

Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Entscheidungsverhalten bei komplexen Problemen: Die Sortenwahl bei Winterweizen

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. agr.)

im Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxologie und Umweltmanagement
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

M.Sc. Jörg Müller

aus Gießen

1. Gutachter: Prof. Dr. Rainer Kühl
2. Gutachter: Prof. Dr. Joachim Aurbacher

Gießen, 2017

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen.....	VIII
Abbildungen.....	IX
Tabellen.....	X
1 Einleitung	1
1.1 Theoretischer Rahmen	3
1.2 Empirische Untersuchung.....	5
1.3 Forschungsfragen und Ziele	6
1.4 Aufbau der Arbeit	6
2 Sortenwahl und Weizenproduktion.....	8
2.1 Weizensorten	9
2.2 Entwicklung der Anzahl zugelassener Sorten	10
2.3 Sorteneigenschaften.....	11
2.4 Entwicklung von Sorteneigenschaften im Zeitablauf	13
2.4.1 Wertprüfungen	13
2.4.2 Weizenzüchtung und Zuchtfortschritt	14
2.4.3 Anpassung von Pathogenen	16
2.4.4 Zusammenfassung.....	17
2.5 Produktionssysteme und Sorteneignung	17
2.5.1 Wechselwirkungen in Produktionssystemen.....	19
2.5.2 Witterungseinflüsse.....	20
2.5.3 Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Optimierungsversuchen	21
2.6 Ertragsleistung in spezifischen Produktionssystemen.....	22
2.6.1 Jahres- und Standorteffekte bei Landessortenversuchen.....	23
2.6.2 Sortenspezifische Standort- und Witterungseffekte	24
2.6.3 Zusammenfassung.....	25
2.7 Die Sortenwahl als ökonomisches Entscheidungsproblem	26
2.7.1 Anteile von Sorten im praktischen Anbau	26
2.7.2 Regionale Unterschiede	28
2.7.3 Eigenschaften und Ertragsleistung dominierender Sorten.....	29
2.7.4 Zusammenfassung.....	32
2.8 Ökonomische Ziele als Erklärung für das „alte-Sorten-Phänomen“	32
2.8.1 Technische und ökologische Ziele	33
2.8.2 Ökonomische Ziele	35
2.8.3 Zusammenfassung.....	36

2.9	Zusammenfassung: Sortenwahl und Weizenproduktion	36
3	Entscheidungstheoretische Grundlagen.....	38
3.1	Theoriewahl.....	38
3.2	Begrenzte Rationalität	42
3.3	Heuristische Entscheidungsverfahren.....	43
3.3.1	Satisficing (Simon 1955)	44
3.3.2	Lexicographic.....	47
3.3.3	Elimination by aspects	47
3.3.4	Equal weight rule	47
3.3.5	Majority of confirming dimensions	47
3.4	Wahlheuristiken vs. Inferenzheuristiken	48
3.4.1	Wahlheuristiken	49
3.4.2	Inferenzheuristiken.....	49
3.5	Heuristische Prinzipien	51
3.6	Elemente von Heuristiken.....	57
3.7	Reduktion des Entscheidungsaufwands	58
3.8	Entscheidungsqualität von Heuristiken	62
3.9	Auswahl von Heuristiken	66
3.9.1	Dual-processing theory	67
3.9.2	Adaptive strategy selection	69
3.9.2.1	Adaptive strategy selection und Optimierung unter Restriktionen	70
3.9.2.2	Bestimmung der optimalen Informationsmenge ist unmöglich.....	71
3.9.2.3	Die Auswahl des optimalen Entscheidungsverfahrens ist unmöglich	73
3.9.3	The Adaptive Toolbox	75
3.9.4	Zusammenfassung.....	79
3.10	Zwischenfazit.....	80
3.11	Ökologische Rationalität (<i>ecological rationality</i>).....	82
3.11.1	Mentale Modelle.....	83
3.11.2	Informationelle Umwelt.....	86
3.11.3	Heuristiken, mentale Modelle und Umweltstruktur.....	88
4	Expertenbefragung	90
4.1	Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Expertenbefragung.....	92
4.2	Stichprobe	94
4.3	Expertenbefragung zu relevanten Informationsquellen	94
4.3.1	Methode.....	94
4.3.2	Ergebnisse	95

4.3.3	Beschreibung relevanter Informationsquellen.....	99
4.3.3.1	Beschreibende Sortenliste	100
4.3.3.2	Landessortenversuche	106
4.3.3.2.1	Einjährige Landessortenversuche.....	107
4.3.3.2.2	Mehrjährige Landessortenversuche.....	110
4.3.3.3	Die Sortenempfehlungen staatlicher Berater.....	112
4.3.3.4	Sortenempfehlungen anderer Landwirte und eigene Erfahrungen.....	116
4.3.3.5	Zusammenfassung	118
4.3.4	Diskussion	119
4.4	Expertenbefragung zur Relevanz von Sorteneigenschaften	124
4.4.1	Methode.....	125
4.4.2	Ergebnisse.....	127
4.4.3	Diskussion	136
4.5	Zusammenfassung	140
5	Experimentelle Untersuchung.....	142
5.1	Hypothesen und Operationalisierung.....	143
5.1.1	Anbau älterer Sorten	143
5.1.2	Entscheidungserfolg bei der Sortenwahl	145
5.1.3	Heuristische Entscheidungsprinzipien und Entscheidungsverfahren.....	149
5.1.3.1	Reduktion der Anzahl berücksichtigter Eigenschaften	150
5.1.3.2	Reduktion der Anzahl berücksichtigter Alternativen	151
5.1.3.3	Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen..	151
5.1.3.4	Verwendung von Schlüsselinformationen	152
5.1.3.5	Operationalisierung.....	154
5.1.4	Relevanz von Sorteneigenschaften in Abhängigkeit des Produktionssystems	158
5.1.4.1	Auswirkung des Standorts auf die Berücksichtigung von Sorteneigenschaften.....	158
5.1.4.2	Auswirkung der Vorfrucht auf die Berücksichtigung von Sorteneigenschaften.....	159
5.1.5	Operationalisierung der Relevanz einzelner Eigenschaften.....	159
5.1.6	Anpassung des Entscheidungsaufwands	162
5.2	Experimentelle Untersuchung des Entscheidungsverhaltens.....	163
5.2.1	Ökonomische Experimente	164
5.2.2	Validität ökonomischer Experimente	165
5.2.3	Experimentelle Untersuchung der Sortenwahl.....	167
5.2.4	Aufbau des Experiments	168
5.2.4.1	Produktionssysteme	169

5.2.4.2 Alternativen (Sorten).....	176
5.2.4.3 Ungewissheit.....	179
5.2.5 Anreizsystem.....	181
5.2.6 Dokumentation des Entscheidungsverhaltens.....	183
5.2.6.1 Verbreitete Methoden.....	183
5.2.6.2 Information-Display-Matrix.....	185
5.2.7 Aufbau der Erhebung.....	189
5.2.7.1 Begleitende Fragebögen.....	189
5.2.7.2 Experiment.....	190
5.2.8 Erhebungssituation und Erhebungszeitraum.....	191
5.3 Datenerhebung.....	193
5.4 Datenauswertung.....	194
5.5 Beschreibung der Stichprobe.....	195
5.5.1 Stichprobe Studierende.....	195
5.5.2 Stichprobe Landwirte.....	195
5.5.2.1 Soziodemografische Beschreibung der Stichprobe.....	195
5.5.2.2 Weizenproduktion.....	198
5.5.2.3 Zusammenfassung und Diskussion.....	201
5.5.3 Aktuell angebaute Sorten.....	203
5.5.4 Erfolgsmessung bei der Sortenwahl.....	204
5.5.5 Sortenalter und Leistungsfähigkeit von Sorten und Lerneffekte.....	205
5.5.6 Involvement.....	206
5.5.7 Anbau älterer Sorten.....	208
5.6 Beschreibung und Darstellung der Ergebnisse des Experiments.....	211
5.6.1 Übersicht zu Informationsnutzung, Entscheidungszeit und Entscheidungserfolg.....	211
5.6.1.1 Produktionssysteme.....	212
5.6.1.2 Anzahl berücksichtigter Eigenschaften.....	213
5.6.1.3 Anzahl berücksichtigter Alternativen.....	214
5.6.1.4 Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft.....	214
5.6.1.5 Ertrag, Mehrertrag und variable Vergütung.....	214
5.6.2 Zusammenfassung.....	215
5.6.3 Entscheidungserfolg bei der Sortenwahl im Experiment.....	216
5.6.4 Heuristische Prinzipien und Entscheidungsverfahren.....	220
5.6.4.1 Reduktion der Anzahl berücksichtigter Eigenschaften.....	221
5.6.4.2 Reduktion der Anzahl berücksichtigter Alternativen.....	222
5.6.4.3 Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen..	223
5.6.4.4 Verwendung von Schlüsselinformationen.....	230

5.6.4.5	Erfolg heuristischer Entscheidungsverfahren	234
5.6.4.6	Zusammenfassung und Diskussion	235
5.6.5	Informationsnutzung, Entscheidungsdauer und Entscheidungsregeln in einzelnen Entscheidungssituationen	238
5.6.6	Relevanz von Sorteneigenschaften in Abhängigkeit des Produktionssystems	239
5.6.6.1	Auswirkung des Standorts auf die Berücksichtigung von Sorteneigenschaften	242
5.6.6.2	Auswirkung der Vorrucht auf die Berücksichtigung von Sorteneigenschaften	250
5.6.6.3	Zusammenfassung	255
5.6.7	Anpassung des Entscheidungsaufwands	257
5.7	Zusammenfassung	259
6	Zusammenfassende Schlussbetrachtung und Implikationen.....	265
6.1	Sortenwahl und Weizenanbau	265
6.2	Begrenzte Rationalität	265
6.3	Bevorzugte Informationsquellen erklären den Anbau älterer Sorten	266
6.4	Mentale Modelle bei bevorzugten Informationsquellen	267
6.4.1	Implikation: Veröffentlichung relevanter Angaben zur Datenerhebung .	269
6.4.1.1	Landessortenversuche	269
6.4.1.2	Beschreibende Sortenliste	269
6.4.2	Implikation: Veränderte Darstellung der Informationen	270
6.5	Heuristische Prinzipien und Entscheidungsverfahren	270
6.5.1	Implikation: Vereinfachung der Informationssuche	272
6.5.2	Implikation für die Darstellung der Beschreibenden Sortenliste	272
6.5.3	Implikation für die Darstellung der Landessortenversuche	272
6.6	Heterogene Einschätzungen zur Relevanz von Sorteneigenschaften	273
6.6.1	Implikation: Inhaltliche Auseinandersetzung innerhalb des Berufsstands	273
6.6.2	Implikation: Pflanzenbaulicher Forschungsbedarf	273
6.7	Unterschiede zwischen empirischen Methoden	274
6.8	Unterschiede zwischen Befragungsgruppen.....	275
6.9	Relevanz von Sorteneigenschaften	276
6.9.1	Implikation: Vermarktung neuer Sorten	276
6.9.2	Zentrale pflanzenbauliche Eigenschaften.....	276
6.9.3	Implikationen für Weizenzüchter	277
6.10	Mentale Modelle und interne Informationen bestimmen die Anwendung von Entscheidungsverfahren.....	278

Literaturverzeichnis.....	279
Anhang.....	292

Abkürzungen

APS	Ausprägungsstufen
BEE	Besondere Ernteermittlung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BSA	Bundessortenamt
BSL	Beschreibende Sortenliste
dt	Dezitonnen
DTR	Drechslera tritici-repentis
EIPs	Elementary Information Processes
IDM	Information-Display-Matrix
LLH	Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen
LSV	Landessortenversuche
ha	Hektar
SaatG	Saatgutverkehrsgesetz
STV	Saatgut-Treuhandverwaltungs GmbH
TKM	Tausendkornmasse
VD	Versuchsdurchschnitt

Abbildungen

Abbildung 1: Winterweizenerträge (dt/ha) in Deutschland zwischen 2006 und 2015.....	8
Abbildung 2: Erträge der Sorten „Johnny“ und „KWS Loft“	25
Abbildung 3: Flächenentwicklung bedeutender Weizensorten zwischen 2000/01 und 2014/15 in Deutschland.....	28
Abbildung 4: Flächenentwicklung bedeutender Weizensorten zwischen 2000/01 und 2014/15 in Hessen	29
Abbildung 5: Das Linsenmodell von Brunswik	84
Abbildung 6: Nennungen geeigneter Informationsquellen.....	96
Abbildung 7: Subjektive Rangfolgen der Ertragsrelevanz von Sorteneigenschaften in Abhängigkeit von System HW1 und System HW5.....	135
Abbildung 8: Beispiel für die Darstellung einer Entscheidungssituation	187
Abbildung 9: Darstellung der Entscheidungsergebnisse im ökonomischen Experiment.....	191
Abbildung 10: Landwirtschaftliche Ausbildungsabschlüsse.....	197
Abbildung 11: Ackerfläche nach Betriebsgrößenklassen	197
Abbildung 12: Weizenfläche nach Betriebsgrößenklassen.....	198
Abbildung 13: Erwerbsform.....	198
Abbildung 14: Fungizidanwendungen im Weizenanbau.....	200
Abbildung 15: Anwendung von Wachstumsreglern im Weizenanbau.....	200
Abbildung 16: Anzahl im Jahr 2015/16 angebauter Weizensorten	203
Abbildung 17: Alter der im Jahr 2015/16 angebauten Sorten	204
Abbildung 18: Einschätzungen zum Zusammenhang zwischen Alter und Leistungsfähigkeit von Sorten und Lerneffekten bei der Sortenwahl	206
Abbildung 19: Verfolgte Zielausmaße bei der Sortenwahl.....	206
Abbildung 20: Einschätzung zur Relevanz von Elementen des Produktionssystems für den Weizenertrag	207
Abbildung 21: Deskriptive Statistik zum Purchase-Decision-Involvement	208
Abbildung 22: Zusammenhang zwischen Sortenalter im praktischen Anbau und subjektiven Einschätzungen.....	209
Abbildung 23: Zusammenhang zwischen Ertrag und Entscheidungsdauer bzw. Anzahl genutzter Informationen in den sieben Entscheidungssituationen des Experiments.....	216
Abbildung 24: Zusammenhang zwischen dem Ertrag im Experiment und der Erfahrung in der Weizenproduktion	218
Abbildung 25: Zusammenhang zwischen Ertrag im Experiment und Purchase-Decision- Involvement	220
Abbildung 26: Anzahl berücksichtigter Eigenschaften in den Entscheidungssituationen	221

Tabellen

Tabelle 1: Entwicklung der Anzahl der zugelassenen Sorten und Neuzulassungen.....	11
Tabelle 2: Durchschnittliche Ausprägung der Sorteneigenschaften in Abhängigkeit des Zulassungsjahres.....	15
Tabelle 3: Veränderung in der Anfälligkeit für Gelbrost im Zeitablauf am Beispiel der Sorte „JB Asano“	16
Tabelle 4: Elemente des Produktionsverfahrens und (kurzfristig) unveränderbare Faktoren in der Weizenproduktion	19
Tabelle 5: Versuchsdurchschnitt (dt/ha) an den einzelnen Standorten der hessischen Landessortenversuche 2013/14 und 2014/15	24
Tabelle 6: Flächenanteile an der Gesamtanbaufläche bei Winterweizen in den Jahren 2012/13 bis 2014/15 in Abhängigkeit des Zulassungsjahres in Deutschland.....	27
Tabelle 7: Anteile einzelner Sorten an der gesamten Weizenfläche 2014/15 in Deutschland, Baden-Württemberg, Hessen und Mecklenburg-Vorpommern	29
Tabelle 8: Veränderung von Sorteneigenschaften und Anbaufläche im Zeitablauf am Beispiel der Sorte „JB Asano“	30
Tabelle 9: Ertragsleistung der Sorte "JB Asano" in den hessischen Landessortenversuchen der Jahre 2008/09 - 2013/14 in der fungizidbehandelten Variante	31
Tabelle 10: Ertragsleistung der Sorte „JB Asano" in den hessischen Landessortenversuchen der Jahre 2008/09 - 2013/14 in der Variante ohne Fungizidbehandlung	32
Tabelle 11: Vereinfachungsprinzipien „klassischer“ Heuristiken.....	53
Tabelle 12: Grundlegende Prinzipien der Aufwandsreduktion von Heuristiken.....	55
Tabelle 13: <i>Elementary information processes</i> (EIPs) in ausgewählten Entscheidungsverfahren.....	59
Tabelle 14: Beispiel für ein Entscheidungsproblem mit 3 Alternativen und 4 Merkmalen	61
Tabelle 15: Unterschiede in den Forschungsprogrammen zur Theorie der begrenzten Rationalität und Heuristiken.....	81
Tabelle 16: Cues, ökologische Validität und Diskriminierungsraten	87
Tabelle 17: Individuelle Rangfolgen zur Eignung von Informationsquellen.....	98
Tabelle 18: Boniturschema für die Lageranfälligkeit von Winterweizen	102
Tabelle 19: Logarithmischer Boniturschlüssel zur Bonitierung der Krankheitsanfälligkeit...	102
Tabelle 20: Ausgewählte Parameter der Produktionssysteme in den hessischen Landessortenversuchen 2013-2015	108
Tabelle 21: Zulassungsjahre der Sorten in verschiedenen Varianten der hessischen Landessortenversuche 2014/15.....	110

Tabelle 22: Anzahl der empfohlenen Sorten in Abhängigkeit des Zulassungsjahres.....	115
Tabelle 23: Eigenschaften von relevanten Informationsquellen zur Sortenwahl	119
Tabelle 24: Unterschiede zwischen einzelnen Produktionssystemen.....	126
Tabelle 25: Subjektiv ertragsrelevante Sorteneigenschaften.....	128
Tabelle 26: Ertragsrelevante Sorteneigenschaften in unterschiedlichen Produktionssystemen	129
Tabelle 27: Relevanz einzelner Eigenschaften in Abhängigkeit der Vorfrucht	130
Tabelle 28: Relevanz einzelner Eigenschaften in Abhängigkeit des Standorts.....	130
Tabelle 29: Relevanz einzelner Eigenschaften in Abhängigkeit des Saattermins.....	131
Tabelle 30: Relevanz einzelner Eigenschaften in Abhängigkeit der Vorfrucht	131
Tabelle 31: Anzahl subjektiv ertragsrelevanter Eigenschaften für verschiedene Produktionssysteme	132
Tabelle 32: Rangfolge der Ertragsrelevanz von Sorteneigenschaften am Beispiel von Produktionssystem KR5	133
Tabelle 33: Items zur Operationalisierung der Konstrukte.....	144
Tabelle 34: Semantisches Differential zur Messung des Zielausmaßes.....	145
Tabelle 35: Gestützte Abfrage der Art der Ertragsmessung	148
Tabelle 36: Operationalisierung des Purchase-Decision-Involvements	149
Tabelle 37: Beschreibung des Versuchsaufbaus in den Veröffentlichungen der einjährigen hessischen Landessortenversuche	169
Tabelle 38: Produktionssysteme in den allgemeinen hessischen Landessortenversuchen der Jahre 2011 bis 2015.....	172
Tabelle 39: Ausgewählte Produktionssysteme zur Untersuchung des Entscheidungsverhaltens bei der Sortenwahl	174
Tabelle 40: Beispiel für die Informationen innerhalb einer Entscheidungssituation des Experiments	180
Tabelle 41: Beispiel für die Berechnung der variablen Vergütung	182
Tabelle 42: Erträge der Alternativen in den Entscheidungssituationen.....	182
Tabelle 43: Grundform einer Information-Display-Matrix.....	185
Tabelle 44: Durchführung der Erhebung.....	194
Tabelle 45: Stichprobe der Studierenden der Agrarwissenschaften	195
Tabelle 46: Lage der Betriebe.....	196
Tabelle 47: Bewirtschaftete Flächen	197
Tabelle 48: Wirtschaftsweise der Betriebe	198
Tabelle 49: Ackerzahlen der ungünstigsten und günstigsten Standorte mit Weizenproduktion.....	199
Tabelle 50: Angebaute Weizensorten im Jahr 2015/16.....	203

Tabelle 51: Ertragsermittlung bei der Weizenproduktion.....	205
Tabelle 52: Berechnung wirtschaftlicher Kennzahlen.....	205
Tabelle 53: Übersicht zur Informationsnutzung und Entscheidungsdauer im Experiment ..	211
Tabelle 54: Informationsnutzung und Entscheidungsdauer im Experiment	212
Tabelle 55: Geöffnete Informationen zu Produktionssystemen	212
Tabelle 56: Anzahl mindestens einmal berücksichtigter Eigenschaften in den sieben Entscheidungssituationen.....	214
Tabelle 57: Erträge im Experiment.....	215
Tabelle 58: Zusammenhang zwischen dem Ertrag im Experiment und landwirtschaftlicher Ausbildung	217
Tabelle 59: Zusammenhang zwischen dem Ertrag im Experiment und Art der Ertragsmessung	219
Tabelle 60: Anwendung (heuristischer) Entscheidungsverfahren.....	222
Tabelle 61: Beispiel eines rein kompensatorischen Entscheidungsverfahrens.....	225
Tabelle 62: Beispiel eines kombinierten Entscheidungsverfahrens.....	227
Tabelle 63: Beispiel eines kombinierten Entscheidungsverfahrens.....	229
Tabelle 64: Informationsnutzung zu einzelnen Eigenschaften in den sieben Entscheidungssituationen.....	231
Tabelle 65: Beispiel für die Nutzung eigener Erfahrungen bei der Sortenwahl.....	233
Tabelle 66: Zusammenhang zwischen dem Ertrag im Experiment und der Anwendung (heuristischer) Entscheidungsverfahren.....	235
Tabelle 67: Informationsnutzung, Entscheidungsdauer und Entscheidungsverfahren in einzelnen Entscheidungssituationen.....	239
Tabelle 68: Grundsätzliche Berücksichtigung einzelner Eigenschaften bei der Entscheidungsfindung	241
Tabelle 69: Kennzahlen der Produktionssysteme HW1 und MW1, Informationsnutzung und Entscheidungszeit	243
Tabelle 70: Arithmetische Mittelwerte der Anzahl genutzter Informationen zu Eigenschaften.....	244
Tabelle 71: Detaillierte Darstellung der Nutzung ausgewählter Eigenschaften bei den Entscheidungen zu den Produktionssystemen MW1 und HW1	244
Tabelle 72: Kennzahlen der Produktionssysteme KR5 und GR5, Informationsnutzung und Entscheidungszeit	246
Tabelle 73: Arithmetische Mittelwerte der Anzahl genutzter Informationen zu Eigenschaften bei den Produktionssystemen KR5 und GR5	246
Tabelle 74: Detaillierte Darstellung der Nutzung ausgewählter Eigenschaften bei den Entscheidungen zu den Produktionssystemen KR5 und GR5	247

Tabelle 75: Erfahrung mit Alternativen der einzelnen Entscheidungssituationen.....	250
Tabelle 76: Kennzahlen der Produktionssysteme HW1 und HR1, Informationsnutzung und Entscheidungszeit	251
Tabelle 77: Arithmetische Mittelwerte der Anzahl genutzter Informationen zu Eigenschaften bei den Produktionssystemen HW1 und HR1.....	251
Tabelle 78: Detaillierte Darstellung der Nutzung ausgewählter Eigenschaften bei den Entscheidungen zu den Produktionssystemen HW1 und HR1.....	252
Tabelle 79: Kennzahlen der Produktionssysteme MM1 und MW1, Informationsnutzung und Entscheidungszeit	253
Tabelle 80: Arithmetische Mittelwerte der Anzahl genutzter Informationen zu Eigenschaften bei den Produktionssystemen MW1 und MM1	253
Tabelle 81: Detaillierte Darstellung der Nutzung ausgewählter Eigenschaften bei den Entscheidungen zu den Produktionssystemen MW1 und MM1	254
Tabelle 82: Kennzahlen der Produktionssysteme HW1 und HW5, Informationsnutzung und Entscheidungszeit	258
Tabelle 83: Arithmetische Mittelwerte der Anzahl genutzter Informationen zu Eigenschaften bei den Produktionssystemen HW1 und HW5.....	258

1 Einleitung

Deutsche Landwirte bauen auf über 3 Mio. Hektar (ha) Winterweizen an. Dies entspricht etwa einem Viertel der gesamten deutschen Ackerfläche (Statistisches Bundesamt 2015). Hierbei können sie aus einer Vielzahl von Weizensorten wählen. Die Erträge verschiedener Winterweizensorten variieren bei gleichen Produktionsverfahren am gleichen Standort erheblich.¹ Daher ist die Auswahl geeigneter Sorten für spezifische Produktionssysteme ein entscheidender Erfolgsfaktor in der Weizenproduktion. Je besser eine Sorte an die Standortvoraussetzungen und das Produktionsverfahren angepasst ist, desto effizienter können die Produktionsfaktoren genutzt werden. Hierdurch können negative ökologische Effekte reduziert und ökonomische Potenziale bei der Erzeugung von Winterweizen ausgeschöpft werden. So kann z. B. die Flächenproduktivität erhöht werden, wodurch bei gleichbleibender Produktionsmenge eine Umwidmung der Flächen zu Naturflächen oder zur Produktion anderer Nutzpflanzen möglich wird. Durch den Anbau von Sorten, die eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Pflanzenkrankheiten haben, kann der Einsatz von umweltbelastenden Pflanzenschutzmitteln bei gleichbleibender Produktionsmenge reduziert werden. Die hiermit einhergehende Senkung des Ressourcenverbrauchs² je produzierter Einheit senkt die negativen Umwelteffekte. Zudem tragen die genannten Zusammenhänge zu einer Verbesserung des Kosten-Erlös-Verhältnisses für die Landwirte bei.³ Die Sortenwahl ist folglich sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht ein relevantes Thema.

Die Herausforderung bei der Sortenwahl ergibt sich im Wesentlichen aus vier Aspekten:

- Weizensorten reagieren unterschiedlich auf verschiedene Produktionsverfahren und Produktionsstandorte. Dies schlägt sich in großen Ertragsschwankungen nieder. Eine Sorte, die an einem Standort Höchstträge erzielt, bringt im gleichen Jahr an einem anderen Standort im Vergleich zu den übrigen Sorten der gleichen Qualitätsgruppe die niedrigsten Erträge.⁴ Die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Kulturpflanzen, Produktionsverfahren und Standort führen zu einem komplexen System für das keine eindeutigen Modelle für Prognosen über die Eignung einzelner Sorten vorliegen.
- Die Witterung während der Produktionsperiode, die eine nicht-prognostizierbare Größe darstellt, beeinflusst den Produktionserfolg entscheidend. Dies zeigt sich daran, dass Sorten am gleichen Produktionsstandort starke Ertragsschwankungen zwischen einzelnen

¹ Der Vergleich der Sorten „KWS Loft“ und „Benchmark“ am Standort Griesheim ergibt in der fungizid-behandelten Variante eine Differenz von 21% (Quelle: LLH 2015, S. 1, eigene Berechnung).

² Z. B. Land und Düngemittel.

³ Diese Aussage wird unter der Annahme getroffen, dass die Produktivitätssteigerungen keinen Einfluss auf die Erzeugerpreise für Winterweizen haben.

⁴ Die Sorte „Alfons“ zeigte am Standort Friedberg Höchsttrag, am Standort Korbach niedrigsten Ertrag im Vergleich zu anderen Sorten der gleichen Qualitätsgruppe (eigene Berechnung, Datenquelle: LLH 2015).

Jahren aufweisen.⁵ Die sich hieraus ergebende Ungewissheit macht Aussagen über die Leistungsfähigkeit von Sorten in nachfolgenden Jahren schwierig.

- Durch die Anpassung von Pathogenen an die Resistenzmechanismen können Sorten im Zeitablauf auch absolut an Widerstandsfähigkeit gegen Krankheitserreger verlieren (Schachschneider 2008, S. 135). Allerdings gibt es keine Modelle zur Prognose der Anpassung von Pathogenen an die Resistenzmechanismen einzelner Sorten. Die nicht prognostizierbare Anpassung von Pathogenen stellt einen weiteren ungewissen Aspekt dar.
- Deutsche Landwirte konnten zur Aussaat 2015/16 aus 162 (BSA 2015) in Deutschland zugelassenen Winterweizensorten wählen. Jährlich werden zwischen zehn und 20 Sorten neu zugelassen. Hinzu kommen weitere Sorten mit EU-Zulassung. Die Sorten werden mit insgesamt 30 praxisrelevanten Anbau-, Resistenz-, Ertrags- und Qualitätseigenschaften auf neunstufigen Skalen beschrieben (BSA 2000). Die große Anzahl an Alternativen und Attributen führt zu einem erheblichen kognitiven Aufwand für die vollständige Beurteilung des Entscheidungsraums.

Neue Sorten sind tendenziell leistungsfähiger als ältere Sorten. Dies bezieht sich sowohl auf die Ertragsleistung als auch auf Resistenzeigenschaften (Hartl 2008, S. 16; Schachschneider 2008, S. 135; Ahlemeyer & Friedt 2011, S. 22f). Anhand von jährlich erhobenen Anbaustatistiken können der Anbauumfang und hieraus die Bedeutung einzelner Sorten auf aggregierter Ebene abgelesen werden. Bei der Analyse der Flächenanteile von Weizensorten fällt auf, dass Landwirte verstärkt auf ältere Sorten zurückgreifen. So wurden in Deutschland zur Ernte 2014 auf nur 7,2% der Flächen Sorten angebaut, die 2012 oder später zugelassen waren (eigene Berechnung, Datengrundlage BMEL 2015, S. 38). Zudem zeigt sich, dass es in der Regel einige Jahre dauert, bis Sorten flächendeckend angebaut werden.⁶ Da alte Sorten tendenziell krankheitsanfälliger sind, muss z. B. davon ausgegangen werden, dass mehr Pflanzenschutzmittel notwendig sind, um das Ertragsniveau neuer Sorten erzielen zu können. Durch das tendenziell geringere Ertragspotenzial alter Sorten ist davon auszugehen, dass insbesondere der Produktionsfaktor Land weniger effizient genutzt wird. Hierdurch bleiben auf Zuchtfortschritten basierende ökonomische und ökologische Potenziale ungenutzt. Jedoch ist anhand dieser aggregierten Daten nicht nachvollziehbar, welche Überlegungen bei der betriebsindividuellen Sortenwahl zugrunde liegen. Es kann nicht darauf geschlossen

⁵ Z. B. die Sorte „JB Asano“ am Standort Griesheim in der fungizidbehandelten Varianten (Quellen: LLH 2011, 2014).

⁶ Z. B. die Sorten „JB Asano“ und „Julius“ (die Angaben für „Julius“ stehen in Klammern). Diese wurde im Jahr 2008 zugelassen. Im Jahr der Zulassung lag der Anteil der Sorten an der gesamten deutschen Weizenfläche bei < 0,5% (< 0,5%). In den Folgejahren stieg der Anteil: 2009: 0,5% (< 0,5%); 2010: 5,0% (1,1%); 2011: 9,8% (3,3%); 2012 12,3% (3,7%); 2013; 12,3% (6,9%); 2014: 10,3 (7,4%) (BMEL 2008 - 2014).

werden, welche Aspekte bei der Sortenwahl berücksichtigt werden. Der Entscheidungsprozess ist also zunächst eine „Black Box“.

Doch warum sind Landwirte träge beim Anbau neuer Sorten? Klassische Erklärungsansätze, die auf der Optimierung technischer, ökologischer und ökonomischer Zielgrößen basieren, scheinen nicht geeignet, um den verzögerten Anbau neuer Sorten zu erklären.⁷

Eine mögliche Erklärung können die Entscheidungsverfahren sein, die Landwirte bei der Sortenwahl anwenden. Bisher gibt es keine Studien darüber, wie Landwirte bei der Sortenwahl vorgehen. Durch die Untersuchung des Vorgehens der Landwirte bei der Sortenwahl können die Ursachen für den verzögerten Anbau neuer Sorten identifiziert werden. Aufbauend auf den Erkenntnissen können Maßnahmen entwickelt werden, um die Potenziale der züchtungsbasierten Innovationen besser auszuschöpfen. Damit können die ökonomischen und ökologischen Potenziale genutzt und somit die Effizienz der Weizenproduktion gesteigert werden.

1.1 Theoretischer Rahmen

Entscheidungsverfahren sind Bewertungs- und Auswahlprozesse, bei denen Entscheidungsträger Informationen in kognitiven Prozessen unter Verwendung von vorhandenem Wissen verarbeiten (Newell & Simon 1972).

Die ökonomische Entscheidungstheorie beschreibt unterschiedliche Entscheidungsverfahren. Hierbei haben sich in den vergangenen Jahrzehnten zwei Theoriestränge entwickelt: Die *Theorie der rationalen Entscheidung* und die *Theorie der begrenzten Rationalität*. Diese unterscheiden sich grundsätzlich in der Annahme über die kognitiven Fähigkeiten von Menschen und die Umweltstruktur, in die Entscheidungsprobleme eingebettet sind.

In der *Theorie der rationalen Entscheidung* wird angenommen, dass Menschen über ausreichende kognitive Fähigkeiten verfügen, um den Nutzen aller denkbaren Alternativen anhand feststehender, individueller Präferenzen bewerten und die (subjektive) Eintrittswahrscheinlichkeit aller Umweltzustände ermitteln zu können (z. B. von Neumann & Morgenstern; 1944 Savage 1954). In der *Theorie der begrenzten Rationalität* (Simon 1955, Simon 1957) wird hingegen angenommen, dass Menschen nicht in der Lage sind, alle Alternativen, Umweltzustände und/oder Konsequenzen ermitteln zu können. Wie eingangs bereits erwähnt, ist die Entscheidungssituation bei der Sortenwahl durch

- Komplexität (Wechselwirkungen zwischen Pflanzen, Standort und Produktionsverfahren),
- Ungewissheit (Witterung und Anpassung von Pathogenen) und
- eine große Anzahl an Alternativen mit vielen Attributen geprägt.

⁷ Siehe Abschnitt 2.8.

Daher treffen die Annahmen der *Theorie zur begrenzten Rationalität* im Vergleich zu denen der *Theorie der rationalen Entscheidung* eher für das Entscheidungsproblem Sortenwahl zu. In der *Theorie zur begrenzten Rationalität* werden heuristische Entscheidungsverfahren beschrieben. Diese sind zur Lösung von schlecht strukturierten⁸ Entscheidungssituationen geeignet. Grundsätzlich können unterschiedliche heuristische Entscheidungsverfahren zur Lösung eines Entscheidungsproblems angewendet werden. Diese unterscheiden sich u. a. bezüglich des kognitiven Aufwands. Die Anwendbarkeit und der Erfolg dieser Entscheidungsverfahren sind von der informationellen Umwelt und der Problemlösungsfähigkeit von Entscheidungsträgern abhängig.

Die informationelle Umwelt kann durch die verfügbaren Informationsquellen und die hierin enthaltenen Informationen beschrieben werden. Bei der Sortenwahl können Landwirte auf verschiedene Informationsquellen, wie z. B. die Beschreibende Sortenliste des Bundessortenamts, Ergebnisse praktischer Anbauversuche, Empfehlungen von Berufskollegen und Beratern sowie eigene Erfahrungen zurückgreifen. Diese unterscheiden sich u. a. bzgl. der Anzahl der enthaltenen Sorten sowie der Art und der Anzahl der Informationen.

Die individuelle Problemlösungsfähigkeit ist davon abhängig, inwiefern aus verfügbaren Informationen Rückschlüsse auf die Eignung von Alternativen gezogen werden können. Damit erfolgreiche Entscheidungen getroffen werden können, bedarf es mentaler Modelle (Johnson-Laird 1983), die einen Zusammenhang zwischen verfügbaren Informationen und der Ausprägung von Zielvariablen herstellen. Damit z. B. die Informationen der Beschreibenden Sortenliste, in der die Sorten anhand einzelner Anbau-, Resistenz-, Ertrags-, und Qualitätseigenschaften beschrieben werden, genutzt werden können, muss ein „pflanzenbauliches“ Modell vorhanden sein. Ein solches Modell beinhaltet die subjektiv wahrgenommene Relevanz einzelner Sorteneigenschaften in spezifischen Produktionssystemen. Die Relevanz der Eigenschaften wiederum ergibt sich aus den Erwartungen über erfolgsrelevante Umweltfaktoren⁹. Im Gegensatz hierzu ist z. B. bei der Verwendung von Empfehlungen nicht zwangsläufig ein pflanzenbauliches mentales Modell notwendig. Stattdessen bedarf es hier eines „sozialen“ mentalen Modells, anhand dessen die Vertrauenswürdigkeit des Ratgebers beurteilt werden kann. Wenn ein Landwirt in der Lage ist, einen geeigneten Ratgeber zu identifizieren, kann er ohne pflanzenbauliches Wissen gute Entscheidungen bei der Sortenwahl treffen.

Aus entscheidungstheoretischer Sicht stellen sich folgende Fragen:

- Welche Informationsquellen nutzen Landwirte bei der Sortenwahl bzw. welche Informationen sind Landwirten bei der Sortenwahl wichtig?
- Welche Entscheidungsverfahren verwenden die Landwirte bei der Sortenwahl?

⁸ In Abschnitt 3.1 wird auf die Unterschiede zwischen wohlstrukturierten und schlecht strukturierten Entscheidungssituationen eingegangen.

⁹ Z. B. das Auftreten von Pathogenen, das Ertragspotenzial eines Standorts usw..

Durch die Beantwortung dieser Fragen kann untersucht werden, inwiefern der Anbau älterer Sorten auf das Entscheidungsverhalten von Landwirten zurückgeführt werden kann. Die Erkenntnisse können zur Ableitung von Maßnahmen genutzt werden, die zu einer besseren Ausnutzung züchtungsbasierter ökonomischer¹⁰ und ökologischer¹¹ Potenziale beitragen.

1.2 Empirische Untersuchung

Die Anbauflächen einzelner Weizensorten werden in den Ergebnissen zur Besonderen Ernteterminierung (BEE) des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft veröffentlicht (z. B. BMEL 2015, S. 39). Aus diesen Daten kann jedoch nicht eindeutig gefolgert werden, wie und warum bestimmte Sorten gewählt wurden. Zudem ist nicht bekannt, wann und in welchem Rahmen Landwirte Weizensorten auswählen. Somit ist eine Beobachtung der realen Entscheidungssituation nicht möglich. Dies schränkt die empirische Zugänglichkeit zu nächst stark ein.

Die empirische Untersuchung des Entscheidungsverhaltens ist daher nur durch nachträgliche Befragungen der Landwirte über das Vorgehen in den tatsächlichen Entscheidungssituationen möglich. Hierbei besteht allerdings das Problem, dass die kognitiven Prozesse während der Entscheidungsfindung teilweise unbewusst ablaufen und daher nicht explizit ausgedrückt werden können. Zudem besteht das Problem, dass wichtige Elemente nicht mehr oder falsch erinnert werden (z. B. Russo et al. 1989).

Ökonomische Experimente bieten eine Alternative zur (nachträglichen) Befragung bzw. direkten Beobachtung. Hierbei werden Personen unter kontrollierten Bedingungen mit einer Nachbildung der zu untersuchenden Entscheidungssituation konfrontiert. Die Eignung eines Experiments zur Untersuchung des Entscheidungsverhaltens hängt maßgeblich davon ab, ob die Struktur des zu untersuchenden Entscheidungsproblems unverzerrt abgebildet wird. Ist dies der Fall, kann ein ökonomisches Experiment als valide Methode dienen (Guala 2005a; Weinmann 2015).

Die Herausforderung bei der experimentellen Untersuchung des Entscheidungsverhaltens von Landwirten bei der Sortenwahl ist die realitätsnahe Rekonstruktion der Struktur des Entscheidungsproblems. Dabei gilt es insbesondere der durch das Produktionssystem bedingten Situationsspezifität und der witterungsbedingten Ungewissheit Rechnung zu tragen.

¹⁰ Neue Sorten haben ein höheres Ertragspotenzial (siehe Abschnitt 2.4.2). Durch den Anbau neuer Sorten besteht die Möglichkeit zur Erzielung höherer Erlöse bei gleichen Kosten (siehe Abschnitt 2.8.2).

¹¹ Neue Sorten sind Widerstandsfähiger gegen Krankheiten. Durch den Anbau neuer Sorten kann der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln reduziert werden (siehe Abschnitt 2.4.3).

1.3 Forschungsfragen und Ziele

Das inhaltliche Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung des Entscheidungsverhaltens von Landwirten bei der Auswahl von Winterweizensorten. Konkret sollen folgende Fragen untersucht werden:

1. Wodurch kann der zögerliche Anbau neuer Weizensorten erklärt werden?
2. Welche Sorteneigenschaften sind für Landwirte in unterschiedlichen Produktionssystemen wichtig?
3. Wie gewichten Landwirte Sorteneigenschaften und welche Entscheidungsregeln wenden Landwirte bei der Sortenwahl an?
4. Wodurch kann das Entscheidungsverhalten bei der Sortenwahl erklärt werden? Welche Rolle spielen insbesondere die Ausbildung und die Erfahrung der Landwirte?

Der Anbau älterer Sorten verhindert die Nutzung züchterischer Innovationen. Ein besseres Verständnis über die Ursachen des Phänomens, dass Landwirte überwiegend alte Sorten anbauen, kann zur Identifikation von Maßnahmen zur Abschwächung dieses Phänomens genutzt werden. Dadurch kann eine Effizienzsteigerung im Weizenanbau erreicht werden.

Weiterhin ist die Beantwortung der Fragen 2. und 3. nützlich für Pflanzenzüchter. Durch eine Erhöhung des Wissens über entscheidungsrelevante Sorteneigenschaften können Weizenzüchter ihre Zuchtprogramme besser auf die Anforderungen von Landwirten ausrichten. Hierdurch kann die Züchtung marktorientierter gestaltet werden. Zudem können Erkenntnisse über die Ursachen des Entscheidungsverhaltens von Landwirten für die Weiterentwicklung der Ausbildung und der Beratung von Landwirten genutzt werden. So kann durch die Identifikation von Ursachen für „schlechte“ Entscheidungen geklärt werden, wo Verbesserungspotenziale in der Ausbildung liegen und wo besondere Beratungsbedarfe bestehen. Eine Verbesserung der Entscheidungsgüte kann dazu beitragen, negative externe Umwelteffekte zu mindern und den ökonomischen Erfolg von Landwirten zu erhöhen.

Im methodischen Bereich liegt der Fokus dieser Arbeit auf der Entwicklung eines Experiments zur Untersuchung des Entscheidungsverhaltens von Landwirten bei der Sortenwahl. Die generelle Anforderung ist die realitätsnahe Nachbildung der Struktur des Entscheidungsproblems. Im Detail umfasst dies die Abbildung praxisrelevanter Produktionssysteme, realer Sorten und der Ungewissheit durch die Witterung und die Anpassung von Pathogenen.

1.4 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist in sechs Kapitel untergliedert. Im Anschluss an die Einleitung werden im zweiten Kapitel das Entscheidungsproblem „Sortenwahl“ und die Weizenproduktion thematisiert. Hierbei werden der Entscheidungsraum und die Struktur der Entscheidungssituation näher beschrieben. Zum Abschluss des Kapitels werden „klassische“ ökonomische Erklärungsansätze für das „alte-Sorten-Phänomen“ diskutiert.

Im dritten Kapitel folgt die Beschreibung der entscheidungstheoretischen Grundlagen. Hierbei wird insbesondere auf begrenzte Rationalität und heuristische Entscheidungsverfahren eingegangen. Ein zentraler Aspekt ist hierbei die Auseinandersetzung mit den unterschiedlichen Auffassungen über die Ursachen und die Auswirkungen der Anwendung heuristischer Entscheidungsverfahren. In diesem Zusammenhang wird auf die Rolle der informationellen Umwelt und mentaler Modelle eingegangen.

Das vierte Kapitel befasst sich näher mit der informationellen Umwelt und mentalen Modellen bei der Sortenwahl. Zu diesen Aspekten wird eine Expertenbefragung durchgeführt. Bezüglich der informationellen Umwelt werden die Einschätzungen zur Eignung von Informationsquellen dargestellt. Hierauf aufbauend werden die bedeutendsten Informationsquellen näher beschrieben. Anschließend wird diskutiert, inwiefern die Eigenschaften der Informationsquellen und deren Nutzung den verstärkten Anbau älterer Sorten erklären können. Die mentalen Modelle der Experten werden durch die Bildung von Rangfolgen der ertragsrelevanten Sorteneigenschaften für konkrete Produktionssysteme abgefragt. Die Antworten liefern einen Überblick über die Vorstellungen von den Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen zwischen Sorteneigenschaften, Produktionssystemen und Ertrag.

Im fünften Kapitel wird eine weitere empirische Untersuchung beschrieben. Hierbei werden weitere Ursachen für den Anbau älterer Sorten und das Vorgehen von Landwirten bei der merkmalsbasierten Auswahl von Sorten für konkrete Produktionssysteme untersucht. Bezüglich der Ursachen für den Anbau älterer Sorten werden der Einfluss individueller Einschätzungen über den Zusammenhang zwischen Sortenalter und Leistungsfähigkeit sowie das Zielausmaß analysiert. Das Entscheidungsverhalten bei der merkmalsbasierten Auswahl von Sorten wird durch ein anreizkompatibles ökonomisches Experiment untersucht. Hierbei wählen 145 Landwirte für spezifische Produktionssysteme Weizensorten aus. Das individuelle Vorgehen der Landwirte wird mittels einer Information-Display-Matrix dokumentiert. Anhand der Beobachtungen wird die Anwendung heuristischer Entscheidungsverfahren untersucht.

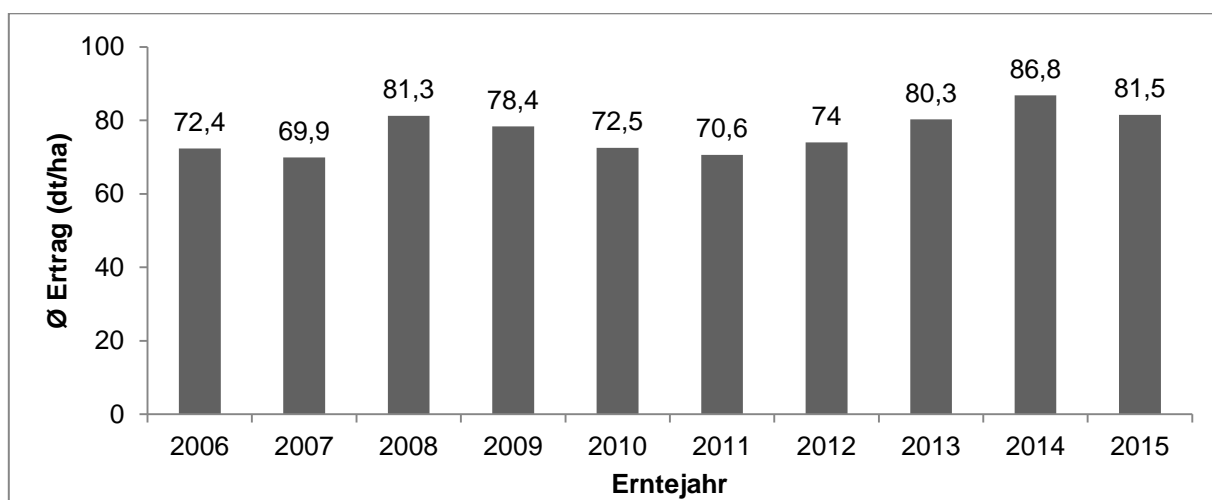
Im abschließenden sechsten Kapitel erfolgt eine Zusammenfassung der zentralen Erkenntnisse dieser Arbeit. Hierin werden die zentralen Ergebnisse der einzelnen Kapitel in Verbindung zueinander gesetzt und Maßnahmen zur Erleichterung bzw. Verbesserung der Entscheidungen bei der Sortenwahl entwickelt.

2 Sortenwahl und Weizenproduktion

Der Weizenanbau wurde in Deutschland in den vergangenen Jahrzehnten erheblich ausgeweitet. Ausgehend von 1,4 Mio. ha im Jahr 1960 stieg die Anbaufläche kontinuierlich an. Seit dem Jahr 2006 werden in Deutschland mehr als 3 Mio. ha (Statistisches Bundesamt 2016) mit Winterweizen bestellt. Dies entspricht ca. einem Viertel der gesamten deutschen Ackerfläche. Damit ist Winterweizen die flächenmäßig bedeutendste ackerbaulich genutzte Pflanze in Deutschland.

Obwohl die Erträge im Trend stagnieren, treten zwischen einzelnen Jahren große Ertragschwankungen auf. So wurden z. B. im Rekordjahr 2014 im bundesdeutschen Durchschnitt 19% mehr Weizen je Hektar geerntet als im Jahr 2011 (Abbildung 1).

Abbildung 1: Winterweizenerträge (dt/ha) in Deutschland zwischen 2006 und 2015 (Statistisches Bundesamt 2006-2016)



Die dargestellten Durchschnittserträge sind das Resultat vieler Einzelerträge, die an unterschiedlichen Standorten mit unterschiedlichen Witterungsbedingungen erzielt wurden. Da die Produktionsstandorte im Ablauf der vergangenen zehn Jahre (vermutlich zum überwiegenden Teil) gleichgeblieben sind, kann zunächst auf einen erheblichen Einfluss der Witterungsbedingungen geschlossen werden. Allerdings sind diese beiden Faktoren nur zwei von vielen Elementen innerhalb des Produktionsverfahrens „Winterweizen“. Grundsätzlich können auch Änderungen innerhalb der Produktionsverfahren zu diesen Ertragsschwankungen beigetragen haben. So könnte beispielsweise eine Anpassung der Pflanzenschutzmittelintensität infolge schwankender Faktor- und Produktpreise zu den Ertragsschwankungen geführt haben. Es ist also zunächst unklar, inwiefern die Weizenerträge durch nicht beeinflussbare Faktoren (z. B. Standort und Witterung) bestimmt werden und inwiefern gestaltbare Faktoren (z. B. Pflanzenschutzmitteleinsatz und Sortenwahl) ursächlich für die Weizenerträge sind.

Aus ökonomischer Sicht sind die Entscheidungen bezüglich der gestaltbaren Elemente der Produktionsverfahren interessant, da hier aktiv Einfluss auf den Produktionserfolg genommen werden kann.

In dieser Arbeit wird das Entscheidungsverhalten bei der Sortenwahl untersucht. Die Sortenwahl ist ein entscheidender Erfolgsfaktor im Weizenanbau. Dies wird u. a. bei der Betrachtung von Landessortenversuchen deutlich. Im Jahr 2014/15 traten z. B. zwischen einzelnen Sorten Ertragsunterschiede von bis zu 7,4% (Qualitätsgruppe A) bzw. 9,5% (Qualitätsgruppe B) im Mittel von fünf Versuchsstandorten auf.¹² Die Ertragsunterschiede wurden in gleichen Produktionsverfahren erzielt. Folglich führen sortenbedingte Mehrerträge zur Verbesserung der Produktivität aller Produktionsfaktoren, zu geringeren Stückkosten und geringeren Umweltbelastungen je produzierter Einheit.

Allerdings ist die Auswahl der „richtigen“ Sorte eine komplexe Aufgabe. Die Begründung für diese Aussage erfolgt in diesem Kapitel. Hierbei wird auf die Struktur und die Elemente des Entscheidungsproblems genauer eingegangen. Zunächst erfolgt in Abschnitt 2.1 die Beschreibung des verfügbaren Sortiments, welches den Entscheidungsraum darstellt. Anschließend wird auf die Bedeutung einzelner Elemente der Produktionssysteme im Weizenanbau eingegangen. Diese stellen die Umweltfaktoren dar, die auf das Ergebnis der Sortenwahl Einfluss nehmen. Hierbei wird auf die Bedeutung der nicht-prognostizierbaren Größe *Jahreswitterung* und die vielschichtigen Wechselwirkungen innerhalb des Produktionssystems eingegangen. Zum Abschluss dieses Kapitels wird anhand der Daten der BEE gezeigt, dass die Landwirte bei der Sortenwahl erst verzögert auf Veränderungen der Sorten reagieren und hierdurch Potenziale ungenutzt bleiben.

2.1 Weizensorten

Die Verkehrsfähigkeit von Saatgut ist in Deutschland durch das Saatgutverkehrsgesetz (SaatG) geregelt. Hiernach dürfen in Deutschland nur Weizensorten in Verkehr gebracht werden, die zuvor durch das Bundessortenamt oder entsprechende Institutionen anderer Vertragsstaaten der Europäischen Union zugelassen wurden.¹³ Die Menge der zugelassenen Sorten stellt folglich den Entscheidungsraum bei der Sortenwahl dar.

Die Voraussetzungen für die Zulassung einer Winterweizensorte sind Unterscheidbarkeit (SaatG §31), Homogenität (SaatG §32) und Beständigkeit (SaatG §33) (Saatgutverkehrsgesetz SaatG §30 BGBl IS. S. 3154). Zusätzlich ist ein landeskultureller Wert erforderlich. Der landeskulturelle Wert einer Sorte ist gegeben,

¹² Der Vergleich bezieht sich auf den Mittelwert der fünf Standorte der hessischen Landessortenversuche 2014/15 in der fungizidbehandelten Variante. Qualitätsgruppe A: „RGT Reform“ (102,7 dt/ha) vs. „Julius“ (95,6 dt/ha), Qualitätsgruppe B: „Benchmark“ (105,8 dt/ha) vs. „Produzent“ (96,6 dt/ha). (Quelle: eigene Berechnungen auf der Grundlage von LLH 2015a).

¹³ SaatG Ausfertigungsdatum 1985 §3, zuletzt geändert am 31.08.2015.

„wenn sie in der Gesamtheit ihrer wertbestimmenden Eigenschaften gegenüber den zugelassenen vergleichbaren Sorten, zumindest für die Erzeugung in einem bestimmten Gebiet, eine deutliche Verbesserung für den Pflanzenbau, die Verwertung des Erntegutes oder die Verwertung aus dem Erntegut gewonnener Erzeugnisse erwarten lässt. Einzelne ungünstige Eigenschaften können durch andere günstige Eigenschaften ausgeglichen werden.“ (SaatG § 34)

Die Zulassung erfolgt zunächst für zehn Jahre und kann, sofern die oben genannten Anforderungen weiterhin erfüllt sind sowie die Anbau- und Marktbedeutung dies rechtfertigen, um bis zu zehn weitere Jahre verlängert werden. Zugelassene Sorten und deren Merkmalsausprägungen werden in der Beschreibenden Sortenliste veröffentlicht (SaatG § 56).

Im Jahr 2015/16 waren 162 Weizensorten in der Beschreibenden Sortenliste aufgeführt (Tabelle 1). Hierbei handelt es sich vornehmlich um in Deutschland zugelassene Sorten. Zusätzlich sind einige Sorten aufgeführt, die zunächst in anderen EU-Ländern zugelassen wurden. Diese Sorten werden von den Verantwortlichen der Landessortenversuche als grundsätzlich anbauwürdig erachtet und in Landessortenversuchen überprüft (Rentel 2016, pers. Mitt.). Neben den in der Beschreibenden Sortenliste aufgeführten Sorten sind grundsätzlich alle in der EU zugelassenen 2.339 Sorten (EU-Sorten) vertriebsfähig.¹⁴ Allerdings spielen EU-Sorten, die nicht in der Beschreibenden Sortenliste aufgeführt sind, im deutschen Weizenanbau eine untergeordnete Rolle.¹⁵ Daher wird im Nachfolgenden auf eine Betrachtung von Sorten, die nicht in der Beschreibenden Sortenliste aufgeführt sind, verzichtet.

2.2 Entwicklung der Anzahl zugelassener Sorten

Durch Neuzulassungen und das Ausscheiden von Sorten unterliegt die Beschreibende Sortenliste einem ständigen Wandel. Zwischen den Jahren 1991 und 2006 stieg die Anzahl der zugelassenen Weizensorten von 61 (1991) über 93 (2001) bis auf 143 (2006) an (BSA 1991, 2001, 2006). In den vergangenen zehn Jahren lag die Anzahl der in Deutschland zugelassenen Sorten zwischen 134 (2009) und 162 (2015). Zwischen den Jahren 2006 und 2015 wurden 174 Sorten neu in die Beschreibende Sortenliste aufgenommen. Im selben Zeitraum schieden 147 Sorten aus. Die Zahl der neu aufgenommenen Sorten schwankt zwischen zehn (2012) und 21 (2010). Sowohl bei der Gesamtzahl der Sorten als auch bei der Anzahl der Neuzulassungen dominieren Sorten der Qualitätsgruppen¹⁶ A und B (siehe Tabelle 1).

¹⁴Onlineabfrage:

http://ec.europa.eu/food/plant/plant_propagation_material/plant_variety_catalogues_databases/search/public/index.cfm?event=SearchVariety&ctl_type=A&species_id=258&variety_name=&listed_in=0&show_current=on&show_deleted= (Datum: 13.07.2016).

¹⁵ Alle Sorten mit einem Flächenanteil > 0,5% an der Gesamtweizenfläche in Deutschland sind in der Beschreibenden Sortenliste aufgeführt. Quelle: Besondere Erntetermineitlung 2014 (BMEL 2015) und Beschreibende Sortenliste 2014 (BSA 2014).

¹⁶ Siehe Abschnitt 2.3.

Tabelle 1: Entwicklung der Anzahl der zugelassenen Sorten und Neuzulassungen (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: BSA 2006-2015)¹⁷

		Qualitätsgruppe						Gesamt
		E	A	B	C	Ck	Unbestimmt	
BSL 2006	Anzahl	18	53	40	12	3	9	135
	davon neu	1	8	3	1	0	4	17
BSL 2007	Anzahl	19	58	40	15	2	9	143
	davon neu	1	7	3	3	0	2	16
BSL 2008	Anzahl	18	61	39	11	3	6	138
	davon neu	2	7	3	0	1	5	18
BSL 2009	Anzahl	22	58	37	13	4	9	143
	davon neu	5	0	5	4	1	5	20
BSL 2010	Anzahl	25	54	32	14	3	6	134
	davon neu	4	3	4	5	0	5	21
BSL 2011	Anzahl	26	51	34	11	4	7	133
	davon neu	4	4	8	0	1	2	19
BSL 2012	Anzahl	25	58	41	9	4	8	145
	davon neu	0	8	5	2	0	1	16
BSL 2013	Anzahl	22	54	43	8	4	6	137
	davon neu	0	2	6	0	0	2	10
BSL 2014	Anzahl	28	60	44	14	5	5	156
	davon neu	5	7	3	4	0	1	20
BSL 2015	Anzahl	28	59	47	15	5	8	162
	davon neu	2	4	8	2	0	1	17
Neu in Beschreibender Sortenliste 2006-2015		24	50	48	21	3	28	174

Deutsche Landwirte haben durch die Vielzahl an Sorten einen großen Entscheidungsraum bei der Sortenwahl. Gleichzeitig führen Neuzulassungen und das Ausscheiden von Sorten zu einem permanenten Wandel des Sortiments.

Die Größe und der Wandel des Entscheidungsraums sind der erste Grund für die im vorherigen Abschnitt vorgenommene Einschätzung einer hohen Komplexität des Entscheidungsproblems. Allerdings lässt die bloße Anzahl der Alternativen noch keine Bewertung des (theoretisch) notwendigen Informations- und Verarbeitungsaufwands zur Entscheidungsfindung zu. Erst die Berücksichtigung der Anzahl der (relevanten) Attribute ermöglicht eine vollständige Beschreibung des Informations- und Verarbeitungsaufwands. Daher werden im nachfolgenden Abschnitt relevante Sorteneigenschaften und deren Ermittlung sowie die Entwicklung von Sorteneigenschaften im Zeitablauf beschrieben.

2.3 Sorteneigenschaften

Im Zuge des Zulassungsverfahrens werden praxisrelevante Merkmale der Sorten in Wertprüfungen ermittelt (BSA 2000). Der Prüfungsrahmen beinhaltet Eigenschaften, Leistungen sowie ggf. Anbauweisen und Nutzungsrichtungen und orientiert sich an praxisrelevanten Fragestellungen. Hierbei werden Aspekte berücksichtigt, die für die Bewertung des Leistungs-

¹⁷ Der Stichtag für die Beschreibende Sortenliste ist der 20.07. eines Jahres. Somit kann es sein, dass eine Sorte, die nach dem 20.07. eines Jahres zugelassen wurde, erst in der nachfolgenden Sortenliste aufgeführt wird. Für die Ermittlung der Anzahl neuer Sorten wird an dieser Stelle die erste Erscheinung in der Beschreibenden Sortenliste herangezogen.

vermögens einer Sorte der betreffenden Pflanzenart üblicherweise von Bedeutung sind (BSA 2000, Abschnitt 1-3). Bei Winterweizen sind dies Ertrags- und Qualitäts- sowie Anbau- und Resistenzeigenschaften. Insgesamt werden in der Beschreibenden Sortenliste 30 Merkmale beschrieben.

Zu den Anbaueigenschaften zählen

- der Zeitpunkt des Ährenschiebens,
- der Zeitpunkt der Reife,
- die Pflanzenlänge,
- die Neigung zu Lager und
- die Auswinterungsneigung.

Die Resistenzeigenschaften werden in der Beschreibenden Sortenliste nicht als Widerstandsfähigkeit, sondern als Anfälligkeit gegenüber verschiedenen Weizenkrankheiten angegeben. In der Beschreibenden Sortenliste sind dies:

- Halmbruch (*Pseudocercospora herpotrichoides*),
- Mehltau,
- Blattseptoria,
- Drechslera tritici-repentis (DTR),
- Gelbrost,
- Braunrost,
- Ährenfusarium und
- Spelzbräune.

Die Ertrageigenschaften werden sowohl in Form der Ertragskomponenten

- Bestandesdichte,
- Kornzahl je Ähre und
- Tausendkornmasse (TKM)

als auch durch die Gesamtertragsleistung bzw. das Ertragspotenzial bei extensivem (Kornertrag Stufe 1) und intensivem Pflanzenschutzmitteleinsatz (Kornertrag Stufe 2) angegeben.

Als Qualitätseigenschaften werden der Rohproteingehalt und der Sedimentationswert sowie die Fallzahl und die Fallzahlstabilität angegeben. Zusätzlich werden acht weitere Eigenschaften bezüglich der Backeignung beschrieben. Anhand der Qualitätseigenschaften werden die Sorten in die Qualitätsgruppen E (Eliteweizen), A (Qualitätsweizen), B (Brotweizen) und C (sonstiger Weizen: Verwendung als Tierfutter oder für industrielle Zwecke) sowie Ck (Keksweizen) eingestuft¹⁸.

¹⁸ Die Qualitätseigenschaften spielen in dieser Arbeit eine untergeordnete Rolle. Daher wird im Nachfolgenden lediglich zwischen Qualitätsstufen unterschieden und auf eine detaillierte Darstellung der Ermittlung der Merkmalsausprägungen verzichtet.

Bevor näher auf die Ermittlung und die Beschreibung der Eigenschaften eingegangen wird, soll an dieser Stelle zunächst noch einmal auf die Informationsmenge und die sich daraus ergebende Komplexität bzw. den Entscheidungsaufwand hingewiesen werden. Für einen vollständigen Vergleich der 162 im Jahr 2015 in der Beschreibenden Sortenliste aufgeführten Sorten in allen 30 Merkmalen müsst(en) die Landwirte 4.860 Informationen erfassen und verarbeiten.

2.4 Entwicklung von Sorteneigenschaften im Zeitablauf

Im Abschnitt 2.1 wird mit Bezug auf das Ausscheiden alter und die Einführung neuer Sorten bereits auf den Wandel des Entscheidungsraums hingewiesen. Zusätzlich verändern sich auch die Eigenschaften einzelner Sorten bzw. die Bewertung der Merkmalsausprägungen im Zeitablauf. Dies wird aus den Angaben in der Beschreibenden Sortenliste deutlich. Die Einstufung der Merkmalsausprägungen beruht auf den Ergebnissen der Wertprüfungen, die im Zuge des Zulassungsverfahrens durchgeführt werden. Die Ursachen für die Veränderung der Einstufungen sind zum einen Zuchtfortschritte und zum anderen die Anpassung von Pathogenen an die Resistenzmechanismen des Weizens.

2.4.1 Wertprüfungen

Die Ausprägung einzelner Merkmale ist stark von der Jahreswitterung und von Standortfaktoren abhängig. Daher erfolgt die Ermittlung der Sorteneigenschaften anhand von dreijährigen Wertprüfungen an 14 Standorten, die über verschiedene Anbaugebiete und Naturräume Deutschlands verteilt sind (Rentel 2016, pers. Mitt.). Die Wertprüfungen werden in zwei unterschiedlichen Pflanzenschutzintensitäten durchgeführt. In Behandlungsstufe 1 (Stufe 1) werden keine Fungizide und Wachstumsregulatoren eingesetzt. In Behandlungsstufe 2 (Stufe 2) werden diese Pflanzenschutzmittel „praxisüblich“ verwendet (vgl. BSA 2015, S. 13). In Stufe 2 soll das maximale Leistungsvermögen der Sorten unter praxisüblichen Produktionsverfahren ermittelt werden (Rentel 2016, pers. Mitt.).

Die Ausprägungen der Eigenschaften werden von 1 (= fehlende oder sehr geringe Ausprägung einer Eigenschaft) bis 9 (= sehr starke Ausprägung einer Eigenschaft) bonitiert. Die Boniturnoten der dreijährigen Wertprüfungen werden in Ausprägungsstufen (APS) überführt. Die APS haben ebenfalls Werte von 1 (= fehlende oder sehr geringe Ausprägung einer Eigenschaft) bis 9 (= sehr starke Ausprägung einer Eigenschaft). Die mittlere APS „5“ soll jeweils das Mittel des Sortiments darstellen (Rentel 2016, pers. Mitt.). Die Grenzen der APS in der Beschreibenden Sortenliste werden jährlich manuell angepasst. Dabei dienen die durchschnittlichen Merkmalsausprägungen des gesamten Sortiments als Grundlage für die Abgrenzungen der einzelnen APS. Die Anpassung trägt der Tatsache Rechnung, dass es zu Niveauverschiebungen bei den Merkmalsausprägungen kommt. Die Ursache für die Niveau-

verschiebungen sind Änderungen der durchschnittlichen Leistungsfähigkeit innerhalb des Sortiments durch die Zulassung züchterisch verbesserter Sorten (siehe Abschnitt 2.4.2)

Die Anpassung der APS-Grenzen zeigt sich am Beispiel des Kornertrags. Durch die Zulassung neuer, ertragsstärkerer Sorten wird das Ertragsniveau des Sortiments angehoben. Während eine Sorte im Jahr 1980 einen Ertrag von 74,4 dt/ha erzielen musste, um in APS 7 eingestuft zu werden, waren hierfür im Jahr 2004 93,7 dt/ha notwendig. Durch die Steigerung des durchschnittlichen Ertrags innerhalb des Sortiments verschlechtert sich die relative Ertragsleistung älterer Sorten. Hieraus folgt, dass die APS einer Sorte, obwohl sich diese in ihren genetisch fixierten Eigenschaften nicht mehr ändert, im Zeitablauf geändert werden kann (Schachneider 2008, S. 136).

2.4.2 Weizenzüchtung und Zuchtfortschritt

„Neue“ Sorten sind das Resultat langwieriger Züchtungsprozesse, die von der Schaffung einer neuen Variation bis zur Sortenzulassung zehn bis 13 Jahre (Kazman & Innemann 2010; Schachschneider 2008, S. 134) in Anspruch nehmen. Neben Steigerungen des Ertragspotenzials trägt die Pflanzenzüchtung zur Steigerung bzw. zur Erhaltung von Resistenzeigenschaften bei (Schachschneider 2008, S. 137).

Die Bedeutung der Züchtung bzw. Zulassung neuer Weizensorten wird bei der Betrachtung einzelner Eigenschaften deutlich. Tabelle 2 zeigt einen Vergleich von Sorteneigenschaften in Abhängigkeit des Zulassungsjahres. Hierzu wurden die durchschnittlichen Merkmalsausprägungen „jüngerer“ Sorten (Zulassungsjahre 2012 bis 2015; n = 60) mit „älteren“ Sorten (Zulassungsjahre 2008 bis 2011; n = 37) verglichen.

Aus Tabelle 2 kann entnommen werden, dass die neueren Sorten mit Ausnahme der Neigung zu Auswinterung und Lager sowie der Anfälligkeit für Halmbruch im Durchschnitt bessere Eigenschaftsausprägungen aufweisen. Besonders große Unterschiede zeigen sich beim Ertragspotenzial (Kornertrag Stufe 1 und 2) sowie bei der Anfälligkeit für Blattseptoria und Braunrost. Allerdings muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass jede einzelne Weizensorte als Bündel von Sorteneigenschaften verstanden werden muss. Die Angaben bezüglich der Verbesserung der Sorteneigenschaften in Abhängigkeit des Zulassungsjahres beruht auf einem Vergleich der Ausprägungen einzelner Merkmale. Hieraus kann nicht geschlossen werden, dass neue Sorten älteren Sorten in allen Eigenschaften überlegen sind.

Die züchterischen Verbesserungen schlagen sich auch in höheren Erträgen im praktischen Anbau nieder. Die durchschnittlichen Winterweizenerträge stiegen von 32,7 dt/ha im Jahr 1960 auf 80 dt/ha im Jahr 2013 (Statistisches Bundesamt 2014, S. 8), was einem jährlichen Ertragszuwachs von durchschnittlich 0,89 dt/ha entspricht. Hierzu trugen neben dem Zuchtfortschritt auch Verbesserungen in der Produktionstechnik bei. Je nach Betrachtungszeitraum und Analyserahmen werden unterschiedlich große Anteile des Ertragszuwachses

durch Zuchtfortschritte erklärt. Ahlemeyer und Friedt (2011, S. 22) beziffern den Umfang der Pflanzenzüchtung an der Ertragssteigerung zwischen 1966 und 2006 auf durchschnittlich 0,34 bzw. 0,37 dt pro Hektar und Jahr. Bei einer nach Qualitätsgruppen differenzierten Betrachtung stellt Hartl (2008, S. 16) zwischen den Jahren 1987 und 2008 insbesondere bei A-Weizen züchtungsbedingte Ertragszuwächse fest. Sorten dieser Qualitätsgruppe hatten in diesem Zeitraum einen jährlichen Ertragszuwachs von durchschnittlich 0,61 dt/ha, die Erträge von B- und E-Weizen stiegen im gleichen Zeitraum nur um 0,51 bzw. 0,45 dt/ha.

Tabelle 2: Durchschnittliche Ausprägung der Sorteneigenschaften in Abhängigkeit des Zulassungsjahres;¹⁹ Die Ausprägungen sind jeweils von 1 = sehr gering bis 9 = sehr hoch angegeben. (Quelle: eigene Darstellung auf der Grundlage von BSA 2015; * = Abweichungen zwischen den in Spalte „Differenz“ aufgeführten Angaben und den Differenzen, die anhand der Werte in den Spalten „neue Sorten“ und „alte Sorten“ ermittelt werden, sind auf Rundungen zurückzuführen)

		Zulassungsjahre		Differenz* („neue“ vs. „alte“ Sorten)
		„neue Sorten“ 2012-2015 (n = 60)	„alte Sorten“ 2008-2011 (n = 37)	
Neigung zu	Auswinterung	4,9	4,8	+0,1
	Lager	4,1	4,0	+0,1
Anfälligkeit für	Halmbruch	5,2	4,6	+0,5
	Mehltau	2,6	3,0	-0,4
	Blattseptoria	3,8	4,6	-0,8
	DTR	4,6	5,0	-0,4
	Gelbrost	3,3	3,3	±0,0
	Braunrost	3,5	4,6	-1,0
	Ährenfusarium	4,4	4,6	-0,2
	Spelzbräune	4,6	4,8	-0,2
	Kornertrag Stufe1	6,8	5,9	+0,9
	Kornertrag Stufe2	6,7	6,2	+0,5

Während Ahlemeyer und Friedt (2011, S. 19) anhand von Daten der Besonderen Ernteermittlung (BEE) seit Mitte der 1980er Jahre rückläufige Ertragszuwächse bis hin zur Ertragsstagnation im praktischen Anbau feststellen, zeigen sie durch die Analyse von Feldversuchen einen ungebrochenen, züchtungsbedingten Ertragsfortschritt. Schachschneider (2008, S. 135) stellt bei der Auswertung der Sortenprüfungen für die Jahre zwischen 1980 und 2007 einen durchschnittlichen züchtungsbedingten Ertragszuwachs von 1% pro Jahr fest.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass neue, züchterisch verbesserte Sorten im Durchschnitt bessere Merkmalsausprägungen als ältere Sorten aufweisen. Die Vorzüglichkeit, die sich in den APS der Beschreibenden Sortenliste widerspiegelt, schlägt sich auch in

¹⁹ In der Tabelle sind nur Eigenschaften abgetragen, bei denen eindeutige Aussage über die Vorzüglichkeit der Merkmalsausprägungen getroffen werden können. Dies ist z. B. für das Merkmal „Pflanzenlänge“ nicht möglich, da in Abhängigkeit der betrieblichen Ausrichtung unterschiedliche Pflanzenlängen bevorzugt werden können.

den Erträgen nieder. Der Anbau neuer Sorten bietet nicht nur bezüglich der Erträge Potenziale. Auch der Einsatz von Produktionsfaktoren, und hierbei insbesondere von Fungiziden, kann tendenziell gesenkt werden, da neue Sorten weniger anfällig für pilzliche Schaderreger sind.

2.4.3 Anpassung von Pathogenen

Bei der Anfälligkeit für Krankheiten bleiben die Grenzen der APS im Zeitablauf weitgehend unverändert. Dennoch kommt es auch hier im Zeitablauf zu Änderungen in den Einstufungen einzelner Sorten. Dies verdeutlicht der Vergleich der Einstufung zwischen Zulassung und Ablauf der Zulassung von bedeutenden Weizensorten der vergangenen Jahrzehnte. Hierbei zeigt sich eine durchschnittliche Verschlechterung zwischen 0,4 APS (Spelzbräune) und 1,8 APS (Braunrost) bei fast allen Krankheiten. Lediglich die Einstufung der Anfälligkeit für Ährenfusarium verringerte sich um 0,5 APS (Schachschneider 2008, S. 137). Wie schon beim Beispiel der Ertragsleistung bleiben die genetisch fixierten Eigenschaften auch in Bezug auf die Krankheitsanfälligkeit bestehen. Die Ursache für die Verschlechterungen im Zeitablauf ist die Anpassung der Pathogene an die Resistenzmechanismen der Weizensorten (Schachschneider 2008, S. 137).

Ein aktuelles Beispiel für die Veränderung von Pathogenen ist die Gelbrost-Rasse „Warrior“. Diese wurde in Deutschland erstmals im Jahr 2010 nachgewiesen und entwickelte sich innerhalb kurzer Zeit zur dominierenden Gelbrost-Rasse (Flath et al. 2014; BSA 2015, S. 139). Die Warrior-Rasse kann elf der 14 Resistenzmechanismen, die in aktuellen Weizensorten vorliegen, überwinden. Im Zuge der Ausbreitung der neuen Gelbrost-Rasse verlor ein Teil der Sorten erheblich an Widerstandsfähigkeit gegen Gelbrost (Flath et al. 2014). Ein Beispiel für die teilweise gravierenden Veränderungen der Merkmalsausprägungen ist die Sorte „JB Asano“. Die Sorte war in Bezug auf die Anbaufläche in den vergangenen Jahren eine der dominierenden Sorten in Deutschland.²⁰ In Tabelle 3 ist die Entwicklung der Anfälligkeit für Gelbrost seit Sortenzulassung (2008) bis zum Jahr 2015 abgetragen.

Tabelle 3: Veränderung in der Anfälligkeit für Gelbrost im Zeitablauf am Beispiel der Sorte „JB Asano“; Die Ausprägungsstufen reichen von 1 = sehr gering bis 9 = sehr stark. * = keine Angabe (Quelle: eigene Darstellung auf der Grundlage der Beschreibenden Sortenlisten 2008 – 2015; BSA 2008 – 2015)

Anfälligkeit für Gelbrost im Jahr								Änderung zwischen 2009 und 2015
2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
-*	3	3	4	4	5	7	8	+5

Die Veränderung der Gelbrostanfälligkeit der Sorte „JB Asano“ verdeutlicht die Dynamik, der die Ausprägungseinstufungen unterliegen können. Sorten, die zum Zeitpunkt ihrer Zulassung

²⁰ Siehe Abschnitt 2.7.1.

überdurchschnittliche Merkmalsausprägungen aufweisen, können sich innerhalb weniger Jahre deutlich verschlechtern.

Die Fortschreibung und Neueinstufung der Merkmalsausprägungen nach der Sortenzulassung erfolgt auf der Grundlage von Ergebnissen von Wertprüfungen und Landessortenversuchen (vgl. BSL 2015, S. 11). Die jährlich veröffentlichten Beschreibenden Sortenlisten zeigen somit nicht nur die Merkmalsausprägung zum Zeitpunkt der Sortenzulassung, sondern die aktuelle Merkmalsausprägung unter „aktuellen“ Umweltbedingungen.

Die Veränderung der Sorteneigenschaften bzw. der durch die APS ausgedrückten relativen Merkmalsausprägungen ist ein weiteres Charakteristikum des Entscheidungsraums, das die „Sortenwahl“ zu einem komplexen Entscheidungsproblem macht. Die Veränderungen führen dazu, dass die Landwirte Erfahrungen mit Sorten aus den Vorjahren nicht ohne weiteres zur Beurteilung der Vorzüglichkeit in den Folgejahren heranziehen können.

2.4.4 Zusammenfassung

Landwirte können aus einer Vielzahl an Sorten wählen. Durch das Ausscheiden alter und die Zulassung neuer Sorten unterliegt der Entscheidungsraum einem permanenten Wandel. Die relative Leistungsfähigkeit (z. B. die Ertragsleistung) von Weizensorten nimmt im Zeitablauf ab. Die absolute Merkmalsausprägung (z. B. die Krankheitsanfälligkeit) kann sich durch Veränderungen der Umwelt (z. B. die Anpassung von Pathogenen) verändern.

Zudem gibt es 19 bzw. 30 anbaurelevante Sorteneigenschaften. Für einen vollumfänglichen Vergleich aller Sorten hätten deutsche Landwirte im Jahr 2015 3.078²¹ bzw. 4.860²² Informationen aufnehmen und verarbeiten müssen. Die Größe und der Wandel des Entscheidungsraums sind der erste Grund für die Einordnung der Sortenwahl als komplexes Entscheidungsproblem.

2.5 Produktionssysteme und Sorteneignung

Die Beschreibungen des Entscheidungsraums im vorangegangenen Abschnitt basiert überwiegend auf der Entwicklung der durchschnittlichen Ausprägungen einzelner Merkmale bzw. der Entwicklung der durchschnittlichen Ertragsleistung des Sortiments im Zeitablauf. Landwirte sind bei der Sortenwahl mit spezifischen Entscheidungssituationen konfrontiert. Sie müssen jeweils eine Sorte für ein bestimmtes Produktionssystem auswählen. Die Situationspezifität ergibt sich durch die vielfältigen Wechselwirkungen innerhalb des Produktionssystems und insbesondere durch den Einfluss der Witterung. Diese Aspekte werden im Nachfolgenden behandelt.

Bei der Weizenproduktion wirken unterschiedliche Faktoren auf die Pflanzen und hierdurch auf die Ertragsleistung und die Qualität der Erzeugnisse ein. Die Sortenwahl ist eines von

²¹ 162 Sorten x 18 anbaurelevante Eigenschaften + Einstufung in eine Qualitätsgruppe.

²² 162 Sorten x 18 anbaurelevante Eigenschaften + zwölf Qualitätseigenschaften.

vielen Elementen des Produktionsverfahrens *Winterweizen*, das wiederum in das gesamtbetriebliche Produktionssystem von landwirtschaftlichen Betrieben eingebettet ist. Das Produktionssystem beinhaltet zum einen steuerbare und zum anderen (kurzfristig) unveränderbare Faktoren.

Die Summe der Maßnahmen zur Beeinflussung der steuerbaren Faktoren stellt das Produktionsverfahren dar. Die Ausgestaltung eines Produktionsverfahrens kann durch die Art und Menge der zu verbrauchenden Werk-, Roh- und Hilfsstoffe sowie den Einsatz von Maschinen und Anlagen beschrieben werden (vgl. grundlegend Kuhlmann 2007, S. 348). Ein Produktionsverfahren ist „das konkrete Input-Output-System für einen Betriebszweig, das über seine verschiedenen Produktionsschritte (beim Getreidebau: Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz und Ernte) und die dafür verwendeten Dienst- und Werkstoffmengen exakt definiert ist“ (ebd.). Die einzelnen Produktionsschritte bestehen wiederum aus Elementen, die in Wechselwirkung zueinander stehen können (Kuhlmann 2007, S. 168).

Die (kurzfristig) unveränderbaren Faktoren stellen die betriebsindividuellen Rahmenbedingungen dar, innerhalb derer das Produktionsverfahren gestaltet werden kann. Die Rahmenbedingungen beinhalten (I) die natürlichen Ertragsbedingungen, (II) die Faktorausstattung, (III) das Produktionsprogramm sowie (IV) die Art der Wirtschaftsweise²³ (vgl. Schneeberger & Peyerl 2011, S. 220). Beispiele für diese Rahmenbedingungen sind (zu I) die Bodengüte und das Klima, (zu II) Maschinen- und Arbeitskräfteausstattung, (zu III) die Fruchtfolge sowie (zu IV) eine ökologische oder konventionelle Wirtschaftsweise.

Die konkreten ertrags- und qualitätsrelevanten Faktoren der Weizenproduktion können unter anderem aus praxisorientierten Pflanzenbauratgebern (z. B. LLH 2016) oder den Beschreibungen des Aufbaus von Landessortenversuchen (z. B. LLH 2015b) abgeleitet werden. Diese sind in Tabelle 4 dargestellt.

Das Produktionssystem beeinflusst bzw. beschreibt die Umwelt der Weizenpflanzen und bedingt die Gefahr des Auftretens von biotischen²⁴ und abiotischen²⁵ Stressfaktoren. Die Eignung einer Sorte für bestimmte Produktionssysteme hängt von der Leistungsfähigkeit innerhalb dieser spezifischen Umwelt ab. Je besser die Eigenschaften an die Gegebenheiten der Umwelt angepasst sind, desto größer ist die Leistungsfähigkeit. Allerdings kann anhand einzelner Elemente des Produktionssystems nicht direkt auf die Gefahr des Auftretens von biotischen und abiotischen Stressfaktoren geschlossen werden. Ursächlich sind Wechselwirkungen innerhalb des Produktionssystems. Diese werden an den Ergebnissen von praktischen Anbauversuchen deutlich.

²³ Schneeberger und Peyerl 2011 nennen zudem Produkt- und Faktorpreise. Diese Faktoren werden im Abschnitt 2.8.2 bezüglich der Frage nach Entscheidungsdeterminanten bei der Sortenwahl aufgegriffen.

²⁴ Z. B. Pflanzenkrankheiten, Schädlinge oder Unkrautdruck.

²⁵ Z. B. Wassermangel, Hitze oder Kälte.

Tabelle 4: Elemente des Produktionsverfahrens und (kurzfristig) unveränderbare Faktoren in der Weizenproduktion (Quelle: eigene Darstellung auf der Grundlage von LLH 2016 und LLH 2015b)

Produktionsverfahren	(kurzfristig) unveränderbare Faktoren
<ul style="list-style-type: none"> • Bodenbearbeitung vor der Aussaat • Aussaat <ul style="list-style-type: none"> ○ Sortenwahl ○ Aussaatdatum ○ Saatstärke (Körner/m²) • Pflanzenschutzmitteleinsatz <ul style="list-style-type: none"> ○ Herbizide ○ Wachstumsregler ○ Fungizide ○ Insektizide • Nährstoffversorgung (Düngung) <ul style="list-style-type: none"> ○ Stickstoff ○ Schwefel ○ Phosphor ○ Kalium ○ Magnesium ○ pH-Wert • Ernte <ul style="list-style-type: none"> ○ Erntedatum 	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Ertragsbedingungen <ul style="list-style-type: none"> ○ Bodengüte <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bodentyp ▪ Geologische Herkunft ▪ Bodenart der Krume ▪ Humusgehalt ▪ Ackerzahl ▪ Stärke Krume (cm) ▪ Kulturzustand Boden ○ Klima <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ø Jahrestemperatur (°C) ▪ Niederschlag (mm) ▪ Höhenlage (m ü NN) • Vorfrucht • Wirtschaftsweise <ul style="list-style-type: none"> ○ ökologisch oder konventionell

2.5.1 Wechselwirkungen in Produktionssystemen

Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge innerhalb eines Produktionssystems können in Anbauversuchen zur Optimierung pflanzenbaulicher Fragestellungen ermittelt werden. Hierbei werden einige Faktoren (z. B. Pflanzenschutz oder Bodenbearbeitung) gezielt verändert, während die übrigen Faktoren möglichst konstant gehalten werden (vgl. Schneider 2009, S. 37). Die Wechselwirkungen zwischen einzelnen Elementen des Produktionssystems können am Beispiel der Studie von Gröblichhoff et al. (2003) gezeigt werden. Sie untersuchen unter anderem die Auswirkungen von Bodenbearbeitung, Pflanzenschutzmitteleinsatz und Fruchtfolge auf das Auftreten von Pflanzenkrankheiten. Hierbei zeigen sie, dass die Fruchtfolge nur bei bestimmten Kombinationen von Bodenbearbeitungsverfahren²⁶ und Fungizidstrategien²⁷ einen Einfluss auf das Auftreten der Krankheit Ährenfusarium hat. Wenn Weizen nach Zu-

²⁶ Pflugsaat, Mulchsaat und Direktsaat.

²⁷ Sechs Varianten: Kontrolle (ohne Fungizid), einfache Behandlung (Ährenbehandlung), Blattbehandlung und Doppelbehandlung mit unterschiedlichen Mittelkombinationen.

ckerrüben angebaut wurde, trat in allen Bodenbearbeitungs- und Fungizidvarianten ein Fusariumbefall von weniger als 5% auf. Bei Stoppelweizen stieg der Befall lediglich bei Mulch- (7%) und Direktsaat (21%) ohne Fungizideinsatz signifikant an. In den Varianten mit Fungizideinsatz blieb das Auftreten von Ährenfusarium in allen Bodenbearbeitungsvarianten auf niedrigem Niveau. Bei Pflugsaat war der Befall bei allen Fungizidvarianten auf dem gleichen Niveau wie bei der Vorfrucht Zuckerrübe. Bei Weizen nach zweimaliger Vorfrucht Weizen blieb der Befall bei Pflugeinsatz ebenfalls in allen Fungizidvarianten auf niedrigem Niveau, wohingegen bei Mulch- (bis zu 30%) und Direktsaat (bis zu 60%) in allen Fungizidvarianten signifikante Anstiege in der Befallsstärke festgestellt wurden (Gröblichhoff et al. 2003, S. 48f). Die Versuche wurden an einem Standort mit der Sorte „Flair“ einjährig durchgeführt (ebd. S. 21ff).

Die Studie zeigt, dass nicht einzelne Faktoren, sondern die Wechselwirkungen verschiedener Faktoren maßgeblich für die Beurteilung der Gefahr des Auftretens von Stressfaktoren und folglich für die Relevanz von Sorteneigenschaften sind. Zudem zeigt sich, dass ein erheblicher Untersuchungsaufwand besteht. So wurden allein in dieser Studie 72 Varianten von Produktionsverfahren²⁸ überprüft. Die Überprüfung weiterer Faktoren wie z. B. der Sortenunterschiede oder Variationen des Saatzeitpunktes würden ein Vielfaches an Aufwand mit sich bringen. Es konnte keine Studie gefunden werden, in der alle genannten Faktoren aus Tabelle 5 untersucht wurden. In Versuchen zur Auswirkung von Variationen des Produktionssystems werden bisher also lediglich Teilaspekte eines komplexen Systems untersucht. Die Schwierigkeit bei der Identifikation von relevanten Sorteneigenschaften in spezifischen Produktionsverfahren erhöht sich dadurch, dass die Witterung einen großen Einfluss auf die Versuchsergebnisse und den Erfolg im praktischen Anbau nimmt.

2.5.2 Witterungseinflüsse

Der Witterungsverlauf, also die Kombination der Ausprägungen von Niederschlag, Temperatur und weiterer Kennzahlen²⁹, kann nicht für die gesamte Produktionsperiode prognostiziert werden und variiert zwischen einzelnen Jahren stark. Die Witterung nimmt jedoch entscheidenden Einfluss auf das Auftreten von abiotischem Stress. So können z. B. Trockenperioden zu Wassermangel oder niedrige Temperaturen zur Auswinterung bei Weizen führen. Die Witterung bedingt zudem die Gefahr von biotischem Stress. Beispielsweise benötigen pilzliche Schaderreger bestimmte Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen zur Infektion von

²⁸ 3 Bodenbearbeitungsverfahren * 4 Vorfrüchte * 6 Fungizidvarianten.

²⁹ Das Wetter ist der Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem Ort und kann u. a. anhand der Ausprägungen von Niederschlag, Temperatur, Wind, Bewölkung, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit beschrieben werden. Die Witterung beschreibt den Ablauf des Wetters innerhalb einiger Tage bis hin zu ganzen Jahreszeiten. Das Klima eines Standorts ist die Zusammenfassung von Wettererscheinungen über einen Zeitraum von 30 Jahren. Es kann durch Mittel- und Extremwerte, Häufigkeiten und Andauerwerte dargestellt werden (DWD 2016). Die Weizenproduktion umfasst einen Zeitraum, der zwischen den Grenzen der Zeiträume von Witterung und Klima liegt. Daher wird im Nachfolgenden von Witterungsverlauf gesprochen.

Weizenpflanzen. Der Einfluss der Jahreswitterung kann durch den Vergleich der Ergebnisse einzelner Jahre aus mehrjährigen Versuchen mit gleichem Versuchsaufbau ermittelt werden. So zeigt sich z. B. bei Tillmann (2013, S. 78 und S. 104), dass die Bedeutung der Vorfrucht für das Auftreten von Ährenfusarium jahresabhängig ist. In der Studie war der Fusariumbefall im Versuchsjahr 2010 bei der Vorfrucht Weizen (3,0%) am geringsten, gefolgt von Zuckerrübe (20,1%), Örettich (als Rapsäquivalent; 20,9%) und Mais (26,4%). Demgegenüber war der Befall im Versuchsjahr 2011 bei der Vorfrucht Weizen (15,5%) vor Mais (9,1%), Zuckerrübe (7,0%) und Örettich (5,6%) am höchsten. Neben dem Effekt der Vorfrüchte wurde die Befallsstärke in Abhängigkeit von zwei Sorten ermittelt. Die resistente Sorte „Centrum“ zeigte über beide Versuchsjahre hinweg signifikant weniger Befall als die anfällige Sorte „Ritmo“³⁰. Zusätzlich wurde der Einfluss einer Fungizid-Blattbehandlung untersucht. Es zeigte sich nur in einem der beiden Versuchsjahre ein signifikanter Effekt. Die Aussaat erfolgte als Mulchsaat.

2.5.3 Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Optimierungsversuchen

Die Studien von Tillmann (2013) und Gröblichhoff et al. (2003) zeigen signifikante Einflüsse einzelner Faktoren. Allerdings ergeben sich bei der Betrachtung der Ergebnisse grundlegende Fragen bzgl. der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Produktionssysteme und Jahre. Welche Auswirkung hätte es z. B. gehabt, wenn in den Versuchen von Tillmann (2013) andere Fungizidstrategien oder andere Bodenbearbeitungsverfahren³¹ angewandt worden wären? Wie hätten sich die Versuchsergebnisse von Gröblichhoff et al. (2003) im mehrjährigen Versuch dargestellt? Welchen Einfluss hätte es gehabt, wenn bei Tillmann (2013) anstelle der moderat anfälligen Sorte „Flair“³² z. B. die Sorten „Centrum“ oder „Ritmo“ untersucht worden wären?

Die Übertragbarkeit der Ergebnisse ist nicht bzw. nur eingeschränkt möglich. Hierfür sind Wechselwirkungen innerhalb des Produktionssystems und die sich hieraus ergebende Spezifität der Versuche ursächlich. Die oben formulierten Fragen können folglich nicht durch die Kombination der Ergebnisse verschiedener Versuche beantwortet werden. Zur Klärung der Fragen müsste ein entsprechend größerer Versuchsaufbau gewählt werden, in dem „alle“ relevanten Faktoren untersucht werden. Dies scheint jedoch vor dem Hintergrund des großen Versuchsaufwandes unrealistisch.

Aus dem Auftreten eines Stressfaktors kann zudem nicht automatisch auf den Ertrag geschlossen werden. So konnte z. B. Tillmann (2013) bei unterschiedlichem Fusariumbefall bei der Vorfrucht Winterweizen zwischen zwei Versuchsjahren keine signifikanten Ertragsunterschiede feststellen. Bei der Vorfrucht Mais wurden sogar signifikant höhere Erträge (28%) in

³⁰ Anfälligkeit für Ährenfusarium: Ritmo = APS 7, Centrum = APS 2 (BSA 2014).

³¹ Anstelle von Mulchsaat z. B.: Direkt- oder Pflugsaat.

³² APS 4 Anfälligkeit für Ährenfusarium in Jahr 2002 (BSA 2002).

dem Jahr mit stärkerem Fusariumbefall erzielt (Tillmann 2013, S. 67). Es zeigt sich, dass andere Faktoren einen Einfluss gehabt haben müssen. Das Auftreten von Ährenfusarium ist folglich nur einer von vielen Stressfaktoren, die Einfluss auf den Ertrag und die Qualität nehmen können. Bei Gröblichhoff et al. (2003) wurde, neben dem Fusariumbefall, das Auftreten weiterer Krankheiten³³ ermittelt. Es zeigten sich teilweise deutliche Unterschiede zwischen unterschiedlichen Versuchsvarianten.

Ein weiterer, in den beiden Studien nicht berücksichtigter Faktor für das Auftreten von Krankheiten ist z. B. der Saattermin. Die Variation des Saattermins beeinflusst den Ertrag (Schäfer et al. 2012) und das Auftreten von Krankheiten. Allerdings zeigen sich auch hier große Jahres- und Standortunterschiede (Farack & Schwalbe 2003, S. 11).

Ein zusätzliches Problem bei der Übertragbarkeit der Ergebnisse von Pflanzenbauversuchen ist die sich wandelnde Umwelt. Im Abschnitt 2.4.3 wurde beschrieben, dass sich die Krankheitserreger im Zeitablauf verändern und an die Resistenzmechanismen der Weizenpflanzen anpassen. Hierdurch kommt es zu einer Veränderung der Umwelt, wodurch unklar ist, inwiefern, selbst unter Beibehaltung des Versuchsaufbaus, die Ceteris-Paribus-Bedingung im Zeitablauf erfüllt ist. Es stellt sich folglich die Frage, inwiefern die Ergebnisse älterer Studien zum Auftreten von Krankheiten oder anderen Stressfaktoren unter aktuellen und zukünftigen Umweltbedingungen gültig sind.

2.6 Ertragsleistung in spezifischen Produktionssystemen

Zur Überprüfung der regionalen Anbaueignung werden Landessortenversuche an mehreren Standorten in Deutschland durchgeführt. Die Standorte repräsentieren alle Anbauregionen Deutschlands (BSA 2015, S. 10). Durch die regionsspezifische Überprüfung der Anbaueignung soll die Anzahl möglicher Alternativen (alle zugelassenen Sorten) auf Sorten mit besonderer regionaler Anbaueignung reduziert werden (LLH 2015c).

Im Fokus von Landessortenversuchen steht die Leistungsfähigkeit von Sorten innerhalb spezifischer Produktionssysteme. Dies ist ein Gegensatz zu den Versuchen zur Optimierung von Produktionssystemen³⁴, bei denen u. a. das Auftreten von Stressfaktoren bzw. die Ertragsrelevanz einzelner Elemente des Produktionsverfahrens untersucht wird. Die Sortenversuche dienen nicht zur Identifikation einzelner leistungsbestimmender Faktoren oder Sorteneigenschaften, sondern vielmehr zur Messung der Gesamtleistungsfähigkeit in Form des Ertrags (und der Qualität). Im Nachfolgenden werden die Landessortenversuche am Beispiel von Hessen beschrieben.

³³ DTR, Halmbruch, Mehltau sowie Gelb- und Braunrost.

³⁴ Siehe Abschnitt 2.5.1.

Die hessischen Landessortenversuche³⁵ erfolgen an sechs für Hessen repräsentativen Standorten. Der Versuchsaufbau ist an die Wertprüfungen des Bundessortenamts angelehnt und die Versuche werden analog zu den Wertprüfungen bei Sortenzulassung in zwei Intensitätsstufen³⁶ durchgeführt. Die einzelnen Verfahrensschritte orientieren sich an regionaltypischen Anbauverfahren. In Intensitätsstufe 2 soll die maximale Leistungsfähigkeit (Ertrag) der Sorten ermittelt werden. Daher wird der Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in Stufe 2 an den Standorten situationsspezifisch angepasst (Käufler 2016, pers. Mitt.).

In den Veröffentlichungen der Versuchsergebnisse werden relative und absolute Ertrags- und Qualitätsleistungen bei intensivem und extensivem Pflanzenschutzmitteleinsatz für die einzelnen Standorte sowie der Mittelwert über alle Versuchsstandorte angegeben³⁷. Die Landessortenversuche ermöglichen also eine Einordnung der Ertrags- und Qualitätsleistungen in spezifischen Produktionssystemen. Allerdings kann anhand der Ergebnisse der Landessortenversuche nicht generell auf die Anbaueignung von Sorten in den Folgejahren geschlossen werden. Hierfür sind u. a. Jahres- und Standorteffekte verantwortlich.

2.6.1 Jahres- und Standorteffekte bei Landessortenversuchen

Der Einfluss der Jahreswitterung kann durch den Vergleich der durchschnittlichen Erträge an unterschiedlichen Standorten in den hessischen Landessortenversuchen gezeigt werden. In der Produktionsperiode 2013/14 lagen günstige Witterungsbedingungen vor, sodass in den hessischen Landessortenversuchen insgesamt hohe Erträge erzielt wurden. Allerdings begünstigte die Witterung auch das Auftreten von Gelbrost (LLH 2014c, S. 1). Dies führte zu Ertragsunterschieden von bis zu 23,4%³⁸ zwischen den Versuchsvarianten mit und ohne Fungizideinsatz. Das Erntejahr 2014/15 hingegen war in Hessen durch geringe Niederschlagsmengen, hohe Sonneneinstrahlung, niedrige Luftfeuchtigkeit und viel Wind geprägt (vgl. LLH 2015c, S. 1). Hierdurch waren die Infektionsbedingungen für Krankheitserreger ungünstiger und es traten weniger Pflanzenkrankheiten auf. Infolgedessen fielen die Mehrererträge durch die Fungizidbehandlung im Jahr 2014/15 im Vergleich zum Jahr 2013/14 deutlich geringer aus.

Die Jahreseffekte treten an den einzelnen Standorten in unterschiedlicher Stärke und Richtung auf. So lagen die Erträge in der fungizidbehandelten Variante an den Standorten Fritzlar und Korbach im Jahr 2014/15 über den Erträgen im Jahr 2013/14. An den übrigen Standorten lag der Ertrag im Jahr 2013/14 über den Erträgen des Jahres 2014/15 (vgl. Tabelle 5).

Die Jahreswitterung hat zudem Einfluss auf die Auswirkungen der Fungizidbehandlung. Allerdings variiert auch hier die Stärke des Effekts zwischen den einzelnen Standorten. Am

³⁵ Die hessischen Landessortenversuche werden stellvertretend für Landessortenversuche beschrieben.

³⁶ Stufe 1 = ohne Fungizide, Stufe 2 = situationsangepasster und regionstypischer Fungizideinsatz.

³⁷ Ein Beispiel für die Veröffentlichung der Ergebnisse findet sich bei LLH 2015a.

³⁸ Die Unterschiede wurden beim Standort Bad Hersfeld ermittelt (siehe Tabelle 5).

Trockenstandort Griesheim lagen die Erträge in der unbehandelten Variante im Jahr 2013/14 deutlich über dem Ertrag der fungizidbehandelten Variante 2014/15. Hieran wird deutlich, dass in Griesheim der Wassermangel infolge von hoher Trockenheit im Jahr 2014/15 einen größeren negativen Einfluss gehabt hat, als das Auftreten von Pflanzenkrankheiten im Vorjahr. In Korbach hingegen waren die Erträge in der Variante ohne Fungizideinsatz des Jahres 2014/15 deutlich höher als die Erträge des Versuchs mit Fungizideinsatz im Jahr 2013/14. An diesem sonst durch verhältnismäßig niederschlagsreiches und kaltes Klima geprägten Mittelgebirgsstandort führte die warme und trockene Witterung zu deutlichen Mehrerträgen im Vergleich zur Produktionsperiode 2013/14.

Tabelle 5: Versuchsdurchschnitt (dt/ha) an den einzelnen Standorten der hessischen Landessortenversuche 2013/14 und 2014/15 (Quelle eigene Darstellung, Datengrundlage LLH 2014a und 2015a).

		Durchschnittliche Erträge (dt/ha)					
		Friedberg	Fritzlar	Griesheim	Bad Hersfeld	Korbach	Marburg
2013/14	unbehandelt	105,4	94,9	63,2	86,4	75,4	105,5
	fungizidbehandelt	124,7	109,9	67,5	109,8	88,4	119,5
	Mehrertrag durch Fungizid	19,3	15,0	4,3	23,4	13,0	14,0
2014/15	unbehandelt	109,2	111,3	55,8	-	105,7	103,2
	fungizidbehandelt	110,8	115,6	55,7	-	112,7	112,4
	Mehrertrag durch Fungizid	1,6	4,3	-0,1	-	7,0	9,2

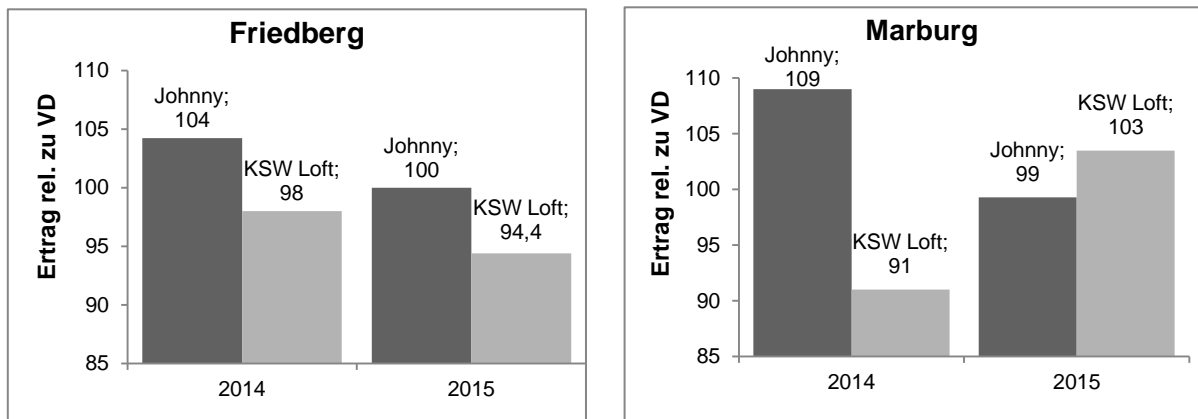
Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die durchschnittlichen Ergebnisse der Versuche jahresbedingten Schwankungen unterliegen. Hierbei können jedoch keine allgemeinen Aussagen über den Effekt der Jahreswitterung über alle Standorte getroffen werden. Die Auswirkung der Jahreswitterung ist also stark von den Produktionsstandorten abhängig. Gleiches gilt für die Auswirkungen des Fungizideinsatzes.

2.6.2 Sortenspezifische Standort- und Witterungseffekte

Die Jahreseffekte variieren nicht nur zwischen den Versuchsstandorten, sondern auch zwischen den Sorten an einem Versuchsstandort. Dies kann am Beispiel der Ertragsleistung der Sorten „Johnny“ und „KWS Loft“ an den Standorten Friedberg und Marburg in den fungizidbehandelten Versuchsvarianten gezeigt werden. Die Versuchsstandorte liegen im selben Bodenklimaraum und Anbauggebiet. Die Bodeneigenschaften der Standorte sind sehr ähnlich und die Saattermine waren in beiden Jahren fast identisch. Die Sorte „Johnny“ erzielte in Friedberg und Marburg im Versuchsjahr 2013/14 mit 104% bzw. 109% überdurchschnittliche Ertragsleistungen. Im Folgejahr waren die Leistungen mit 99% bzw. 100% jedoch nur durchschnittlich. Die Sorte „KWS Loft“ hingegen lieferte im Versuchsjahr 2013/14 an beiden Standorten durchschnittliche bzw. unterdurchschnittliche Erträge (98%, 91%). Im Folgejahr

blieben die Erträge in Friedberg (94%) ebenfalls unterdurchschnittlich, wohingegen der Ertrag in Marburg (103%) über dem Durchschnitt lag (Abbildung 2).

Abbildung 2: Erträge der Sorten „Johnny“ und „KSW Loft“ im Vergleich zum Versuchsdurchschnitt an den Standorten Friedberg und Marburg in den Jahren 2013/14 und 2014/15. (Quelle: eigene Darstellung, Datenquelle: LLH 2014a; 2015a).



2.6.3 Zusammenfassung

Anhand der in diesem Abschnitt gezeigten Zusammenhänge wird deutlich, dass sich die Eignung von Sorten für spezifische Produktionssysteme nicht von einzelnen Eigenschaften, sondern vielmehr durch die Kombination von Eigenschaften ergibt. Die Anforderungen an die Sorten resultieren aus der Ausgestaltung des Produktionssystems, welches die Umwelt der Pflanzen darstellt. Innerhalb des Produktionssystems bestehen Wechselwirkungen. Hierdurch können die einzelnen Faktoren, die das Auftreten von Stressfaktoren und den Ertrag bestimmen, nur bedingt ermittelt werden.

Aufgrund der Vielzahl an Variationsmöglichkeiten und der Wechselwirkungen innerhalb von Produktionssystemen ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse aus Studien zum Auftreten von Stressfaktoren auf andere Produktionssysteme stark eingeschränkt. Hierbei stellt sich insbesondere die Frage, inwiefern die Produktionssysteme der Landwirte mit denen in den Versuchen übereinstimmen. Dies bezieht sich nicht auf das Produktionsverfahren, sondern insbesondere auf den Standort. Die Bedeutung des Standorts kann anhand der Ergebnisse von Landessortenversuchen gezeigt werden. Sowohl das Auftreten von Stressfaktoren in Optimierungsversuchen als auch Standorteffekte in den Landessortenversuchen sind stark jahres- bzw. witterungsabhängig.

Durch den großen Einfluss der Jahreswitterungen besteht Ungewissheit über die Gefahr für das Auftreten von Stressfaktoren in einzelnen Produktionssystemen, was z. B. an der unterschiedlichen Wirkung der Fungizidbehandlung in den Landessortenversuchen sichtbar wird. Dies führt insgesamt zu Ungewissheit bezüglich der Umweltzustände. Die Ungewissheit über die Witterung und das Auftreten von Stressfaktoren sind weitere Gründe für die eingangs geäußerte Einschätzung, dass die Sortenwahl ein komplexes Entscheidungsproblem ist.

2.7 Die Sortenwahl als ökonomisches Entscheidungsproblem

Der Anlass für die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Sortenwahl ist die Beobachtung, dass Landwirte trotz der tendenziell höheren Leistungsfähigkeit neuer Sorten überwiegend auf alte Sorten zurückgreifen. Diese Beobachtung stützt sich auf die Daten der Besonderen Erntermittlung (BEE) (z. B. BMEL 2015) zum Anbauumfang einzelner Sorten. Es scheint, als würden die Landwirte die Ertrags- und Kosteneinsparungspotenziale neuer Sorten ungenutzt lassen. Unklar ist jedoch, wodurch dieses Phänomen erklärt werden kann und ob es nachvollziehbare (rationale) Gründe für das beobachtete Verhalten gibt. Bevor näher auf die Motive und die Entscheidungsstrategien von Landwirten eingegangen wird, erfolgt zunächst eine detailliertere Beschreibung des anhand der Daten der BEE festgestellten Phänomens.

2.7.1 Anteile von Sorten im praktischen Anbau

Im Abschnitt 2.4.2 wird gezeigt, dass Sorten im Zeitablauf tendenziell an Leistungsfähigkeit verlieren. Dies bezieht sich sowohl auf einzelne Merkmale als auch auf die Ertragsleistung im praktischen Anbau. Doch obwohl neue Sorten leistungsfähiger sind, greifen die deutschen Landwirte überwiegend auf ältere Sorten zurück. Dies wird in Tabelle 6 deutlich. In den Anbaujahren 2012/13 (0,7%) und 2013/14 (1,1%) war der Flächenanteil mit neu zugelassenen Sorten sehr gering. Im Anbaujahr 2014/15 erreichte keine der neu zugelassenen Sorten eine Anbaufläche von mehr als 0,5%³⁹ (\triangleq 15.000 ha). Der Anteil von Sorten, die innerhalb von drei Jahren vor den jeweiligen Anbaujahren zugelassen wurden, lag in den Jahren 2012/13 bis 2014/15 zwischen 16,5% und 18,7%. Im Durchschnitt der einzelnen Jahre waren die Sorten bei Aussaat seit ca. 5,5 Jahren zugelassen. Hierbei griffen die Landwirte vorwiegend auf Sorten der Qualitätsgruppe A (54% Anbaufläche) zurück, gefolgt von B- (24%), E- (11%), C- (10%) und Ck-Sorten (< 1%) (eigene Berechnung, Datengrundlage: BMEL 2015).

Eine genauere Analyse der Flächenanteile einzelner Sorten zeigt, dass einige wenige Sorten dominieren. So lag der Flächenanteil der zehn (drei) am meisten angebaute Sorten im Anbaujahr 2014/15 bei über 50% (22%).

³⁹ Allerdings muss die Aussage eingeschränkt werden, da in der Datengrundlage nur Sorten aufgeführt werden, deren Anbaufläche in Bezug auf die gesamtdeutsche Weizenfläche > 0,5% war. Es ist also möglich, dass neue Sorten auf relativ kleinen Flächen angebaut, jedoch nicht separat aufgeführt werden.

Tabelle 6: Flächenanteile an der Gesamtanbaufläche bei Winterweizen in den Jahren 2012/13 bis 2014/15 in Abhängigkeit des Zulassungsjahres in Deutschland (Aufgeführt sind Sorten mit Anteilen von > 0,5% in Deutschland. Die nicht einzeln aufgeführten Sorten wurden unter „Unbekannt“ zusammengefasst; Quelle: eigene Berechnung, Datenquelle: BMEL 2014-2016 und BSL 2015).

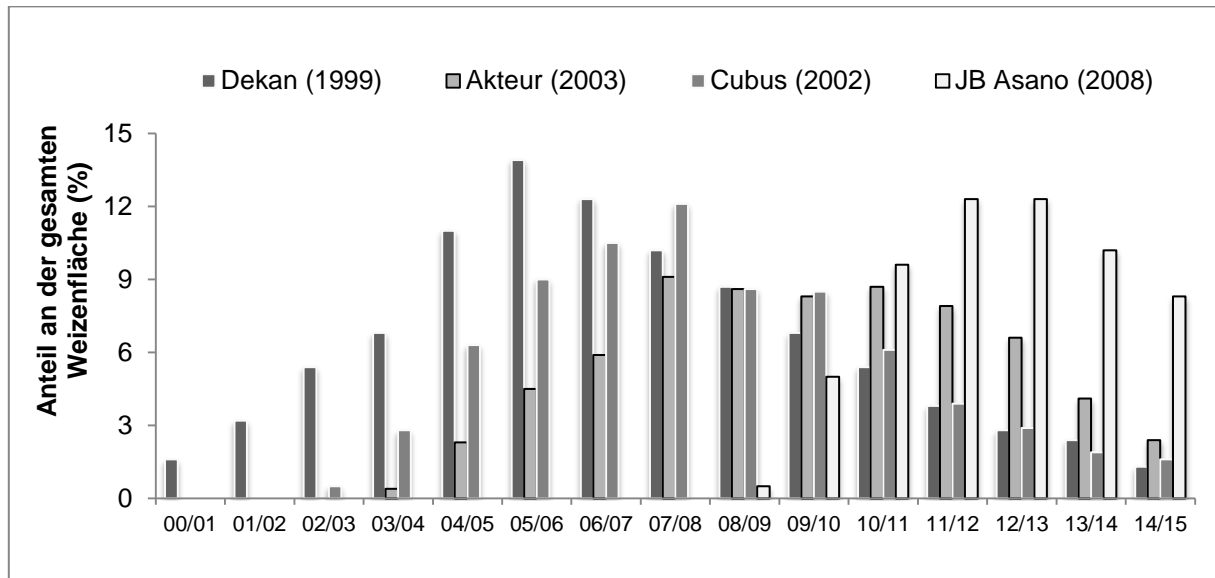
Zulassungsjahr	Flächenanteil von Sorten im Aussaatjahr (%) in Deutschland		
	2012/13	2013/14	2014/15
Unbekannt	12,7	13,9	14,6
1990	0,6	-	-
1993	1,1	0,8	0,8
1997	0,3	-	-
1999	2,8	2,4	1,3
2000	0,6	0,4	-
2002	3,8	2,5	1,6
2003	6,6	4,1	2,4
2004	6,3	5,7	7,6
2005	6,7	5,7	4,3
2006	9	5,6	2,9
2007	6	5,6	3,7
2008	24,9	21,1	18,1
2009	2,2	2,6	1,6
2010	10,2	11	9,7
2011	5,6	11,1	12,7
2012	0,7	6,5	11,8
2013	-	1,1	7
2014	-	-	-
Durchschnittliches Sortenalter im Aussaatjahr	5,6	5,5	5,5

Bei der Entwicklung der Anbauflächen bedeutender Sorten⁴⁰ der vergangenen Jahre fällt auf, dass diese die Höhepunkte ihrer Verbreitung erst einige Jahre nach der Sortenzulassung erreicht haben. Der maximale Anteil einzelner Sorten betrug in den vergangenen Jahren 14%⁴¹ der gesamten deutschen Weizenfläche. Zwischen der Sortenzulassung und der flächendeckenden Verbreitung einer Sorte vergehen häufig mehrere Jahre. Die maximale Flächenausdehnung wird häufig erst fünf bis sechs Jahre nach der Sortenzulassung erreicht. Nachdem die maximale Flächenausdehnung erreicht wurde, lagen die Flächenanteile über mehrere Jahre hinweg bei über 5% (Abbildung 3).

⁴⁰ Die Relevanz der Sorten wird durch Summierung der Flächenanteile der Jahre 2005/06 bis 2014/15 ermittelt.

⁴¹ Die Sorte „Dekan“ im Jahr 2005/06.

Abbildung 3: Flächenentwicklung bedeutender Weizensorten zwischen 2000/01 und 2014/15 in Deutschland (Quelle: eigene Darstellung, Datenquelle: BMEL 2002-2016; in Klammern sind die Zulassungsjahre der Sorten angegeben)



2.7.2 Regionale Unterschiede

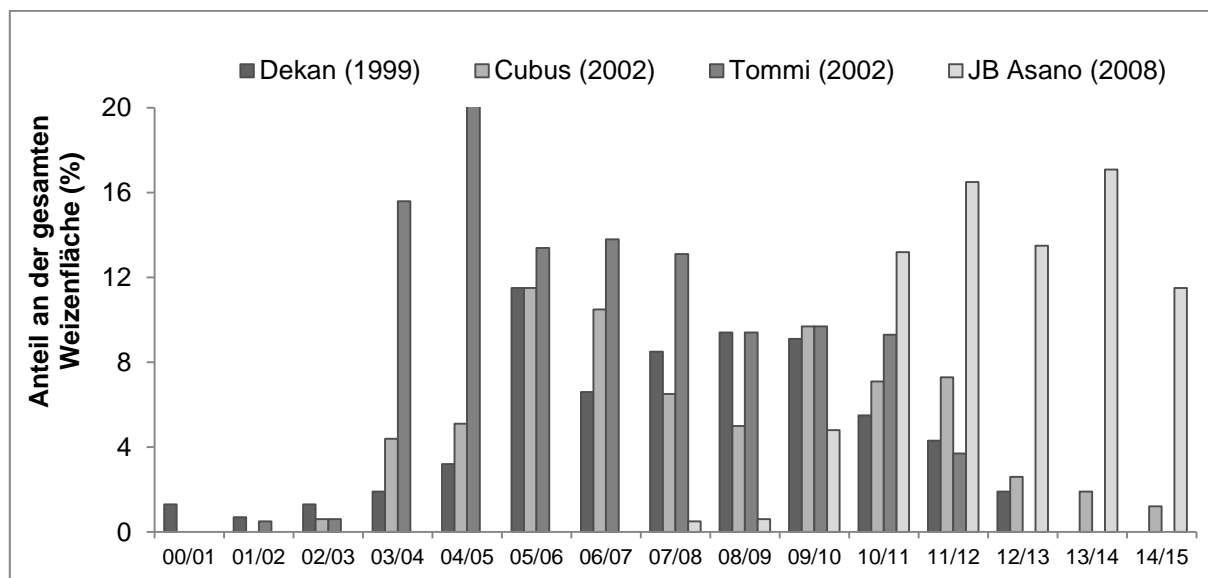
Die Bedeutung einzelner Sorten variiert regional. Dies wird bei der Betrachtung der Anteile an der Anbaufläche der einzelnen Bundesländer deutlich. Während vier der fünf in Hessen meistangebauten Sorten auch auf Bundesebene zu den flächenmäßig wichtigsten Sorten zählen, waren es in Mecklenburg-Vorpommern drei. Zwischen den bedeutendsten Sorten in Baden-Württemberg und Deutschland gab es im Jahr 2014/15 keine Übereinstimmung (Tabelle 7). Die Unterschiede können als Indiz für die regionale Anbaueignung einzelner Sorten interpretiert werden. Aufgrund dieser regionalen Unterschiede ist die Betrachtung der Sortenwahl auf Bundesebene wenig zielführend. Daher werden im Nachfolgenden stellvertretend Daten für Hessen präsentiert.

Bezogen auf das durchschnittliche Alter und den Anteil neuerer Sorten ist zwischen Hessen und Deutschland zunächst kein nennenswerter Unterschied feststellbar. Auch in Hessen waren die Sorten bei der Aussaat im Durchschnitt ca. 5,5 Jahre alt. Der Anteil von Sorten, die im Aussaatjahr seit weniger als drei Jahren zugelassen waren, lag in den Jahren 2012/13 bis 2014/15 jeweils bei 11,4%. Die Dominanz einzelner Sorten ist in Hessen noch stärker als in Deutschland ausgeprägt. Hier erreichten die zehn meistangebauten Sorten einen Flächenanteil von 67% (eigene Berechnung, Datenquelle BMEL 2015 und BSA 2015). Zudem war die Bedeutung einzelner Sorten in den vergangenen Jahren höher. So erreichte die Sorte „Tommi“ im Jahr 2004/05 einen Flächenanteil von knapp 21%. In jüngerer Vergangenheit dominierte die Sorte „JB Asano“, die im Anbaujahr 2013/2014 auf 17,1% der hessischen Weizenflächen ausgesät wurde (siehe Abbildung 4).

Tabelle 7: Anteile einzelner Sorten an der gesamten Weizenfläche 2014/15 in Deutschland, Baden-Württemberg, Hessen und Mecklenburg-Vorpommern (Quelle: eigene Darstellung, Datenquelle: BMEL 2016)

Anteile einzelner Sorten an der gesamten Weizenfläche 2014/15 (%)				
Sorte	Deutschland	Baden-Württemberg	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern
JB Asano	8,3	2,2	11,5	1,7
Tobak	7,4	< 0,5	9,1	9,2
Julius	6,6	3,4	9,7	10,0
Kerubino	6,1	3,9	6,7	5
Patras	5,7	1,7	4,8	5,8
Elixer	5,5	5,6	4,2	< 0,5
Meister	3,9	8,4	1,8	4,2
Pionier	2,5	2,2	0,6	7,5
Pamier	2,4	7,9	7,9	0,8
Discus	1,8	< 0,5	< 0,5	10,8
Colonia	1,6	5,6	6,7	0,8
Dekan	1,3	7,3	< 0,5	0,8

Abbildung 4: Flächenentwicklung bedeutender Weizensorten zwischen 2000/01 und 2014/15 in Hessen (Quelle: eigene Darstellung, Datenquelle: BMEL 2002-2016; in Klammern sind die Zulassungsjahre der Sorten angegeben)



2.7.3 Eigenschaften und Ertragsleistung dominierender Sorten

Eine Möglichkeit zur Annäherung an die Frage, ob die aktuell angebauten Sorten trotz ihres Alters und den damit einhergehenden Verschlechterungen in einzelnen Eigenschaften auch im praktischen Anbau an Leistungsfähigkeit verlieren, ist die Analyse von Landesortenversuchsergebnissen⁴². Anhand der Betrachtung der Ertragsleistung im Vergleich zum Versuchsdurchschnitt über mehrere Jahre kann abgeleitet werden, wie sich die relative Leistungsfähigkeit einer Sorte entwickelt hat. Allerdings können hieraus nur tendenzielle Aussa-

⁴² Landesortenversuche werden an repräsentativen Standorten und mit regionaltypischen Anbauverfahren durchgeführt (siehe Abschnitt 4.3.3.2).

gen abgeleitet werden. Ursächlich sind zum einen Jahreseffekte; zum anderen liegen nur für wenige Sorten Daten über mehrere Versuchsjahre vor.

Am Beispiel der Sorte „JB Asano“ kann gezeigt werden, dass die Landwirte den Anbau der Sorte trotz deutlicher Verschlechterungen in den Merkmalsausprägungen bis zum Jahr 2013/14 ausgeweitet haben (Tabelle 8). Die Sorte wurde seit ihrer Zulassung im Jahr 2008 in lediglich zwei⁴³ der elf Eigenschaften positiver eingestuft. Demgegenüber steht eine Verschlechterung in neun Eigenschaften. Insbesondere sind die Veränderungen bei der Anfälligkeit für Gelbrost (+5 APS) sowie dem Ertragspotenzial ohne Fungizideinsatz (-3 APS) und mit Fungizideinsatz (-2 APS) zu nennen.

Tabelle 8: Veränderung von Sorteneigenschaften und Anbaufläche im Zeitablauf am Beispiel der Sorte „JB Asano“. Abgetragen sind nur Sorteneigenschaften bei denen Veränderungen aufgetreten sind. Die APS reichen von 1 = sehr gering bis 9 = sehr stark. Ein Strich (-) bedeutet, dass keine Ausprägungseinstufung vorlag (Quelle: eigene Darstellung auf der Grundlage der Beschreibenden Sortenliste 2008-2015 und BMEL 2008-2016).

		Ausprägungsstufe im Jahr								Differenz zwischen Ausprägungseinstufung 2008 und 2015
		07/08	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	
Neigung zu	Auswinterung	-	-	-	5	6	6	6	6	+1
	Lager	4	4	4	5	5	5	5	5	+1
Anfälligkeit für	Blattseptoria	6	6	6	6	6	6	7	7	+1
	DTR	6	6	6	6	6	6	5	5	-1
	Gelbrost	-	3	3	4	4	5	7	8	+5
	Braunrost	4	4	4	5	5	5	5	5	+1
	Ährenfusarium	5	5	5	5	5	5	6	6	+1
	Bestandesdichte	4	4	4	5	5	5	5	5	+1
	Kornzahl/Ähre	6	6	5	5	5	5	5	5	-1
	Kornertrag Stufe 1	8	8	8	7	7	7	7	5	-3
	Kornertrag Stufe 2	9	8	8	8	8	8	7	7	-2
Anteil an der Weizenfläche in Deutschland (%)		< 0,5	0,5	5,0	9,6	12,3	12,3	10,2	8,3	
Anteil an der Weizenfläche in Hessen (%)		< 0,5	0,6	4,8	13,2	16,5	13,5	17,1	11,5	

Das Beispiel „JB Asano“ belegt, dass die Landwirte nur bedingt bzw. zeitverzögert auf Verschlechterungen einzelner Merkmale und die tendenzielle Abnahme der relativen Leistungsfähigkeit von Weizensorten reagieren.

⁴³ Anfälligkeit für DTR und Bestandesdichte.

Die Ergebnisse der hessischen Landessortenversuche der Jahre 2008/09 bis 2013/14⁴⁴ zeigen eine tendenzielle Verschlechterung in den relativen Leistungen der Sorte im praktischen Anbau. Im Mittel der Versuchsstandorte war die Sorte in den Jahren 2008/09 bis 2011/12 mit 103% bis 106% die ertragsstärkste A-Sorte in der fungizidbehandelten Variante. In diesem Zeitraum erzielte die Sorte in neun von 17 Versuchen die höchsten Erträge (eigene Berechnung auf der Grundlage von LLH 2009 bis 2012) und war nur in zwei Versuchen unterdurchschnittlich ertragreich (vgl. Tabelle 9). Zwar war der Ertrag von JB Asano auch in zwei der drei folgenden Jahre im Mittel aller Versuchsstandorte überdurchschnittlich, jedoch wurde die Sorte in den Jahren, in denen sie im Mittel aller Versuche überdurchschnittliche Erträge erzielt hat, von acht⁴⁵ bzw. zwei⁴⁶ Sorten im Ertrag übertroffen. In diesem Zeitraum konnte die Sorte nur noch in drei von 14 Versuchen den Höchstertrag erzielen (eigene Berechnung auf der Grundlage von LLH 2012 bis 2014) und lag in sechs Versuchen unterhalb des Durchschnitts der geprüften A-Sorten (Tabelle 9).

Tabelle 9: Ertragsleistung der Sorte "JB Asano" in den hessischen Landessortenversuchen der Jahre 2008/09 - 2013/14 in der fungizidbehandelten Variante; Dargestellt ist die Ertragsleistung in Relation zum Versuchsdurchschnitt der A-Weizensorten. (Quelle: eigene Berechnung auf der Grundlage der hessischen Landessortenversuche 2009 - 2014, LLH 2009a – 2014a)

Versuchsjahr	Versuchsstandorte						Mittelwert
	Friedberg	Fritzlar	Griesheim	Bad Hersfeld	Korbach	Marburg	
2008/09	102	99	113	104	107	-	104
2009/10	104	102	110	99	102	101	103
2010/11	107	109	107	107	103	106	106
2011/12	100	-	95	-	-	91	96
2012/13	106	99	103	101	-	99	102
2013/14	103	107	112	106	98	90	102

Bei der Betrachtung der Versuche ohne Fungizidbehandlung zeigt sich die Verschlechterung noch deutlicher. Hier lässt die relative Leistungsfähigkeit ab 2011/12 deutlich nach. Ab dieser Zeit war nur in einem von 14 Versuchen eine überdurchschnittliche Ertragsleistung festzustellen. Im Mittel der Versuchsstandorte war die Leistung in allen drei Jahren unterdurchschnittlich (Tabelle 10).

Es zeigt sich also, dass die Landwirte trotz der Verschlechterungen in den Eigenschaften und einer tendenziellen Abnahme der Leistungsfähigkeit im Vergleich zu anderen Sorten den Anbau der Sorte ausgeweitet haben.

⁴⁴ In den Jahren nach 2013/14 wurde „JB Asano“ nicht mehr in den Landessortenversuchen angebaut.

⁴⁵ Jahr 2012/13, n = 11 A-Sorten.

⁴⁶ Jahr 2013/14 n = 8 A-Sorten.

Tabelle 10: Ertragsleistung der Sorte „JB Asano“ in den hessischen Landessortenversuchen der Jahre 2008/09 - 2013/14 in der Variante ohne Fungizidbehandlung; Dargestellt ist die Ertragsleistung in Relation zum Versuchsdurchschnitt der A-Weizensorten. (Quelle: eigene Berechnung auf der Grundlage der hessischen Landessortenversuche 2009 - 2014, LLH 2009 - 2014)

Versuchsjahr	Versuchsstandorte						Mittelwert
	Friedberg	Fritzlar	Griesheim	Bad Hersfeld	Korbach	Marburg	
2008/09	106	103	109	104	104	-	105
2009/10	106	99	112	102	104	105	104
2010/11	105	104	108	113	103	99	105
2011/12	96	-	95	-	-	85	93
2012/13	100	95	103	98	-	95	97
2013/14	74	68	89	52	72	57	68

2.7.4 Zusammenfassung

Die deutschen Landwirte bauen überwiegend ältere Sorten an. Hierbei dominieren einige Sorten und erreichen dabei über mehrere Jahre Flächenanteile von über 5% an der Gesamtfläche. Allerdings vergehen einige Jahre zwischen der Sortenzulassung und der Erreichung des maximalen Anbauumfangs, der auf Bundesebene bis 14% und in einzelnen Bundesländern über 20% betragen kann. Regional variiert die Bedeutung einzelner Sorten. Am Beispiel der Sorte „JB Asano“ kann gezeigt werden, dass der Umfang einzelner Sorten trotz deutlicher Verschlechterungen in einzelnen Eigenschaften und tendenzieller Verschlechterungen in der Ertragsleistung im praktischen Anbau ausgeweitet wurde.

2.8 Ökonomische Ziele als Erklärung für das „alte-Sorten-Phänomen“

In Abschnitt 2.7.3 wird beschrieben, dass die Anbaufläche von Weizensorten erst einige Jahre nach der Zulassung ausgeweitet wird. Am Beispiel der Sorte „JB Asano“ wurde für Hessen gezeigt, dass Sorten ihre maximale Anbaufläche erreichen, wenn ihre relative Ertragsleistung nachlässt und die Merkmalseinstufung im Vergleich zum Zulassungsjahr deutlich schlechter ausfällt.

Die Feststellung, dass Landwirte nur zögerlich auf neue Sorten zurückgreifen, beruht auf Daten mit relativ hohem Aggregationsniveau. Die Anbaudaten ergeben sich jedoch aus den individuellen Entscheidungen der Landwirte. Um die Ursache dieses Phänomens untersuchen zu können, muss folglich das individuelle Entscheidungsverhalten der Landwirte betrachtet werden.

In vorangegangenen Abschnitten wird hauptsächlich anhand von sortenbedingten Ertragsunterschieden innerhalb von Produktionssystemen argumentiert. Dies beinhaltet implizit die Annahme, Landwirte würden bei der Sortenwahl die Maximierung der Produktivität (Ertrag je ha) in bestehenden Produktionssystemen anstreben. Die Produktivität ist jedoch nur eines von vielen ökonomischen Zielen. Zur Annäherung an das Entscheidungsverhalten bei der

Sortenwahl bedarf es jedoch einer umfassenderen Beschreibung der Ziele und Motive, die Landwirte bei der Sortenwahl haben. Da es keine empirischen Studien über das Zielsystem von Landwirten bei der Weizenproduktion gibt, erfolgt die Argumentation in diesem Abschnitt zunächst auf Annahmen der allgemeinen und der landwirtschaftlichen Betriebswirtschaftslehre.

Die Gestaltung des Produktionsverfahrens von Winterweizen im Allgemeinen und die Sortenwahl im Speziellen umfassen einen Zeithorizont von unter einem Jahr. Es handelt sich daher um operative Entscheidungsfelder. Ein weiterer Grund für die Abgrenzung zu taktischen und strategischen Entscheidungsfeldern ist, „dass [in der allgemeinen Produktionswirtschaft] kaum spezifische strategische Produktionsziele existieren“ (Bloech et al. 2008, S. 10). Für die ackerbauliche Produktion trifft dies ebenfalls zu. Strategische bzw. taktische Entscheidungen sind hierbei z. B. die Fruchtfolge (Produktionsprogramm) oder die Wirtschaftsweise, die ökologisch oder konventionell sein kann. Diese sind innerhalb einer Produktionsperiode unveränderbar und daher bei der Gestaltung des Produktionsverfahrens innerhalb einer Produktionsperiode nicht Bestandteil des Handlungsraums. Daher werden im Nachfolgenden ausschließlich operative Ziele thematisiert.

In der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre gibt es unterschiedliche Klassifizierungen und Systematiken von Unternehmenszielen und -zielsystemen (Bloech et al. 2008, S. 9f). Gleiches trifft für das Teilgebiet *Produktionswirtschaft* zu (Corsten & Gössinger 2012, S. 43). Im Nachfolgenden werden die von Corsten & Gössinger (2012, S. 42) beschriebenen Formalziele *technische Ziele*, *ökologische Ziele* und *ökonomische Ziele* auf die Weizenproduktion bzw. die Sortenwahl bezogen.⁴⁷

2.8.1 Technische und ökologische Ziele

Die Maximierung der Produktivität kann als das allgemeine technische Ziel beim Weizenanbau angesehen werden. Da beim Weizenanbau eine Vielzahl an Produktionsfaktoren eingesetzt wird, gibt es entsprechend viele Arten der Produktivität. Die klassische Produktivitätsangabe im Weizenanbau ist der Ertrag pro Hektar. Weitere Produktivitätskennzahlen sind die Maschinen- und die Arbeitsproduktivität. Zusätzlich kann auch die Produktivität von Dünge- oder Pflanzenschutzmitteln betrachtet werden. Der Einfluss der Sortenwahl wird innerhalb bestehender Produktionssysteme ermittelt.⁴⁸ Sortenabhängige Ertragsunterschiede verändern die Produktivität der übrigen Produktionsfaktoren wie z. B. der Fläche und der Dünge- und Pflanzenschutzmittel. Folglich sind Sorten, die höhere Erträge aufweisen, vorzüglich. Da in den Abschnitten 2.4.2 und 2.7.3 gezeigt wird, dass ältere Sorten tendenziell geringere

⁴⁷ Soziale Ziele, welche die vierte Kategorie der Formalziele nach Corsten und Gössinger (2012, S. 48) darstellen, werden nicht betrachtet.

⁴⁸ Vgl. Abschnitt 2.6.

Erträge erzielen, scheint das Ziel „Produktivität“ nicht zur Erklärung des verstärkten Anbaus alter Sorten dienen zu können.

Als allgemeines ökologisches Ziel bei der Weizenproduktion kann die Vermeidung negativer Effekte auf den Naturhaushalt genannt werden. Die Messung umweltbezogener Ziele kann anhand absoluter Kennzahlen⁴⁹ oder durch relative Angaben erfolgen. In dieser Arbeit werden ertragsbezogene Emissionen, also das Verhältnis zwischen Ertrag und negativen Umweltauswirkungen⁵⁰, berücksichtigt. Dieser Ansatz orientiert sich an den Schlussfolgerungen von Flessa et al. (2012), die im Fazit ihrer Studie zur klimafreundlichen Gestaltung der Landwirtschaft festhalten:

„Eine zentrale Zielgröße von Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft sollte die Minderung ertragsbezogener Emissionen sein, da eine Emissionsminderung durch die Verringerung der Produktion bei unveränderter Nachfrage nach landwirtschaftlichen Erzeugnissen nur zu einer Verlagerung der Produktion und der Emissionen führt.“ (Flessa et al. 2012, S. iii).

Diese Argumentation kann auch auf andere Umweltziele, wie z. B. den Erhalt der Biodiversität sowie auf den Boden- und Gewässerschutz übertragen werden. Eine Einschränkung für die Anwendbarkeit von ertragsbezogenen Emissionen als Kriterium für die Erreichung von Umweltzielen ist die Gefahr der Überschreitung absoluter, wissenschaftlich fundierter Grenzwerte. Im Rahmen dieser Arbeit wird angenommen, dass die Gesetze zum Einsatz umweltbelastender Stoffe⁵¹ und Verfahren⁵² eine Überschreitung der Grenzwerte verhindern. Unter dieser Annahme bleiben ertragsbezogene Emissionen eine geeignete Größe zur Beschreibung der Zielerreichung bei ökologischen Zielen. Die Produktivität ist somit direkt mit den ertragsbezogenen Emissionen verknüpft.

In Tabelle 2 wurde gezeigt, dass ältere Sorten im Vergleich zu neueren Sorten im Durchschnitt insbesondere bei extensivem Pflanzenschutzmitteleinsatz (Stufe 1) im Kornertrag unterlegen sind. Dies kann auch am Beispiel der Sorte „JB Asano“ illustriert werden (siehe Tabelle 8). Ältere Sorten zeigen also stärkere Ertragsrückgänge in extensiven Produktionssystemen. Hieraus folgt, dass, wenn Landwirte situativ über den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln entscheiden, vor allem bei älteren Sorten mehr Fungizide eingesetzt werden müssen. Daher wäre aus ökologischen Gesichtspunkten der Anbau neuer Sorten vorteilhaft. Ökologische Ziele können folglich nicht zur Erklärung des überwiegenden Anbaus alter Sorten dienen. Da die ökologischen Ziele komplementär zu den technischen Zielen sind, wird im Weiteren von einer differenzierten Betrachtung von Produktivitätszielen und ökologischen Zielen abgesehen.

⁴⁹ Z. B. Nährstoffüberschüsse in kg.

⁵⁰ Z. B. durch den Einsatz von Düngemitteln, Fungiziden, Wachstumsregulatoren und die Art der Bodenbearbeitung.

⁵¹ Düngemittelverordnung, Anwendungsbestimmungen zum Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, etc..

⁵² Bodenbearbeitung in Abhängigkeit der Hangneigung.

2.8.2 Ökonomische Ziele

Die Maximierung (Optimierung) monetärer Größen stellt das **ökonomische Ziel** der Weizenproduktion dar. Hierzu zählt klassischerweise die Gewinnmaximierung. Weitere, in der Landwirtschaft häufig verwendete ökonomische Kennzahlen sind der Deckungsbeitrag und direktkostenfreie Leistungen. Die ökonomischen Ziele werden erreicht, wenn alle Produktionsfaktoren in ihrer optimalen spezifischen Intensität eingesetzt werden und die jeweiligen Grenzkosten den Grenzerlösen entsprechen.

Auf der Erlösseite sind die Erntemenge und die Qualität der Erzeugnisse relevant. Da neue Sorten tendenziell höhere Erträge erzielen und es keine Hinweise auf eine geringere Qualität der Erzeugnisse neuer Sorten gibt, kann also auch auf der Erlösseite keine plausible Erklärung für die verzögerte Verbreitung neuer Sorten gefunden werden.

Auf der Kostenseite könnten Preisunterschiede beim Saatgut eine Erklärung für den Anbau älterer Sorten sein. Hier liegt die Vermutung nahe, dass für „neue“ Sorten aufgrund besserer Merkmalsausprägungen höhere Preise verlangt werden.

Landwirte können Saatgut entweder in Form von aufbereitetem Z-Saatgut zukaufen oder durch Saatgutnachbau selbst erzeugen. Für Nachbausaatgut müssen Landwirte an die Sortenschutzinhaber eine Lizenzgebühr entrichten (§§ 10 und 10a, SortSchG 1997). Bei Z-Saatgut ist die Lizenzgebühr (Z-Lizenzgebühr) im Kaufpreis bereits enthalten. Die Lizenzgebühren werden durch die Saatgut-Treuhandverwaltungs GmbH (STV) erhoben. Diese veröffentlicht jährlich aktualisierte Vertragssortenlisten, in denen die Lizenzgebühren enthalten sind. Die Z-Lizenzgebühr entspricht dem Doppelten der Nachbaugebühr.

Die Z-Lizenzgebühren der 2014/15 in Deutschland auf jeweils über 0,5% der Weizenfläche angebauten Sorten lagen zwischen 7,05 € und 12,60 € je dt. Der Durchschnitt lag bei 9,80 € je dt. Die Lizenzgebühren für Sorten, die 2013 und 2014 zugelassen wurden, hatten eine Spannweite von 9,50 € bis 13,25 € und lagen durchschnittlich bei 11,60 € je dt⁵³. Bei einer praxisüblichen Aussaatmenge von 1,5 dt je ha ergeben sich maximale Kostenunterschiede von weniger als 10 € je ha. Im Vergleich zu den gesamten variablen Kosten in der Weizenproduktion von etwa 770 € pro ha⁵⁴ sind die Preisunterschiede als gering einzuordnen. Die Preisunterschiede scheinen also ebenfalls nicht geeignet, um die Verzögerung bei der Verbreitung neuer Sorten zu erklären.

⁵³ Die Werte der Anbaufläche wurden aus der Besonderen Ernteermittlung 2015 (BMEL 2016) entnommen. Die Lizenzgebühren stammen aus der Vertragssortenliste der Saatgut-Treuhandverwaltungs GmbH und können online unter <http://www.stv-bonn.de/Sortenverzeichnis> abgerufen werden.

⁵⁴ Dieser Wert wurde mit der *Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau* des KTBL (<http://daten.ktbl.de/dslkrpflanze/postHv.html#Auswahl>) für die Brotweizenproduktion auf einem 5 ha großen Schlag an einem Standort mit mittlerem Ertragsniveau ermittelt. Die Angabe stellt lediglich eine Orientierungsgröße dar. Durch Änderungen bei den Kosten für Produktionsfaktoren oder betriebsindividuelle Unterschiede in der Maschinen- und Arbeitskräfteausstattung können auch deutlich abweichende Werte ermittelt werden. Die Berechnung ist in Anhang 1 abgebildet.

Beim Saatgutnachbau können die Landwirte im Vergleich zum Anbau von Z-Saatgut monetäre Aufwendungen einsparen und das Saatgut unter Verwendung betriebseigener Anlagen und Arbeitskräfte aufbereiten. Zur Erzeugung des Nachbauseaatgutes werden zunächst nur relativ geringe Flächen mit einer Sorte bestellt. Die geernteten Körner werden im Folgejahr als Saatgut verwendet und großflächiger ausgesät. Wenn Landwirte auf eigens nachgebautes Saatgut zurückgreifen, verzögert sich eine großflächigere Verbreitung einer Sorte entsprechend um ein Jahr. Der Saatgutnachbau kann einen Teil der Verzögerung der Verbreitung neuer Sorten erklären.

2.8.3 Zusammenfassung

Die Betrachtung klassischer Ziele der Produktionswirtschaft liefert keine plausible Erklärung für die verzögerte Ausbreitung neuer Sorten. Da die Produktivität neuer Sorten im Vergleich zu älteren Sorten höher liegt und hiermit geringere ertragsbezogene Emissionen einhergehen, scheiden diese Ziele für die Erklärung des verzögerten Anbaus neuer Sorten aus. Im Bereich der ökonomischen Ziele scheinen Preisunterschiede zwischen älteren und neueren Sorten eine untergeordnete Rolle zu spielen. Lediglich der Nachbau von Saatgut kann zur teilweisen Erklärung der Verzögerung herangezogen werden. Allerdings wird hierdurch nur die Verzögerung um ein Jahr erklärt.

2.9 Zusammenfassung: Sortenwahl und Weizenproduktion

Das Produktionssystem Winterweizen ist durch Wechselwirkungen zwischen einzelnen Elementen geprägt. Landwirte können aus einer Vielzahl an Sorten mit vielen Eigenschaften wählen. Die Eignung einer Sorte hängt von deren Kompatibilität mit dem Produktionssystem ab. Der nicht-prognostizierbare Faktor Witterung nimmt erheblichen Einfluss auf das Produktionsergebnis. Die genannten Aspekte führen zu der Einschätzung, dass es sich bei der Sortenwahl um ein schlecht strukturiertes Entscheidungsproblem⁵⁵ handelt.

Neue Sorten haben bessere Merkmalsausprägungen und zeigen höhere Leistungen im praktischen Anbau. Die Landwirte bauen jedoch überwiegend alte Sorten an. Die klassischen Ziele der Produktionstheorie liefern keine plausible Erklärung für dieses Phänomen. Eine mögliche Ursache für diese Beobachtung, die in der agrarökonomischen Literatur bisher weitgehend unbeachtet ist, sind die bei der Sortenwahl angewendeten Entscheidungsverfahren und die damit verbundenen Kosten in Form von Zeit und Kognitionsaufwand. Es gibt bisher keine wissenschaftlichen Studien über das Vorgehen der Landwirte bei der Sorten-

⁵⁵ In Abschnitt 3.1 wird auf die Unterschiede zwischen wohlstrukturierten und schlecht strukturierten Entscheidungssituationen eingegangen.

wahl.⁵⁶ Es ist also unklar, welche Entscheidungsverfahren bei der Sortenwahl angewendet und welche Informationsquellen genutzt werden. Die für diese Analyse notwendigen entscheidungstheoretischen Grundlagen sind Gegenstand des nachfolgenden Kapitels.

⁵⁶ Es konnten auch keine Studien zur Sortenwahl bei anderen ackerbaulich genutzten Pflanzen gefunden werden. Trip (2001) untersuchte die Relevanz der Eigenschaften von Blumen im Gewächshausanbau. Allerdings standen hierbei der Aspekt der Vermarktungsfähigkeit und aggregierte Eigenschaften (z. B. Pflegeintensität) im Vordergrund.

3 Entscheidungstheoretische Grundlagen

Die ökonomische Entscheidungstheorie beschreibt unterschiedliche Entscheidungsverfahren. In den vergangenen Jahrzehnten haben sich zwei Theoriestränge entwickelt: Die **Theorie der rationalen Entscheidung** und die **Theorie der begrenzten Rationalität**. Diese unterscheiden sich grundsätzlich in den Annahmen über die kognitiven Fähigkeiten von Menschen und den Informationsgrad. Hieraus ergeben sich weitreichende Konsequenzen für die Struktur von Entscheidungsproblemen und die Anwendbarkeit von Entscheidungsverfahren. Im nachfolgenden Abschnitt wird näher auf die entscheidungstheoretischen Grundlagen eingegangen, die zur Erklärung des verstärkten Anbaus älterer Weizensorten beitragen können. Dabei wird zunächst diskutiert, welcher Strang der Entscheidungstheorie, die Theorie der rationalen Entscheidung oder die Theorie zur begrenzten Rationalität, zur Erklärung des Entscheidungsverhaltens der Landwirte bei der Sortenwahl (besser) geeignet ist.

3.1 Theoriewahl

Welche Theoriedomäne zur Auseinandersetzung mit einem Entscheidungsproblem geeignet ist, hängt davon ab, ob bzw. inwiefern die jeweiligen Annahmen deckungsgleich mit der Struktur eines Entscheidungsproblems sind.

Bezüglich der Struktur kann zwischen *small-world* und *large-world* Situationen unterschieden werden. In *small-worlds* sind alle relevanten Alternativen, deren Konsequenzen und Wahrscheinlichkeiten bekannt, sodass eine optimale Alternative bestimmt werden kann. Es liegt Sicherheit oder Risiko vor. In *large-worlds* ist ein Teil der relevanten Informationen unbekannt. Solche Situationen sind durch Ungewissheit geprägt (vgl. Gigerenzer & Gaissmaier 2011, S. 453). *Small-worlds* können als wohlstrukturiert und *large worlds* als schlecht strukturiert bezeichnet werden. Eine *small-world* Situation liegt vor, wenn die Anforderungen für die Anwendung mathematischer Entscheidungsverfahren erfüllt sind. Zu diesen Anforderungen zählen:

- Es bedarf eines Modells, das eine (verlässliche) Prognose über die Konsequenzen der einzelnen Alternativen ermöglicht. Die Voraussetzung hierfür ist Wissen über die Zusammenhänge zwischen den Merkmalen von Alternativen und den Konsequenzen. Zudem muss die *ceteris paribus* Annahme erfüllt sein. Es bedarf der begründeten Annahme, dass die Bedingungen der Umwelt, für die die Modelle zur Prognose der Konsequenzen geschätzt wurden, deckungsgleich mit den Bedingungen in der Entscheidungssituation sind.
- Explizite Wahrscheinlichkeiten für die Umweltzustände müssen bekannt sein.
- Die Daten für die Entwicklung von Modellen müssen weitgehend frei von zufälligen Abweichungen und systematischen Verzerrungen sein. In diesem Zusammenhang ist die Stichprobengröße von zentraler Bedeutung.

- Die Informationsmenge (Anzahl an Alternativen und Attributen) muss mit den verfügbaren Ressourcen (Zeit und kognitive Kapazitäten) verarbeitet werden können (Todd & Gigerenzer 2012, S16f).

Large-world Situationen liegen vor, wenn mindestens eine dieser Anforderungen nicht erfüllt ist. In diesen Fällen ist die Anwendung optimierender Entscheidungsverfahren nicht möglich. Der **Theorie der rationalen Entscheidung** (*rational choice theory*) liegt, mehr oder weniger stark ausgeprägt, die idealtypische Annahme des *homo oeconomicus* zugrunde. Demnach verfügen Entscheidungsträger über ausreichend kognitive Fähigkeiten, zeitliche Ressourcen, Informationen und Wissen zur Lösung von Entscheidungsproblemen. Hierdurch kann der Nutzen aller denkbaren Alternativen anhand feststehender, individueller Präferenzen bewertet und die (subjektive) Eintrittswahrscheinlichkeit aller Umweltzustände ermittelt werden. Entscheidungsprobleme, bei denen diese Annahmen erfüllt sind, sind durch Sicherheit bzw. Risiko geprägt. Eine explizite und quantitative Beschreibung des Entscheidungsproblems ist möglich. Solche Entscheidungsprobleme werden als wohlstrukturiert bezeichnet (Simon & Newell 1958, S. 5). Die Auswahl optimaler Alternativen kann unter diesen Voraussetzungen auf der Grundlage mathematischer Verfahren ex ante erfolgen (Grünig & Kühn 2004, S. 49). Klassische Beispiele für solche Methoden sind die einfache Erwartungswertberechnung (oder) das Bernoulli-Prinzip (v. Neumann und Morgenstern 1954), bei dem der individuelle Nutzen von Alternativen berücksichtigt wird. Häufig wird hierbei die Risikoeinstellung von Entscheidern berücksichtigt.

In beiden Verfahren wird von objektiven Wahrscheinlichkeiten ausgegangen. Objektive Wahrscheinlichkeiten beruhen auf Beobachtungen relativer Häufigkeiten eines bestimmten Ergebnistyps. Die Ermittlung objektiver Wahrscheinlichkeiten ist nur unter kontrollierten Bedingungen und ex post möglich. Eisenführ und Weber (2003) verweisen grundlegend darauf, dass Objektivität von Wahrscheinlichkeiten im strengen Sinn nicht erreichbar ist. Auch Laux und Liermann (2005, S. 38) gehen davon aus, dass in realen Entscheidungssituationen (fast) keine objektiven Wahrscheinlichkeiten vorliegen. Die Übertragbarkeit von ex post ermittelten Eintrittswahrscheinlichkeiten auf zukünftige Situationen ohne Prüfung der Ceteris-Paribus-Annahme stellt eine subjektive Hypothese über die Beständigkeit der Umweltbedingungen dar, deren Angemessenheit als nicht gegeben erscheint (Eisenführ & Weber 2003, S. 155). Die Methode des subjektiv erwarteten Nutzens (Savage 1954) basiert ebenfalls auf einer Erwartungswert-Varianz-Berechnung unter der Berücksichtigung des individuellen Nutzens. Zusätzlich wird hierbei jedoch angenommen, dass Personen nicht auf objektive Wahrscheinlichkeitsverteilungen zurückgreifen (können) und stattdessen subjektiv wahrgenommene Eintrittshäufigkeiten von Umweltzuständen nutzen. Im Bereich der Landwirtschaft zeigen Studien, dass die subjektiven Schätzungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten von Landwirten fehlerbehaftet sind (z. B. Eales 1990; Kenyon 1998; Sherrick 2002).

Eine weitere Methode der Theorie der rationalen Entscheidung ist das Bayes-Theorem, das auf der Berechnung bedingter Wahrscheinlichkeiten beruht. Allen Verfahren liegt die Annahme zugrunde, dass Akteure diejenige Alternative wählen, die den höchsten Erwartungswert bzw. Erwartungsnutzen verspricht (siehe hierzu z. B. Hanf 1991; Bamberg et al. 2008 oder Eisenführ & Weber 2003).

Nach Savage (1954), dem Begründer der modernen Bayesianischen Entscheidungstheorie (vgl. Gigerenzer & Gaissmaier 2011, S. 452), liegen wohlstrukturierte Situationen nur in *small-worlds* vor. Entscheidungssituationen mit dieser idealtypischen Struktur sind in der Realität jedoch nur selten anzutreffen (Schoemaker 1982, S. 552). Wenn allerdings eine *small-world* Situation vorliegt, dann ist die Anwendung analytischer Verfahren rational und die Identifikation der „optimalen“ Alternative möglich (Grünig & Kühn 2004).

Als Beispiel für wohlstrukturierte, *small-world* Situationen werden häufig Lotterien genannt (vgl. Gigerenzer & Gaissmaier 2011, S. 453). Bei Lotterien sind die Auszahlungshöhen und Häufigkeitsverteilungen bekannt. Die Anwendung analytischer Verfahren kann unter solchen Bedingungen als rational bezeichnet werden. Jedoch können nicht beobachtbare Faktoren, wie z. B. manipulierte oder defekte Lostrommeln, zu Verzerrungen führen. Eine Zufallsverteilung kann demnach nur unterstellt werden, wenn die subjektive Annahme getroffen wird, dass keine verzerrenden, nicht beobachtbaren Faktoren auftreten (Hanf 1991, S. 3). Dies verdeutlicht, dass selbst bei sehr einfach strukturierten Entscheidungsproblemen nicht ohne weiteres von einer wohlstrukturierten Situation ausgegangen werden kann. Die Plausibilität der Annahme, dass alle Umweltzustände und Eintrittswahrscheinlichkeiten einer Entscheidungssituation ermittelt werden können, sinkt mit steigender Komplexität des Entscheidungsproblems.

Das Gegenteil von wohlstrukturierten *small-world* Situationen sind *large-world* Situationen. Bei diesen schlecht strukturierten Entscheidungssituationen ist ein Teil der relevanten Informationen unbekannt bzw. es sind zu wenige Beobachtungen möglich, um verlässlich auf Häufigkeitsverteilungen zu schließen. Hierdurch werden die Anforderungen für die mathematischen Entscheidungsverfahren der Theorie der rationalen Entscheidung verletzt (vgl. Gigerenzer & Gaissmaier 2011, S. 453).

Die Annahmen der von Herbert Simon begründeten **Theorie zur begrenzten Rationalität** (*bounded rationality*, Simon 1955; 1957) unterscheiden sich grundsätzlich von denen der Theorie der rationalen Entscheidung. Nach Simon verfügen Entscheidungsträger nur über begrenztes Wissen sowie kognitive und zeitliche Ressourcen für die Beschaffung und die Verarbeitung von Informationen bei der Entscheidungsfindung. Hierdurch sind sie nicht in der Lage, den Nutzen jeder Alternative und die Wahrscheinlichkeiten aller Umweltzustände zu ermitteln (vgl. Simon 1955, S. 104). Die Konsequenz sind schlecht strukturierte Entscheidungsprobleme (Simon & Newell 1958, S. 5). Die Modelle der Theorie zur begrenzten Ratio-

nalität beschreiben, wie Entscheidungen in schlecht strukturierten Entscheidungssituationen getroffen werden können (Gigerenzer & Selten 2001, S 4).

In Abschnitt 2.5.1 wird gezeigt, dass das Produktionssystem Winterweizen durch vielfältige Wechselwirkungen geprägt ist. So liefern Untersuchungen zum Auftreten von Stressfaktoren teilweise widersprüchliche Ergebnisse. Hierdurch sind Prognosen über das Auftreten von abiotischen und biotischen Stressfaktoren und deren Ursachen nur bedingt möglich.

Bisher ist keine Methode zur Vorhersage der Sorteneignung für spezifische Produktionssysteme bekannt. Stattdessen wird die Eignung von Sorten in praktischen Anbauversuchen, wie z. B. den Landessortenversuchen überprüft. Die Ertragsleistung von Sorten innerhalb eines Produktionssystems schwankt zwischen verschiedenen Versuchsjahren erheblich. Diese Schwankungen treten an einzelnen Standorten zwischen verschiedenen Anbaujahren in unterschiedlichen Richtungen auf⁵⁷.

Dem Autor ist kein Modell bekannt, das Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen Produktionssystem, Sorteneigenschaften und Ertrag für Winterweizen explizit und numerisch beschreibt. Dies wäre jedoch notwendig, um die Konsequenzen der Entscheidung für unterschiedliche Umweltzustände prognostizieren und quantifizieren zu können.

Der Erfolg der Sortenwahl ist von mindestens zwei dynamischen Umweltfaktoren, der Witterung⁵⁸ und der Pathogenität von Krankheitserregern⁵⁹, abhängig. Bislang gibt es keine Prognosemodelle, die den Witterungsverlauf für die gesamte Produktionsperiode vorhersagen können. Zudem gibt es keine expliziten Modelle zur Prognose der Anpassung von Krankheitserregern an die Resistenzmechanismen von Weizensorten.

Das Sortiment der Weizensorten unterliegt durch das Ausscheiden und die Neuzulassung von Sorten einem permanenten Wandel⁶⁰. Insgesamt liegt ein großer Entscheidungsraum, bestehend aus einer Vielzahl an Alternativen mit vielen Eigenschaften, vor. Die Eigenschaften der Sorten verändern sich im Zeitablauf relativ und absolut. Ältere Sorten verlieren durch die Zulassung züchterisch verbesserter, neuer Sorten relativ zum Gesamtsortiment an Leistungsfähigkeit. Der Wandel des Entscheidungsraums führt dazu, dass Landwirte für einen vollständigen Vergleich des Sortiments sowohl Informationen über die aktuellen Merkmalsausprägungen alter Sorten als auch Informationen über die Merkmalsausprägungen der neu zugelassenen Sorten suchen und verarbeiten. Hiermit ist ein entsprechend großer Aufwand für die Informationssuche und -verarbeitung verbunden. Je größer dieser Aufwand ist, desto größer sind auch die Entscheidungskosten bzw. der kognitive Aufwand.

Durch die nicht (exakt) prognostizierbaren Umweltfaktoren Witterung und Anpassung von Pathogenen sowie die komplexen Wechselwirkungen zwischen Weizenpflanzen, Standort

⁵⁷ Siehe Abschnitt 2.6.2.

⁵⁸ Siehe Abschnitt 2.5.2 und 2.6.2.

⁵⁹ Siehe Abschnitt 2.4.3.

⁶⁰ Siehe Abschnitt 2.2.

und Produktionsverfahren kann das Entscheidungsproblem Sortenwahl als schlecht strukturiert eingestuft werden. Es erscheint wenig realistisch, dass den Entscheidungsträgern präzise, numerische Eintrittswahrscheinlichkeiten für die Umweltzustände bekannt sind und exakte Erwartungen über die Erträge aller Sorten für die Vielzahl an Umweltzuständen vorliegen. Insgesamt stellt sich die Sortenwahl also als *large-world* Entscheidungsproblem dar.

Aus den genannten Gründen ist die Theorie der begrenzten Rationalität zur Auseinandersetzung mit der Sortenwahl (besser) geeignet. Im nachfolgenden Abschnitt wird detaillierter auf die Theorie der begrenzten Rationalität eingegangen.

3.2 Begrenzte Rationalität

Die zentrale Annahme der Theorie der begrenzten Rationalität lautet, dass die Ressourcen für die Entscheidungsfindung nur begrenzt vorliegen (Simon 1955; 1957). Die relevanten Ressourcen sind in diesem Zusammenhang die Zeit zur Entscheidungsvorbereitung, das Wissen und die kognitiven Kapazitäten der Entscheidungsträger. Zudem wird angenommen, dass entscheidungsrelevante Informationen nicht in ausreichender Menge und/oder Qualität vorliegen. Hieraus ergibt sich, dass Entscheider nicht alle Umweltzustände und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten (exakt) ermitteln können. Die Berechnung von Erwartungswerten (Simon 1955, S. 104) und die Anwendung anderer, optimierender Entscheidungsverfahren, sind folglich nicht möglich. Hieraus erwächst die Frage, „*how do human beings reason when the conditions for rationality postulated by the model of neoclassical economics are not met?*“ (Simon 1989, S. 377). Die Theorie der begrenzten Rationalität beschreibt Methoden zur Lösung solcher *large-world* Entscheidungssituationen.

Die oben genannten Beschränkungen können subjekt- und aufgabenspezifisch variieren. Simon beschreibt diesen Zusammenhang mit den zwei Klingen einer Schere, wobei eine Klinge die Struktur des Entscheidungsproblems und die andere Klinge die Problemlösungsfähigkeit der Entscheidungsträger darstellt (vgl. Simon 1990, S. 7).

Subjekt- und situationsspezifische Unterschiede führen dazu, dass es nicht einen allgemeingültigen Lösungsweg für alle Personen und alle Entscheidungsprobleme gibt. Im Kontext der Theorie der begrenzten Rationalität wird eine Vielzahl an Entscheidungsverfahren beschrieben und untersucht. Ein zentraler Aspekt dieser Entscheidungsverfahren ist, dass diese auch in schlecht strukturierten Entscheidungssituationen anwendbar sind. Diese Verfahren beruhen auf Prinzipien, die im Vergleich zu den Verfahren der Theorie der rationalen Entscheidung weniger aufwendig sind. Hierbei angewendete Vereinfachungsprinzipien⁶¹ sind u. a. die nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilung und das Ignorieren von Informationen (Payne et al. 1993, S. 30ff). Diese relativ einfachen Entscheidungsverfahren werden als Heuristiken

⁶¹ Eine umfassende Darstellung heuristischer Prinzipien erfolgt in Abschnitt 3.5.

bezeichnet. Im Nachfolgenden werden Heuristiken aus verschiedenen Perspektiven beschrieben.

Exkurs: Informationen und Cues

Bisher wurden Reize, die zur Entscheidungsfindung genutzt werden, als „Information“ bezeichnet. In der englischsprachigen und teilweise auch in der deutschsprachigen Literatur zur Entscheidungsforschung wird neben dem Begriff Information häufig der Begriff Cue verwendet. Cue wird ins Deutsche als Hinweisreiz (z. B. Pfister et al. 2017; Betsch et al. 2011) übersetzt und hauptsächlich im Zusammenhang mit inferentiellen Entscheidungen verwendet.

Cues sind die Informationen, die das sensorische System passieren und weiterverarbeitet werden. Es handelt sich um wahrnehmbare Merkmale, die oft einen (indirekten) Hinweis auf ein zu beurteilendes Kriterium geben (vgl. Betsch et al. 2011, S. 26). Sie sind in der Regel nicht eindeutig und lassen somit nur Wahrscheinlichkeitsschlüsse zu (Hammond et al. 1975). Allerdings gibt es in der Literatur keine klare Abgrenzung zwischen den Begriffen Information und Cue. Daher werden im Nachfolgenden die Begrifflichkeiten entsprechend der Verwendung in den zitierten Quellen benutzt. Da der Begriff Hinweisreiz recht sperrig erscheint, wird auf eine Übersetzung ins Deutsche verzichtet und der Ausdruck Cue verwendet.

3.3 Heuristische Entscheidungsverfahren

Entscheidungen sind das Ergebnis eines Bewertungs- und Auswahlprozesses. Es werden Reize (Informationen) in kognitiven Prozessen unter Verwendung von vorhandenem Wissen verarbeitet und zur Identifikation von geeigneten Handlungsalternativen genutzt (Newell & Simon 1972; Simon 1978). Heuristische Entscheidungsverfahren (kurz: Heuristiken) beschreiben den Prozess der Entscheidungsfindung in schlecht strukturierten Entscheidungssituationen. Solche Situationen sind durch Ungewissheit und/oder einen großen Entscheidungsraum, der sich aus vielen Alternativen und/oder vielen Attributen ergibt, charakterisiert. Herbert Simon, der Begründer der modernen Forschung zu heuristischen Entscheidungsverfahren beschreibt Heuristiken als „*methods for arriving at satisfactory solutions with modest amounts of computation.*“ (Simon 1990, S. 11). Heuristiken haben im ursprünglichen Verständnis also zwei Ziele: befriedigende Ergebnisse und einen geringen (kognitiven) Entscheidungsaufwand. Diese vagen Ziele erscheinen zunächst wenig rational. Denn warum sollte man sich mit befriedigenden Ergebnissen zufriedengeben? Und warum sollte ein geringer Aufwand (anstelle des optimalen Aufwands) angestrebt werden? Simon (1956) betont jedoch explizit, dass begrenzte Rationalität nicht mit irrationalem Verhalten⁶² gleichgesetzt werden kann. Er verweist darauf, dass die Komplexität von Entscheidungen zu einer Überforderung des menschlichen Verstandes führt und daher nicht alle Informationen eines Entscheidungsproblems erfasst oder verarbeitet werden können. Die Forschung zur Anwendung von Heuristiken integriert kognitionspsychologische Erkenntnisse in die (ökonomische) Entscheidungstheorie.

⁶² Irrational im Sinne von Verstößen gegenüber den im Bernoulli-Prinzip enthaltenen Ordnungs-, Transitivitäts- und Unabhängigkeitsaxiomen.

Die *weighted additive rule*⁶³ ist der „traditionelle Goldstandard“ in der normativen (präferenziellen) Entscheidungstheorie (Gigerenzer & Todd 1999, S. 26f; Hogarth 2012, S. 73) und beschreibt einen komplexen Algorithmus zur Erreichung optimaler Entscheidungen (Payne et al. 1993). Sie entspricht den klassischen normativen Entscheidungsverfahren des Erwartungswerts bzw. Erwartungsnutzens (Keeney & Raiffa 1993). Bei der *weighted additive rule* werden alle potenziellen Alternativen und alle Merkmale berücksichtigt. Nachdem die Merkmale entsprechend der subjektiven Relevanz für den Nutzen gewichtet wurden, wird der Nutzen jeder Alternative durch Multiplikation der Merkmalsausprägung mit der Gewichtung des Merkmals berechnet. Durch Summierung der Produkte wird der Gesamtnutzen jeder Alternative ermittelt. Die Anwendung der *weighted additive rule* erfordert die Erfüllung von fünf Teilaufgaben:

1. Identifizierung aller Cues
2. Erinnern und Speichern aller Cue-Ausprägungen
3. Bestimmung der Cue-Gewichtung
4. Berechnung des Gesamtnutzens der Alternativen durch Summierung der Teilnutzen
5. Auswahl auf der Basis des Vergleichs des Gesamtnutzens jeder einzelnen Alternative (vgl. Shah & Oppenheimer 2008, S. 207).

Heuristiken beruhen im Vergleich zu optimierenden Entscheidungsverfahren wie z. B. der *weighted additive rule* auf einfacheren Entscheidungsprinzipien und schonen hierdurch zeitliche und kognitive Ressourcen. In den vergangenen Jahren wurde eine große Bandbreite von Heuristiken wissenschaftlich-theoretisch beschrieben und empirisch untersucht. *Satisficing*⁶⁴ (Simon 1955) ist die erste wissenschaftlich-theoretisch beschriebene Heuristik⁶⁵.

3.3.1 Satisficing (Simon 1955)

Satisficing beschreibt ein Entscheidungsverfahren, bei dem die Merkmalsausprägungen von Alternativen mit zuvor festgelegten Mindestanforderungen abgeglichen werden. Unterschreitet eine Merkmalsausprägung eine Mindestanforderung, wird die Alternative verworfen und eine andere Alternative geprüft. Erfüllt eine Alternative die Mindestanforderungen, wird diese ausgewählt. Das Entscheidungsverfahren endet an dieser Stelle. Bei diesem Vorgehen ist die Auswahl ohne Prüfung aller Alternativen möglich. Bevor weitere Heuristiken in ähnlich kurzer Form beschrieben werden, wird zunächst etwas ausführlicher auf *satisficing* eingegangen.

⁶³ Die *weighted additive rule* wird im Deutschen als gewichtete linear-kompensatorische Regel bezeichnet (z. B. Schmücker 2006, S. 62). Diese und weitere Übersetzungen nachfolgend aufgeführter Heuristiken sind deutlich umständlicher als die englischen Originalbezeichnungen. Daher wird im weiteren Verlauf der Arbeit auf eine Übersetzung verzichtet.

⁶⁴ Zur Erläuterung von *satisficing* siehe Abschnitt 3.3.1.

⁶⁵ Diese Einschätzung basiert auf der Tatsache, dass die Quelle „Simon 1955“, in der *satisficing* beschrieben wird, bei den dominierenden Autoren(gruppen) (z. B. Gigerenzer, Todd und ABC Research Group; Payne, Bettman und Johnson; Kahneman und Tversky) der Forschung zu Heuristiken die älteste Quelle zu Heuristiken ist.

Simon (1955) beschreibt *satisficing* im Zusammenhang mit der Lösung von Entscheidungsproblemen, bei denen sich die schlechte Struktur der Entscheidungssituation durch die große Menge von potenziellen Alternativen⁶⁶ ergibt. Er skizziert hierfür den Verkauf einer Immobilie aus der Sicht des Verkäufers. Dem Entscheidungsträger ist die Menge an Alternativen (Anzahl an Geboten) nicht exakt bekannt. Aus der Merkmalsausprägung (Angebotshöhe) einer Alternative (Angebot) kann direkt auf den Nutzen geschlossen werden, da sich der Nutzen direkt aus der Merkmalsausprägung ergibt. Es besteht also keine Ungewissheit über den Nutzen der Alternativen. Überschreitet die Merkmalsausprägung einer Alternative eine zuvor festgelegte Mindestanforderung (Mindestgebot), wird diese Alternative ausgewählt und die Suche nach weiteren Alternativen eingestellt (Simon 1955, S. 104ff). Hierdurch wird die benötigte Informationsmenge reduziert. Anstelle des Vergleichs aller Alternativen⁶⁷ kann die Entscheidung, sofern das erste Angebot das Anspruchsniveau übersteigt, bereits nach der Beurteilung der ersten Alternative getroffen werden.

Die Reduktion des Entscheidungsaufwands beruht folglich auf einer Einschränkung der berücksichtigten Alternativen. Wie stark die Informationssuche eingeschränkt wird, hängt zum einen von der Höhe der Mindestanforderung ab. Diese kann individuell gewählt werden. Zum anderen bestimmt die Wahrscheinlichkeit, mit der eine befriedigende Alternative gefunden wird, die benötigte Informationsmenge. Die Wahrscheinlichkeit wird von der Häufigkeitsverteilung der Merkmalsausprägungen bestimmt. Diese ist im Beispiel des Immobilienverkaufs von Simon, wie bereits erwähnt, unbekannt (Simon 1955, S. 112).

Die Auswahl von Alternativen muss jedoch nicht zwangsläufig auf der Basis von ursprünglich festgelegten Schwellenwerten erfolgen. Der Schwellenwert kann grundsätzlich durch eine Marktbeobachtung angepasst werden. Der Anbieter kann z. B. einige Angebote abwarten und den Schwellenwert auf der Basis eingegangener Angebote anpassen bzw. festlegen. Wird der ursprüngliche Schwellenwert (Mindestpreis) mehrfach unterboten, so kann dieser nach unten angepasst werden und umgekehrt⁶⁸.

Im beschriebenen Entscheidungsproblem des Verkaufs einer Wohnung ist nur ein Merkmal, nämlich die Angebotshöhe, relevant. *Satisficing* kann jedoch auch bei multiattributiven Entscheidungsproblemen angewendet werden. In diesem Fall werden für alle relevanten Merkmale Schwellenwerte festgelegt. Wird mindestens ein Schwellenwert unterschritten, wird die Alternative verworfen. Überschreitet eine Alternative alle Schwellenwerte, wird diese ausgewählt. Es handelt sich folglich um eine nicht-kompensatorische Entscheidungsregel.

⁶⁶ Z. B. Kaufangebote für eine Wohnung (Simon 1955, S. 104). In diesem Beispiel mit einem Attribut ist auch die Annahme enthalten, dass nur ein Ziel verfolgt wird, das direkt mit der Ausprägung des Merkmals verbunden ist.

⁶⁷ Wobei in diesem Zusammenhang unklar ist, was „alle Alternativen“ bedeuten kann.

⁶⁸ Zur Anpassung von Schwellenwerten bzw. Anspruchsniveaus siehe Sauer mann und Selten 1962 und Selten 1998.

Durch die separate, nicht-kompensatorische Betrachtung einzelner Merkmale wird ein zentrales Problem der Entscheidungsfindung gelöst, das bei optimierenden Entscheidungsverfahren grundsätzlich vorliegt: Der Vergleich von Attributen mit unterschiedlichen Dimensionen. In der Theorie der rationalen Entscheidung wird angenommen, dass die Transformation der Ausprägung von Merkmalen mit unterschiedlichen Einheiten durch Nutzenfunktionen in die Universaleinheit Nutzen überführt wird. Entsprechend dieser Annahme bedarf es für jedes Merkmal einer individuellen Nutzenfunktion. Der Nutzen einzelner Merkmalsausprägungen wird zu einem Gesamtnutzen aufsummiert. Die Ermittlung des Gesamtnutzens unter Verwendung von Nutzenfunktionen bedarf relativ aufwendiger kognitiver Prozesse wie Multiplikation und Addition. Dem gegenüber kann die Identifikation geeigneter Alternativen bei *satisficing* durch weniger aufwendige Vergleiche zwischen Merkmalsausprägungen und Schwellenwerten erfolgen⁶⁹. Der Vergleich von Merkmalsausprägungen mit Mindestanforderungen bedarf im Vergleich dazu weniger kognitiver Ressourcen. Die Mindestanforderungen können als Vektoren angesehen werden, die einen Vektorraum (Lösungsraum) beschreiben (Simon 1955, S. 108f). Durch den Abgleich der Merkmalsausprägungen mit den Mindestanforderungen kann überprüft werden, ob eine Alternative im zulässigen Lösungsraum liegt. Der Entscheidungsaufwand bei *satisficing* wird also zunächst durch die Reduktion der betrachteten Alternativen und durch die Reduktion des kognitiven Aufwands bei der Beurteilung der Alternativen erreicht. Gleichzeitig führt die Nicht-Berücksichtigung aller potenziellen Alternativen dazu, dass die „optimale“ Alternative in den überwiegenden Fällen⁷⁰ nicht identifiziert bzw. gewählt wird. Demnach beschreibt Simon mit *satisficing* also ein nicht-optimierendes Entscheidungsverfahren⁷¹.

Zusammenfassend ist *satisficing* ein nicht-kompensatorisches, nicht-optimierendes Entscheidungsverfahren, bei dem die Auswahl von Alternativen durch den Vergleich der Merkmalsausprägungen mit Schwellenwerten erfolgt. Hierdurch werden die Informationsmenge und der kognitive Aufwand zur Informationsverarbeitung reduziert. Über das Ausmaß der Reduktion des Entscheidungsaufwands und die Auswirkungen auf den Entscheidungserfolg kann jedoch keine eindeutige Aussage getroffen werden⁷².

In den Jahren nach der Beschreibung von *satisficing* wurde eine Vielzahl von heuristischen Entscheidungsverfahren theoretisch beschrieben und empirisch bzw. experimentell untersucht. Einige klassische Beispiele sind nachfolgend kurz beschrieben.

⁶⁹ Siehe Vergleich des zeitlichen und kognitiven Aufwands bei unterschiedlichen Entscheidungsverfahren in Abschnitt 3.7.

⁷⁰ Nämlich nur dann, wenn die beste Alternative zufällig die erste Alternative ist, die die Mindestanforderungen übersteigt.

⁷¹ Eine weitreichendere Auseinandersetzung, inwiefern Heuristiken optimierend sein können, erfolgt in Abschnitt 3.9.2.1.

⁷² Siehe Abschnitt 3.7 und Abschnitt 3.8.

3.3.2 Lexicographic

Bei *lexicographic* (Luce 1956; Fishburn 1967; Tversky 1969) wird das Merkmal mit der höchsten Relevanz zur Beurteilung von Alternativen berücksichtigt. Hierbei wird die Ausprägung des Merkmals für alle Alternativen überprüft und die Alternative mit der besten Merkmalsausprägung gewählt. Der Endpunkt der Informationssuche ist erreicht, nachdem die Ausprägung des betrachteten Merkmals bei allen Alternativen ermittelt wurde. Haben mehrere Alternativen die gleiche Merkmalsausprägung, wird das Merkmal mit der zweithöchsten Relevanz zur Bewertung herangezogen. Eine spezielle Form dieses Entscheidungsverfahrens ist *lexicographic-semiorder* (Payne et al. 1993, S 26). Hierbei erfolgt eine Auswahl nur, wenn zwischen der Alternative mit der besten Ausprägung und den übrigen Alternativen ein „wahrnehmbarer“ Unterschied vorliegt. Unterschreiten die Unterschiede die Wahrnehmbarkeitsschwelle, so sind diese nicht ausreichend diskriminierend. Dies führt dazu, dass weitere Eigenschaften bei der Entscheidung berücksichtigt werden (Tversky 1969).

3.3.3 Elimination by aspects

Elimination by aspects (Tversky 1972) beschreibt ein Ausschlussverfahren, bei dem Alternativen bei der Nichterfüllung von Mindestanforderungen an Merkmalsausprägungen gestrichen werden. Dieser Vorgang wird durch die Betrachtung weiterer Merkmale wiederholt. Die Reihenfolge der berücksichtigten Merkmale erfolgt nach deren Gewichtung. Die Informationssuche wird eingestellt, nachdem alle bis auf eine Alternative gestrichen wurden.

3.3.4 Equal weight rule

Bei der *equal weight rule* erfolgt die Auswahl unter Berücksichtigung aller Attribute jeder Alternative ohne Gewichtung (Dawes 1979). Hierzu werden alle Merkmalsausprägungen aufsummiert. Die Voraussetzung hierfür ist eine einheitliche Skala zur Beschreibung der Merkmale. Die Alternative mit der höchsten Summe wird ausgewählt.

3.3.5 Majority of confirming dimensions

Majority of confirming dimensions (Russo & Doshier 1983) basiert auf einem paarweisen Vergleich von Alternativen. Das Bewertungskriterium ist die Anzahl von Attributen, in denen eine Alternative der anderen überlegen ist. Wenn eine Alternative in einem Attribut überlegen ist, wird ein Punkt addiert. Sind die Merkmalsausprägungen gleich, bleibt der vorherige Wert bestehen. Ist die Alternative unterlegen, wird ein Punkt abgezogen. Nach dem Vergleich über alle Attribute wird die unterlegene Alternative ausgeschlossen. Die überlegene Alternative wird anschließend mit einer weiteren Alternative verglichen. Die Prozedur endet, wenn jede Alternative bewertet wurde.

Die beschriebenen Heuristiken wurden zunächst im Kontext von präferenziellen Entscheidungsproblemen beschrieben. Allerdings können sie auch bei inferentiellen Entscheidungsproblemen angewendet werden. Beide Arten von Heuristiken beruhen auf ähnlichen und

teilweise gleichen Prinzipien (Shah & Oppenheimer 2008, S. 210; Weber & Johnson 2009, S. 54; Gigerenzer & Gaissmaier 2011, S. 454).

3.4 Wahlheuristiken vs. Inferenzheuristiken

Wahlheuristiken beschreiben Verfahren zur Entscheidung über die Vorzüglichkeit von Alternativen unter der Berücksichtigung individueller Präferenzen. Es handelt sich um Entscheidungen, bei denen eine objektive Bewertung der Entscheidungsgüte in realen Entscheidungssituationen nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich ist⁷³. Das liegt daran, dass in der Regel kein Wissen darüber vorliegt, wie Entscheidungsträger einzelne Merkmale bzw. die Ausprägung dieser Merkmale wertschätzen und gegeneinander aufwiegen. Folglich kann nicht abgeschätzt werden, wie groß der tatsächliche Nutzen einer gewählten im Vergleich zu einer anderen Alternative ist.

Heuristiken zur Inferenzbildung hingegen beschreiben Verfahren, mit denen Rückschlüsse auf die unbekannte Ausprägung von (Ziel-)Variablen gezogen werden. Die Ausprägung der Zielvariablen ist grundsätzlich überprüfbar. Inferentielle Heuristiken werden verwendet, um sachliche Fragen zu beantworten. Wahlheuristiken können z. B. für die Entscheidung zwischen Traktoren verwendet werden, die sich in der Lackfarbe und der Innenausstattung unterscheiden. Inferenzheuristiken hingegen können genutzt werden, um darauf zu schließen, welcher Traktor eine höhere Zugleistung hat. Während nicht messbar ist, welche Farbe objektiv vorzüglich ist, kann die Ausprägung der Zugleistung objektiv gemessen werden.

Inferentielle Heuristiken können Bestandteil von Wahlheuristiken sein (vgl. Shah & Oppenheimer 2008, S. 210). Wenn ein Landwirt z. B. eine Präferenz für Traktoren mit hoher Zugleistung hat, diese jedoch nicht explizit angegeben ist, kann z. B. die Motorisierung und die Bereifung zum Rückschluss genutzt werden. Wenn eine Erwartung über die Zugleistung gebildet wurde, kann der Entscheidungsträger die Merkmale gewichten, bzw. den Nutzen der Alternativen ermitteln und so die Auswahl treffen.

Das in Abschnitt 3.3.1 beschriebene Beispiel von Simon (1955), der Verkauf einer Immobilie mit den Alternativen „Angebote“ und dem Attribut „Angebotshöhe“, weist bezüglich der Art der angewendeten Heuristik eine Besonderheit auf.⁷⁴ Die Auswahl basiert weder auf einer präferenziellen noch auf einer inferentiellen Abwägung im oben beschriebenen Sinne. Es wird lediglich eine Zielvariable berücksichtigt, die eindeutig quantifizierbar ist⁷⁵ und eine eindeutige Richtung aufweist. Zudem sind Merkmalsausprägung und Nutzen vollständig korre-

⁷³ Durch die Beobachtung der Informationssuche und des Entscheidungsergebnisses kann überprüft werden, ob Kriterien für rationales Verhalten (z. B. Transitivität oder Invarianz) erfüllt sind. Es kann jedoch nicht beurteilt werden, wie hoch der individuell empfundene Nutzen einer Alternative ist.

⁷⁴ Siehe Abschnitt 3.3.1.

⁷⁵ Dies ist ein Gegensatz zum weithin verwendeten Begriffsverständnis von Präferenzen, die als subjektive Nutzenbewertung beschrieben werden.

liert⁷⁶. Es gibt folglich keine Zielkonflikte und es muss nicht zwischen der Gewichtung einzelner Attribute abwogen werden. Somit sind zwei zentrale Aspekte der Entscheidungstheorie, Präferenzen und Inferenzen, in der grundlegenden Veröffentlichung, die den Anstoß zur Entwicklung der Theorie zur begrenzten Rationalität lieferte, nicht enthalten.

3.4.1 Wahlheuristiken

Wahlheuristiken werden zur subjektiven Beurteilung der Vorzüglichkeit von Alternativen auf der Grundlage individueller Präferenzen angewendet. Die von Simon (1955) benannten Ziele im Zusammenhang mit Heuristiken, befriedigende Ergebnisse und geringer Kognitionsaufwand, sind relative Größen. Zur objektiven Beurteilung des Entscheidungsaufwands und des Entscheidungserfolgs von (präferenzbasierten) Wahlheuristiken gibt es empirisch keine Referenz. Was die optimale Vorgehensweise ist und wie hoch der Nutzen einer ausgewählten Handlungsoption ist, kann nur bedingt empirisch überprüft werden. Hierzu müssen die individuellen Nutzenfunktionen für alle Merkmale ermittelt werden:

„...the optimality of economic behavior in real-world settings is often difficult to assess without specific knowledge of the person's utility function, the particular problem perception, and the rationality criteria being pursued.” (March 1978 nach Schoemaker 1982, S. 553).

Theoretisch kann beschrieben werden, wie sich die Anwendung von Wahlheuristiken auf die Genauigkeit und den Aufwand von Entscheidungen auswirken. Hierzu bedarf es jedoch einer Referenz. Die *weighted additive rule* kann als eine solche Referenzgröße angesehen werden (Payne et al. 1993, S.92; Gigerenzer & Todd 1999, S. 26; Hogarth 2012, S. 73).

3.4.2 Inferenzheuristiken

Inferentielle Heuristiken werden zur Schlussfolgerung auf die unbekannte Ausprägung von Variablen genutzt. Die Unbekanntheit der Ausprägung kann entweder daraus resultieren, dass die Ausprägung der Variable zwar schon feststeht, dem Entscheidungsträger jedoch nicht bekannt ist, oder daraus, dass die Ausprägung erst zu einem späteren Zeitpunkt eintritt. Bei den Zielvariablen handelt es sich um messbare Eigenschaften bzw. Zustände. Die Ermittlung der Ausprägungen ist also grundsätzlich möglich.

Bei Inferenzheuristiken nutzen Entscheidungsträger Informationen aus ihrer Umwelt oder ihrem Gedächtnis, um auf die Ausprägung der Zielvariablen zu schließen (Todd & Gigerenzer 2007; Gigerenzer & Gaissmaier 2011).

Ein Beispiel für ein agrarökonomisches Inferenzproblem ist die Abschätzung der Preisentwicklungen von Agrarrohstoffen. Wenn Landwirte Entscheidungen über die Vermarktung ihrer Erzeugnisse treffen, müssen sie Erwartungen über zukünftige Preise bilden. Hierzu

⁷⁶ Abnehmender Grenznutzen (Prospect Theory, Kahneman & Tversky 1979) bleibt bei dieser Aussage unberücksichtigt.

können sie z. B. Statistiken und Prognosen über die Produktion und den Verbrauch von Agrarrohstoffen als Informationen nutzen. Auf dieser Grundlage können sie auf die zukünftige Knappheit und folglich auf zukünftige Preise schließen.

Wie bereits angesprochen, basieren Inferenzheuristiken zum Teil auf den gleichen Prinzipien wie Wahlheuristiken. Ein Beispiel hierfür sind die Heuristiken *take the best*⁷⁷, *take the last* (beide in Gigerenzer & Goldstein 1996) und *priority heuristic* (Brandstätter et al. 2006), die auf den gleichen Prinzipien wie die in den Abschnitten 3.3.2 bzw. 3.3.3 beschriebenen Heuristiken *lexicographic* (Luce 1956; Fishburn 1967; Tversky 1969,) bzw. *elimination by aspects* (Tversky 1972) beruhen. Bei diesen Heuristiken werden nicht alle verfügbaren, sondern nur ein oder einige wenige Cues zum Rückschluss auf die Ausprägung einer Zielvariablen betrachtet. Das Kriterium, nach dem die Cues ausgewählt werden, ist der erwartete Einfluss von bzw. die Korrelation zwischen den beobachtbaren Cues und der (unbeobachtbaren) Zielvariablen (= ökologische Validität⁷⁸). Je größer die Korrelation ist, desto besser eignet sich die Information zur Vorhersage.

Dies kann exemplarisch für Abschätzung zukünftiger Preise für Agrarrohstoffe unter Verwendung von *lexicographic* bzw. *take the best* verdeutlicht werden: Prognosen über Angebot und Nachfrage von Agrarrohstoffen werden für einzelne Länder, Regionen oder die gesamte Welt erstellt. Zur Vereinfachung kann ein Beispiel beschrieben werden, in dem ein Landwirt auf die Prognose einer Institution über Angebot und Nachfrage von Agrarrohstoffen in China und in der Schweiz zurückgreifen kann. Der Landwirt vermutet, dass der Einfluss auf den Weltmarkt von China im Vergleich zur Schweiz um ein Vielfaches höher liegt. Die Information über die Marktlage in China hat also eine subjektiv höhere Validität. Unter Verwendung von *lexicographic* bzw. *take the best* würde der Landwirt bei der Inferenz auf die Weltmarktentwicklung lediglich die Prognose über China berücksichtigen.

Andere Inferenzheuristiken, wie z. B. *tallying* (Dawes 1979) berücksichtigen wiederum alle Informationen, führen jedoch keine Gewichtung durch. Sie ähneln also der Wahlheuristik *majority of confirming dimensions* (Russo & Doshier 1983). Im Beispiel zur Abschätzung der Preisentwicklung ergibt sich folgendes Vorgehen: Wenn ein Landwirt keine Vorstellung über den Einfluss der Marktlage in einzelnen Länder auf die Weltmarktpreise hat, kann er auf diese Heuristik zurückgreifen. Die Prognose über die Schweiz und China werden in diesem Fall in gleichem Umfang berücksichtigt.

Inferentielle Heuristiken können jedoch auch auf Prinzipien beruhen, die nicht im Kontext von Wahlheuristiken beschrieben wurden. In diesem Zusammenhang sind insbesondere die *availability heuristic* (Tversky & Kahneman 1973) und die *representativeness heuristic* (Tversky & Kahneman 1974) zu nennen. Hierbei nutzen Entscheidungsträger die Vertrautheit

⁷⁷ Einige der in diesem Abschnitt aufgeführten Beispiele (*take the best*, *recognition heuristic*, *tallying*) werden in Abschnitt 3.11.3 genauer beschrieben.

⁷⁸ Siehe hierzu Abschnitt 3.11.

von Beschreibungen bzw. die Leichtigkeit der Erinnerbarkeit von Alternativen und Eigenschaften zur Inferenz. Die Reduktion des kognitiven und zeitlichen Aufwands zur Entscheidungsfindung basiert darauf, dass die Vertrautheit bzw. Erinnerbarkeit schnell und ohne zusätzlichen kognitiven Aufwand für die Bewertung der Informationen erfolgen kann (Shah & Oppenheimer 2008, S. 210). Weitere Beispiele diese Vorgehensweise sind die *fluency heuristic* (Schooler & Hertwig 2005) und die *recognition heuristic* (Gigerenzer & Goldstein 1996). Diese Art von Heuristiken basiert anstelle von externen auf internen Informationen.

Für das Beispiel der Abschätzung von Preisen für Agrarrohstoffe ergibt sich folgende Situation: Wenn ein Landwirt überlegt, ob er seine Produkte jetzt oder zu einem späteren Zeitpunkt vermarkten sollte, dann kann er die Erinnerbarkeit von Informationen nutzen. Die Validität der Information ergibt sich implizit daraus, dass sowohl die informationelle Umwelt (z. B. die Medien) als auch das Erinnerungsvermögen eine Art Filter darstellen. Hierbei gelten die Annahmen: (I) Medien berichten verstärkt über relevante Themen. (II) Das Gedächtnis filtert Informationen und speichert diese in Abhängigkeit der Häufigkeit, mit der diese Informationen wahrgenommen werden. Wenn in den Medien häufiger über die Entwicklung in China als in der Schweiz berichtet wird, dann steigt die Erinnerbarkeit von Informationen über China. Die Erinnerbarkeit dient als Indikator für die Bedeutung der beiden Länder für den Weltmarkt. Wenn erinnert wird, dass gute Aussichten für die Marktentwicklung in China vorliegen, dann entscheidet sich der Landwirt in der Hoffnung auf zukünftige Preissteigerungen dazu, mit der Vermarktung zu warten. Weitere Informationen, z. B. über die Schweiz, werden nicht berücksichtigt. Aufgrund der fehlenden oder verzögerten Erinnerung an Berichte über die Schweiz kann darauf geschlossen werden, dass die Schweiz eine untergeordnete Bedeutung auf die Preisentwicklung hat.

Bei der Sortenwahl für spezifische Produktionssysteme handelt es sich um ein Inferenzproblem. Hierbei muss antizipiert werden, wie die Leistungsfähigkeit verschiedener Sorten in einer von Ungewissheit geprägten Umwelt ist. Daher liegt der Fokus in der weiteren Darstellung auf Heuristiken zur Inferenz auf die Ausprägung unbekannter bzw. zukünftiger Zustände von Zielvariablen. Dennoch wird an einigen Stellen ein Bezug zu präferenziellen Heuristiken hergestellt⁷⁹.

3.5 Heuristische Prinzipien

Shah und Oppenheimer kritisieren die mangelnde Übersichtlichkeit und ein fehlendes einheitliches Verständnis des Begriffs Heuristik: „*The word 'heuristic' has lost its meaning. That is to say, researchers have used the word so widely as to render it a vague, catch-all term for*

⁷⁹ Z. B. in Abschnitt 3.8, in dem die Entscheidungsqualität von Heuristiken thematisiert wird. Dies erscheint angebracht, da es bei der grundsätzlichen Auseinandersetzung mit Heuristiken und der Auswirkung auf den Entscheidungserfolg sehr unterschiedliche Auffassungen gibt. Da die Effekte zwischen inferentiellen und präferenziellen Heuristiken unterschiedlich sind, trägt eine Beschreibung der Ursachen für diese Unterschiede zur Klärung des Begriffsverständnisses bei.

explaining decision processes.” (vgl. Shah & Oppenheimer 2008, S. 207). Hierfür sind unter anderem zwei Gründe ausschlaggebend: (I) Obwohl sich viele Forschungsansätze zu (heuristischen) Entscheidungsverfahren und die hierbei gewonnenen Erkenntnisse über die Anwendungen von Heuristiken ähneln, werden diese als eigenständig angesehen und unterschiedlich benannt. Hierdurch entsteht ein hoher Grad an Redundanz⁸⁰. (II) Viele Studien beschreiben Heuristiken, die zwar domänenspezifisch sind, also nur in spezifischen Situationen anwendbar sind, jedoch auf ähnlichen Prinzipien beruhen (vgl. Shah & Oppenheimer 2008, S. 208f).

Payne et al. (1993) führen eine Analyse der heuristischen Prinzipien zur Komplexitätsreduktion am Beispiel der in Abschnitt 3.3 beschriebenen „klassischen“ Heuristiken⁸¹ durch. Sie identifizieren sechs Prinzipien, die in unterschiedlichen Kombinationen zur Anwendung kommen:

- a) **nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilung:** Ausprägungen verschiedener Eigenschaften können nicht gegeneinander aufgewogen werden. Alternativen, die eine zuvor festgelegte Mindestanforderung in einem Merkmal nicht erfüllen oder relativ zu den übrigen Alternativen in einem Merkmal unterlegen sind, werden ausgeschlossen. Somit wird der Aufwand für die Bestimmung des Trade-offs zwischen Merkmalen und deren Ausprägung reduziert.
- b) **Ignorierung von Informationen:** Die Reduktion der Informationsmenge kann durch die Berücksichtigung weniger (relevanter) Merkmale oder den Ausschluss von Alternativen infolge nicht-kompensatorischer Entscheidungsregeln erfolgen.
- c) **Variation der Informationsmenge:** (1) Der Ausschluss von Alternativen führt dazu, dass die Informationsmenge bzw. die Anzahl der betrachteten Merkmale zwischen Alternativen variieren kann. (2) Die Festlegung auf eine Alternative ohne Prüfung aller Alternativen führt zu einer Reduktion der betrachteten Alternativen. Je früher oder stärker die Ausschlusskriterien sind, desto stärker ist die Variation.
- d) **Attributbasierte Informationssuche und -verarbeitung:** Die attributbasierte Informationssuche und Verarbeitung ist kognitiv einfacher (Russo & Doshier 1983).
- e) **Einfaches Beurteilungskriterium:** Die Beurteilung erfolgt auf der Grundlage eines Gesamtwertes oder auf dem (schrittweisen) Vergleich einzelner Aspekte (Merkmale).
- f) **Qualitative Beurteilung:** Anstelle mathematischer Verfahren (Addition, Multiplikation) werden Vergleiche zwischen Merkmalsausprägungen angestellt (vgl. Payne et al. 1993, S. 30-32).

⁸⁰ Diese Kritik scheint zu gewissen Teilen rhetorischer Natur zu sein. Denn Shah und Oppenheimer beziehen sich in dem Artikel auf die Systematisierung von Payne et al. 1993, in der die heuristischen Prinzipien losgelöst von einzelnen Benennungen für Heuristiken beschrieben werden.

⁸¹ Payne et al. 1993 beziehen zusätzlich die *frequency of good and bad features rule* und die *additive difference rules* in die Analyse mit ein.

In Tabelle 11 wird sichtbar, dass nicht alle heuristischen Prinzipien in allen Heuristiken zur Anwendung kommen.

Tabelle 11: Vereinfachungsprinzipien „klassischer“ Heuristiken (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Payne et al. 1993, S. 32)

	<i>Weighted Additive Rule</i>	<i>Equal Weighting Rule</i>	<i>Elimination by Aspects</i>	<i>Lexicographic</i>	<i>Satisficing</i>	<i>Majority of Confirming Dimensions</i>
a. nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilung			X	X	X	
b. Ignorierung von Informationen		X	X	X	X	X
c. Variation der Informationsmenge			X	X	X	
d. Attributbasierte Informationssuche und -verarbeitung			X	X		X
e. Einfaches Beurteilungskriterium			X	X	X	
f. Qualitative Beurteilung			X	X	X	

Shah und Oppenheimer (2008) führen ebenfalls eine Systematisierung heuristischer Prinzipien durch. Bei einer Analyse von über 35⁸² Heuristiken aus unterschiedlichen Forschungsdomänen identifizieren sie fünf Vereinfachungsprinzipien, die in Heuristiken unterschiedlich stark ausgeprägt zur Anwendung kommen:

1. **Berücksichtigung weniger Cues:** Anstelle aller Merkmale werden lediglich die bedeutsamsten Eigenschaften berücksichtigt.
2. **Reduktion des Aufwands des Abrufens und Speicherns von Cues:** Es bestehen zwei Möglichkeiten. Erstens, anstelle exakter Merkmalsausprägungen werden einfache Vergleiche durchgeführt, also wird lediglich zwischen größer, kleiner und gleich unterschieden. Die Ergebnisse des Vergleichs sind leichter zu behalten als exakte Merkmalsausprägungen. Zweitens, Entscheidungen werden auf der Grundlage von Informationen getroffen, die leicht verfügbar sind, weil sie entweder leicht ermittelt werden oder aus anderen Gründen leicht verfügbar sind.
3. **Vereinfachte Gewichtungsprinzipien für Cues:** Anstelle der Gewichtung anhand der individuellen Präferenzen bzw. der (subjektiv wahrgenommenen) Validität einzelner Eigenschaften wird jede Eigenschaft bzw. jede Information gleich gewichtet.
4. **Einbeziehung von weniger Informationen:** Die Beurteilung der Eignung von Alternativen erfolgt nicht auf der Ermittlung eines Gesamtwertes, der sich aus der Summe einzelner Eigenschaften bzw. gewichteten Eigenschaftsausprägungen zusammen-

⁸² Siehe Tabelle 12.

setzt. Vielmehr erfolgt die Beurteilung durch die Bewertung, ob einzelne Anforderungen erfüllt sind. Dies kann dadurch erreicht werden, dass nur eine Eigenschaft als Auswahlkriterium herangezogen wird. Zudem sind eliminierende, nicht-kompensatorische Verfahren nicht auf die exakten Ausprägungen angewiesen. Es genügt die Unterscheidung zwischen ausgeschlossen und nicht-ausgeschlossen.

5. **Berücksichtigung weniger Alternativen:** Nur ein Teil der Alternativen wird bei der Auswahl berücksichtigt. So wird z. B. bei *satisficing* (Simon 1955) auf die Beurteilung aller Alternativen verzichtet. Ein anderer Weg zur Reduktion der Alternativen bezieht sich auf die Beurteilung der Eigenschaftsausprägungen. Der Aufwand kann durch die Eliminierung einzelner Alternativen während des Entscheidungsverfahrens reduziert werden. Durch einen paarweisen Vergleich anstelle eines Vergleichs über alle Alternativen kann der kognitive Aufwand zur Speicherung der Informationen reduziert werden (vgl. Shah & Oppenheimer 2008, S. 209ff).

Die fünf Vereinfachungsprinzipien nach Shah und Oppenheimer sind jeweils das Gegenteil zur Vorgehensweise bei der *weighted additive rule*⁸³.

Die Systematisierungen von Payne et al. (1993) und Shah und Oppenheimer (2008) unterscheiden sich im Wesentlichen in zwei Aspekten. (I) Die Beurteilung, ob bestimmte Vereinfachungsprinzipien angewendet werden, erfolgt bei Payne et al. (1993, S. 32) binär. Bei Shah und Oppenheimer werden die Vereinfachungsprinzipien hingegen als stetig angesehen, wodurch eine graduelle Beschreibung der Anwendung möglich ist (Shah & Oppenheimer 2008, S. 217). (II) Shah und Oppenheimer schließen mit „2. Reduktion des Aufwands des Abrufens und Speicherns von Cues“ die auf Vertrautheit bzw. der Leichtigkeit der Erinnerung beruhenden Heuristiken mit ein. Damit können auch auf internen (erinnerten) Informationen beruhende Heuristiken⁸⁴ beschrieben werden⁸⁵. Dies stellt eine deutliche Weiterentwicklung im Vergleich zur Systematisierung von Payne et al. (1993) dar.

In Tabelle 12 wird die von Shah und Oppenheimer geäußerte Kritik bzgl. der Redundanz deutlich. Es zeigt sich, dass später beschriebene Heuristiken auf den gleichen Prinzipien der klassischen Heuristiken, die von Payne et al. (1993) zur Systematisierung herangezogen werden, beruhen.

⁸³ Siehe Abschnitt 3.3.

⁸⁴ Z. B. *availability heuristic*, *representativeness heuristic*, *fluency heuristic* oder *recognition heuristic*.

⁸⁵ Siehe Abschnitt 3.4.

Tabelle 12: Grundlegende Prinzipien der Aufwandsreduktion von Heuristiken (Quelle: Shah & Oppenheimer 2008, S. 214f, durch den Autor ins Deutsche übersetzt)

Heuristik	Berücksichtigung weniger Cues	Reduktion des Aufwands des Abrufens und Speicherns von Cues	Vereinfachte Gewichtungsprinzipien für Cues	Einbeziehung von weniger Informationen	Berücksichtigung weniger Alternativen
<i>Anchoring and adjustment</i> (Tversky & Kahneman 1974)		einfache Zugänglichkeit			Ausschluss von Alternativen
<i>Audience response</i> (Axsom et al., 1987)		einfache Zugänglichkeit			
<i>Availability</i> (Tversky & Kahneman 1973; 1974)	x	einfache Zugänglichkeit		x	
<i>Brand name</i> (Maheswaran et al. 1992)		einfache Zugänglichkeit			
<i>Categorization by Elimination</i> (Berretty et al. 1999)	x			x	Schrittweise Reduktion von Alternativen
<i>Choice by most attractive aspect</i> (Svenson 1979)			x	x	weniger simultane Vergleiche
<i>CONF</i> (Karelaia 2006)	x			x	
<i>Consensus</i> (Giner-Sorolla & Chaiken 1997)		einfache Zugänglichkeit			
<i>Country of origin</i> (Chang 2004)		einfache Zugänglichkeit			
<i>Deterministic elimination by aspects</i> (Hogarth & Karelaia 2005a)	x			x	schrittweise Reduktion von Alternativen
<i>Discount percentage</i> (Darke et al. 1995)		einfache Zugänglichkeit			
<i>Distinctiveness</i> (Schacter et al. 2001)		einfache Zugänglichkeit			
<i>Domran</i> (Hogarth & Karelaia 2005)			x	x	
<i>Do-no-harm</i> (Baron & Jurney 1993)					Ausschluss von Alternativen
<i>Effort</i> (Kruger et al. 2004)		einfache Zugänglichkeit			
<i>Elimination by aspects</i> (Tversky 1972)	x			x	paarweiser Vergleich
<i>Elimination by least attractive aspect</i> (Svenson 1979)			x	x	weniger simultane Vergleiche
<i>Endorsement</i> (Forchand et al. 2004)		einfache Zugänglichkeit			
<i>Equal weighting</i> (Dawes 1979)			x		
<i>Equality</i> (Messick 1993; Roch et al. 2000)					Ausschluss von Alternativen
<i>Expertise</i> (Ratneshwar & Chaiken 1991)		einfache Zugänglichkeit			
<i>Fluency</i> (Whittlesea & Leboe 2003)		einfache Zugänglichkeit			
<i>Idiosyncratic fit</i> (Kivetz & Simonson 2003)	x	einfache Zugänglichkeit			
<i>Lexicographic</i> (Fishburn 1967)	x			x	schrittweise Reduktion von Alternativen

Tabelle 12 (Fortsetzung)

	Berücksichtigung weniger Cues	Reduktion des Aufwands des Abrufens und Speicherns von Cues	Vereinfachte Gewichtungsprinzipien für Cues	Einbeziehung von weniger Informationen	Berücksichtigung weniger Alternativen
Heuristik					
<i>Lexicographic semi-order</i> (Tversky 1969)	x			x	schrittweise Reduktion von Alternativen
<i>Likeability</i> (Chaiken 1980)		einfache Zugänglichkeit			
<i>Majority of confirming dimensions</i> (Russo & Doshier 1983)		einfache Vergleiche	x		
<i>Minimalist</i> (Gigerenzer & Goldstein 1996 1999)	x		x	x	schrittweise Reduktion von Alternativen
<i>Outrage</i> (Kahneman & Frederick 2002)	x	einfache Zugänglichkeit	x		
<i>Peak-end</i> (Kahneman et al. 1993)	x		x		
<i>Price</i> (Mitra 1995)		einfache Zugänglichkeit			
<i>Priority</i> (Brandstätter et al. 2006)	x			x	schrittweise Reduktion von Alternativen
<i>QuickEst</i> (Hertwig et al. 1999)	x			x	
<i>Recognition</i> (Gigerenzer & Goldstein 1996)	x	einfache Zugänglichkeit	x		
<i>Representativeness</i> (Tversky & Kahneman 1974)	x	einfache Zugänglichkeit		x	
<i>Satisficing</i> (Simon 1955; 1956; 1990)			x	x	
<i>Single variable</i> (Hogarth & Karelaia 2005b)	x			x	
<i>Scarcity</i> (Brannon & Brock 2001)		einfache Zugänglichkeit			
<i>Take the Best</i> (Gigerenzer & Goldstein 1996)	x			x	
<i>Take the Last</i> (Gigerenzer & Goldstein 1996)	x	einfache Zugänglichkeit	x	x	schrittweise Reduktion von Alternativen
<i>Warm glow</i> (Monin 2003)	x	einfache Zugänglichkeit		x	
<i>Weighted pros</i> (Huber 1979)		einfache Vergleiche			

Die einzelnen heuristischen Prinzipien bzw. die hieraus zusammengesetzten Heuristiken müssen nicht zwangsläufig einzeln angewendet werden. Insbesondere in Entscheidungssituationen mit vielen Alternativen und Attributen werden zunächst nicht-kompensatorische Heuristiken angewendet, wodurch die Anzahl der Alternativen auf eine handhabbare Größe reduziert werden kann. Anschließend erfolgt erst die eigentliche Selektionsphase, in der die Eigenschaften der verbliebenen Alternativen mit kognitiv aufwendigeren Prozessen verglichen werden (Hofacker 1985, S. 78; grundlegender bei Bettman 1979).

3.6 Elemente von Heuristiken

Die Vorstellung, dass Entscheidungen einen prozessualen Charakter haben, spiegelt sich in der Annahme wider, dass Heuristiken aus den drei Komponenten (I) Regel zur Informationssuche, (II) Regel für die Beendigung der Informationssuche und (III) Entscheidungsregel (Todd & Gigerenzer 2012, S. 8f; Gigerenzer 2001, S. 43f) bestehen. Diese drei Elemente beschreiben die Vorgehensweise bei der Anwendung von Heuristiken:

(I) **Regel zur Informationssuche:**

Hierin ist festgelegt, in welcher Richtung und Reihenfolge Informationen gesucht werden. Bei Wahlheuristiken ist das Kriterium die individuelle Gewichtung, die den Anteil des Merkmals bzw. der Merkmalsausprägung am Gesamtnutzen ausmacht. Bei Inferenzheuristiken ist das Kriterium die (subjektive Einschätzungen der) Validität der Informationen, also die Wahrscheinlichkeit, mit der die Information einen korrekten Rückschluss auf die Ausprägung der Zielvariablen erlaubt.

(II) **Regel für die Beendigung der Informationssuche**

Kriterium das festlegt, wann die Informationssuche beendet werden soll.

(III) **Entscheidungsregel**

Kriterien nach denen die Alternativen bewertet bzw. Eigenschaften gewichtet werden sollen.

Diese Regeln können unterschiedlich ausgeprägt sein und situationsabhängig kombiniert werden (Todd & Gigerenzer 2012, S. 8). Die Ausgestaltung der Regeln kann am Beispiel von *lexicographic* (Fishburn 1967) für (a) Wahlheuristiken und der hierzu analogen (b) Inferenzheuristik *take the best* (Gigerenzer & Goldstein 1996) beschrieben werden:

(I) **Regel zur Informationssuche**

(a) Beginne mit dem Merkmal, das die größte Bedeutung für den Gesamtnutzen hat. Überprüfe die Ausprägung dieses Merkmals für alle Alternativen.

(b) Beginne mit dem Merkmal, das die größte Bedeutung für die Ausprägung der Zielvariablen hat. Überprüfe die Ausprägung dieses Merkmals für alle Alternativen.

(II) **Regel zur Beendigung der Informationssuche**

Wenn eine Diskriminierung aufgrund des Vergleichs des wichtigsten Merkmals möglich ist, dann beende die Informationssuche. Ansonsten fahre mit der Informationssuche fort. Berücksichtige hierbei das zweitwichtigste Merkmal. Wenn eine Diskriminierung möglich ist, dann beende die Informationssuche, ansonsten fahre mit der Informationssuche fort. Berücksichtige hierbei das drittwichtigste Merkmal usw. Wenn alle Eigenschaften überprüft wurden oder die Entscheidungszeit abgelaufen ist, beende die Informationssuche.

(III) **Entscheidungsregel**

Wähle die Alternative, die den höchsten Wert für eine Eigenschaft aufweist. Wenn keine Diskriminierung anhand der Eigenschaften möglich ist, wähle zufällig oder verschiebe die Entscheidung. Wenn eine Diskriminierung in einer vorgegebenen Entscheidungszeit nicht möglich ist, wähle zufällig oder verschiebe die Entscheidung.

Die Regeln sind nach der Reihenfolge ihrer Anwendung nummeriert. Allerdings erfolgt die Aufstellung in umgekehrter Reihenfolge. Die Entscheidungsregel bestimmt, welche Eigenschaften entscheidungsrelevant sind und welche Anforderungen an die Ausprägungen gestellt werden. Ausgehend von dieser Regel können die Regel zur Informationssuche und die Regel zur Beendigung der Informationssuche aufgestellt werden. Damit diese zielgerichtet aufgestellt werden können, bedarf es einer Vorstellung darüber, welche Rückschlüsse auf die Ausprägung der Zielvariablen gezogen werden können. Es bedarf also der Vorstellung über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge. Diese Vorstellungen können als mentale Modelle⁸⁶ verstanden werden.

3.7 Reduktion des Entscheidungsaufwands

Bisher wurden Heuristiken als Methoden zur Vereinfachung von Entscheidungen beschrieben und die angewandten Prinzipien benannt. Im nachfolgenden Abschnitt wird gezeigt, wie eine Reduktion des Aufwands erreicht wird.

Der kognitive Aufwand von Entscheidungsverfahren kann durch die Anzahl der benötigten Teilprozesse zur Durchführung des Verfahrens und der Teilaufgaben beschrieben werden. Diese Teilprozesse werden als *elementary information processes* (EIPs) bezeichnet (Newell & Simon 1972). EIPs sind der Wortschatz, mit dessen Hilfe viele unterschiedliche Entscheidungsverfahren beschrieben werden können (Huber 1980, S. 189). Beispiele für EIPs sind das Aufnehmen einer Information in das Kurzzeitgedächtnis (READ), der Vergleich von Attributen (COMPARE) oder die Gewichtung von Attributen durch Multiplikation der Ausprägung mit dem einen Gewichtungsfaktor (PRODUCT) (vgl. Bettman et al. 1990; siehe Tabelle 13). Bettman et al. (1990) beschreiben EIPs und zeigen deren Anwendung exemplarisch für die sechs „klassischen“ heuristischen Entscheidungsverfahren.

Die Häufigkeit, mit der die einzelnen EIPs zur Anwendung kommen, hängt von der Größe des Problems (Anzahl der Alternativen und Anzahl der Attribute) ab. Je mehr Alternativen und Attribute ein Entscheidungsproblem enthält, desto mehr EIPs müssen grundsätzlich angewendet werden. Bettman et al. (1990) beschreiben das Vorgehen bei der Entscheidungsfindung unter Verwendung unterschiedlicher Heuristiken.

Die Anzahl der READs entspricht der Anzahl von aufgenommenen Informationen. Bei der *weighted additive rule* müssen die Merkmalsausprägungen mit den Gewichtungsfaktoren der

⁸⁶ Siehe Abschnitt 3.11.1.

Merkmale multipliziert (PRODUCT) werden, bevor die hieraus ermittelten Attributwerte zum Bewertungskriterium Gesamtnutzen aufsummiert (ADD) werden können. Bei der *equal weighting rule* hingegen ist die Summe der ungewichteten Merkmalsausprägungen das Beurteilungskriterium. Die Summe kann direkt durch die Summierung (ADD) der Merkmalsausprägungen ermittelt werden. Beide Regeln enden mit dem Vergleich (COMPARE) der Alternativen bezüglich der jeweiligen Beurteilungskriterien.

Tabelle 13: *Elementary information processes (EIPs)* in ausgewählten Entscheidungsverfahren⁸⁷ (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Bettman et al. 1990, S. 114; durch den Autor aus dem Englischen ins Deutsche übersetzt. In Klammern stehen die ursprünglichen Bezeichnungen)

<i>Elementary information process</i>	Beschreibung	<i>Weighted Additive Rule</i>	<i>Equal Weighting Rule</i>	<i>Elimination by Aspects</i>	<i>Lexicographic</i>	<i>Satisficing</i>	<i>Majority of Confirming Dimensions</i>
Lesen (READ)	Speichern einer Merkmalsausprägung im Kurzzeitgedächtnis	X	X	X	X	X	X
Vergleich (COMPARE)	Vergleich von zwei Alternativen bzgl. eines Attributes, eines Attributwertes oder des Gesamtwertes	X	X	X	X	X	X
Subtraktion (DIFFERENCE)	Berechnung der Differenz zwischen der Merkmalsausprägung von zwei Alternativen						X
Addition (ADD)	Addieren von gewichteten Attributwerten und Speichern im Kurzzeitgedächtnis	X	X				X
Multiplikation (PRODUCT)	Gewichtung von Attributen	X					
Eliminierung (ELIMINATE)	Ausschluss einer Alternative oder eines Attributes von einer weiteren Betrachtung			X	X	X	
Auswahl (CHOOSE)	Auswahl einer Alternative (und Beendigung des Entscheidungsprozesses)	X	X	X	X	X	X

Die *equal weighting rule* ist im Vergleich zur *weighted additive rule* weniger aufwendig. Zum einen müssen keine Gewichtungsfaktoren aufgestellt und erinnert bzw. gelesen werden und zum anderen sind keine Multiplikationen nötig.

Bei der Anwendung von *majority of confirming dimensions* müssen, wie bei beiden zuvor genannten Verfahren, alle Informationen der Merkmalsausprägungen gelesen werden. Es werden keine Gewichtungsfaktoren benötigt. Die Ermittlung des Nutzens erfolgt durch paarweise Vergleiche von Alternativen (COMPARE) über alle Attribute und der sich hieraus er-

⁸⁷ In der Darstellung von Bettman et al. (1990, S. 114) war zusätzlich „MOVE“ als weiterer EIP aufgeführt. Da dieser im Nachfolgenden keine Rolle spielt, wurde der Prozess nicht aufgeführt.

gebenden Punktzahl hinweg. Die Punktzahl wird durch Subtraktion (DIFFERENCE) und Addition (ADD) von Punkten für unterlegene bzw. überlegene Merkmalsausprägungen ermittelt. Bei *lexicographic*, *elimination by aspects* und *satisficing* kann die Anzahl der EIPs bei gleicher Anzahl von Alternativen und Attributen in Abhängigkeit des Entscheidungsproblems unterschiedlich sein. Bei diesen Heuristiken basiert die Auswahl lediglich auf Vergleichen (COMPARE) und dem Ausschluss (ELIMINATE) von ungeeigneten bzw. der Auswahl (CHOOSE) von ausreichend geeigneten Alternativen. Bei diesen drei Entscheidungsverfahren sind die Menge und die Zusammensetzung der EIPs von der Unterschiedlichkeit der Merkmale (bei *lexicographic*), der Gewichtung der Attribute (bei *lexicographic* und *elimination by aspects*) und der Höhe der Mindestanforderungen (*elimination by aspects* und *satisficing*) abhängig (Bettman et al. 1990).

Bei *lexicographic* stellt die beste Merkmalsausprägung gleichzeitig die Mindestanforderung an die Merkmalsausprägung dar. Diese ergibt sich im Zuge der Informationssuche automatisch. Bei den Mindestanforderungen für *elimination by aspects* und *satisficing* verhält es sich ähnlich wie bei der Festlegung der Attributgewichtung. Wenn vorab keine Mindestanforderungen feststehen, muss die Mindestanforderung zunächst subjektiv (in einem vorgelagerten kognitiven Prozess) festgelegt werden.

Die Unterschiede im Bedarf an EIPs zwischen den Heuristiken werden am Beispiel der Entscheidungsfindung für das in Tabelle 14 beschriebene Entscheidungsproblem exemplarisch für die *weighted additive rule* und *elimination by aspects* gezeigt⁸⁸. Bei der *weighted additive rule* wird der Gesamtnutzen der einzelnen Alternativen unter Berücksichtigung der individuellen Gewichtung einzelner Merkmale ermittelt und anschließend verglichen. Hierzu werden die Ausprägungen der Merkmale 1 bis 4 der Alternativen A bis C mit den jeweiligen Gewichtungsfaktoren multipliziert. Beim Entscheidungsproblem in Tabelle 14 wird zunächst der Gesamtnutzen der Alternative A ermittelt. Die Gewichtung der Attribute muss in einem voranstehenden Prozess festgelegt und anschließend für die Gewichtung erinnert werden. Wenn die Gewichtung festgelegt ist, verläuft der Prozess nach dem folgenden Schema: Erinnerung 1 (1⁸⁹), lese (9), multipliziere (1) und (9), dann speichere den Wert. Erinnerung (2), lese (10), multipliziere (2) und (10) und addiere den Wert zum gespeicherten Wert des ersten

⁸⁸ Die Beschreibung ist eng an jene von Payne et al. (1993) angelehnt, unterscheidet sich jedoch in zwei Aspekten. Erstens werden bei Payne et al. zwei unterschiedliche Entscheidungsprobleme (4 Alternativen x 3 Attribute und 3 Alternativen x 4 Attribute) zur Beschreibung der Entscheidungsverfahren verwendet. Der Grund hierfür ist jedoch nicht ersichtlich. Im nachfolgenden Beispiel erfolgt die Beschreibung anhand eines Entscheidungsproblems. Dieses entspricht dem 3-Alternativen-x-4-Attribute-Entscheidungsproblem von Payne et al (1993, S. 119). Der zweite Unterschied ist, dass Payne et al. die Gewichtungsfaktoren und Mindestanforderungen als externe Informationen ansehen. Allerdings liegt es bei präferenziellen Entscheidungen in der Natur der Sache, dass die Gewichtungsfaktoren der einzelnen Merkmale keine externe Information darstellen, sondern die Ergebnisse einer subjektiven (vorgelagerten kognitiven) Abwägung sind. Daher wird hier angenommen, dass diese vorab gebildet und anschließend jeweils erinnert werden müssen.

⁸⁹ Die Zahlen in Klammern sind die Nummerierung der Zellen von Tabelle 14 und dienen zur Orientierung in der Tabelle.

Attributs. Dieser Vorgang wird anschließend für die Merkmale 3 und 4 durchgeführt. Mit Abschluss der Prozedur für Merkmal 4 ergibt sich gleichzeitig der Gesamtwert von Alternative A. Dieser beträgt 112 Punkte. Insgesamt mussten vier Informationen (Gewichtungen) erinnert, vier Informationen gelesen (Merkmalsausprägungen), vier Multiplikationen durchgeführt und drei Werte addiert werden⁹⁰.

Tabelle 14: Beispiel für ein Entscheidungsproblem mit 3 Alternativen und 4 Merkmalen. Die Werte in Klammern sind Nummerierungen, die die Beschreibung des sequenziellen Vorgehens bei der Entscheidungsfindung erleichtern (Quelle: eigene, erweiterte Darstellung nach Bettman et al. 1990, S. 119).

	Merkmale				Entscheidung	
	1	2	3	4	weighted additive rule (Gesamtwert)	elimination by aspects
Gewichtung	4 (1)	5 (2)	3 (3)	6 (4)		
Mindestanforderung	7 (5)	4 (6)	6 (7)	6 (8)		
Alternativen						
A	6 (9)	5 (10)	7 (11)	7 (12)	X ($\Sigma 112$)	
B	7 (13)	4 (14)	3 (15)	6 (16)	($\Sigma 93$)	X
C	4 (17)	3 (18)	4 (19)	4 (20)	($\Sigma 67$)	

Der gleiche Prozess muss anschließend für die Alternativen B und C durchgeführt werden. Zum Abschluss kann der Gesamtwert von Alternative A (112 Punkte) mit dem von Alternative B (93 Punkte) und der Wert der überlegenen Alternative mit dem Wert von C (67 Punkte) verglichen werden. Zum Abschluss erfolgt die Auswahl von A, da diese Alternative den höchsten Wert aufweist. Somit werden insgesamt zwölf Werte (3 x 4 Gewichtungsfaktoren) erinnert, zwölf Informationen (Merkmalsausprägungen) gelesen, zwölf Multiplikationen und neun Additionen sowie zwei Vergleiche und eine Auswahl durchgeführt.

Bei *elimination by aspects* müssen die Gewichtungsfaktoren ebenfalls vorab aufgestellt werden. Zudem müssen die Mindestanforderungen in einem vorgelagerten, internen kognitiven Prozess festgelegt werden. Zur Festlegung der Reihenfolge der Attribute, anhand derer die Alternativen ausgeschlossen werden, müssen zunächst die vier Gewichtungsfaktoren (1), (2), (3) und (4) erinnert und drei Vergleiche angestellt werden. Da Attribut 4 die höchste Gewichtung hat, ist dieses Merkmal das erste Ausschlusskriterium. Zu diesem Attribut muss für jede Alternative die Merkmalsausprägung (12), (16) und (20) gelesen und mit der jeweils zu erinnernden Mindestanforderung (8) verglichen werden. In diesem zweiten Schritt müssen drei Informationen gelesen, dreimal die Mindestanforderung erinnert und auf dieser Grundlage drei Vergleiche gezogen werden. Anschließend wird Alternative C aufgrund der Unterschreitung der Mindestanforderung ausgeschlossen. Zudem wird Attribut 4 eliminiert, also von einer weiteren Berücksichtigung ausgeschlossen. Im nächsten Schritt wird das zweitwichtigste Attribut betrachtet. Hierzu müssen die Gewichtungen der verbliebenen drei Attribute (1), (2) und (3) erinnert und durch zwei Vergleiche das bedeutendste Attribut (in diesem

⁹⁰ Die dritte Addition ist gleichbedeutend mit der Speicherung im Kurzzeitgedächtnis.

Beispiel Attribut 2) ermittelt werden. Anschließend muss die Mindestanforderung (6) für Attribut 2 zweimal erinnert und jeweils mit der Merkmalsausprägung der Alternativen A (10) und B (14) verglichen werden. Da beide Alternativen die Mindestanforderung erfüllen, wird in diesem Schritt keine Alternative ausgeschlossen, jedoch wird Attribut 2 eliminiert. Anschließend werden die Gewichtungsfaktoren der Attribute 1 (1) und 3 (3) erinnert und verglichen. Darauffolgend wird die Mindestanforderung des wichtigeren Attributs (Attribut 1) zweimal erinnert und wiederum mit den Ausprägungen der verbliebenen Alternativen A und B verglichen. Da Alternative A die Mindestanforderung unterschreitet, wird diese eliminiert und Alternative B ausgewählt. Insgesamt werden in diesem Beispiel bei Anwendung von *elimination by aspects* 16-mal Werte erinnert (9 Gewichtungen, 7 Mindestanforderungen), sieben externe Informationen gelesen (Merkmalsausprägungen), zwölf Vergleiche angestellt sowie vier Eliminierungen durchgeführt und eine Auswahl getroffen.

Es kann festgestellt werden, dass die *weighted additive rule* mit insgesamt 36 EIPs im Vergleich zu *elimination by aspects* mit 33 EIPs mehr Teilprozesse zur Entscheidungsfindung benötigt. Die bloße Anzahl an EIPs lässt jedoch nicht die Beurteilung des kognitiven Aufwands zur Entscheidungsfindung zu. Der Grund hierfür sind Unterschiede in den kognitiven Anstrengungen bei der Durchführung unterschiedlicher EIPs. Diese können zum einen in Form der benötigten Zeit und zum anderen durch die individuelle Bewertung der Anstrengung gemessen werden.

Während Multiplikationen und Eliminierungen relativ zu anderen EIPs als zeitaufwendig und anstrengend eingeschätzt werden, benötigen Additionen und Subtraktionen weniger Zeit und werden subjektiv als weniger anstrengend empfunden. Mit Abstand am wenigsten aufwendig in beiden Dimensionen ist der Vergleich (Bettman et al. 1990, S. 130ff). Insgesamt zeigt sich, dass die Anwendung der *weighted additive rule* im Vergleich zur *equal weighting rule* und anderen heuristischen Entscheidungsverfahren deutlich mehr Zeit benötigt und mehr kognitive Anstrengung erzeugt (Bettman et al. 1990, S. 128 zum Zeitbedarf und S.129 zur kognitiven Anstrengung).

Der Zusammenhang zwischen der Reduktion der Informationsmenge und dem kognitiven Aufwand im Zuge der Anwendung von Heuristiken erscheint plausibel und nachvollziehbar. Hierbei kann eine eindeutige Richtung identifiziert werden: Je stärker die Vereinfachung, desto geringer ist der Aufwand der Entscheidungsfindung. Bezüglich des ersten von Simon benannten Ziels von Heuristiken, dem geringen Entscheidungsaufwand, besteht also keine Unstimmigkeit. Anders verhält es sich jedoch bei der zweiten Zieldimension, der Entscheidungsqualität. Diesbezüglich liegt keine einheitliche Einschätzung vor.

3.8 Entscheidungsqualität von Heuristiken

Es gibt vier grundsätzlich unterschiedliche Auffassungen, wie sich Heuristiken auf die Entscheidungsgenauigkeit auswirken. In diesem Zusammenhang sind (I) das *heuristics and bia-*

ses *program* (z. B. Tversky und Kahneman 1974), (II) das *accuracy-effort-trade-off framework* (Payne et al. 1993) und das *effort-reduction framework* (Shah und Oppenheimer 2008), (III) *satisficing* (Simon 1955) sowie (IV) das *fast and frugal program* (Gigerenzer & Goldstein 1996) und der darauf aufbauende Ansatz *the adaptive toolbox* (Gigerenzer & Selten 2001) zu nennen.

(I) *Heuristics and biases program*

Auf der einen Seite wird bzw. wurde die Anwendung von Heuristiken mit Irrationalität und fehlerbehaftetem Verhalten gleichgesetzt. Dieses Begriffsverständnis wurde maßgeblich durch das *heuristics and biases program* von Kahneman und Tversky aus den 1970er Jahren geprägt. In experimentellen Untersuchungen wurde festgestellt, dass Personen bei Inferenzaufgaben gegen die Regeln der Theorie der rationalen Entscheidung verstoßen und Heuristiken anwenden. Prominente Beispiele sind *availability heuristic* (Tversky & Kahneman 1973), *representativeness heuristic* (Tversky & Kahneman 1974), *base-rate fallacy* (Kahneman & Tversky 1973), *hindsight bias* (Fischhoff 1975), *overconfidence* (Lichtenstein et al. 1977; Fischhoff et al. 1977), *conversion bias* (Eddy 1982) und *conjunction fallacy* (Tversky & Kahneman 1983).

Ein Beispiel für die Anwendung von *representativeness* ist bei Tversky und Kahneman (1973) beschrieben. Probanden mussten dort einschätzen, ob eine Person Rechtsanwalt oder Ingenieur ist. Hierzu wurden unterschiedliche Informationen präsentiert. Zum einen erhielten die Probanden Informationen bezüglich der Basisrate, die sich aus Häufigkeitsverteilung von Rechtsanwälten und Ingenieuren in der Grundgesamtheit ergibt. Zum anderen wurden Charakterisierungen der zu beurteilenden Personen⁹¹ präsentiert, die vermeintlich einen Rückschluss auf den Beruf zulassen. Es wird angenommen, dass die Probanden im Beispiel „Anwalt oder Ingenieur“ die beschriebenen Eigenschaften der Person mit Stereotypen der Kategorien „Anwalt“ und „Ingenieur“ abgleichen. Je größer die subjektiv wahrgenommene Übereinstimmung zwischen Charakterisierung und Stereotyp ist, desto größer wird die Wahrscheinlichkeit eingeschätzt, dass der Hinweis⁹² eine valide Information zur Abschätzung der Profession darstellt. Wenn die Charakterisierung exakt ist und die subjektiven Schlussfolgerungen treffend sind, kann die Entscheidungsgenauigkeit unter Verwendung des Satzes von Bayes erhöht werden (Tversky & Kahneman, S. 239). Unter Berücksichtigung der Basisrate und der subjektiven Wahrscheinlichkeit über die Profession der Person, die aus der Charakterisierung gebildet wird, wird eine bedingte Wahrscheinlichkeit berechnet. So kann die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Einschätzung erhöht werden. Jedoch stellen Tversky und Kahneman fest, dass die Probanden die Basisraten vernachlässigen und die Urteile stattdessen überwiegend auf den Informationen aus der Charakterisierung begründet wer-

⁹¹ = Persönlichkeitsskizze.

⁹² In diesem Beispiel die Charakterisierung der Personen.

den. Die Entscheidung unter ausschließlicher Berücksichtigung der Charakterisierung wird als Repräsentativitätsheuristik bezeichnet. Hierdurch werden im Vergleich zur Anwendung der komplexeren Bayes-Regel fehlerhafte Inferenzen gebildet. Tversky und Kahneman beurteilen die Unterschätzung der Relevanz von A-priori-Wahrscheinlichkeiten als womöglich eine der deutlichsten Abweichungen von der normativen Theorie der rationalen Entscheidung (vgl. Tversky & Kahneman, S. 243).

(II) Accuracy-effort-trade-off framework

Payne et al. (1993) sowie nachfolgend Shah und Oppenheimer (2008) stellen im Forschungsprogramm *accuracy-effort framework* bzw. *im effort-reduction framework* einen Zusammenhang zwischen dem Entscheidungsaufwand und der Entscheidungsgenauigkeit her. Je mehr Informationen berücksichtigt werden, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, eine „gute“ Entscheidung zu treffen und umgekehrt: „*Unfortunately, strategies yielding more accurate choices are often more effortful.*“ (Payne et al. 1993, S. 75). Der Grad der Anpassung des Entscheidungsaufwands und die Auswahl geeigneter Entscheidungsregeln sind ausschlaggebend für das Verhältnis zwischen dem Kognitionsaufwand und dem Ergebnis (Payne et al. 1993, S. 169). Im *accuracy-effort framework* wird die Validität von Informationen nicht thematisiert. Dies hängt eng damit zusammen, dass sich dieser Forschungsansatz hauptsächlich auf Wahlsituationen bezieht. Dies wird anhand des Beispiels von Bettman et al. (1990, S. 119) in Tabelle 14 deutlich.⁹³ Die dort beschriebene Entscheidungssituation ist wohlstrukturiert. Es gibt z. B. drei Alternativen mit vier Attributen. Zudem sind die Gewichtungsfaktoren bekannt. Es gibt also keine Ungewissheit und es handelt sich ausschließlich um valide bzw. relevante Informationen. Ungewissheit über die Anzahl von Alternativen (wie bei Simons Beispiel für *satisficing*⁹⁴) oder mangelndes Wissen über das Zustandekommen der Ausprägung von Zielvariablen (wie bei Inferenzproblemen) spielen dort keine Rolle. Durch die starke Vereinfachung der Entscheidungssituation und die damit verbundene Annahme, der gesamte Entscheidungsraum sei bekannt, führt eine Reduktion des Aufwands zwangsläufig zu einer Abnahme der Entscheidungsgenauigkeit.

(III) Satisficing

Bei *satisficing* (Simon 1955) und anderen Heuristiken wie z. B. *elimination by aspects* (Tversky 1972) wird angenommen, dass nicht die Optimierung des Entscheidungsaufwands in Abhängigkeit des Entscheidungsergebnisses, sondern die Erreichung von Mindestanforderungen angestrebt wird. Auch hier besteht die Vermutung, dass durch die Vereinfachung

⁹³ Das Beispiel wurde im Kontext der Beschreibung der Reduktion des Entscheidungsaufwands gewählt, da es aufgrund der Einfachheit eine verständliche Beschreibung ermöglicht. Payne et al. (1993) bzw. Bettman et al. (1990) verwenden dieses Beispiel jedoch nicht nur zur Beschreibung der Entscheidungsvereinfachung. Sie nutzen dieses Beispiel (und weitere ähnliche) auch zur theoretischen Beschreibung der abnehmenden Entscheidungsqualität.

⁹⁴ Siehe Abschnitt 3.3.1.

des Entscheidungsverfahrens ein Verlust an Entscheidungsqualität auftritt. Der Grund für die Annahme, dass Mindestanforderungen als Bewertungskriterium herangezogen werden, besteht darin, dass Ungewissheit über die Verteilung von Merkmalsausprägungen vorliegt.

Durch die Festlegung der Mindestanforderung und der hieraus folgenden Einschränkung der Informationssuche ergibt sich, dass (bewusst oder unbewusst) auf die Identifikation der Alternative mit der optimalen Merkmalsausprägung verzichtet wird. Die Höhe des entgangenen Nutzens bzw. des Verlusts an Genauigkeit einer Inferenz durch die Einschränkung der Anzahl berücksichtigter Alternativen hängt von der Höhe der Mindestanforderung ab. Je niedriger die Mindestanforderung, desto größer die potenzielle Differenz zwischen der Merkmalsausprägung der gewählten Alternative und der Merkmalsausprägung der besten Alternative. Da angenommen wird, dass mit der Entscheidung für eine Alternative die Beendigung der Informationssuche einhergeht, ist jedoch ungewiss, wie groß diese Differenz genau ist.

Wenn die Reduktion der Informationsmenge, wie z. B. bei *satisficing* (Simon 1955), zulasten der Anzahl der berücksichtigten Alternativen erfolgt, steigt die Gefahr, dass vorzügliche Alternativen nicht beachtet werden. Hierdurch sinkt die Genauigkeit der Entscheidungsfindung (Payne et al. 1993, S. 91f). Die Höhe des Genauigkeitsverlustes hängt davon ab, wie stark sich die Alternativen unterscheiden. Wenn eine besonders große Streuung vorliegt, dann steigt die Gefahr, dass die Reduktion der Anzahl der berücksichtigten Alternativen zu einer schlechteren Wahl führt. Die Reduktion der Anzahl von Alternativen führt unabhängig davon, ob es sich um Wahl- oder Inferenzsituationen handelt, zu einem Genauigkeitsverlust.

Wenn die Informationsmenge, wie z. B. bei *elimination by aspects* (Tversky 1972) zulasten der Anzahl betrachteter Attribute erfolgt, dann besteht der Zusammenhang nicht zwangsläufig. Denn ob die Nicht-Berücksichtigung von Attributen zu einer Verschlechterung von Ergebnissen führt, hängt davon ab, ob ein Attribut zur Prognose der Konsequenzen der Entscheidung (Nutzen, Auszahlung) geeignet ist. Wenn Attribute bzw. Informationen Rückschlüsse auf die Ausprägung der Zielvariablen zulassen, dann sind diese valide. Eine Reduktion der Informationsmenge zulasten dieser Attribute führt zu einer geringeren Wahrscheinlichkeit eines „guten“ Entscheidungsergebnisses. Grundsätzlich wird bei satisfizierenden Verfahren angenommen, dass die Entscheidungsgüte im Vergleich zu aufwendigeren Verfahren geringer ist.

(IV) *Fast and frugal program und the adaptive toolbox*

Demgegenüber vertreten z. B. Gigerenzer und Goldstein (1996), Gigerenzer und Todd (1999) sowie Gigerenzer und Selten (2001) im hierauf aufbauenden Ansatz einen anderen Standpunkt: Einfache Entscheidungsverfahren und die Reduktion der Informationsmenge können im Vergleich zu komplexen Entscheidungsverfahren bessere Ergebnisse hervorbringen. Daher stellen Gigerenzer und Gaissmaier bei ihrer Definition des Heuristikbegriffs nicht den „klassischen“ Zusammenhang zwischen Entscheidungsaufwand und Entscheidungsqua-

lität her: „A heuristic is a strategy that ignores part of the information, with the goal of making decisions more quickly, frugally, and/or accurately than more complex methods.“ (Gigerenzer & Gaissmaier 2011, S. 454). Eine Ursache für bessere Ergebnisse ist die Reduktion der Informationsmenge zulasten von invaliden und redundanten Informationen (Czerlinsky et al. 1999; Dieckmann & Rieskamp 2007; Rieskamp & Dieckmann 2012)⁹⁵.

Die Effekte auf die Entscheidungsqualität in den vier skizzierten Forschungsansätzen wurden jeweils experimentell bzw. in Simulationen nachgewiesen. In allen vier Ansätzen wurden Entscheidungsverfahren untersucht, die auf den gleichen oder ähnlichen heuristischen Prinzipien beruhen. Trotzdem werden in den einzelnen Ansätzen völlig unterschiedliche Konsequenzen für die Entscheidungsqualität festgestellt. Hierdurch ergibt sich zunächst ein unklares Bild über den Effekt auf die Entscheidungsqualität. Mit der Frage nach der Nützlichkeit von Heuristiken und unter welchen Bedingungen heuristische Prinzipien erfolgreiche Entscheidungsstrategien sein können, befasst sich die Forschung zur ökologischen Rationalität⁹⁶. Bevor hierauf näher eingegangen wird, erfolgt zunächst eine Darstellung der Forschung zur Auswahl von Entscheidungsverfahren.

3.9 Auswahl von Heuristiken

Die Auswahl des Entscheidungsverfahrens kann als Metaebene der Entscheidungsfindung verstanden werden. Die Vielzahl heuristischer Prinzipien und der sich daraus ergebenden Kombinationsmöglichkeiten bietet eine schier unendliche Anzahl an Möglichkeiten zur Entscheidungsfindung. In der Literatur finden sich zwei grundsätzlich unterscheidbare Ansätze zur Erklärung der Auswahl von Entscheidungsverfahren: Auf der einen Seite die *dual-processing theory* (z. B. Kahneman 2003) und auf der anderen Seite *adaptive strategy selecting* (Payne et al. 1988) bzw. *adaptive strategy selection* (z. B. Payne et al. 1993) und *the adaptive toolbox* (Gigerenzer & Todd 1999b; Gigerenzer & Selten 2001b).

Pfister et al. (2017, S. 345f) beschreiben beide Ansätze grundlegend. In der *dual-processing theory* wird angenommen, dass Menschen über zwei kognitive Verarbeitungssysteme verfügen: Ein automatisch-unbewusstes System, das kontinuierlich aktiv ist und dessen Prozesse Eindrücke, Interpretationen und Urteile auf der Basis von Intuitionen und Heuristiken erzeugt, sowie ein kontrolliert-bewusstes System bzw. analytisches System, das zur Bewältigung kognitiv anspruchsvoller Aufgaben aktiviert wird und analytisch rationalen Prozessen beruht. In Abhängigkeit der Entscheidungssituation wird eines der beiden Systeme aktiviert.

In den Theorien zur *adaptive strategy selection* und *the adaptive toolbox* werden modulare kognitive Strukturen unterstellt. In beiden Ansätzen wird davon ausgegangen, dass Menschen über ein Set an Verfahren zur Problemlösung verfügen und diese in Abhängigkeit des

⁹⁵ Hierzu mehr in Kapitel 3.11.2.

⁹⁶ Diese wird in Kapitel 3.11 thematisiert.

Entscheidungskontextes anwenden (z. B. Bettman et al. 1990; Payne et al. 1993; Gigerenzer 2001; Todd & Gigerenzer 2012). Bei der Theorie zur *adaptive strategy selection*, die im Kontext von Wahlheuristiken im Rahmen des *accuracy-effort framework* entwickelt wurde, wird primär die Abwägung zwischen Entscheidungsaufwand und Entscheidungsqualität unterstellt. In der Theorie zur *adaptive toolbox* stehen Inferenzheuristiken im Vordergrund. Es wird angenommen, dass Entscheidungsverfahren in Abhängigkeit der verfügbaren Informationen und der individuellen Fähigkeit zur Ableitung von Schlussfolgerungen gewählt werden.

3.9.1 Dual-processing theory

In der *dual-processing theory* wird angenommen, dass Menschen bei der Entscheidungsfindung auf zwei unterschiedliche Arten von kognitiven Systemen zurückgreifen können: System I, welches intuitiv, automatisch, mühelos und schnell arbeitet und System II, das bewusst angewendet wird, jedoch höhere Anstrengungen infolge umfassender Abwägungsprozesse erfordert (z. B. Stanovich & West 2000; Kahneman & Frederick 2002; Evans 2008; Kahneman 2003 sowie grundlegender Kahneman 2011). Stark vereinfacht können die Methoden von System I als Verfahren zur Lösung alltäglicher, wiederkehrender und wenig relevanter Entscheidungsprobleme beschrieben werden. Die Anwendung von System I führt zur Verwendung von heuristischen Prinzipien. System II hingegen bietet Methoden für Probleme mit entgegengesetzten Eigenschaften (Evans 2008; Kahneman 2011). Es wird angenommen, dass ein effizienter Umgang mit kognitiven Ressourcen angestrebt wird. Das menschliche Entscheidungsverhalten ist nach Ansicht von Kahneman (2011) durch „Faulheit“ geprägt. Daher wird grundsätzlich die Anwendung von System I bevorzugt.

System I wird intuitiv angewendet, wenn ein Stimulus zu einer Assoziation von kohärenten Erinnerungen führt und/oder (vermeintliche) Kausalitäten zwischen einem Stimulus und einer Zielvariablen hergestellt werden können. Es wird immer dann angewendet, wenn nicht die Notwendigkeit zur Anwendung von System II erkannt wird. Die im *heuristics and biases program* (z. B. Tversky & Kahneman 1974) festgestellten Abweichungen von optimalen Entscheidungsverfahren werden auf die fälschliche Anwendung von System I zurückgeführt (z. B. Kahneman & Frederick 2002).

Wenn Personen mit vertrauten Begriffen oder Situationen konfrontiert werden, lösen diese die Aktivierung von hiermit verknüpften Erinnerungen aus (Anderson 1983). Diese Assoziationen führen häufig zur Erinnerung kohärenter Informationen. Kohärente Informationen wirken aufgrund ihrer Widerspruchsfreiheit überzeugend und als subjektiv valide. System I nutzt Assoziationen sowie (vermeintliche) Kausalitäten und führt zu schnellen Interpretationen bzw. Entscheidungen. Abstrakte Informationen, wie z. B. Zahlen oder Prozentangaben, können von System I nicht interpretiert werden, da hierdurch keine Assoziationen hervorgerufen bzw. keine schnellen Rückschlüsse auf Kausalzusammenhänge gezogen werden können (Kahneman 2011).

Dieser Zusammenhang kann am Beispiel des Anwalt-Ingenieur-Problems von Tversky und Kahneman 1974 (vgl. Abschnitt 3.8) verdeutlicht werden: Die Beschreibungen in der Persönlichkeitsskizze rufen bei den Probanden Assoziationen hervor. Diese werden von System I zu einer Einschätzung über den Beruf verwendet. Den Entscheidungsträgern erscheinen die Schlussfolgerungen als ausreichend glaubwürdig. Daher sehen sie keine Notwendigkeit, die abstrakten Angaben zur Basisrate in ihr Urteil miteinzubeziehen. Sie übersehen den geeigneteren Lösungsweg der Bayes-Regel.

Die *dual-processing theory* ist ein zentraler theoretischer Erklärungsansatz für die Auswahl von Entscheidungsverfahren. Die Anwendung von System I wird zur Erklärung vielfältiger Abweichungen von Logik oder Wahrscheinlichkeitsrechnungen herangezogen (siehe *heuristics and biases* in Abschnitt 3.8). Allerdings gab es in den vergangenen Jahrzehnten eine umfangreiche Debatte darüber, ob die systematischen Abweichungen tatsächlich auf die fehlerhafte Anwendung von System I zurückgeführt werden können⁹⁷. Ein Beispiel für die Ablehnung der Schlussfolgerungen zum Basisratenfehler bei Tversky und Kahneman (1973) findet sich bei Gigerenzer (1991). Hier wird gezeigt, dass die Missachtung der Basisrate nicht zwangsläufig ein systematischer Fehler ist, sondern ein Artefakt infolge einer missverständlichen und ungewohnten Aufgabenstellung sein kann. Für das Beispiel der Schlussfolgerungsaufgabe, ob es sich bei einer Person um einen Ingenieur oder einen Anwalt⁹⁸ handelt, beschreibt Gigerenzer:

“One important structural assumption is random sampling. If the descriptions [...] were not randomly sampled, but selected, the base rates [...] were indeed irrelevant. In fact, the descriptions were made up and not randomly sampled from a population with the base rates specified-although the subjects were told the contrary. Whether the single word 'random' in the instruction is enough to commit subjects to this crucial structural assumption is a problem in itself - particularly since we cannot assume that people are familiar with situations in which profession guessing is about randomly drawn people.” (Gigerenzer 1991, S. 97).

Heraus folgt eine andere Beurteilung der Missachtung der Basisrate: Die Probanden interpretieren die Basisrate als irrelevante Information zur Lösung des Inferenzproblems. Unter der Annahme, dass die Basisrate eine invalide Information darstellt, ist es rational, diese nicht in die Beurteilung einzubeziehen. Durch die Modifikation der Aufgabenbeschreibung und der Darstellungsform der Basisrate kann erreicht werden, dass die Bayes-Regel angewendet wird (Gigerenzer 1991).

⁹⁷ Eine grundlegende Übersicht über bedeutende Beiträge im Zusammenhang mit diesem Diskurs findet sich bei Pfister et al. (2017, S. 160ff).

⁹⁸ Siehe Abschnitt 3.4.1 bzw. Tversky und Kahneman 1974, S. 1124.

3.9.2 Adaptive strategy selection

Im *accuracy effort framework*, welches im Kontext des Forschungsprogramms *the adaptive decision maker* entwickelt wurde, wird der Begriff *adaptive strategy selection* geprägt (Payne et al. 1988; Payne et al. 1993; Bettman et al. 1998). Das Modell des adaptiv kontingenten Entscheiders (Payne et al. 1993) befasst sich mit der Erklärung der Auswahl von Heuristiken durch die Struktur von Entscheidungssituationen. Es beschreibt die Anwendung heuristischer Vereinfachungsprinzipien in Abhängigkeit von der Anzahl präsentierter Informationen unter Zeitdruck: „... *our results suggest that people can adaptively select from a repertoire of processing strategies. That is, people use heuristics that are often appropriate given task and context factors.*” (Payne et al. 1988, S. 551).

In einer zentralen Studie im Zusammenhang mit der *adaptive strategy selection* mussten Job-Kandidaten auf der Grundlage von Angaben über deren Fähigkeiten in den Bereichen Führungspotenzial, Kreativität, Berufserfahrung und Motivation ausgewählt werden. Hierbei wurden Alternativen mit numerischen Angaben über die Merkmalsausprägungen sowie Gewichtungsfaktoren und Mindestanforderungen präsentiert. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Entscheidungsregeln in Abhängigkeit der Anzahl der Alternativen und Attribute sowie der Entscheidungszeit gewählt werden (vgl. Bettman et al. 1990; Payne et al. 1993).

An dieser Stelle müssen jedoch einige kritische Anmerkungen zur Übertragbarkeit der Befunde auf reale Entscheidungssituationen gemacht werden. Diese werden am Beispiel der oben genannten Studie zur Bewerberauswahl hergeleitet. (I) In der genannten Studie wurden die Alternativen konstruiert und die Attribute waren vorgegeben. Es handelt sich um künstliche Entscheidungssituationen. In realen Entscheidungssituationen liegen die Ausprägungen von Merkmalen wie z. B. Kreativität oder Motivation nicht als numerische Angaben vor. Bei diesen Merkmalen handelt sich um latente Variablen. Diese können zwar theoretisch aus anderen Variablen abgeleitet und in numerische Werte übersetzt werden, allerdings bedarf es hierzu eines vorgelagerten Prozesses, in dem aus Informationen über die Bewerber auf diese Eigenschaften geschlossen wird. (II) In der Realität sind Gewichtungsfaktoren und Mindestanforderungen nicht extern vorgegeben, sondern individuell unterschiedlich. (III) Es ist unklar, ob die Bewerber in der Realität tatsächlich aufgrund dieser Attribute ausgewählt werden. Das Problem der Bewerberwahl ist durch die vorgegebenen Informationen stark vereinfacht. Alle präsentierten Informationen sind relevant und die Bedeutung kann eindeutig aus den Gewichtungsfaktoren abgelesen werden. Eine Reduktion der Informationsmenge führt unweigerlich zu einer Verschlechterung des Entscheidungsergebnisses. (IV) Da es sich um künstliche Entscheidungssituationen handelt, können keine (im Gedächtnis gespeicher-

ten) Informationen aus der realen Umwelt⁹⁹ verwendet werden. Das Set an möglichen Lösungswegen ist hierdurch vorgegeben. Für die künstliche, wohlstrukturierte Entscheidungssituation der Bewerberauswahl kann in Bezug auf das Entscheidungsergebnis ein optimaler Lösungsweg (*weighted additive rule*) beschrieben werden. Alle relevanten Informationen zur Identifikation der optimalen Alternative liegen vor und es gibt keine Ungewissheit. Wenn z. B. aufgrund von Zeitdruck der Entscheidungsaufwand reduziert werden muss, ist ebenfalls vorgegeben, auf welchen Wegen dies erreicht werden kann: Verwende eines oder mehrere der von Payne et al. (1993) beschriebenen heuristischen Prinzipien (siehe Tabelle 11) zur Reduktion des Entscheidungsaufwands. Die sich hieraus ergebenden Entscheidungsverfahren sind für Personen (oder Maschinen), die über die hierzu notwendigen EIPs (siehe Tabelle 13) verfügen, anwendbar.

Im Beispiel der Auswahl von Bewerbern handelt es sich also im eigentlichen Sinne nicht mehr um eine Abwägung, welche Alternative aufgrund ihrer Eigenschaften vorzüglich ist, sondern um die Anwendung verschiedener Algorithmen zur Bestimmung von numerischen Werten aus vorgegebenen Informationen. Die Abwägung, wie wichtig einzelne Eigenschaften sind und welche Ausprägungen diese mindestens haben sollten, wurde durch die Experimentatoren bereits (implizit) vorab durchgeführt. Die Aufgabe der Probanden bestand also lediglich darin, den kognitiven Aufwand bei der Verarbeitung der vorgegebenen Informationen an die verfügbare Bearbeitungszeit anzupassen. Die grundsätzliche Verfügbarkeit und der Aufwand zur Bereitstellung der Informationen und deren Validität sowie die Gewichtung dieser Informationen (Präferenzbildung) werden hierbei nicht untersucht. Die Untersuchung betrachtet folglich nur einen Teil des eigentlichen Entscheidungsproblems.

3.9.2.1 Adaptive strategy selection und Optimierung unter Restriktionen

Vor dem Hintergrund begrenzter zeitlicher und kognitiver Ressourcen erscheint die Reduktion des Entscheidungsaufwands grundsätzlich plausibel. Damit ein Problem zielführend gelöst werden kann, darf der Aufwand eines Entscheidungsverfahrens weder die zeitlichen noch die kognitiven Ressourcen des Entscheiders überschreiten. Ansonsten wäre nur eine unvollständige Durchführung eines Entscheidungsverfahrens möglich. Jedoch greift der Ansatz von Payne et al. noch weiter:

*„One general perspective in trying to answer that question looks at strategy selection as a function of both its costs, primarily the effort required to use a rule, and its benefits, primarily the ability of a strategy to select the best alternative [...]
The advantage of a cost-benefit approach to strategy selection is the ability to*

⁹⁹ Lösungsverfahren wie z. B. die Empfehlung eines Bewerbers durch einen vertrauten Bekannten, die bei der Auswahl von Bewerbern in der Realität angewendet werden können, sind ausgeschlossen. Anstelle der Beurteilung einzelner Eigenschaften kann eine Empfehlung als Gesamturteil über die Eignung angesehen werden. Ob eine Empfehlung als relevant erachtet werden kann, hängt davon ab, wie vertrauenswürdig der Empfehlende ist.

maintain the concept of calculated rationality [...], once the costs of executing the decision process are included in the assessment of rationality.” (Payne et al. 1988, S. 534).

Dieser Ansatz gleicht der Idee der Optimierung des Entscheidungsergebnisses unter der Restriktion von Entscheidungskosten. Obwohl dies zunächst sehr plausibel erscheint, ergeben sich bei genauerer Betrachtung Probleme, die mit dieser Annahme einhergehen. Nachfolgend wird beschrieben, warum eine Optimierung unter Restriktionen (für *large-world* Entscheidungssituationen) jedoch nicht plausibel ist.

Obwohl es keine empirische Evidenz für die Annahme gibt, dass Menschen in der Realität Maximierer des subjektiven Nutzens sind, ist die moderne (*mainstream*) Ökonomik weitestgehend von dieser Annahme geprägt (vgl. Selten 2001, S. 13). Optimierung unter Restriktionen kann im Zusammenhang mit Entscheidungsverfahren aus zwei Aspekten verstanden werden: Zum einen im Kontext der Auswahl eines Entscheidungsverfahrens und zum anderen mit der Menge an Informationen, die zur Entscheidungsfindung genutzt werden.

Die ursprüngliche Annahme des allwissenden *homo oeconomicus* in der Theorie der rationalen Entscheidung beinhaltet unbegrenzte Zeit und kognitive Ressourcen zur Entscheidungsfindung. Unter diesen Annahmen ist Nutzenmaximierung mit der Auswahl der nutzenmaximalen Alternative gleichbedeutend. Der Verbrauch unbegrenzter Ressourcen verursacht keine Kosten. Daher ist es zunächst absolut plausibel, dass die Entscheidungskosten bzw. der Entscheidungsaufwand in der ursprünglichen Theorie zur rationalen Entscheidung mit optimierenden Entscheidungsverfahren nicht thematisiert wird.

3.9.2.2 Bestimmung der optimalen Informationsmenge ist unmöglich

Simon begründet die Annahme von *satisficing* anstelle von optimierenden Entscheidungsverfahren mit begrenztem Wissen bezüglich der Häufigkeitsverteilung von Merkmalsausprägungen der Alternativen für den in Abschnitt 3.3.1 beschriebenen Immobilienverkauf:

“It is interesting to observe what additional information the seller needs in order to determine the rational acceptance price, over and above the information he needs once the acceptance price is set. He needs, in fact, virtually complete information as to the probability distribution of offers for all relevant subsequent time periods.” (Simon 1955, S. 117).

Es besteht also eine paradoxe Situation. Um die Informationsmenge in einer konkreten Entscheidungssituation optimal gestalten zu können, müssen vorab alle Informationen gesammelt werden, um die ungewisse Situation in eine Situation unter Risiko zu überführen.

Die Kosten für die Informationssuche¹⁰⁰ werden von Stigler (1961) thematisiert und als zusätzlicher Aspekt neben der Konsequenz (Nutzen, Auszahlung etc.) einer Entscheidung berücksichtigt. Hierbei verweist Stigler (1961, S. 215f) auf den abnehmenden Grenznutzen je-

¹⁰⁰ als ein Bestandteil der Entscheidungskosten.

der zusätzlich aufgebrauchten Ressource zur Informationssuche am Beispiel des Preisvergleichs (weitgehend) homogener Güter¹⁰¹. Das Optimum der Informationssuche ist erreicht, sobald die Grenzkosten der Informationssuche dem Grenznutzen durch das Finden einer günstigeren Alternative gleich sind. Die Berücksichtigung der Entscheidungskosten stellt eine vermeintliche Annäherung an die Realität dar. Dieser Ansatz ist jedoch bei genauerer Betrachtung wenig plausibel.

Die von Stigler benannte Regel zur Beendigung der Informationssuche ist der Punkt, an dem die Grenzkosten und der Grenznutzen der Informationssuche gleich sind. Zur Ermittlung dieses Punktes bedarf es expliziter Informationen bezüglich des Nutzens und der (Opportunitäts-) Kosten der Informationssuche. In Stiglers Beispiel des Automarkts wird unterstellt, dass der Entscheidungsträger die Häufigkeitsverteilung der Preise kennt. Hieraus kann die Wahrscheinlichkeit der Identifikation einer günstigeren Alternative in Folge der Ausdehnung der Informationssuche (Grenznutzen) abgeleitet werden. Zur Bestimmung des Grenznutzens bedarf es also zunächst einer Expertise über den Automarkt. Zudem dürften im Automarkt keine unvorhergesehenen Ereignisse auftreten, sodass von einer Situation unter Risiko ausgegangen werden kann. Es erscheint wenig realistisch, dass beide Anforderungen, Expertise und die Abwesenheit von Ungewissheit, für alle Menschen und alle Entscheidungssituationen zutreffen. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass es Situationen gibt, in denen die Anforderungen erfüllt sind. Wenn man annimmt, dass diese Anforderungen erfüllt sind und die Grenzkosten der Informationssuche ermittelt werden können, besteht jedoch das Problem der Ermittlung der Opportunitätskosten.

Die Ermittlung der Opportunitätskosten stellt ein ähnliches, jedoch deutlich größeres Problem bei der Kosten-Nutzen-Abwägung der Informationssuche dar. Die Opportunitätskosten sind der entgangene Nutzen bzw. Ertrag einer Handlungsalternative, auf die zugunsten der durchgeführten Alternative verzichtet wird. Zur Bestimmung der Opportunitätskosten müsste der Nutzen der Informationssuche (oder anderer Verwendungsmöglichkeiten von Zeit bzw. Kognition) für alle übrigen Handlungsalternativen¹⁰² ermittelt werden. Entsprechend müsste der Entscheidungsträger Experte für alle übrigen Aktionsbereiche sein, in denen Zeit und Kognition eingesetzt werden können.

Die Optimierung der Informationsmenge im Sinne Stiglers trägt nur einem Teil der angenommenen Beschränkungen, begrenzte Zeit und Kognitionskapazitäten, Rechnung. Grundsätzlich wird jedoch weiterhin das Idealbild des allwissenden *homo oeconomicus* unterstellt. Dies zeigt sich an der Annahme, die Opportunitätskosten seien exakt ermittelbar. Man könnte von einem *homo oeconomicus* unter Zeitdruck sprechen. Simon drückt seine diesbezüglich pessimistische Einschätzung folgendermaßen aus:

¹⁰¹ Gebrauchte Autos und Kohle.

¹⁰² Handlungsalternativen sind in diesem Zusammenhang alle vorstellbaren Aktionen außerhalb des aktuellen Entscheidungsproblems.

„If the pay-off were measurable in money or utility terms, and if the cost of discovering alternatives were similarly measurable, we could replace the partial ordering of alternatives [...] by a complete ordering (an ordering in terms of a weighted sum of the pay-off and the cost of discovering alternatives). Then we could speak of the optimal degree of persistence in behavior [...]. But the central argument [...] is that the behaving organism does not in general know these costs [...].” (Simon 1955, S. 112).

Für Conlisk (1996) stellt die vermeintliche Abkehr von der unrealistischen Annahme situationsspezifischer (kostenfreier) Allwissenheit eine neue, noch weitreichendere Art der Annahme über die Allwissenheit dar. Es gibt nur wenige Anzeichen dafür, dass Menschen Entscheidungen auf diese Weise treffen (Gigerenzer 2004, S. 390).

3.9.2.3 Die Auswahl des optimalen Entscheidungsverfahrens ist unmöglich

In Stiglers (1961) Beispielen zur optimalen Informationsmenge stellt sich, ähnlich wie bei Payne et al. (1993), nicht die Frage nach der Auswahl des Entscheidungsverfahrens. Es handelt sich um eine wohlstrukturierte Entscheidungssituation mit einer Zielvariablen¹⁰³. Die Ausprägung des Preises kann für jede Alternative mit Sicherheit festgestellt werden. Es gibt keine weiteren entscheidungsrelevanten Informationen. Es ist also vermeintlich klar, wie ein rationaler Akteur vorgehen sollte: Erfrage die Preise der homogenen Güter bis die Grenzkosten der Preisabfrage dem Grenznutzen entsprechen und wähle die günstigste Alternative.

In der Realität stellt sich die Entscheidung des Autokaufs jedoch deutlich komplexer dar. Selbst unter der Annahme, dass man sich bereits auf ein Fahrzeugmodell festgelegt hat, bleiben viele potenziell entscheidungsrelevante Eigenschaften, wie z. B. Preis, Farbe, Kraftstoffart, Innenausstattung oder Getriebeart, Kilometerstand, Datum der Erstzulassung und Informationen über die Vorbesitzer. Diese Merkmale können den Nutzen der Alternativen beeinflussen. In der Realität ist der Autokauf also eine Multiattribut-Entscheidung. Im Zusammenhang mit Optimierung unter Restriktionen ist das Entscheidungsverfahren auszuwählen, mit dem die Alternative mit dem größten Nutzen unter möglichst geringem Verbrauch der Ressourcen Zeit und Kognition identifiziert werden kann. Sollten z. B. Informationen über alle Alternativen und alle Merkmale gesucht und anhand der individuellen Bedeutung gewichtet werden? Oder sollten stattdessen nur Informationen zu wenigen Alternativen und einem Merkmal gesucht und verglichen werden? Wie hoch sind die Kosten und wie hoch ist der Nutzen der beiden skizzierten Entscheidungsverfahren? Oder bieten andere Entscheidungsverfahren evtl. ein günstigeres Kosten-Nutzen-Verhältnis?

Selten (2001) beschreibt das Problem der Auswahl von Entscheidungsverfahren für unvertraute Entscheidungen. Die erste Stufe des Entscheidungsproblems ist die Auswahl einer Alternative im eigentlichen Entscheidungsproblem (Level 1). Die zweite Stufe des Entschei-

¹⁰³ Da angenommen wird, dass es sich um homogene Güter handelt, ist der Preis die einzige Variable.

dungsproblems (Level 2) ist die Identifikation eines Entscheidungsverfahrens für das Entscheidungsproblem in Level 1.

Bevor das ursprüngliche Entscheidungsproblem in Level 1 gelöst werden kann, müssen vorab Zeit und Kognition aufgewendet werden. Wenn eine optimale Entscheidungsregel gefunden werden soll, dann müssen (theoretisch alle möglichen) Entscheidungsverfahren bzgl. ihrer Eignung zur Entscheidungsfindung in Level 1 überprüft werden. Hierzu müsste vorab ermittelt werden, wie hoch der (erwartete) Zielerreichungsgrad unterschiedlicher Entscheidungsverfahren in Level 1 ist. Folglich müssten auch die hierfür nötigen Informationen vorab gesammelt und kognitiv verarbeitet werden. Anschließend könnte beurteilt werden, wie hoch der Nutzen und der Aufwand der Entscheidungsverfahren ist. Dieses Vorgehen würde jedoch dem eigentlichen Ziel der Optimierung unter Restriktionen - der Schonung zeitlicher und kognitiver Ressourcen - entgegenwirken. Zudem müsste ein Entscheidungsverfahren gefunden werden, das die optimale Auswahl einer Entscheidungsregel in Level 2 beschreibt. Diese Suche stellt Level 3 dar. Jedoch fallen auch auf dieser Stufe Kosten in Form von Zeit und Kognitionsaufwand an. Das Problem der Kosten-Nutzen-Analyse stellt sich ab Level 2 fortlaufend. Hierdurch ergibt sich ein infinites Regressionsproblem. Anstelle einer Schonung führt Optimierung unter Restriktionen folglich zu zusätzlichem zeitlichen und kognitiven Aufwand (vgl. Selten 2001, S. 17).

Die Überlegungen zur Identifikation optimaler Informationsmengen und optimaler Entscheidungsverfahren zeigen, dass diese jeweils zu Folgeproblemen führen, die die ursprünglichen Entscheidungsprobleme unlösbar machen. In beiden Fällen fehlt eine Regel zur Beendigung des Entscheidungsprozesses. Die Annahme, dass befriedigende Ergebnisse verfolgt werden, löst diese Probleme. Entscheidungsverfahren wie *elimination by aspects* (Tversky 1972) oder *satisficing* (Simon 1955), bei denen Mindestanforderungen vor dem Beginn bzw. im Zuge des Entscheidungsverfahrens festgelegt werden, enden, sobald eine ausreichend geeignete Alternative identifiziert wurde.

Es ist grundsätzlich feststellbar, ob das Anspruchsniveau erreicht wurde oder nicht. Sobald eine Alternative das Anspruchsniveau erfüllt, wird die Suche abgebrochen und die Alternative gewählt. Erfüllt keine Alternative die Ansprüche, wird das Anspruchsniveau abgesenkt oder die Entscheidung wird aufgeschoben (Simon 1955). Wird das ursprüngliche Anspruchsniveau bereits frühzeitig¹⁰⁴ übertroffen, kann das Anspruchsniveau erhöht und die Suche solange ausgedehnt werden, bis die vorab eingeplante Entscheidungszeit aufgebraucht ist (Sauer mann & Selten 1962; Selten 1998). Selten (2001) gibt einen Überblick über verschiedene Auswahlprinzipien für satisfizierende Entscheidungsverfahren. Diese beruhen auf Erfahrungen aus vorangegangenen Perioden (siehe Selten 2001, S. 27f): Beispiele hierfür sind *reinforcement learning* (Roth & Erev 1995) und *learning direction theory* (Selten &

¹⁰⁴ Z. B. vor Ablauf einer zuvor eingeräumten Entscheidungszeit.

Stöcker 1986; Selten et al. 2005). Roth und Erev (1995) zeigen für Verhandlungssituationen eine Anpassung des Verhaltens in Anhängigkeit der realisierten Auszahlungen. Die Auszahlungen sind die einzige Rückkopplung, andere Informationen sind nicht verfügbar. Die *learning direction theory* von Selten und Stöcker (1986) sowie Selten et al. (2005) beschreibt die Auswahl von Entscheidungsstrategien unter Rückgriff auf Informationen über das Zustandekommen des Ergebnisses. Die Anpassung wird nicht durch das Ergebnis vergangener Perioden, sondern durch die Prognose der zukünftigen Umweltzustände erklärt (vgl. Selten 2001, S. 17f).

3.9.3 The Adaptive Toolbox

Die Theorie der *adaptive toolbox* beruht zu großen Teilen auf dem *fast and frugal program* von Gigerenzer und Goldstein (1996) und darauf aufbauenden bzw. daran anknüpfenden Arbeiten. Ähnlich wie beim Ansatz der *adaptive strategy selection* (z. B. Payne et al. 1993) wird auch bei der *adaptive toolbox*¹⁰⁵ angenommen, dass bei der Entscheidungsfindung auf unterschiedliche Verfahren zurückgegriffen werden kann. Jedoch unterscheiden sich die untersuchten Entscheidungsprobleme. Zur Erinnerung, bei der Forschung zur *adaptive strategy selection* (z. B. Payne et al. 1993) wurden Wahlentscheidungen über vorgegebene, konstruierte Alternativen mit numerischen Angaben zu Eigenschaftsausprägungen und vorgegebenen Gewichtungs- und Mindestanforderungen untersucht. Hierbei konnten also nur externe Informationen zur Entscheidungsfindung herangezogen werden. Es bestand keine Ungewissheit und die Probanden mussten keine vorgelagerten Prozesse zur Bestimmung der Präferenzen über die Eigenschaften und zur Transformation von Informationen in numerische, vergleichbare Werte durchführen¹⁰⁶.

Bei den Fragestellungen in der Forschung zur *adaptive toolbox* werden u. a. Probleme untersucht, bei denen Inferenzen über reale Alternativen in der realen Umwelt gebildet werden müssen. Beispiele hierfür sind Schätzungen über die Einwohnerzahl von Städten (Gigerenzer & Goldstein 1996), die Entwicklung von Aktienkursen (Borges et al. 1999) und der Ausgang von Sportveranstaltungen (Serwe & Frings 2003, Pachur & Biele 2007).

Der Begriff Umwelt bezieht sich auf die physische Umwelt, die auf die Ausprägung von Zielvariablen Einfluss nimmt. Sie ist ein komplexes System, das sich fortlaufend ändert. Über die physische Umwelt und die hierin enthaltenen Alternativen können aufgrund von kleinen

¹⁰⁵ Die Forschung zur *adaptive toolbox* ist eng mit der Frage nach ökologischer Rationalität verknüpft. Jüngere Arbeiten von Gigerenzer, Todd sowie ABC Research Group und aus deren Umfeld stellen den Begriff ökologische Rationalität mehr in den Vordergrund, während in den älteren Arbeiten vermehrt Heuristiken und die *adaptive toolbox* als Begriffe verwendet wurden. Die Fragestellungen beider Forschungsprogramme haben entsprechend große Überschneidungen. Die Forschung unter dem Stichwort *ecological rationality* greift viele Erkenntnisse aus der Forschung zur *adaptive toolbox* auf und setzt diese in einen übergeordneten Kontext: Unter welchen Voraussetzungen führen „einfache“ Entscheidungsverfahren zu guten/besseren Ergebnissen als komplexere Entscheidungsverfahren? Ökologische Rationalität wird separat in Abschnitt 3.11 behandelt.

¹⁰⁶ Siehe Abschnitt 3.9.2.

Stichproben und der mangelnden Beobachtbarkeit von zugrundeliegenden Mechanismen nur bedingt Ursache-Wirkungs-Beziehungen abgeleitet werden. Zudem ist nicht objektiv bestimmbar, wie hoch die Validität von Informationen zur Inferenzbildung ist (Gigerenzer & Gaissmaier 2011). Dieser Aspekt leitet zur zweiten Dimension, der informationellen Umwelt, über. Die informationelle Umwelt beschreibt die Verfügbarkeit von Informationen, die zur Entscheidungsfindung genutzt werden können. Die informationelle Umwelt besteht unter anderem aus der physischen Umwelt und der sozialen Umwelt (Gigerenzer 2008; Todd & Gigerenzer 2012). Es können individuelle Beobachtungen von Phänomenen in der physischen Umwelt zur Bildung von Inferenzen genutzt werden. Jedoch kann auch das Verhalten anderer Personen Informationen für die Entscheidungsfindung liefern. Zum Beispiel können Entscheidungen getroffen werden, indem das Verhalten von anderen Personen kopiert wird. Die Informationsverfügbarkeit und die Informationsqualität (Validität) stellen den ersten Aspekt bei der Auseinandersetzung mit der Auswahl von Entscheidungsverfahren im Kontext der *adaptive toolbox* dar.

Der zweite Aspekt ist die Fähigkeit zur Verwendung der Informationen für Schlussfolgerungen. Grundsätzlich beinhaltet die *adaptive toolbox* im Vergleich zum Set der heuristischen Prinzipien bei der *adaptive strategy selection* ein größeres Repertoire an Verfahren zur Entscheidungsfindung. Denn neben den dort beschriebenen, klassischen heuristischen Prinzipien können auch Verfahren, die auf der Erinnerbarkeit¹⁰⁷ von Informationen und der Beobachtung der sozialen Umwelt¹⁰⁸ beruhen, genutzt werden.

Damit aus Informationen Schlussfolgerungen gezogen werden können, wird ein Modell¹⁰⁹ benötigt, das einen Zusammenhang zwischen verfügbaren Informationen und der Ausprägung der Zielvariablen herstellt. Zur Aufstellung eines Modells ist häufig kontextspezifisches Wissen nötig. Hierdurch bestehen subjektive und aufgabenspezifische Unterschiede in der Anwendbarkeit von Entscheidungsverfahren (Todd & Gigerenzer 2012, S. 22f). Durch den Wandel der Umwelt im Zeitablauf, Unterschiede in der Informationsverfügbarkeit sowie unterschiedliche intra- und interpersonelle Fähigkeiten zur Bildung von Inferenzen gibt es keinen objektiv optimalen Lösungsweg.

Todd und Gigerenzer (2012, S. 21) stellen fest, dass kein allgemeines Verständnis darüber vorliegt, wie Entscheidungsverfahren in konkreten Entscheidungssituationen ausgewählt werden. Sie beschreiben aufbauend auf Forschungsergebnissen der vergangenen Jahre unterschiedliche Erklärungsansätze: *ecological rationality*, *memory constrains* und *learning by feedback*. Die drei Ansätze zur Erklärung der Auswahl heuristischer Entscheidungsverfahren stehen nicht im Widerspruch zueinander. Vielmehr beschreiben sie die Auswahl in Ab-

¹⁰⁷ Z. B. *availability heuristic* (Tversky & Kahneman 1973), *recognition heuristic* (Goldstein & Gigerenzer 2002), *fluency heuristic* (Schooler & Hertwig 2006).

¹⁰⁸ Z. B. das Verhalten erfolgreicher Personen (*imitate the best heuristic*) oder der Mehrheit der Personen (*imitate the successful heuristic*), jeweils in (Boyd & Richerson 2005).

¹⁰⁹ Siehe Abschnitt 3.11.1.

hängigkeit des individuellen Wissens und der individuellen Erfahrungen mit deren Anwendung. Die Erklärungsansätze beruhen teilweise wechselseitig aufeinander.

***Ecological Rationality* (Ökologische Rationalität)**

Entscheidungsverfahren werden nach der Erwartung an die Entscheidungsqualität gewählt. Ob von einem Entscheidungsverfahren eine hohe Prognosequalität erwartet wird, hängt davon ab, wie hoch die subjektiv erwartete Validität der verwendeten Informationen ist (z. B. Pohl 2006). Zwar liegt durch die Berücksichtigung von Informationen aus der sozialen Umwelt und aus individuellen Erfahrungen ein größeres Repertoire als bei der *adaptive strategy selection* vor, jedoch wird angenommen, dass hierdurch nicht das infinite Auswahlproblem wie bei den Überlegungen zur Optimierung unter Restriktionen vorliegt. Vielmehr wird unterstellt, dass kontextspezifisches Wissen nur begrenzt vorliegt und hieraus nur eine begrenzte Anzahl an Entscheidungsverfahren zur Lösung von Inferenzproblemen angewendet werden kann. Für unvertraute Entscheidungssituationen wird nicht angenommen, dass eine Vielzahl an Entscheidungsverfahren zunächst theoretisch geprüft wird und anschließend das erfolgversprechendste tatsächlich angewendet wird. Stattdessen handelt es sich um eine Art des Lernens auf der Grundlage von Versuch und Irrtum (Todd & Gigerenzer 2012, S. 23). Dieses Vorgehen kann als satisfizierender Ansatz verstanden werden und wird unter *learning by feedback* in diesem Abschnitt beschrieben.

Memory Constrains

Wenn zum Entscheidungszeitpunkt keine externen Informationen verfügbar sind, dann bestimmt die Erinnerbarkeit von Informationen über die Alternativen (z. B. Eigenschaften der Alternativen) aus dem Gedächtnis, welche Informationen in Entscheidungsverfahren angewendet werden können (Marewski & Schooler 2011). Wenn z. B. nur eine Eigenschaft erinnert werden kann, dann ergibt sich daraus, dass Entscheidungsverfahren angewendet werden, die aufgrund eines Merkmals zu einer Entscheidung führen. Beispiele hierfür sind die *take the best* (Gigerenzer & Goldstein 1996), *recognition* (Goldstein & Gigerenzer 2002) oder *fluency heuristic* (Schooler & Hertwig 2005).

In solchen Fällen basiert die Anwendung eines „einfachen“ Entscheidungsverfahrens nicht primär auf einer Kosten-Nutzen-Abwägung, sondern auf dem Mangel an Informationen, die verarbeitet werden könnten. Wenn zu mehreren Eigenschaften Informationen erinnert werden können, sind neben den drei genannten Entscheidungsverfahren weitere, „aufwendigere“ Verfahren, wie z. B. *elimination by aspects* (Tversky 1972), anwendbar. Welches Verfahren gewählt wird, hängt dann davon ab, wie hoch die Erfolgswahrscheinlichkeiten der Verfahren eingeschätzt werden. In solchen Fällen stellt sich die Frage, ob die Berücksichtigung von mehreren Informationen (Eigenschaften) tatsächlich zu einer valideren Prognose über

die Ausprägung der Zielvariablen führt. Diese Abwägung ist mit der zuvor beschriebenen Überlegung zur *ecological rationality* verknüpft.

Jedoch bedingt nicht nur die Erinnerbarkeit von Informationen, welche Informationen genutzt werden können. Damit erinnerbare Informationen zur Inferenz verwendet werden können, bedarf es weiterer Informationen bzw. weiteren Wissens, damit Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen den erinnerbaren Informationen und der Zielvariablen gebildet werden können¹¹⁰. Wenn dieses Wissen vorliegt, jedoch die Ausprägungen von Eigenschaften der zu beurteilenden Alternativen nicht erinnert werden können, kann in externen Quellen nach diesen Informationen gesucht werden.

Learning by feedback

Es gibt verschiedene Modelle, in denen die Rückkopplung des Entscheidungsergebnisses die zukünftige Anwendung von Entscheidungsverfahren erklärt¹¹¹. Rieskamp und Otto (2006) beschreiben mit *strategy selection learning* einen Ansatz, der die Auswahl von Inferenzheuristiken durch die Rückkopplung des Entscheidungsergebnisses (*learning by feedback*) in vorangegangenen Perioden erklärt: Die Erfahrungen mit der Anwendung eines Entscheidungsverfahrens bestimmt, ob es weiterhin angewendet wird. Wenn Entscheidungsträger zum ersten Mal mit einer Entscheidungssituation konfrontiert sind, dann wählen sie eine Heuristik in Abhängigkeit von einer initialen Präferenz für verschiedene Heuristiken (Rieskamp & Otto 2006, S. 208f).

Die Präferenzbildung kann wiederum durch *memory constraints* und durch die Abwägung über die *ecological rationality* verschiedener Entscheidungsverfahren erklärt werden. Nach einer Entscheidung dient die realisierte Auszahlung zur Bewertung der Entscheidungsgüte. Diese Rückkopplung wird genutzt, um die Präferenzen für die unterschiedlichen Heuristiken zu justieren. Wenn das Entscheidungsverfahren zu einem befriedigenden Ergebnis führt, wird es in der nachfolgenden Periode erneut angewendet. Wenn das Ergebnis negativ ausfällt, ist die weitere Anwendung eines Entscheidungsverfahrens davon abhängig, ob infolge der Präferenzjustierung eine andere Heuristik vorzuziehen ist oder ob die bisher genutzte Heuristik weiterhin bevorzugt wird (Rieskamp & Otto 2006, S. 208ff). Bröder und Schiffer (2006) zeigen, dass die Anpassung von Entscheidungsverfahren bei einer Veränderung der Umwelt nur zögerlich erfolgt. Rieskamp (2008) erklärt die zögerliche Anpassung mit der mangelnden Beobachtbarkeit des Entscheidungserfolgs alternativer Entscheidungsverfahren. Die Ursache für die Verzögerung ist, dass das ursprüngliche Entscheidungsverfahren aufgrund der positiven Erfahrungen in der „alten“ Umwelt auch zunächst in der neuen Umwelt angewendet

¹¹⁰ Auf die Bildung dieser Zusammenhänge wird in Abschnitt 3.11.1 näher eingegangen.

¹¹¹ Ein Überblick findet sich u. a. bei Bröder und Newell 2008, Rakow und Newell 2010 sowie Rieskamp 2008.

wird. Hierdurch bleibt die Überlegenheit des neuen Entscheidungsverfahrens für die neue Umwelt zunächst unbeobachtet (Rieskamp 2008, S. 270).

Alle drei beschriebenen Ansätze erklären die Auswahl von Entscheidungsverfahren auf der Grundlage von interpersonell unterschiedlichen Eigenschaften von Personen. Zentral sind hierbei die (interne und externe) Verfügbarkeit von Informationen und das kontextspezifische Wissen. Die Auswahl von Entscheidungsverfahren für wiederkehrende Entscheidungsprobleme wird maßgeblich durch die Rückkopplung des Entscheidungsergebnisses in den Vorperioden erklärt.

3.9.4 Zusammenfassung

Die Untersuchungen zur Auswahl von Entscheidungsverfahren im *heuristics and biases program* wurden anhand künstlicher Entscheidungsprobleme durchgeführt. Durch die extern vorgegebenen Informationen ist ein optimaler Lösungsweg in konstruierten Entscheidungssituationen vorbestimmt. Es zeigen sich jedoch systematische Abweichungen von den optimalen Lösungswegen. Allerdings gibt es in der Literatur keinen Konsens darüber, warum diese Abweichungen auftreten. Es findet sich eine umfassende Debatte darüber, ob es sich um systematische Fehler aufgrund der intuitiven Verwendung des Kognitionssystems (System I) handelt. Alternative Erklärungen verweisen darauf, dass es sich bei den vermeintlichen systematischen Fehlern um Artefakte infolge unklarer Aufgabenbeschreibungen und unvertrauter Entscheidungssituationen handelt (z. B. Gigerenzer 1991).

Die Theorie der *adaptive strategy selection* von Payne et al. 1993 beschreibt, dass die Anwendung heuristischer Entscheidungsverfahren durch die Größe eines Entscheidungsproblems¹¹² und die verfügbare Entscheidungszeit beeinflusst wird. Allerdings handelt es sich bei den untersuchten Entscheidungsproblemen ebenfalls um konstruierte Entscheidungsprobleme. Analog zum *heuristics and biases program* sind die optimalen Lösungsverfahren durch externe Informationen vorbestimmt. Diese basieren auf der Verwendung vorgegebener Informationen wie z. B. Merkmalsausprägungen, Gewichtungsfaktoren und Mindestanforderungen.

In den beiden Erklärungsansätzen spielt Ungewissheit über das Zustandekommen der Ausprägungen von Zielvariablen keine Rolle. Die Validität von Informationen und individuelle Unterschiede bezüglich der Erfahrungen und kontextspezifischem Wissen werden nicht explizit berücksichtigt. Stattdessen steht die Anwendung der von Shah und Oppenheimer (2008) bzw. Payne et al. (1993)¹¹³ beschriebenen Vereinfachungsprinzipien im Vordergrund. Die Theorie der *adaptive toolbox* bezieht sich auf die Bildung von Inferenzen über die Ausprägung von Variablen realer Alternativen in realen Umwelten. Hierbei liegt ein besonderer Fokus auf kontextspezifischem Wissen und der (geringen) Anzahl an validen (internen und

¹¹² Anzahl von Alternativen und Attributen.

¹¹³ Siehe Abschnitt 3.5.

externen) Informationen. Es wird angenommen, dass interpersonelle Unterschiede bezüglich des kontextspezifischen Wissens vorliegen. Hierdurch gibt es keinen optimalen Lösungsweg, der von allen Personen anwendbar ist. Die Auswahl von Entscheidungsverfahren für unvertraute Entscheidungssituationen wird durch begrenzt vorliegendes kontextspezifisches Wissen erklärt. Die Auswahl in wiederkehrenden Entscheidungssituationen wird durch Erfahrungen mit den Entscheidungsverfahren aus den Vorperioden erklärt.

3.10 Zwischenfazit

Am Anfang dieses Kapitels wurden die Theoriedomänen der Entscheidungsforschung, die Theorie der rationalen Entscheidung und die Theorie der begrenzten Rationalität, skizziert. Im weiteren Verlauf lag der Schwerpunkt auf der Theorie zur begrenzten Rationalität. Der Grund hierfür ist die Übereinstimmung zwischen den grundlegenden Annahmen der Theorie und der Struktur des Entscheidungsproblems der Sortenwahl. Ein zentraler Aspekt bei der Theorie zur begrenzten Rationalität ist die Anwendung von Heuristiken. Diese beschreiben den Prozess der Entscheidungsfindung in schlecht strukturierten Entscheidungssituationen. In den vergangenen Jahrzehnten wurde eine Vielzahl von Heuristiken für Auswahl- und Inferenzprobleme beschrieben.

In diesem Kapitel wurde auf verschiedene Aspekte von begrenzter Rationalität und Heuristiken eingegangen. Dabei wurden grundlegende heuristische Prinzipien und die Elemente von Heuristiken beschrieben. Bezüglich der Reduktion des Entscheidungsaufwands liegt in der Literatur eine weitgehend einhellige Meinung vor: Heuristiken dienen zur Reduktion des Entscheidungsaufwands.

Allerdings gibt es bezüglich des Effekts auf den Entscheidungserfolg und der Gründe für die Auswahl von Heuristiken kein einheitliches Bild in den Veröffentlichungen der vergangenen Jahrzehnte. Es kann zwischen dem *heuristics and biases program* von Kahneman und Tversky, *the adaptive decision maker* von Payne, Bettman und Johnson und dem *fast and frugal program* von Gigerenzer & Goldstein unterschieden werden. Es zeigt sich, dass die abweichenden Schlussfolgerungen auf unterschiedliche Annahmen über die Struktur von Entscheidungsproblemen und die (individuellen) Fähigkeiten von Personen zurückgeführt werden können. Die Erkenntnisse und Schlussfolgerungen beruhen auf der experimentellen Untersuchung des Entscheidungsverhaltens. Bezüglich der zugrundeliegenden Studien wurden kritische Aspekte exemplarisch aufgezeigt und Probleme bezüglich der Übertragbarkeit auf reale Entscheidungssituationen hervorgehoben. In Tabelle 15 werden die wesentlichen Unterschiede der Forschungsprogramme dargestellt.

Bei der Sortenwahl handelt es sich um ein jährlich wiederkehrendes Inferenzproblem. Es muss auf die Eignung von Sorten in einem Produktionssystem geschlossen werden. Hierzu stehen den Landwirten Informationen aus verschiedenen Quellen zur Verfügung.

Tabelle 15: Unterschiede in den Forschungsprogrammen zur Theorie der begrenzten Rationalität und Heuristiken. (Quelle: eigene Darstellung)

Forschungsprogramm	Heuristics and Biases Program	The Adaptive Decision Maker	Fast and Frugal Program / Ecological Rationality
Übersichtsquellen:	Tversky und Kahneman 1974 Gilovich et al. 2002 Kahneman 2011	Bettman et al. 1990 Payne et al. 1993	Gigerenzer und Goldstein 1996 Gigerenzer und Todd 1999b Gigerenzer und Selten 2001b Todd und Gigerenzer 2012b
Entscheidungsprobleme	Künstliche Alternativen (und Umwelten) mit vorgegebenen, validen Informationen		Reale Alternativen und Umwelten
Referenz zur Beurteilung des Entscheidungserfolgs	Optimaler Lösungsweg durch externe Informationen vorgegeben.		Vergleich des Erfolgs verschiedener (heuristischer) Entscheidungsverfahren.
Art der Entscheidungsprobleme	Inferenz	Wahl	Inferenz
Struktur der Entscheidungssituationen	Wohlstrukturiert		Schlecht strukturiert
Konsequenz durch Anwendung von Heuristiken	Systematische Fehler	Abnehmende Entscheidungsgenauigkeit	Vergleichbarer oder höherer Entscheidungserfolg als aufwendigere Verfahren
Auswahlprinzipien für Heuristiken	Intuitive Anwendung von System I zur Schonung kognitiver Ressourcen	Abwägung von Kosten und Nutzen (Optimierung unter Restriktionen)	<ul style="list-style-type: none"> • Kontextspezifisches Wissen • Ökologische Validität • Erfahrungen aus Vorperioden

Landwirte können auf Erfahrungen der vergangenen Jahre oder externe Informationen, wie z. B. die Beschreibende Sortenliste, Landessortenversuche oder Empfehlungen von Beratern und Berufskollegen zurückgreifen. Es ist allerdings unklar, welche Informationen Landwirte nutzen und wie sie die Informationen unterschiedlicher Quellen einsetzen.

Auf den Erfolg (z. B. Ertrag) der Entscheidung wirken ungewisse Faktoren (z. B. die Witterung) ein. Der Entscheidungsraum unterliegt durch das Ausscheiden und die Neuzulassung von Sorten einem permanenten Wandel. Auch die Umwelt ändert sich z. B. durch die Anpassung von Pathogenen an Resistenzmechanismen der Sorten im Laufe der Zeit.

Derzeit ist kein Modell bekannt, das den Zusammenhang zwischen Sorten bzw. Sorteneigenschaften, Produktionssystem und Ertrag beschreibt. Es handelt sich um ein *large-world* Entscheidungsproblem, das nicht in eine wohlstrukturierte Entscheidungssituation mit vorgegebenen Basisraten, Gewichtungsfaktoren für Merkmale und Mindestanforderungen an Merkmalsausprägungen überführt werden kann. Folglich gibt es kein objektiv optimales Entscheidungsverfahren. Dies bezieht sich neben dem Ergebnis auch auf die Auswahl der Informationsquellen und den Entscheidungsaufwand.

Nur das *fast and frugal program* der in Tabelle 15 skizzierten Forschungsprogramme zeigt hohe Übereinstimmungen mit der Struktur der Entscheidungssituation bei der Sortenwahl.

Die Ergebnisse aus dem *heuristics and biases program* und *the adaptive decision maker* stammen aus Studien, in denen die Struktur der Entscheidungssituationen von der Problemstruktur der Sortenwahl abweicht. Die Annahmen im *fast and frugal program* und die dort untersuchten Entscheidungsprobleme zeigen eine deutlich größere Übereinstimmung mit der Struktur des Entscheidungsproblems Sortenwahl.

Die Forschung im Rahmen des *fast and frugal program* ist eng mit der Frage nach ökologischer Rationalität verknüpft. Jüngere Arbeiten von Gigerenzer, Todd sowie der ABC Research Group und aus deren Umfeld stellen den Begriff ökologische Rationalität mehr in den Vordergrund, während in den älteren Arbeiten vermehrt Heuristiken und die *adaptive toolbox* als Begriffe verwendet wurden. Die Forschung zur *ecological rationality* greift viele Annahmen und Erkenntnisse aus dem *fast-and-frugal*-Ansatz auf. Zwei zentrale Aspekte sind hierbei das individuelle kontextspezifische Wissen und die Umwelt, die auf das Entscheidungsergebnis einwirkt und aus der Informationen über die Alternativen gewonnen werden können. Beide Aspekte werden zum Abschluss dieses Kapitels beschrieben.

3.11 Ökologische Rationalität (*ecological rationality*)

Die Forschung zur ökologischen Rationalität befasst sich mit der Frage, unter welchen Bedingungen heuristische Entscheidungsverfahren anwendbar bzw. erfolgreich sind. Der Erfolg heuristischer Entscheidungsstrategien wird dadurch bestimmt, wie gut diese an die Struktur der Entscheidungsumwelt angepasst sind (Gigerenzer & Todd; 1999b; Gigerenzer & Selten 2001b, Todd & Gigerenzer 2012b).

Entscheidungsprobleme können nur gelöst werden, wenn ein Modell über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge vorliegt, das die zur Verfügung stehenden Informationen in eine Inferenz übersetzt. Zwei zentrale Aspekte sind die Problemlösungsfähigkeit der Entscheidungsträger und die Qualität der Informationen, die zur Entscheidung genutzt werden (können). Beide werden bei der Beschreibung der unterschiedlichen Ansätze zur Beurteilung der Auswirkung auf die Entscheidungsqualität in Abschnitt 3.8 implizit angesprochen. Die Problemlösungsfähigkeit wird durch das kontextspezifische Wissen bestimmt. Kontextspezifisches Wissen ist notwendig, um Vorstellungen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen der Umwelt und der Ausprägung der Zielvariablen herzustellen. Die Eignung von Informationen zur Inferenz wird durch deren Validität, Redundanz und die Diskriminierungsrate bestimmt. In der Forschung zur ökologischen Rationalität wird angenommen, dass das kontextspezifische Wissen zwischen Personen und in Abhängigkeit der Entscheidungssituationen variiert (siehe hierzu die Beiträge in Todd & Gigerenzer 2012).

Im nachfolgenden Abschnitt werden das kontextspezifische Wissen und die Bildung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen, die auch als mentale Modelle bezeichnet werden können, näher beschrieben. Außerdem werden die Begriffe Validität, Redundanz und Diskriminierungsrate von Informationen erklärt.

3.11.1 Mentale Modelle

In der kognitionswissenschaftlichen und psychologischen Literatur ist die Annahme weit verbreitet, dass Menschen interne Repräsentationen der externen Wirklichkeit entwickeln (Jones et al. 2011, S. 1). Diese werden als mentale Modelle bezeichnet (Craik 1943, Johnson-Laird 1983¹¹⁴). Sie werden von Individuen auf der Grundlage von Erfahrungen, Wahrnehmungen und dem sich hieraus entwickelnden Verständnis der Welt konstruiert. Die Fähigkeit zur Bildung mentaler Modelle ist begrenzt und individuell unterschiedlich. Daher sind mentale Modelle stets unvollständige Abbildungen und individuell verschieden. Sie sind eher funktional statt vollständig und repräsentieren vereinfachte Vorstellungen der Wirklichkeit (Jones et al. 2011, S. 5).

Bach (2010) beschreibt mentale Modelle als „die Gesamtheit der gedanklichen Vorstellungen einer Person hinsichtlich eines bestimmten Objekts oder Sachverhalts“. Sie sind „individuell verschiedenes, objekt- oder aufgabenbezogenes implizites Wissen.“ (Bach 2010, S. 17). Mentale Modelle ermöglichen die Beschreibung und die Vorhersage der Form, der Funktion und des Zustands von Systemen (Rouse und Morris 1986). Sie basieren auf dem Kausalwissen über die Funktionsweise von Systemen (Moray 1998).

Mentale Modelle können durch die kognitive Verarbeitung externer Reize und den Abgleich mit bereits vorhandenem Wissen gebildet werden. Sie sind dynamisch und werden kontextabhängig angewendet bzw. gebildet. Sie werden im Laufe der Zeit durch Lernen an wechselnde Umstände angepasst und weiterentwickelt (Jones et al. 2011, S. 4). Die Veränderung kann durch neue, externe Reize und Inferenzen aus internen Informationen erfolgen. Daher sind sowohl individuelle Erfahrungen als auch dauerhaft gespeichertes Wissen von besonderer Bedeutung für die Bildung und Entwicklung mentaler Modelle (vgl. Bach 2010, S. 50). Eine bedeutende Fragestellung in diesem Zusammenhang sind Unterschiede in mentalen Modellen zwischen Experten und Laien. Diese zeigen sich z. B. in unterschiedlichen Gewichtungen einzelner Merkmale von Alternativen (z. B. bei Brehmer & Joyce 1988).

Das Linsenmodell von Brunswik (1952; 1955) beschreibt, wie Menschen auf der Grundlage von Cues auf die Ausprägung einer Variablen schließen. Dieses Modell stellt die Grundlage für viele mentale Modelle im Kontext von Entscheidungen unter Unsicherheit bzw. Ungewissheit dar (z. B. Hammond 1996; Gigerenzer et al. 1991; Karelaia & Hogarth 2008). Pfister et al. (2017) stellen die wichtigsten Aspekte des Linsenmodells¹¹⁵ grundlegend dar:

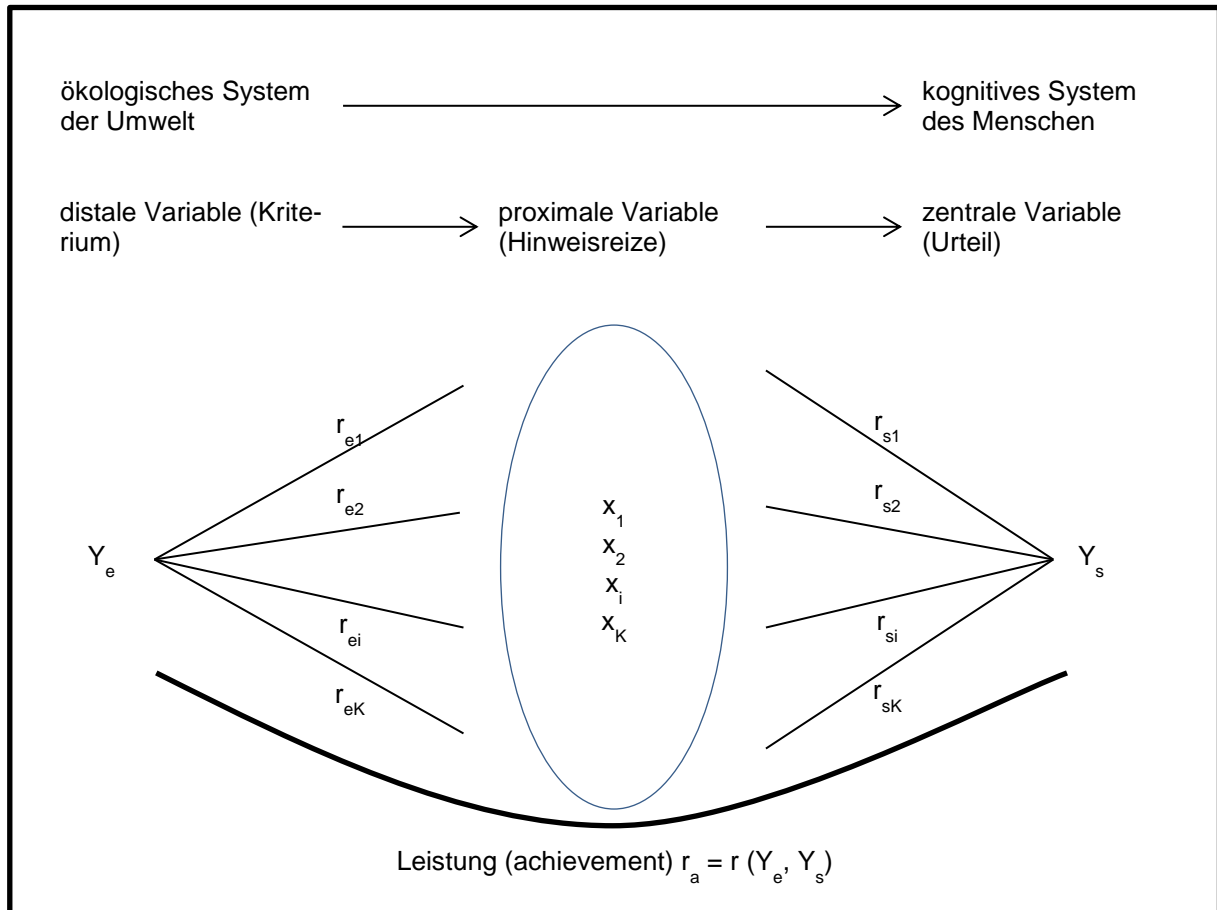
Das Linsenmodell beschreibt den Zusammenhang zwischen der Umwelt (ökologisches System) und dem kognitiven System des Menschen. Zur Bildung von Inferenzen über die aktuelle oder zukünftige Ausprägung einer Zielvariablen (V_e) im ökologischen System (Y_e ; $e =$ en-

¹¹⁴ Eine grundlegende Beschreibung mentaler Modelle findet sich bei Johnson-Laird 1983. Eine Darstellung der historischen Entwicklung der Forschung zu Mentalen Modellen wird von Johnson-Laird 2004 beschrieben.

¹¹⁵ Eine weitere ausführliche Beschreibung findet sich bei Goldstein (2008).

vironment), werden beobachtbare Cues (x_i) genutzt. Die Inferenzen führen zu einer subjektiven mentalen Repräsentation über die Ausprägungen der Zielvariable (Y_s ; $s = \text{subjektiv}$) (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Das Linsenmodell von Brunswik (Quelle: eigene Darstellung nach Pfister et al. 2017, S. 129).



Die Ausprägungen der Zielvariablen sind zum Zeitpunkt der Inferenzbildung nicht beobachtbar bzw. liegen in der Zukunft. Die Cues hingegen sind proximal und können als Hinweise auf die Ausprägung der Zielvariablen genutzt werden. Zwischen den Cues (x_i) und der Zielvariablen (Y_e) bestehen mehr oder weniger starke Zusammenhänge, die in Form von Korrelationen (r_e) ausgedrückt werden können. Die Korrelationen zwischen einzelnen Cues und der Zielvariablen beschreiben die ökologische Validität der Cues. Zur Bildung der Vorstellung über Y_s werden subjektive Korrelationen (r_s) genutzt. Diese beschreiben die individuelle Vorstellung über den Zusammenhang zwischen den Cues und der Ausprägung der Zielvariablen Y_e . Die ökologischen und subjektiven Korrelationen müssen nicht zwangsläufig gleich sein. Durch Unterschiede können Abweichungen zwischen der subjektiven Einschätzung ($= Y_s$) und der tatsächlichen Ausprägung der Zielvariable ($= Y_e$) auftreten. Durch die (nachträgliche) Beobachtung der Ausprägung der Zielvariable und den Abgleich mit der subjektiven Einschätzung kann überprüft werden, ob das subjektive Modell zur Prognose geeignet ist. Die Prognoseleistung des Modells kann durch die Korrelation (r_a) zwischen der Aus-

prägung der Zielvariablen (Y_e) und der prognostizierten Ausprägung (Y_s) beschrieben werden.

Ein perfektes mentales Modell würde die Ausprägung der Zielvariablen (Y_e) immer exakt beschreiben bzw. prognostizieren und hätte folglich ein r_a von 1. Hierbei dienen die Cues als exogene Variablen, die in Abhängigkeit der subjektiven Korrelationen gewichtet und in einer Regressionsgleichung zur Prognose der endogenen Variable Y_s addiert werden. Allerdings ist die exakte mentale Nachbildung des ökologischen Systems aufgrund von Korrelationen zwischen Cues und nicht-linearen Beziehungen zwischen Zielvariablen und Cues schwierig (vgl. Pfister et al. 2017, S. 128ff).

Ein Beispiel für die Bildung mentaler Modelle bei inferentiellen Entscheidungsproblemen wurde von Gigerenzer et al. (1991) beschrieben. Das hierbei zu lösende Problem ist die Frage, welche von zwei deutschen Städten mehr Einwohner hat. Außer den Städtenamen wurden keine externen Informationen zur Lösung der Aufgabe präsentiert.

Es wird angenommen, dass eine Person zunächst überprüft, ob sie Wissen über die Einwohnerzahl der Städte hat. Dieser direkte Lösungsansatz wird als Bildung eines *local mental models* bezeichnet. Hierbei wird im Gedächtnis nach Wissen über die Einwohnerzahlen gesucht. Wenn die Bildung des *local mental models* erfolgreich ist, also die Einwohnerzahlen beider Städte erinnert werden können, dann wird die Antwort auf dieser Grundlage ermittelt. Wenn dies jedoch nicht der Fall ist, dann wird versucht, ein *probabilistic¹¹⁶ mental model¹¹⁷* zu bilden. *Probabilistic mental models* beschreiben, wie Entscheidungsträger Alternativen beurteilen und auswählen, ohne die Ausprägung der Zielvariablen zu kennen. Dabei sucht eine Person nach Cues, die Schlussfolgerungen auf die Einwohnerzahl der Städte ermöglichen. Die Entscheidung erfolgt durch den Rückschluss von beobachtbaren oder erinnerbaren Cues auf die Ausprägung der Zielvariablen. Es wird davon ausgegangen, dass Personen einen Zusammenhang zwischen der Zielvariablen und einem Cue auf der Grundlage bedingter Wahrscheinlichkeiten herstellen. Zur Bestimmung des Zusammenhangs zwischen der Zielvariable und beobachtbaren Attributen nutzen Personen die Beobachtungen einer (repräsentativen) Referenzgruppe. In dieser Referenzgruppe sind sowohl die Cues als auch die Ausprägungen der Zielvariablen beobachtbar bzw. erinnerbar. Im Beispiel der Einwohnerzahl besteht die Referenzgruppe aus allen (erinnerbaren) deutschen Städten. Mögliche Attribute zum Rückschluss auf die Größe einer Stadt sind z. B., ob eine Stadt einen Fußball-Bundesligisten hat oder ob es sich um eine Landeshauptstadt handelt. Innerhalb der Referenzgruppe kann abgeglichen werden, ob ein Zusammenhang zwischen den Attributen und der Einwohnerzahl besteht. Aufgrund dieser Informationen kann ein Modell konstruiert wer-

¹¹⁶ Eine probabilistische Aussage (auch: *Wahrscheinlichkeitsaussage*) sagt über einen Sachverhalt (etwa das Zustandekommen eines Ereignisses) aus, dass dieser zu einer bestimmten Wahrscheinlichkeit besteht.

¹¹⁷ Eine grundlegende Übersicht findet sich bei McClelland und Bolger (1994).

den. Es beschreibt, wie hoch die bedingte Wahrscheinlichkeit ist, dass eine bestimmte Ausprägung eines Cues mit einer bestimmten Merkmalsausprägung der Zielvariablen auftritt. Zum Beispiel haben Städte mit Fußball-Bundesligisten häufig große Einwohnerzahlen. Nachdem die bedingten Wahrscheinlichkeiten ermittelt wurden und das *probabilistic mental model* gebildet wurde, wird ein Vergleich der Merkmalsausprägungen des beobachtbaren bzw. erinnerbaren Attributs durchgeführt. Wenn erinnert werden kann, dass eine Stadt einen Fußball-Bundesligisten hat und die andere Stadt nicht, fällt die Auswahl auf die Stadt mit dem Fußball-Bundesligisten. Wenn sich die Städte in diesem Attribut nicht unterscheiden, kann nach weiteren Cues gesucht werden. Wenn keine Diskriminierung der Alternativen möglich ist, kann die Entscheidung durch eine zufällige Auswahl erfolgen (vgl. Gigerenzer et al. 1991, S. 507ff). Der Erfolg des mentalen Modells hängt davon ab, ob darin valide Cues berücksichtigt werden und ob diese Attribute eine Diskriminierung ermöglichen.

3.11.2 Informationelle Umwelt

Da mentale Modelle nur unvollständige Abbilder der Wirklichkeit darstellen und die exakten Zusammenhänge des ökologischen Systems der Umwelt nur vereinfacht darstellen, erwächst die Frage, wie die (vermuteten) Zusammenhänge zwischen Cues und der Zielvariable in Entscheidungsverfahren genutzt werden sollten. Die Eignung von Informationen zur Inferenzbildung kann durch drei Dimensionen beschrieben werden: Validität, Redundanz und Diskriminierungsrate.

Die Validität einer Information besagt, wie hoch die Vorhersagekraft eines Attributs für die Ausprägung einer Zielvariablen ist. Sie kann u. a. in Form von bedingten Wahrscheinlichkeiten (z. B. Reed 1972; Roach 1978; Gigerenzer et al. 1991; Gigerenzer & Goldstein 1996) oder als lineare Korrelation (z. B. Brunswik 1955; Sawyer 1991) ermittelt werden. Zur Ermittlung der Validität bedarf es einer Stichprobe, in der die Beobachtung der Ausprägungen von Cues und der Zielvariable möglich ist. Anhand der bedingten Wahrscheinlichkeiten bzw. der Korrelation zwischen einem Cue und der Zielvariablen kann die Validität bestimmt werden. Die Stichprobe wird auch als Referenzgruppe (Gigerenzer et al. 1991) bezeichnet. Die ökologische Validität beschreibt die relative Häufigkeit von korrekten Prognosen einer Zielvariablen für eine Referenzgruppe.

Die Bedeutung dieser Dimensionen wird am Beispiel der Inferenzaufgabe zur Einwohnerzahl deutscher Städte (Gigerenzer et al. 1991) durch die Ausführungen von Gigerenzer und Goldstein (1996) verdeutlicht. Im Beispiel der Inferenz über die Einwohnerzahl im paarweisen Vergleich von deutschen Städten mit mehr als 100.000 Einwohnern besteht die Referenzgruppe aus allen deutschen Städten ($n = 83$) mit mehr als 100.000 Einwohnern. Die Validität von Eigenschaften (siehe Tabelle 16) wird durch die bedingte Wahrscheinlichkeit einer korrekten Prognose über die Einwohnerzahl im paarweisen Vergleich auf der Grundlage des Vergleichs der binären Merkmalsausprägungen ermittelt. Über alle paarweisen Vergleiche

führt z. B. das Merkmal „Fußball-Bundesligist“ in 87% der Fälle, in denen sich die Alternativen in diesen Merkmalen unterscheiden, zu einer richtigen Einschätzung. Folglich liegt die ökologische Validität des Cues „Fußball-Bundesligist“ bei 0,87 (vgl. Tabelle 16 sowie Gigerenzer & Goldstein 1996, S. 654).

Tabelle 16: Cues, ökologische Validität und Diskriminierungsraten (Quelle: Gigerenzer & Goldstein 1996, S.655; durch den Autor aus dem Englischen ins Deutsche übersetzt)

Eigenschaften	Validität	Diskriminierungsrate
Handelt es sich um die Bundeshauptstadt?	1,00	,02
Hat die Stadt eine Messe?	,91	,25
Hat die Stadt einen Fußball-Bundesligisten?	,87	,30
Ist die Stadt eine Landeshauptstadt?	,78	,38
Liegt die Stadt an einem Intercity Haltepunkt?	,77	,30
Hat die Stadt eine Nummernschildabkürzung mit nur einem Buchstaben?	,75	,34
Hat die Stadt eine Universität?	,71	,51
Liegt die Stadt in einem Industriegürtel?	,56	,30
Liegt die Stadt in Ostdeutschland?	,51	,27

Die Redundanz¹¹⁸ beschreibt die Korrelation zwischen Attributen, die zur Inferenz auf die Ausprägung der Zielvariablen genutzt werden. Die Stärke der Korrelation bedingt, wie stark sich die Missachtung einzelner Informationen auf die Entscheidungsqualität auswirkt. Wenn eine vollständige positive Korrelation vorliegt, hat die Missachtung eines Cues keine Auswirkung auf die Entscheidungsqualität (Dieckmann & Rieskamp 2007). Die Bedeutung von Redundanz auf die Entscheidungsqualität kann jedoch nicht pauschal für alle Entscheidungsverfahren beurteilt werden. Wenn lexikografische Entscheidungsverfahren (z. B. *take the best*) angewendet werden, ist die Redundanz irrelevant, da zunächst nur die Eigenschaft berücksichtigt wird, die die höchste Validität aufweist. Nur wenn diese nicht zur Diskriminierung geeignet ist, wird die nächste Eigenschaft berücksichtigt.

Die Diskriminierungsrate beschreibt, wie häufig eine Eigenschaft zur Schlussfolgerung genutzt werden kann. Sie ist davon abhängig, ob sich die Alternativen in einer Eigenschaft unterscheiden. Je größer die Diskriminierungsrate ist, desto häufiger kann eine Eigenschaft zur Inferenz verwendet werden. So hat im Beispiel der Einwohnerzahl nur eine Alternative (Berlin) die Eigenschaft „Bundeshauptstadt“ (siehe Tabelle 16). Die übrigen 81 Städte haben die Eigenschaft „keine Bundeshauptstadt“ und unterscheiden sich daher im paarweisen Vergleich nicht. Nur wenn Berlin im paarweisen Vergleich zur Auswahl steht, kann der Cue „Bundeshauptstadt“ genutzt werden. Demgegenüber kann z. B. die Eigenschaft „Landeshauptstadt“ in 38% der Fälle zur Unterscheidung genutzt werden (Gigerenzer & Goldstein 1996).

¹¹⁸ Grundsätzlich gibt es verschiedene Arten der Redundanzmessung (siehe z. B. Yu und Liu 2004).

3.11.3 Heuristiken, mentale Modelle und Umweltstruktur

Die Berücksichtigung mentaler Modelle als subjektiv unterschiedliches Wissen über die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen Cues und Zielvariablen unterstreicht die Bedeutung des individuellen Wissens. Die Anwendung von Heuristiken lässt Rückschlüsse auf die mentalen Modelle von Personen zu. So kann aufgrund der berücksichtigten Informationen und deren Gewichtung auf die Vorstellung über die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge von Personen geschlossen werden. Allerdings bedingen nicht nur die mentalen Modelle, sondern auch die informationelle Umweltstruktur die Anwendbarkeit und den Erfolg von Heuristiken. Gigerenzer (2008) zählt Heuristiken auf, die trotz einfacher Entscheidungsregeln und geringem Entscheidungsaufwand zu „guten“ Ergebnissen führen. Hierbei skizziert er, welche Voraussetzungen für die erfolgreiche Anwendung notwendig sind. Diese wurden in sehr unterschiedlichen Kontexten beschrieben und untersucht. Einige dieser Heuristiken werden nachfolgend kurz beschrieben:

Recognition heuristic

Wenn eine von zwei Alternativen erkannt wird, wähle die erkannte. Die Erinnerbarkeit einer Alternative kann als Hinweis auf die Bedeutung der Alternative interpretiert werden. Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung ist, dass die Korrelation zwischen der Ausprägung der Zielvariablen und dem Wiedererkennen (Rekognitionsvalidität) $> 0,5$ ist (Goldstein & Gigerenzer 2002).

Take the Best

Die Inferenz wird auf der Grundlage des Cues mit der höchsten Validität gebildet. Wenn aufgrund dieses Cues keine Diskriminierung möglich ist, werden in Abhängigkeit der Validität weitere Cues verglichen. Dieses Vorgehen wird fortgesetzt bis ein Cue die Alternativen diskriminiert. Die Fokussierung auf einen Cue als Entscheidungskriterium ist erfolgsversprechend, wenn eine große Varianz zwischen den Cue-Validitäten und eine moderate bis hohe Redundanz vorliegen (Gigerenzer & Goldstein 1996).

Tallying

Rückschlüsse werden aufgrund der Anzahl positiver Cues gezogen. Es werden keine Gewichtungen der Cues vorgenommen. Dieses Vorgehen führt unter der Voraussetzung, dass die Varianz der Cue-Validitäten und die Redundanz gering sind, zu erfolgreichen Entscheidungen (Dawes 1979).

1/N; equality heuristic

Die Ressourcen werden gleichmäßig auf alle Alternativen verteilt. Die 1/N-Heuristik wurde im Kontext von Investitionsentscheidungen entwickelt und getestet. Die gleichmäßige Verteilung auf alle Investitionsalternativen brachte im Vergleich zu optimierenden Verfahren höhere

Erlöse. Der Erfolg erklärt sich durch die Unvorhersagbarkeit der Entwicklung der Umwelt und geringe Stichprobengrößen zur Ermittlung der Daten für optimierende Verfahren (DeMiguel et al. 2009).

Imitate the majority

Die Entscheidung wird auf Grundlage der Beobachtung des Verhaltens der meisten Personen einer repräsentativen Gruppe getroffen. Die Orientierung am Verhalten der Mehrheit ist nützlich, wenn sich die Umwelt nicht bzw. nur langsam verändert und die Informationssuche aufwendig ist (Boyd & Richerson 2005).

Imitate the successful

Diese Heuristik beschreibt die Beobachtung und Nachahmung des Verhaltens von erfolgreichen Personen. Diese Vorgehensweise bietet Vorteile, wenn die Informationsgewinnung aufwendig oder die eigenen Fähigkeiten zur Verarbeitung der Informationen ungenügend sind (Boyd & Richerson 2005).

Die Beispiele zeigen, dass die Anwendbarkeit von Heuristiken inter- und intrapersonell sowie in Abhängigkeit der informationellen Umwelt variieren kann. In diesem Zusammenhang werden Heuristiken als adaptive Verfahren bezeichnet, die flexibel eingesetzt werden (z. B. Einhorn & Hogarth 1981, S. 61; Gigerenzer 2001, S. 42). Zur Auseinandersetzung mit dem Entscheidungsverhalten bei der Sortenwahl ist es also bedeutsam, die informationelle Umweltstruktur der Entscheidungssituation mit einzubeziehen. Im nachfolgenden vierten Kapitel wird die informationelle Umwelt bei der Sortenwahl thematisiert. In einer Expertenbefragung wird ermittelt, welche Informationsquellen Landwirte bei der Sortenwahl nutzen bzw. als geeignet ansehen. Die bedeutendsten Informationsquellen werden näher beschrieben. Es wird u. a. darauf eingegangen, welche Fähigkeiten und mentalen Modelle zur zielführenden Verwendung der Informationen der einzelnen Quellen notwendig sind und welche (heuristischen) Entscheidungsverfahren angewendet werden können. Zudem wird in der Expertenbefragung ermittelt, welche Vorstellungen Landwirte und Pflanzenbauberater über den Zusammenhang zwischen Produktionssystem, Sorteneigenschaften und Ertrag haben.

4 Expertenbefragung

Die Sortenwahl bei Winterweizen ist aufgrund des herausragenden Flächenanteils dieser Kulturpflanze an der gesamten deutschen Ackerfläche (siehe Abschnitt 2) und damit auch auf einzelbetrieblicher Ebene eine bedeutende operative Entscheidung. Sie wird jährlich in landwirtschaftlichen Fachzeitschriften thematisiert.¹¹⁹ Zudem veröffentlichen staatliche und privatwirtschaftliche Berater regelmäßig Informationsmaterialien mit Versuchsergebnissen und Sortenempfehlungen.¹²⁰ Die hieran ersichtliche Relevanz für die landwirtschaftliche Praxis spiegelt sich jedoch nicht in der Anzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen wider. In einer umfassenden Durchsicht der agrarökonomischen Forschung konnten keine Publikationen zu Entscheidungsverfahren bei der Sortenwahl gefunden werden.¹²¹

Die Sortenwahl ist ein Inferenzproblem, bei dem die Landwirte auf der Grundlage ihres individuellen Wissens und externer Informationen Rückschlüsse auf die Eignung von Sorten für ihre Produktionssysteme ziehen können. In Abschnitt 2.4 wird beschrieben, dass die relative Leistungsfähigkeit von Sorten im Zeitablauf abnimmt. Dennoch greifen Landwirte vermehrt auf ältere Sorten zurück. In der Regel erreichen Sorten erst einige Jahre nach deren Zulassung den Höhepunkt des Anbauumfangs. Zu diesem Zeitpunkt haben die Sorten einen Teil ihrer positiven Eigenschaften eingebüßt. Doch warum verzögert sich der Anbau neuer Sorten? Diese Frage kann anhand der produktionsökonomischen Theorie nicht beantwortet werden.¹²²

Die Sortenwahl ist aufgrund

- der Vielzahl von Alternativen¹²³,
- der Veränderungen der Umwelt (z. B. Anpassung von Pathogenen)¹²⁴,
- der komplexen Wechselwirkungen innerhalb des Produktionssystems und
- des ungewissen Umweltfaktors Witterung¹²⁵

ein schlecht zu strukturierendes Entscheidungsproblem. Im vorangegangenen Kapitel werden eine Vielzahl von Heuristiken und heuristischen Prinzipien beschrieben. Diese sind zur

¹¹⁹ Bundesweite Fachzeitschriften: z. B. dlz agrarmagazin, dlz Sortenführer, top agrar, DLG-Mitteilungen. Auf regionaler Ebene erscheinen diese in den landwirtschaftlichen Wochenblättern.

¹²⁰ Veröffentlichungen dieser Art sind u. a. online bei den staatlichen Forschungs- und Beratungsinstitutionen (z. B. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, etc.) zu finden.

¹²¹ Hierzu wurden die Veröffentlichungen im European Review of Agricultural Economics, im Journal of Agricultural Economics, im German Journal of Agricultural Economics, in den GeWiSoLa-Tagungsbänden und die Diskussionspapiere im deutschsprachigen Raum der Jahre 2010 bis 2016 systematisch untersucht.

¹²² Siehe Abschnitt 2.8.

¹²³ Siehe Abschnitt 2.2.

¹²⁴ Siehe Abschnitt 2.4.3.

¹²⁵ Siehe Abschnitt 2.5.

Lösung von schlecht strukturierten Entscheidungsproblemen geeignet. Allerdings ist unklar, wie die Landwirte bei der Sortenwahl vorgehen. In Abschnitt 3.11.2 wird die besondere Bedeutung der informationellen Umwelt und von mentalen Modellen bei der Entscheidungsfindung allgemein aufgezeigt. In diesem Kapitel werden die informationelle Umwelt und die mentalen Modelle der Landwirte bezüglich der Sortenwahl thematisiert.

In Abschnitt 3.9 werden Studien des *heuristics and biases program* und des *accuracy effort framework* kritisiert, weil die Probanden mit Entscheidungsproblemen konfrontiert wurden, die anhand der präsentierten Informationen „optimal“ gelöst werden konnten. In den konstruierten Entscheidungssituationen wurden Informationen bereitgestellt, die ohne kontextspezifisches Wissen genutzt werden konnten. Die subjektive Beurteilung der Validität von Informationen war nicht Bestandteil der Fragestellungen. Die Probanden mussten die Informationen, ähnlich wie Computerprogramme, durch die Anwendung verschiedener Algorithmen in ein Urteil überführen. Bei der Sortenwahl hingegen ist unklar, welche Informationen zur Entscheidungsfindung genutzt werden und wie einzelne Informationen gewichtet werden.

Bisher gibt es keine Studien, die die Entscheidungsverfahren und die zugrundeliegenden mentalen Modelle bei der Sortenwahl thematisieren. Die Nutzung von Informationsquellen bei der Sortenwahl für Winterweizen wurde von Macholdt (2013) untersucht. Die Studie wurde im Rahmen einer Erhebung von Erwartungen über die Auswirkungen des Klimawandels auf den Weizenanbau in Nordostdeutschland durchgeführt. Hierbei gaben die 241 befragten Landwirte an, dass sie eigene Erfahrungen (99%), Landessortenempfehlungen (89%) und den Austausch mit Berufskollegen (86%) als wichtige bzw. sehr wichtige Informationsquellen ansehen. Informationen von Züchtungsunternehmen (62%) und des Agrarhandels (44%) wurden von weniger Landwirten als wichtig bzw. sehr wichtig eingestuft (Macholdt 2013, S. 24f).

Diese Ergebnisse sind nur bedingt für die Auseinandersetzung mit der individuellen Nutzung von Informationsquellen verwendbar. Zum einen wurde die Erhebung in Form einer gestützten Abfrage durchgeführt. Die Befragten hatten nicht die Möglichkeit, weitere Quellen zu nennen. Hierdurch ist unklar, ob es sich bei diesen Quellen tatsächlich um die relevanten Quellen handelt. Neben den von Macholdt (2013) abgefragten Quellen können Landwirte z. B. auf die Beschreibende Sortenliste des Bundessortenamts und Landessortenversuche zurückgreifen. Zum anderen kann aus den aggregierten Daten nicht geschlossen werden, welche Informationsquellen von einzelnen Landwirten besonders bevorzugt werden.

Die empirische Untersuchung der Sortenwahl erfolgt in der vorliegenden Arbeit in zwei Schritten. Da nicht bekannt ist, welche Informationsquellen von Landwirten genutzt werden und welche (heuristischen) Entscheidungsverfahren die Landwirte bei der Auswahl von Sorten anwenden, werden in diesem Kapitel zunächst Expertenbefragungen durchgeführt. Die gewonnenen Erkenntnisse und die in Kapitel 3 beschriebenen Erkenntnisse zur Anwendung

heuristischer Entscheidungsverfahren werden anschließend in einem ökonomischen Experiment näher untersucht. Das Experiment wird separat in Kapitel 5 beschrieben.

4.1 Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Expertenbefragung

In Kapitel 3 werden die Annahmen und Schlussfolgerungen des *fast and frugal programs* (Gigerenzer & Goldstein 1996) bzw. des *ecological rationality*-Ansatzes (Goldstein & Gigerenzer 2002; Todd & Gigerenzer 2012b) vorgestellt. Diese werden als geeignetste theoretische Erklärungsansätze zur Auseinandersetzung mit der Sortenwahl und dem verzögerten Anbau älterer Sorten angesehen.

Bisher ist nicht bekannt, in welchen Kombinationen Informationsquellen von einzelnen Landwirten genutzt werden. Außerdem ist nicht klar, welche Sorteneigenschaften in welchem Ausmaß bei der Entscheidung berücksichtigt werden. Zur Annäherung an die Fragen, wie Landwirte bei der Sortenauswahl vorgehen und wodurch der verzögerte Anbau neuer Sorten erklärt werden kann, werden Expertenbefragungen durchgeführt. Hierbei wird zum einen die Eignung von Informationsquellen und zum anderen die Relevanz von Sorteneigenschaften in spezifischen Produktionssystemen abgefragt.¹²⁶

Aus entscheidungstheoretischer Sicht bestimmt die subjektive Einschätzung über die Eignung von Quellen und die Relevanz von Eigenschaften das Vorgehen bei der Entscheidungsfindung. Hierbei gelten folgende Annahmen:

- (I) Entscheidungsträger gründen ihre Entscheidung bei der Sortenwahl auf Quellen, die sie als geeignet zur Aussage über die Ausprägung einer unbekanntem Zielvariablen halten. Je höher die subjektiv wahrgenommene Validität der Quellen ist, desto höher wird die Relevanz eingestuft.
- (II) Entscheidungsträger berücksichtigen bei der Sortenwahl Informationen, die sie subjektiv als valide für die Inferenz auf die Ausprägung von Zielvariablen erachten. Je höher die Validität einer Information für die Schlussfolgerung auf die Ertragsleistung geschätzt wird, desto stärker wird diese Information berücksichtigt.

Die Gesamtheit der Quellen stellt die informationelle Umwelt der Landwirte dar. Um einen Überblick über Informationsquellen zur Sortenwahl zu erhalten, wurden im Rahmen der Fragebogenentwicklung Interviews mit Landwirten geführt. Die genannten Quellen wurden als Antwortalternativen in den Fragebogen aufgenommen. Weiterführende Hypothesen zur Nutzung von Informationsquellen werden nicht aufgestellt. Aufbauend auf den Ergebnissen der Expertenbefragungen werden die relevantesten Informationsquellen in Abschnitt 4.3.3 näher beschrieben.

Vorab kann bereits erwähnt werden, dass sich die Informationsquellen hinsichtlich der präsentierten Alternativen und Attribute unterscheiden. Aus den Angaben zur Eignung einzelner

¹²⁶ Die Fragebögen sind in Anhang 2 und Anhang 3 angefügt.

Quellen können Rückschlüsse auf die Anwendung von Heuristiken bei der Sortenwahl gezogen werden. Der Zusammenhang zwischen einzelnen Quellen, der Anwendbarkeit von Heuristiken und den hierzu notwendigen mentalen Modellen wird bei der Beschreibung der Quellen in Abschnitt 4.3.3 hergestellt. Die Quellen unterscheiden sich zudem in der Aktualität der Informationen. Während die Informationen in einigen Quellen bereits zum Zulassungszeitpunkt der Sorten vorliegen, sind die Informationen anderer Quellen erst einige Jahre nach der Sortenzulassung verfügbar. Die Antworten der Landwirte werden genutzt, um zu überprüfen, inwiefern die verwendeten Quellen den verzögerten Anbau neuer Sorten erklären können.

Die Abfrage ertragsrelevanter Sorteneigenschaften in verschiedenen Produktionssystemen dient dazu, einen Überblick über die individuellen Vorstellungen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen Sorteneigenschaften und Ertrag in unterschiedlichen Produktionssystemen zu schaffen. Ein zentraler Aspekt bei der Anwendung von Heuristiken ist die Reduktion des Entscheidungsaufwands in konkreten Entscheidungssituationen. Aus der Anzahl der Nennungen relevanter Eigenschaften kann abgeleitet werden, wie viele Eigenschaften die Landwirte als ertragsrelevant erachten. Wenn nicht alle Sorteneigenschaften als ertragsrelevant eingestuft werden, kann gefolgert werden, dass die Reduktion der Informationsmenge bei Entscheidungen zur Sortenwahl nicht primär auf eine Verminderung des Entscheidungsaufwands zurückgeführt werden kann. Stattdessen liegt dann die primäre Ursache für die Reduktion der Informationsmenge in der subjektiven Einschätzung über die Ertragsrelevanz einzelner Eigenschaften.

Beide Aspekte, die Eignung von Informationsquellen und die Relevanz der Sorteneigenschaften, werden durch die Abfrage von Rangfolgen ermittelt. Dieses Verfahren wird aufgrund seiner Einfachheit gewählt. Grundsätzlich wäre auch eine detaillierte Abfrage von expliziten Gewichtungsfaktoren und Mindestanforderungen für die Ausprägung von Sorteneigenschaften denkbar. Durch diese Informationen wären genauere Einblicke in die Ursache-Wirkungs-Modelle der Experten möglich. Die explizite Angabe von Gewichtungen und Mindestanforderungen wäre jedoch für die Befragungsteilnehmer deutlich aufwendiger. Hierdurch stiege die Gefahr von Ermüdungseffekten oder eines Abbruchs der Befragung. Zudem steht nur eine begrenzte Zeit zur Durchführung der Befragung zur Verfügung. Um überprüfen zu können, welche Einschätzungen vorliegen, genügt zunächst eine nominale bzw. ordinale Messung. Nur wenn auf diesen niedrigen Skalenniveaus einheitliche Einschätzungen vorliegen, ist eine übereinstimmende Beurteilung auf höheren Skalenniveaus möglich. Mit der Abfrage nominaler (relevant oder irrelevant) und ordinaler Einordnungen (Rangfolge), wird also die Mindestanforderung für einheitliche Einschätzungen der Relevanz überprüft. Wenn hierbei kein einheitliches Bild vorliegt, ist eine einheitliche Einschätzung auf höheren Skalenni-

veaus (z. B. numerische Gewichtungsfaktoren) ausgeschlossen. Die Erhebung erfolgt in Papierform und ohne monetären Anreiz.

4.2 Stichprobe

Die Expertenbefragung wurde mit staatlichen Pflanzenbauberatern und Landwirten durchgeführt. Bei einer Fortbildungsveranstaltung für Pflanzenbauberater des *Landesbetriebs Landwirtschaft Hessen* und des *Pflanzenschutzdienstes Hessen* mit den Schwerpunkten Sortenwahl und Pflanzenschutzmitteleinsatz bei Winterweizen im November 2015 konnten 19 staatliche Pflanzenbauberater¹²⁷ befragt werden. Von diesen haben 18 bzw. 15 die Beratung zur Sortenwahl und zum Pflanzenschutzmitteleinsatz (Mehrfachnennungen möglich) als zentrale Tätigkeitsfelder genannt. Fünfzehn Befragte sind direkt an der Durchführung bzw. Auswertung von Sortenversuchen bei Winterweizen beteiligt. Die Berater haben zwischen unter einem und 36 Jahren Berufserfahrung (im Durchschnitt 16 Jahre).

Die Befragung der Landwirte¹²⁸ erfolgte während eines Treffens des Arbeitskreises Ackerbau Eschwege im Dezember 2015. Die Themen des Treffens waren Sortenwahl und Pflanzenschutz bei Weizen. Es nahmen 14 Landwirte teil. Die AK-Mitglieder bewirtschaften im Vergleich zum deutschen und insbesondere hessischen Durchschnitt größere Ackerflächen, die zwischen 75 ha und 400 ha variieren und im Durchschnitt bei 200 ha liegen. Die Weizenfläche der Betriebe beträgt im arithmetischen Mittel 72 ha und schwankt zwischen 20 ha und 160 ha. Unter den Befragten sind sechs Landwirtschaftsgesellen, die übrigen sind Landwirtschaftsmeister bzw. Techniker.

4.3 Expertenbefragung zu relevanten Informationsquellen

Landwirte können bei der Sortenwahl auf unterschiedliche Quellen zurückgreifen. Hierbei stehen neben objektiven, von staatlichen Institutionen erhobenen Daten (z. B. Beschreibende Sortenliste, Landessortenversuche) auch Informationen privatwirtschaftlicher Unternehmen (z. B. Werbeaussagen von Pflanzenzüchtern), eigene Erfahrungen der Landwirte und Empfehlungen von Berufskollegen zur Auswahl. Unklar ist bisher, welche dieser Quellen von einzelnen Landwirten genutzt werden.

4.3.1 Methode

Die Experten werden gebeten, eine Reihenfolge der Eignung von Informationsquellen aufzustellen. Hierzu wird eine Liste mit neun Quellen präsentiert. Es handelt sich um Quellen, die von Landwirten in den vorab durchgeführten Interviews als subjektiv relevant beschrieben wurden. Die Quellen sind in Abbildung 6 aufgelistet. Zusätzlich können die Befragten weitere Quellen nennen.

¹²⁷ Nachfolgend als „Berater“ benannt.

¹²⁸ Nachfolgend als „AK-Mitglieder“ benannt.

Die Teilnehmer können selbst bestimmen, wie viele Quellen sie in die Rangfolge einbeziehen. Wenn z. B. nur eine Quelle als geeignet angesehen wird, kann entsprechend nur Rang eins vergeben werden. Wenn fünf Quellen als geeignet erachtet werden, können fünf Ränge vergeben werden usw. Jede Quelle, der ein Rang zugeordnet wird, wird als grundsätzlich geeignet erachtet.¹²⁹ Aus den Antworten kann abgeleitet werden, welche Informationsquellen aus Sicht der Berater beachtet werden sollten und welche Quellen von AK-Mitgliedern genutzt werden.

4.3.2 Ergebnisse

Vor der Darstellung der Ergebnisse muss erwähnt werden, dass die Berater bei der Beantwortung von individuellen Interessen beeinflusst gewesen sein könnten. Schließlich würde eine negative Einschätzung von selbst zu verantwortenden Quellen (z. B. Landessortenversuche und Sortenempfehlungen) die eigene Tätigkeit infrage stellen. Daher sind Niveauunterschiede zwischen den Einschätzungen der Berater und der Landwirte bzgl. der Eignung von Quellen, an deren Erstellung die Berater z. T. selbst beteiligt sind, nur eingeschränkt belastbar.

Bei der Einschätzung zur Eignung von Quellen zeigt sich, dass in beiden Gruppen in Bezug auf den Anteil von Nennungen ähnliche Einschätzungen vorliegen. Im Durchschnitt werden mehrjährige Landessortenversuche, eigene Erfahrungen, Empfehlungen von staatlichen Beratern und anderen Landwirten sowie die Beschreibende Sortenliste am häufigsten genannt. Tendenziell schätzen die Landwirte Erfahrungen aus ihrem direkten Umfeld (eigene Erfahrungen und Empfehlungen von Berufskollegen) im Vergleich zu den Empfehlungen staatlicher Berater als geeignetere Informationsquellen ein. Bemerkenswert ist, dass über ein Drittel der Berater und 14% der AK-Mitglieder eigene Erfahrungen als gänzlich ungeeignete Information zur Sortenwahl einstufen (siehe Abbildung 6).

In beiden Gruppen werden mehrjährige Landessortenversuche am häufigsten (89,5% bzw. 100%) genannt. Anschließend liegen jedoch Unterschiede zwischen den Gruppen vor. Während die Berater ihre eigenen Empfehlungen (= Sortenempfehlungen staatlicher Berater; 78,9%) am zweithäufigsten aufzählen, werden von den Landwirten eigene Erfahrungen mit Sorten (85,7%) am zweitmeisten genannt. Bei den Beratern folgen eigene Erfahrungen der Landwirte (63,3%) und die Beschreibende Sortenliste (57,9%). Bei den AK-Mitgliedern werden die Empfehlungen anderer Landwirte (71,4%) am dritt- und ebenfalls die Beschreibende Sortenliste (64,3%) als vierthäufigstes genannt.

¹²⁹ Binäre Unterscheidung: In Rangordnung einbezogen = relevant, nicht in Rangordnung einbezogen = irrelevant.

Von den Beratern bewertet im Vergleich zu den AK-Mitgliedern ein größerer Anteil Werbeaussagen von Pflanzenzüchtern und Sortenempfehlungen von privaten Beratern als geeignet. Demgegenüber stuft ein größerer Anteil der AK-Mitglieder Fachzeitschriften als geeignete Quellen ein.

Jeweils ein Berater nennt unter „Sonstiges“ regionale Sortenversuche und Informationen aus Arbeitskreisen des LLH. Von den AK-Mitgliedern werden keine zusätzlichen Informationsquellen genannt. Damit stellt Abbildung 6 eine vollständige Übersicht der relevanten Informationsquellen zur Sortenwahl dar.

Die Vergabe eines Ranges für eine Quelle ist gleichbedeutend mit der grundsätzlichen Einschätzung, dass diese zur Sortenwahl verwendet werden sollte. Berater vergeben im Durchschnitt 5,2 und die AK-Mitglieder 5 Ränge. Folglich beurteilen sie im Durchschnitt 5,2 bzw. 5 Quellen als grundsätzlich geeignet. Die Anzahl der vergebenen Ränge variiert zwischen zwei und 10. Insgesamt zeigt sich kein einheitliches Meinungsbild innerhalb der beiden Gruppen (siehe Tabelle 17). Dies bezieht sich sowohl auf die Menge als auch auf die Reihenfolge der als nützlich eingestuften Quellen. Unter allen Teilnehmern konnte nur eine vollständige Übereinstimmung¹³⁰ in den Rangfolgen gefunden werden. Mit Ausnahme der übereinstimmend hohen Beurteilung der mehrjährigen Landessortenversuche zeigt sich ein sehr heterogenes Bild. Zur Verdeutlichung: Ein absolut homogenes Meinungsbild läge vor, wenn die Experten die exakt gleichen Quellen in der gleichen Reihenfolge genannt hätten. Dies hätte in Abbildung 6 für vollständig irrelevante Quellen (= keine Nennung) zu keinem Balken und für relevante Quellen zu Balken von jeweils 100%-Nennungen und einheitlichen Tönungen geführt. In Tabelle 17 wären alle Zellen einer Zeile gleich getönt gewesen. Die Bedeutung dieses Ergebnisses wird in Abschnitt 6.6 aufgegriffen und diskutiert.

¹³⁰ Fragebogennummer 9 und 15 der Berater, siehe Tabelle 17.

Tabelle 17: Individuelle Rangfolgen zur Eignung von Informationsquellen. (A) Pflanzenbauberater (n = 19) und (B) Arbeitskreismitglieder (n = 14). In den Zellen sind die vergebenen Ränge abgetragen. * = Quellen, an deren Erstellung die Pflanzenbauberater teilweise selbst beteiligt sind. Abkürzungen: SV = Sortenversuche FZ = Fachzeitschriften, LW = Landwirte, SE = Sortenempfehlung, BSL = Beschreibende Sortenliste, LSV = Landessortenversuche; Quelle: eigene Erhebung)

(A) Pflanzenbauberater																				
Fragebogen-Nr.	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	
Quelle																				
Regionale SV														3						
Werbung			3		5						8	8	10			10	5			
FZ			2							4	4	4	9			8		4	1	
SE priv. Berater					4		5		5		5	7	8			6			4	
SE anderer LW	5				3	4	4				7		6		2	5			6	
Eigene Erfahrungen		3	4		2		1			3	6	1	5		3	4	2		3	
AK Pflanzenbau*	6																			
BSL*	3			4		3			2	5	2	5	4		1	9		2		
Einjährige LSV*	4			2		1	3		4			3	2			1	1	3	7	
SE staatl. Berater*	2	1		3	1	5		2	3	2	3	6	7	2		3	3		2	
Mehrjährige LSV*	1	2	1	1		2	2	1	1	1	1	2	1	1		2	4	1	5	
Anzahl Nennungen	6	3	4	4	5	5	5	2	5	5	8	8	10	2	3	9	5	4	7	
(B) Arbeitskreismitglieder																				
Fragebogen-Nr.	1	2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	14	15	16						
Regionale SV**																				
Werbung								6	5			5								
FZ	4			2			3	5	2		3	2	3							
SE priv. Berater			2					8	9											
SE anderer LW	5	4	1		2		2	2	7	4			1	3						
Eigene Erfahrungen		1	5	3	1	2	4	3	1	3		3	2	2						
AK Pflanzenbau																				
BSL	3		4		3		5	4	4	2	2	1								
Einjährige LSV								9	8				4							
SE staatl. Berater	2	3	2			1	1	1	6		4									
Mehrjährige LSV	1	2	3	1	4	3	6	7	3	1	1	4	5	1						
Anzahl Nennungen	5	4	6	3	4	3	6	9	9	4	4	5	5	3						

4.3.3 Beschreibung relevanter Informationsquellen

Obwohl es große Unterschiede in den individuellen Rangfolgen gibt, zeigt sich in Abbildung 6 die besondere Relevanz einzelner Quellen für die Sortenwahl bei Winterweizen. Insgesamt stufen beide Expertengruppen

- mehrjährige Landessortenversuche,
- eigene Erfahrungen,
- Empfehlungen anderer Landwirte,
- die Beschreibenden Sortenliste und
- Empfehlungen staatlicher Berater

als relevanteste Informationsquellen ein. Im Nachfolgenden werden die Quellen näher beschrieben. Die Quellen unterscheiden sich in den Aspekten:

- Datengrundlage (Anzahl Umwelten, z. B. Standorte und Versuchsjahre),
- Stichprobe/Anzahl der empfohlenen Sorten,
- Anzahl Attribute/Cues,
- Nachvollziehbarkeit der Datenerhebung und
- Aktualität.

Die Ausprägung dieser Dimensionen nimmt Einfluss auf die Anwendbarkeit von heuristischen Entscheidungsverfahren. Vor der Beschreibung der einzelnen Informationsquellen wird zunächst dargelegt, was unter diesen Dimensionen verstanden wird.

Datengrundlage

Die Datengrundlage ergibt sich aus der Anzahl an Umwelten¹³¹, in denen die Leistung der Sorten beobachtet wurde. Unter der Annahme, dass die Sorten in Abhängigkeit des Produktionssystems und der Witterung Leistungsschwankungen unterliegen, ist eine große Datengrundlage vorzuziehen. Diese ergibt sich aus der Anzahl an Produktionssystemen (Standorte, Produktionsverfahren und Versuchsjahre), in denen die Sorten beobachtet wurden.

Stichprobe/Anzahl der empfohlenen Sorten

Die Größe der Stichprobe bzw. die Anzahl der aufgeführten Sorten in den Quellen bestimmt die Anzahl der Alternativen, aus denen ausgewählt werden kann. Je größer die Anzahl an Sorten ist, desto größer ist der Entscheidungsraum für die Landwirte.

Anzahl Attribute/Cues

Die Anzahl der Attribute/Cues in den Quellen bestimmt in Kombination mit der Anzahl der aufgeführten Sorten die (maximale) Informationsmenge, die bei der Entscheidungsfindung verarbeitet werden kann bzw. muss.

¹³¹ Die Umwelten können auch als Produktionssysteme bezeichnet werden.

Nachvollziehbarkeit

Die Nachvollziehbarkeit der Datenerhebung ergibt sich aus der Beschreibung der Produktionssysteme (Standorte und Produktionsverfahren) und Witterungsbedingungen, die auf die Sorten während der Datenerhebung eingewirkt haben. Je exakter die Beschreibung in den Quellen erfolgt bzw. die Anbaubedingungen beobachtbar sind, desto größer sind die Möglichkeiten zur Überprüfung der Übereinstimmung der Umwelt der Datenerhebung mit dem Produktionssystem der Landwirte. Bei Empfehlungen anderer Landwirte und staatlicher Berater bezieht sich die Nachvollziehbarkeit auf die Beschreibung der Kriterien, anhand derer die Empfehlungen ausgesprochen werden.

Aktualität

Die Aktualität der Informationsquellen bezieht sich auf die zeitliche Differenz zwischen Sortenzulassungen und Datenverfügbarkeit. Je früher die entscheidungsrelevanten Informationen verfügbar sind, desto früher können neue, züchterisch verbesserte Sorten ausgewählt werden.

Zunächst werden die von staatlichen Institutionen veröffentlichten Quellen beschrieben. Zu Beginn wird die Beschreibende Sortenliste dargestellt, anschließend werden Landessortenversuche thematisiert. Da die mehrjährigen Landessortenversuche die Ergebnisse einjähriger Landessortenversuche zusammenfassen, wird auch die Durchführung der einjährigen Landessortenversuche erläutert. Anschließend erfolgt die Darstellung der Empfehlungen staatlicher Pflanzenbauberater. Zum Abschluss werden eigene Erfahrungen und Sortenempfehlungen anderer Landwirte thematisiert.

4.3.3.1 Beschreibende Sortenliste

Die Beschreibende Sortenliste wird durch das Bundessortenamt veröffentlicht. Die Sortenlisten sind sowohl in digitaler¹³² als auch analoger¹³³ Form verfügbar.

Datengrundlage

Die Merkmalsbeschreibungen in der Beschreibenden Sortenliste beruhen auf Ergebnissen von dreijährigen Wertprüfungen¹³⁴ an 14 Versuchsstandorten. Aufgrund der relativ großen Beobachtungszahl (42 Umwelten) hat die Beschreibende Sortenliste eine breite und gegen verzerrende Faktoren robuste Datengrundlage. Sie beinhaltet im Vergleich zu den übrigen, nachfolgend beschriebenen Informationsquellen die größte Anzahl an Beobachtungen der Sortenleistungen.

¹³² Onlinedatenbank auf der Internetseite des Bundessortenamtes (www.bundesortenamt.de).

¹³³ Gedruckte Veröffentlichung der Beschreibenden Sortenliste.

¹³⁴ Die Durchführung der Wertprüfungen und die Ermittlung der Merkmalsausprägungen werden in diesem Abschnitt im Absatz „Transparenz“ näher beschrieben.

Anzahl Sorten

In der Beschreibenden Sortenliste sind alle in Deutschland zugelassenen Sorten (ca. 160 Sorten) in tabellarischer Form aufgeführt.

Anzahl Cues

Die Sorten werden anhand von 18 Wuchs-, Resistenz- und Ertragseigenschaften¹³⁵ sowie 12 Qualitätseigenschaften¹³⁶ auf neunstufigen Skalen beschrieben. Die Beschreibende Sortenliste enthält im Vergleich zu den nachfolgend beschriebenen Quellen die größte Anzahl an Cues.

Nachvollziehbarkeit

Die Daten zur Ermittlung der Merkmalsausprägungen stammen aus Wertprüfungen an unterschiedlichen Standorten und aus mehreren Jahren (BSA 2000). Die Erhebung der Primärdaten und die Transformation der Daten in Ausprägungsstufen werden nachfolgend beschrieben.

Die Wertprüfungen werden im Rahmen der Sortenzulassung nach den „Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen“ durchgeführt (BSA 2000) und dienen zur Erhebung der Primärdaten. Die rechtliche Grundlage hierfür sind das Saatgutverkehrsgesetz (SaatG) vom 20. August 1985 (BGBl IS, S. 3154) und die Verordnung über Verfahren des Bundessortenamts (BSAVfV) vom 30. Dezember 1985 (BGB1.I, S. 23). Die Wertprüfungen werden in zwei unterschiedlichen Pflanzenschutzintensitäten durchgeführt. In Behandlungsstufe 1 (Stufe 1) werden keine Fungizide und Wachstumsregulatoren eingesetzt. In Behandlungsstufe 2 (Stufe 2) werden diese Pflanzenschutzmittel „praxisüblich“ verwendet (vgl. BSA 2015, S. 19). In Stufe 2 soll das maximale Leistungsvermögen der Sorten unter praxisüblichen Produktionsverfahren ermittelt werden (Rentel 2016, pers. Mitt.).

Die Ausprägungen der Anbaueigenschaften (Ährenschieben, Reife, Pflanzenlänge, Neigung zu Lager und Auswinterungsneigung) und die Krankheitsanfälligkeit werden in den Versuchen der Stufe 1 ermittelt. Die Qualitätseigenschaften werden auf der Grundlage der Ergebnisse in Stufe 2 erhoben. Die Ertragseigenschaften werden separat für beide Stufen dokumentiert.

Die Lagerneigung und die Anfälligkeit für Krankheiten werden in den einzelnen Versuchen der Wertprüfungen jeweils von „1 = fehlende oder sehr geringe Ausprägung einer Eigenschaft“ bis „9 = sehr starke Ausprägung einer Eigenschaft“ bonitiert. Dabei werden merkmals-

¹³⁵ Siehe Abschnitt 2.3.

¹³⁶ Die Qualitätseigenschaften beziehen sich auf die wertbestimmenden Eigenschaften des Erntegutes. Beispiele hierfür sind der Proteingehalt oder die Fallzahl.

spezifisch unterschiedliche Skalen (Boniturschemen) angewendet. Das Boniturschema für die Lagerneigung ist in Tabelle 18 abgetragen.

Tabelle 18: Boniturschema für die Lageranfälligkeit von Winterweizen (Quelle: BSA 2016)

Boniturnote	Verbale Beschreibung der Ausprägung
1	Kein Lager auf dem Teilstück, alle Halme stehen aufrecht
3	Neigung aller Halme um ca. 30° von der Senkrechten oder nesterweise auf ca. ¼ des Teilstückes stärkeres Lager
5	Neigung aller Halme um ca. 45° oder nesterweise stärkeres Lager auf ½ des Teilstücks
7	Neigung aller Halme um ca. 60° oder totales Lager auf ¾ des Teilstückes
9	Totallager

Die geraden Zahlen sind für die Übergänge zu verwenden

Für die Angabe der Anfälligkeit gegenüber Krankheiten wird ein logarithmischer Boniturschlüssel angewendet. Hierdurch sollen feinere Unterschiede im Bereich geringer Anfälligkeit besser erfasst werden. Mit zunehmender Befallsstärke werden den Boniturnoten größere Prozentspannen zugeordnet. Das Kriterium für die Befallsstärke ist der prozentuale Anteil der erkrankten Blattfläche. Die Berechnung des Befalls erfolgt mit folgender Formel:

$$\text{Befall (\%)} = \frac{\text{Anteil befallener Pflanzen (\%)} \times \text{Anteil befallener Pflanzenteile (\%)}}{100}$$

Die Klassifizierung der Krankheitsanfälligkeit ist in Tabelle 19 abgetragen.

Tabelle 19: Logarithmischer Boniturschlüssel zur Bonitierung der Krankheitsanfälligkeit (Quelle: BSA 2000, Abschnitt 2.7-3)

Boniturnote	Verbale Beschreibung der Ausprägung	Gesamtbefall (%)
1	fehlend	0
2	sehr gering bis gering	0-2
3	gering	>2-5
4	gering bis mittel	>5-8
5	mittel	>8-14
6	mittel bis stark	>14-22
7	stark	>22-27
8	stark bis sehr stark	>37-61
9	sehr stark	>61-100

Die Anwendung des Boniturschlüssels kann anhand folgender Beispiele verdeutlicht werden:

1. 50% der Pflanzen eines Teilstücks sind sehr stark befallen oder bereits abgestorben, die restlichen Pflanzen sind befallsfrei (50 x 100) : 100 = 50% Gesamtbefall (= Boniturnote 8)

2. 10% der Pflanzen sind an den definierten Pflanzenorganen zu 10% befallen, die restlichen Pflanzen sind befallsfrei $(10 \times 10) : 100 = 1\%$ Gesamtbefall (= Boniturnote 2)
 3. 10% der Pflanzen eines Teilstücks sind an den definierten Pflanzenorganen zu 10% befallen, und 50% der Pflanzen sind zu 20% befallen, die restlichen Pflanzen sind befallsfrei $(10 \times 10) : 100 + (50 \times 20) : 100 = 1\% + 10\% = 11\%$ Gesamtbefall (= Boniturnote 5)
- (vgl. BSA 2000, Abschnitt 2.7-3)

Die Bestandesdichte wird durch die Zählung ährentragender Halme nach dem Ährenschieben ermittelt (BSA 2016, Abschnitt 4.1-7). Die Tausendkornmasse und die Erträge in Stufe 1 und 2 werden durch Wiegungen gemessen (BSA 2016, Abschnitt 4.1-13). Das Vorgehen bei der Ermittlung der Primärdaten für die Ertragskomponente Kornzahl je Ähre und Neigung zu Auswinterung sind in den „Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen“ nicht beschrieben.

Die Ausprägung einzelner Merkmale ist stark von der Jahreswitterung und von Standortfaktoren abhängig. Daher erfolgt die Ermittlung der Sorteneigenschaften anhand von dreijährigen Wertprüfungen an 14 Standorten, die über verschiedene Anbaugebiete und Naturräume Deutschlands verteilt sind (Rentel 2016, pers. Mitt.). Allerdings gibt es keine Veröffentlichung, in der die Standorte und die konkreten Produktionssysteme (Fungizideinsatz, Saattermin, Vorfrucht) beschrieben werden.

Die Primärdaten¹³⁷ der dreijährigen Wertprüfungen werden in Ausprägungsstufen (APS) überführt. Zum Vorgehen bei der Überführung der Primärdaten in Ausprägungsstufen gibt es keine Veröffentlichungen (Rentel 2016, pers. Mitt.). Sofern nicht anderweitig gekennzeichnet, erfolgt die nachfolgende Beschreibung der Datentransformation auf der Grundlage einer persönlichen Mitteilung des Bundessortenamts:

„Bei der erstmaligen Beschreibung neuer Sorten werden die Primärdaten (Datumsangaben, Bonituren, Messungen) mit Hilfe eines flexiblen Einstufungsschlüssels in Beziehung zu der Beschreibung (Ausprägungsstufen, APS) der mitgeprüften Verrechnungs- und Vergleichssorten gebracht.“ Die APS haben Werte von 1 (= fehlende oder sehr geringe Ausprägung einer Eigenschaft) bis 9 (= sehr starke Ausprägung einer Eigenschaft). Die Transformation erfolgt zur Eliminierung von Jahreseinflüssen.

Ein Beispiel für die Anwendung des „flexiblen Einstufungsschlüssels“ ist die Ausprägung der Anfälligkeit für Blattseptoria. Durch den insgesamt geringen Befall im Prüfzyklus 2013-2015 wurde der Einstufungsschlüssel verändert. Während im Prüfungszeitraum 2011-2013 Boniturnoten von 4,5 bis 5,0 zur Einstufung in ASP 5 geführt haben, lag die Grenze für die glei-

¹³⁷ Boniturnoten, Datumsangaben und Messungen.

che APS im Prüfzyklus 2013-15 bei 3,8 bis 4,3. Die Veränderung des Einstufungsschlüssels trägt dem insgesamt geringen Befall durch Blattseptoria im Prüfzyklus 2013-2015 Rechnung. Eine differenzierte Darstellung von Unterschieden innerhalb des Sortiments wäre durch eine beständige, neunstufige Skala nicht möglich, da es durch Niveauverschiebungen im Zeitablauf zu einer Konzentration in einem (kleinen) Bereich der Skala kommen kann (Rentel 2016, pers. Mitt.). Die Notwendigkeit der Anpassung der APS-Grenzen zeigt sich auch am Beispiel des Korntrags. Durch die Zulassung neuer, ertragsstärkerer Sorten wird das Ertragsniveau des Sortiments angehoben. Während eine Sorte im Jahr 1980 einen Ertrag von 74,4 dt/ha erzielen musste, um in APS 7 eingestuft zu werden, waren hierfür im Jahr 2004 93,7 dt/ha notwendig (Schachschneider 2008, S. 136).

Die Anpassung der APS-Grenzen bei den Ertragsseigenschaften erscheint nachvollziehbar. Bei den hierbei zugrundeliegenden Primärdaten handelt es sich um absolute Daten (z. B. dt/ha). Bei einem fortlaufenden Ertragszuwachs würden ohne Anpassung der APS-Grenzen nach einiger Zeit alle Sorten die höchste APS erhalten. Damit würde eine tatsächlich vorliegende Varianz innerhalb des Sortiments „verschluckt“.

Allerdings werden die Ausprägungsstufen nicht nur zur Eliminierung von Jahreseffekten und zur Anpassung an Niveauverschiebungen des Ertragspotenzials verwendet. Die APS-Grenzen werden auch angepasst, um

„eine bessere Differenzierung der Sorten z. B. bei Krankheiten zu erzielen. Hierdurch soll erreicht werden, dass die APS 5 [...] jeweils das Mittel des Sortiments [...] darstellen. Weist ein Sortiment bei einer Eigenschaft allerdings insgesamt geringe Werte auf, wird davon bewusst abgewichen [...]. Vom Schema her (APS 5 = Mitte) würden die gesunden Sorten dann mit APS 4 statt APS 2 erscheinen und das würde nicht dem Befallsrisiko im Feld entsprechen.“ (Rentel 2016, pers. Mitt.).

Hieraus folgt: Wenn das Sortiment z. B. im Durchschnitt eine hohe Anfälligkeit für *Krankheit A* und eine geringe Anfälligkeit für *Krankheit B* aufweist, können trotz gleicher numerischer Beschreibungen (z. B. jeweils APS 5) unterschiedliche Merkmalsausprägungen im Praxisanbau auftreten. Während *Krankheit A* trotz mittlerer Ausprägungseinstufung (5) unter „durchschnittlichen Standort- und Jahresbedingungen“ moderat auftritt, tritt *Krankheit B* bei gleicher Einstufung deutlich schwächer auf. Durch die nicht nachvollziehbare Datentransformation ist fraglich, wie die Daten interpretiert werden können.

Die Krankheitsanfälligkeit wird in den Wertprüfungen als relatives Datum¹³⁸ erfasst. Eine Anpassung der APS-Grenzen in Abhängigkeit der Varianz innerhalb des Sortiments führt zu einer künstlichen Varianz. In der Beschreibenden Sortenliste werden insgesamt 30 Eigenschaften aufgeführt. Es handelt sich also um eine Multiattribut-Entscheidung. Je mehr Attri-

¹³⁸ Anteil befallener Blattfläche.

bute berücksichtigt werden, desto schwieriger wird die Entscheidungsfindung. Wenn innerhalb eines Sortiments eine (annähernd) gleiche Ausprägung eines Merkmals vorliegt, dann ist dieses nicht oder nur bedingt entscheidungsrelevant, da es nicht zur Diskriminierung geeignet ist. Eine Eigenschaft, die aufgrund ihrer empirisch ermittelten, homogenen Ausprägung innerhalb des Sortiments nicht entscheidungsrelevant ist, wird durch die Anpassung der APS künstlich zu einer diskriminierenden Eigenschaft. Der Nutzen der Schaffung einer „künstlichen“ Varianz in den APS der Beschreibenden Sortenliste ist folglich fraglich.

Die Richtlinien für die Durchführung der Wertprüfungen sind auf der Homepage des Bundessortenamtes (Boniturschlüssel) frei zugänglich, sodass potenziell jeder Landwirt nachvollziehen kann, wie die Primärdaten erhoben werden. Die Transformation der Daten und die Anpassung von Ausprägungsstufen wird in den Veröffentlichungen der Beschreibenden Sortenliste¹³⁹ nicht erwähnt. Stattdessen wird bei der Erläuterung der einzelnen Eigenschaften jeweils angegeben, dass die Angaben für jede Eigenschaft Ausprägungen von 1 = „fehlende Ausprägung“ bis 9 = „sehr starke Ausprägung“ darstellen. Dies stimmt jedoch offensichtlich nicht (immer) mit den empirisch ermittelten Primärdaten überein. Die APS sind nicht nur um Standort- und Jahreseffekte bereinigte, aggregierte Primärdaten der Wertprüfungen. Die Orientierung am Sortimentsmittel führt dazu, dass die APS nur eingeschränkt zur Einschätzung von Merkmalsausprägungen im Anbau geeignet sind. Zudem werden die konkreten Versuchsaufbauten nicht veröffentlicht. Es gibt keine frei zugänglichen Angaben über die Standorte, die Produktionsverfahren (z. B. Bodenbearbeitung und Fungizideinsatz) und den Witterungsverlauf. Hierdurch ist eine Überprüfung, ob die Daten in Produktionssystemen ermittelt wurden, die für die Produktionssysteme einzelner Landwirte repräsentativ sind, nicht möglich.

Aktualität

Ein Vorteil der Beschreibenden Sortenliste ist die Aktualität der Informationen. Diese ergibt sich aus der unmittelbaren Veröffentlichung der Sortenbeschreibung im Zuge der Sortenzulassung und der Fortschreibung der Sorteneigenschaften im Zeitablauf. Änderungen von Sorteneigenschaften in der Zeit nach den Wertprüfungen werden auf der Grundlage von Erkenntnissen aus nachfolgenden Sortenvergleichen (z. B. Landessortenversuche) in der Beschreibenden Sortenliste berücksichtigt.¹⁴⁰ Hierdurch beinhaltet die Beschreibende Sortenliste die jeweils aktuellen Merkmalsausprägungen der Sorten.

¹³⁹ Sowohl bei der Onlineabfrage als auch bei der Printversion.

¹⁴⁰ Z. B. die Abnahme der relativen Ertragsleistung durch die Zulassung ertragreicherer Sorten oder die Anfälligkeit gegenüber Krankheiten im Zuge der Anpassung von Pathogenen nach der Sortenzulassung.

Entscheidungsverfahren

Die Informationen der Beschreibenden Sortenliste können zum merkmalsbasierten Vergleich von Sorten verwendet werden. Zum Vergleich aller Sorten (>160) müssten die Landwirte über 4.800 Informationen aufnehmen und verarbeiten. Zur Aufwandsreduktion können die folgenden, in Abschnitt 3.5 von Shah und Oppenheimer (2008) beschriebenen heuristischen Prinzipien¹⁴¹ angewendet werden: (1.) Berücksichtigung weniger Cues, (2.) Reduktion des Aufwands des Abrufens und Speicherns von Cues, (3.) Vereinfachte Gewichtungsprinzipien für Cues, (4.) Einbeziehung von weniger Informationen und (5.) Berücksichtigung weniger Alternativen.

Das Vorgehen bei der merkmalsbasierten Entscheidung kann in Anlehnung an Todd & Gigerenzer (2012, S. 8f)¹⁴² als dreistufiger Prozess beschrieben werden:

1. Aufstellung der Informationssuchregel: Gewichtung von Eigenschaften anhand der individuellen Einschätzungen über die Ertragsrelevanz von Eigenschaften in Abhängigkeit des Produktionssystems;
2. Informationssuche: Suche nach Informationen zu relevanten Sorteneigenschaften;
3. Entscheidung: Auswahl der Sorte, die die subjektiv beste Merkmalskombination aufweist.

Eine zielführende Durchführung des Entscheidungsverfahrens setzt ein „pflanzenbauliches“ mentales Modell voraus, in dem der Zusammenhang zwischen Sorteneigenschaften, Produktionssystem und Ertrag repräsentiert ist. In Abhängigkeit der subjektiven Einschätzung über die Validität einzelner Eigenschaften können unterschiedliche heuristische Prinzipien angewendet werden. Die Kombination einzelner Prinzipien kann z. B. zur Anwendung von *take the best* (Gigerenzer & Goldstein 1996) oder *Tallying* (Dawes 1979) führen. Ohne mentales Modell ist dieser Prozess nicht zielführend durchführbar. Ursächlich hierfür ist, dass ansonsten die Festlegung der Richtung der Informationssuche und die Gewichtung der Eigenschaften bei der Bewertung der Alternativen nicht möglich sind. Personen ohne ein „pflanzenbauliches“ mentales Modell können die Informationen der Beschreibenden Sortenliste folglich nicht zielführend nutzen.

4.3.3.2 Landessortenversuche

Nach der Zulassung bzw. bei erwarteter Zulassung werden neue Sorten in einem bundesweiten Prüfsystem auf ihre regionale Anbaueignung in Landessortenversuchen getestet. Es werden sowohl einjährige als auch mehrjährige Versuchsergebnisse veröffentlicht. Landessortenversuche werden, ähnlich wie die Wertprüfungen zur Sortenzulassung, von unab-

¹⁴¹ An dieser Stelle wird die Systematisierung von Shah und Oppenheimer (2008) exemplarisch aufgeführt. Eine Alternative wären die im gleichen Abschnitt (3.5) beschriebenen Prinzipien der Systematisierung von Payne et al. (1993).

¹⁴² Siehe Abschnitt 3.6.

hängigen staatlichen Institutionen durchgeführt (LLH 2015c). Nachfolgend werden stellvertretend die hessischen Landessortenversuche aufbauend auf frei zugänglichen Publikationen¹⁴³ beschrieben. Relevante Aspekte, die nicht in den Veröffentlichungen beschrieben sind, werden benannt bzw. durch die Informationen aus persönlichen Mitteilungen ergänzt.

4.3.3.2.1 Einjährige Landessortenversuche

In den einjährigen Landessortenversuchen werden Sorten auf ihre regionale Eignung überprüft. Hierbei werden Sorten, die aufgrund der Leistungen im Zulassungsverfahren als grundsätzlich für eine Region geeignet angesehen werden, in regionaltypischen Anbausystemen geprüft (LLH 2015c, S.1).

Datengrundlage

Die allgemeinen hessischen Landessortenversuche erfolgen an sechs für Hessen repräsentativen Standorten (siehe Tabelle 20). Neben den allgemeinen Landessortenversuchen werden in Hessen gesonderte Versuche zur Stoppelweizeneignung (drei Standorte¹⁴⁴) und Versuche mit frühreifen Sorten (drei Standorte¹⁴⁵) durchgeführt. In diesen gesonderten Versuchen wird die Sorteneignung in speziellen Anbausituationen überprüft. Zudem wird ein Orientierungssortiment (vier Standorte) mit dominierenden Sorten der vergangenen Jahre getestet. Anhand der Ergebnisse von einjährigen Landessortenversuchen¹⁴⁶ kann nicht generell auf die Anbaueignung von Sorten in den Folgejahren geschlossen werden. Hierfür sind u. a. Jahres- und Standorteffekte verantwortlich (LLH 2015c, S.1).

Anzahl Sorten

Die Anzahl der geprüften Sorten lag in den vergangenen Jahren in den allgemeinen Landessortenversuchen zwischen 22 und 25. In den übrigen Versuchen wurden jeweils zwischen 10 und 20 Sorten getestet.

Anzahl Cues

In den Veröffentlichungen der Versuchsergebnisse werden die Ertragsleistungen absolut (dt/ha) und relativ zum Versuchsdurchschnitt (%) bei intensivem und extensivem Pflanzenschutzmitteleinsatz angegeben. Die Ergebnisse werden sowohl für die einzelnen Standorte

¹⁴³ LLH 2015c: Landessortenversuche 2014/15 und Empfehlungen Herbst 2015; LLH (2015a): Landessortenversuche 2015, Sortenprüfung Winterweizen; LLH (2015b): Versuchsplan Winterung 2014/15;

LLH (2015e): Landessortenversuche 2015, Sortenprüfung, Stoppelweizen; LLH (2015f): Landessortenversuche 2015, Sortenprüfung: Frühe Sorten.; LLH (2015g): Landessortenversuche 2013-15, Mehrjähriges Ergebnis; (2015h): Landessortenversuche-Orientierungssortiment.

¹⁴⁴ Standorte: Friedberg, Fritzlar und Bad Hersfeld.

¹⁴⁵ Standorte: Friedberg, Griesheim und Bad Hersfeld.

¹⁴⁶ Ein Beispiel für die Veröffentlichung der Ergebnisse einjähriger Landessortenversuche findet sich in Anhang 4.

als auch als Mittelwert über alle Versuchsstandorte hinweg aufgeführt (siehe z. B. LLH 2015c). Bei den Werten für die einzelnen Standorte wird die Grenzdifferenz auf einem 5%-Niveau angegeben. Diese beschreibt, ab welcher Ertragsdifferenz mit 95%iger Wahrscheinlichkeit tatsächliche, sortenbedingte Ertragsunterschiede zwischen zwei Sorten vorliegen. In den Landessortenversuchen 2015 lag die Grenzdifferenz für die einzelnen Standorte zwischen 5,2% und 12,9%. Zur Identifikation von statistisch abgesicherten Ertragsunterschieden müssen nicht nur die Erträge verglichen, sondern es muss auch die Grenzdifferenz überprüft werden. Beim paarweisen Vergleich der 22 geprüften Sorten (231 Vergleiche je Standort) über die fünf Standorte zeigen sich in nur 344 (29,7%) der 1.155 Vergleiche signifikante Unterschiede.

Tabelle 20: Ausgewählte Parameter der Produktionssysteme in den hessischen Landessortenversuchen 2013-2015. (Quelle: LLH 2013a-2015a).

Standort	Griesheim	Friedberg	Marburg	Fritzlar	Bad Hersfeld	Korbach
Bodentyp	Braunerde	Parabraunerde	Parabraunerde	Parabraunerde-Pseudogley (2014, 2015) Parabraunerde (2013)	Aueboden	Braunerde
Geologische Herkunft	Alluvium	Löss	Buntsandstein oder Löss	Diluvium vermischt mit Erguss oder Löss	Alluvium	Löss
Bodenart der Krume	Toniger Lehm	Lehm oder toniger Lehm	Schluffiger Lehm	Schluffiger Lehm oder Lehm	Sandiger Lehm	Schluffiger Lehm
Ackerzahl	55	70 bis 80	70 bis 80	61 bis 70	52 bis 57	42 bis 55
Stärke Krume (cm)	30	30	30 bis 70	30 bis 33	30	15 bis 35
Vorfrucht						
2013	Kartoffeln	Kartoffeln	Winterweizen	Zuckerrüben	Raps	-
2014	Zwiebel	Mais	Mais	Zuckerrüben	Raps	Sommergerste
2015	Raps	Kartoffeln	Mais	Zuckerrüben	-	Raps
Aussaatdatum						
2013	10.10.	11.10.	18.10.	10.10.	10.10.	-
2014	31.10.	19.10.	22.10.	16.11.	31.10.	04.10.
2015	21.10.	19.10.	19.10.	28.10.	-	20.10.

Nachvollziehbarkeit

Die Landessortenversuche werden analog zu den Wertprüfungen bei der Sortenzulassung in zwei Intensitätsstufen¹⁴⁷ durchgeführt. Die einzelnen Verfahrensschritte orientieren sich an regionaltypischen Anbauverfahren. In Intensitätsstufe 2 soll die maximale Leistungsfähigkeit der Sorten ermittelt werden. Daher wird der Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in Stufe 2 an den Standorten situationsspezifisch angepasst (Käufler 2016, pers. Mitt.). So ist z. B. eine optionale Fungizidmaßnahme bei frühem Auftreten von Gelbrost möglich. Diese

¹⁴⁷ Stufe 1 = ohne Fungizide, Stufe 2 = situationsangepasster und regionaltypischer Fungizideinsatz.

Option kann zwischen den Standorten unterschiedlich gewählt werden.¹⁴⁸ Die Produktionssysteme der Landessortenversuche werden in Abhängigkeit der Veröffentlichungsart auf verschiedene Weisen beschrieben. Die Beschreibung variiert zwischen keinen Angaben (z. B. bei LLH 2015c) und der tabellarischen Aufzählung von Vorfrucht, Aussattermin und detaillierten Beschreibungen von Boden- und Klimaeigenschaften.¹⁴⁹ Die Bodenbearbeitung und die Gestaltung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes werden in keiner Veröffentlichung angegeben.

Die Interpretation der Ergebnisse wird durch Unterschiede in den Versuchsaufbauten zwischen einzelnen Jahren erschwert. So variieren z. B. die Saattermine am Standort Fritzlar zwischen den einzelnen Jahren um bis zu 45 Tage. Die Vorfrüchte waren an einem Standort zwischen den Versuchsjahren und an den Standorten innerhalb eines Versuchsjahres unterschiedlich. Zudem variieren teilweise die Bodeneigenschaften einzelner Standorte zwischen den Versuchsjahren (Tabelle 20).

Die Angaben zur Witterung bzw. dem Klima variieren in den Veröffentlichungen zwischen einer verbalen Beschreibung des Witterungsverlaufs in Hessen (siehe LLH 2015c, S. 1) bis zur Angabe der langjährigen durchschnittlichen Jahrestemperatur und des langjährigen, durchschnittlichen Niederschlags für einzelne Standorte (siehe z. B. LLH2015a). Konkrete Angaben zum Witterungsverlauf an einzelnen Standorten während der Produktionsperiode sind jedoch nicht zu finden.

Aktualität

Im Versuchsjahr 2014/15 wurden im Landessortenversuch fünf Sorten geprüft, die im Jahr der Veröffentlichung (2015) der Versuchsergebnisse ihre Sortenzulassung erhalten haben. Die übrigen Sorten wurden 2008 (1), 2012 (1), 2013 (8) und 2014 (6) zugelassen. In den übrigen Versuchen wurden überwiegend ältere Sorten getestet (siehe Tabelle 21).

Entscheidungsverfahren

Die Ergebnisse von einjährigen Landessortenversuchen enthalten Informationen über die Leistungsfähigkeit der Sorten in spezifischen Produktionssystemen. Die Auswahl von Sorten anhand dieser Informationen ist durch den Vergleich der Ertragsleistung möglich. Hierbei müssen zwei Teilschritte vollzogen werden:

1. Identifikation des praktischen Anbauversuchs, in dem der Versuchsaufbau dem eigenen Produktionssystem, für das eine Sorte ausgewählt werden soll, am ähnlichsten ist;
2. Auswahl der Sorte mit der höchsten Leistung.

¹⁴⁸ Siehe Anhang 5.

¹⁴⁹ Ein Beispiel für die Beschreibung der Versuchsstandorte findet sich in Anhang 6.

Die Vereinfachung der Entscheidungsfindung beruht auf der Beurteilung eines einzelnen Merkmals: der Ertragsleistung. Der kritische Punkt bei der Verwendung von Ergebnissen praktischer Anbauversuche ist die Identifikation eines ausreichend übereinstimmenden Versuchsaufbaus. Die Verwendung einjähriger Sortenversuchsergebnisse ist sinnvoll, wenn die Ceteris-Paribus-Annahme über die Umwelt der Pflanzen getroffen werden kann. Dies bezieht sich auf das Produktionssystem und die Witterung. Wäre die Ceteris-Paribus-Annahme vollständig erfüllt, dann würden sich die Ergebnisse der Landessortenversuche im Folgejahr exakt wiederholen.

Tabelle 21: Zulassungsjahre der Sorten in verschiedenen Varianten der hessischen Landessortenversuche 2014/15 (Quelle: eigene Darstellung auf der Grundlage von LLH 2015a, LLH 2015e, LLH 2015f und LLH 2015h).

Versuche	Allgemeine Landessortenversuche	„Stoppelweizen“	„Frühe Sorten“	„Orientierungs-sortiment“
Anzahl Standorte	6 (5 waren auswertbar)	3	3	4
Anzahl der Sorten				
Zulassungsjahr				
vor 2008	1	1	4	6
2008	-	2	1	3
2009	-	1	-	1
2010	-	1	1	1
2011	-	2	1	2
2012	1	1	1	1
2013	8	6	1	-
2014	6	4	-	-
2015	5	-	-	-
Gesamt	22	18	9	14

4.3.3.2 Mehrjährige Landessortenversuche

Neben den Ergebnissen der einjährigen Landessortenversuche werden die Ergebnisse mehrjähriger Landessortenversuche veröffentlicht.

Datengrundlage

In den Veröffentlichungen mehrjähriger Landessortenversuche werden jeweils die arithmetischen Mittelwerte der Ertragsleistung aus zwei bis drei Versuchsjahren gebildet und für die sechs Prüfstandorte separat aufgeführt.¹⁵⁰, wodurch Witterungseffekte geglättet werden. Die Anzahl der geprüften Umwelten liegt folglich zwischen 12 und 18. Durch die Veröffentlichung der mehrjährigen Landessortenversuche kann die Standorteignung und Ertrags-sicherheit einer Sorte beschrieben werden (vgl. LLH 2015c, S1).

¹⁵⁰ Ein Beispiel für die Veröffentlichung der Ergebnisse der mehrjährigen hessischen Landessortenversuche findet sich in Anhang 7.

Anzahl aufgeführter Sorten

Die Anzahl der geprüften Sorten liegt mit jeweils acht zwei- und dreijährig geprüften Alternativen niedriger als in den einjährigen Landessortenversuchen. Im Jahr 2015 beträgt die Anzahl der Sorten der Qualitätsgruppe A in den dreijährigen (zweijährigen) Versuchen nur drei (2), bei Qualitätsgruppe B drei (5) und bei Qualitätsgruppe C zwei (1) (vgl. LLH 2015g). Unter der Annahme, dass Landwirte Sorten für die Produktion bestimmter Qualitätsstufen auswählen, ist die Anzahl der Alternativen entsprechend stark eingeschränkt.

Anzahl Cues

Das einzige Entscheidungskriterium in den mehrjährigen Landessortenversuchen ist die Ertragsleistung. Es gibt keine Angaben zur Grenzdifferenz.

Nachvollziehbarkeit

In den Veröffentlichungen sind keine Informationen zu den Produktionsverfahren und den Witterungsverläufen für die einzelnen Jahre und Standorte enthalten. Zudem werden keine Angaben zu den Bodeneigenschaften der Standorte gemacht. Hierdurch kann nicht nachvollzogen werden, unter welchen Bedingungen die Leistungen der Sorten ermittelt wurden. Es bleibt unklar, ob die festgestellten Leistungsunterschiede aussagekräftig für die Leistungsfähigkeit der Sorten in den Produktionssystemen einzelner Landwirte sind. Zudem führt die Bildung des arithmetischen Mittelwertes dazu, dass mögliche Veränderungen der Leistungsfähigkeit im Zeitablauf (z. B. durch die Anpassung von Pathogenen) geglättet werden.

Aktualität

Da die Sorten frühestens ein Jahr vor der Zulassung in die Landessortenversuche aufgenommen werden, liegen die mehrjährigen Versuchsergebnisse erst einige Jahre nach der Zulassung vor. Von den im Jahr 2015 dreijährig geprüften Sorten waren sieben im Jahr 2013 und eine im Jahr 2008 zugelassen worden. Die zweijährig geprüften Sorten wurden alle 2014 zugelassen.

Entscheidungsverfahren

Anhand der Ergebnisse von mehrjährigen Landessortenversuchen kann auf die Anbaueignung von Sorten an bestimmten Standorten geschlossen werden. Allerdings ist die genaue Überprüfung, welche konkreten Standorteigenschaften und Witterungsverhältnisse in den Versuchsjahren vorlagen und wie die Produktionssysteme ausgestaltet waren, nicht möglich. Die Auswahl von Sorten anhand der Ergebnisse mehrjähriger Landessortenversuche kann durch den Vergleich der Ertragsleistung erfolgen. Hierbei ist die nachfolgende Vorgehensweise möglich:

1. Identifikation des praktischen Anbauversuchs, bei dem der Standort die größte Übereinstimmung mit dem eigenen Standort aufweist;
2. Auswahl der Sorte mit der höchsten Leistung.

Bei mehrjährigen Landessortenversuchen wird das Produktionssystem bis auf die Nennung des Standorts nicht näher beschreiben. Wie bei den einjährigen ist auch bei den mehrjährigen Landessortenversuchen die Identifikation eines ausreichend übereinstimmenden Versuchsaufbaus der kritische Punkt.

4.3.3.3 Die Sortenempfehlungen staatlicher Berater

Die Sortenempfehlungen der staatlichen Berater werden auf verschiedenen Wegen verbreitet. Die nachfolgende Beschreibung beruht auf den Sortenempfehlungen im hessischen Ratgeber für Pflanzenbau und Pflanzenschutz¹⁵¹ 2015 des LLH (LLH 2015d), einem Beratungsfax des LLH¹⁵² aus dem Jahr 2015 (siehe Anhang 9) und der Online-Veröffentlichung „Landessortenversuche 2014/15 und Empfehlungen Herbst 2015“¹⁵³ des LLH (2015c).

Datengrundlage

Die Grundlage der Empfehlung wird in den Veröffentlichungen unterschiedlich beschrieben. Im Ratgeber Pflanzenbau werden keine Angaben zu den Kriterien und der Datengrundlage der Empfehlung gemacht. Im Beratungsfax wird explizit hervorgehoben, dass nur Sorten empfohlen werden, mit denen Erfahrungen im mehrjährigen Versuchsanbau vorliegen. Neue Sorten werden nur zum Probeanbau empfohlen. In den Empfehlungen 2015 (LLH 2015c, S. 2) wird (implizit) auf die Erfahrungen einjähriger und mehrjähriger Landessortenversuche verwiesen. Insgesamt kann die Anzahl der Umwelten als ähnlich zur Anzahl der Umwelten bei ein- und mehrjährigen Landessortenversuchen angesehen werden.

Anzahl empfohlener Sorten

In den drei beschriebenen Veröffentlichungen der staatlichen Berater variiert die Anzahl der empfohlenen Sorten für einzelne Anbausituationen zwischen zwei und 16. Im Ratgeber Pflanzenbau werden für die einzelnen Kategorien zwischen vier und 16 Sorten aufgezählt. Dort ist zusätzlich die Qualitätsgruppeneinstufung für die einzelnen Sorten aufgeführt. Diese wird jedoch nicht zusätzlich zur Unterteilung hervorgehoben. Im Beratungsfax werden zwischen drei und sechs Sorten einer Qualitätsgruppe zum großflächigen Anbau sowie zwischen einer und drei Sorten zum Probeanbau für die einzelnen Anbausituationen empfohlen. In den Empfehlungen 2015 variiert die Anzahl der empfohlenen Sorten zwischen zwei und neun. Insgesamt ergibt sich eine kleine Anzahl an Alternativen.

¹⁵¹ Nachfolgend als „Ratgeber Pflanzenbau“ abgekürzt.

¹⁵² Nachfolgend als „Beratungsfax“ abgekürzt.

¹⁵³ Nachfolgend als „Empfehlungen 2015“ abgekürzt.

Anzahl Cues

In den Veröffentlichungen variiert die Anzahl der Produktionssysteme bzw. Anbausituationen, für die Empfehlungen ausgesprochen werden. Jede Empfehlungskategorie kann als ein Cue verstanden werden. Während im Ratgeber Pflanzenbau zwischen zwölf Anbausituationen unterschieden wird, umfasst das Beratungsfax fünf Empfehlungskategorien. Bei den Empfehlungen 2015 bezieht sich die Empfehlung nicht auf Besonderheiten von Produktionssystemen. Die Sorten werden aufgrund einzelner Eigenschaften bzw. aufgrund von Merkmalskombinationen empfohlen.

Nachvollziehbarkeit

Im Ratgeber Pflanzenbau werden die Sorten für die nachfolgenden Produktionssysteme bzw. Anbausituationen empfohlen¹⁵⁴:

- Grenzertragslagen
- Fröhsaat geeignet
- Spätsaat geeignet
- Gesunde Sorten
- Stoppelweizen
- Weizen nach Mais (Pflug)
- Weizen nach Mais (Pfluglos)
- Güllebetriebe
- Winterhärte
- Frühe Reife
- Begrannter Weizen
- Fallzahlstabilität

Es ist teilweise unklar, was konkret unter den einzelnen Kategorien (z. B. Grenzertragslage, Fröhsaat, Spätsaat) verstanden werden kann. Die Kategorien werden nicht erläutert. Zusätzlich ist eine Liste mit 85 Sorten abgedruckt. Diese steht unter der Überschrift „Sortenbeschreibung der geprüften Sorten“. Darin werden die Sorten „in Anlehnung an die Bundessortenliste sowie Züchterbeschreibungen, geändert nach eigenen Beobachtungen und Ergebnissen“ auf neunstufigen Skalen beschrieben (siehe LLH 2015d, S. 40ff). Eine nähere Beschreibung, wie die Beobachtungen gemacht wurden (z. B. ein- oder mehrjährige Landessortenversuche), ist jedoch nicht angegeben.

Auch im Beratungsfax werden Sorten für unterschiedliche Situationen empfohlen. Allerdings zeigt sich hier eine andere Art der Kategorisierung¹⁵⁵:

- Günstige Lagen (z. B. tiefgründige Lößstandorte, geringe Auswinterungsgefährdung etc.);
- Übergangslagen, Höhenlagen und schwierige Standorte (z. B. in kalten Lagen, flachgründige Standorte etc.);
- Grannenweizen (alle besitzen Stoppelweizeneignung);
- Stoppelweizeneignung;

¹⁵⁴ Siehe Anhang 8.

¹⁵⁵ Siehe Anhang 9.

- Fusariumbefallsbedingungen.

In den Klammern hinter den Kategorien sind die Erläuterungen aus dem Beratungsfax abgetragen. Die Kategorien beinhalten jeweils nur Teilaspekte von Produktionssystemen. Eine weiterführende Erläuterung ist jedoch nicht abgedruckt. In beiden Veröffentlichungen beinhalten die Kategorien bzw. deren Erläuterungen nur einzelne oder einige wenige Komponenten des gesamten Produktionssystems. Daher ist unklar, inwiefern die Empfehlungen auf Produktionssysteme mit weiteren Besonderheiten übertragen werden können.

In den Empfehlungen 2015 werden die Sorten anhand besonderer Merkmale (Blattgesundheit, Winterhärte etc.) verbal beschrieben. Zudem sind die Ergebnisse der einjährigen und mehrjährigen Landessortenversuche und eine, auf der Beschreibenden Sortenliste basierende, Übersicht der Merkmalseinstufung der empfohlenen Sorten angehängt. Sorten mit positiven Ergebnissen in den einjährigen Landessortenversuchen werden als „vorläufig interessant“ eingestuft (siehe LLH 2015c, S. 1). Die Sorten werden nach der Einstufung in Qualitätsgruppen unterteilt. Für Produktionssysteme mit hoher Fusariengefährdung werden separate Empfehlungen ausgesprochen.

Im Ratgeber Pflanzenbau und im Beratungsfax ist unklar, wie die Kategorisierungen interpretiert werden können. Diese umfassen nur Teile des gesamten Produktionssystems und werden nicht oder nur sehr bedingt erläutert. Zu den in den Empfehlungen 2015 angefügten Ergebnissen der Landessortenversuche werden keine näheren Angaben über den Versuchsaufbau (das Produktionssystem) gemacht. Hierdurch fehlen relevante Informationen zur Interpretation der Empfehlungen und zur Überprüfung der Übertragbarkeit auf die Produktionssysteme der Landwirte. Es ergibt sich insgesamt eine geringe Transparenz.

Aktualität

In den drei Veröffentlichungen werden überwiegend ältere Sorten empfohlen (siehe Tabelle 22). Im Beratungsfax und in den Empfehlungen 2015 sind jeweils zwei Sorten mit Zulassungsjahr 2015 zum Probeanbau empfohlen. Bemerkenswert ist an dieser Stelle, dass die Sorte „JB Asano“ in allen drei Veröffentlichungen empfohlen wird.¹⁵⁶ Diese Sorte wurde im Jahr 2008 zugelassen und in Kapitel 2 als Beispiel für die abnehmende Leistungsfähigkeit im Zeitablauf herangezogen.¹⁵⁷ Insgesamt kann die Aktualität der Sortenempfehlungen bezüglich des Sortenalters als gering bis moderat eingestuft werden.

¹⁵⁶ Im Ratgeber Pflanzenbau wird die Sorte für vier der zwölf Kategorien empfohlen. Im Beratungsfax wird „JB Asano“ für drei der fünf Anbaukategorien empfohlen. In den Empfehlungen 2015 wird die Sorte eingeschränkt empfohlen.

¹⁵⁷ Siehe Abschnitt 2.7.3.

Tabelle 22: Anzahl der empfohlenen Sorten in Abhängigkeit des Zulassungsjahres (Quelle: eigene Darstellung auf der Grundlage von LLH 2015d, Beratungsfax des LLH (siehe Anhang 9) und LLH 2015c)

Zulassungsjahr	Ratgeber Pflanzenbau	Beratungsfax (Probeanbau)	Empfehlungen 2015 (vorläufige Empfehlung)
vor 2008	6	9 (1)	4 (0)
2008	5	5 (0)	3 (1)
2009	1	1 (0)	0 (0)
2010	2	1 (2)	0 (0)
2011	2	2 (0)	3 (2)
2012	3	3 (0)	2 (0)
2013	3	3 (0)	5 (0)
2014	3	1 (3)	5 (0)
2015	0	0 (2)	0 (2)
Gesamt	25	25 (8)	22 (5)

Entscheidungsverfahren

In den Empfehlungen der staatlichen Berater werden eine oder mehrere Sorten zum Anbau für bestimmte Anbausituationen empfohlen. Die Empfehlungen können im engeren Sinne¹⁵⁸ als eine nominale Unterscheidung (empfohlen / nicht empfohlen) angesehen werden. Wenn Empfehlungen für die Sortenwahl genutzt werden, sind drei Teilschritte notwendig:

1. Identifikation eines vertrauenswürdigen Ratgebers;
2. Suche nach einer Empfehlungskategorie, die am ehesten das eigene Produktionssystem beschreibt;
3. Auswahl einer empfohlenen Sorte.

Diese Prozedur gleicht dem von Boyd und Richerson (2005) beschriebenen Vorgehen bei *imitate the successful*. Diese Vorgehensweise kann aus zwei Gründen angewendet werden: (I) Die Informationsgewinnung zur individuellen Beurteilung der Sorteneignung wird als (zu) aufwendig empfunden und (II) die Fähigkeiten zur selbstständigen Beurteilung von Sorten wird als zu gering ausgeprägt angesehen. Die Verwendung von Empfehlungen kann als *Outsourcing* der Informationssuche und Informationsbewertung verstanden werden. Da die Empfehlungen für bestimmte Anbausituationen ausgesprochen werden, liegt die Schwierigkeit bei diesem Vorgehen im Abgleich zwischen den Empfehlungskategorien und den eigenen Produktionssystemen. Die Landwirte müssen z. B. eine Vorstellung darüber haben, ob ihr Produktionsstandort in die Kategorie „günstige Lage“ oder „Übergangslage“ passt.

¹⁵⁸ Ohne die zusätzlichen Informationen z. B. der Landessortenversuchsergebnisse und der Beschreibenden Sortenliste in den Empfehlungen 2015 oder der Merkmalsbeschreibungen wie im Ratgeber Pflanzenbau.

4.3.3.4 Sortenempfehlungen anderer Landwirte und eigene Erfahrungen

Die Beschreibung der vorangegangenen Quellen beruht auf frei zugänglichen Veröffentlichungen. Bei der Auseinandersetzung mit Sortenwahl unter Verwendung eigener Erfahrungen der Landwirte und Empfehlungen anderer Landwirte kann nicht auf Veröffentlichungen zurückgegriffen werden. Es liegen keine Publikationen über die Anzahl der Schläge (= spezifische Produktionssysteme) und die Anzahl der angebauten Sorten vor. Daher können zu diesen Größen nur Vermutungen geäußert werden.

Datengrundlage, Anzahl an Sorten und Cues

Bei den Wertprüfungen im Zuge der Sortenzulassung und bei Landessortenversuchen werden mehrere Sorten jeweils innerhalb eines exakt gleichen Anbauverfahrens getestet. Die Erträge werden exakt in Parzellenversuchen ermittelt und die Grenzdifferenz wird angegeben. Demgegenüber kann für den praktischen Anbau angenommen werden, dass je Schlag nur eine oder einige wenige Sorten angebaut werden. Wenn Landwirte unterschiedliche Sorten auf unterschiedlichen Schlägen anbauen, dann ist dies gleichbedeutend mit dem Anbau unterschiedlicher Sorten in unterschiedlichen Produktionssystemen. Unter diesen Voraussetzungen scheint eine eindeutige Identifikation von Ursachen für Leistungsunterschiede schwierig. Ob Ertragsunterschiede zwischen einzelnen Schlägen auf die Sorten oder andere Elemente des Produktionsverfahrens zurückzuführen sind, ist nicht überprüfbar. Hierdurch ist ein Vergleich der Leistung mehrerer Sorten nicht möglich. Aus dieser Annahme ergibt sich, dass die exakte Ermittlung von sortenbedingten Ertragsunterschieden erschwert ist.

Bezüglich der Anzahl der berücksichtigten Cues sind verschiedene Ausprägungen vorstellbar. So könnte entweder nur ein einziges, übergeordnetes Merkmal - z. B. die Ertragsleistung - oder es könnten mehrere Eigenschaften - z. B. das Auftreten einzelner Krankheiten, Auswinterungsschäden oder Lager - separat berücksichtigt werden. Der gleiche Sachverhalt liegt bezüglich der Empfehlungen anderer Landwirte vor.

Nachvollziehbarkeit

Die Nachvollziehbarkeit des Zustandekommens der Ertragsleistung wird bzgl. der eigenen Erfahrungen als hoch eingeschätzt. Die Landwirte kennen ihre Standorte und Produktionsverfahren. Zudem können sie den Witterungsverlauf direkt beobachten. Bei den Empfehlungen anderer Landwirte ist unklar, wie gut die ratsuchenden Landwirte nachvollziehen können, ob die Produktionssysteme der ratgebenden Landwirte repräsentativ für die eigenen Produktionssysteme sind.

Aktualität

Der überwiegende Anteil der AK-Mitglieder stuft in der Expertenbefragung Quellen¹⁵⁹ als besonders geeignet ein, deren Aktualität in diesem Abschnitt als gering oder moderat bewertet wurde. Hieraus kann gefolgert werden, dass die Landwirte diese Quellen maßgeblich bei der Sortenwahl berücksichtigen. Folglich bauen die Landwirte Sorten erst einige Jahre nach deren Zulassung an und der überwiegende Anteil der Landwirte kann unter Rückgriff auf eigene Erfahrungen hauptsächlich ältere Sorten beurteilen. Die Aktualität der eigenen Erfahrungen wird daher als gering eingeschätzt.

Auf die Empfehlungen anderer Landwirte kann diese Vermutung nicht übertragen werden. Es ist unklar, von welchen Landwirten die Sortenempfehlungen stammen. Es ist naheliegend, dass die Landwirte insbesondere innovative Berufskollegen als Rätegeber nutzen, die besonders früh auf neue Sorten zurückgreifen. Dieses Vorgehen kann als eine Variante von *imitate the successful* (Boyd & Richerson 2005) interpretiert werden. Allerdings kann diese Vermutung nicht belegt werden. Die Aktualität der Empfehlungen anderer Landwirte kann nicht abschließend beurteilt werden.

Entscheidungsverfahren

Bei der Verwendung eigener Erfahrungen können die individuellen Erwartungen und die tatsächlich eingetretenen Leistungen von Sorten in vorgegangenen Produktionsperioden entscheidungsrelevant sein. Wenn eine Sorte die Erwartungen in der Vergangenheit erfüllt hat, dann wird diese für ein vergleichbares Produktionssystem erneut ausgewählt. Unter dieser Annahme ist davon auszugehen, dass die nachfolgenden Teilschritte angewendet werden:

1. Abgleich der Produktionssysteme der vergangenen Jahre mit dem Produktionssystem, für das eine Sorte ausgewählt werden soll;
2. Erinnerung von Sorten, die in der Vergangenheit in vergleichbaren Produktionssystemen angebaut wurden;
3. Auswahl der Sorte, die die Ertragserwartung am besten erfüllt hat.

Ein solches Vorgehen kann als *satisficing* (Simon 1955) verstanden werden. Die Erfüllung der Erwartung kann hierbei als Erreichung einer Mindestanforderung aufgefasst werden. Die Vereinfachung der Entscheidungsfindung ergibt sich dadurch, dass keine externen Informationen gesammelt werden müssen.

Wenn sich die Produktionssysteme zwischen einzelnen Jahren nicht ändern, führt dieses Vorgehen zunächst dazu, dass die Landwirte eine vermeintlich sichere Einschätzung über die Ertragsleistung treffen können. Durch die abnehmende Widerstandsfähigkeit gegen Pa-

¹⁵⁹ Z. B. mehrjährige Landessortenversuche und Sortenempfehlungen von staatlichen Beratern (siehe Abbildung 6).

thogene¹⁶⁰ ist jedoch anzunehmen, dass aus den Erfahrungen in zurückliegenden Jahren nicht zwangsläufig auf die aktuelle Leistungsfähigkeit der Sorten geschlossen werden kann. Zudem führt der Rückgriff auf vertraute Sorten dazu, dass neue, verbesserte Sorten nicht ausgewählt werden können, weil mit diesen noch keine Erfahrungen gesammelt wurden.

Die Verwendung von Empfehlungen anderer Landwirte erfordert die gleichen Teilschritte des Entscheidungsverfahrens, die bei der Verwendung von Empfehlungen staatlicher Berater genutzt werden:

1. Identifikation eines geeigneten Ratgebers;
2. Suche nach Empfehlungen für Produktionssysteme, die dem Produktionssystem ähneln, für das eine Sorte ausgewählt werden soll;
3. Auswahl einer empfohlenen Sorte.

Hierbei wird, wie bei der Nutzung von Empfehlungen staatlicher Berater, die individuelle Beschaffung und Verarbeitung von Informationen auf Andere übertragen. Die Voraussetzung für die erfolgreiche Nutzung von Empfehlungen ist nicht primär pflanzenbauliches Wissen, sondern die Fähigkeit, erfolgreiche Landwirte ausfindig zu machen.

4.3.3.5 Zusammenfassung

Bei der Sortenwahl können Landwirte auf Informationsquellen mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften zurückgreifen. Die fünf meistgenannten Quellen in der Expertenbefragung wurden in den vorangegangenen Abschnitten und bezüglich der sechs in Abschnitt 4.3.3 aufgeführten Kriterien beschrieben. Dabei werden die Unterschiede zwischen den Quellen deutlich. Diese sind in Tabelle 23 zusammengefasst. Die hierin vorgenommenen Beurteilungen beruhen nicht auf absoluten, sondern auf relativen Einschätzungen unter Berücksichtigung der Ausprägungen der Dimensionen innerhalb der betrachteten Quellen. Die Beschreibungen der staatlichen Quellen (Beschreibende Sortenliste, Landessortenversuche und Empfehlungen staatlicher Berater) basieren auf frei zugänglichen Veröffentlichungen. Über die individuellen Quellen (eigene Erfahrungen und Empfehlungen anderer Landwirte) liegen keine Veröffentlichungen vor, wodurch die Möglichkeit zur Beschreibung eingeschränkt ist. Daher wurde bei diesen Quellen in einigen der Dimensionen auf eine abschließende Beurteilung verzichtet.

In Tabelle 23 zeigt sich, dass keine der Quellen in allen Dimensionen dominiert. Die Beschreibende Sortenliste hat bzgl. der Anzahl der Umwelten, Stichprobengröße, Anzahl an Cues und Aktualität die besten Ausprägungen. Allerdings ist die Nachvollziehbarkeit der Datengewinnung und der Datentransformation begrenzt. In den übrigen Quellen ist die Anzahl der Alternativen und der Cues zur Inferenz auf die Leistungsfähigkeit deutlich niedriger.

¹⁶⁰ Siehe Abschnitt 2.4.3.

Demgegenüber ist das Zustandekommen der Leistungen in den Landessortenversuchen und bei eigenen Erfahrungen besser nachvollziehbar.

Die in den Quellen enthaltenen Informationen bestimmen, welche Entscheidungsverfahren angewendet werden können. Zur erfolgreichen Nutzung der Quellen sind unterschiedliche Fähigkeiten bzw. mentale Modelle notwendig. Die Nutzung der Beschreibenden Sortenliste bedarf eines „pflanzenbaulichen“ Modells. Die Herausforderung bei der Verwendung von Quellen, die die Ertragsleistung in spezifischen Produktionssystemen beschreiben, ist der Abgleich zwischen den Produktionssystemen. Bei der Nutzung von Empfehlungen von staatlichen Beratern und anderen Landwirten ist die Auswahl des Ratgebers von besonderer Relevanz.

Tabelle 23: Eigenschaften von relevanten Informationsquellen zur Sortenwahl (Quelle: eigene Darstellung; ¹= zusammenfassende Einschätzung auf der Grundlage der Beschreibungen im vorangegangenen Abschnitt)

Quelle	Beschreibende Sortenliste	Landessortenversuche		Empfehlungen		Eigene Erfahrungen
		einjährig	mehrfährig	staatlicher Berater	anderer Landwirte	
Kategorie						
Datengrundlage (Anzahl Umwelten)	42	6	12 bzw. 18	12-18	?	?
Stichprobe (Anzahl enthaltener Sorten)	>160	20-30	je 8 zwei- und dreijährig geprüfte Sorten	max. 16	?	?
Anzahl Attribute/Cues	18	12	2	1	?	?
Nachvollziehbarkeit ¹	gering	moderat	gering bis moderat	gering	?	hoch
Aktualität ¹	hoch	moderat	gering	gering	?	gering

4.3.4 Diskussion

Insgesamt zeigt sich bei der detaillierten Betrachtung der Expertenantworten ein sehr heterogenes Bild.¹⁶¹ Es gibt individuelle Unterschiede in den Rangfolgen der Informationsquellen. Nur zwei Experten geben die exakt gleiche Rangfolge an (siehe Tabelle 17). Die Berater bewerten mindestens zwei und die AK-Mitglieder mindestens drei Quellen als geeignet. Obwohl unklar ist, wie die Informationen unterschiedlicher Quellen im Detail in die Entscheidung

¹⁶¹ Siehe Abschnitt 4.3.2.

bei der Sortenwahl einbezogen werden, können zwei grundsätzliche Vorgehensweisen unterschieden werden:

- (I) Eine Möglichkeit ist eine mehrstufige Vorgehensweise, bei der zunächst die Informationen aus der relevantesten Quelle genutzt werden. Wenn diese keine ausreichend überzeugenden Informationen oder nur einen Teil der relevanten Informationen zur Entscheidung beinhalten, wird die Informationsquelle mit der zweithöchsten Relevanz und anschließend die Quelle mit der dritthöchsten Relevanz usw. verwendet. Bei diesem Vorgehen könnte zum Beispiel anhand der Informationen der ersten Quelle eine Vorauswahl von Alternativen getroffen werden. Die Informationen aus den nachfolgenden Quellen könnten zu einer weiteren Beurteilung bzw. zum Ausschluss von Alternativen genutzt werden. Dieses Vorgehen entspricht den heuristischen Entscheidungsverfahren *lexicographic* bzw. *elimination by aspects*.¹⁶²
- (II) Eine andere Möglichkeit ist eine individuelle Gewichtung von Quellen und eine darauf aufbauende Gesamtbeurteilung von Sorten. Diese Art der Entscheidungsfindung gleicht dem Vorgehen bei der *weighted additive rule*.¹⁶³ In diesem Zusammenhang stellt sich jedoch die Frage, wie die unterschiedlichen Informationen¹⁶⁴ zu einem Gesamtwert zusammengefasst werden können. In diesem Bereich besteht weiterer Forschungsbedarf.

Unabhängig davon, wie die Informationen unterschiedlicher Quellen verwendet werden, haben Quellen, die als geeigneter beurteilt werden, einen größeren Einfluss auf die Auswahl. Der überwiegende Anteil der AK-Mitglieder hat Quellen¹⁶⁵ als besonders geeignet bewertet, in denen nur ein Bruchteil¹⁶⁶ der gesamten in Deutschland zugelassenen Sorten enthalten ist. Zudem stehen die Informationen aus diesen Quellen erst einige Jahre nach der Sortenzulassung zur Verfügung. Hierdurch haben neue Sorten nur geringe Chancen, berücksichtigt zu werden. Nur wenige dieser praktizierenden Landwirte bewerten die Beschreibende Sortenliste (7,3%) und einjährige Landessortenversuche (0%) als relevanteste Quellen (= Rang 1). Diese Quellen sind bereits im Jahr der Sortenzulassung bzw. im Folgejahr verfügbar und beinhalten deutlich mehr Sorten.

Aus den Antworten in der Expertenbefragung kann auf die zentrale Bedeutung der mehrjährigen Landessortenversuche geschlossen werden. Zudem sind für die Landwirte eigene Erfahrungen besonders relevant. Landessortenversuche werden frühestens im Jahr der Sor-

¹⁶² Siehe Abschnitt 3.3.2 und Abschnitt 3.3.3.

¹⁶³ Siehe Abschnitt 3.3.

¹⁶⁴ Z. B. Ertragsleistungen in Landessortenversuchen (metrische Angaben: absolut in dt oder relativ in %), Empfehlungen (nominale Daten: empfohlen oder nicht empfohlen) und Sorteneigenschaften (ordinale Daten: Ausprägungsstufen in der Beschreibenden Sortenliste).

¹⁶⁵ Mehrjährige Landessortenversuche (35,7% Rang 1; 7,1% Rang 2), eigene Erfahrungen (21,4% Rang 1; 21,4% Rang 2), die Empfehlungen staatlicher Berater (21,4% Rang 1; 14,3% Rang 2) und die Empfehlungen anderer Landwirte (14,3 Rang 1; 21,4% Rang 2), (siehe Abbildung 6).

¹⁶⁶ Z. B. sind in den dreijährigen Landessortenversuchen nur acht Sorten aufgeführt (siehe Tabelle 23).

tenzulassung durchgeführt. Bis die Daten mehrjähriger Landessortenversuche vorliegen, vergehen folglich einige Jahre. Die Ergebnisse und die darauf aufbauenden Empfehlungen der staatlichen Berater können folglich erst einige Jahre nach der Sortenzulassung genutzt werden.

Wenn dreijährige Landessortenversuche oder die Empfehlungen staatlicher Berater eine zentrale Entscheidungsgrundlage darstellen, dann werden die Sorten erst im dritten bzw. vierten Jahr nach der Sortenzulassung erstmals durch die Landwirte angebaut. Wenn zudem die eigenen Erfahrungen wichtig sind, dann können die Landwirte frühestens im dritten bzw. vierten Jahr mit einem Probeanbau beginnen. Folglich kann erst ab dem vierten bzw. fünften Jahr nach der Sortenzulassung ein großflächiger Anbau erfolgen. Die Angaben der AK-Mitglieder in der Expertenbefragung bieten also einen Erklärungsansatz für den Anbau älterer Sorten.

Doch warum vertrauen die Landwirte vornehmlich auf Quellen, in denen relativ wenige, alte Sorten anhand weniger Cues beschrieben werden? Und warum verwenden sie die Quellen¹⁶⁷, in denen neuere Alternativen mit teilweise deutlich mehr Cues¹⁶⁸ beschrieben werden, nur in geringem Umfang?

In der Expertenbefragung werden mehrjährige Landessortenversuchsergebnisse im Vergleich zu denen einjähriger Landessortenversuche von deutlich mehr Teilnehmern als geeignet eingeschätzt. Dies deutet darauf hin, dass Störvariablen (z. B. witterungsbedingte Ertragschwankungen) bei einjährigen Sortenversuchen negativer bewertet werden als die Zeitverzögerung der Informationsverfügbarkeit bei mehrjährigen Versuchen. Es scheint als sei die Robustheit der Informationen durch die Prüfung in mehreren Umwelten wichtiger als die Aktualität der Daten. Jedoch ist unklar, ob es sich bei mehrjährigen Versuchsergebnissen tatsächlich um robustere Daten handelt. Denn wenn sich die Umwelt (z. B. Pathogenität von Krankheitserregern) und die Referenzgruppe (durch neu zugelassene Sorten) ändern, wie aussagekräftig sind dann ältere Daten?

Beide Expertengruppen bewerten mehrjährige Landessortenversuche höher als die Beschreibende Sortenliste. Die Datengrundlage der Beschreibenden Sortenliste ist jedoch durch die dreijährigen Wertprüfungen an 14 Standorten im Vergleich zu den Ergebnissen von Landessortenversuchen aus zwei oder mehr Jahren an maximal sechs Standorten größer. Daher erscheint die zuvor geäußerte Vermutung, die Robustheit der Daten sei ein wichtiger Faktor bei der Erklärung der Bevorzugung mehrjähriger Sortenversuchen, nicht zur Erklärung dieser Beobachtung geeignet. Eine alternative Erklärung für die relativ niedrige Bewertung der Beschreibenden Sortenliste bieten die in Abschnitt 4.3.3.1 aufgezählten Nachtei-

¹⁶⁷ Einjährige Landessortenversuche und Beschreibende Sortenliste.

¹⁶⁸ Im Fall der Beschreibenden Sortenliste.

le bzgl. der Nachvollziehbarkeit der Datengewinnung¹⁶⁹ und der eingeschränkten Interpretierbarkeit der Ausprägungsstufen infolge einer intransparenten Datentransformation¹⁷⁰.

Die Beschreibende Sortenliste basiert auf der Beobachtung der Sorten und ihrer Eigenschaften in 42 Umwelten, aus denen die Merkmalsausprägungen auf neunstufigen Skalen abgeleitet werden. Die Landwirte bevorzugen jedoch anstatt der Beschreibenden Sortenliste überwiegend Quellen, in denen die Ertragsleistung in einigen wenigen spezifischen Produktionssystemen ermittelt wird. Damit ergibt sich bei diesen Quellen eine höhere Nachvollziehbarkeit im Vergleich zu den auf Angaben zur Merkmalsausprägung in der Beschreibenden Sortenliste basierenden Quellen.

Die Datengrundlage zur Ableitung der APS in der Beschreibenden Sortenliste besteht aus den Ergebnissen praktischer Anbauversuche in dreijährigen Wertprüfungen. Die Wertprüfungen gleichen mehrjährigen Landessortenversuchen. Auch in den Wertprüfungen werden die Erträge der Sorten erfasst. Allerdings liegen die Daten im Vergleich zu mehrjährigen Landessortenversuchen deutlich früher, nämlich schon bei der Sortenzulassung vor. Eine Möglichkeit, neue Sorten bereits früher in einer von den Landwirten bevorzugten Art darzustellen, ist die Veröffentlichung der Ertragsdaten aus den Wertprüfungen. Diese könnten analog zu den mehrjährigen Landessortenversuchen gestaltet sein. Die Wertprüfungen werden an repräsentativen Standorten durchgeführt. Durch die Angabe von Standorteigenschaften und angewendeten Produktionssystemen könnten die Landwirte überprüfen, ob die Daten in Produktionssystemen ermittelt wurden, die für das eigene Produktionssystem repräsentativ sind. Insbesondere vor dem Hintergrund der relativ und absolut abnehmenden Leistungsfähigkeit von Sorten im Zeitablauf erscheint eine frühere Veröffentlichung von Informationen in Form von Erträgen in spezifischen Produktionssystemen sinnvoll.

In den Landessortenversuchen und bei den eigenen Erfahrungen wird die Eignung der Sorten in einzelnen wenigen Produktionssystemen¹⁷¹ überprüft. In Abschnitt 2.5 werden die komplexen Wechselwirkungen und die Schwierigkeiten bei der Identifikation des Einflusses einzelner Elemente des Produktionssystems verdeutlicht. Eine Voraussetzung für die Validität der Informationen aus einzelnen oder einigen wenigen Beobachtungen ist, dass die Um-

¹⁶⁹ Es gibt keine Veröffentlichungen mit Angaben zu den Produktionssystemen, in denen die Daten zur Beschreibung der Sorten erhoben werden.

¹⁷⁰ Es gibt keine Veröffentlichungen zur Datentransformation der empirisch ermittelten Primärdaten in Ausprägungsstufen. Hierdurch ist unklar, wie die numerischen bzw. verbalen Angaben zu Merkmalsausprägungen konkret interpretiert werden können. Zudem wird bei der Datentransformation der Primärdaten in Ausprägungsstufen teilweise eine künstliche Varianz in den Ausprägungseinstufungen erzeugt.

¹⁷¹ Z. B. bei einjährigen Landessortenversuchen max. sechs, bei zweijährigen Landessortenversuchen max. zwölf und bei dreijährigen Landessortenversuchen max. 18 Umwelten. Bei den eigenen Erfahrungen ist die Anzahl der geprüften Umwelten unklar. Allerdings kann vermutet werden, dass die Anzahl ebenfalls eher gering ist.

weltbedingungen¹⁷² während der Datenerhebung den zukünftigen Umweltbedingungen entsprechen. Damit die Ergebnisse der Landessortenversuche und die eigenen Erfahrungen geeignete Informationsquellen darstellen können, müssen diese Daten und Erfahrungen in Produktionssystemen gewonnen worden sein, die den Produktionssystemen in den Entscheidungssituationen entsprechen. Da in den Landessortenversuchen innerhalb eines Jahres an nur sechs Standorten¹⁷³ Sortenprüfungen durchgeführt werden, ist fraglich, für wie viele Landwirte bzw. Schläge die dabei vorliegenden Umweltbedingungen repräsentativ sind. Schließlich nehmen, neben dem Standort, auch der Saattermin, die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln etc. Einfluss auf die Entwicklung der Pflanzen. Vor dem Hintergrund der Vielzahl an möglichen Produktionssystemen kann die Sorteneignung für spezifische Produktionssysteme nur exemplarisch erfolgen.

Die Informationen der Beschreibenden Sortenliste hingegen ermöglichen eine Auswahl auf der Grundlage eines merkmalsbasierten Vergleichs der Sorten. Hierbei entfällt die Suche nach einem repräsentativen Produktionssystem. Stattdessen müssen Vorstellungen über Auswirkungen eines Produktionssystems auf die Relevanz von Eigenschaften gebildet werden.

Neben den bereits aufgeführten Aspekten - mangelnde Nachvollziehbarkeit und Interpretierbarkeit der Informationen - können weitere Gründe ursächlich für die relativ geringe Wertschätzung der Beschreibenden Sortenliste sein:

- (I) Die Landwirte sind sich der Veränderung der relativen und absoluten Leistungsfähigkeit von Sorten im Zeitablauf nicht bewusst. Die Aktualität der Informationen ist nur entscheidungsrelevant, wenn die Landwirte ein Bewusstsein für die züchtungsbedingten Ertragssteigerungen bei neuen Sorten und die umweltbedingt nachlassende Leistungsfähigkeit durch die Anpassung von Pathogenen bei älteren Sorten haben. Wenn die Landwirte sich dessen nicht bewusst sind, dann ist die Aktualität der Informationen irrelevant.
- (II) Die Beschreibende Sortenliste beinhaltet keine Informationen über die Ertragsleistung in spezifischen Produktionssystemen. Um unter Rückgriff auf die Beschreibende Sortenliste Rückschlüsse auf die Eignung von Sorten ziehen zu können, müssen die Landwirte ein mentales Modell über die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen Sorteneigenschaften, Produktionssystem und Ertragsleistung haben. Die eigenschaftsbasierte Auswahl anhand der Informationen in der Beschreibenden Sortenliste bedarf deutlich mehr EIPs¹⁷⁴ im Vergleich zur Auswahl auf der Grundlage der Ergebnisse der Lan-

¹⁷² = das Produktionssystem und die Witterung.

¹⁷³ Max. sechs Standorte; jeder Standort und das dort vorliegende Produktionssystem repräsentieren eine Umwelt.

¹⁷⁴ Siehe Abschnitt 3.7.

dessortenversuche oder eigenen Erfahrungen. Hierbei müssen nur einzelne Cues¹⁷⁵ verglichen werden. Die relativ geringe Wertschätzung der Beschreibenden Sortenliste könnte also durch das im *accuracy effort framework* (z. B. Payne et al. 1993) und *effort-reduction framework* (Shah & Oppenheimer 2008) unterstellte Ziel der Reduktion des Entscheidungsaufwands erklärt werden.

- (III) Entgegengesetzt könnte jedoch auch ein fehlendes bzw. nicht ausreichend elaboriertes mentales Modell die Ursache für die niedrige Einschätzung über die Eignung der Beschreibenden Sortenliste sein. Wenn die Landwirte nicht in der Lage sind, die Informationen der Beschreibenden Sortenliste unter Rückgriff auf individuelles Wissen in eine Inferenz bzgl. der Eignung für ein spezifisches Produktionssystem zu übertragen, dann kann damit die relativ geringe Bedeutung der Beschreibenden Sortenliste erklärt werden.

Die Vermutungen (I) und (II) können mit den in der Expertenbefragung erhobenen Daten nicht untersucht werden. Diese werden in einer weiteren Erhebung, die in Kapitel 5 näher beschrieben wird, untersucht. Eine Annäherung an die dritte Vermutung erfolgt durch den zweiten Teil der Expertenbefragung. Hierbei liegt der Fokus auf der individuellen Beurteilung einzelner Sorteneigenschaften im Kontext spezifischer Produktionssysteme.

4.4 Expertenbefragung zur Relevanz von Sorteneigenschaften

Die Ergebnisse der Expertenbefragung im vorangegangenen Abschnitt zeigen, dass die Landwirte insbesondere Quellen verwenden, in denen die Leistungsfähigkeit der Sorten in spezifischen Produktionssystemen beschrieben wird. Die von den Landwirten bevorzugten Quellen beinhalten also vornehmlich Informationen, bei denen nicht die einzelnen Sorteneigenschaften, sondern die Gesamtleistungen in Form des Ertrags im Vordergrund stehen.

Die merkmalsbasierte Auswahl auf der Grundlage der Informationen der Beschreibenden Sortenliste stellt eine Alternative zur Auswahl auf Grundlage der eigenen Erfahrungen und Landessortenversuche dar. Hierbei dient nicht die Leistung in wenigen Umwelten¹⁷⁶, sondern die Merkmalsausprägung in mindestens 42 Umwelten¹⁷⁷ als Datengrundlage.

Zu einem früheren Zeitpunkt wurde erwähnt, dass bisher kein Modell zur Prognose der Eignung von Sorten für spezifische Produktionssysteme beschrieben ist. Hieraus kann die Vermutung abgeleitet werden, dass kein einheitliches, objektives Verständnis über die Relevanz von Sorteneigenschaften für den Ertrag vorliegt.

¹⁷⁵ Bei Landessortenversuchen relative oder absolute Ertragsleistung; bei Empfehlungen: empfohlen oder nicht empfohlen; bei eigenen Erfahrungen: gute oder schlechte Erfahrungen.

¹⁷⁶ Bei dreijährigen Landessortenversuchen an sechs Standorten maximal 18 Umwelten.

¹⁷⁷ In den Wertprüfungen werden die Sorten über drei Jahre an 14 Standorten angebaut.

Die Expertenbefragung dient zur Untersuchung des Einflusses der Produktionssysteme auf die individuellen Vorstellungen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen Produktionssystem, Sorteneigenschaften und Ertrag.

Grundsätzlich ist vorstellbar, dass bei den Beratern ein weitgehend einheitliches Verständnis der Relevanz einzelner Sorteneigenschaften für den Ertrag vorliegt. Wenn ein solches Verständnis vorliegt, dann kann dieses Modell als Referenz zur Beurteilung der Entscheidungsverfahren der Landwirte dienen. Dieses Modell könnte, ähnlich wie die *weighted additive rule*¹⁷⁸ bei Bettman et al. (1990), als Vergleichswert für den Aufwand und die Prognosegenauigkeit der Entscheidungsverfahren der Landwirte genutzt werden.

Ein zentrales heuristisches Prinzip ist die Reduktion der Informationsmenge. Payne et al. (1993) sowie Shah und Oppenheimer (2008) beschreiben hierbei die Reduktion des Entscheidungsaufwands als primäres Ziel. Gigerenzer und Goldstein (1996) verweisen darauf, dass die Informationsmenge in konkreten Entscheidungssituationen nicht primär zur Verringerung des Entscheidungsaufwands erfolgen muss. Sie zeigen stattdessen, dass die Verringerung der berücksichtigten Attribute durch die subjektive Bewertung der Validität zur Inferenz auf eine Zielvariable begründet sein kann.

In konkreten Entscheidungssituationen, bei denen zwischen verschiedenen Sorten gewählt werden kann, ist die Identifikation der Ursache für die Reduktion des Entscheidungsaufwands nicht möglich. Dort können beide Gründe vorhanden sein. Ob die Reduktion der Informationsmenge auf der subjektiven Einschätzung über die Validität beruht, kann durch die Abfrage der Relevanz einzelner Eigenschaften untersucht werden. Die Abfrage der Relevanz einzelner Eigenschaften kann zur Untersuchung der mentalen Modelle herangezogen werden. Wenn einzelne Eigenschaften als irrelevant angesehen werden, dann dient die Reduktion der Informationsmenge in konkreten Entscheidungssituationen nicht primär zur Verringerung des Entscheidungsaufwands. Daher wird in der Expertenbefragung nicht die Auswahl von Sorten für spezifische Produktionssysteme untersucht und stattdessen die Relevanz einzelner Eigenschaften abgefragt.

4.4.1 Methode

Die Berater können für sieben und die AK-Mitgliedern für vier¹⁷⁹ Produktionssysteme Rangfolgen der Ertragsrelevanz einzelner Sorteneigenschaften erstellen. Die Produktionssysteme werden aus Beschreibungen der hessischen Landessortenversuche übernommen. Sie unterscheiden sich im Standort, in der Vorfrucht und dem Saattermin (siehe Tabelle 24). Bei der Auswahl der Produktionssysteme wurde darauf geachtet, dass sich zwei Produktionssys-

¹⁷⁸ Siehe Abschnitt 3.3.

¹⁷⁹ Die Mitglieder des Arbeitskreises wurden aus Zeitgründen nur zu vier Produktionssystemen befragt.

teme in jeweils einem Element unterscheiden.¹⁸⁰ Hierdurch ist die Überprüfung der Auswirkung einzelner Elemente des Produktionsverfahrens möglich. Die Auswahl der Produktionssysteme basiert auf der Annahme, dass sich die Variationen der Produktionssysteme auf die Relevanz einzelner Eigenschaften auswirken.

Tabelle 24: Unterschiede zwischen einzelnen Produktionssystemen (Quelle: eigene Darstellung)

Vorfrucht (Produktionssystem)	Winterraps (HR1)	Winterweizen (HW5)
Vorfrucht (Produktionssystem)	Mais (MM1)	Winterweizen (MW1)
Standort (Produktionssystem)	Korbach: kalt und moderate Niederschläge (KR1)	Griesheim: warm und geringe Nie- derschläge (GR1)
Saattermin (Produktionssystem)	spät, 31.10. (HW1)	früh, 30.09. (HW5)

Die pflanzenbaulichen Maßnahmen (Fungizideinsatz etc.) werden als deckungsgleich mit denen der hessischen Landessortenversuche in Intensitätsstufe 2 für alle Systeme beschrieben. Den Experten werden die 18 Anbau-, Resistenz- und Ertragseigenschaften der Beschreibenden Sortenliste vorgegeben. Zusätzlich können weitere Eigenschaften genannt werden. Es kann frei gewählt werden, wie viele Ränge vergeben werden. Wenn nur eine Eigenschaft als relevant erachtet wird, kann folglich nur Rang 1 vergeben werden. Wenn 20 Eigenschaften als wichtig angesehen werden, können die Ränge 1 bis 20 vergeben werden. Eigenschaften, die nicht in die Rangfolge aufgenommen wurden, werden folglich als irrelevant eingestuft.

Zur Vermeidung von Reihenfolgeeffekten wurden mehrere Fragebögen¹⁸¹ erstellt, in denen die Abfolge der Produktionssysteme variiert. Ermüdungseffekten wird durch den Wechsel zwischen den beschriebenen Rangreihungsaufgaben und soziodemografischen Fragen vorgebeugt.

¹⁸⁰ Die Produktionssysteme werden auch in der experimentellen Untersuchung der Sortenwahl in Kapitel 5 verwendet. In Abschnitt 5.2.4.1 wird die Auswahl der Produktionssysteme detailliert beschrieben. Die Bezeichnung der Produktionssysteme setzt sich aus den Anfangsbuchstaben der Standorte (H = Bad Hersfeld, K = Korbach, G = Griesheim M = Marburg) und der Vorfrüchte (R = Raps, W = Weizen, M = Mais) sowie der im Entscheidungsexperiment angegebenen Schlaggröße zusammen. Die Schlaggröße hat bei der Expertenbefragung keine Relevanz und wird den Teilnehmern dort nicht mitgeteilt. Auf eine Aufstellung von expliziten Hypothesen über die Auswirkung der Produktionssysteme auf die Relevanz einzelner Eigenschaften wird an dieser Stelle verzichtet.

¹⁸¹ Jeweils ein Fragebogen zur Datenerhebung bei den Pflanzenbauberatern und den Landwirten ist in Anhang 2 bzw. Anhang 3 zu finden.

4.4.2 Ergebnisse

Die Annäherung an die Frage nach der Relevanz einzelner Sorteneigenschaften erfolgt auf unterschiedlichen Aggregationsstufen. Hierbei wird die Darstellung, ausgehend von (I) der durchschnittlichen Anzahl der Nennungen einzelner Eigenschaften, über (II) die Anzahl von individuell als relevant eingestuften Eigenschaften, hin zu (III) individuellen Rangfolgen für einzelne Produktionssysteme, schrittweise verfeinert.

(I) Nennungen einzelner Eigenschaften

Die Relevanz einzelner Sorteneigenschaften kann sowohl über mehrere als auch für einzelne Produktionssysteme betrachtet werden. Zunächst werden die Antworten der beiden Gruppen im Durchschnitt aller Produktionssysteme verglichen.

Die Berater bewerten die Ertragsrelevanz der Sorteneigenschaften für sieben Produktionssysteme. Den AK-Mitgliedern werden aus Zeitgründen nur vier Produktionssysteme präsentiert. Um das durchschnittliche Antwortverhalten der beiden Gruppen vergleichen zu können, werden zunächst nur die Angaben zu den vier Produktionssystemen berücksichtigt, die beiden Gruppen vorlagen.

Lediglich zwei der fünf meistgenannten Eigenschaften der AK-Mitglieder befinden sich auch unter den Top 5 Nennungen der Berater. Während die AK-Mitglieder am häufigsten Lagerneigung (67,0%) und die Neigung zu Auswinterung (63,1%) nennen, sind dies bei den Beratern der Kornertag in Stufe 2 (69,5%) und die Anfälligkeit für Gelbrost (54,8%). Von den AK-Mitgliedern stufen weniger als 30% den Kornertag Stufe 2 als ertragsrelevant ein. Sie achten stattdessen vermehrt auf die Ertragskomponenten Bestandesdichte (60,4%), Tausendkornmasse (47,9%) und Kornzahl je Ähre (42,3%). Diese Ertragskomponenten werden von nur 37,0%, 25,8% bzw. 24,4% der Berater genannt. Zunächst kann also festgehalten werden, dass zwischen den AK-Mitgliedern und den Beratern im Durchschnitt der vier Anbausituationen deutliche Unterschiede in den Einschätzungen vorliegen (vgl. Tabelle 25).

Alle Befragten hatten die Möglichkeit zur Nennung weiterer Eigenschaften. Drei Teilnehmer nennen „Qualität“ als zusätzliche Eigenschaft. Diese Nennungen werden in den Tabellen nicht aufgeführt. Weitere Eigenschaften werden nicht genannt.

Tabelle 26 liefert einen Gesamtüberblick über die Einschätzungen der Relevanz einzelner Eigenschaften in unterschiedlichen Produktionssystemen. Für alle sieben Produktionssysteme nennen die Berater den Kornertag Stufe 2 (69,2%), die Anfälligkeit für Gelbrost (52,2%), den Reifezeitpunkt (49,7%) sowie die Neigung zu Auswinterung (44,3%) und die Anfälligkeit für Ährenfusarium (44,3%) am häufigsten (vgl. Spalte „Ø“ in Tabelle 26). Die Einschätzungen zur Relevanz einzelner Eigenschaften variiert zwischen den einzelnen Produktionssystemen erheblich.

Tabelle 25: Subjektiv ertragsrelevante Sorteneigenschaften (Durchschnitt der vier Produktionssysteme der AK-Mitglieder n = 13 und der Pflanzenbauberater n = 19; Quelle: eigene Erhebung)

Rangfolge der AK-Mitglieder	Anteil der Nennungen (%)	
	AK-Mitglieder	Pflanzenbauberater (Rang)
1. Neigung zu Lager	67,0	40,5 (6)
2. Neigung zu Auswinterung	63,1	46,4 (4)
3. Reifezeitpunkt	61,3	53,3 (3)
4. Bestandesdichte	60,4	37,0 (8)
5. Anfälligkeit für Ährenfusarium	55,1	32,2 (9)
6. Anfälligkeit für Gelbrost	53,6	54,8 (2)
7. Anfälligkeit für Blattseptoria	48,2	41,1 (5)
8. TKM	47,9	24,8 (11)
9. Körner/Ähre	42,3	25,8 (10)
10. DTR	39,3	10,0 (17)
11. Pflanzenlänge	36,9	16,2 (15)
12. Korntrag Stufe 1	31,5	38,1 (7)
13. Korntrag Stufe 2	29,8	69,5 (1)
14. Anfälligkeit für Braunrost	29,5	21,9 (13)
15. Anfälligkeit für Spelzenbräune	22,0	2,8 (18)
16. Anfälligkeit für Halmbruch	18,5	22,4 (12)
17. Anfälligkeit für Mehltau	14,3	15,2 (16)
18. Ährenschieben	11,3	19,1 (14)

Die Verschiebung der Relevanz einzelner Eigenschaften erfolgt zwischen den Gruppen unterschiedlich. In Tabelle 27 und Tabelle 28 sind jeweils die drei Eigenschaften mit den größten Verschiebungen in den Anteilen der Nennungen aufgeführt.

Die Variation der Vorfrucht (HR1 vs. HW5) führt bei den Beratern insbesondere zu Verschiebungen bezüglich der Anfälligkeit für Ährenfusarium und Halmbruch sowie des Reifezeitpunktes bei der Vorfrucht Winterweizen. Bei den AK-Mitgliedern erfolgt ebenfalls eine stärkere Berücksichtigung der Anfälligkeit für Ährenfusarium bei der Vorfrucht Winterweizen. Umgekehrt werden die Ertragskomponenten Bestandesdichte und TKM bei der Vorfrucht Winterraps von mehr AK-Mitgliedern genannt.

Der Einfluss der Standorte zeigt sich bei den Beratern besonders in der Beurteilung der Neigung zu Auswinterung sowie der Anfälligkeit für Blattseptoria und der Neigung zu Lager. Diese werden für den kälteren Standort Korbach (KR5) im Vergleich zu Griesheim (GR5) häufiger genannt. Die AK-Mitglieder hingegen reagieren auf die Änderung des Standorts mit einer Anpassung der Relevanz der Ertragskomponenten Körner je Ähre, Bestandesdichte und TKM. Diese werden für den trockeneren und wärmeren Standort Griesheim von mehr AK-Mitgliedern als ertragsrelevant eingestuft.

Tabelle 26: Ertragsrelevante Sorteneigenschaften in unterschiedlichen Produktionssystemen (Pflanzenbauberatern = Berater, n = 19; AK-Mitglieder = Arbeitskreis, n = 13; Zur besseren Übersichtlichkeit wird bei „Auswinterung“ und „Lager“ auf den Zusatz „Neigung zu“ und bei Krankheiten auf den Zusatz „Anfälligkeit für“ verzichtet. Quelle: eigene Erhebung)

Produktionssystem	Kennung	HR1	HW1	HW5	KR5	GR5	MW1	MM1	Max	Min	Ø
	Standort	Bad Hersfeld	Bad Hersfeld	Bad Hersfeld	Korbach	Griesheim	Marburg	Marburg			
	Vorfrucht	Winterraps	Winterweizen	Winterweizen	Winterraps	Winterraps	Winterweizen	Mais			
	Saattermin	07.10.	31.10.	30.09.	04.10.	21.10.	18.10.	22.10.			
Eigenschaften											
Ährenschieben	Berater	15,8	15,8	5,9	15,8	38,9	21,1	11,8	38,9	5,9	17,9
	Arbeitskreis	14,3		16,7	7,1	7,1			16,7	7,1	11,3
Reifezeitpunkt	Berater	36,8	57,9	41,2	63,2	72,2	47,4	29,4	72,2	29,4	49,7
	Arbeitskreis	57,1		66,7	57,1	64,3			42,9	33,3	36,9
Pflanzenlänge	Berater	21,1	26,3	11,8	21,1	11,1	21,1	17,6	26,3	11,1	18,6
	Arbeitskreis	42,9		33,3	35,7	35,7			42,9	33,3	36,9
Auswinterung	Berater	42,1	63,2	58,8	73,7	11,1	31,6	29,4	73,7	11,1	44,3
	Arbeitskreis	78,6		66,7	64,3	42,9			78,6	42,9	63,1
Lager	Berater	47,4	52,6	23,5	57,9	33,3	47,4	23,5	57,9	23,5	40,8
	Arbeitskreis	71,4		75,0	64,3	57,1			75,0	57,1	67,0
Halmbruch	Berater	5,3	68,4	47,1	26,3	11,1	42,1	11,8	68,4	5,3	30,3
	Arbeitskreis	28,6		16,7	14,3	14,3			28,6	14,3	18,5
Mehltau	Berater	10,5	31,6	23,5	15,8	11,1	21,1	5,9	31,6	5,9	17,1
	Arbeitskreis	28,6		8,3	7,1	21,4			28,6	0,0	14,3
Blattseptoria	Berater	36,8	57,9	47,1	52,6	27,8	42,1	35,3	57,9	27,8	42,8
	Arbeitskreis	57,1		50,0	42,9	42,9			57,1	42,9	48,2
DTR	Berater	0,0	31,6	29,4	10,5	0,0	10,5	5,9	31,6	0,0	12,6
	Arbeitskreis	42,9		50,0	28,6	35,7			50,0	28,6	39,3
Gelbrost	Berater	52,6	57,9	58,8	57,9	50,0	52,6	35,3	58,8	35,3	52,2
	Arbeitskreis	64,3		50,0	50,0	50,0			64,3	50,0	53,6
Braunrost	Berater	21,1	31,6	17,6	21,1	27,8	21,1	5,9	31,6	5,9	20,9
	Arbeitskreis	42,9		25,0	21,4	28,6			42,9	21,4	29,5
Ährenfusarium	Berater	15,8	57,9	64,7	31,6	16,7	42,1	82,4	82,4	15,8	44,4
	Arbeitskreis	50,0		91,7	42,9	35,7			91,7	35,7	55,1
Spelzenbräune	Berater	0,0	21,1	5,9	5,3	0,0	5,3	0,0	21,1	0,0	5,4
	Arbeitskreis	35,7		16,7	14,3	21,4			35,7	14,3	22,0
Bestandesdichte	Berater	31,6	36,8	41,2	47,4	27,8	21,1	35,3	47,4	21,1	34,4
	Arbeitskreis	71,4		41,7	50,0	78,6			78,6	41,7	60,4
Körner/Ähre	Berater	31,6	36,8	17,6	31,6	22,2	26,3	17,6	36,8	17,6	26,3
	Arbeitskreis	50,0		33,3	21,4	64,3			64,3	21,4	42,3
TKM	Berater	21,1	26,3	29,4	26,3	22,2	15,8	23,5	29,4	15,8	23,5
	Arbeitskreis	64,3		41,7	28,6	57,1			64,3	28,6	47,9
Kornertrag Stufe 1	Berater	42,1	47,4	29,4	47,4	33,3	42,1	23,5	47,4	23,5	37,9
	Arbeitskreis	21,4		33,3	35,7	35,7			35,7	21,4	31,5
Kornertrag Stufe 2	Berater	68,4	78,9	52,9	78,9	77,8	68,4	58,8	78,9	52,9	69,2
	Arbeitskreis	28,6		33,3	35,7	21,4			35,7	21,4	29,8

Tabelle 27: Relevanz einzelner Eigenschaften in Abhängigkeit der Vorfrucht (Winterraps vs. Weizenweizen; Pflanzenbauberater, n = 17; Arbeitskreismitglieder, n = 12; Quelle: eigene Erhebung)

Produktionssystem	HR1	HW5	Betrag der Differenz (HR1 vs. HW5)
Standort	Bad Hersfeld	Bad Hersfeld	
Vorfrucht	Winterraps	Winterweizen	
Saattermin	07.10.	30.09.	
Anteil Nennungen (%)			
Pflanzenbauberater			
Eigenschaft			
Ährenfusarium	15,8	64,7	48,9
Halmbruch	5,3	47,1	41,8
Reifezeitpunkt	36,8	66,7	29,9
Arbeitskreismitglieder			
Eigenschaft			
Ährenfusarium	50,0	91,7	41,7
Bestandesdichte	71,4	41,7	29,8
TKM	64,3	41,7	22,6

Tabelle 28: Relevanz einzelner Eigenschaften in Abhängigkeit des Standorts (Pflanzenbauberater, n = 17; Arbeitskreismitglieder, n = 12; Quelle: eigene Erhebung)

Produktionssystem	KR5	GR5	Betrag der Differenz (KR5 vs. GR5)
Standort	Korbach	Griesheim	
Vorfrucht	Winterraps	Winterraps	
Saattermin	04.10.	21.10.	
Anteil Nennungen (%)			
Pflanzenbauberater			
Eigenschaft			
Auswinterung	73,7	11,1	62,6
Blattseptoria	52,6	27,8	24,9
Lager	57,9	33,3	24,6
Arbeitskreismitglieder			
Eigenschaft			
Körner/Ähre	21,4	64,3	42,9
Bestandesdichte	50,0	78,6	28,6
TKM	28,6	57,1	28,6

Bei den Produktionssystemen, die nur von Beratern bewertet wurden, beeinflussen unterschiedliche Saattermine insbesondere die Einschätzung über die Relevanz der Lagerneigung, des Kornertrags in Stufe 2 und der Anfälligkeit für Halmbruch (siehe Tabelle 29).

Tabelle 29: Relevanz einzelner Eigenschaften in Abhängigkeit des Saattermins (Pflanzenbauberater, n = 18; Quelle: eigene Erhebung)

Produktionssystem	HW1	HW5	Betrag der Differenz (HW1 vs. HW5)
Standort	Bad Hersfeld	Bad Hersfeld	
Vorfrucht	Winterweizen	Winterweizen	
Saattermin	31.10.	30.09.	
Anteil Nennungen (%)			
Eigenschaft			
Lager	52,6	23,5	29,1
Kornertrag Stufe 2	78,9	52,9	26,0
Halmbruch	68,4	47,1	21,4

Wenn Mais (MM1) anstelle von Weizen (MW1) die Vorfrucht darstellt, dann beurteilen die Berater die Bedeutung der Anfälligkeit für Ährenfusarium deutlich höher. Die Anfälligkeit für Halmbruch und die Neigung zu Lager wird bei Mais hingegen von weniger Beratern als relevant eingestuft (siehe Tabelle 30).

Tabelle 30: Relevanz einzelner Eigenschaften in Abhängigkeit der Vorfrucht (Winterweizen vs. Mais; Pflanzenbauberater, n = 18; Quelle: eigene Erhebung)

System	MW1	MM1	Betrag der Differenz (MW 1 vs. MM1)
Standort	Marburg	Marburg	
Vorfrucht	Winterweizen	Mais	
Saattermin	18.10.	22.10.	
Anteil Nennungen (%)			
Eigenschaft			
Ährenfusarium	42,1	82,4	40,2
Halmbruch	42,1	11,8	30,3
Lager	47,4	23,5	23,8

(II) Anzahl relevanter Eigenschaften

Die aggregierte Darstellung in Form des Anteils an Nennungen im vorangegangenen Abschnitt verbirgt die zugrundeliegenden individuellen Einschätzungen der Teilnehmer. In Tabelle 31 ist die individuelle Anzahl genannter Eigenschaften abgetragen. Anhand der Übersicht wird die große Bandbreite der Antworten der Experten deutlich. Die Spanne der Einschätzungen über die Anzahl von relevanten Eigenschaften reicht von einer bis hin zu allen 18 Eigenschaften. Zwischen den einzelnen Produktionssystemen variiert die durchschnittliche Anzahl bei den Beratern zwischen 4,9 und 8,0 Eigenschaften. Die AK-Mitglieder nennen zwischen 6,6 und 9,2 Eigenschaften für einzelne Produktionsverfahren.

Tabelle 31: Anzahl subjektiv ertragsrelevanter Eigenschaften für verschiedene Produktionssysteme (Pflanzenbauberater, n = 19; Arbeitskreismitglieder, n = 13; leere Zellen = fehlende Angaben; Quelle: eigene Erhebung)

Produktions- system	System	HR1	HW1	HW5	KR5	GR5	MW1	MM1			
	Standort	Bad Hersfeld	Bad Hersfeld	Bad Hersfeld	Korbach	Gries- heim	Marburg	Marburg			
	Vorfrucht	Winter- raps	Winter- weizen	Winter- weizen	Winter- raps	Winter- raps	Winter- weizen	Mais			
	Aussaat	07.10.	31.10.	30.09.	04.10.	21.10.	18.10.	22.10.	Max	Min	
Pflanzenbauberater											
Fragebogen-Nr.	1	10	5	7	5	6	8	5	10	5	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	4	3	3	4	3	-	2	3	4	2	
	5	4	6	3	5	3	3	3	6	3	
	6	3	5	2	6	5	5	3	6	2	
	7	7	8	9	7	6	6	7	9	6	
	8	4	4	4	6	4	4	5	6	4	
	9	3	1	4	2	2	1	2	4	1	
	10	-	13	18	3	3	16	3	18	3	
	11	8	11	8	10	10	9	8	11	8	
	12	5	7	-	6	7	6	-	7	5	
	13	6	16	4	14	5	7	4	16	4	
	14	8	18	-	17	3	4	-	18	3	
	15	2	4	5	2	2	3	3	5	2	
	16	2	15	4	7	2	5	2	15	2	
	17	13	15	13	15	13	13	9	15	9	
	18	5	6	5	6	5	5	6	6	5	
	19	4	7	5	6	5	4	5	7	4	
	21	7	7	7	9	7	8	8	9	7	
		Max	13	18	18	17	13	16	9		
		Min	1	1	1	1	1	1	1		
	Ø	5,3	8,0	6,1	6,8	4,9	5,8	4,5	6		
Arbeitskreismitglieder											
Fragebogen-Nr.	1	15		4	4	6			15	4	
	2	6		5	5	6			6	5	
	3	6		6	6	5			6	5	
	4	7		9	7	7			9	7	
	5	11		6	5	4			11	4	
	6	5		6	7	5			7	5	
	9	7		4	5	6			7	4	
	11	18		18	18	18			18	18	
	12	13		6	6	13			13	6	
	13	6		8	3	5			8	3	
	14	9		10	9	8			10	8	
	15	7		-	5	10			10	5	
	16	9		8	7	7			9	7	
		Max	18		18	18	18				
		Min	5		4	3	4				
		Ø	9,2		7,5	6,7	7,7			7,5	

Im Durchschnitt der sieben bzw. vier Situationen wurden 6,0 bzw. 7,5 Eigenschaften als relevant eingestuft.¹⁸² Über alle Produktionssysteme werden folglich über die Hälfte der Resistenz-, Anbau- und Ertragseigenschaften als irrelevant bewertet. Bei den Beratern können starke interpersonelle Unterschiede festgestellt werden. So stufen manche Experten nur einige wenige Eigenschaften als ertragsbestimmend ein.¹⁸³ Andere hingegen bewerten deutlich mehr Eigenschaften als ertragsrelevant.¹⁸⁴ Nur zwei Berater bewerten alle 18 Eigenschaften für jeweils ein Produktionssystem als ertragsrelevant. Bei den AK-Mitgliedern zeigen sich im Vergleich zu den Beratern weniger starke Unterschiede. Hier weicht lediglich eine Person, die für alle Produktionssysteme jeweils alle 18 Eigenschaften als bedeutsam einstuft, deutlich von den übrigen Teilnehmern ab.

Teilweise variiert die Anzahl relevanter Eigenschaften in Abhängigkeit der verschiedenen Produktionssysteme intrapersonell. Einige Experten ändern die Anzahl relevanter Eigenschaften in Abhängigkeit des Produktionssystems stark.¹⁸⁵ Andere hingegen nennen in etwa die gleiche Anzahl¹⁸⁶ über alle Produktionssysteme¹⁸⁷ hinweg. Noch deutlicher werden die Unterschiede bei Berücksichtigung der individuellen Rangfolgen.

(III) Individuelle Rangfolgen

Die bisherigen Darstellungen basieren auf der binären Unterscheidung zwischen „keine Berücksichtigung in der Rangfolge = irrelevant“ und „Bestandteil der Rangfolge = relevant“. Durch die Berücksichtigung individueller Rangfolgen kann genauer überprüft werden, inwiefern Übereinstimmungen zwischen einzelnen Experten vorliegen. Zudem kann die Anpassung an Produktionssysteme detaillierter beschrieben werden.

Die im vorangegangenen Absatz gezeigten intra- und interpersonellen Unterschiede verstärken sich, wenn die individuellen Rangfolgen berücksichtigt werden. Für keines der Produktionssysteme konnte eine vollständige Übereinstimmung der Rangfolgen zwischen den Experten gefunden werden. In **Fehler! Ungültiger Eigenverweis auf Textmarke.** sind die Rangfolgen exemplarisch für ein Produktionssystem dargestellt.¹⁸⁸

¹⁸² Die höheren Werte bei den AK-Mitgliedern beruhen hauptsächlich auf den Antworten eines Befragten, der über alle vier Runden jeweils alle Eigenschaften als relevant eingestuft hat. Die stark abweichende Anzahl hat aufgrund der kleinen Stichprobe einen nicht unerheblichen Einfluss.

¹⁸³ Vgl. Tabelle 31, Pflanzenbauberater, Fragebogen-Nr. 3, 4 und 9.

¹⁸⁴ Vgl. Tabelle 31, Pflanzenbauberater, Fragebogen-Nr. 11 und 17; Arbeitskreismitglied, Fragebogen-Nr. 4 und 14.

¹⁸⁵ Vgl. Tabelle 31, Pflanzenbauberater, Fragebogen-Nr. 10, 14 und 16; Arbeitskreismitglied, Fragebogen-Nr. 1 und 13.

¹⁸⁶ Vgl. Tabelle 31, Pflanzenbauberater, Fragebogen-Nr. 3, 8 und 18 Arbeitskreismitglied, Fragebogen-Nr. 4 und 14.

¹⁸⁷ Es konnten keine Reihenfolgeeffekte festgestellt werden.

¹⁸⁸ Die Rangfolgen der übrigen Produktionssysteme sind in Anhang 10 zu finden.

Tabelle 32: Rangfolge der Ertragsrelevanz von Sorteneigenschaften am Beispiel von Produktionssystem KR5 (Quelle: eigene Darstellung)

Produktionssystem KR5: Standort: Korbach, Vorfrucht: Winterraps, Saattermin 04.10.																																					
Fragebogen-Nr.	Pflanzenbauberater (n = 19)																					Arbeitskreismitglieder (n = 13)															
	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	1	2	3	4	5	6	9	11	12	13	14	15	16					
Ährenschieben												4		3				9								17											
Reifezeitpunkt	2				6		1		3	3	4		3		2	15	1	3	8			6	3	1	9	3	16			8		1					
Pflanzenlänge				3						10			8		4								2			18		1		1	5						
Auswinterung	3			1	5	4	2			1	3	3	2		1	14	2	5	2	2			4	4	3	3	1	2		6	3						
Lager			2	2		6		2			8	5	5	13		6	13		7	4	3				5			2	4		2	7	2	2			
Halmbruch										7		10	17			9	6											13				4					
Mehltau												11	16			8												15									
Blattseptoria	5					7	3				5	6	7	12		7	3		3					5	6			4	12	3		1					
DTR												8				10								5				10	4			2					
Gelbrost	4			4		5	6				4		6	11		5	12		4	1				2	7		5		11	5		3	3				
Braunrost												9	15			11										6		9			4						
Ährenfusarium				4							4	14			6		6	5	3	4								8	6		5	4					
Spelzenbräune												11																14				6					
Bestandesdichte		1				2	4				9		12	7		7	4	5						3		4	7	5	5		9	7					
Körner/Ähre		3				3	5					13	6			3				1							1		6								
TKM				3						6		14	5			5								2		2		7				5					
Kornertrag Stufe 1					2		1	1			1	2	9	2		1		1						1		2	5		1	2							
Kornertrag Stufe 2	1	1		5	1	1			2	2	2	1	1	1		2	4	2	4					1	1				3	1	3						

Die Anpassung der individuellen Gewichtung von Sorteneigenschaften wird am Beispiel des Vergleichs der Rangfolgen der Berater für die Produktionssysteme HW1 und HW5 in Abbildung 7 gezeigt. Die Systeme unterscheiden sich lediglich im Saattermin, Standort und Vorfrucht sind in beiden Situationen gleich. Es zeigt sich eine große Bandbreite an Reaktionen. Sowohl Verschiebungen in der Rangfolge als auch vollständige Änderungen in der Einschätzung über die Ertragsrelevanz einzelner Eigenschaften können beobachtet werden. Die Berater mit den Fragebogennummern 6 und 13 bewerten Kornertrag Stufe 2 in System HW1 mit den Rängen 2 bzw. 1. In System HW5 hingegen vergeben die beiden Befragten für diese Eigenschaften keinen Rang und bewerten sie hierdurch als irrelevant. Demgegenüber behalten die Teilnehmer mit den Nummern 1, 3, 7, 15 und 17 ihre Einschätzung über die Relevanz des Kornertrages Stufe 2 bei. Sie bewerten diese Eigenschaften in beiden Produktionsverfahren mit Rang 1 bzw. 2. Wiederum andere Berater ändern ihre Einschätzung graduell und ordnen den Eigenschaften andere Ränge zu. Beispiele hierfür sind die Ränge für den Kornertrag Stufe 2 der Teilnehmer 10, 11 und 19. Lediglich der Teilnehmer mit Fragebogennummer 3 ändert seine Rangfolge überhaupt nicht. Er bewertet in beiden Systemen ausschließlich den Kornertrag Stufe 2 als ertragsrelevant. Es zeigt sich insgesamt also kein einheitliches Bild in der Anpassung.

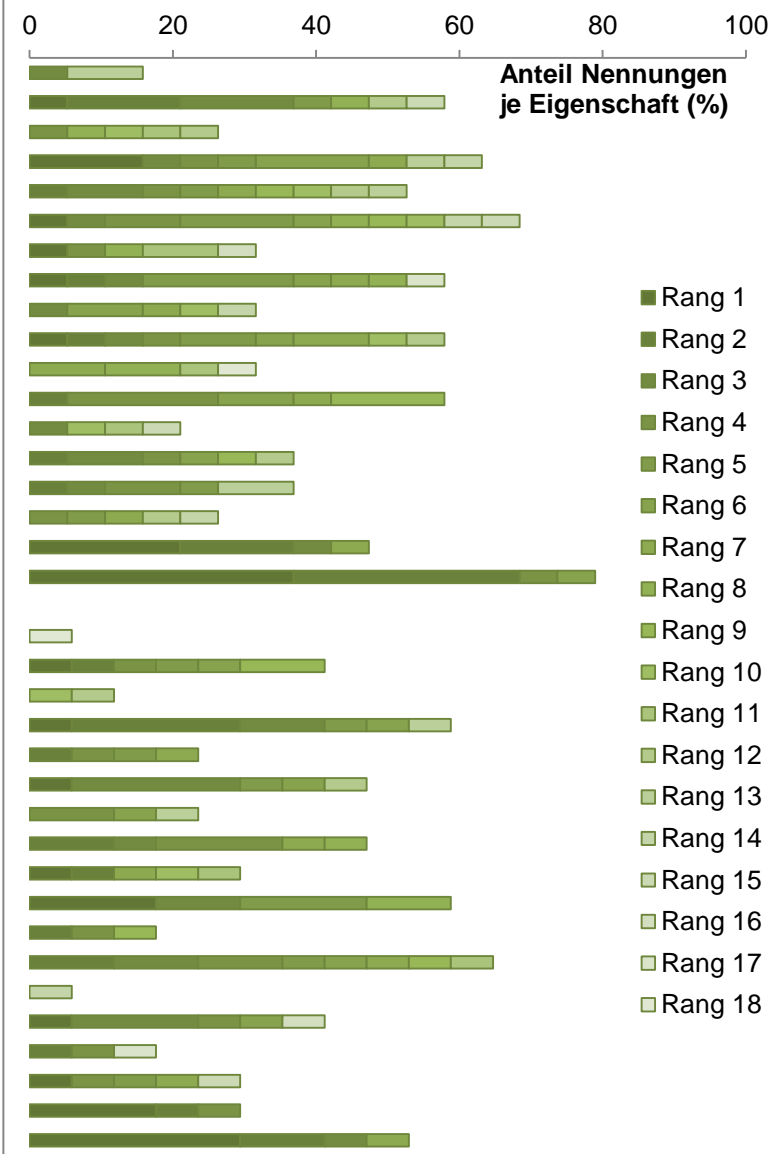
Abbildung 7: Subjektive Rangfolgen der Ertragsrelevanz von Sorteneigenschaften in Abhängigkeit von (A) System HW1 und (B) System HW5 (Einschätzungen einzelner Experten stehen in gleichen Spalten der Tabellen A und B; die Balken (rechts) zeigen die Anteile (%) der Nennungen je Eigenschaften; Pflanzenbauberater, n = 19; Quelle: eigene Erhebung)

A) Produktionssystem HW1

1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	Fragebogen-Nr.
											13	3		13					Ährenschieben
2				1		2			3	3	8	2		12	15	5	3		Reifezeitpunkt
			4						10		12	8		11					Pflanzenlänge
			1		6	1		3	1	4	6	13		5	14		7	6	Auswinterung
			2					4	7		9	12	3	10	13	3		5	Lager
5		1	3		5				8	5	10	15	4	14	9	6	4		Halmbruch
4								11			11	16		1	8				Mehltau
				5	8			5	5	6	5	17		2	7	1		3	Blattseptoria
3					7			6			14			6	10				DTR
		2	5		4			7	6		3	10		7	12		5	1	Gelbrost
								8			7	18		8	11			7	Braunrost
				4				9	4	7	4	9		9	6	4	6	2	Ährenfusarium
		3						10				11		15					Spelzenbräune
					2	3			9		12	6		3	4				Bestandesdichte
					3	4					13	5		4	2				Körner/Ähre
								12	7		14	4			5				TKM
				3			1	1	1	1	2	7	2		1		2		Kornertag Stufe 1
1	1			6	2	1		2	2	2	1	1	1		2	2	1	4	Kornertag Stufe 2

B) Produktionssystem HW5

								18											Ährenschieben
2					6	1		9	9							4	5		Reifezeitpunkt
								10							12				Pflanzenlänge
			1		2	2	2	6	2		3		5		13		3		Auswinterung
			2		5			7					4						Lager
3			3					12	3				3		6	1	5		Halmbruch
6					4	4		13											Mehltau
					3			8	4		4			2	7	2		4	Blattseptoria
					7			11						1	10			2	DTR
5		3			8		3	1	5		1				8	5		1	Gelbrost
4								2							9				Braunrost
7		4		2	9			5	6		2			3	11		4	3	Ährenfusarium
								14											Spelzenbräune
		1			3			16						4	3	3		6	Bestandesdichte
		2						17							4				Körner/Ähre
				1	4			15	7						5				TKM
							1	4					2		1		1		Kornertag Stufe 1
1	1				1			3	1				1		2		2	7	Kornertag Stufe 2



4.4.3 Diskussion

Zwischen den Beratern und den AK-Mitgliedern bestehen Unterschiede in der Einschätzung der Ertragsrelevanz einzelner Eigenschaften. Dies zeigt sich am Vergleich des Anteils der Nennungen über vier Produktionssysteme (siehe Tabelle 25). Offensichtlich liegen zwischen diesen Gruppen grundsätzlich unterschiedliche Vorstellungen über die Ertragsrelevanz von Sorteneigenschaften vor.

Bei den AK-Mitgliedern handelt es sich um eine weitgehend homogene Gruppe von Landwirten aus einer Region (Eschwege) in Hessen. Sie haben allesamt keine hochschulische Ausbildung¹⁸⁹. Aufgrund der Mitgliedschaft im Arbeitskreis und der überdurchschnittlich großen Acker- und Weizenflächen können diese Landwirte als besonders involviert bezeichnet werden. Die Berater sind u. a. an Sortenversuchen beteiligt. Die Sortenwahl berührt also direkt den Kern ihrer beruflichen Tätigkeit, woraus ebenfalls auf eine hohe persönliche Bedeutung des Themas geschlossen werden kann. Mit zwei Ausnahmen haben alle Berater eine universitäre Ausbildung. Die Gruppen unterscheiden sich also in ihrer Ausbildung und der Art der praktischen Erfahrung. Diese beiden Aspekte können zur Erklärung der unterschiedlichen Einschätzungen herangezogen werden. Allerdings sind detaillierte Erklärungen der Unterschiede anhand der erhobenen Daten nicht möglich. Hier besteht weitergehender Forschungsbedarf. Die Relevanz der Ausbildung wird im Zusammenhang mit der experimentellen Untersuchung des Entscheidungsverhalten der Landwirte in Abschnitt 5.1.2 aufgegriffen und näher untersucht.

Obwohl es sich um Personen aus zwei homogenen Gruppen handelt, zeigen sich bei den individuellen Rangfolgen erhebliche Unterschiede. Während einige Befragte nur sehr wenige Eigenschaften nennen, stufen andere Teilnehmer alle Eigenschaften als ertragsrelevant ein (siehe Tabelle 31). Im Durchschnitt vergeben die Befragten nur 6,0 bzw. 7,5 Ränge. Die relativ geringe Anzahl an Nennungen könnte als Indiz für eine mangelnde Motivation zur Aufstellung von Rangfolgen mit „allen“ Eigenschaften interpretiert werden. Da die Erhebung ohne monetären Anreiz durchgeführt wurde, kann dies nicht ausgeschlossen werden. Allerdings kann diese Befürchtung teilweise entkräftet werden. Die staatlichen Berater erhalten in ihrer beruflichen Praxis ebenfalls keine variable (erfolgsabhängige) Vergütung. Daher kann angenommen werden, dass die Anreizstruktur der Befragungssituation der realen Beratungssituationen gleicht. Bei den AK-Mitgliedern kann dieses Argument nicht angebracht werden. Sie haben in realen Entscheidungssituationen einen direkten monetären Anreiz. Daher wurden sie vor dem Beginn der Befragung explizit auf die Freiwilligkeit der Teilnahme an der Befragung hingewiesen. Im Anschluss an die Befragung konnten die Teilnehmer beobachtet werden. Hierbei zeigte sich ein intensiver Austausch über das Antwortverhalten. Dies wird als Hinweis für ein hohes Interesse an der Befragung interpretiert. Daher werden mangelnde

¹⁸⁹ Universität oder Fachhochschule.

Motivation und das Fehlen eines monetären Anreizes nicht als (Haupt-)Ursache für die geringe Anzahl an Nennungen relevanter Eigenschaften eingeschätzt.

Die Experten mussten nicht alle Schritte des Entscheidungsverfahrens zur „Sortenwahl“ anwenden. Die Bewertung der Relevanz von Eigenschaften ist nur ein Teilprozess. Dieser Prozess ist mit der in Abschnitt 3.7 angesprochenen Festlegung von Gewichtungsfaktoren vergleichbar. Die Festlegung der Relevanz einzelner Attribute ist ein essentieller Vorgang für die Bildung von Inferenzen.

Die Rangfolgen können als mentale Modelle¹⁹⁰ angesehen werden. Sie stellen die individuellen Vorstellungen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen Sorteneigenschaften, Produktionssystem und Ertrag dar. Ohne die Bestimmung der Relevanz einzelner Eigenschaften ist eine zielgerichtete Informationssuche und -verarbeitung nicht möglich.¹⁹¹ Nachfolgende Prozesse von Entscheidungsverfahren, die Informationssuche und Informationsverarbeitung, mussten in der Expertenbefragung nicht durchgeführt werden. Von der Steigerung des kognitiven Aufwands durch die Verarbeitung von mehr Informationen infolge der Nennung von mehreren relevanten Eigenschaften waren die Experten in der Befragung also nicht betroffen. Der kognitive Aufwand der Aufgabe ist folglich geringer als der kognitive Aufwand zur Durchführung des gesamten Entscheidungsverfahrens. Daher wird die relativ geringe durchschnittliche Anzahl an Nennungen nicht auf mangelnde Motivation zurückgeführt, sondern als Ausdruck der Fokussierung auf einige wenige relevante Eigenschaften interpretiert. Die Experten haben also im Durchschnitt relativ „kleine“ Modelle, in denen nur wenige Eigenschaften die Ertragsleistung erklären.

Die Betrachtung des durchschnittlichen Anteils von Nennungen für einzelne Produktionssysteme zeigt, dass die Befragten die Relevanz einzelner Eigenschaften an Produktionssysteme anpassen (vgl. Tabelle 26). Aus den Unterschieden kann abgeleitet werden, welche Einflüsse (z. B. Stressfaktoren) durch unterschiedliche Produktionssysteme erwartet werden. Dies lässt sich exemplarisch für die Auswinterungsgefahr und das Auftreten von Ährenfusarium beschreiben.

Für Produktionssystem KR5 (73,7%) bewerten im Vergleich zu Produktionssystem GR5 (11,1%) deutlich mehr Berater die Neigung zu Auswinterung als relevant. Die AK-Mitglieder führen eine Anpassung in die gleiche Richtung durch. Allerdings ist der Effekt schwächer. Der Saattermin kann für beide Systeme als ortsüblich bezeichnet werden und die Vorfrucht war identisch, lediglich der Standort war unterschiedlich. Für System KR5 war der relativ kalte Mittelgebirgsstandort Korbach und für System GR5 der wärmere Standort Griesheim vorgegeben (vgl. Tabelle 26). Hieraus kann gefolgert werden, dass die Befragten auf eine höhere Auswinterungsgefahr in Korbach geschlossen haben. Für Griesheim hingegen schätzt der überwiegende Teil die Gefahr von auswinterungsbedingten Ertragsminderungen

¹⁹⁰ Siehe Abschnitt 3.11.1.

¹⁹¹ Siehe Abschnitt 3.6.

als irrelevant ein. Der Unterschied in der Bewertung der Auswinterungsneigung kann folglich als plausibel bezeichnet werden.

Beim Vergleich der Produktionssysteme HR1 und HW5 wird deutlich, dass die AK-Mitglieder (50,0% zu 91,7%) und die Berater (15,8% zu 64,4%) deutliche Unterschiede bei der Bewertung der Anfälligkeit für Ährenfusarium machen. Die beiden Systeme unterscheiden sich lediglich hinsichtlich der Vorfrucht. Das Auftreten von Ährenfusarium wird maßgeblich durch die Vorfrucht beeinflusst (vgl. Ziesemer et al. 2008, S. 1f). Daher sind Unterschiede in den Nennungen in Abhängigkeit der Vorfrucht plausibel. Die beiden Beispiele zeigen, dass Unterschiede in den Nennungen einzelner Eigenschaften in Abhängigkeit der Produktionssysteme nachvollziehbare Ursachen haben können.

Allerdings kann für einige Verschiebungen keine unmittelbar plausibel erscheinende Erklärung gefunden werden. Ein Beispiel hierfür ist der Vergleich der Systeme HW1 und HW5, die sich lediglich im Saattermin unterscheiden. Dieser Unterschied führt zu starken Abweichungen in der Bewertung der Relevanz des Ertragspotenzials (Kornertrag 2) durch die Berater. Während in System HW1 der Kornertrag Stufe 2 mit 79% die meisten Nennungen hatte, wird diese Eigenschaft in System HW5 von nur 53% der Befragten als relevant bewertet. Die Unterschiede sind bemerkenswert, da es sich bei den Angaben in Tabelle 26 um binäre Unterscheidungen zwischen relevant und irrelevant handelt. Der frühere Saattermin in System HW5 im Vergleich zu System HW1 führt folglich dazu, dass ein Teil der Experten eine vollständig andere Einschätzung der Relevanz des Ertragspotenzials vornimmt.

Die Einschätzungen der Befragten und die Anpassungen an unterschiedliche Produktionssysteme erfolgen nicht bei allen Teilnehmern gleich. Die Berücksichtigung der individuellen Rangfolgen zeigt die Diskrepanz deutlich. Über alle Produktionssysteme hinweg konnte keine einzige vollständige Übereinstimmung zwischen den Rangfolgen gefunden werden (vgl. z.B. Im Durchschnitt der sieben bzw. vier Situationen wurden 6,0 bzw. 7,5 Eigenschaften als relevant eingestuft. Über alle Produktionssysteme werden folglich über die Hälfte der Resistenz-, Anbau- und Ertrageigenschaften als irrelevant bewertet. Bei den Beratern können starke interpersonelle Unterschiede festgestellt werden. So stufen manche Experten nur einige wenige Eigenschaften als ertragsbestimmend ein. Andere hingegen bewerten deutlich mehr Eigenschaften als ertragsrelevant. Nur zwei Berater bewerten alle 18 Eigenschaften für jeweils ein Produktionssystem als ertragsrelevant. Bei den AK-Mitgliedern zeigen sich im Vergleich zu den Beratern weniger starke Unterschiede. Hier weicht lediglich eine Person, die für alle Produktionssysteme jeweils alle 18 Eigenschaften als bedeutsam einstuft, deutlich von den übrigen Teilnehmern ab.

Teilweise variiert die Anzahl relevanter Eigenschaften in Abhängigkeit der verschiedenen Produktionssysteme intrapersonell. Einige Experten ändern die Anzahl relevanter Eigenschaften in Abhängigkeit des Produktionssystems stark. Andere hingegen nennen in etwa

die gleiche Anzahl über alle Produktionssysteme hinweg. Noch deutlicher werden die Unterschiede bei Berücksichtigung der individuellen Rangfolgen.

(III) Individuelle Rangfolgen

Die bisherigen Darstellungen basieren auf der binären Unterscheidung zwischen „keine Berücksichtigung in der Rangfolge = irrelevant“ und „Bestandteil der Rangfolge = relevant“. Durch die Berücksichtigung individueller Rangfolgen kann genauer überprüft werden, inwiefern Übereinstimmungen zwischen einzelnen Experten vorliegen. Zudem kann die Anpassung an Produktionssysteme detaillierter beschrieben werden.

Die im vorangegangenen Absatz gezeigten intra- und interpersonellen Unterschiede verstärken sich, wenn die individuellen Rangfolgen berücksichtigt werden. Für keines der Produktionssysteme konnte eine vollständige Übereinstimmung der Rangfolgen zwischen den Experten gefunden werden. In **Fehler! Ungültiger Eigenverweis auf Textmarke.** sind die Rangfolgen exemplarisch für ein Produktionssystem dargestellt.

Tabelle 32). Wenn ein Landwirt zwei Berater nach ertragsrelevanten Sorteneigenschaften in Produktionssystem HW5 fragen würde, könnte sich z. B. folgendes Bild ergeben:

Berater 1¹⁹²: *Am wichtigsten ist die Neigung zu Auswinterung. Danach folgen die Neigung zu Lager und die Anfälligkeit für Halmbruch. Die übrigen Eigenschaften sind nicht relevant.*

Berater 2¹⁹³: *Am wichtigsten ist die Tausendkornmasse. Zudem sollte man auf die Anfälligkeit für Ährenfusarium achten. Die übrigen Eigenschaften sind irrelevant.*

Bemerkenswert bei dieser fiktiven Beratungsanfrage ist, dass die Antworten auf der Rangreihung von Experten beruht, die beide an der Durchführung von Landessortenversuchen an diesem Standort beteiligt sind. Die Experten haben also trotz des gleichen Erfahrungsbereichs völlig unterschiedliche Modelle über die Anforderungen an Sorteneigenschaften.

Obwohl die Bildung von Rangfolgen relevanter Sorteneigenschaften nur bedingt mit der realen Entscheidungssituation der Sortenwahl vergleichbar ist, lässt sich aus den Ergebnissen eine Schlussfolgerung ableiten: bei den befragten Experten liegen keine einheitlichen mentalen Modelle der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen Sorteneigenschaften, Produktionssystemen und Ertrag vor. Offensichtlich werden aus der Beschreibung der Produktionssysteme stark abweichende Schlussfolgerungen über die sich hieraus ergebenden Anforderungen an Weizensorten gezogen. Zum Abbau dieser Unterschiede und zur Klärung der Ursachen dieser großen Heterogenität sollte der Austausch zwischen Beratern und Landwirten angeregt werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden:

¹⁹² Abbildung 7, Fragebogennummer 5.

¹⁹³ Abbildung 7, Fragebogennummer 6.

- Die eingangs aufgestellte Vermutung, es liege kein einheitliches Modell über die Relevanz von Sorteneigenschaften vor, wird durch die Ergebnisse der Expertenbefragung unterstützt.
- Die konkrete Gestaltung des Produktionssystems hat eine zentrale Bedeutung für die subjektiv wahrgenommene Relevanz einzelner Sorteneigenschaften. Es gibt folglich nicht das allgemeine Entscheidungsproblem *Sortenwahl bei Winterweizen*, stattdessen stellt jedes Produktionssystem ein eigenes Entscheidungsproblem dar.

Die Expertenbefragung liefert wichtige Anhaltspunkte für die Relevanz einzelner Eigenschaften. Durch die Abfrage von Rangfolgen kann jedoch nicht untersucht werden, wie die Eigenschaften in konkreten Situationen bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden.

Es ist z. B. unklar, ob nicht-kompensatorische oder kompensatorische oder beide Arten von Entscheidungsregeln angewendet werden. Die Frage der Anwendung von heuristischen Entscheidungsverfahren kann anhand dieser Erhebung nicht beantwortet werden. Auf diese Aspekte wird in der experimentellen Untersuchung des Entscheidungsverhaltens in der zweiten Untersuchung in Kapitel 5 näher eingegangen.

In der Expertenbefragung zur Eignung von Informationsquellen hat sich gezeigt, dass der überwiegende Teil der Landwirte besonders auf eigene Erfahrungen vertraut. Die individuellen Erfahrungen der Landwirte scheinen also eine entscheidende Rolle zu spielen. Daher sind die Ergebnisse aus der Abfrage relevanter Sorteneigenschaften nicht zwangsläufig geeignet, um auf das Vorgehen der Landwirte bei der Sortenwahl zu schließen. Dieser Aspekt wurde bei der Entwicklung der zweiten, in Kapitel 5 beschriebenen, empirischen Untersuchung berücksichtigt.

4.5 Zusammenfassung

In der Expertenbefragung wurden zwei weitgehend homogene Gruppen, Pflanzenbauberater und Arbeitskreismitglieder, zur Eignung von Informationsquellen und zur Relevanz von Sorteneigenschaften in spezifischen Produktionssystemen befragt. Die Aufgabe bestand jeweils in der Bildung von Rangfolgen.

Bezüglich der Informationsquellen werden überwiegend Quellen als geeignet eingestuft, in denen die Informationen über Sorten erst einige Jahre nach der Sortenzulassung vorliegen, was die verzögerte Verbreitung neuer Sorten erklärt.

Die von den Landwirten als besonders geeignet eingestuften Quellen - mehrjährige Landdessortenversuche, eigene Erfahrungen und Empfehlungen anderer Landwirte - beinhalten im Vergleich zu einjährigen Landdessortenversuchen nur wenige Sorten. Im Vergleich zur Beschreibenden Sortenliste ist diese Differenz deutlich größer. Die bevorzugten Quellen schränken den Entscheidungsraum folglich ein. Zudem beinhalten die besonders bevorzugten Quellen hauptsächlich Informationen zur Ertragsleistung in spezifischen Produktionssystemen, wodurch die Anzahl der entscheidungsrelevanten Cues im Vergleich zur Beschrei-

benden Sortenliste, in der eine Vielzahl an Eigenschaften beschrieben wird, deutlich reduziert ist.

In Kapitel 3 werden zwei Erklärungsansätze für diese Beobachtung beschrieben.

1. Die Reduktion von Alternativen und Cues führt in den bevorzugten Quellen zu einer Verminderung des kognitiven Aufwands bei der Entscheidungsfindung (siehe Abschnitt 3.7).
2. Die mangelnde Fähigkeit zur Verwendung der detaillierten Informationen der Beschreibenden Sortenliste aufgrund eines nicht vorhandenen bzw. ungenügend elaborierten mentalen Modells (siehe 3.11.1).

Im zweiten Teil der Expertenbefragung wurden die mentalen Modelle über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge in Form von Rangfolgen der Ertragsrelevanz einzelner Sorteneigenschaften für spezifische Produktionssysteme abgefragt. Hierbei konnten große Unterschiede in den individuellen Einschätzungen festgestellt werden. Es zeigt sich, dass völlig unterschiedliche Vorstellungen über die Relevanz einzelner Eigenschaften vorliegen.

Im Durchschnitt beurteilen die Befragten weniger als die Hälfte der in der Beschreibenden Sortenliste aufgeführten Eigenschaften als relevant. Die Relevanz einzelner Eigenschaften wird in Abhängigkeit des Produktionssystems angepasst, allerdings variiert die Stärke der Anpassung interpersonell. Die große Heterogenität in den individuellen Antworten zur Eignung von Informationsquellen und der Relevanz von Sorteneigenschaften zeigt, dass kein einheitliches Verständnis innerhalb des befragten Expertenkreises vorliegt.

Die Erhebung der Relevanz von Sorteneigenschaften dient zur Abfrage der mentalen Modelle. Die Festlegung bzw. Gewichtung von Eigenschaften stellt nur einen Teilprozess der Entscheidungsverfahren dar. Weitere Teilprozesse, die Informationssuche und -verarbeitung, wurden in dieser Erhebung nicht untersucht. Zudem konnten die Landwirte in dieser Befragung nicht auf eine primär bevorzugte Information - eigene Erfahrungen mit einzelnen Sorten - zurückgreifen. Diese Aspekte werden in der experimentellen Untersuchung berücksichtigt.

5 Experimentelle Untersuchung

Die in Kapitel 3 dargestellten entscheidungstheoretischen Grundlagen und die in Kapitel 4 beschriebenen Erkenntnisse aus der Expertenbefragung werden als Basis für eine weitere empirische Erhebung genutzt. Hierbei werden die in den vorangegangenen Abschnitten angestellten Vermutungen über die Ursachen des Verhaltens bei der Sortenwahl untersucht.

Die Beobachtung des überwiegenden Anbaus älterer Sorten basiert auf den Statistiken der Besonderen Erntermittlung (BEE).¹⁹⁴ Diese beschreibt die Entscheidungsergebnisse der Landwirte bei der Sortenwahl auf aggregierter Ebene. Jedoch sind die angewendeten Entscheidungsverfahren und individuellen Motive bei der Sortenwahl nicht nachvollziehbar. Die erste Zielstellung der empirischen Erhebung dieses Kapitels ist die Identifikation von Gründen für den verstärkten Anbau älterer Sorten.

Die Beschreibende Sortenliste bietet im Vergleich zu anderen Quellen die aktuellsten Informationen und ermöglicht einen merkmalsbasierten Vergleich aller in Deutschland zugelassenen Weizensorten.¹⁹⁵ Dennoch zeigt sich in der Expertenbefragung¹⁹⁶, dass die Landwirte vermehrt Quellen bevorzugen, die weniger aktuell sind, eine geringere Anzahl von Sorten beinhalten und keine merkmalsbasierten Entscheidungen ermöglichen. Zudem werden in der Expertenbefragung individuelle Unterschiede in der Einschätzung über die Ertragsrelevanz einzelner Sorteneigenschaften in spezifischen Produktionssystemen festgestellt.¹⁹⁷ Allerdings ist die Aufstellung von Rangfolgen bzw. die Gewichtung von Eigenschaften nur ein Teilprozess von Entscheidungsverfahren.

Der zweite Teil dieses Kapitels behandelt die Fragen, wie Landwirte bei Entscheidungen auf der Grundlage von Informationen der Beschreibenden Sortenliste vorgehen und wodurch Unterschiede im Entscheidungserfolg erklärt werden können. Zur Untersuchung dieser Aspekte wird ein computerbasiertes Laborexperiment entwickelt und durchgeführt. Im Rahmen des Experiments werden das Informationsverhalten mittels Prozessverfolgungstechnik und die Entscheidungsergebnisse dokumentiert.¹⁹⁸ Hierdurch sind Rückschlüsse auf die Entscheidungsverfahren der Landwirte möglich.

Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden zunächst Hypothesen und Vermutungen über die Gründe des verstärkten Anbaus älterer Sorten und die Unterschiede im Entscheidungsverhalten bzw. im Entscheidungserfolg bei der attributbasierten Sortenwahl aufgestellt. Anschließend werden die Auswahl und die Entwicklung des Experiments beschrieben. Darauf folgen die Darstellung und die Diskussion der Ergebnisse.

¹⁹⁴ Siehe Abschnitt 2.7.

¹⁹⁵ Siehe Tabelle 23.

¹⁹⁶ Siehe Abschnitt 4.3.2.

¹⁹⁷ Siehe Abschnitt 4.4.2.

¹⁹⁸ Siehe Abschnitt 5.2.6.

5.1 Hypothesen und Operationalisierung

Zur Klärung der Ursachen des verstärkten Anbaus älterer Sorten und des Entscheidungsverhaltens bzw. des Erfolgs in einer attributbasierten Auswahl werden Hypothesen entwickelt. Die Ableitung der Hypothesen und deren Operationalisierung werden nachfolgend beschrieben.

5.1.1 Anbau älterer Sorten

Die Daten der BEE zeigen den verstärkten Anbau älterer Sorten.¹⁹⁹ Aus diesen Daten kann jedoch nicht auf das Verhalten einzelner Landwirte geschlossen werden. Unklar ist, warum die Landwirte verstärkt auf ältere Sorten zurückgreifen.

In Abschnitt 2.4 wird die abnehmende Leistungsfähigkeit von Sorten im Zeitablauf beschrieben. Dennoch greifen die Landwirte im praktischen Anbau vermehrt auf ältere Sorten zurück. Über die Ursachen des verstärkten Anbaus älterer Sorten werden vier Hypothesen aufgestellt. Diese beziehen sich auf die Einschätzungen über Unterschiede in der Leistungsfähigkeit zwischen älteren und neueren Sorten, Lerneffekte und das verfolgte Zielausmaß (satisfizierend oder optimierend). Diese vier Aspekte dienen als exogene Variablen zur Erklärung des Alters der aktuell angebauten Sorten.

Zur Ermittlung der Ursachen des verzögerten Anbaus älterer Sorten bedarf es zunächst der Erfassung des Alters der Sorten, die von einzelnen Landwirten angebaut werden. Die Feststellung des Alters erfolgt durch die Abfrage der aktuell angebauten Sorten. Anschließend wird diesen das Zulassungsjahr zugeordnet, wodurch das durchschnittliche Alter der angebauten Sorten ermittelt werden kann. Das durchschnittliche Alter dient als endogene Variable.

Damit das Sortenalter bei der Entscheidung als relevant angesehen werden kann, bedarf es der Wahrnehmung der Überlegenheit neuer Sorten. Die erste Vermutung lautet daher, dass die Landwirte kein Wissen über die (durchschnittliche) Überlegenheit neuerer Sorten im Vergleich zu älteren haben. Konkret werden in diesem Zusammenhang züchtungsbedingte Ertragssteigerungen und die abnehmende Resistenz gegen Krankheitserreger im Zeitablauf thematisiert:

H1: Je geringer Landwirte die züchtungsbedingten Ertragssteigerungen einschätzen, desto weniger bauen sie neuere Sorten an.

H2: Je geringer die Landwirte die Überlegenheit neuer Sorten bezüglich der Krankheitsanfälligkeit einschätzen, desto weniger bauen sie neuere Sorten an.

Ein anderer Grund für den Anbau älterer Sorten können Lerneffekte im Zuge des mehrjährigen Anbaus einer Sorte sein. Wenn Landwirte von Lerneffekten im Zuge des mehrjährigen

¹⁹⁹ Siehe Abschnitt 2.7.1.

Anbau von Sorten ausgehen, kann der mehrjährige Anbau von Sorten, trotz abnehmender relativer Leistungsfähigkeit in Anbauversuchen als vorzüglich angesehen werden:

H3: Je größer Landwirte Lerneffekte durch den mehrjährigen Anbau einer Sorte einschätzen, desto weniger bauen sie neuere Sorten an.

Zur Erfassung der Einschätzungen bezüglich dieser drei Aspekte werden Items formuliert, anhand derer die Beurteilungen der Landwirte erfasst werden können. Die Items sind in Tabelle 33 abgetragen. Die Abfrage der Zustimmung erfolgt auf einer unipolaren Skala mit den Ausprägungen 1 („stimme gar nicht zu“) bis 8 („stimme voll zu“).

Tabelle 33: Items zur Operationalisierung der Konstrukte

Itemcode	Itembeschreibung
Sortiment_ Ertrag	Neue Weizensorten haben ein höheres Ertragspotenzial als ältere Sorten.
Sortiment_ Resistenz	Neue Weizensorten sind anfälliger gegenüber Pflanzenkrankheiten als ältere Sorten.
Sortiment_ Erfahrung	Erst wenn man eine bestimmte Sorte über mehrere Jahre angebaut hat, weiß man wirklich, wie man das Potenzial der Sorte voll ausschöpfen kann.

Ein weiterer Grund für den Anbau älterer Sorten kann das verfolgte Zielausmaß der Landwirte sein. In Abschnitt 3.3.1 wird *satisficing* (Simon 1955) thematisiert. Ein zentraler Aspekt dabei ist die Erreichung von Anspruchsniveaus. *Satisficing* steht im Gegensatz zu optimierenden Entscheidungsverfahren, bei denen ein maximaler Entscheidungserfolg angestrebt wird. Eine Mindestanforderung kann z. B. die Erreichung eines durchschnittlichen Ertragsniveaus sein. Aus den Erfahrungen der Vorjahre können Landwirte auf die grundsätzliche Eignung von Sorten in den eigenen Produktionssystemen schließen. Bei neuen Sorten ist nicht klar, ob sich die beschriebenen besseren Merkmalsausprägungen und höhere Leistungen in Sortenversuchen auch im Produktionssystem der Landwirte zeigen. Obwohl neuere Sorten eine höhere Leistungsfähigkeit versprechen, besteht eine höhere Gefahr von Ertragschwankungen. Die Landwirte stehen bei der Sortenwahl vor der Entscheidung zwischen älteren, „bewährten“ Sorten mit relativ niedrigen Ertragsleistungen und neueren unvertrauten Sorten, die zwar tendenziell leistungsfähiger sind, jedoch eine größere Gefahr für Ertragschwankungen mit sich bringen. Wenn Landwirte das Ziel geringer Ertragsschwankungen verfolgen, kann dies dazu führen, dass sie vermehrt auf vertraute und folglich ältere Sorten zurückgreifen.

H4: Je wichtiger die Erreichung eines durchschnittlichen Ertragsniveaus mit der Vermeidung von Ertragsschwankungen ist, desto weniger werden neue Sorten angebaut.

Die Bedeutung der Vermeidung von Ertragsschwankungen wird durch ein semantisches Differential auf einer achtstufigen Skala abgefragt (siehe Tabelle 34).

Tabelle 34: Semantisches Differential zur Messung des Zielausmaßes

Welche Eigenschaft ist Ihnen bei Winterweizen wichtiger?									
Ertragstreue (durchschnittliches Ertragsniveau ohne Ausreißer nach oben oder unten)	1	2	3	4	5	6	7	8	Maximalertrag (überdurchschnittliches Ertragsniveau mit Schwankungen zwischen den Jahren)
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

5.1.2 Entscheidungserfolg bei der Sortenwahl

Der Entscheidungserfolg bei inferentiellen Entscheidungsproblemen ist davon abhängig, inwiefern eine Person dazu in der Lage ist, aus beobachtbaren Informationen Rückschlüsse auf die unbekannte Ausprägung einer Zielvariablen zu ziehen. Zur Bildung von Inferenzen sind Vorstellungen über die zugrundeliegenden Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge des ökologischen Systems notwendig. Dieses individuelle Wissen wird als mentales Modell²⁰⁰ bezeichnet. Mentale Modelle können unterschiedlich stark elaboriert sein. So können Experten unter dem Rückgriff auf ihr individuelles Wissen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge Informationen verarbeiten, während Laien bei gleicher Informationslage hierzu nicht in der Lage sind. Ihnen fehlt ein Modell zur Ableitung von Rückschlüssen auf die unbekannte Ausprägung der Zielvariablen.

Bei der Beschreibung der Informationsquellen zur Sortenwahl in Abschnitt 4.3.3 werden verschiedene Arten von mentalen Modellen beschrieben, die auf unterschiedlichen Fähigkeiten beruhen. Während zur Nutzung der Informationen der Beschreibenden Sortenliste ein pflanzenbauliches Modell notwendig ist, bedarf es bei der Nutzung von Ergebnissen praktischer Anbauversuche (z. B. Landessortenversuche) primär der Fähigkeit zur Identifikation repräsentativer Produktionssysteme.

In der Expertenbefragung werden Landessortenversuche²⁰¹ als besonders geeignet eingestuft. Da die Informationen in diesen Quellen relativ wenige Beobachtungen (Produktionssysteme) beinhalten, können die dort untersuchten Produktionssysteme nur einen Teil der von den Landwirten angewendeten Produktionssysteme abbilden. Daher kann vermutet werden, dass die Landwirte neben den Ertragsleistungen in den spezifischen Produktionssystemen im Versuchsanbau weitere Eigenschaften berücksichtigen. Wenn ein Landwirt z. B. die Ergebnisse von Anbauversuchen nutzt, sich der Versuchsaufbau und das eigene Produktionssystem jedoch in einem Element unterscheiden, kann durch die zusätzliche Berücksichtigung einzelner Merkmale eine Verbesserung der Entscheidung erreicht werden. Unterscheiden sich die Produktionssysteme z. B. hinsichtlich der Vorfrucht, dann liegt die Vermutung nahe, dass zusätzlich Eigenschaften berücksichtigt werden, die aufgrund der jeweiligen Vorfrucht subjektiv als relevant erachtet werden.

²⁰⁰ Siehe Abschnitt 3.11.1.

²⁰¹ Siehe Abschnitt 4.3.3.2.

Die Anpassung der subjektiven Einschätzungen zur Relevanz einzelner Eigenschaften in Abhängigkeit des Produktionssystems wird in der Expertenbefragung deutlich.²⁰² Allerdings zeigen sich bei der Anpassung große inter- und intrapersonelle Unterschiede, weshalb auf sehr unterschiedliche mentale Modelle geschlossen werden kann.

In der Beschreibenden Sortenliste werden die Informationen bezüglich einzelner Eigenschaftsausprägungen in Form von neunstufigen Ausprägungsstufen angegeben. Die zugrundeliegenden Daten für diese Einstufung stammen aus Anbauversuchen an mehreren Standorten über mehrere Jahre.²⁰³ Es handelt sich also um durchschnittliche Merkmalsausprägungen in einer Vielzahl von Umwelten. Die Eigenschaftsausprägungen können zu einem merkmalsbasierten Vergleich der Sorten verwendet werden. Landwirte, die ein Ursache-Wirkungs-Modell über Sorteneigenschaften und Ertragsleistungen für spezifische Produktionssysteme verfügen, können Alternativen durch den Vergleich von Merkmalen bewerten und auswählen.

Ein zentrales Erfolgskriterium bei der Sortenwahl ist der Ertrag. Je größer der Ertrag einer ausgewählten Sorte im Vergleich zu anderen Sorten innerhalb eines Produktionssystems ist, desto größer ist der Entscheidungserfolg. Zur Inferenz auf die Eignung bedarf es eines mentalen Modells, das Informationen über das Produktionssystem in eine Vorstellung über die Umweltbedingungen, die auf die Pflanzen einwirken, übersetzt. Auf Grundlage dieser Vorstellungen können relevante Sorteneigenschaften abgeleitet werden. Relevant sind Eigenschaften, die zur Ausschöpfung der Ertragspotenziale des Standorts und zur Abwendung von Ertragsverlusten durch biotische und abiotische Stressfaktoren beitragen.

Nachfolgend werden die Hypothesen und die Operationalisierung der Konstrukte über Unterschiede im Entscheidungserfolg, mentale Modelle und die Anwendung von heuristischen Prinzipien beschrieben.

Mentale Modelle können durch die kognitive Verarbeitung externer Reize und den Abgleich mit bereits vorhandenem Wissen gebildet werden. Zudem können die Modelle durch neue externe Reize und Inferenzen erweitert bzw. verändert werden. Damit sind sowohl die individuelle Erfahrung als auch dauerhaft gespeichertes Wissen von besonderer Bedeutung für die Bildung und Entwicklung mentaler Modelle (vgl. Bach 2000, S. 50).

Das von Gigerenzer und Goldstein (1996) untersuchte Inferenzproblem „Schätzung der Einwohnerzahl von Städten“²⁰⁴, kann unter der Verwendung von Wissen gelöst werden, das nicht explizit zur Lösung dieser Fragestellung erworben wurde. Bei der Sortenwahl bedarf es hingegen spezifischen Wissens, das nicht in alltäglichen Situationen erworben wird. Es ist anzunehmen, dass Landwirte mit pflanzenbaulicher Ausbildung und Erfahrungen im Wei-

²⁰² Siehe Abschnitt 4.4.2.

²⁰³ Siehe Abschnitt 4.3.3.1.

²⁰⁴ Siehe Abschnitt 3.11.2.

zenanbau im Vergleich zu Landwirten ohne Ausbildung und/oder ohne Erfahrung besser angepasste Modelle über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge im Weizenanbau haben.

Eine Möglichkeit, fachspezifisches Wissen zu erlangen, liegt in einer beruflichen Qualifikation. So können z. B. die Auswirkungen verschiedener Elemente von Produktionssystemen auf das Auftreten von Krankheiten in der Ausbildung erlernt worden sein. Hieraus wird die erste Vermutung, die sich auf den Zusammenhang zwischen beruflicher Qualifikation und den Erfolg bei der Auswahl von Weizensorten bezieht, abgeleitet.

V1: Die Art der landwirtschaftlichen Ausbildung hat einen Einfluss auf den Entscheidungserfolg der Landwirte.

Als zweite Komponente für die Bildung mentaler Modelle werden eigene Erfahrungen, die ebenfalls als möglicher Faktor für die Erklärung von Unterschieden im Entscheidungserfolg dienen können, angenommen:

H5: Mit steigender Erfahrung in der Weizenproduktion steigt der Entscheidungserfolg der Landwirte.

Als Maß für die Erfahrung wird die Anzahl der Jahre mit der Verantwortlichkeit im Weizenanbau herangezogen. Allerdings kann nicht davon ausgegangen werden, dass die bloße Wiederholung einer Entscheidung zu einer Anpassung des mentalen Modells an das Originalsystem führt. Hierzu ist eine Rückkopplung zwischen Handlung und Ergebnis notwendig (Rieskamp & Otto 2006).

Der Zusammenhang zwischen Verhalten und Rückkopplung wird als mentaler Regelkreis bezeichnet. Demnach können erfahrungsbasierte Anpassungen oder Neubildungen mentaler Modelle nur dann erfolgen, wenn neue Informationen eine Dissonanz zwischen dem mentalen Modell und der Realität offenbaren (Bach 2000, S. 72). In der Weizenproduktion kann der Erfolg z. B. in Form des Ertrags gemessen werden. Die Ertragsmessung stellt die Rückkopplung zwischen dem realen System und den mentalen Modellen der Landwirte dar. Die Messung der Erträge ist folglich eine Voraussetzung für die (zielgerichtete) Anpassung mentaler Modelle. Daraus folgt die Vermutung, dass Landwirte mit zunehmender Exaktheit der Messung des Ertrags über bessere mentale Modelle verfügen und eher in der Lage sind, erfolgreiche Entscheidungen zu treffen.

H6: Je exakter die Erträge ermittelt werden, desto höher ist der Entscheidungserfolg bei der Sortenwahl.

Die Exaktheit der Messung des Entscheidungserfolgs wird durch eine gestützte Abfrage der Exaktheit der Ermittlung der Weizenerträge bestimmt (siehe Tabelle 35).

Tabelle 35: Gestützte Abfrage der Art der Ertragsmessung

Wie ermitteln Sie die Weizenerträge auf Ihrem Betrieb in der Regel?	
<input type="checkbox"/>	Durch teilflächenspezifische Ertragskartierung
<input type="checkbox"/>	Ich wiege die Erträge jedes Schlags separat.
<input type="checkbox"/>	Ich wiege die Erträge mancher Schläge.
<input type="checkbox"/>	Ich schätze die Erträge ungefähr ab.
<input type="checkbox"/>	Gar nicht
<input type="checkbox"/>	Anders, und zwar: _____

Ausbildung, Erfahrung und Messung des Erfolgs müssen jedoch nicht zwangsläufig geeignete Indikatoren für die individuelle Auseinandersetzung mit der Sortenwahl sein.

Landwirtschaftliche Produktionssysteme bestehen aus einer Vielzahl von Elementen, die Einfluss auf die Erträge und die Qualität der Erzeugnisse nehmen.²⁰⁵ Die bloße Erfassung des Entscheidungserfolgs lässt nicht direkt auf die Gründe hierfür schließen. Neben der Messung des Erfolgs bedarf es einer gedanklichen Auseinandersetzung, in der die Gründe für die beobachteten Ergebnisse identifiziert werden. Daher wird im Involvement eine weitere Erklärungsvariable vermutet.

Der Begriff Involvement wird in unterschiedlichen Kontexten der Sozialwissenschaften sowie insbesondere in der Marketingforschung verwendet und auf verschiedene Arten beschrieben²⁰⁶ (Matzler 1997, S. 190ff). Zwei besonders häufig aufgeführte Begriffsverständnisse stammen von Trommsdorff (2008) und Zaichkowsky (1995). Trommsdorff beschreibt Involvement grundlegend als „Aktivierungsgrad bzw. die Motivstärke zur objektgerichteten Informationssuche, -aufnahme, -verarbeitung und -speicherung“ (Trommsdorff 2008, S. 49). Zaichkowsky definiert Involvement als „a person's perceived relevance of the object based on inherent needs, values, and interests“ (Zaichkowsky 1985, S. 342). Landwirte, die die Sortenwahl als wichtigen Faktor für den Ertrag ansehen, setzen sich vermutlich intensiv mit der Thematik auseinander. Hieraus wird Hypothese H7 abgeleitet. In dieser wird die Vermutung über den Zusammenhang zwischen dem Involvement und dem Entscheidungserfolg ausgedrückt:

H7: Je höher das Involvement der Landwirte bei der Sortenwahl ist, desto höher ist der Entscheidungserfolg der Landwirte.

In den vergangenen Jahrzehnten wurde eine Vielzahl an Messverfahren für das Involvement entwickelt. Dabei kommen neben verbalen Messungen auch elektrodermale Reaktionsmessungen (EDR), Elektroenzephalogramme (EEG) und Eyetracking zur Anwendung (vgl. Neumann 2009, S. 108ff). Die Messinstrumente sind zur Bestimmung unterschiedlicher Di-

²⁰⁵ Siehe Abschnitt 2.5.

²⁰⁶ Umfangreiche Darstellungen finden sich z. B. bei Jaritz 2008, S. 17ff sowie Hohl und Naskrent 2009, S. 16ff.

mensionen des Involvements wie z. B. Produkt-, Werbe- oder Kaufinvolvement geeignet. Im Bereich der verbalen Messung ist das *Personal Involvement Inventory* von Zaichkowsky (1985) das am häufigsten zitierte Messverfahren (vgl. Neumann 2009, S. 109).²⁰⁷ Die verbalen Messverfahren unterscheiden sich in der Anzahl der Items, die zur Bestimmung des Involvements eingesetzt werden.

Zur Ermittlung des Involvements wird in dieser Arbeit die *Purchase-Decision-Involvement-Skala* (PDI) von Mittal (1989) verwendet. Hierbei wird die konkrete Auseinandersetzung mit einem Produkt in einer Entscheidungssituation abgefragt. Die Messung erfolgt anhand von vier Items, was im Vergleich zu anderen Messverfahren als geringe Anzahl eingestuft werden kann. Die vier Items werden aus dem Englischen ins Deutsche übersetzt und die allgemeinen Bezeichnungen „*product*“ und „*decision*“ durch Sorten und Sortenwahl ersetzt (siehe Tabelle 36). Das PDI wird in seiner ursprünglichen Form durch Abfrage der Einschätzung über siebenstufige semantische Differentiale ermittelt. Zur Anpassung an die übrigen in der Erhebung verwendeten Skalen erfolgt die Abfrage achtstufig. Die Reihenfolge der Items ist im Fragebogen randomisiert. Die Einschätzungen zu den vier Items werden zu einem Gesamtwert summiert.

Tabelle 36: Operationalisierung des Purchase-Decision-Involvements (in Anlehnung an Mittal 1989, S. 152)

1) Wie viel Wert legen Sie auf die richtige Auswahl einer Weizensorte?									
„Es ist mir egal, welche Sorte ich anbaue.“	1	2	3	4	5	6	7	8	„Ich lege großen Wert darauf, die richtige Sorte auszuwählen.“
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2) Finden Sie, dass die aktuell verfügbaren Weizensorten sehr ähnlich oder sehr unterschiedlich sind?									
„Die Weizensorten sind gleich.“	1	2	3	4	5	6	7	8	„Die Weizensorten sind sehr verschieden.“
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3) Wie wichtig ist es für Sie, eine gute Wahl bei Weizensorten zu treffen?									
„Überhaupt nicht wichtig.“	1	2	3	4	5	6	7	8	„Überaus wichtig.“
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4) Wenn Sie eine Weizensorte auswählen, machen Sie sich dann viele Gedanken über das Ergebnis Ihrer Entscheidung?									
„Ich mache mir überhaupt keine Gedanken.“	1	2	3	4	5	6	7	8	„Ich mache mir viele Gedanken.“
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

5.1.3 Heuristische Entscheidungsprinzipien und Entscheidungsverfahren

In der Beschreibenden Sortenliste sind 18 ertragsrelevante Anbau-, Resistenz-, und ertragsrelevante Eigenschaften sowie der Sortenname und das Zulassungsjahr aufgeführt. Bisher gibt es keine Studien darüber, welche Informationen in konkreten Entscheidungssituationen

²⁰⁷ Eine umfassende Übersicht über weitere Messinstrumente findet sich z. B. bei Bearden et al. (2011).

berücksichtigt werden und welche Arten von Entscheidungsregeln (Merkmalsbeurteilungen) bzw. Entscheidungsverfahren zur Anwendung kommen. In diesem Abschnitt werden Vermutungen über die Anwendung von Entscheidungsregeln aufgestellt. Diese basieren überwiegend auf den in Kapitel 3 dargestellten Erkenntnissen aus der Forschung zur begrenzten Rationalität. Vermutungen zur Verwendung einzelner Eigenschaften in Abhängigkeit von konkreten Produktionssystemen werden in den darauffolgenden Abschnitten aufgestellt.

In Abschnitt 3.5 werden heuristische Vereinfachungsprinzipien bei der Entscheidungsfindung beschrieben. Hierzu zählen u. a. (1) die Reduktion der berücksichtigten Eigenschaften bzw. Cues und (2) Alternativen, sowie (3) die Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen und (4) die Verwendung von Schlüsselinformationen.²⁰⁸

Die Anwendung dieser heuristischen Prinzipien führt zur Reduktion des Bedarfs an (externen) Informationen bei der Entscheidungsfindung.²⁰⁹ Heuristiken bestehen aus unterschiedlichen Kombinationen dieser und weiterer Prinzipien. Auf Basis der Beobachtung der Anwendung der oben genannten Prinzipien können heuristische Entscheidungsverfahren identifiziert werden. In dieser Studie wird zwischen satisfizierenden, verschiedenen nicht-kompensatorischen, rein kompensatorischen sowie kombinierten Entscheidungsverfahren²¹⁰ unterschieden.

5.1.3.1 Reduktion der Anzahl berücksichtigter Eigenschaften

In der Expertenbefragung werden im überwiegenden Anteil der Fälle nicht alle Attribute in die Rangfolgen der Ertragsrelevanz einzelner Eigenschaften einbezogen.²¹¹ Folglich wird einzelnen Eigenschaften keine Ertragsrelevanz beigemessen. Bezüglich der Ergebnisse der Expertenbefragung ist allerdings unklar, inwiefern sich der fehlende monetäre Anreiz auf das Verhalten der Probanden ausgewirkt hat. Es ist vorstellbar, dass der fehlende monetäre Anreiz dazu geführt hat, dass die Befragten aufgrund mangelnder Motivation nur einen Teil der Eigenschaften in die Rangfolge einbezogen und so den Aufwand bei der Beantwortung der Fragen reduziert haben.

Das Experiment in der vorliegenden Studie wird mit einem monetären Anreiz durchgeführt.²¹² Hierdurch wird die Gefahr reduziert, dass mangelnde Motivation die Ursache für eine Reduktion der berücksichtigten Eigenschaften ist. Aufbauend auf den Ergebnissen der Expertenbefragung wird die Vermutung aufgestellt, dass dieses heuristische Prinzip bei der Sortenwahl angewendet wird:

²⁰⁸ Der vierte Aspekt, die Verwendung von Schlüsselinformationen, wird bei der Aufzählung von Shah und Oppenheimer (2008) zwar nicht explizit erwähnt, kann jedoch als eine Art des zweiten dort genannten Prinzips „Reduktion des Aufwands des Abrufens und Speicherns von Cues“ verstanden werden (Siehe Abschnitt 3.5).

²⁰⁹ Siehe Abschnitt 3.7.

²¹⁰ Bestehend aus kompensatorischen und nicht-kompensatorischen Merkmalsbeurteilungen.

²¹¹ Siehe Abschnitt 4.4.2.

²¹² Zur Gestaltung des monetären Anreizes siehe Abschnitt 5.2.5.

V2: Ein Teil der Landwirte berücksichtigt bei der Sortenwahl von Winterweizen nur einen Teil der Eigenschaften und Cues²¹³.

Wenn einzelne Eigenschaften nicht berücksichtigt werden, kann darauf geschlossen werden, dass die Probanden diese als nicht (ausreichend) valide zur Inferenz auf den Ertrag einschätzen.

5.1.3.2 Reduktion der Anzahl berücksichtigter Alternativen

Bei diesem Vorgehen erfolgt die Informationssuche alternativenbasiert. Es werden zunächst nur die Merkmalsausprägungen einer Alternative berücksichtigt und auf die Erfüllung von Mindestanforderungen überprüft. Erfüllt die Alternative alle Mindestanforderungen, wird diese ausgewählt. Unterschreitet die Alternative eine Mindestanforderung, wird diese verworfen und die Merkmalsausprägungen einer anderen Alternative werden überprüft. Dieses Verhalten kann als *satisficing* (Simon 1955) interpretiert werden.²¹⁴ Es ermöglicht eine Reduktion des Entscheidungsaufwands, da zu einzelnen Alternativen keine Informationen gesucht und bewertet werden (müssen). Allerdings ist dieses Vorgehen auch gleichbedeutend mit einer grundsätzlichen Einschränkung des Entscheidungsraums. In diesem Zusammenhang wird Vermutung V3 aufgestellt:

V3: Ein Teil der Landwirte wendet bei der Sortenwahl für Winterweizen *satisficing* an.

Ob Landwirte satisfizierende Entscheidungsverfahren anwenden, wird anhand des Experiments jedoch nicht in Bezug auf das gesamte Sortiment überprüft. Im Experiment stehen nicht die ca. 160 in Deutschland zugelassenen, sondern lediglich sieben Sorten zu Auswahl. Dies entspricht in etwa der Anzahl von Sorten, die durch die staatlichen Berater für spezifische Anbausituationen empfohlen werden.²¹⁵

5.1.3.3 Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen

Nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilungen führen zum Ausschluss von Alternativen bei der attributbasierten Informationssuche. Im Gegensatz zur generellen Reduktion der Anzahl berücksichtigter Alternativen bei satisfizierendem Vorgehen, das auf einer alternativenbasierten Informationssuche beruht, werden bei diesem Vorgehen zu Beginn des Entscheidungsprozesses alle Alternativen in einer Eigenschaft verglichen. Durch den Ausschluss von Alternativen reduziert sich die Anzahl der verglichenen Alternativen im Verlauf des Entscheidungsprozesses und hiermit einhergehend die benötigte Informationsmenge, weil insgesamt weniger Merkmalsausprägungen berücksichtigt werden. Umgekehrt führt der Ausschluss von Alternativen zu einer Einschränkung des Entscheidungsraums.

²¹³ Sortenname und Sortenalter.

²¹⁴ Siehe Abschnitt 3.3.1.

²¹⁵ Zur Begründung für die Beschränkung auf sieben Sorten siehe Abschnitt 5.2.4.2.

Wenn eine Entscheidung nach dem Vergleich aller Alternativen bzgl. der Ausprägungen einer einzigen Eigenschaft erfolgt, dann wird die *take the best heuristic*²¹⁶ (Gigerenzer & Goldstein 1996) bzw. ein *lexikografisches Entscheidungsverfahren*²¹⁷ angewendet (Luce 1956; Fishburn 1967; Tversky 1969).

V4: Ein Teil der Landwirte wendet das heuristische Entscheidungsverfahren *take the best* bei der Sortenwahl für Winterweizen an.

Die ausschließliche und mehrfache Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen entspricht der Heuristik *elimination by aspects*²¹⁸ (Tversky 1972).

V5: Ein Teil der Landwirte wendet das heuristische Entscheidungsverfahren *elimination by aspects* bei der Sortenwahl für Winterweizen an.

Das Gegenteil zu nicht-kompensatorischen sind kompensatorische Merkmalsbeurteilungen. Die Anwendung dieser führt nicht zum Ausschluss von Alternativen. Unterschiede in den Ausprägungen von Eigenschaften, bei denen kein Ausschluss von Alternativen erfolgt, können durch die Ausprägungen anderer Eigenschaften aufgewogen werden.

V6: Ein Teil der Landwirte wendet rein kompensatorische Entscheidungsverfahren bei der Sortenwahl für Winterweizen an.²¹⁹

Neben der ausschließlichen Anwendung einer Entscheidungsregel sind Kombinationen möglich. Diese können sich aus nicht-kompensatorischen und kompensatorischen bzw. satisfizierenden Merkmalsbeurteilungen zusammensetzen. Hierdurch werden der Entscheidungsraum und somit die Menge der benötigten Informationen teilweise eingeschränkt.

V7: Ein Teil der Landwirte wendet kombinierte Entscheidungsverfahren bei der Sortenwahl für Winterweizen an.

Wenn keines der heuristischen Prinzipien angewendet wird, dann erfolgt keine Reduktion der externen Informationsmenge. Die Probanden beziehen alle verfügbaren Informationen ein.

V8: Ein Teil der Landwirte wendet keine heuristischen Prinzipien zur Reduktion der externen Informationsmenge an.

5.1.3.4 Verwendung von Schlüsselinformationen

Die Nutzung von Schlüsselinformationen ist ein weiteres Prinzip zur Reduktion der externen Informationsmenge. Bei der Sortenwahl können der Sortenname und das Zulassungsjahr als

²¹⁶ Siehe Abschnitt 3.11.3.

²¹⁷ Siehe Abschnitt 3.3.2.

²¹⁸ Siehe Abschnitt 3.3.3.

²¹⁹ Als rein kompensatorisch werden in diesem Zusammenhang Entscheidungsverfahren verstanden, bei denen ausschließlich kompensatorische Merkmalsbeurteilungen für eine reduzierte Anzahl an Eigenschaften vorgenommen werden. Fälle bei denen zwar ebenfalls ausschließlich kompensatorische Merkmalsbeurteilungen erfolgen, jedoch keine Reduktion der berücksichtigten Eigenschaften vorliegt, werden als „keine Anwendung heuristischer Prinzipien zur Reduktion der (externen) Informationsmenge“ kategorisiert (siehe Abschnitt 5.1.5).

Schlüsselinformationen genutzt werden. Die Verwendung von Schlüsselinformationen kann als eine Art des von Shah und Oppenheimer (2008) in Abschnitt 3.5 aufgeführten heuristischen Prinzips „Reduktion des Aufwands des Abrufens und Speicherns von Cues“ interpretiert werden.

In der Beschreibenden Sortenliste werden neben Anbau-, Resistenz- und Ertragseigenschaften die Sortennamen und das Zulassungsjahr, von dem auf das Sortenalter geschlossen werden kann, aufgeführt. Beide Informationen können also grundsätzlich als Schlüsselinformationen genutzt werden. Landwirte können durch den Sortennamen überprüfen, ob sie Erfahrungen mit einzelnen Alternativen gesammelt oder bei anderen Gelegenheiten gewonnenes Wissen über die Merkmalsausprägungen von Sorten haben. Durch die Nutzung des Sortennamens kann der Bedarf an externen Informationen reduziert werden.

Es ist auch vorstellbar, dass die Landwirte über Wissen bzgl. der abnehmenden Leistungsfähigkeit von Sorten im Zeitablauf verfügen. Um dieses in der Entscheidung nutzen zu können, benötigen die Landwirte Informationen über das Sortenalter.

Sortenname

In der Expertenbefragung hat sich gezeigt, dass die eigenen Erfahrungen eine wichtige Informationsquelle für die Landwirte darstellen.²²⁰ Durch die Berücksichtigung des Sortennamens können Landwirte eigene Erfahrungen mit Sorten und gespeichertes Wissen über Merkmalsausprägungen aus der Auseinandersetzung mit externen Informationen in der Vergangenheit nutzen. Zur Überprüfung, ob eigene Erfahrungen und gespeichertes Wissen zu einzelnen Alternativen vorliegen, benötigen die Landwirte Informationen über die Sortennamen.

V9: Der Sortenname ist für die Landwirte ein zentrales Kriterium bei der Sortenwahl.

Sortenalter

Die Leistungsfähigkeit von Weizensorten nimmt im Zeitablauf ab. Neuere Sorten haben im Vergleich zu älteren Sorten im Durchschnitt ein höheres Ertragspotenzial und sind weniger krankheitsanfällig.²²¹ Das Zulassungsjahr kann, sofern dieser Zusammenhang zwischen Sortenalter und der Leistungsfähigkeit bekannt ist, zum Rückschluss auf die Eignung von Sorten genutzt werden. Daher liegt die Vermutung nahe, dass das Sortenalter als Cue für die Leistungsfähigkeit von Sorten verwendet wird. Das Sortenalter kann anstelle einzelner Eigenschaften als aggregierte Information genutzt werden. Es kann anstelle des Vergleichs mehrerer Eigenschaften zur Inferenz auf die Leistungsfähigkeit der Sorten verwendet werden. Die Verwendung des Sortenalters kann folglich zur Reduktion des Entscheidungsaufwands

²²⁰ Siehe Abschnitt 4.3.2.

²²¹ Siehe Abschnitt 2.4.

genutzt werden. So könnten z. B. zunächst alle älteren Sorten von einer weiteren Beurteilung ausgeschlossen werden. Die Überlegung wird in Vermutung V10 zusammengefasst.

V10: Das Sortenalter wird bei der Sortenwahl als Schlüsselinformation genutzt.

5.1.3.5 Operationalisierung

Die Verwendung von Informationen zu den Ausprägungen einzelner Eigenschaften der jeweiligen Alternativen wird parallel zum Entscheidungsprozess bei der Sortenwahl im Experiment dokumentiert.²²² Die Identifikation der Entscheidungsregeln und -verfahren erfolgt auf der Grundlage der Informationsnutzung im Verlauf des Entscheidungsprozesses. Im Experiment stehen jeweils sieben Sorten, die anhand von 20 Eigenschaften beschrieben werden, zur Auswahl.²²³

Reduktion der berücksichtigten Eigenschaften

Die Reduktion der berücksichtigten Eigenschaften bei der Entscheidungsfindung zeigt sich im Experiment dadurch, dass von einzelnen Eigenschaften keine Ausprägungen in die Entscheidung einbezogen werden. Dies wird an der Anzahl der Eigenschaften, von denen mindestens eine Ausprägung bei der Entscheidungsfindung genutzt wird, deutlich. Liegt diese unter der maximal möglichen Menge von 20, bleiben einzelne Eigenschaften gänzlich unberücksichtigt.

Reduktion der berücksichtigten Alternativen

Die Reduktion berücksichtigter Alternativen beruht grundsätzlich auf einer alternativenbasierten Informationssuche. Sie zeigt sich im Experiment dadurch, dass zu einzelnen Sorten keine Merkmalsausprägungen abgefragt werden. Die maximale Anzahl der berücksichtigten Ausprägungen liegt bei allen Eigenschaften (= Anzahl berücksichtigter Alternativen) unter der maximal möglichen Anzahl von sieben. Aus der Beobachtung dieses Verhaltens kann auf die Anwendung von *satisficing* geschlossen werden.

Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen

Die Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen zeigt sich daran, dass im Verlauf des Entscheidungsprozesses mit attributbasierter Informationssuche zu Alternativen, zu denen bereits Informationen gesucht wurden, keine weiteren Informationen gesucht werden. Im Experiment zeigt sich die Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen daran, dass zu Beginn des Entscheidungsprozesses die Eigenschaftsausprägungen aller sieben Alternativen berücksichtigt werden und anschließend die Anzahl der berücksichtigten Merkmalsausprägungen einzelner Eigenschaften (= Anzahl berücksichtigter Alternativen) reduziert wird. Hieran wird deutlich, dass einzelne Alternativen ausgeschlossen werden.

²²² Siehe Abschnitt 5.2.6.2.

²²³ Siehe Abschnitt 5.2.4.2.

Wenn Alternativen im Verlauf des Entscheidungsprozesses ausgeschlossen werden, zeigt dies, dass sie ungenügende Merkmalsausprägungen aufweisen, die nicht durch positive Ausprägungen anderer Eigenschaften ausgeglichen werden können.

Die Anwendung kompensatorischer Merkmalsbeurteilung liegt vor, wenn, nachdem die Ausprägungen einer Eigenschaft für bestimmte Alternativen abgefragt werden, zu den gleichen Alternativen weitere Informationen gesucht werden. Die Anzahl der nachfolgend berücksichtigten Alternativen reduziert sich folglich nicht. Es ist jedoch ebenso gut möglich, dass die Probanden, auch wenn keine Alternativen ausgeschlossen werden, Mindestanforderungen an die Merkmalsausprägung haben, diese jedoch von allen Alternativen erfüllt werden. Die Merkmalsausprägungen sind dann nicht (ausreichend) diskriminierend. Daher wird in diesen Fällen auf eine detaillierte Unterscheidung zwischen unterschiedlichen Arten der Merkmalsbeurteilung, wie z. B. der *lexicographic-semiorder*²²⁴ (Tversky 1969), *equal weight rule*²²⁵ (Dawes 1979) oder *majority of confirming dimensions*²²⁶ (Russo & Doshier 1983) verzichtet. Stattdessen wird der Oberbegriff „kompensatorische Merkmalsbeurteilung“ verwendet. Die Anwendung kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen führt nicht zu einer Reduktion der Anzahl der benötigten (externen) Informationen zur Entscheidungsfindung. Der Entscheidungsraum, bestehend aus den berücksichtigten Alternativen, bleibt konstant.

Bei der vorgenommenen Unterscheidung zwischen kompensatorischen und nicht-kompensatorischen Merkmalsbeurteilungen wird folglich nicht unterstellt, dass es sich um eine intendierte Anwendung kompensatorischer Entscheidungsregeln handelt. Vielmehr muss die Beibehaltung von Alternativen vorsichtiger interpretiert werden. Wenn Alternativen nicht ausgeschlossen werden, kann lediglich gefolgert werden, dass deren Merkmalsausprägungen eventuell vorliegende Mindestanforderung erfüllen oder die Eigenschaften als grundsätzlich kompensierbar angesehen werden. Während also bei der Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen eindeutig auf das Vorliegen von Mindestanforderungen geschlossen werden kann, ist in den übrigen Fällen kein eindeutiger Rückschluss auf die Merkmalsbeurteilung möglich. Es kann lediglich gefolgert werden, dass die Merkmalsausprägungen nicht ausreichend diskriminierend sind, um Alternativen gänzlich von der Entscheidung auszuschließen. Im Experiment stehen reale, praxisrelevante Sorten zur Auswahl.²²⁷ Folglich haben die Alternativen im Experiment Merkmalsausprägungen, die auch in realen Entscheidungssituationen vorliegen. Dies ist vor dem Hintergrund der dargestellten Überlegungen zu eventuellen Mindestanforderungen und deren diskriminierender Wirkung ein besonders relevanter Aspekt. Durch das Vorliegen realer Sorten mit realen Angaben zu

²²⁴ Siehe Abschnitt 3.3.2.

²²⁵ Siehe Abschnitt 3.3.4.

²²⁶ Siehe Abschnitt 3.3.5.

²²⁷ Siehe Abschnitt 5.2.4.2.

Merkmalsausprägungen kann überprüft werden, inwiefern die Arten der Merkmalsbeurteilung in der realen Entscheidungssituation angewendet werden.

Entscheidungsverfahren

Die Identifikation von *satisficing* wird weiter oben in diesem Absatz beschrieben. Die Klassifikation der übrigen Entscheidungsverfahren erfolgt auf Basis der Anwendung unterschiedlicher Arten der Merkmalsbeurteilungen bei der attributbasierten²²⁸ Informationssuche.

Wenn in Entscheidungsprozessen mit attributbasierter Informationssuche mehrere Eigenschaften berücksichtigt werden, besteht eine Schwierigkeit bzgl. der Zuordnung der Art der Merkmalsbeurteilung der unmittelbar vor der Auswahl berücksichtigten Eigenschaft. Während bei zuvor berücksichtigten Eigenschaften durch die Beobachtung der nachfolgenden Informationssuche überprüft werden kann, ob nicht-kompensatorische oder kompensatorische Merkmalsbeurteilungen vorgenommen werden, ist dies dort nicht möglich. Es ist unklar, ob die Auswahl einzig wegen der Ausprägung der zuletzt berücksichtigten Eigenschaft oder aufgrund der Summe (der gewichteten) Ausprägungen mehrerer Eigenschaften erfolgt ist. Daher wird bei der Klassifikation der Entscheidungsverfahren - mit einer Ausnahme - die Verwendung der letzten Eigenschaft nicht berücksichtigt.

Die Ausnahme ist die Anwendung der *take the best heuristic*. Hierbei erfolgt die Auswahl aufgrund des Vergleichs der Ausprägungen einer einzigen Eigenschaft. Es kann eindeutig auf eine nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilung geschlossen werden. Wenn Entscheidungen nach dem Vergleich der sieben Alternativen in einer einzigen Eigenschaft erfolgt, dann liegt die Anwendung der *take the best heuristic* vor.

Da die Merkmalsbeurteilung der zuletzt berücksichtigten Eigenschaft nicht eindeutig identifiziert werden kann, bezieht sich die Klassifikation der Entscheidungsverfahren auf die Art der Merkmalsbeurteilungen mit Ausnahme der zuletzt berücksichtigten Eigenschaft.

Wenn die Anzahl der genutzten Merkmalsausprägungen (= Anzahl berücksichtigter Alternativen) von Eigenschaft zu Eigenschaft abnimmt, dann werden ausschließlich nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilungen durchgeführt. Dieses Vorgehen wird als *elimination by aspects* interpretiert. Die Ermittlung erfolgt durch die Bildung der Differenz zwischen der Anzahl der berücksichtigten Eigenschaften²²⁹ und der Anzahl nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen. Wenn die Differenz null ergibt, dann werden ausschließlich nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilungen durchgeführt.

Die ausschließliche Anwendung kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen zeigt sich daran, dass im gesamten Entscheidungsprozess, also bei allen berücksichtigten Eigenschaften, die maximale Anzahl von sieben Merkmalsausprägungen (= Anzahl berücksichtigter Alternativen)

²²⁸ Im Fall der kombinierten Entscheidungsregeln teilweise mit anschließender alternativenbasierter Informationssuche.

²²⁹ Abzüglich der zuletzt berücksichtigten Eigenschaft.

ven) in die Entscheidung einbezogen wird. Wenn dies beobachtet wird, liegt ein rein kompensatorisches Entscheidungsverfahren vor. Die Identifikation erfolgt über die Bildung der Differenz zwischen der Anzahl der berücksichtigten Eigenschaften²³⁰ und der Anzahl kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen. Wenn die Differenz null ergibt, dann werden ausschließlich kompensatorische Merkmalsbeurteilungen durchgeführt.

Wenn sowohl nicht-kompensatorische als auch kompensatorische Merkmalsbeurteilungen²³¹ bzw. satisfizierende Entscheidungsregeln²³² beobachtet werden, wird das Verhalten als die Anwendung eines kombinierten Entscheidungsverfahrens bezeichnet. In diesen Fällen ist die Differenz zwischen der Anzahl der berücksichtigten Eigenschaften und der Anzahl nicht-kompensatorischer bzw. kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen ungleich null.

Der Verzicht auf heuristische Prinzipien zur Reduktion der externen Informationsmenge zeigt sich daran, dass alle Merkmalsausprägungen in die Entscheidungsfindung einbezogen werden.

Verwendung von Schlüsselinformationen

Die Untersuchung der Nutzung der Schlüsselinformationen erfolgt auf aggregierter Ebene. Dies erfolgt unter der Annahme, dass Schlüsselinformationen unabhängig von einzelnen Produktionssystemen genutzt werden. Hierbei wird die Relevanz des Sortennamens und des Zulassungsjahres im Vergleich zu anderen Eigenschaften ermittelt.²³³

Die Sorteneigenschaften sind im Experiment nicht randomisiert. Der Sortenname und das Zulassungsjahr werden immer in den obersten beiden Zeilen der Informations-Display-Matrixmatrix aufgeführt.²³⁴ Daher wird das Verhalten der Landwirte mit dem Verhalten einer Referenzgruppe verglichen. Diese besteht aus Studierenden der Agrarwissenschaften. Die Verwendung der Referenzgruppe erfolgt zur Überprüfung, inwiefern Reihenfolgeeffekte eine Ursache der Verwendung des Sortennamens sind.

Der Sortenname kann nur von Personen (zielführend) genutzt werden, die Erfahrungen im Anbau mit den Sorten gemacht haben bzw. über Wissen zu den Eigenschaftsausprägungen einzelner Sorten verfügen. Folglich können Sortennamen nur den Landwirten als Information zur Inferenz auf die Leistungsfähigkeit dienen. Die Studierenden verfügen zwar über theoretisches pflanzenbauliches Wissen, haben jedoch keine Erfahrungen mit einzelnen Sorten gesammelt. Folglich kann der Sortenname für die Studierenden keine Information zur Inferenz auf die Ertragsleistung enthalten. Wenn die Studierenden den Sortennamen bei der In-

²³⁰ Abzüglich der zuletzt berücksichtigten Eigenschaft.

²³¹ Dies zeigt sich daran, dass nach dem Ausschluss einzelner Alternativen (= nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilungen) eine attributbasierte Informationssuche erfolgt.

²³² Dies ist der Fall, wenn nach dem Ausschluss einzelner Alternativen (= nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilungen) eine alternativenbasierte Informationssuche erfolgt.

²³³ Die Beschreibung der konkreten Operationalisierung und der Indikatoren für die Relevanz einzelner Eigenschaften erfolgt in Abschnitt 5.1.5.

²³⁴ Die Begründung hierfür findet sich in Abschnitt 5.2.6.2.

formationssuche berücksichtigen, dann kann auf einen Reihenfolgeeffekt der Informationsdarstellung geschlossen werden.

5.1.4 Relevanz von Sorteneigenschaften in Abhängigkeit des Produktionssystems

In der Expertenbefragung zeigen sich Anpassungen in der Einschätzung über die Relevanz einzelner Sorteneigenschaften in Abhängigkeit verschiedener Produktionssysteme. Die Auswirkungen unterschiedlicher Standorte und Vorfrüchte auf die Berücksichtigung von Sorteneigenschaften wird durch den Vergleich einzelner Entscheidungssituationen untersucht.²³⁵

5.1.4.1 Auswirkung des Standorts auf die Berücksichtigung von Sorteneigenschaften

Die Bodeneigenschaften bestimmen - z. B. durch das Wasserhaltevermögen und die Nährstoffnachlieferung - das Ertragspotenzial eines Standorts. Hieraus wird die Vermutung abgeleitet, dass die Relevanz des Ertragspotenzials der Sorten an die Bodengüte des Standorts angepasst wird:

H8: Je höher das Ertragspotenzial eines Standorts ist, desto stärker wird das Ertragspotenzial der Sorten berücksichtigt.

Mit dem Standort sind sowohl Bodeneigenschaften als auch das Klima bzw. die Witterung verbunden. Das Klima an einem Standort kann u. a. durch Trockenperioden zu abiotischem Stress für die Pflanzen führen. Für Standorte mit geringen Niederschlägen und längeren Trockenperioden kann gemutmaßt werden, dass Wuchseigenschaften und Ertragskomponenten, die Einfluss auf den Wasserverbrauch haben, eine besondere Relevanz beigemessen wird. An Standorten mit Frühsommertrockenheit kann z. B. der Abreifetermin von besonderer Relevanz sein. Wenn Sorten besonders früh abreifen, können diese weniger stark durch Frühsommertrockenheit beeinflusst werden.

H9: Je höher die Gefahr von Trockenheit an einem Standort ist, desto stärker wird der Zeitpunkt der Abreife berücksichtigt.

Für trockene Standorte kann zudem vermutet werden, dass die Landwirte besonders auf Ertragskomponenten achten, die den Wasserverbrauch beeinflussen können. Die Erträge bei Winterweizen setzen sich aus der Bestandesdichte (ährentragende Halme), der Anzahl Körner je Ähre und dem Gewicht der einzelnen Körner (Tausendkornmasse, TKM) zusammen. Hohe Bestandesdichten führen zu einem ungünstigen Korn-Stroh-Verhältnis²³⁶, da entsprechend viel Stroh durch die Pflanzen gebildet wird. Zur Bildung des Strohs benötigen die Pflanzen einen Teil des verfügbaren Wassers. Daher führen hohe Bestandesdichten zu einem relativ hohen Wasserbedarf je produzierter Einheit Weizenkorn. Umgekehrt reduzieren

²³⁵ Die Beschreibung der konkreten Operationalisierung und der Indikatoren für die Relevanz einzelner Eigenschaften erfolgt in Abschnitt 5.1.5.

²³⁶ Das Korn-Stroh-Verhältnis beschreibt die Relation zwischen dem Erntegut (Weizenkörner in dt) und dem Strohertrag (in dt). Je geringer der Anteil der Weizenkörner an der gesamten Biomasse ist, desto mehr Wasser wird relativ für die Bildung des Nebenproduktes Stroh verbraucht.

größere Anzahlen an Körnern je Ähre und höhere Tausendkorngewichte den Wasserbedarf je produzierter Einheit Weizenkorn.

H10 a-c: Je höher die Gefahr von Trockenheit an einem Standort ist, desto stärker werden die Ertragskomponenten (a) Bestandesdichte, (b) Körner je Ähre und (c) Tausendkorngewichte berücksichtigt.

Ein weiteres Beispiel für klimaassoziierte Ertragsverluste sind Auswinterungsschäden. Daher erscheint eine verstärkte Berücksichtigung der Neigung zu Auswinterung für Standorte mit niedrigen Temperaturen plausibel.

H11: Je höher die Gefahr für Auswinterungsschäden an einem Standort ist, desto stärker wird die Neigung zu Auswinterung berücksichtigt.

5.1.4.2 Auswirkung der Vorfrucht auf die Berücksichtigung von Sorteneigenschaften

Weizen kann nach unterschiedlichen Vorfrüchten angebaut werden. Vorfrüchte, die Wirtspflanzen für Weizenpathogene sind, erhöhen die Gefahr des Auftretens der damit assoziierten Krankheiten. Allerdings liegen, wie bereits in Abschnitt 2.5.1 erwähnt, keine eindeutigen Ergebnisse über das Auftreten von Krankheiten bei unterschiedlichen Vorfrüchten vor. An dieser Stelle werden - exemplarisch für die Vorfrüchte Winterraps, Mais und Weizen - Vermutungen über die Auswirkungen der Vorfrüchte aufgestellt. Diese basieren auf einer Veröffentlichung der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft von Guddat et al. (2015):

- Winterraps gilt als Vorfrucht ohne besondere Begünstigung einzelner Weizenkrankheiten. Entsprechend wird insgesamt eine geringe Relevanz von Krankheiten bei der Sortenwahl vermutet.
- Bei der Vorfrucht Mais besteht eine besonders hohe Gefahr des Auftretens von Ährenfusarium. Entsprechend wird eine besondere Bedeutung der Anfälligkeit für diese Krankheit vermutet.
- Weizen wird aus phytosanitärer Sicht als ungünstigste Vorfrucht beschrieben. Durch den Anbau von Weizen nach Weizen erhöht sich die Gefahr des Auftretens der Krankheiten Halmbruch, DTR und Ährenfusarium.

Hieraus werden folgende Hypothesen über die Auswirkungen unterschiedlicher Vorfrüchte abgeleitet:

H12 a-c: Wenn Weizen anstelle von Raps als Vorfrucht angebaut wurde, dann wird die Anfälligkeit für (a) Halmbruch, (b) DTR und (c) Ährenfusarium stärker berücksichtigt.

H13: Wenn Mais anstelle von Weizen als Vorfrucht angebaut wurde, dann wird die Anfälligkeit für Ährenfusarium stärker berücksichtigt.

5.1.5 Operationalisierung der Relevanz einzelner Eigenschaften

In den Abschnitten 5.1.3.4 und 5.1.4 werden Hypothesen und Vermutungen zur Relevanz einzelner Eigenschaften bei der Sortenwahl aufgestellt. Die Relevanz von Sorteneigenschaften

ten wird im Nachfolgenden als Grad ihrer Berücksichtigung bei der Entscheidungsfindung aufgefasst.

In Abschnitt 3.6. werden die Elemente von Heuristiken - Regel zur Informationssuche, Regeln zur Beendigung der Informationssuche und Entscheidungsregel - beschrieben. Hierbei wird die Annahme getroffen, dass diese Regeln in Abhängigkeit von mentalen Modellen aufgestellt werden. Mentale Modelle repräsentieren die subjektiven Vorstellungen über die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen der Ausprägung der beobachtbaren Variablen und der unbekanntem Zielvariablen.²³⁷ Unter dieser Annahme kann aus der Art der Nutzung von Informationen über die Ausprägung einzelner Eigenschaften bzw. Cues²³⁸ auf die subjektive Einschätzung über deren Eignung zur Inferenz auf die Ertragsleistung geschlossen werden. Dies ist gleichbedeutend mit der subjektiven Einschätzung der Relevanz einzelner Eigenschaften für den Weizenertrag.

Binäre Unterscheidung zwischen relevant und irrelevant

Anhand der binären Unterscheidung zwischen „eine Eigenschaft wird in die Entscheidung einbezogen“ und „eine Eigenschaft wird nicht in die Entscheidung einbezogen“ kann beschrieben werden, inwiefern eine Eigenschaft als grundsätzlich ertragsrelevant angesehen wird. Allerdings kann hieran nicht abgelesen werden, in welchem Ausmaß eine Eigenschaft bzw. deren Ausprägungen bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden. Indikatoren für die Stärke der Berücksichtigung sind die Art der Eigenschaftsbeurteilung (kompensatorisch oder nicht-kompensatorisch) sowie die Reihenfolge der Berücksichtigung der Eigenschaften.

Art der Merkmalsbeurteilungen

Wenn Alternativen im Verlauf des Entscheidungsprozesses ausgeschlossen werden - also nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilungen vorgenommen werden - kann darauf geschlossen werden, dass die Alternativen die Mindestanforderung in einer Eigenschaft unterschreiten. Die unzureichende Ausprägung in der entsprechenden Eigenschaft kann nicht durch positive Ausprägungen anderer Eigenschaften ausgeglichen werden. Aus der Verwendung als Ausschlusskriterium kann auf eine hohe subjektive Ertragsrelevanz der Eigenschaft geschlossen werden.

Wenn Entscheidungen aufgrund des Vergleichs der Sorten in einer einzigen Eigenschaft getroffen werden, dann ist die Ausprägung dieser Eigenschaft folglich das einzige Entscheidungskriterium. Die Verwendung einer einzigen Eigenschaft bei der Anwendung der *take the best heuristic* deutet auf eine herausragende Bedeutung dieser Eigenschaft hin.

²³⁷ Siehe Abschnitt 3.11.1.

²³⁸ Nachfolgend wird zur Verbesserung der Lesbarkeit keine Unterscheidung vorgenommen. Es wird lediglich der Begriff „Eigenschaft“ verwendet.

Kompensatorische Merkmalsbeurteilungen lassen tendenziell auf eine geringere Einschätzung der Ertragsrelevanz von Eigenschaften schließen. Allerdings wird im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, dass die Beibehaltung von Alternativen - die kompensatorische Merkmalsbeurteilung - nicht eindeutig bezüglich der Gewichtung der betreffenden Eigenschaft interpretiert werden kann. Es kann nicht eindeutig gefolgert werden, ob die Unterschiede zwischen den Alternativen nicht ausreichend diskriminierend waren, um zu einem Ausschluss zu führen, oder ob die Merkmalsausprägungen als grundsätzlich ausgleichbar angesehen werden. Jedoch kann aus der Anzahl der einer Eigenschaft verglichenen Alternativen in (= Anzahl berücksichtigter Merkmalsausprägungen) darauf geschlossen werden, ob zuvor bei anderen Eigenschaften nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilungen vorgenommen wurden.

Durch den frühzeitigen Ausschluss von Alternativen kann die Informationsmenge und somit der Entscheidungsaufwand reduziert werden. Hierauf aufbauend kann die Annahme getroffen werden, dass, wenn Personen bei bestimmten Eigenschaften Mindestanforderungen bezüglich der Ausprägung stellen, diese Eigenschaften zu Beginn des Entscheidungsprozesses berücksichtigt werden. Daher wird die Anzahl der in einer Eigenschaft verglichenen Alternativen als Indikator für die Relevanz einer Eigenschaft herangezogen. Bei der Analyse der Relevanz wird lediglich unterschieden, ob die Ausprägung einer Eigenschaft für die maximal mögliche Anzahl von sieben oder weniger Alternativen verglichen wird.

Alternativ zur Anzahl der in einer Eigenschaft verglichenen Alternativen könnte auch die Abfolge der Informationssuche als Indikator für die Relevanz von Sorteneigenschaften dienen. Jedoch besteht hierbei das Problem, dass anhand der Abfolge der Informationssuche nur bei nicht-kompensatorischen Merkmalsbeurteilungen auf die subjektive Einschätzung der Relevanz der Eigenschaften geschlossen werden kann. Bei kompensatorischen Merkmalsbeurteilungen können die Probanden Informationen in beliebiger Reihenfolge suchen, da die Reihenfolge der Informationssuche keinen Effekt auf die Informationsmenge hat, weil ohnehin alle Ausprägungen aller relevanten Eigenschaften abgefragt werden. Bei nicht-kompensatorischen Merkmalsbeurteilungen hingegen basiert die Reduktion des Entscheidungsaufwands auf dem Ausschluss von Alternativen. Je früher Alternativen ausgeschlossen werden, desto stärker verringert sich die benötigte Informationsmenge, da zu ausgeschlossenen Alternativen nachfolgend keine Informationen gesammelt werden müssen. Folglich ist es vernünftig, zunächst Eigenschaften zu beurteilen, die zum Ausschluss von Alternativen führen können. Hierbei handelt es sich um Eigenschaften, bei denen (zu) negative Ausprägungen nicht durch andere Merkmalsausprägungen aufgewogen werden können. Diese Eigenschaften werden folglich als so ertragsrelevant angesehen, dass diese von keinem anderen Faktor kompensiert werden können. Da jedoch nicht immer eindeutig unterschieden

werden kann, welche Art der Merkmalsbeurteilung intendiert ist, wird von der Verwendung der Reihenfolge der Informationssuche als Indikator abgesehen.

Arithmetischer Mittelwert und Median der Anzahl der berücksichtigten Merkmalsausprägungen

Der arithmetische Mittelwert und der Median der Anzahl der genutzten Informationen zu einer Eigenschaft²³⁹ stellen einen aggregierten Indikator für die Relevanz einer Eigenschaft dar. In diesen durchschnittlichen Angaben schlagen sich sowohl die grundsätzliche Berücksichtigung einer Eigenschaft²⁴⁰ als auch deren relative Gewichtung²⁴¹ nieder. Daher sind diese Kennzahlen zur grundsätzlichen Beschreibung der Relevanz einzelner Eigenschaften geeignet.

Die aufgeführten Indikatoren werden in unterschiedlichem Ausmaß und in Abhängigkeit der Fragestellung bei der Darstellung der Ergebnisse verwendet.

5.1.6 Anpassung des Entscheidungsaufwands

Payne et al. (1993) sowie Shah und Oppenheimer (2008) fokussieren sich bei der Auseinandersetzung mit der Ursache für die Anwendung von heuristischen Prinzipien auf die Reduktion des Entscheidungsaufwands.

In Abschnitt 3.9.2.2 wird der Ansatz von Stigler (1961) beschrieben, der Entscheidungen als Optimierung des Entscheidungsergebnisses unter Berücksichtigung der Entscheidungskosten beschreibt. Auch Payne et al. (1993) betonen im *accuracy effort framework* den Einfluss der Bedeutung der Entscheidung für die Gestaltung des Entscheidungsaufwands (Payne et al. 1993, S. 95).

Die Relevanz der Entscheidung ergibt sich bei der Sortenwahl aus der Größe des Schlages, für den eine Sorte ausgewählt wird. Je größer ein Schlag ist, desto größer ist der Effekt von sortenbedingten Ertragsunterschieden. Die Vermutung, dass die Tragweite der Entscheidung einen Einfluss auf den Entscheidungsaufwand hat, wird in Hypothese H14 formuliert.

H14: Je größer die Tragweite einer Entscheidung ist, desto größer ist der Entscheidungsaufwand bei der Sortenwahl.

Operationalisierung

Zur Feststellung des Effekts der Tragweite einer Entscheidung wird untersucht, inwiefern unterschiedliche Schlaggrößen den Entscheidungsaufwand beeinflussen. Die Anwendung der drei im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen heuristischen Prinzipien führt zu einer Reduktion der benötigten Informationsmenge zur Entscheidungsfindung.

²³⁹ = Anzahl berücksichtigter Alternativen.

²⁴⁰ Binäre Unterscheidungen: null oder mehr als null berücksichtigte Ausprägungen einer Eigenschaft.

²⁴¹ Diese zeigt sich durch die Anzahl der berücksichtigten Merkmalsausprägungen (Anzahl berücksichtigter Alternativen) als Folge der Anwendung unterschiedlicher Merkmalsbeurteilungen und der Reihenfolge der Informationssuche.

Die Informationsmenge bestimmt die Anzahl an kognitiven Prozessen - *elementary information processes* (EIPs) - die zur Entscheidungsfindung durchgeführt werden müssen.²⁴² Daher kann die Menge der genutzten Informationen als ein Indikator für den Entscheidungsaufwand betrachtet werden. Neben der Anzahl der verwendeten Informationen beeinflussen die Art der Informationssuche²⁴³ und die Art der Merkmalsbeurteilung²⁴⁴ die Menge unterschiedlich aufwendiger EIPs. Der kognitive Aufwand für die Anwendung zeigt sich unter anderem an der benötigten Zeit zur Durchführung der Prozesse.²⁴⁵

Daher werden sowohl die Anzahl der verwendeten Informationen als auch die aufgewendete Zeit zur Entscheidungsfindung als Indikatoren für den Entscheidungsaufwand herangezogen.

5.2 Experimentelle Untersuchung des Entscheidungsverhaltens

In Abschnitt 3.4.2 werden inferentielle Entscheidungen als kognitive Prozesse beschrieben, bei denen die Eignung von Alternativen auf der Grundlage unterschiedlicher Informationen beurteilt werden kann. Die Ergebnisse dieser Abwägungsprozesse bei der Sortenwahl für Winterweizen können auf aggregierter Ebene durch die Daten der BEE in Form von Flächenanteilen einzelner Sorten beobachtet werden. Die Beobachtung der zugrundeliegenden Überlegungen ist jedoch nicht direkt möglich. Es handelt sich um eine Blackbox (Trip et al. 2001, S. 185). Zum einen ist nicht bekannt, wann und wo die Landwirte die Sortenwahl vornehmen, zum anderen handelt es sich um einen kognitiven Prozess, der nicht direkt beobachtet werden kann. Grundsätzlich stellt die Untersuchung der angewendeten mentalen Modelle eine große Herausforderung dar:

„Mental models exist within the mind and are therefore not available for direct inspection or measurement. Finding ways of eliciting a mental model presents a major challenge to any discipline interested in using the construct as a means to gain insight into people’s internal representations of the world.” (Jones et al. 2011, S. 47)

Die Erfassung des Entscheidungskalküls in realen Entscheidungssituationen kann durch nachträgliche Befragungen erfolgen (Shapiro & Krishnan 2001). Hierbei besteht jedoch die Gefahr von Erinnerungsverlusten und sozial erwünschten Antworten (vgl. Kuß 1987, S. 67f. sowie grundlegender Holm 1991). Die Befragten können nur Aussagen zu bewussten Abwägungsprozessen machen. In Abschnitt 3.11.1 wird dargelegt, dass mentale Modelle teilweise mit implizitem Wissen, das situationsspezifisch abgerufen wird, gebildet werden. Daher ist fraglich, inwiefern mentale Modelle erinnert und verbalisiert werden können.

Kuß (1987) begründet seine Skepsis gegenüber nachträglichen Befragungen im Kontext der Konsumentenforschung durch die Vielzahl an Alternativen, Eigenschaften und Quellen, die in

²⁴² Siehe Abschnitt 3.7.

²⁴³ Attribut- oder alternativenbasiert.

²⁴⁴ Z. B. kompensatorische und nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilungen.

²⁴⁵ Siehe Abschnitt 3.7.

realen Entscheidungssituationen genutzt werden können. Vor diesem Hintergrund wird angezweifelt, dass insbesondere die Reihenfolge und die konkrete Berücksichtigung von Einzelinformationen erinnert werden können (vgl. Kuß 1987, S. 68). Es können nur die Aspekte verbalisiert werden, die noch erinnerbar sind. Hierbei besteht das Problem, dass ein Teil der verwendeten Informationen vergessen worden sein kann. Zudem können einige Informationen unbewusst verwendet oder nicht richtig identifiziert worden sein (vgl. grundlegend Kroeber-Riel & Gröppel-Klein 2013, S. 341). Aufgrund dieser kritischen Punkte wurde von einer nachträglichen Befragung zu realen Entscheidungen abgesehen.

Die experimentelle Untersuchung des Entscheidungsverhaltens stellt eine Alternative zur nachträglichen Befragung zum Verhalten in realen Entscheidungssituationen dar. In ökonomischen Entscheidungsexperimenten werden Probanden mit der Nachbildung realer Entscheidungssituationen konfrontiert. Jedoch besteht auch hier zunächst das Problem, dass lediglich die Entscheidungsergebnisse in Form der Auswahl einer Alternative beobachtet werden können. Zur Erfassung der kognitiven Prozesse und der zugrundeliegenden Überlegungen stehen unterschiedliche Ansätze zur Auswahl. Die Fragestellung und die Gestaltung eines Experiments bedingen die Eignung der Methoden zur Untersuchung bzw. Messung des Entscheidungsverhaltens und vice versa. Zur Erfassung des Entscheidungsverhaltens wird in dieser Arbeit eine Information-Display-Matrix eingesetzt (IDM).²⁴⁶

5.2.1 Ökonomische Experimente

Die experimentelle Ökonomik hat eine lange Tradition. In den vergangenen Jahrzehnten wurden einige ihrer Vertreter, wie z. B. Maurice Allais, Herbert Simon oder Reinhardt Selten mit dem Wirtschaftsnobelpreis ausgezeichnet. Die Auszeichnungen bezogen sich jedoch nicht auf die methodologischen Errungenschaften, sondern auf die Beiträge zur Weiterentwicklung der ökonomischen Theorie. Die Bedeutung ökonomischer Laborexperimente wurde durch Verleihung des Wirtschaftsnobelpreises an Vernon Smith für dessen Beitrag bei der Etablierung von Experimenten als Instrument der empirischen ökonomischen Forschung im Jahr 2002 erstmal „offiziell“ hervorgehoben. Dennoch wurde die Eignung ökonomischer Experimente von prominenten Ökonomen wie Milton Friedman oder Lionel Robbins infrage gestellt (vgl. Guala 2005, S. 1f).

In ökonomischen Experimenten erfolgt die Überprüfung von Theorien und Hypothesen unter kontrollierten Bedingungen. Hierbei werden die Probanden mit der Nachbildung eines realen Entscheidungsproblems konfrontiert. Allerdings besteht die Gefahr der Beobachtung von Artefakten. Die Frage, ob das in einem Experiment beobachtete Verhalten Rückschlüsse auf das Verhalten in realen Situationen zulässt oder ob es sich um künstlich erzeugte Phänomene handelt, führt zur Frage nach der Validität ökonomischer Experimente.

²⁴⁶ Die Begründung der Auswahl dieser Methode erfolgt in Abschnitt 5.2.6.

5.2.2 Validität ökonomischer Experimente

Allgemein beschreibt Validität die Eignung eines Messverfahrens zur Untersuchung einer Fragestellung. Diese lässt sich zunächst in die Komponenten interne und externe Validität unterteilen (Campbell 1957; Campbell & Stanley 1963). Das Problem der internen Validität hängt mit der Beschaffenheit des Versuchsplans zusammen. Von zentraler Bedeutung ist, ob dieser so gestaltet ist, dass eindeutige Schlussfolgerungen für die zugrundeliegende Fragestellung möglich sind. Entscheidend ist, ob die zu untersuchenden Sachverhalte durch die angewandten Methoden überprüft werden können und ob Kovariationen verschiedener Variablen auf Kausalzusammenhängen beruhen (Gadenne 2011, S. 54).

Die interne Validität wird in der experimentellen Ökonomik insbesondere dadurch bestimmt, dass das zu untersuchende Entscheidungsproblem so exakt beschrieben ist, dass die Ergebnisse eindeutig den in der Beschreibung des Entscheidungsproblems enthaltenen Variablen zugeordnet werden können. Konkret geht es hierbei auch um den Trade-Off zwischen der Vereinfachung der Fragestellung und der damit verbundenen Zunahme der Realitätsferne (Friedman & Sunder 1994, S. 11). Dieses Problem wächst mit der Komplexität der Fragestellung. Je komplexer die zu untersuchende Fragestellung ist, desto mehr Einflussfaktoren wirken auf die Entscheidung ein. Eine eindeutige Beschreibung des Entscheidungsproblems wird mit steigender Komplexität erschwert. Hieraus erwächst die Frage, wie komplex ein reales Entscheidungsproblem sein darf, um es experimentell untersuchen zu können. Von zentraler Bedeutung ist dabei, ob das Problem exakt beschrieben werden kann, ohne gleichzeitig eine Überforderung der Untersuchungsteilnehmer herbeizuführen. Dabei geht es nicht primär darum, ein Problem genau nachzubilden, sondern darum, die reale Problemstellung unverzerrt zu beschreiben. Pfister et al. (2017) beschreiben das Problem der Vereinfachung von Entscheidungsproblemen in Experimenten grundlegend:

„In den typischen Experimenten der Entscheidungsforschung ist die Situation stark eingeschränkt auf grundsätzlich überschaubare Lotterien mit wenigen Faktoren. Aber im „wirklichen Leben“ hat man es meist mit komplexen, dynamischen und intransparenten Problemen und Situationen zu tun, denen die Lotteriemetapher nicht gerecht wird.“ (Pfister 2017, S. 217).

Die externe Validität beschreibt die Generalisierbarkeit der Ergebnisse. Dies beinhaltet die Frage, inwiefern die in der Untersuchungsgruppe gefundenen Ergebnisse auf eine andere Gruppe übertragbar sind. Gadenne (2011) diskutiert die Relevanz der externen Validität. Dabei nimmt er Bezug auf Aussagen von Guala (2005). Der nachfolgende Teil fasst die wichtigsten Aussagen Gadennes zusammen.

Während Guala (2005) für die Anwendung induktiver Methoden plädiert, widerspricht Gadenne (2011) dieser Auffassung und fordert eine hypothetisch-deduktive Methodologie. Bei induktiven Forschungsansätzen ist die zentrale Frage, ob die Untersuchungsgruppe in den

relevanten Eigenschaften mit der Gruppe übereinstimmt, auf die die Erkenntnisse (Beobachtungen) der Studie übertragen werden sollen. Hierbei liegt nach Gadenne das Problem vor, dass repräsentative Stichproben, in denen alle relevanten Merkmale einer offenen Klasse von Individuen vertreten sind, nicht vorliegen können. Die hypothetisch-deduktive Methodologie zielt auf die Aufstellung und die Überprüfung von Hypothesen ab. Sofern eine Hypothese nicht abgelehnt werden muss, gilt diese als vorerst zu akzeptieren und in nachfolgenden Studien so kritisch wie möglich weiter zu überprüfen (Gadenne 2011, S. 54ff). Demnach gewinnt eine Hypothese durch das Bestehen möglichst kritischer Tests an Glaubwürdigkeit, sie wird dadurch jedoch nicht bewiesen. Guala (2005, S. 51) begründet seine Ablehnung der deduktiven Methodologie dadurch, dass er diese nach dem engen Verständnis Poppers auslegt. Demnach könnten Hypothesen, selbst nachdem diese sich in empirischen Tests bewährt haben, nicht an Glaubwürdigkeit gewinnen. Gadenne (2011, S. 58) entgegnet diesem Argument mit Verweis darauf, dass in der empirischen Wissenschaft häufig eine weichere Auffassung der deduktiven Methodologie zugrunde liegt und Hypothesen nach ausreichender Bewährung (vorbehaltlich) positiv beurteilt werden. Hypothesen, die beim Test mit einer bestimmten Stichprobe nicht falsifiziert wurden - also vorerst als glaubwürdig erachtet werden - können nicht ohne weiteres auf eine andere Gesamtheit übertragen werden. Hierfür muss analog zum Induktionsproblem kritisch geprüft werden, ob eine Übertragbarkeit zulässig ist. Die Notwendigkeit des Testens der Übertragbarkeit wird immer dann besonders wichtig, wenn es theoretisch oder empirisch begründete Einwände gegen vorgenommen Analogieschlüsse gibt.

Eine Überprüfung von Theorie kann nach Gadenne (2011, S. 61) nur durch eine deduktive Prüfung von vermuteten Kausalzusammenhängen erfolgen. Im weiteren Verlauf wird der Argumentation von Gadenne (2011) gefolgt. In Abschnitt 5.1 werden Hypothesen über den Erfolg und die Entscheidungsverfahren sowie die hierfür ursächlichen Faktoren aufgestellt. Diese werden anhand des Experiments überprüft.

Die Anreizkompatibilität stellt einen besonderen Aspekt bei der Auseinandersetzung mit der Validität von ökonomischen Experimenten dar. Reale ökonomische Entscheidungen haben in der Regel monetäre bzw. monetär quantifizierbare Auswirkungen auf die Entscheidungsträger. Daher bedarf es zur realitätsnahen Nachbildung von ökonomischen Entscheidungssituationen eines Anreizsystems, das dem der realen Entscheidungssituation entspricht. Um sicher zu stellen, dass das Verhalten von Probanden nicht durch mangelnde Motivation zur Durchdringung der Fragestellung oder die Orientierung an sozialen Erwartungen beeinflusst wird, können Anreizsysteme etabliert werden. Ein Anreiz ist dadurch charakterisiert, dass sich die Entscheidungen innerhalb eines Experiments auf das reale Leben der Probanden auswirken. Dies wird in ökonomischen Experimenten in der Regel durch die Zahlung eines Geldbetrags erreicht. Allerdings können Anreizsysteme nur unter bestimmten Bedingungen

dazu beitragen, die Validität eines Experiments zu erhöhen. Guala (2005, S. 232f) beschreibt in Anlehnung an Smith (1982) Grundsätze für die Anreizsetzung:

1. Nicht-Übersättigung: Das Entlohnungsmedium muss so gewählt werden, dass die Probanden bei ansonsten gleichen Eigenschaften der Alternativen stets diejenige Alternative wählen, die eine höhere Auszahlung des Anreizmediums verspricht.
2. Salienz: Die Auszahlung muss mit besserem Abschneiden im Experiment zu- und bei schlechterem Abschneiden abnehmen.
3. Dominanz: Die Auszahlung muss die Kosten für die Teilnahme am Experiment übersteigen.
4. Privatsphäre: Die Teilnehmer dürfen nur Informationen über ihre eigenen Auszahlungen erhalten.

Diese Grundsätze müssen bzw. können jedoch, je nach Fragestellung, nicht allumfänglich erfüllt werden und sind vielmehr als hypothetische Bedingungen anstelle von Axiomen anzusehen (vgl. Guala 2005, S. 232f). Somit ist bei der Beurteilung der Anreizkompatibilität, analog zu den vorangegangenen Gütekriterien, kein pauschales, sondern vielmehr ein differenziertes Abwägen der Folgen eines Anreizsystems für die Validität einer Studie erforderlich.

5.2.3 Experimentelle Untersuchung der Sortenwahl

Das nachfolgend beschriebene ökonomische Experiment dient zur Untersuchung der mentalen Modelle der Landwirte bei der Sortenwahl. Hierbei wird überprüft, welche Sorteneigenschaften von Landwirten bei spezifischen Produktionssystemen als relevant erachtet werden. Durch die Berücksichtigung soziodemografischer Variablen wird zudem untersucht, wodurch Unterschiede im Entscheidungserfolg erklärt werden können.

Die Sortenwahl ist ein durch Komplexität und Ungewissheit geprägtes Inferenzproblem²⁴⁷. Aus den Ausführungen zur Validität ökonomischer Experimente können Kriterien abgeleitet werden, die für die experimentelle Untersuchung der Sortenwahl relevant sind:

- Die Sortenwahl ist ein landwirtschaftsspezifisches Entscheidungsproblem. Daher sollten die Probanden eine möglichst repräsentative Stichprobe von Landwirten darstellen.
- Die grundlegende Struktur des Entscheidungsproblems muss in der Aufgabe des Experiments abgebildet sein. Dies bezieht sich insbesondere auf den Informationsgrad. Bei der Sortenwahl liegt durch den Witterungseinfluss Ungewissheit vor. Folglich muss auch im Experiment Ungewissheit über die Witterung vorliegen.
- Bei der Sortenwahl handelt es sich um ein Inferenzproblem, bei dem unter Rückgriff auf mentale Modelle Inferenzen über die Eignung von Sorten für spezifische

²⁴⁷ Siehe Abschnitt 2.9.

Produktionssysteme gebildet werden müssen. Folglich muss sich die Entscheidungsaufgabe auf konkrete Produktionssysteme beziehen.

- Unklar ist, welche Sorteneigenschaften hierbei durch die Teilnehmer verwendet werden. Daher müssen möglichst Informationen zu allen Eigenschaften, die grundsätzlich relevant sein können, verfügbar sein.
- Eigene Erfahrungen mit Sorten sind für Landwirte eine besonders wichtige Informationsquelle bei der Entscheidung.²⁴⁸ Damit eigene Erfahrungen im Experiment genutzt werden können, müssen reale Sorten zur Auswahl stehen.
- Die realen Auswirkungen der Sortenwahl - Erlösunterschiede infolge von Ertragsunterschieden zwischen Sorten - müssen sich im Anreizsystem des Experimentes widerspiegeln.

Nachfolgend wird näher auf die konkrete Gestaltung des Experiments und anschließend auf die Auswahl der Methode zur Erfassung des Entscheidungsverhaltens eingegangen.

5.2.4 Aufbau des Experiments

Die Probanden sind mit der Aufgabe konfrontiert, für spezifische Produktionssysteme Sorten auszuwählen. Insgesamt müssen für sieben Produktionssysteme Entscheidungen getroffen werden. Zur Auswahl stehen jeweils sieben Sorten einer Qualitätsgruppe. Hierzu erhalten die Probanden vor der ersten Entscheidungssituation folgende Erklärung:

„Stellen Sie sich vor, Sie leiten einen landwirtschaftlichen Betrieb, der Flächen an vier unterschiedlichen Standorten in Hessen bewirtschaftet. Ihre Aufgabe ist die Auswahl geeigneter Winterweizensorten. Für die Bestandsführung sind nicht Sie, sondern jeweils vor Ort erfahrene Angestellte zuständig.“

Die Datengrundlage für die Beschreibung der Produktionssysteme und die Ertragsleistung der Sorten sind die Veröffentlichungen der hessischen Landessortenversuche und die dazugehörigen Versuchspläne der Jahre 2011-2015.²⁴⁹

Die Sorten werden anhand von 18 Anbau-, Resistenz- und Ertrageigenschaften beschrieben. Zudem sind der Sortenname und das Zulassungsjahr angegeben. Die Eigenschaftsausprägungen sind den Beschreibenden Sortenlisten der entsprechenden Jahre entnommen. Die Probanden erhalten in Abhängigkeit des Entscheidungsergebnisses eine variable Vergütung. Das Kriterium für die Höhe der variablen Vergütung ist der Ertrag der gewählten Sorten. Der Informationssuchprozess und das Entscheidungsergebnis werden mittels Infor-

²⁴⁸ Siehe Abschnitt 4.3.2.

²⁴⁹ Die Begründung für die Beschränkung auf diesen Zeitraum erfolgt in Abschnitt 5.2.4.3.

mation-Display-Matrix (IDM) dokumentiert.²⁵⁰ Hierdurch kann nachvollzogen werden, in welchem Ausmaß einzelne Eigenschaften berücksichtigt werden.

5.2.4.1 Produktionssysteme

Eine zentrale Anforderung an Experimente ist die realitätsnahe Nachbildung des zu untersuchenden Entscheidungsproblems. In der Expertenbefragung gab der überwiegende Anteil der Befragten an, dass (mehrjährige) Landessortenversuche eine geeignete Quelle bei der Sortenwahl sind.²⁵¹ Hieraus wird gefolgert, dass die dort vorliegenden Produktionssysteme von den Landwirten als (ausreichend) repräsentativ für deren eigene Produktionssysteme angesehen werden.

Die hessischen Landessortenversuche werden an sechs Standorten durchgeführt. In den Veröffentlichungen der Landessortenversuche (z. B. LLH 2015a) sind die Ertragsleistungen der geprüften Sorten, Beschreibungen der Standorte²⁵² sowie die Saattermine und die Vorfrüchte aufgeführt (siehe Tabelle 37). Die Informationen über die pflanzenbaulichen Maßnahmen sind, mit Ausnahme der konkreten Anwendung von Pflanzenschutzmaßnahmen²⁵³ und der Bodenbearbeitung, in den Versuchsplänen (LLH 2011b bis 2015b) der entsprechenden Jahre enthalten.

Tabelle 37: Beschreibung des Versuchsaufbaus in den Veröffentlichungen der einjährigen hessischen Landessortenversuche (Quelle: LLH 2015a)

• Standort	• Höhe über NN (m)	• Bodenart der Krume
• Vorfrucht	• Ø Jahrestemperatur (°C)	• Humusgehalt
• Aussaatdatum	• Niederschlag (mm)	• Ackerzahl
• Boden-Klima-Raum	• Bodentyp	• Stärke Krume (cm)
• Anbaugebiet	• Geologische Herkunft	• Kulturzustand Boden

Informationen zu Produktionssystemen

Im Experiment dienen ausgewählte Varianten der hessischen Landessortenversuche der Jahre 2011 bis 2015²⁵⁴ als Produktionssysteme, für die Sorten ausgewählt werden müssen.²⁵⁵ Das Entscheidungsverhalten wird für sieben Produktionssysteme untersucht. Zur Beschreibung der Produktionssysteme werden den Probanden die oben genannten Informationen aus den Landessortenversuchen zu den einzelnen Entscheidungssituationen präsentiert. Boden- und Standorteigenschaften, Vorfrucht und Saattermin variieren zwischen den

²⁵⁰ Siehe Abschnitt 5.2.6.2.

²⁵¹ Siehe Abschnitt 4.3.2.

²⁵² Boden- und Klimaeigenschaften.

²⁵³ Exakte Anwendungsdaten und die Durchführung der dort aufgeführten, optionalen Fungizidbehandlung sind in den Versuchsplänen nicht angegeben.

²⁵⁴ 2011 bis 2015 steht für die Versuchsjahre 2010/11 bis 2014/15.

²⁵⁵ Zur Begründung der Beschränkung auf diesen Zeitraum siehe Abschnitt 5.2.4.3.

einzelnen Produktionssystemen. Daher werden die Ausprägungen dieser Parameter für jede Entscheidungssituation separat zur Verfügung gestellt.

In den Landessortenversuchen werden die Ertragsleistungen aus Versuchen mit zwei Intensitätsstufen veröffentlicht. Die zweite Intensitätsstufe stellt die regionaltypische und auf Ertragsmaximierung ausgerichtete Versuchsvariante dar.²⁵⁶ In vorgelagerten Interviews mit Landwirten wurde ermittelt, dass die Produktionssysteme der zweiten Intensitätsstufe eher der pflanzenbaulichen Praxis entsprechen. Daher wird die Ertragsleistung der zweiten Intensitätsstufe als Zieldimension gewählt.

Die Angaben zum Wachstumsregler- und Fungizideinsatz sowie zur Stickstoffdüngung werden aus den Versuchsplänen (z. B. LLH 2015b) entnommen. Die in den Versuchsplänen beschriebenen pflanzenbaulichen Maßnahmen sind im Zeitraum von 2011 bis 2015 gleichbleibend. Über die Bodenbearbeitung vor der Aussaat werden weder in den Veröffentlichungen der Ergebnisse der Landessortenversuche noch in den Versuchsplänen Angaben gemacht. Die Bodenbearbeitung wird im Experiment einheitlich als „mit dem Pflug“ beschrieben.

Die pflanzenbaulichen Maßnahmen werden zu Beginn des Experiments ausführlich erläutert. Zusätzlich erhalten die Teilnehmer eine gedruckte Aufstellung der pflanzenbaulichen Maßnahmen. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Teilnehmer die Informationen im Verlauf des Experiments jederzeit nachlesen können. Die Probanden erhalten folgende Informationen zu den pflanzenbaulichen Maßnahmen in der Beschreibung des Experiments:

„Das Anbauverfahren ist wie folgt gestaltet:

- Die Bodenbearbeitung vor der Aussaat erfolgt immer mit dem Pflug.
- Normalerweise werden zweimal Wachstumsregulatoren (in EC 25 und EC 31-32) eingesetzt.
- In der Regel werden zwei Fungizidmaßnahmen durchgeführt. Eine gegen Ende des Schossens (in EC 37-49) und eine Ährenbehandlung (in EC 65).
- Die Stickstoffdüngung erfolgt in drei Gaben und liegt unter durchschnittlichen Bedingungen bei 190 kg/ha. Die Stickstoffmenge wird an den Witterungsverlauf und die Pflanzenentwicklung angepasst.“

Auswahl der Produktionssysteme

In Tabelle 38 sind die Boden- und Klimabeschreibungen sowie die Saattermine und Vorfrüchte der allgemeinen hessischen Landessortenversuche der Jahre 2011 bis 2015 zusammengefasst.

Zur Überprüfung der Hypothesen aus den Abschnitten 5.1.4 und 5.1.6 über die Auswirkungen von Vorfrüchten und Standorten werden jeweils zwei Produktionssysteme ausgewählt, die sich (möglichst) nur in den zu untersuchenden Aspekten unterscheiden. Hierdurch kön-

²⁵⁶ Siehe Abschnitt 4.3.3.2.

nen Rückschlüsse auf die subjektive Relevanz einzelner Sorteneigenschaften in Abhängigkeit der variierten Elemente (Vorfrüchte oder Standorte) gezogen werden. Einige Produktionssysteme werden zur Analyse mehrerer Fragestellungen genutzt. Daher wird bei der Auswahl darauf geachtet, dass möglichst viele Fragestellungen anhand des Verhaltens in einzelnen Produktionssystemen beantwortet werden können. Hierdurch kann die Zeit zur Durchführung des Experiments relativ gering gehalten werden. Bei der Auswahl der Produktionssysteme werden die räumliche Verteilung der Standorte, die Boden- und Klimaeigenschaften der Standorte, die Vorfrüchte und die Saattermine berücksichtigt.

Das Experiment soll eine möglichst große Bandbreite an Produktionssystemen abdecken. Daher ist die räumliche Verteilung der Versuchsstandorte ein Kriterium für die Auswahl der Produktionssysteme. Bei der räumlichen Verteilung wird berücksichtigt, dass möglichst alle Regionen Hessens vertreten sind. Daher wurden zunächst Griesheim (Südhessen) und Korbach (Nordhessen) ausgewählt. Für die Region Osthessen fiel die Wahl zulasten von Fritzlar auf Bad Hersfeld.

Der Grund hierfür liegt im zweiten Kriterium der Auswahl der Standorte, der Ähnlichkeit der Boden- und Klimaeigenschaften der Standorte. Die Übereinstimmung der Standorte wird anhand der Einteilung in Boden-Klima-Räume²⁵⁷ und der Anbauregionen überprüft. Die aufgrund ihrer räumlichen Lage gewählten Standorte - Griesheim und Korbach - weisen jeweils einmalige Kombinationen von Boden-Klima-Räumen und Anbauregionen auf. Auch Bad Hersfeld unterscheidet sich von den übrigen Versuchsstandorten in diesen Kriterien. Die Standorte Marburg, Friedberg und Fritzlar liegen im gleichen Boden-Klima-Raum und im gleichen Anbaugebiet. Daher wird Bad Hersfeld gegenüber Fritzlar bevorzugt. Da Osthessen bereits durch Bad Hersfeld vertreten ist, wird Fritzlar nicht weiter berücksichtigt. Marburg und Friedberg liegen in der Mitte Hessens. Da sich die beiden Standorte in den übrigen Parametern nicht grundlegend unterscheiden, wird Marburg als vierter Standort zufällig ausgewählt.

In jeder Entscheidungssituation werden sieben Sorten einer Qualitätsgruppe zur Auswahl gestellt.²⁵⁸ In einigen der hessischen Landessortenversuche wurden jedoch weniger als sieben Sorten einer Qualitätsgruppe angebaut. Die Anzahl der in den einzelnen Versuchen angebauten Sorten ist folglich ein Ausschlusskriterium. Versuche, in denen weniger als sieben Sorten einer Qualitätsgruppe angebaut wurden, werden nicht weiter berücksichtigt.

²⁵⁷ Boden-Klima-Räume sind eine Art der Gebietsgliederung. Diese wurde „mit dem Ziel erarbeitet, die Durchführung und Auswertung von Sortenversuchen und die Sortenberatung zu optimieren.“ (Roßberg et al. 2007, S.155).

²⁵⁸ Die Begründung für die Beschränkung auf Sorten einer Qualitätsgruppe erfolgt weiter unten in diesem Abschnitt sowie in Abschnitt 5.2.5.

Tabelle 38: Produktionssysteme in den allgemeinen hessischen Landessortenversuchen der Jahre 2011 bis 2015 (LLH 2011a-2015a)

Standort	Bad Hersfeld	Korbach	Griesheim	Marburg	Friedberg	Fritzlar	
Boden-Klima-Raum	Osthessische Mittelgebirgslagen	Lehmböden / Briloner Höhen	Rheinebene und Nebentäler	Zentralhessische Ackerbaugebiete / Warburger Börde	Zentralhessische Ackerbaugebiete / Warburger Börde	Zentralhessische Ackerbaugebiete / Warburger Börde	
Anbaugebiet	Höhenlagen Mitte / West	Höhenlagen Mitte / West	Wärmelagen Südwest	Mittellagen Südwest	Mittellagen Südwest	Mittellagen Südwest	
Höhe über NN (m)	200	360	100	190	160 bis 220	204 bis 221	
Ø Jahrestemperatur (°C)	9	6,9 bis 7,3	9,8	8,5	9,3	8,8	
Niederschlag (mm)	690	600 bis 690	550	605	620	620	
Bodentyp	Aueboden	Braunerde	Braunerde	Parabraunerde	Parabraunerde	Parabraunerde-Pseudogley oder Parabraunerde	
Geologische Herkunft	Alluvium	Löss	Alluvium	Buntsandstein oder Löss	Löss	Löss oder Diluvium vermischt mit Erguß	
Bodenart der Krume	Sandiger Lehm	Schluffiger Lehm	Toniger Lehm oder Lehmgiger Ton	Lehmiger Ton, sandiger Lehm, oder schluffiger Lehm	Lehm oder toniger Lehm	Schluffiger Lehm oder Lehm	
Humusgehalt	Humos	Humos bis stark humos	Schwach humos	Humos	Humos bis stark humos	Humos	
Ackerzahl	52 bis 57	42 bis 55	55	70 bis 80	70 bis 80	61 bis 70	
Stärke Krume (cm)	30	15 bis 35	30	30 bis 70	30	30 bis 33	
Kulturzustand Boden	mittel oder gut	gut	gut	gut	gut	gut	
Vorfrucht	2011	Raps	Raps	Erbsen	Mais	Kartoffeln	Zuckerrüben
	2012	-	Raps	Erbsen	-	Kartoffeln	-
	2013	Raps	-	Kartoffeln	Winterweizen	Kartoffeln	Zuckerrüben
	2014	Raps	Sommergerste	Zwiebel	Mais	Mais	Zuckerrüben
	2015	-	Raps	Raps	Mais	Kartoffeln	Zuckerrüben
Aussaatdatum	2011	07.10.	11.10.	07.10.	13.10.	13.10.	13.10.
	2012	-	04.10.	07.10.	-	12.10.	-
	2013	10.10.	-	10.10.	18.10.	11.10.	10.10.
	2014	31.10.	04.10.	31.10.	22.10.	19.10.	16.11.
	2015	-	20.10.	21.10.	19.10.	19.10.	28.10.

Eine zentrale Fragestellung ist die Auswirkung der Vorfrüchte Raps, Weizen und Mais auf die subjektive Ertragsrelevanz einzelner Sorteneigenschaften. Daher werden nur Versuche berücksichtigt, in denen diese Vorfrüchte angebaut wurden. In Tabelle 38 wird deutlich, dass in den allgemeinen Landessortenversuchen Weizen nur einmal²⁵⁹ als Vorfrucht vorliegt. Daher werden neben den Produktionssystemen der allgemeinen Landessortenversuche auch Produktionssysteme der Versuchsvariante „Stoppelweizen“ bei der Auswahl berücksichtigt. Da beide Versuchsvarianten mit den gleichen pflanzenbaulichen Maßnahmen durchgeführt werden,²⁶⁰ ergeben sich hieraus keine Probleme für die Vergleichbarkeit der Produktionssysteme.

Der Saattermin beeinflusst die Gefahr des Auftretens von Krankheiten und Auswinterungsschäden. Je früher ausgesät wird, desto höher ist die Gefahr des Auftretens von Krankheiten und Auswinterung (vgl. Zieseimer et al. 2008, S. 1f). Die konkrete Auswirkung der Verschiebung des Saattermins ist jedoch abhängig von Jahreseffekten und variiert zwischen einzelnen Standorten (Farack & Schwalbe 2003, S. 11). Ob die Aussaat früh, ortsüblich oder spät erfolgt ist, kann nicht ausschließlich auf der Basis des Aussaatdatums beurteilt werden. Je nach Klimaeigenschaften variieren die ortsüblichen (optimalen) Saattermine zwischen den Standorten. An warmen Standorten liegen die ortsüblichen Saattermine aufgrund der längeren Vegetationsperiode vor dem Winter später, an kälteren Standorten entsprechend früher. Bezüglich der Saattermine wird darauf geachtet, dass diese von zwei zu vergleichenden Produktionssystemen den gleichen Kategorien - früher, ortsüblich oder später Saattermin - zugeordnet werden können.²⁶¹ Die Anwendung der beschriebenen Kriterien zur räumlichen Verteilung der Boden- und Klimaeigenschaften der Standorte sowie der Vorfrüchte führt zunächst zur grundsätzlichen Einschränkung des Entscheidungsraums bei der Auswahl der Produktionssysteme.

Das Zwischenergebnis des mehrstufigen Auswahlprozesses der Produktionssysteme ist die Festlegung auf die Standorte Griesheim, Korbach, Bad Hersfeld und Marburg sowie auf die Vorfrüchte Raps, Weizen und Mais. In Tabelle 39 ist eine Übersicht der ausgewählten Produktionssysteme aufgeführt. Die Bezeichnung der Produktionssysteme setzt sich aus den Anfangsbuchstaben der Standorte und der Vorfrüchte sowie den in den Entscheidungssituationen vorgegebenen Schlaggrößen zusammen. Nachfolgend wird beschrieben, wodurch die Auswahl der einzelnen Produktionssysteme begründet ist.

²⁵⁹ Am Standort Marburg im Jahr 2013.

²⁶⁰ Dies geht aus der Beschreibung in den Versuchsplänen der hessischen Landessortenversuche hervor (z. B. in LLH 2015b, S. 35 und S. 39).

²⁶¹ Da keine klaren Definitionen für diese Kategorien vorliegen, erfolgt die Einordnung der Saattermine aufgrund der Abwägung des Autors.

Tabelle 39: Ausgewählte Produktionssysteme zur Untersuchung des Entscheidungsverhaltens bei der Sortenwahl (Quelle: eigene Darstellung)

Bezeichnung	HR1	HW1	HW5	KR5	GR5	MW1	MM1
Quelle	LLH 2011a	LLH 2014e	LLH 2011e	LLH 2012a	LLH 2015a	LLH 2013a	LLH 2014a
Standort	Bad Hersfeld	Bad Hersfeld	Bad Hersfeld	Korbach	Griesheim	Marburg	Marburg
Vorfrucht	Winter- raps	Winter- weizen	Winter- weizen	Winter- raps	Winter- raps	Winter- weizen	Mais
Aussaatdatum	07.10.	31.10.	30.09.	04.10.	21.10.	18.10.	22.10.
Schlaggröße (ha)	1	1	5	5	5	1	1
Ackerzahl	53	57	52	55	55	75	75
Qualitätsgruppe der Alternativen im Experiment	A	A	A	B	B	A	A

Klimabedingungen

Die Hypothesen in Abschnitt 5.1.4.1 beziehen sich auf die Auswirkung der klimatischen Bedingungen des Standorts. In den Hypothesen werden Vermutungen über die Effekte der Gefahr von Trockenheit und Auswinterungsschäden aufgestellt.

Zur Erinnerung: Das Ziel ist die Auswahl von jeweils zwei Produktionssystemen, die sich zwar in den zu untersuchenden Faktoren unterscheiden, ansonsten jedoch möglichst gleich geartet sind. Produktionssysteme bei Winterweizen bestehen jedoch aus einer Vielzahl an Elementen, die nicht beliebig variiert bzw. kombiniert werden können. Insbesondere die Produktionsstandorte stellen ein Bündel mehrerer Boden- und Klimaeigenschaften dar, die nicht dekomponiert werden können. Hierdurch sind die Möglichkeiten bei der Auswahl von Produktionssystemen, die sich nur in exakt einem Faktor unterscheiden, eingeschränkt. Daher erfolgt die Untersuchung der Hypothesen zur Auswirkung von Trockenheit und Auswinterungsgefahr parallel. Hierzu wird das Entscheidungsverhalten bei der Sortenwahl für die Standorte Korbach und Griesheim verglichen. Bezüglich der Gefahr von Trockenstress²⁶² und Auswinterungsgefahr²⁶³ zeigen diese beiden Standorte die größten Unterschiede. Für beide Standorte liegen Versuche mit gleicher Vorfrucht vor. So wurde in Griesheim im Jahr 2015 und in Korbach in den Jahren 2011, 2012 und 2015 Raps als Vorfrucht angebaut. Der Saattermin in Griesheim 2015 wird als ortsüblich eingestuft. Die Versuche des Standorts Korbach der Jahre 2011 und 2015 werden aufgrund des relativ späten Saattermins (siehe

²⁶² Die Niederschlagsmenge und die durchschnittliche Jahrestemperatur werden berücksichtigt (siehe Tabelle 38).

²⁶³ Die durchschnittliche Jahrestemperatur und die Höhe über N. N. werden berücksichtigt (siehe Tabelle 38).

Tabelle 38) bzw. der ungenügenden Anzahl an getesteten Sorten ausgeschlossen. Daher werden die Versuche „Griesheim 2015“ (GR5) und „Korbach 2012“ (KR5) ausgewählt.

Ertragspotenzial

Zur Untersuchung der Auswirkung des Ertragspotenzials von Standorten werden die Versuche in Marburg und Bad Hersfeld verglichen. Diese unterscheiden sich mit Ackerzahlen von 70 bis 80 in Marburg und 52 bis 57 in Bad Hersfeld bezüglich des Ertragspotenzials am deutlichsten.²⁶⁴ Für den Standort Marburg wird der Versuch aus dem Jahr 2013 (Produktionssystem MW1), bei dem Weizen als Vorfrucht angegeben ist, ausgewählt. Da für Bad Hersfeld in den allgemeinen Landessortenversuchen kein Versuch mit der Vorfrucht Weizen durchgeführt wurde, wird für diesen Standort die Versuchsvariante „Stoppelweizen“ aus dem Jahr 2014 (Produktionssystem HR1) gewählt.

Vorfrucht

Die Hypothesen in Abschnitt 5.1.4.2 beziehen sich auf die Auswirkung der Vorfrucht. Zur Untersuchung des Effekts der Vorfrüchte werden jeweils Versuche eines Standorts in unterschiedlichen Versuchsjahren gewählt. Damit ist sichergestellt, dass die Parameter der Produktionssysteme - mit Ausnahme der Vorfrucht - weitestgehend gleich sind. Die Analyse der Auswirkung der Vorfrüchte Weizen und Raps erfolgt durch den Vergleich der Versuche am Standort Bad Hersfeld in den Jahren 2011 (Produktionssystem HR1) und 2014 (Produktionssystem HW1). Zur Messung des Effekts der Vorfrüchte Weizen und Mais werden die Versuche am Standort Marburg der Jahre 2013 (Produktionssystem MW1) und 2014 (Produktionssystem MM1) genutzt.

Tragweite der Entscheidung

In Abschnitt 5.1.6 wird eine Vermutung über den Zusammenhang zwischen der Bedeutung einer Entscheidung und dem Entscheidungsaufwand formuliert. Der Entscheidungsaufwand kann z. B. durch die Zeit zur Entscheidungsfindung und die Anzahl der berücksichtigten Informationen gemessen werden. Die monetäre Tragweite der Sortenwahl ergibt sich aus der Schlaggröße. Je größer ein Schlag ist, für den eine Sorte ausgewählt wird, desto größer sind die absoluten Erlösunterschiede als Konsequenz aus Ertragsunterschieden. Daher werden unterschiedliche Schlaggrößen für die einzelnen Produktionssysteme angegeben. Die Auswirkung der Schlaggröße wird anhand der Produktionssysteme in Bad Hersfeld in den Jahren 2011 (Produktionssystem HW5) und 2014 (Produktionssystem HW1) untersucht.

Im Jahr 2004 lag die durchschnittliche Schlaggröße in Hessen bei 1,36 ha (Engelhardt 2005, S. 4). Im Zuge des landwirtschaftlichen Strukturwandels ist die Schlaggröße vermutlich

²⁶⁴ Die Ackerzahl ist eine aggregierte Kennzahl zur Beurteilung der Qualität von Ackerflächen und kann Werte von 1 bis 120 annehmen. Je höher die Ackerzahl ist, desto größer ist das Ertragspotenzial.

(leicht) gestiegen. Im Experiment wird die Schlaggröße mit 1 ha (HW1) bzw. 5 ha (HW5) angegeben.

5.2.4.2 Alternativen (Sorten)

In der Expertenbefragung hat sich gezeigt, dass die Landwirte unterschiedliche Quellen bei der Sortenwahl bevorzugen. Neben externen Informationen spielen eigene Erfahrungen mit Sorten eine zentrale Rolle.²⁶⁵ Damit die Landwirte im Experiment auf individuelle Erfahrungen mit Sorten zurückgreifen können, müssen reale Sorten zur Auswahl stehen. Da in der Datengrundlage zur Entwicklung des Experiments - den hessischen Landessortenversuchen - reale Sorten angebaut werden, wird diese Anforderung erfüllt.

Innerhalb jeder Entscheidungssituation stehen je sieben Sorten zur Auswahl. Die Beschränkung auf sieben Sorten erfolgt aus drei Gründen:

- Realitätsnahe Anzahl an Alternativen: Es gibt keine Studien darüber, wie viele Sorten Landwirte in realen Entscheidungssituationen vergleichen. Daher wird die Anzahl der Sorten in den Empfehlungen des LLH als Indikator verwendet. Dort variiert die Anzahl zwischen 2 und 16 Sorten.²⁶⁶
- Datenverfügbarkeit: In den hessischen Landessortenversuchen²⁶⁷ der Jahre 2011 bis 2015 wurden zwischen 20 und 30 Sorten getestet. In den experimentellen Entscheidungssituationen werden jeweils Sorten der Qualitätsgruppen A oder B zur Wahl gestellt.²⁶⁸ Die Anzahl der Sorten dieser Qualitätsgruppen variiert in den Versuchen zwischen fünf und fünfzehn. Durch die Beschränkung auf sieben Sorten konnte bei der Auswahl der Produktionssysteme für die experimentelle Untersuchung aus einer größeren Anzahl an Versuchen ausgewählt werden. Die Verwendung einer größeren Anzahl von Sorten in den experimentellen Entscheidungssituationen hätte dazu geführt, dass die Menge an Versuchen mit einer ausreichenden Anzahl an Sorten einer Qualitätsgruppe eingeschränkt gewesen wäre. Hierdurch wäre es nicht möglich gewesen, alle im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Kriterien für die Auswahl der Produktionssysteme zu berücksichtigen.
- Technische Restriktion: Die Informationen werden im Experiment in Tabellen auf Computerbildschirmen präsentiert.²⁶⁹ Die Alternativen werden in den Spalten abgetragen. Bei der Entwicklung des Experiments wurde überprüft, wie viele Informationen maximal auf den zur Verfügung stehenden Computerbildschirmen in angemessener Schriftgröße dargestellt werden können. Hierbei zeigte sich, dass maximal sie-

²⁶⁵ Siehe Abschnitt 4.3.2.

²⁶⁶ Siehe Abschnitt 4.3.3.3.

²⁶⁷ In den allgemeinen Versuchen und den Versuchen zum Stoppelweizenanbau.

²⁶⁸ Die Begründung der Beschränkung auf Sorten der Qualitätsgruppen A und B erfolgt im nachfolgenden Absatz („Auswahl der Alternativen“).

²⁶⁹ Siehe hierzu Abschnitt 5.2.6.2, Absatz „Reihenfolge der Informationen“.

ben Sorten dargestellt werden können. Bei einer größeren Anzahl wäre die vollständige Matrix nur durch „scrollen“ sichtbar gewesen oder die Schriftgröße hätte reduziert werden müssen. Beide Optionen hätten zu einer erschwerten Handhabung für die Probanden geführt.

Auswahl der Alternativen

In der Expertenbefragung²⁷⁰ bezeichneten 85,7% der Landwirte eigene Erfahrungen als geeignete Informationsquelle. Das Kriterium für die Auswahl der Sorten ist deren Praxisrelevanz. Durch die Verwendung praxisrelevanter Sorten wird grundsätzlich sichergestellt, dass zwischen Alternativen gewählt werden kann, die den Landwirten z. B. durch eigene Erfahrungen bzw. durch Empfehlungen von Kollegen oder Beratern bekannt sind. Die Probanden können somit auf interne Informationen zurückgreifen. Hierdurch wird die Realitätsnähe der Entscheidungssituation gewährleistet.

Als Indikator für die Praxisrelevanz einzelner Sorten wird die Anbaufläche der Sorten in Hessen in den entsprechenden Versuchsjahren verwendet. Hierzu werden die Daten der Besonderen Erntermittlung der entsprechenden Versuchsjahre herangezogen (z. B. BMEL 2014, S. 41f). Bei zwei der ausgewählten Versuche sind mehr als sieben Sorten einer Qualitätsgruppe enthalten. Jedoch sind nur fünf dieser Sorten in der Statistik zu den Flächenanteilen aufgeführt, die übrigen Sorten hatten folglich (noch) keine relevanten Flächenanteile. In diesen Fällen dient die Anbaufläche im Folgejahr als Auswahlkriterium. Für das Jahr 2015 lagen zum Zeitpunkt der Entwicklung des Experiments noch keine Anbaudaten vor. Daher wurde die Saatgut-Vermehrungsfläche des Jahres 2014/15 in Hessen als Auswahlkriterium verwendet.²⁷¹

Die Probanden erhalten eine variable Vergütung in Abhängigkeit des Ertrags der gewählten Sorten.²⁷² In der Realität wird der Erlös der Landwirte neben dem Ertrag durch die Qualität der Erzeugnisse beeinflusst. Die Qualität bestimmt den Preis je produzierter Einheit. In der Beschreibenden Sortenliste werden die Sorten in Qualitätsgruppen unterteilt. Damit sichergestellt werden kann, dass die Landwirte zwischen Sorten wählen können, deren Erzeugnisse im praktischen Anbau vergleichbare Preise erzielen, werden in den einzelnen Entscheidungssituationen nur Sorten einer Qualitätsgruppe zur Wahl gestellt.

In Abschnitt 2.7.1 wird erwähnt, dass Sorten der Qualitätsgruppen A und B in Deutschland am verbreitetsten angebaut werden. Auch in Hessen werden überwiegend Sorten dieser

²⁷⁰ Siehe hierzu Abschnitt 4.3.2.

²⁷¹ Die Vermehrungsfläche wird als Indikator für den durch die Saatgutvermehrung erwarteten Anbauumfang im Folgejahr interpretiert.

²⁷² Siehe hierzu Abschnitt 5.2.5.

Qualitätsgruppen angebaut.²⁷³ Daher werden Sorten dieser Qualitätsgruppen zur Auswahl gestellt.

Attribute

In der Beschreibenden Sortenliste werden die Sorten anhand von Anbau- (5), Resistenz- (8) und Ertragseigenschaften (5) sowie qualitätsbestimmenden Merkmalen (12) beschrieben. Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt erwähnt, werden die Informationen im Experiment in Tabellen auf Computerbildschirmen dargestellt. Die Sorteneigenschaften werden in den Zeilen der Tabellen abgetragen. Während der Gestaltung des Experiments wurde die maximal darstellbare Anzahl von Eigenschaften geprüft. Hierbei wurde festgestellt, dass maximal 20 Zeilen in angemessener Schriftgröße dargestellt werden können. Folglich musste die Anzahl der Eigenschaften reduziert werden.

Der Fokus der Erhebung liegt auf den mentalen Modellen der Landwirte über den Zusammenhang zwischen Produktionssystem, Sorteneigenschaften und Ertrag. In der Expertenbefragung wird die subjektive Wahrnehmung der Ertragsrelevanz einzelner Sorteneigenschaften abgefragt. Hierbei stufen Teilnehmer ausschließlich Eigenschaften als ertragsrelevant ein, die in der Beschreibenden Sortenliste aufgeführt sind.²⁷⁴ In den Entscheidungssituationen werden daher die insgesamt 18 Anbau-, Ertrags- und Resistenzeigenschaften angegeben. Unter der vereinfachenden Annahme der homogenen Qualität der Erntegüter von Sorten einer Qualitätsgruppe erfolgt die Reduktion der Eigenschaften zulasten einer detaillierten Beschreibung der Qualitätseigenschaften. In den konkreten Entscheidungssituationen sind keine Informationen zu Qualitätseigenschaften enthalten. Stattdessen werden die Probanden bei der Erläuterung des Experiments darüber informiert, dass in den jeweiligen Entscheidungssituationen ausschließlich Sorten einer Qualitätsgruppe zur Auswahl stehen. Neben den „pflanzenbaulichen“ Eigenschaften sind zwei Schlüsselinformationen in den Entscheidungssituationen verfügbar: der Name und das Zulassungsjahr der Sorten.

Informationen zu Eigenschaftsausprägungen

Die Sorteneigenschaften werden anhand der neunstufigen Beschreibung von 1 = „sehr gering ausgeprägt“ bis 9 = „sehr stark ausgeprägt“ der Beschreibenden Sortenlisten beschrieben. In den einzelnen Entscheidungssituationen werden die jeweils in den zugrundeliegenden Versuchsjahren aktuellen Beschreibenden Sortenlisten als Datengrundlage verwendet. Hierdurch stehen den Probanden diejenigen Informationen zur Verfügung, die in den Jahren der Versuchsdurchführung verfügbar waren. Die Verwendung der jeweils aktuellen Beschreibenden Sortenlisten führt zudem dazu, dass die Eigenschaftsausprägungen von Sor-

²⁷³ Diese Aussage beruht auf einer Analyse der Flächenanteile einzelner Sorten auf der Basis der BEE 2015 (BMEL 2015). Hierbei wurden den dort aufgeführten Sorten durch einen Abgleich mit der Beschreibenden Sortenliste 2015 (BSA 2015) Qualitätsgruppen zugeordnet.

²⁷⁴ Siehe hierzu Abschnitt 4.4.2.

ten, die mehrmals zur Auswahl stehen, zwischen einzelnen Entscheidungssituationen variieren können. Tabelle 40 zeigt ein Beispiel für die Informationen, die den Landwirten in den Entscheidungssituationen zur Verfügung gestellt werden. Die Angaben zu den Erträgen werden den Probanden im Anschluss an die jeweiligen Entscheidungen mitgeteilt.

In allen sieben Entscheidungssituationen liegen mit einer Ausnahme²⁷⁵ bezüglich jeder Eigenschaft zwischen mindestens zwei Alternativen Unterschiede in den Merkmalsausprägungen vor. Hieraus ergibt sich, dass grundsätzlich jede Eigenschaft diskriminierend sein kann. Die Informationen zu den übrigen Entscheidungssituationen sind in Anhang 11 bis Anhang 16 aufgeführt.

5.2.4.3 Ungewissheit

Die Witterung nimmt entscheidenden Einfluss auf die Ertragsleistung von Sorten.²⁷⁶ Zum Zeitpunkt der Sortenwahl wissen die Landwirte jedoch nicht, wie der Witterungsverlauf während der Produktionsperiode sein wird. Dieser Umstand führt dazu, dass die Sortenwahl in der Realität durch Ungewissheit geprägt ist. Zur Abbildung der Struktur des realen Entscheidungsproblems muss daher auch im Experiment Ungewissheit über die Witterung in den einzelnen Entscheidungssituationen des Experiments vorliegen.

Die Beschreibung der Produktionssysteme und die Ertragsdaten der zur Wahl stehenden Sorten stammen aus den Veröffentlichungen der einjährigen hessischen Landessortenversuche der Jahre 2011 bis 2015. Zum Zeitpunkt der Entwicklung des Experiments stellten die Versuche des Jahres 2015 die aktuellsten Daten dar. Die Durchführung des Experiments war zwischen Oktober 2015 und Februar 2016 geplant. Wenn nur die aktuellsten Versuchsdaten verwendet worden wären, hätte die Gefahr bestanden, dass sich die Probanden an den Witterungsverlauf dieser Produktionsperiode erinnern können. Daher werden die Daten mehrerer Versuchsjahre verwendet. Die witterungsbedingte Ungewissheit wird im Experiment erzeugt, indem den Probanden nicht mitgeteilt wird, aus welchem konkreten Versuchsjahr die Daten (Produktionssystem und Merkmalsausprägungen der Alternativen) in den einzelnen Entscheidungssituationen stammen.

²⁷⁵ Bei der Eigenschaft „Anfälligkeit für Spelzbräune“ liegen bei Produktionssystem GR5 nur für zwei Alternativen Angaben zur Ausprägung vor. Diese beiden Alternativen sind jeweils mit „5“ eingestuft.

²⁷⁶ Siehe Abschnitt 2.5.2.

Tabelle 40: Beispiel für die Informationen innerhalb einer Entscheidungssituation des Experiments (Produktionssystem HW1). (Quelle eigene Darstellung; Grundlage für Produktionssystem und Erträge: LLH 2011a; Grundlage der Merkmalsbeschreibung: BSA 2010)

		Produktionssystem						
Standort	Bad Hersfeld (Eichhof)	Ackerzahl	53	Anbaugebiet	Höhenlagen Mitte / West	Boden-Klima- Raum	Osthessische Mittelgebirgsl.	
Vorfrucht	Winterraps	Stärke Krume (cm)	30	Höhe über NN (m)	206	Bodentyp	Aueboden	
Aussaatdatum	07.10.	Humusgehalt	humos	Ø Jahres- temperatur (°C)	8,1	Geologische Herkunft	Alluvium	
Schlaggröße (ha)	1	Kulturzustand Boden	gut-mittel	Niederschlag (mm)	670	Bodenart der Krume	Sandiger Lehm	
		Alternativen						
Eigenschaften								
Sortenname	JB Asano	Julius	Kometus	Linus	Meister	Pamier	Türkis	
Jahr der Zulassung	2008	2008	2011	2010	2010	2008	2004	
Ährenschieben	4	5	5	5	5	5	5	
Reife	4	6	5	6	6	5	5	
Pflanzenlänge	5	5	4	4	5	3	5	
Neigung zu Auswinterung	6	3	6	4	6	4	4	
Neigung zu Lager	5	3	3	3	3	3	4	
Anfälligkeit für	Halmbruch	5	6	6	3	5	5	3
	Mehltau	3	3	2	4	4	2	2
	Blattseptoria	6	3	5	5	4	4	5
	DTR	6	4	4	6	4	5	6
	Gelbrost	4	2	5	3	8	-	4
	Braunrost	5	4	6	5	4	4	8
	Ährenfusarium	5	5	4	5	4	3	5
	Spelzbräune	6	5	5	5	5	4	5
Bestandesdichte	5	6	6	5	5	5	4	
Kornzahl je Ähre	5	5	6	7	6	7	7	
TKM	8	6	5	5	6	4	5	
Kornertrag Stufe 1	7	7	6	7	8	6	5	
Kornertrag Stufe 2	8	7	7	8	7	6	6	
Ertrag	101,0	99,6	96,0	91,0	91,9	83,7	93,6	
Ertrag rel. zu ertrags- schwächster Sorte (%)	111,0	109,5	105,5	100,0	101,0	92,0	102,9	
Ertrag bei gegebener Schlaggröße	101,0	99,6	96,0	91,0	91,9	83,7	93,6	

5.2.5 Anreizsystem

Das Experiment wird anreizkompatibel durchgeführt. Dabei werden die von Guala (2005, S. 232f) in Anlehnung an Smith (1982) formulierten Grundsätze für die Anreizsetzung²⁷⁷ berücksichtigt.

Das Anreizsystem besteht aus zwei Komponenten. Zum einen erhalten die Probanden durch eine kostenlose Verpflegung im Anschluss an das Experiment eine fixe Vergütung. Hierdurch werden die Probanden für ihre Opportunitätskosten, die durch die Anwesenheitszeit entstehen, entschädigt. Die zweite Komponente ist eine variable monetäre Vergütung.

Die Entscheidungen bei der Sortenwahl beeinflussen durch sortenbedingte Ertragsunterschiede den finanziellen Erfolg der Landwirte im praktischen Anbau. Die variable Vergütung im Experiment bildet diesen Zusammenhang ab. Die Höhe der monetären Vergütung ist abhängig von der Höhe der Erträge der gewählten Sorten. Zur Berechnung der Auszahlungshöhe wird die Summe der Erträge der gewählten Sorten in das Verhältnis zur Summe der Erträge der Sorten mit den jeweils niedrigsten Erträgen gesetzt.

Es wird angestrebt, dass die Probanden eine durchschnittliche Vergütung von 15 € pro Stunde erzielen können. Zur Bestimmung der Größe der Faktoren zur Berechnung der variablen Vergütung wurde ein Pretest mit acht Landwirten durchgeführt. Die Pretest-Teilnehmer benötigten im Durchschnitt ca. 20 Minuten zur Durchführung des Experiments. Hieraus ergibt sich eine durchschnittliche Auszahlung von 5 € für die Durchführung des Experiments. Die Pretest-Teilnehmer wurden befragt, ob sie (a) eine sichere Auszahlung in Höhe der variablen Vergütung mit relativ geringen Beträgen²⁷⁸ oder (b) eine unsichere Auszahlung mit einer 10%igen Wahrscheinlichkeit und relativ hohen Beträgen²⁷⁹ als reizvoller erachten. Sieben der acht Befragten bewerteten Variante (b) als attraktiver. Daher wird die variable Vergütung nicht an alle Probanden, sondern lediglich an 10% der Befragten ausbezahlt. Die Auswahl der Probanden, die eine Auszahlung erhalten, erfolgt zufällig und direkt im Anschluss an das Experiment. Dabei wird ein zehnsseitiger Würfel²⁸⁰ eingesetzt und die Probanden können eine Zahl zwischen 0 und 9 nennen. Bei einer Übereinstimmung zwischen der genannten Zahl und der anschließend durch die Probanden gewürfelten Zahl, erfolgt die Auszahlung.

In den Pretests erzielten die Probanden im Durchschnitt Erträge, die ca. 10% über den Erträgen der Sorten mit den niedrigsten Erträgen lagen. Bei einer angestrebten Auszahlungshöhe von durchschnittlich 50 €²⁸¹ an die zufällig ausgewählten Probanden, ergibt sich ein

²⁷⁷ Nicht-Übersättigung, Salienz, Dominanz und Privatsphäre, siehe Abschnitt 5.2.2.

²⁷⁸ In Abhängigkeit des Entscheidungserfolgs zwischen 0,0 € und 7,50 €.

²⁷⁹ In Abhängigkeit des Entscheidungserfolgs zwischen 0,0 € und 75,00 €.

²⁸⁰ Mit Zahlen von 0 bis 9.

²⁸¹ Da die Vergütung je Proband durchschnittlich 5 € betragen soll, die variable Vergütung jedoch nur an 10% der Probanden ausgezahlt wird, muss die tatsächlich an die zufällig ausgewählten Probanden ausbezahlte variable Vergütung durchschnittlich bei 50 € liegen.

Vergütungsfaktor von 5 € je Prozent Mehrertrag. Ein Beispiel für die Berechnung der variablen Vergütung ist in Tabelle 41 aufgeführt.

Tabelle 41: Beispiel für die Berechnung der variablen Vergütung

	Summe der Erträge	
	absolut (dt)	relativ (%)
Sorten mit den jeweils niedrigsten Erträgen	1.000	100
gewählte Sorten	1.100	110
Differenz	100	10

Variable Vergütung = 10%-Mehrertrag * 5 € / %-Mehrertrag = 50 €

In den sieben Entscheidungssituationen beträgt die Summe der Erträge der ertragreichsten Sorten der einzelnen Entscheidungssituationen 1.631,3 dt und die Summe der Erträge der Sorten mit den geringsten Erträgen 1.418,3 dt (siehe Tabelle 42). Der maximale Mehrertrag liegt somit bei 15%. Hieraus ergibt sich ein maximaler variabler Auszahlungsbetrag von 75 €²⁸².

Tabelle 42: Erträge der Alternativen (a bis g) in den Entscheidungssituationen

	Alternativen							niedrigster Ertrag	höchster Ertrag
	a	b	c	d	e	f	g		
	Ertrag in dt								
Produktionssystem									
HR1	101,0	99,6	96,0	91,0	91,9	83,7	93,6	83,7	101,0
HW1	84,1	88,3	90,5	102,6	96,4	100,5	98,9	84,1	102,6
HW5	450,5	497,0	471,0	480,0	452,0	488,0	461	450,5	497,0
KR5	371,0	343,5	407,5	380,5	358,0	375,0	413,5	343,5	413,5
GR5	263,5	258,5	278,5	285,5	275,0	257,5	269,5	257,5	285,5
MW1	98,6	96,1	99,4	95,5	98,1	106,4	96,8	95,5	106,4
MM1	104,1	122,2	125,3	111,0	106,0	119,4	120,2	104,1	125,3
Summe absolut (dt)								1.418,9	1.631,3
Summe relativ (%)								100,0	115,0
Ertragsdifferenz (%)								15,0	

In den einzelnen Entscheidungssituationen stehen jeweils nur Sorten einer Qualitätsgruppe zur Auswahl. Hierdurch ist zunächst gewährleistet, dass Erntegüter der Sorten innerhalb einer Entscheidungssituation vergleichbare Qualitäten aufweisen. Im praktischen Anbau treten jedoch zwischen Sorten einer Qualitätsgruppe Unterschiede²⁸³ auf. In Abhängigkeit des Ausmaßes der Qualitätsunterschiede können Preisunterschiede zwischen den Erntegütern

²⁸² 15% Mehrertrag * 5 € / %-Mehrertrag = 75 €

²⁸³ Z. B. im Proteingehalt oder in der Fallzahl.

einzelner Sorten bestehen. Die Abbildung dieser Preisunterschiede hätte die Berechnung der variablen Vergütung im Experiment verkompliziert, wodurch vor dem Experiment mehr Zeit für die Erläuterung der Berechnungsgrundlage der variablen Vergütung hätte aufgewendet werden müssen. Daher wird für das Experiment die vereinfachende Annahme getroffen, dass die Erntegüter von Sorten einer Qualitätsgruppe einheitliche Qualitäten aufweisen. Durch diese Vereinfachung kann die Zeit zur Erläuterung des Experiments reduziert werden und die Gefahr von nachlassender Aufmerksamkeit und Missverständnissen seitens der Probanden reduziert werden.

5.2.6 Dokumentation des Entscheidungsverhaltens

Verbreitete Methoden zur Dokumentation des Informationsverhaltens in Entscheidungsexperimenten sind Protokolle des lauten Denkens, Blickaufzeichnung und die Informations-Display-Matrix (IDM) (Kroeber-Riel & Gröppel-Klein 2013, S. 375).²⁸⁴

5.2.6.1 Verbreitete Methoden

Bei Protokollen des lauten Denkens werden die Probanden aufgefordert, ihre Überlegungen und die verwendeten Informationen verbal zu äußern. Die verbalen Protokolle können entweder während oder nach einer experimentellen Erhebung erstellt werden. Die Aussagen der Probanden werden anschließend inhaltsanalytisch ausgewertet (Ranyard & Crozier 1983, Fidler 1983, sowie grundlegender Ericsson & Simon 1999).

Ein Vorteil verbaler Protokolle im Vergleich zu den übrigen Prozessverfolgungstechniken ist, dass die Nutzung von individuellem Wissen und eigenen Überlegungen von den Probanden explizit beschrieben und somit erfasst werden können. Ein Nachteil ist jedoch, dass - neben dem zu untersuchenden Entscheidungsprozess - kognitive Ressourcen für die Verbalisierung²⁸⁵ oder die Speicherung²⁸⁶ der Entscheidungsprozesse aufgewendet werden müssen. Grundsätzlich wurden in den vergangenen Jahren an dieser Methode drei zentrale Kritikpunkte benannt:

1. Die Erhebungsmethode hat einen reaktiven Charakter. Das Bewusstsein über die Beobachtungssituation und die Aufforderung zur Verbalisierung beeinflussen das Verhalten der Probanden (Bettman & Zins 1977).²⁸⁷ Dies bezieht sich sowohl auf die Nutzung von Informationen (Payne et al. 1993, S. 145) als auch auf die Qualität der Entscheidungen (Russo et al. 1989).

²⁸⁴ Eine umfassende Darstellung der genannten und weiteren Methoden findet sich bei Schmücker (2006).

²⁸⁵ Bei parallel erstellten Protokollen des lauten Denkens.

²⁸⁶ Bei nachträglich erstellten Protokollen des lauten Denkens.

²⁸⁷ Sowohl die parallele Verbalisierung während einer Entscheidungssituation als auch das Wissen um eine nachträgliche Befragung beeinflussen das Verhalten (Russo et al. 1989).

2. Kognitive Prozesse laufen teilweise unbewusst ab. Unbewusste Prozesse können nicht verbalisiert werden. Hierdurch kann nur ein Teil des Entscheidungskalküls dokumentiert werden (Nisbett & Wilson 1977, S. 231; Buber 2009, S. 562f.)
3. Insbesondere bei Entscheidungen mit vielen verfügbaren Informationen ist zweifelhaft, ob die Reihenfolge und die konkret berücksichtigten Einzelinformationen bei nachträglichen Befragungen exakt erinnert und wiedergegeben werden können. Bei der parallelen Protokollierung besteht die Gefahr, dass die Entscheidungsprozesse nur unvollständig wiedergegeben werden, da die Verbalisierung häufig deutlich mehr Zeit als die zugrundeliegenden Denkprozesse in Anspruch nimmt (Kuß 1987, S. 112).

Aus diesen Gründen wird die Methode als sehr fehleranfällig eingestuft (Fox et al. 2011; Kroeber-Riel & Gröppel-Klein 2013, S. 376).

In dieser empirischen Untersuchung stehen die mentalen Modelle und die Relevanz einzelner Sorteneigenschaften in konkreten Produktionssystemen im Vordergrund. Mentale Modelle werden teilweise unbewusst gebildet.²⁸⁸ Daher gewinnt der unter 2. in diesem Abschnitt aufgeführte Kritikpunkt an Protokollen des lauten Denkens ein besonderes Gewicht. Bei der merkmalsbasierten Sortenwahl handelt es sich um ein Entscheidungsproblem, bei dem eine große Anzahl an Alternativen mit vielen Attributen verglichen werden können bzw. müssen. Vor diesem Hintergrund sind Protokolle des lauten Denkens aufgrund des 3. aufgeführten Nachteils nicht zur Untersuchung der Fragestellungen geeignet.

Blickaufzeichnungsverfahren und IDM beruhen auf der Dokumentation der externen Informationsaufnahme. Bei Blickaufzeichnungsverfahren wird die visuelle Fixierung von abstrakten Informationen²⁸⁹ bzw. physischen Gegenständen dokumentiert (McScorley & Findlay 2001, Barrick & Spilker 2003). IDM sind Tabellen, in denen Alternativen, Merkmale und Merkmalsausprägungen aufgeführt sind. Die Merkmalsausprägungen sind zunächst nicht sichtbar. Die verdeckten Informationen können durch die Probanden aktiv zugänglich gemacht werden.

Sowohl Blickaufzeichnungsverfahren als auch IDM erfordern keine parallel ablaufenden, aktiven kognitiven Prozesse zur Äußerung der Überlegungen der Probanden. Diese indirekten Verfahren beruhen auf der Annahme, dass fokussierte bzw. geöffnete Informationen aufgenommen und im Entscheidungsprozess kognitiv verarbeitet werden. Die Probanden sind im Vergleich zu Protokollen des lauten Denkens nur mit der eigentlichen Entscheidungsaufgabe - und nicht mit einem zweiten, parallel ablaufenden kognitiven Prozess zur Verbalisierung der Gedanken - konfrontiert. Aus der externen Informationssuche wird indirekt darauf geschlossen, welche Abwägungsprozesse vorgenommen wurden.

Ein Vorteil dieser Methoden ist die Möglichkeit der vollständigen und unverzerrten Dokumentation der externen Informationssuche. Dies bezieht sich sowohl auf Einzelinformationen als auch auf die Reihenfolge. Es besteht jedoch das Problem, dass nur beobachtet werden

²⁸⁸ Siehe Abschnitt 3.11.1.

²⁸⁹ Z. B. numerische und schriftliche Informationen in Tabellen oder Texten.

kann, welche externen Informationen grundsätzlich hätten aufgenommen werden können. Die tatsächliche Aufnahme in das Kurzzeitgedächtnis kann jedoch nicht überprüft werden. Zudem kann nicht direkt erfasst werden, inwiefern interne Informationen berücksichtigt wurden (Schmücker 2006, S. 98ff). Trotz dieses Nachteils erscheinen Prozessverfolgungstechniken grundsätzlich zur Untersuchung der Fragestellungen dieser Arbeit geeignet. Da die technische Ausstattung zur Blickaufzeichnung nicht zur Verfügung stand, wurde diese Methode nicht näher auf ihre Eignung hin überprüft und die Methode der IDM gewählt. Nachfolgend wird die Methode der IDM näher beschrieben. Hierbei wird auf die Funktionsweise sowie auf den Umgang mit Nachteilen dieser Methode eingegangen.

5.2.6.2 Information-Display-Matrix

Die Information-Display-Matrix (IDM) ist eine etablierte Methode der prozessorientierten Entscheidungsforschung. Sie ermöglicht durch die Dokumentation von Entscheidungen und Informationssuchprozessen die indirekte Beobachtung des Entscheidungsverhaltens (z. B. Jasper & Shapiro 2002, Zander & Hamm 2012).

Das grundlegende Prinzip einer IDM ist die tabellarische Darstellung von Alternativen (A_i), Attributen (E_j) und Merkmalsausprägungen (a_{ij} , siehe Tabelle 43). Die Informationen über die Merkmalsausprägungen sind zunächst verdeckt und können durch die Probanden sichtbar gemacht werden. Das Vorgehen der Probanden bei der Informationssuche wird dokumentiert.

Tabelle 43: Grundform einer Information-Display-Matrix (eigene Darstellung nach Weinberg & Schulte-Frankenfeld 1983, S. 65)

	A_1	...	A_i	...	A_n
E_1	a_{11}	...	a_{i1}	...	a_{n1}
\vdots	\vdots				\vdots
E_j	a_{1j}		a_{ij}		a_{nj}
\vdots	\vdots				\vdots
E_m	a_{1m}	...	a_{im}	...	a_{nm}

A_i = Alternativen

E_j = Attribute

a_{ij} = Merkmalsausprägungen

Der Ablauf der Informationssuche liefert Hinweise darauf, welche Merkmale von den Entscheidungsträgern als relevant erachtet werden. Unter der Berücksichtigung begrenzter kognitiver und zeitlicher Ressourcen wird angenommen, dass Personen zunächst Informationen über diejenigen Merkmale suchen, die als besonders relevant für die Ausprägung der Zielvariable(n) erachtet werden. Die Beobachtung des Informationsverhaltens (Suchmuster) ermöglicht die Identifikation (I) der subjektiv als relevant erachteten Merkmale und (II) der bevorzugten Merkmalsausprägungen. Durch eine zusätzliche Berücksichtigung des Entscheidungsergebnisses können (III) Rückschlüsse auf die angewendeten Entscheidungsregeln

gezogen werden (Zander & Hamm 2012 sowie grundlegend Bettman & Zins 1977; Harte & Koele 1997; Andersson 2001; Jasper & Shapiro 2002; Mühlbacher & Kirchler 2003). Hierdurch wird ein Einblick in die mentalen Modelle der Entscheidungsträger in unterschiedlichen Entscheidungssituationen ermöglicht.

Die Tabellen können auf physischen Tafeln oder auf Computerbildschirmen präsentiert werden. In der physischen Variante werden die Informationen durch Karten verdeckt. Die Probanden müssen die Abdeckungen entfernen, um die dahinter verborgene Information zu erhalten. Bei der physischen Informationsdarstellung sind vor allem der hohe Dokumentationsaufwand und die Fehleranfälligkeit der Dokumentation kritisch zu betrachten. Bei der computergestützten Variante werden verdeckte Informationen durch das Fokussieren bzw. „Klicken“ mit der Computermaus sichtbar. Das Verhalten wird durch die entsprechenden Computerprogramme digital dokumentiert. Aufgrund der Nachteile physischer IDM und der einfachen Handhabung computerbasierter IDM, ist die computerbasierte IDM die am häufigsten genutzte Methode zur Beobachtung des Informationssuchverhaltens. Hierbei kommen unterschiedliche Programme wie MouseLab (Johnson et al. 1989), Computershop oder MouseTrace (Jasper & Shapiro 2002; Zander & Hamm 2012) zum Einsatz.

In dieser Arbeit wird eine computerbasierte IDM verwendet. Hierbei wird das Programm MouselabWEB 1.00beta von Willemsen und Johnson aus dem Jahr 2008 eingesetzt.²⁹⁰ Mit Hilfe des online verfügbaren MouselabWEB-Designers²⁹¹ werden sieben IDM erstellt. Jede IDM ist in zwei Tabellen unterteilt. In der oberen Tabelle sind die Angaben über das Produktionssystem - Bodeneigenschaften, klimatische Bedingungen, Saattermin, Vorfrucht und Schlaggröße - abgetragen. In der unteren Tabelle sind die Alternativen, die Attribute und die Merkmalsausprägungen enthalten. Die Ausprägungen der Elemente des Produktionssystems und der Sorteneigenschaften sind in den Zellen der beiden IDM zunächst verdeckt und können durch Mausklicks geöffnet werden (Abbildung 8).

²⁹⁰ Eine Beschreibung des Programms findet sich bei (Willemsen & Johnson 2010).

²⁹¹ <http://www.mouselabweb.org/designer>.

Abbildung 8: Beispiel für die Darstellung einer Entscheidungssituation (eigene Darstellung)

Standortdaten							
Sie können die verdeckten Informationsfelder durch anklicken öffnen							
Standort		Ackerzahl		Anbaubereich		Bodenklimaraum	
Vorfrucht		Stärke Krume (cm)		Höhe über NN (m)		Bodentyp	
Aussaatum		Humusgehalt		Ø Jahres-temperatur (°C)		Geologische Herkunft	
Schlaggröße (ha)		Kulturzustand Boden		Niederschlag (mm)		Bodenart der Krume	

Sortenauswahl							
(1 = früh/kurz/gering, 9 = spät/lang/hoch)							
Alternativen	A	B	C	D	E	F	G
Sortenname							
Jahr der Zulassung							
Ährenschieben							
Reife							
Pflanzenlänge							
Neigung zu Auswinterung							
Neigung zu Lager							
Anfälligkeit für Halmbruch							
Anfälligkeit für Mehltau							
Anfälligkeit für Blattseptoria							
Anfälligkeit für DTR							
Anfälligkeit für Gelbrost							
Anfälligkeit für Braunrost							
Anfälligkeit für Ährenfusarium							
Anfälligkeit für Spelzbräune							
Bestandesdichte							
Kornzahl je Ähre							
TKM (Tausendkornmasse)							
Kornertrag Stufe 1*							
Kornertrag Stufe 2**							

A wählen
 B wählen
 C wählen
 D wählen
 E wählen
 F wählen
 G wählen

*ohne und **mit Wachstumsregler- und Fungizideinsatz

[Absenden und weiter](#)

Reihenfolge der Informationen

Die Reihenfolge, in der Alternativen und Attribute präsentiert werden, hat Einfluss auf die Berücksichtigung von Informationen (Tversky 1977; Powell Mantel & Kardes 1999). Schmücker folgert hierauf aufbauend, dass zur Vermeidung von Reihenfolgeeffekten eine Randomisierung von Alternativen und Attributen notwendig ist (Schmücker 2006, S. 114). Bei der Gestaltung der IDM für diese Arbeit wird jedoch bewusst von einer Randomisierung abgesehen. Die Begründung hierfür ist, dass Reihenfolgeeffekte, die die Informationsnutzung im Experiment beeinflussen, auch in der Realität auftreten. In der Beschreibenden Sortenliste werden die Informationen nicht randomisiert, sondern geordnet dargestellt. Als erstes werden der Sortenname und das Zulassungsjahr sowie anschließend Anbau-, Resistenz- und Ertragseigenschaften aufgeführt. Die Eigenschaften werden in der IDM in der Reihenfolge der Beschreibenden Sortenliste aufgeführt. Die Alternativen sind in der Beschreibenden Sortenliste in absteigender Reihenfolge in Abhängigkeit des Zulassungsjahres alphabetisch aufgelistet. In der IDM sind die Sorten alphabetisch geordnet. In der Beschreibenden Sortenliste sind die Attribute in den Spalten und die Alternativen in den Zeilen abgetragen. In der IDM

werden die Informationen transponiert dargestellt. Ursächlich hierfür sind nicht inhaltliche, sondern praktische Gründe. Die Beschreibung der Attribute benötigt mehr Schriftzeichen als die der Alternativen. Eine Darstellung der 18 Attribute in den Spalten wäre auf den verfügbaren Computerbildschirmen nicht in angemessener Schriftgröße möglich gewesen.

Zugänglichkeit der Informationen

Die Zugänglichkeit der Informationen kann in computerbasierten IDM auf zwei Arten gestaltet sein:

1. Es können beliebig viele Informationen zeitgleich geöffnet werden. Einmal aufgedeckte Merkmalsausprägungen bleiben sichtbar.
2. Es kann nur eine Information zeitgleich geöffnet werden. Aufgedeckte Merkmalsausprägungen werden bei der Aufdeckung einer anderen Information wieder verschlossen.

Ein Nachteil der ersten Variante ist, dass nicht nachvollzogen werden kann, ob Informationen mehrfach betrachtet werden. Hierdurch ergibt sich ein Kontrollverlust, weshalb in der Forschungspraxis überwiegend die zweite Variante verwendet wird (Schmücker 2006, S. 113). Jedoch führt auch die zweite Variante zu einem Nachteil. Zur Öffnung von Informationen ist jeweils eine motorische Aktion - ein „Mausklick“ - notwendig. Wenn die zweite Variante gewählt wird, dann müssen zur Beurteilung von zwei Informationen, z. B. der Merkmalsausprägung von zwei Alternativen, folgende Schritte vollzogen werden:

1. Lokalisierung der Zelle mit der Information über die Merkmalsausprägung von Alternative 1.
2. Mausclick auf die entsprechende Zelle.
3. Lesen und speichern der Information über die Merkmalsausprägung im Kurzzeitgedächtnis.
4. Lokalisierung der Zelle mit der Information über die Merkmalsausprägung von Alternative 2.
5. Mausclick auf die entsprechende Zelle.
6. Erinnern der Merkmalsausprägung von Alternative 1.
7. Lesen der Information von Alternative 2.
8. Vergleich der Merkmalsausprägungen.

Der kognitive Verarbeitungsprozess wird durch eine motorische Aktion mit der Hand (5. Teilschritt) unterbrochen. Im Gegensatz hierzu können in der ersten Variante beide Informationen zunächst geöffnet und anschließend verglichen werden. Eine motorische Aktion während des kognitiven Verarbeitungsprozesses entfällt. Hierdurch muss dieser nicht unterbrochen und die Information zu Alternative 1 kann kürzer gespeichert werden. Im Beispiel des attributbasierten, paarweisen Vergleichs mag der Effekt der Einsparung eines Mausclicks während der kognitiven Verarbeitung nur wenig relevant erscheinen. Jedoch stehen im Ex-

periment jeweils sieben Alternativen zur Auswahl. Wenn alle Alternativen bezüglich eines Merkmals beurteilt werden sollen, verstärkt sich der Einfluss durch die motorische Aktion mit der Hand in Variante 2 entsprechend.

In der Realität müssen die Landwirte unter Verwendung der Beschreibenden Sortenliste keine motorischen Aktionen mit der Hand durchführen, da dort alle Informationen unverdeckt vorliegen. Sie können die Informationen direkt aus der Tabelle entnehmen. Während der Entwicklung des Experiments wurden beide Varianten einem Pretest unterzogen. Hierbei bevorzugten die acht Teilnehmer aufgrund der leichteren Handhabung die erste Variante. Aufgrund der größeren Realitätsnähe und der Rückmeldungen im Pretest wurde die erste Variante - einmal aufgedeckte Informationen bleiben offen - gewählt.

5.2.7 Aufbau der Erhebung

Die Erhebung besteht aus zwei Teilen, dem ökonomischen Experiment und einer begleitenden Befragung. Die Befragung ist in zwei Fragebögen unterteilt. Das Experiment wird zwischen beiden Fragebögen durchgeführt. Die Aufteilung der Befragung erfolgt zur Vorbeugung von Ermüdungseffekten.

5.2.7.1 Begleitende Fragebögen

Die begleitenden Fragebögen werden mit der Online-Befragungssoftware Limesurvey 2.06 erstellt. Sie enthalten zum einen die Fragen und Items zur Messung der erklärenden Variablen des überwiegenden Anbaus älterer Sorten.²⁹² Zum anderen werden soziodemografische sowie betriebs- und produktionsspezifische Daten abgefragt. Diese werden zur Beschreibung der Stichprobe und zur Überprüfung der Vermutungen über den Zusammenhang zwischen mentalen Modellen und dem Entscheidungserfolg bei der Sortenwahl verwendet.²⁹³

Konkret werden folgende Daten abgefragt:

Soziodemografische Variablen

- Geschlecht
- Alter
- Landwirtschaftliche Ausbildungsabschlüsse
- Erwerbsform
- Wirtschaftsweise (konventionell oder ökologisch)
- Ackerfläche
- Weizenfläche und Flächen mit Saatgutnachbau
- Lage des Betriebs

Weizenproduktion

- Ertragsermittlung

²⁹² Siehe Abschnitt 5.1.1.

²⁹³ Siehe Abschnitt 5.1.2.

- Dokumentation der Weizenproduktion
- Berechnung wirtschaftlicher Kennzahlen
- Einsatz von Wachstumsreglern und Fungiziden
- Bodenbearbeitung (bei den Vorfrüchten Raps, Mais und Weizen)
- Durchschnittliche Jahrestemperatur und jährliche Niederschlagsmenge
- Ackerzahl von Schlägen, auf denen Weizen angebaut wird
- Durchschnittliche Erträge
- Einschätzungen zum Ertragszuwachs durch Zuchtfortschritte
- Einschätzungen zum Einfluss der Sortenwahl auf den Ertrag im Vergleich zu anderen Elementen des Produktionssystems

Die konkreten Frageformulierungen finden sich in den in Anhang 17 und Anhang 18 angefügten Fragebögen.

Neben Landwirten dienen Studierende der Agrarwissenschaften als Probanden. Die Studierenden werden vor Beginn der eigentlichen Erhebung zu praktischen Erfahrungen in der Landwirtschaft befragt. Sofern die Studierenden im Weizenanbau tätig sind, werden diese der Gruppe der Landwirte zugeordnet und erhalten die zuvor beschriebenen Fragebögen zur Erhebung der Daten von Landwirten. Die übrigen Studierenden dienen als Referenzgruppe.²⁹⁴ Für die begleitende Befragung der Studierenden wurden separate Fragebögen erstellt. Hierin wird unter anderem abgefragt, ob ein Bachelor- oder Masterstudiengang absolviert wird. Zudem wird abgefragt, welche Module mit pflanzenbaulichem Bezug belegt werden.²⁹⁵

5.2.7.2 Experiment

Das ökonomische Experiment wird zwischen den beiden begleitenden Fragebögen durchgeführt. Nach der Beendigung des ersten Fragebogens werden die Entscheidungsaufgabe und die Berechnung der variablen Vergütung erklärt. Hierzu erhalten die Probanden eine schriftliche Erläuterung auf den Computerbildschirmen. Diese wird durch den Erhebungsleiter laut verlesen.²⁹⁶ Anschließend werden Unklarheiten und Rückfragen geklärt. Zudem erhalten die Probanden eine ausgedruckte Kurzanleitung, in der die relevantesten Informationen zusammengefasst sind.²⁹⁷

Das Experiment enthält sieben Entscheidungssituationen. In jeder Entscheidungssituation sind Informationen über das Produktionssystem und die Alternativen enthalten (siehe Abbildung 8). Die Abfolge der Entscheidungssituationen ist randomisiert.

Im Anschluss an jede Entscheidungssituation wird das Ergebnis präsentiert. Neben dem Ertrag in den jeweiligen Entscheidungssituationen wird eine Übersicht über das Zwischener-

²⁹⁴ Siehe Abschnitt 5.1.3.4.

²⁹⁵ Die Fragebögen sind in Anhang 19 und Anhang 20 angefügt.

²⁹⁶ Die Erläuterung des Experiments findet sich in Anhang 21.

²⁹⁷ Die Kurzanleitung des Experiments findet sich in Anhang 22.

gebnis dargestellt (siehe Abbildung 9). Die direkte Rückkopplung der Ergebnisse stellt eine Unterbrechung der Entscheidungssituationen dar. Hierdurch wird Ermüdungseffekten vorgebeugt und die Motivation während des Experiments gesteigert. Nach der vollständigen Durchführung des Experiments erhalten die Probanden eine Darstellung des individuellen Gesamtergebnisses und der Höhe der möglichen monetären Vergütung. Nach Beendigung des Experiments folgt der zweite begleitende Fragebogen. Die Empfänger der variablen Vergütung werden direkt im Anschluss an die Beantwortung des zweiten Fragebogens ermittelt.

Abbildung 9: Darstellung der Entscheidungsergebnisse im ökonomischen Experiment. Die obere Tabelle stellt das Resultat der aktuellen Entscheidungssituation dar. In der unteren Tabelle wird das Gesamtergebnis präsentiert.

Ergebnisse							
Erträge der Alternativen (Sorten) in der aktuellen Runde (7)							
Alternative	A	B	C	D	E	F	G
Ertrag (dt/ha)	52,7	51,7	55,7	57,1 höchster Ertrag	55	51,5 niedrigster Ertrag	53,9
Ertrag bei 5 ha (dt)	263,5	258,5	278,5	285,5	275	257,5	269,5
Ihre Wahl							X
Übersicht der Erträge aller Spielrunden							
Spielrunde	Ertrag der von Ihnen gewählten Sorten(dt)		Ertrag der ertragsärmsten Sorten(dt)				
1	380.5		343.5				
2	119.4		104.1				
3	96.1		95.5				
4	98.9		84.1				
5	101		83.7				
6	480		450.5				
7	269.5		257.5				
Summe	1545.4		1418.9				
<small>Sollten hier keine Werte angegeben werden, unterstützt Ihr Browser keine dynamischen Web-Seiten. Sie bekommen Ihr Ergebnis per E-Mail zugeschickt.</small>							
Sie haben alle sieben Runden gespielt und sind somit am Ende des Auswahlspiels angelangt.							
<small>Die Sorten mit den niedrigsten Erträgen haben insgesamt 1418,9 dt Ertrag gebracht. Der Ertrag, der von Ihnen gewählten Sorten liegt insgesamt bei 1545.4 dt. Die Erträge der von Ihnen gewählten Sorten liegen somit 8.92% über dem Ertrag der Sorten mit den niedrigsten Erträgen. Wenn Sie als Gewinner des Preisgeldes ausgelost werden, erhalten Sie 8.92 mal 5€, also 44.60€.</small>							

5.2.8 Erhebungssituation und Erhebungszeitraum

Die Zielgruppe des Experiments sind weizenproduzierende Landwirte und Studierende der Agrarwissenschaften. Die Studierenden dienen als Referenzgruppe. Die Erhebung wird im PC-Labor und unter Laborbedingungen mit Laptops in Vor-Ort-Erhebungen bei Landwirten und auf landwirtschaftlichen Veranstaltungen (z. B. Messen und Fortbildungsveranstaltungen) durchgeführt.

Erhebungssituation

Während der Durchführung des Experiments befinden sich die Probanden in „Experimentboxen“. Diese schirmen die Probanden von ablenkenden bzw. störenden Faktoren ab. Die Experimente werden ausschließlich unter Anwesenheit eines Erhebungsleiters durchgeführt, wodurch Fragen direkt geklärt werden können und die ordnungsgemäße Durchführung der Experimente gewährleistet ist. Die Abschirmung von störenden Faktoren und die Anwesenheit eines Experimentleiters garantieren eine kontrollierte Erhebungssituation.

Die Durchführung der Experimente erfolgt mit den Studierenden der Agrarwissenschaften ausschließlich und mit den Landwirten teilweise im PC-Labor. Hierbei wird das PC-Labor des Instituts für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen genutzt. Dort stehen insgesamt 35 Rechner zur Verfügung, wodurch eine relativ große Anzahl an Experimenten zeitgleich durchgeführt werden kann. Ein Nachteil des PC-Labors ist die Ortsgebundenheit, die eine Barriere zur Teilnahme darstellt. Der Aufwand zur Teilnahme steigt für Probanden mit zunehmender Entfernung zum PC-Labor. Hierdurch ist insbesondere die Gewinnung von Landwirten zur Teilnahme erschwert. Daher wird neben der Erhebung im PC-Labor eine Vor-Ort-Befragung bei Landwirten durchgeführt.

Die Vor-Ort-Erhebung bei Landwirten ermöglicht die räumliche Erweiterung der Stichprobe. Allerdings kann auf diesem Wege nur eine relativ kleine Anzahl an Experimenten durchgeführt werden. Die Gründe hierfür sind, dass in der Regel jeweils nur ein Proband zeitgleich das Experiment durchführt und hierbei ein Erhebungsleiter anwesend sein muss, was einen hohen zeitlichen Aufwand je Experiment bedingt. Außerdem entsteht ein entsprechender Zeitaufwand für die Anreise zu den Landwirten. Eine Reduktion der Reisedauer kann wiederum nur durch eine Einschränkung des Befragungsradius erreicht werden. Deshalb werden zusätzlich Erhebungen auf landwirtschaftlichen Veranstaltungen durchgeführt.

Landwirtschaftliche Veranstaltungen bieten den Vorteil, dass mehrere potenzielle Teilnehmer an einem Ort zusammentreffen, wodurch die Möglichkeit zur parallelen Durchführung des Experiments mit mehreren Probanden besteht. Hierdurch ist der zeitliche Aufwand für den Erhebungsleiter je Experiment relativ gering. Allerdings besteht das Problem, dass die Landwirte in der Regel erst vor Ort angesprochen werden können und zur Durchführung des Experiments spontan Zeit aufwenden müssen. Da die Landwirte die Veranstaltungen jedoch aus Interesse an den Inhalten (der Veranstaltungen) besuchen, gestaltet sich die Gewinnung von Probanden entsprechend schwierig. Dies schränkt die Möglichkeit zur Befragung einer größeren Stichprobe ein. Die Erhebung der Daten auf landwirtschaftlichen Veranstaltungen erfolgt am Messestand der Justus-Liebig-Universität Gießen auf der Landtechnikmesse „AGRITECHNICA“ in Hannover und einer Arbeitstagung des Arbeitskreises Ackerbau des Kreisbauernverbands Schwalm-Eder in Niedenstein-Metze. Hierbei werden jeweils vier Lap-tops eingesetzt.

Erhebungszeitraum

Die Experimente werden unter Anwesenheit eines Erhebungsleiters durchgeführt. Dies führt unabhängig von den Erhebungsorten zu dem Problem der Termingebundenheit, was eine weitere Teilnahmebarriere darstellt. Zur Abschwächung dieses Problems wird ein Erhebungszeitraum gewählt, in dem die Landwirte keine Arbeitsspitzen und termingebundenen Aufgaben haben. In den Herbst- und Wintermonaten ruht die Feldarbeit weitgehend. Daher wird die Erhebung im Oktober 2015 (Studierende) bzw. im Zeitraum zwischen November 2015 und Februar 2016 (Landwirte) durchgeführt. Ein weiterer Vorteil dieses Zeitraums ist, dass die Entscheidungen zur Sortenwahl bei Winterweizen erst einige Wochen bzw. wenige Monate zurückliegen.

5.3 Datenerhebung

Es konnten 145 Landwirte sowie 45 Studierende der Agrarwissenschaften als Probanden gewonnen werden. Aufgrund der Ortsgebundenheit durch die Erhebung im PC-Labor wurden ausschließlich Studierende der Agrarwissenschaften der Justus-Liebig-Universität Gießen als Probanden für die Referenzgruppe angesprochen. Die Ansprache der Studierenden erfolgte im Oktober 2015 in Vorlesungen mit pflanzenbaulichem Schwerpunkt und per E-Mail. Die E-Mails werden über einen zentralen E-Mail-Verteiler an alle Studierenden der Agrarwissenschaften der Justus-Liebig-Universität versendet.

Die Ansprache der Landwirte erfolgte in Abhängigkeit des Erhebungsortes auf unterschiedlichen Kanälen. Zur Gewinnung von Probanden für die Erhebung im PC-Labor wurden zwei Workshops mit dem Titel „Sortenwahl und Fungizidstrategien bei Winterweizen“ organisiert. Neben der Durchführung des Experiments beinhaltete der Workshop Fachvorträge zu den im Titel genannten Aspekten. Ein weiterer Bestandteil des Workshops war die direkte Einbindung der Experimentergebnisse. Die Ankündigung des Workshops erfolgte durch Flyer und E-Mails.²⁹⁸ Insgesamt wurden 500 Flyer bei Landhändlern und Kreisbauernverbänden ausgelegt und durch Pflanzenbauberater des Landesbetriebs Landwirtschaft Hessen verteilt. Die Ankündigung per E-Mail erfolgte über einen Verteiler des Hessischen Bauernverbands mit ca. 1.100 Empfängern und die Beratungsfaxe des Landesbetriebs Landwirtschaft Hessen (LLH) mit ca. 300 Empfängern.

Die Erhebung auf der Messe „AGRITECHNICA“ wurde im November 2015 durchgeführt. Die Ansprache potenzieller Probanden erfolgte durch ein Plakat²⁹⁹ am Messestand und die direkte Ansprache der Probanden durch den Erhebungsleiter. Die Erhebung auf der Arbeitstagung des Arbeitskreises Ackerbau des Kreisbauernverbands Schwalm-Eder in Niedenstein-Metze wurde vorab im Einladungsschreiben an die Arbeitskreismitglieder angekündigt. Im Rahmen der Veranstaltung wurde das Experiment in einem Kurzvortrag erklärt.

²⁹⁸ Der Flyer bzw. der E-Mail-Anhang ist in Anhang 23 angefügt.

²⁹⁹ Das Plakat ist in Anhang 24 angefügt.

Die Vor-Ort-Erhebungen bei Landwirten wurden im gesamten Erhebungszeitraum zwischen November 2015 und Februar 2016 durchgeführt. Hierzu wurden zunächst persönlich bekannte Landwirte angesprochen und anschließend per Schneeballverfahren weitere potenzielle Probanden kontaktiert. Zudem wurden Landwirte, die an den Workshops teilnehmen wollten, aber aufgrund der ausgeschöpften Teilnehmer-Kapazität oder wegen terminlichen Überschneidungen nicht teilnehmen konnten, in die Vor-Ort-Erhebung einbezogen. Eine Darstellung der einzelnen Erhebungen findet sich in Tabelle 44.

Tabelle 44: Durchführung der Erhebung

Anlass	Ort	Zeitraum	Anzahl Probanden
Befragung von Studierenden	PC-Labor des Instituts für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft der Justus-Liebig Universität Gießen (Hessen)	Oktober 2015	43 Studierende ohne praktische Erfahrung in der Weizenproduktion (= Studierende) 23 Studierende mit praktischer Erfahrung in der Weizenproduktion (= Landwirte)
AGRITECHNICA in Hannover	Messestand der Justus-Liebig-Universität Gießen	09. bis 12. November 2015	36 Landwirte
Arbeitstagung des Arbeitskreises Ackerbau des Kreisbauernverbands Schwalm-Eder	Niedenstein-Metze (Hessen)	02. Februar 2016	9 Landwirte
Vor Ort bei Landwirten	vornehmlich in Hessen	November 2015 bis Januar 2016	15 Landwirte
Workshops „Sortenwahl und Fungizidstrategie bei Winterweizen“	PC-Labor des Instituts für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft der Justus-Liebig Universität Gießen (Hessen)	15. und 16. Januar 2016	62 Landwirte

5.4 Datenauswertung

Zur Datenauswertung werden das Statistikprogramm IBM® SPSS 20 und das Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Office Excel 2010 verwendet. In den Fragebögen werden Einschätzungen der Probanden mehrheitlich auf achtstufigen Beurteilungsskalen mit Nummerierungen abgefragt. Die Nummerierung sollte den Probanden suggerieren, dass ein gleicher Abstand zwischen den Antwortkategorien vorliegt. Hierdurch wird der Einsatz von Auswertungsmethoden gerechtfertigt, die mindestens intervallskalierte Daten benötigen. Bei der Datenauswertung werden dennoch nach Möglichkeit Verfahren verwendet, die für ordinale Daten geeignet sind.

5.5 Beschreibung der Stichprobe

An der Erhebung nahmen insgesamt 188 Probanden teil. Unter den Probanden sind 145 Leiter und leitende Angestellte landwirtschaftlicher Betriebe mit Weizenproduktion³⁰⁰ und 43 Studierende der Agrarwissenschaften ohne praktische Erfahrungen in der Weizenproduktion³⁰¹.

5.5.1 Stichprobe Studierende

Die Erhebung wurde mit Studierenden der Agrarwissenschaften der Justus-Liebig-Universität Gießen durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt absolvierten von den 66 Probanden 51 ein Bachelor- und 15 ein Master-Studium. Die Studierenden im Bachelor-Studium haben zum Zeitpunkt der Befragung im Durchschnitt 5,0 Module mit pflanzenbaulichem Schwerpunkt im aktuellen Studiengang belegt bzw. abgeschlossen und die Probanden aus dem Master-Studium 2,1³⁰². Die Anzahl schwankt zwischen keinem und neun belegten Modulen. Unter den Studierenden sind 23 Probanden, die einen Betrieb mit Weizenproduktion führen oder als leitende Angestellte in der Weizenproduktion tätig sind. Diese werden der Gruppe der Landwirte zugeordnet (siehe Tabelle 45). Die 43 Studierenden ohne praktische Erfahrung in der Weizenproduktion dienen als Referenzgruppe für das Verhalten der Landwirte in ausgewählten Fragestellungen.

Tabelle 45: Stichprobe der Studierenden der Agrarwissenschaften

Studiengang	Bachelor	Master	Gesamt
Anzahl	51	15	66
Anzahl belegter bzw. abgeschlossener pflanzenbaulicher Module im jeweiligen Studiengang	arithmetisches Mittel	5,0	2,1
	Median	5	1
	Maximum	9	7
	Minimum	0	0
ohne praktische Erfahrung im Weizenanbau	34	9	43
mit praktischer Erfahrung im Weizenanbau	17	6	23

5.5.2 Stichprobe Landwirte

Die Stichprobe der Landwirte setzt sich aus den 23 oben erwähnten Studierenden mit einer leitenden Tätigkeit in der Weizenproduktion und weiteren 122 Leitern und leitenden Angestellten landwirtschaftlicher Betriebe mit Weizenproduktion zusammen.

5.5.2.1 Soziodemografische Beschreibung der Stichprobe

Unter den Teilnehmern sind 95,2% männliche und 4,8% weibliche Personen. Das Alter der Probanden liegt zwischen 17 und 68 Jahren und beträgt im arithmetischen Mittel 37 Jahre.

³⁰⁰ Nachfolgend als „Landwirte“ bezeichnet.

³⁰¹ Nachfolgend als „Studierende“ bezeichnet.

³⁰² Die Anzahl der belegten pflanzenbaulichen Module im vorangegangenen Bachelor-Studium wurde nicht abgefragt.

Mit 74,1% liegt der überwiegende Anteil der Betriebe im Bundesland Hessen (siehe Tabelle 46). Der große Anteil hessischer Betriebe ergibt sich aus der Ortsgebundenheit der Erhebung. Diese wurde, mit Ausnahme der Erhebung auf der Messe „AGRITECHNICA“ in Hannover und einigen Vor-Ort-Erhebungen, in Hessen durchgeführt (siehe Tabelle 44).

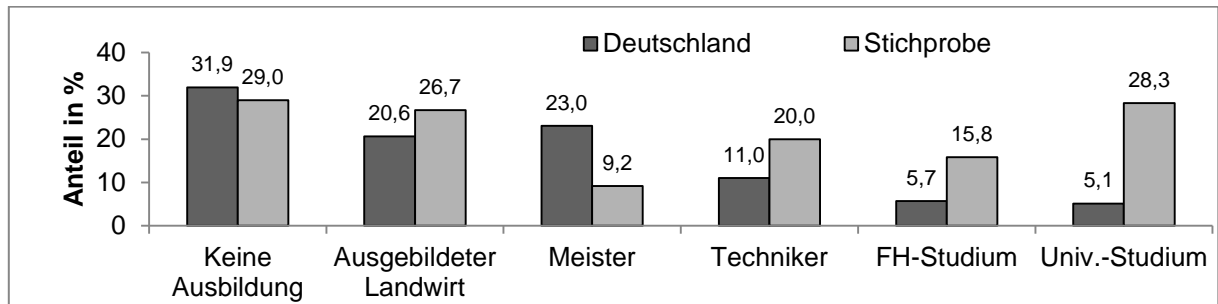
Tabelle 46: Lage der Betriebe (n = 134)

In welchem Bundesland liegt Ihr Betrieb? (n = 134)		
	Häufigkeit	Anteil (%)
Baden-Württemberg	1	0,7
Bayern	5	3,7
Berlin	0	0,0
Brandenburg	1	0,7
Bremen	0	0,0
Hamburg	0	0,0
Hessen	100	74,1
Mecklenburg-Vorpommern	4	3,0
Niedersachsen	3	2,2
Nordrhein-Westfalen	9	6,7
Rheinland-Pfalz	2	1,5
Saarland	0	0,0
Sachsen	4	3,0
Sachsen-Anhalt	1	0,7
Schleswig-Holstein	2	1,5
Thüringen	2	1,5
Gesamt	134	100,0

Landwirtschaftliche Ausbildungsabschlüsse

In der Stichprobe liegt im Vergleich zur Grundgesamtheit aller deutschen Landwirte ein größerer Anteil an Personen vor, die eine akademische Ausbildung abgeschlossen haben. Der Anteil von Personen mit abgeschlossener landwirtschaftlicher Lehre (ausgebildeter Landwirt) ist mit der Grundgesamtheit vergleichbar. Lediglich in der Kategorie Meister liegt der Anteil in Deutschland über dem der Stichprobe. Der Anteil von Personen ohne abgeschlossene Ausbildung liegt in beiden Gruppen auf ähnlichem Niveau (siehe Abbildung 10). Von den 31,9% (42 Personen) ohne abgeschlossene Ausbildung in der Stichprobe absolvieren elf Personen aktuell ein Universitätsstudium. Insgesamt liegt in der Stichprobe im Vergleich zur Grundgesamtheit ein höheres Ausbildungsniveau vor.

Abbildung 10: Landwirtschaftliche Ausbildungsabschlüsse (Mehrfachnennung möglich; n = 145; Quelle für Deutschland: Statistisches Bundesamt 2013)



Bewirtschaftete Flächen

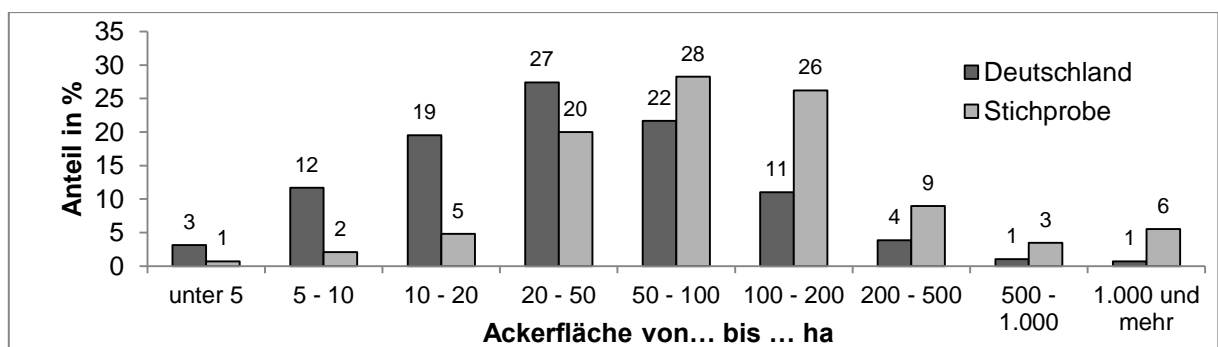
Die Probanden bauen auf ca. einem Drittel ihrer bewirtschafteten Ackerfläche von insgesamt 31.990 ha³⁰³ Weizen an. Folglich ist Weizen eine bedeutende Kulturpflanze für die Probanden. Im arithmetischen Mittelwert der Stichprobe sind die Ackerflächen mit 220,6 ha und die Weizenflächen mit 75,5 ha der Probanden im Vergleich zum deutschen Durchschnitt deutlich größer (siehe Tabelle 47).

Tabelle 47: Bewirtschaftete Flächen (n = 145; * = Quelle für Deutschland (DE): Statistisches Bundesamt 2016)

	Stichprobe	DE*	Stichprobe	DE*
	Gesamt		Arithmetischer Mittelwert	
Ackerfläche (ha)	31.990	11.846.400	220,6	56,2
Weizenfläche (ha)	10.945	3.210.400	75,5	23,9
Anteil Weizen- an Ackerfläche (%)	34,2	27,1		

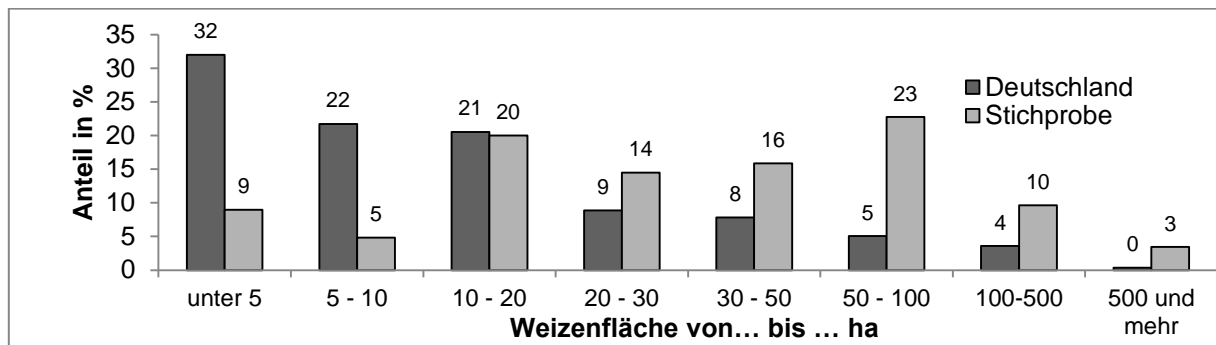
Die Mediane der Acker- und Weizenflächen liegen in der Stichprobe bei 85 bzw. 30 ha. Die Unterschiede bezüglich der durchschnittlichen Acker- und Weizenflächen erklären sich durch die Anteile von Betrieben mit relativ großen bzw. kleinen Nutzflächen. In der Stichprobe sind weniger Klein- und stattdessen mehr Großbetriebe enthalten (siehe Abbildung 11 und Abbildung 12).

Abbildung 11: Ackerfläche nach Betriebsgrößenklassen (n = 145; Quelle für Deutschland: Statistisches Bundesamt 2016)



³⁰³ Dies entspricht 0,3% der deutschen Ackerfläche.

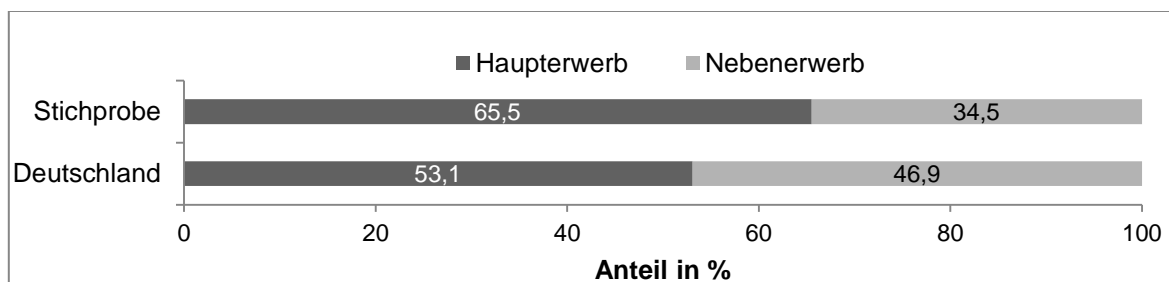
Abbildung 12: Weizenfläche nach Betriebsgrößenklassen (n = 145; Quelle für Deutschland: Statistisches Bundesamt 2016)



Erwerbsform

In der Stichprobe befindet sich mit 65,5% im Vergleich zu Deutschland mit 46,9% ein größerer Anteil an Haupterwerbsbetrieben (siehe Abbildung 13).

Abbildung 13: Erwerbsform (n = 145; Quelle für Deutschland: Statistisches Bundesamt 2016)



Die Betriebe der Probanden werden mit 95,2% fast ausschließlich konventionell bewirtschaftet. Der Anteil der ökologisch bewirtschafteten Betriebe liegt etwa auf dem Niveau Deutschlands (siehe Tabelle 48).

Tabelle 48: Wirtschaftsweise der Betriebe (n = 145; * = Quelle: Statistisches Bundesamt 2013)

	Stichprobe	Deutschland*
Konventionell (%)	95,2	93,7
Ökologisch (%)	4,8	6,3
Gesamt	100,0	100,0

Erfahrung in der Weizenproduktion

Die Probanden haben im arithmetischen Mittel seit 13,3 Jahren Erfahrung in der Weizenproduktion. Der Median liegt bei 10 Jahren. Die Angaben schwanken zwischen einem und 46 Jahren.

5.5.2.2 Weizenproduktion

Um überprüfen zu können, ob es sich bei den ausgewählten Entscheidungssituationen des Experiments grundsätzlich um Produktionssysteme handelt, die für die Probanden von prak-

tischer Relevanz sind, wurden Daten zu den Standorten und den Produktionsverfahren der Landwirte abgefragt.

Ackerzahl

Die Standorte in den experimentellen Entscheidungssituationen haben Ackerzahlen zwischen 52 und 80. Von den 145 Probanden konnten 125 bzw. 133 Probanden die Ackerzahlen des ungünstigsten bzw. günstigsten Standorts benennen.³⁰⁴ Insgesamt zeigt sich eine große Spannweite zwischen Ackerzahl 18 und 120 (siehe Tabelle 49). Bei 97 der 125 Probanden (77,6%), die sowohl die ungünstigste als auch die günstigste Ackerzahl angeben, liegt mindestens eine im Experiment angegebene Ackerzahl in der Spanne der Angaben der Probanden.

Tabelle 49: Ackerzahlen der ungünstigsten und günstigsten Standorte mit Weizenproduktion

	Ungünstigster Standort (n = 125)	Günstigster Standort (n = 133)
Arithmetischer Mittelwert	42,5	75,5
Median	38	78
Minimum	18	28
Maximum	100	120

Durchschnittliche Jahrestemperatur

Die durchschnittliche Jahrestemperatur an den Standorten im Experiment liegt zwischen 7,3 und 9,8 °C. Die Frage nach dieser Kennzahl kann von 53,8% der Probanden nicht beantwortet werden.³⁰⁵ Die Angaben schwanken zwischen 5 und 13 °C und liegen im arithmetischen Mittel bei 8,4 °C. Der Median liegt bei 8,5 °C. Bei 52 der 67 Personen, die die durchschnittliche Jahrestemperatur angeben, liegt diese im Bereich der im Experiment vorliegenden Produktionssysteme.

Durchschnittlicher Jahresniederschlag

Der langjährige Jahresniederschlag in der experimentellen Untersuchung beträgt zwischen 550 und 670 mm. Dieser Wert konnte von 79,3% (15) Probanden benannt werden.³⁰⁶ Die Angaben schwanken zwischen 420 und 1.100 mm. Der Median liegt bei 624 mm. 78 der 115 (67,8%) Antworten liegen im Bereich der Niederschläge der Standorte des Experiments.

Vorfrüchte

In den Entscheidungssituationen des Experiments liegen die Vorfrüchte Raps, Mais und Weizen vor. In der Realität bauen 78,0% der Probanden Raps, 80,7% Weizen sowie 60,0% Mais auf ihren Betrieben als Vorfrucht vor Weizen an (n = 145).

³⁰⁴ Die übrigen Probanden wählten die Antwortoption „kann ich nicht beantworten“.

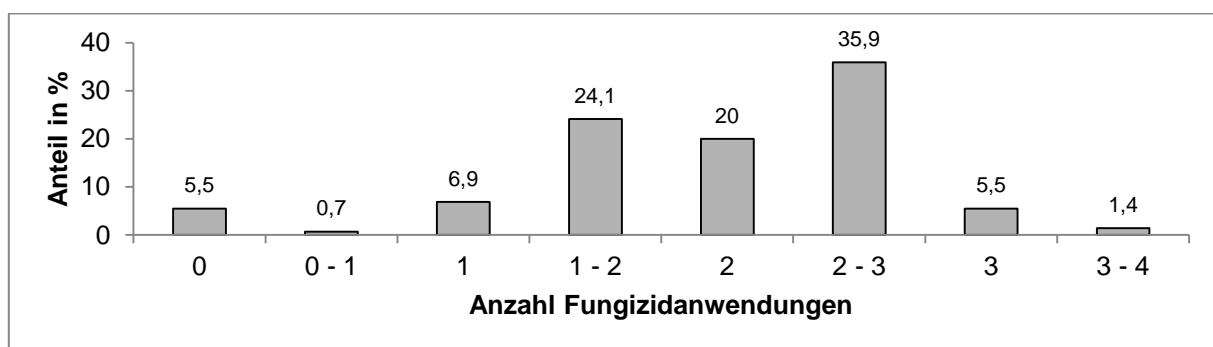
³⁰⁵ Die übrigen Probanden wählten die Antwortoption „kann ich nicht beantworten“.

³⁰⁶ Die übrigen Probanden wählten die Antwortoption „kann ich nicht beantworten“.

Fungizide

In den dem Experiment zugrundeliegenden Landessortenversuchen werden zwei obligatorische und eine optionale Fungizidmaßnahme(n) durchgeführt. Im praktischen Anbau wird der Einsatz von Fungiziden situationsabhängig gestaltet. Auf 61,4% der Betriebe der Probanden werden Fungizide in der Regel zwei- bis dreimal innerhalb einer Produktionsperiode bei Winterweizen eingesetzt. Bei weiteren 24,1% werden gewöhnlich ein bis zwei Anwendungen durchgeführt (siehe Abbildung 14). Somit ist die Intensität des Fungizideinsatzes bei 85,5% der Betriebe in der Stichprobe grundsätzlich mit der im Experiment vorliegenden Intensität vergleichbar.

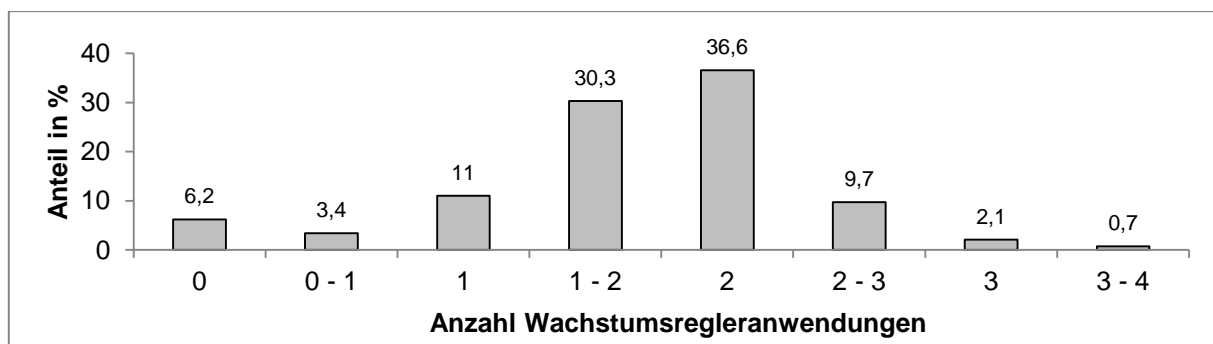
Abbildung 14: Fungizidanwendungen im Weizenanbau (n = 145)



Wachstumsregler

In den Produktionssystemen im Experiment erfolgt ein zweimaliger Einsatz von Wachstumsreglern. Auf den Betrieben der Probanden werden in 36,6% der Fälle „in der Regel“³⁰⁷ zweimal Wachstumsregler eingesetzt. Bei weiteren 30,3% bzw. 9,7% werden die Pflanzen ein- bis zweimal bzw. zwei- bis dreimal eingekürzt (siehe Abbildung 15). Die Anwendung von Wachstumsreglern kann folglich für 76,6% der Betriebe in der Stichprobe als grundsätzlich vergleichbar mit dem Einsatz in den Produktionssystemen des Experiments bezeichnet werden.

Abbildung 15: Anwendung von Wachstumsreglern im Weizenanbau (n = 145)



³⁰⁷ Da die Anzahl der Anwendungen in der Realität situationspezifisch variiert werden kann, wird die Häufigkeit der Anwendungen mit dem Zusatz „in der Regel“ abgefragt. Die Antworten beziehen sich folglich auf die angestrebte bzw. durchschnittliche Anzahl von Fungizidanwendungen. In gleicher Weise wurde auch die Anzahl der Anwendungen von Wachstumsregulatoren abgefragt.

Sorten

Eine Anforderung an das Experiment ist, dass praxisrelevante Sorten zur Auswahl stehen.³⁰⁸ Daher wurde abgefragt, welche Sorten die Landwirte in der aktuellen Produktionsperiode³⁰⁹ anbauen und mit welchen Sorten sie in der Vergangenheit Erfahrungen gesammelt haben. Im Experiment stehen insgesamt 33 verschiedene Sorten zur Auswahl. 77,9% der Probanden haben mit mindestens einer dieser Sorten eigene Erfahrungen. Im arithmetischen Mittel bauten die Probanden 2,4 der Sorten, die im Experiment als Alternative zur Auswahl stehen, in den vergangenen Jahren im eigenen Betrieb an. Der Median liegt bei zwei Sorten.

5.5.2.3 Zusammenfassung und Diskussion

Die soziodemografische Beschreibung der Probanden und die Darstellung der Produktionssysteme beim Weizenanbau auf den Betrieben wird zur Überprüfung der Validität der Erhebung genutzt. Hierbei stehen die in Abschnitt 5.2.2 thematisierten Aspekte Repräsentativität der Stichprobe und Eignung der Messmethode im Fokus.

Repräsentativität

Aus den in Abschnitt 5.5.2.1 dargestellten soziodemografischen Eigenschaften kann geschlossen werden, dass der Weizenanbau für die Probanden im Vergleich zum deutschen Durchschnitt eine höhere Relevanz hat. Die Probanden bewirtschaften größere Acker- und Weizenflächen, führen ihre Betriebe mehrheitlich im Haupterwerb und sind überdurchschnittlich gut ausgebildet. Die Verzerrung der Stichprobe hin zu größeren Betrieben findet sich auch in anderen Studien. So liegt beispielsweise die durchschnittliche Betriebsfläche bei einem Online-Experiment mit 96 Landwirten von Liebe et al. (2012) bei 455 ha. In einem weiteren Online-Experiment mit 178 Landwirten von Reise et al. (2012) liegt die durchschnittliche bewirtschaftete Fläche bei 283,3 ha. Die Ursachen und Auswirkungen dieser Verzerrung werden in den genannten Quellen nicht diskutiert.

Die Unterschiede zur Grundgesamtheit in dieser Erhebung lassen sich durch die Situationen erklären, in denen die Befragungen durchgeführt wurden. Die landwirtschaftlichen Veranstaltungen³¹⁰ und die Workshops zur Sortenwahl wurden vermutlich vermehrt von Landwirten besucht, für die der Weizenanbau einen relativ hohen Stellenwert hat. Indikatoren für die Relevanz des Weizenanbaus sind unter anderem die Erwerbsform und die Größe der bewirtschafteten Fläche. Für Haupterwerbsbetriebe hat der ökonomische Erfolg in der Weizenproduktion im Vergleich zu Nebenerwerbsbetrieben eine größere finanzielle Relevanz. Daher ist es plausibel, dass Haupterwerbslandwirte vermehrt landwirtschaftliche (Fortbildungs-)

³⁰⁸ Siehe Abschnitt 5.2.4.2.

³⁰⁹ Die Ergebnisse der Abfrage aktuell angebaute Sorten werden in Abschnitt 5.5.3 detaillierter dargestellt.

³¹⁰ Die Messe „AGRITECHNICA“ in Hannover und die Arbeitssitzung des Arbeitskreises Ackerbau des Kreisbauernverbandes Schwalm-Eder.

Veranstaltungen besuchen. Je größer die bewirtschafteten Flächen sind, desto geringer sind die durch den Besuch einer Veranstaltung entstehenden durchschnittlichen Kosten³¹¹ je Hektar.

Eine abschließende Beurteilung der Konsequenzen einzelner Verzerrungen ist aufgrund der Vielzahl an Faktoren, die zur Charakterisierung der Probanden herangezogen werden können, kaum möglich. Daher ist stets eine kritische Prüfung bei der Übertragung der Ergebnisse auf die Grundgesamtheit notwendig.

Eignung der Messmethode

Die Eignung der Messmethode wird durch zwei Faktoren bestimmt: die Auswahl der Probanden und die realitätsnahe Nachbildung der Entscheidungssituation. Bei den Probanden handelt es sich ausschließlich um Leiter bzw. leitende Angestellte von Betrieben mit Weizenproduktion. Hierdurch ist gewährleistet, dass das Verhalten von Personen beobachtet wird, die auch in der Realität Weizensorten auswählen.

Die in diesem Abschnitt dargestellten Statistiken zeigen für große Anteile der Betriebe der Probanden hinsichtlich der einzelnen Kriterien - Ackerzahl (77,6%), langjährige Durchschnittstemperaturen (67,8%) und jährliche Niederschläge (67,8%) - Übereinstimmungen mit den Produktionssystemen im Experiment.

Auch die Produktionsverfahren sind bei einem großen Anteil der Betriebe mit den experimentell untersuchten Entscheidungssituationen vergleichbar. Bezüglich der Vorfrüchte zeigen sich mehrheitlich Übereinstimmungen zwischen der realen Situation auf den Betrieben und in dem Experiment. Diese liegen zwischen 60% und 80,7%. Zudem gestalten die meisten Probanden den Pflanzenschutzmitteleinsatz in ähnlicher Intensität wie im Experiment. Beim Fungizideinsatz kann eine grundsätzliche Übereinstimmung bei 85,5% und bei der Anwendung von Wachstumsregulatoren bei 76,6% der Betriebe festgestellt werden. Die Übereinstimmungen führen zu der Einschätzung, dass es sich um eine realitätsnahe Nachbildung des Entscheidungsproblems handelt. Die Probanden sind in den experimentellen Entscheidungssituationen mit Produktionssystemen konfrontiert, zu denen sie im realen Weizenanbau Erfahrungen gesammelt haben, die zur Bildung mentaler Modelle genutzt werden können.

Eigene Erfahrungen sind eine relevante Informationsquelle bei der Sortenwahl.³¹² Mit 77,9% hat ein großer Anteil der Befragten eigene Erfahrungen mit Sorten gemacht, die im Experiment als Alternativen dienen. Im Experiment stehen folglich praxisrelevante Sorten zur Auswahl, wodurch die Landwirte eigene Erfahrungen (als Information) zur Beurteilung der Sorten verwenden können. Hierdurch können die Landwirte neben den in den Entscheidungssituationen präsentierten, externen Informationen zur Merkmalsausprägung auf interne Informatio-

³¹¹ Z. B. Zeit und Fahrtkosten.

³¹² Siehe Abschnitt 4.3.2.

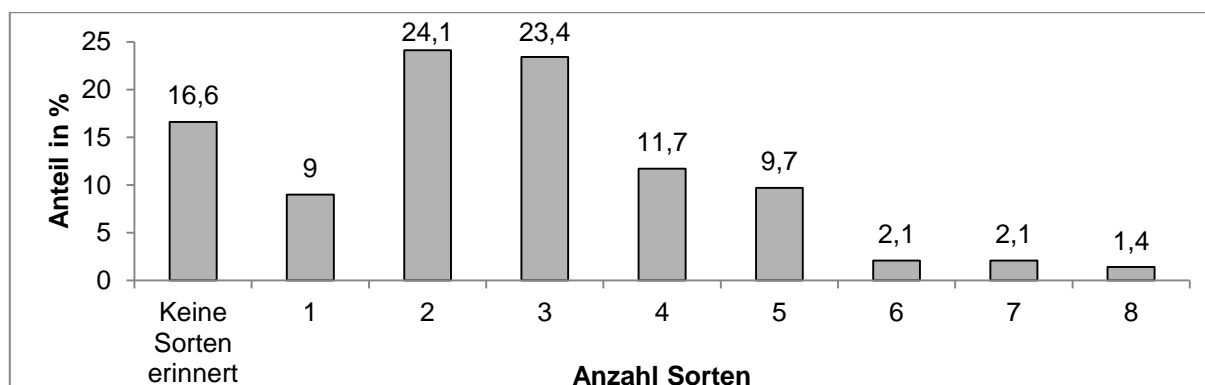
nen aus eigenen Erfahrungen zurückgreifen. Den Landwirten steht folglich neben dem merkmalsbasierten Vergleich ein weiterer Lösungsweg für das Entscheidungsproblem zur Verfügung, der auch in realen Entscheidungssituationen angewendet wird. Dies wirkt der Gefahr der Erzeugung von Artefakten infolge der Auswahl der externen Informationen, die im Experiment präsentiert werden, entgegen.

Zusammenfassend wird festgehalten, dass das Experiment durch die Gestaltung der Entscheidungssituationen und die Zusammensetzung der Stichprobe zur Untersuchung des Entscheidungsverhaltens bei der Sortenwahl geeignet ist. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Grundgesamtheit muss jedoch jeweils kritisch geprüft werden.

5.5.3 Aktuell angebaute Sorten

In der ungestützten Abfrage der im Jahr 2015/16 angebaute Sorten können 24 Probanden (16,6%) keine Sortennamen erinnern. Der arithmetische Mittelwert der Anzahl der genannten Sorten der übrigen Probanden liegt bei 3,1 und der Median bei drei Sorten. Die Anzahl der genannten Sorten variiert zwischen eins und acht (siehe Abbildung 16).

Abbildung 16: Anzahl im Jahr 2015/16 angebaute Weizensorten (n = 145)



Es werden 75 verschiedene Sorten genannt. Die Anzahl der Nennungen beträgt insgesamt 378. Die am häufigsten genannten Sorten sind in Tabelle 50 dargestellt.

Tabelle 50: Angebaute Weizensorten im Jahr 2015/16 (n = 121; insgesamt 378 Nennungen)

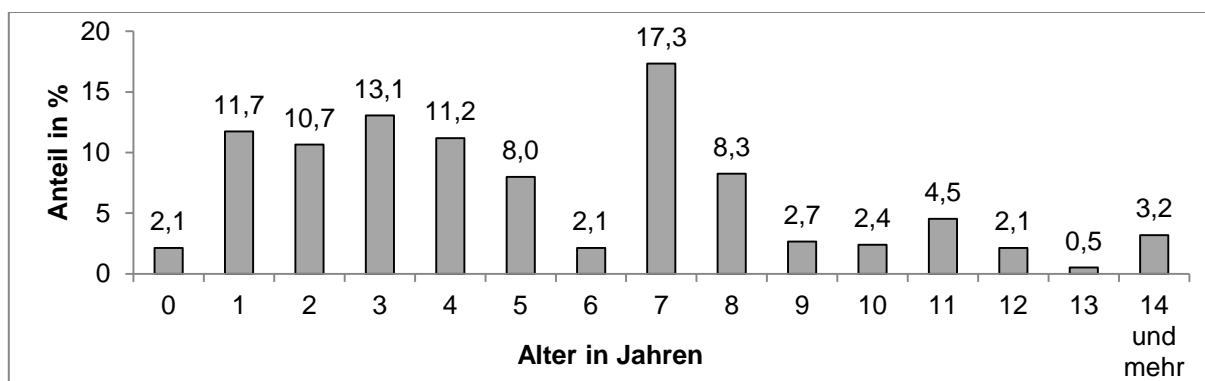
Rang	Sorte	Anteil Nennungen (%)
1	RGT Reform	10,3
2	JB Asano	7,9
3	Patras	7,9
4	Tobak	5,8
5	Elixer	4,2
6	Pamier	4,2
7	Kerubino	3,7
8	Julius	3,4
9	Ambello	2,9
10	Rumor	2,9

Sortenalter

Aus den Nennungen der im Jahr 2015/16 angebauten Sorten wird das Sortenalter abgeleitet. Hierzu wird das Zulassungsjahr vom aktuellen Jahr der Sortenwahl (2015) abgezogen. Das minimale Alter einer Sorte kann bei dieser Berechnung null Jahre betragen. Von einer detaillierten Abfrage des Anbauumfangs einzelner Sorten wurde bei der Erhebung aus Praktikabilitätsgründen abgesehen. Daher werden bei der Ermittlung des durchschnittlichen Sortenalters alle genannten Sorten gleich gewichtet.³¹³

Die Anteile der Sorten in Abhängigkeit des Sortenalters sind in Abbildung 17 dargestellt. Im arithmetischen Mittel liegt das Sortenalter bei 5,4 und der Median bei fünf Jahren. Die älteste genannte Sorte ist seit 40 Jahren zugelassen. Das durchschnittliche Alter der Sorten liegt auf dem Niveau des anhand der Daten der BEE³¹⁴ berechneten Sortenalters des in Deutschland angebauten Weizens.

Abbildung 17: Alter der im Jahr 2015/16 angebauten Sorten (n = 121; insgesamt 378 Nennungen, Quelle: eigene Berechnung auf der Grundlage von BSA 2016)



Als Saatgut verwenden die Probanden auf 55,8% der Weizenfläche Z-Saatgut. Folglich wird auf den übrigen 44,2% der Flächen Nachbausaatgut verwendet. Die Verwendung von Nachbausaatgut kann einen Teil des geringen Flächenumfangs neuer Sorten erklären. Schließlich können auf 44,2% der Flächen nur Sorten angebaut werden, die schon im Vorjahr angebaut und deren geerntete Körner zu Saatgut aufbereitet wurden.

5.5.4 Erfolgsmessung bei der Sortenwahl

Die Erträge der Weizenproduktion werden in 4,8% der Betriebe durch Ertragskartierung und in 45,5% durch die Wiegung der Erträge auf Schlagebene erfasst. Diese beiden Arten der Erfolgsmessung können zu Rückschlüssen über die Auswirkung von Produktionsentscheidungen und somit auch auf den Erfolg der Sortenwahl genutzt werden. In knapp der Hälfte der Betriebe erfolgt die Erfolgsmessung mit weniger exakten Verfahren (siehe Tabelle 51). Es ist fraglich, inwiefern die Landwirte durch die Wiegung des Ertrags einzelner Schläge und

³¹³ Dies stellt einen Gegensatz zur Berechnung des Sortenalters in Abschnitt 2.7.1 dar. Dort wird das Alter der Sorten mit dem Anbauumfang gewichtet.

³¹⁴ Siehe Abschnitt 2.7.1.

Schätzungen den Erfolg einzelner pflanzenbaulicher Maßnahmen sowie den Einfluss einzelner Elemente des Produktionssystems ermitteln können.

Tabelle 51: Ertragsermittlung bei der Weizenproduktion (n = 145)

Art der Ertragsmessung	Anteil (%)
Ertragskartierung	4,8
Wiegung des Ertrags jedes Schlags	45,5
Wiegung des Ertrags mancher Schläge	32,4
Schätzungen	16,6
Gar nicht	0,7

Ein ähnliches Bild zeigt sich auch bezüglich der ökonomischen Auswertung der Weizenproduktion. In 37,2% der Betriebe werden keine wirtschaftlichen Kennzahlen der Weizenproduktion berechnet. Bei einem etwa gleich großen Anteil wird der wirtschaftliche Erfolg lediglich für den gesamten Produktionszweig „Weizen“ analysiert (siehe Tabelle 52). In Summe liegen in 73,8% der Betriebe keine Daten über den ökonomischen Erfolg der Weizenproduktion auf Schlagebene vor.

Tabelle 52: Berechnung wirtschaftlicher Kennzahlen (n = 145)

Wirtschaftliche Kennzahlen	Anteil (%)
Schlagbezogene Kennzahlen (z. B. Deckungsbeitrag bzw. direktkostenfreie Leistung je Schlag)	26,2
Produktionszweigbezogene Kennzahlen (z. B. Deckungsbeitrag bzw. direktkostenfreie Leistung der gesamten Weizenproduktion)	37,2
Keine	36,6

5.5.5 Sortenalter und Leistungsfähigkeit von Sorten und Lerneffekte

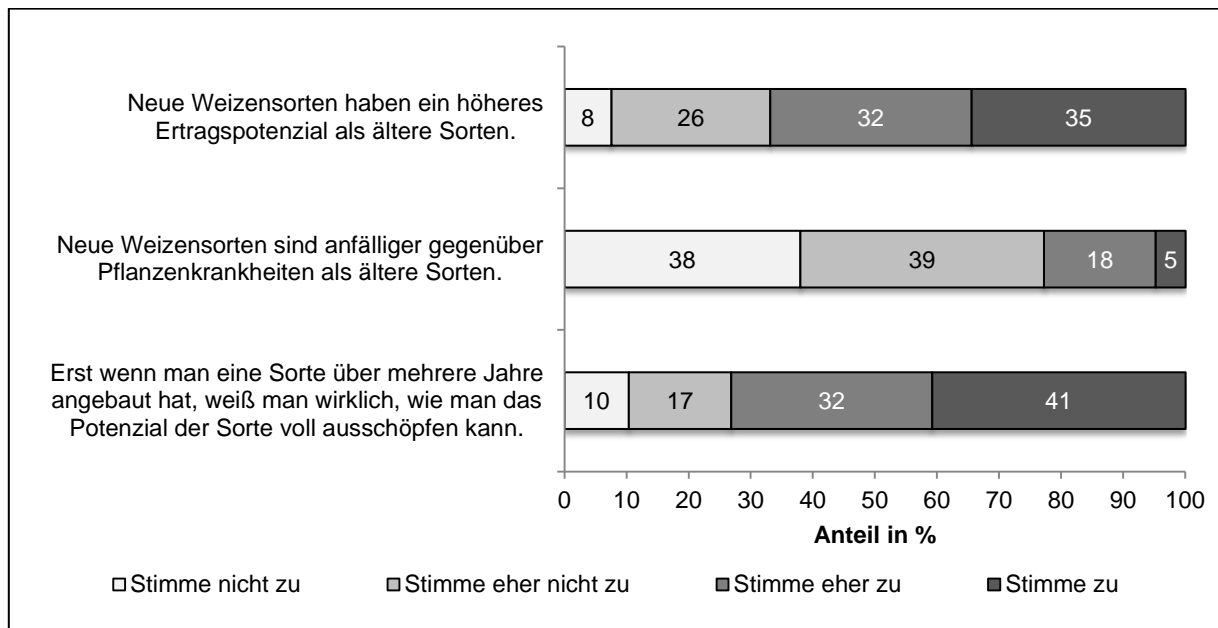
Die Zustimmung zu den Aussagen bezüglich des Zusammenhangs zwischen dem Alter und der Leistungsfähigkeit von Sorten sowie Lerneffekten bei der Sortenwahl wird anhand von drei Items auf 8er-Skalen ermittelt.³¹⁵

Die Mehrheit der Probanden schätzt die Leistungsfähigkeit neuer Sorten im Vergleich zu älteren Sorten höher ein. So stimmen 73,1% der Landwirte der Aussage bezüglich des höheren Ertragspotenzials neuer Sorten (eher) zu. Umgekehrt lehnen 77,3% der Befragten die Aussage über eine höhere Krankheitsanfälligkeit neuer Sorten (eher) ab. Lediglich 7,6% bzw. 10,4% schätzen die Leistungsfähigkeit neuer Sorten als geringer ein (siehe Abbildung 18).

Mit 40,7% (32,4%) geht die Mehrheit der Probanden (eher) von Lerneffekten durch den mehrjährigen Anbau der gleichen Sorten aus. 26,9% der Befragten stimmen der Aussage zu Lerneffekten (eher) nicht zu.

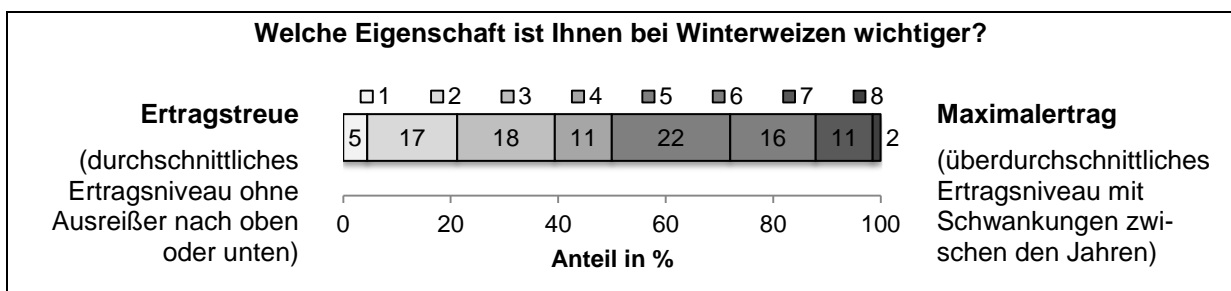
³¹⁵ Die Werte 1 bis 2 werden hier als Ablehnung und die Werte 7 bis 8 als Zustimmung verstanden. Die Werte nahe der Mitte - 3 und 4 bzw. 5 und 6 - werden als „eher“ ablehnend bzw. „eher“ zustimmend interpretiert.

Abbildung 18: Einschätzungen zum Zusammenhang zwischen Alter und Leistungsfähigkeit von Sorten und Lerneffekten bei der Sortenwahl (n = 145)



Das Zielausmaß wird durch ein semantisches Differenzial mit den Ausprägungen „Ertrags-treue“ und „Maximalertrag“ an den Polen der Zustimmungsskala abgefragt. Die Einschätzungen verteilen sich exakt hälftig bezüglich der Zustimmung zu beiden Kategorien. Durchschnittliche Erträge ohne Schwankungen werden von 28,2% eher und von 21,2% der Probanden stark bevorzugt. Überdurchschnittliche Erträge mit Schwankungen werden von 11,2% bevorzugt und von 37,9% eher bevorzugt (siehe Abbildung 19).

Abbildung 19: Verfolgte Zielausmaße bei der Sortenwahl (n = 132)



Die Items zur Abfrage der subjektiven Einschätzungen der Leistungsfähigkeit neuer Sorten enthalten eine positive und eine negative Aussage. Das Item zu Lerneffekten ist wertfrei formuliert und bei der Abfrage des Zielausmaßes befinden sich an den Polen der Zustimmungsskala jeweils positiv konnotierte Begriffe. Daher ist eine Verzerrung des Antwortverhaltens infolge suggestiver Formulierungen unwahrscheinlich.

5.5.6 Involvement

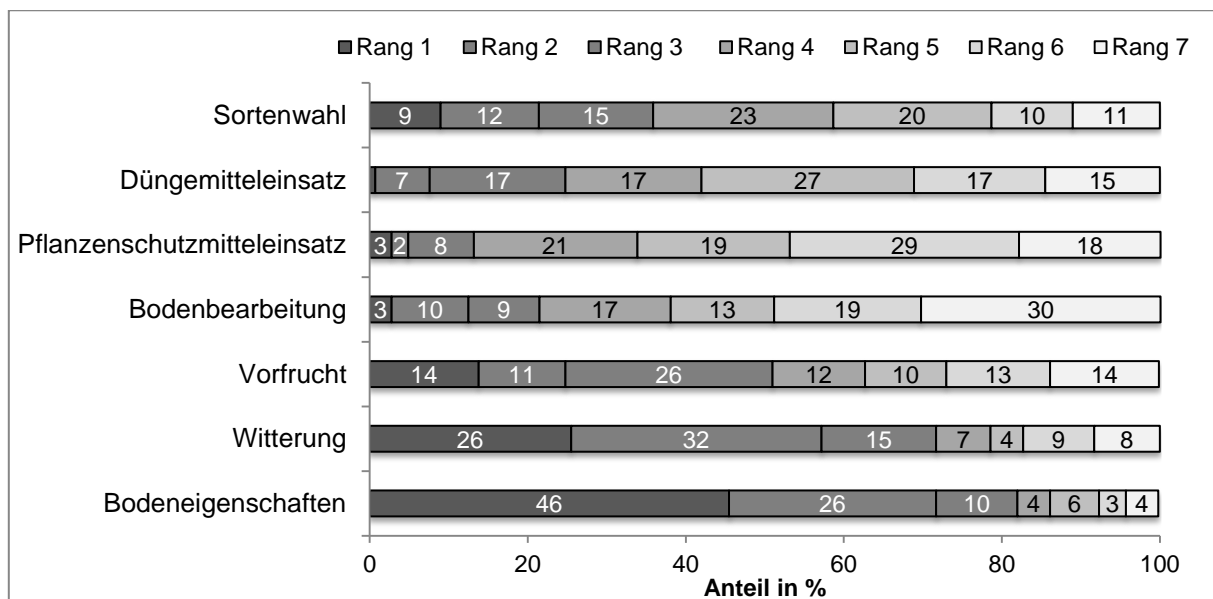
Die subjektiv wahrgenommene Relevanz der Sortenwahl wird auf zwei Arten ermittelt. Zum einen wird abgefragt, wie bedeutsam die Sortenwahl im Vergleich zu anderen Elementen

des Produktionssystems für den Weizenertrag eingeschätzt wird. Zum anderen wird das Purchase-Decision-Involvement (Mittal 1989) anhand von vier Items ermittelt.

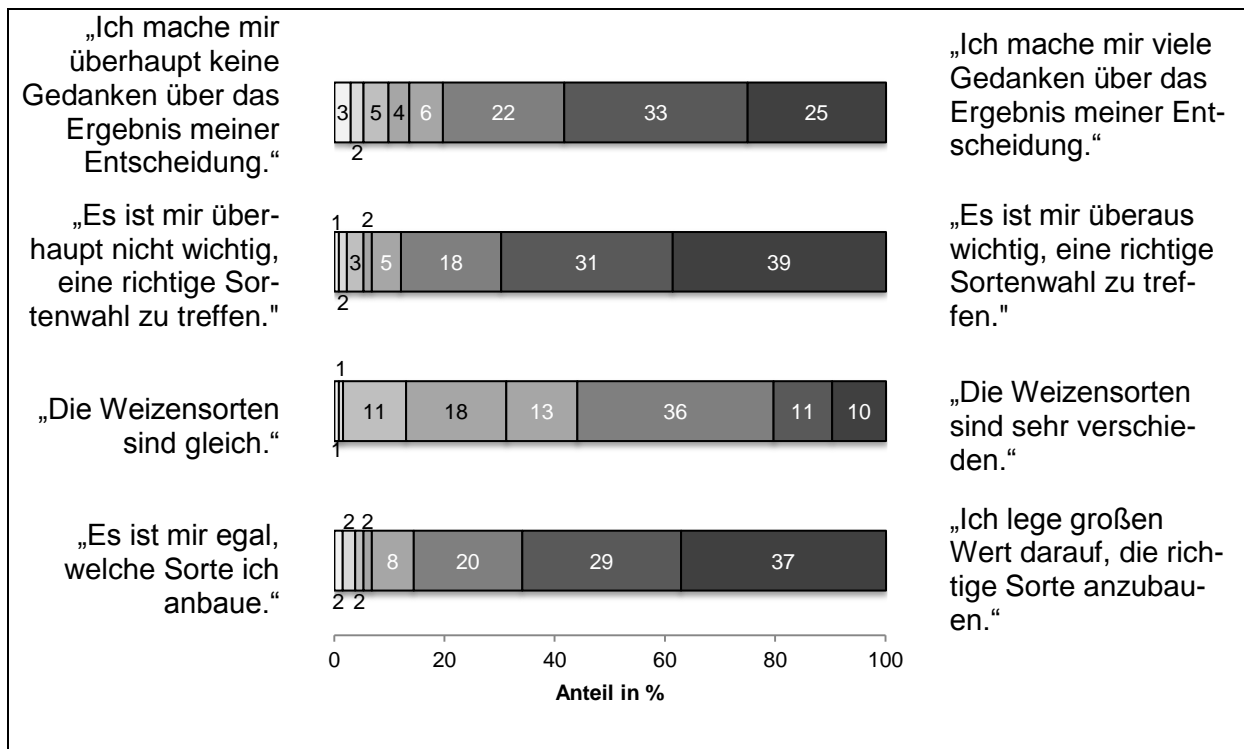
Die relative Relevanz der Sortenwahl wird durch die Bildung von Rangfolgen ermittelt. Hierbei können die Probanden sieben Elemente des Produktionsverfahrens entsprechend der wahrgenommenen Bedeutung für den Weizenertrag ordnen.

Die Probanden schätzen unveränderbare Elemente und hierbei insbesondere die Standortfaktoren als besonders relevant für den Weizenertrag ein. So werden Bodeneigenschaften von 71,6% und die Witterung von 57,2% als wichtigster bzw. zweitwichtigster Faktor eingestuft. Die Vorfrucht, die ebenfalls (kurzfristig) nicht beeinflusst werden kann, wird von 24,8% auf einem der ersten beiden Ränge eingestuft. Unter den gestaltbaren Elementen des Produktionssystems wird die Sortenwahl mit 21,4% am häufigsten auf den Rängen 1 oder 2 eingestuft. Jedoch vergibt ein gleich großer Anteil der Probanden für diese auch die hintersten Ränge 6 und 7 (siehe Abbildung 20). Insgesamt zeigt sich bezüglich der Einschätzung zur relativen Relevanz der Sortenwahl also ein heterogenes Bild.

Abbildung 20: Einschätzung zur Relevanz von Elementen des Produktionssystems für den Weizenertrag (n = 145)



Die Einschätzungen zur Ermittlung des Purchase-Decision-Involvements werden anhand semantischer Differenziale abgefragt. Drei der vier Aussagen, die auf ein hohes Involvement schließen lassen, stimmt mit 86,4% bis 93,2% der überwiegende Anteil der Befragten (eher) zu. Lediglich hinsichtlich der Unterschiedlichkeit der Weizensorten zeigt sich eine größere Streuung der Einschätzungen. Nur 68,2% stimmen der Aussage „Die Weizensorten sind sehr verschieden“ (eher) zu. Ein relativ großer Anteil von 29,6% neigt hier eher zur Aussage „Die Weizensorten sind gleich“. Bei allen vier Items liegt die Zustimmung zu Aussagen, die auf ein geringes Involvement schließen lassen, mit 1,6% bis 5,3% auf einem sehr niedrigen Niveau (siehe Abbildung 21).

Abbildung 21: Deskriptive Statistik zum Purchase-Decision-Involvement (n = 132)

5.5.7 Anbau älterer Sorten

In Abschnitt 5.1.1 werden Vermutungen über Gründe für den Anbau älterer Sorten aufgestellt. Die Hypothesen beziehen sich auf die Auswirkungen subjektiver Einschätzungen zu Unterschieden im Ertragspotenzial H1³¹⁶ und der Krankheitsanfälligkeit H2³¹⁷ in Abhängigkeit des Sortenalters, von Lerneffekten durch den mehrjährigen Anbau einer Sorte H3³¹⁸ und des verfolgten Zielausmaßes bei der Sortenwahl H4³¹⁹.

Die subjektiven Einschätzungen zur Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit des Sortenalters sowie von Lerneffekten und des verfolgten Zielausmaßes haben keinen relevanten Einfluss auf das durchschnittliche Alter der angebauten Sorten. Zwischen dem Alter der Sorten im praktischen Anbau und den vier Faktoren bestehen mit Korrelationskoeffizienten zwischen 0,00064 und 0,1345 nur sehr geringe gerichtete lineare Zusammenhänge.³²⁰ Zudem erklären die Faktoren mit Bestimmtheitsmaßen von maximal 0,0091 nur einen sehr geringen Anteil des Sortenalters (siehe Abbildung 22).

³¹⁶ H1: Je geringer Landwirte die züchtungsbedingten Ertragssteigerungen einschätzen, desto weniger bauen sie neuere Sorten an.

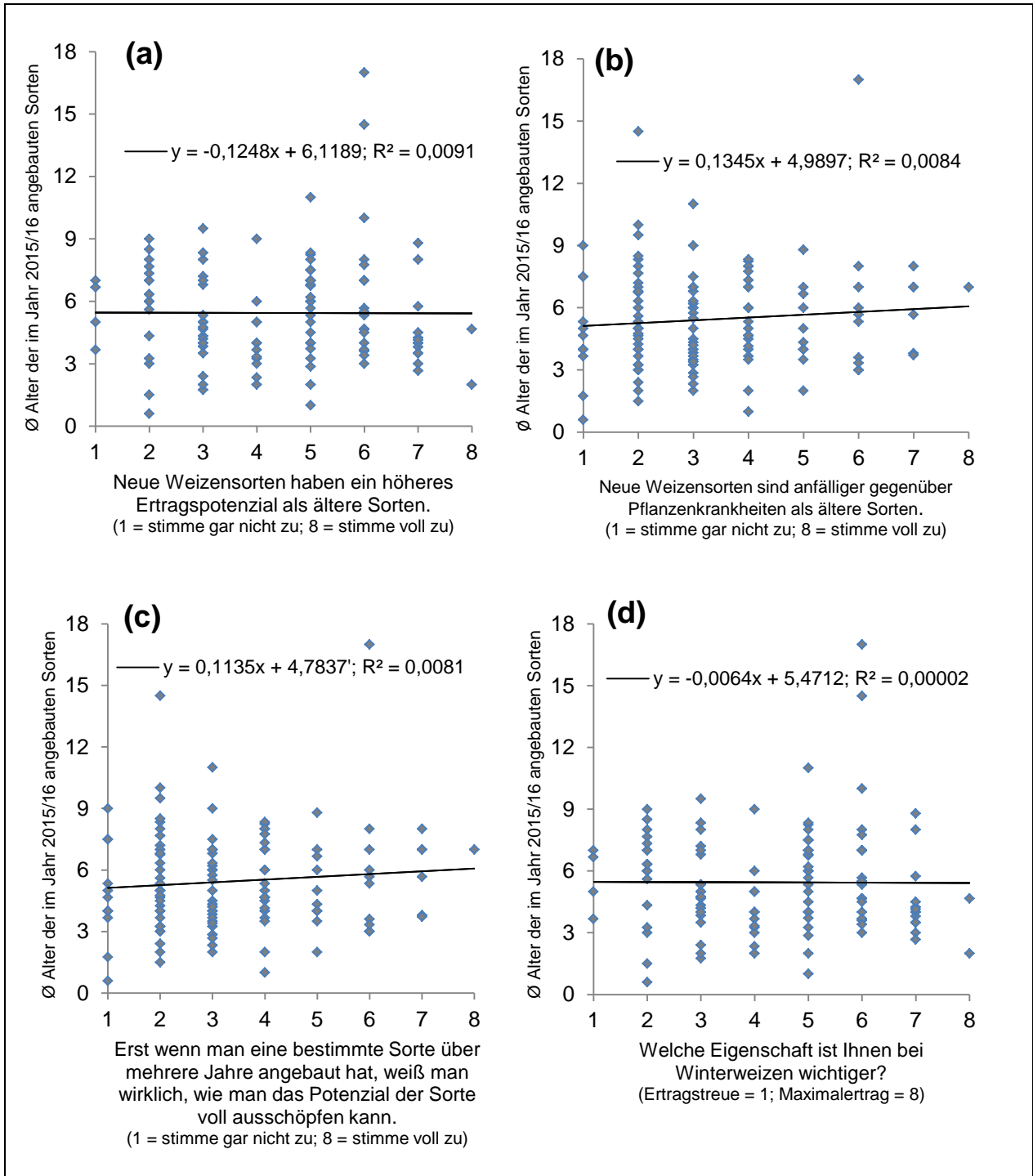
³¹⁷ H2: Je geringer die Landwirte die Überlegenheit neuer Sorten bezüglich der Krankheitsanfälligkeit einschätzen, desto weniger bauen sie neuere Sorten an.

³¹⁸ H3: Je größer Landwirte Lerneffekte durch den mehrjährigen Anbau einer Sorte einschätzen, desto weniger bauen sie neuere Sorten an.

³¹⁹ H4: Je wichtiger die Erreichung eines durchschnittlichen Ertragsniveaus mit der Vermeidung von Ertragsschwankungen ist, desto weniger werden neue Sorten angebaut.

³²⁰ Auch die Überprüfung von gerichteten logarithmischen und verschiedenen exponentiellen Einflüssen zeigt eine ähnlich geringe Abhängigkeit des Sortenalters von den Einschätzungen der Landwirte. Daher werden diese nicht separat aufgeführt.

Abbildung 22: Zusammenhang zwischen Sortenalter im praktischen Anbau und subjektiven Einschätzungen (Korrelation zwischen arithmetischem Mittelwert des Alters der im Jahr 2015/16 angebaute Sorten und Einschätzungen zu Unterschieden im (a) Ertragspotenzial bzw. (b) der Krankheitsanfälligkeit in Abhängigkeit des Sortenalters, (c) des verfolgten Zielausmaßes und (d) von Lerneffekten durch den mehrjährigen Anbau gleicher Sorten; n = 121; R² = Quadrat des Pearsonschen Korrelationskoeffizienten)



Auch lineare, log-lineare und logistische Regressionen, in denen die vier Faktoren als exogene Variablen dienen, können das Sortenalter nicht erklären.³²¹ Folglich werden die Hypothesen H1 bis H4 verworfen.

Eine Erklärung für den geringen Zusammenhang zwischen den Einschätzungen und dem Sortenalter kann die Art der Ermittlung des Sortenalters sein. Bei der Abfrage der aktuell angebauten Sorten wird auf eine detaillierte Erhebung der Flächenanteile einzelner Sorten verzichtet. Dies geschieht mit dem Ziel, den Beantwortungsaufwand für die Landwirte gering zu halten. Dieses Vorgehen orientiert sich an den Empfehlungen von Pennings et al. (2002). Anstelle der Gewichtung durch die Flächenanteile wird der arithmetische Mittelwert des Alters der genannten Sorten ermittelt. Hierdurch werden Sorten, die in geringem Umfang angebaut werden, überproportional stark gewichtet. Ein möglicher Grund, warum Sorten (zunächst) nur auf geringen Flächenanteilen ausgesät werden, ist der Probeanbau einer Sorte. Dies kann insbesondere bei neueren Sorten der Fall sein. Wenn Landwirte von Lerneffekten durch den mehrjährigen Anbau einer Sorte ausgehen, erscheint dieses Vorgehen plausibel. Unter dieser Annahme führt die gleiche Gewichtung aller genannten Sorten dazu, dass das Sortenalter unterschätzt wird. Wenn ein Landwirt z. B. auf seiner gesamten Weizenfläche von 100 ha vier im Jahr 2015 zugelassene Sorten auf jeweils 2,5 ha zur Probe und eine im Jahr 2008 zugelassene Sorte auf 90 ha (flächendeckend) anbaut, dann liegt das durch die Anbaufläche gewichtete Sortenalter bei 6,3 Jahren³²², bei der Verwendung des arithmetischen Mittelwerts jedoch bei 1,4 Jahren³²³.

Daher werden zusätzlich lineare Regressionen mit den endogenen Variablen „Alter der ältesten angebauten Sorte“ und „Alter der jüngsten angebauten Sorte“ und den subjektiven Einschätzungen als exogene Variablen durchgeführt. Jedoch können auch diese Modelle mit korrigierten R-Quadraten von -0,024 und -0,008 das Sortenalter nicht erklären. Zudem kann für keine der exogenen Variablen ein signifikanter Einfluss festgestellt werden.³²⁴ An dieser Stelle besteht folglich weiterer Forschungsbedarf. Hierbei könnte das anhand der Anbaufläche gewichtete Sortenalter anstelle des arithmetischen Mittelwerts des Sortenalters als endogene Variable genutzt werden.

Offensichtlich schlagen sich die ermittelten subjektiven Einschätzungen nicht bei der Sortenwahl in der Realität nieder. Dies zeigt sich auch bei dem im Experiment beobachteten Verhalten. Anstelle des Zulassungsjahres, das zum Rückschluss auf das Sortenalter genutzt werden könnte, verwenden die Landwirte vor allem den Sortennamen als Schlüsselinforma-

³²¹ Beispielhaft ist das Ergebnis der linearen Regression mit den vier genannten exogenen Variablen in Anhang 25 aufgeführt.

³²² $90\% \times 7 \text{ Jahre (Anbaujahr [2015] - Zulassungsjahr[2008])} + 10\% \times 0 \text{ Jahre (Anbaujahr [2015] - Zulassungsjahr [2015])} = 6,3 \text{ Jahre}$

³²³ $20\% \times 7 \text{ Jahre (Anbaujahr [2015] - Zulassungsjahr [2008])} + 80\% \times 0 \text{ Jahre (Anbaujahr [2015] - Zulassungsjahr [2015])} = 1,4 \text{ Jahre}$

³²⁴ Beispielhaft ist die lineare Regression mit der mit der endogenen Variable „Alter der ältesten angebauten Sorte“ in Anhang 26 aufgeführt.

tion.³²⁵ Hieran wird deutlich, dass die subjektiven Einschätzungen zur höheren Ertrags- und Resistenzleistungen neuerer Sorten bei der konkreten Entscheidung zur Sortenwahl eine untergeordnete Rolle spielen. Weiter zeigt sich im Experiment, dass die Landwirte unterschiedliche Eigenschaften und deren Ausprägungen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Produktionssystemen bei der Sortenwahl berücksichtigen und in unterschiedlichem Ausmaß in die Entscheidungen einbeziehen.³²⁶ Hieraus kann geschlossen werden, dass Überlegungen zu spezifischen Anforderungen an eine Sorte sowie individuelle Erfahrungen mit Sorten die Informationsnutzung und die Entscheidungen bei der Sortenwahl bestimmen.

5.6 Beschreibung und Darstellung der Ergebnisse des Experiments

Das Experiment beinhaltet sieben Entscheidungssituationen, in denen für unterschiedliche Produktionssysteme aus jeweils sieben Sorten ausgewählt werden kann. In jeder Entscheidungssituation sind zu den Produktionssystemen 16 und zu den Alternativen 140³²⁷ Informationen verfügbar.

5.6.1 Übersicht zu Informationsnutzung, Entscheidungszeit und Entscheidungserfolg

Die 188 Probanden berücksichtigten im Arithmetischen Mittelwert der sieben Entscheidungssituationen 473,9 Informationen und wenden dabei durchschnittlich 18,1 Minuten auf. Insgesamt werden bei den 1.316 beobachteten Entscheidungen 56,7 Stunden zur Entscheidungsfindung genutzt und hierbei 89.088 Informationen zugänglich gemacht (siehe Tabelle 53).

Tabelle 53: Übersicht zur Informationsnutzung und Entscheidungsdauer im Experiment

Anzahl Probanden		188
Beobachtungen	je Proband	7
	gesamt	1.316
Geöffnete Informationen	arithmetischer Mittelwert je Proband (max. 1.120)	473,9
	gesamt (max. 210.560)	89.088
Entscheidungsdauer	arithmetischer Mittelwert je Proband (Minuten)	18,1
	gesamt (Stunden)	56,7

Die Stichprobe setzt sich aus 145 Landwirten und 43 Studierenden zusammen. Im arithmetischen Mittel werden in den sieben Entscheidungssituationen von Landwirten 443,3 und von Studierenden 577,1 Informationen geöffnet. Hierzu verwenden die Landwirte im arithmetischen Mittel 18,5 und die Studierenden 16,7 Minuten. Während sich die Anzahl der berücksichtigten Informationen signifikant unterscheidet, bestehen bezüglich der aufgewendeten Entscheidungszeit zwischen beiden Gruppen keine eindeutigen Unterschiede. Eine Übersicht zur Informationsnutzung und Entscheidungsdauer findet sich in Tabelle 54.

³²⁵ Siehe Abschnitt 5.6.4.4.

³²⁶ Siehe Abschnitt 5.6.6.

³²⁷ 7 Sorten x 20 Merkmale = 140.

Tabelle 54: Informationsnutzung und Entscheidungsdauer im Experiment (zweiseitiger Mann-Whitney-U-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)**

		Landwirte (n = 145)	Studierende (n = 43)	p-Wert
Geöffnete Informationen (max. 1.092)	Arithmetischer Mittelwert	443,3	577,1	0,001***
	Median	431	518	
	min.	66	192	
	max.	1.006	1.092	
Entscheidungsdauer (Minuten)	Arithmetischer Mittelwert	18,5	16,7	0,415
	Median	17,2	15,8	
	min.	5,7	7,4	
	max.	48,3	31,8	

5.6.1.1 Produktionssysteme

Die Reduktion der Informationen zu den Produktionssystemen erfolgt in beiden Gruppen auf gleichem Niveau. Die Landwirte nutzen in den einzelnen Entscheidungssituationen im arithmetischen Mittelwert 11,9 der Informationen über die Produktionssysteme, die Studierenden 11,8. Dies entspricht in etwa drei Vierteln der gesamten Informationsmenge zu den Produktionssystemen. Eine Übersicht zu den Anteilen der genutzten Informationen im arithmetischen Mittelwert der sieben Entscheidungssituationen findet sich in Tabelle 55.

Tabelle 55: Geöffnete Informationen zu Produktionssystemen (Anteil (in %); arithmetischer Mittelwert der sieben Entscheidungssituationen)

Informationen	Landwirte (n = 145)	Studierende (n = 43)
Vorfrucht	95,7	75,4
Aussaatdatum	92,3	68,8
Standortbezeichnung	89,8	76,1
Ackerzahl	85,2	67,1
Niederschlag (mm)	83,0	71,1
Jahrestemperatur (°C)	74,7	83,7
Bodentyp	72,8	63,1
Kulturzustand Boden	71,2	63,1
Humusgehalt	69,6	76,7
Schlaggröße (ha)	69,1	81,7
Anbaugebiet	68,7	77,7
Höhe über NN (m)	68,7	85,4
Stärke Krume (cm)	65,1	71,1
Bodenklimaraum	63,3	76,4
Bodenart der Krume	63,1	66,1
Geologische Herkunft	54,8	81,7

Einzelne Standorte³²⁸ wiederholen sich während des Experiments. Daher kann aufgrund der Nutzung einzelner Angaben über Boden- und Klimaeigenschaften nicht eindeutig darauf geschlossen werden, ob die Probanden die betreffenden Informationen für irrelevant halten oder diese aus den vorherigen Entscheidungssituationen erinnern können. Zudem sind mit „Standortbezeichnung“, „Anbaugebiet“ und „Boden-Klima-Raum“ Schlüsselinformationen angegeben, in denen Informationen zu Boden- und Klimaeigenschaften gebündelt sind. Die Probanden können durch die Verwendung der Schlüsselinformationen auf die Ausprägung verschiedener Aspekte schließen und somit ohne die Verwendung von detaillierten Informationen Hinweise auf die Ausprägung dieser Aspekte erhalten.

Jedoch werden auch Informationen zu Elementen, die zwischen einzelnen Produktionssystemen variieren und auf deren Ausprägung nicht durch die Schlüsselinformationen geschlossen werden kann, nicht in allen Fällen zugänglich gemacht. Während in der Gruppe der Landwirte die Informationen zu den Vorfrüchten mit einem Anteil von 95,7% fast immer genutzt werden, werden die Ackerzahl und der Schlaggröße mit 85,2% bzw. 69,9% deutlich seltener in die Entscheidungen einbezogen. Bei den Studierenden liegen die Anteile der genutzten Informationen zur Vorfrucht bei 75,4%, zur Ackerzahl bei 67,1% und zur Schlaggröße bei 81,7%.

Wenn die Informationen zu Vorfrucht oder Ackerzahl nicht geöffnet werden, kann gefolgert werden, dass die Probanden diese Aspekte nicht für (ausreichend) ertragsrelevant erachten. Auf die Variation der Schlaggröße wird sowohl in der ausführlichen Erläuterung vor Beginn des Experiments³²⁹ als auch in der ausgedruckten Kurzanleitung³³⁰ explizit hingewiesen. Die Nicht-Berücksichtigung der Schlaggröße kann insofern interpretiert werden, als dass in diesen Fällen keine Kosten-Nutzen-Abwägung zwischen Entscheidungsaufwand und der Tragweite der Entscheidung vorgenommen wird.³³¹

Die genutzte Informationsmenge zu den Produktionssystemen ist in beiden Gruppen vergleichbar. Hieraus ergibt sich, dass der Unterschied in der Anzahl der insgesamt genutzten Informationen auf die Berücksichtigung einzelner Merkmalsausprägungen der Sorten zurückzuführen ist.

5.6.1.2 Anzahl berücksichtigter Eigenschaften

Zwischen beiden Gruppen liegen signifikante Unterschiede in der Anzahl der berücksichtigten Sorteneigenschaften vor. Während die Landwirte im arithmetischen Mittelwert der sieben Entscheidungssituationen 9,9 Eigenschaften je Entscheidungssituation mindestens einmal

³²⁸ Die Standorte Bad Hersfeld und Marburg sind mehrfach Bestandteil der Produktionssysteme, für die in den einzelnen Entscheidungssituationen des Experiments Sorten ausgewählt werden können.

³²⁹ Siehe Anhang 21.

³³⁰ Siehe Anhang 22.

³³¹ Die Frage nach der Anpassung des Entscheidungsaufwands in Abhängigkeit der Tragweite der Entscheidung wird in Abschnitt 5.6.7 ausführlicher thematisiert.

öffnen, nutzen die Studierenden 13,3 Eigenschaften zur Beurteilung der Alternativen. In beiden Gruppen liegen große Spannweiten vor. Bei den Landwirten liegt die minimale Anzahl der berücksichtigten Eigenschaften bei 1,1, bei den Studierenden bei 4,7. In beiden Gruppen finden sich jedoch auch Probanden, die mit 20 Eigenschaften alle verfügbaren Attribute mindestens einmal betrachten (siehe Tabelle 56).

Tabelle 56: Anzahl mindestens einmal berücksichtigter Eigenschaften in den sieben Entscheidungssituationen. (Zweiseitiger Mann-Whitney-U-Test: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,001$)**

	Landwirte (n = 145)	Studierende (n = 43)	p-Wert
Arithmetischer Mittelwert	9,9	13,3	0,000***
Median	9,6	13,3	
Minimum	1,1	4,7	
Maximum	20,0	20,0	

5.6.1.3 Anzahl berücksichtigter Alternativen

In beiden Gruppen nutzen je 99,3% der Probanden mindestens eine Information zu jeder Alternative. Umgekehrt werden lediglich in 0,7% der Fälle zu einzelnen Alternativen keine Informationen abgefragt. Die Reduktion der berücksichtigten Alternativen ist folglich in beiden Gruppen nur zu sehr geringen Anteilen ursächlich für die Reduktion der genutzten externen Informationen.

5.6.1.4 Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft

Die Landwirte nutzen in den einzelnen Entscheidungssituationen im Durchschnitt 51,5 Informationen zu Merkmalsausprägungen der Sorten, die Studierenden 70,6. Vor dem Hintergrund der zuvor dargestellten Anzahl der durchschnittlich berücksichtigten Eigenschaften ergibt sich, dass die Landwirte im arithmetischen Mittelwert 5,2 und die Studierenden 5,3 Alternativen in einzelnen Eigenschaften miteinander vergleichen. Der Unterschied zwischen beiden Gruppen ist nicht signifikant. Dies zeigt, dass in beiden Gruppen, zumindest teilweise, nicht-kompensatorische Entscheidungsregeln angewendet werden. Das heißt, einzelne Alternativen werden, nachdem Informationen zu bestimmten Merkmalsausprägungen vorliegen, nicht weiter berücksichtigt. Eine detailliertere Beschreibung der Anwendung der Entscheidungsregeln durch die Landwirte erfolgt in Abschnitt 5.6.5.

5.6.1.5 Ertrag, Mehrertrag und variable Vergütung

Im Experiment können maximal 1.661,3 dt und minimal 1.418,9 dt Ertrag erzielt werden. Durch die Auswahl der jeweils ertragreichsten Sorten kann im Vergleich zu den ertragschwächsten Sorten ein Mehrertrag von maximal 15% erzielt werden. An 10% der Probanden wird eine variable Vergütung in Abhängigkeit des Ertrags der gewählten Sorten ausbezahlt. Diese errechnet sich durch die Multiplikation des Mehrertrags (%) mit dem Vergütungsfaktor (5 € je Prozent Mehrertrag).

Die Landwirte erzielen im arithmetischen Mittel mit 1.572,0 dt im Vergleich zu den Studierenden mit 1.551,3 dt Ertrag signifikant höhere Erträge. Keiner der Probanden erzielt den höchsten oder den niedrigsten Ertrag. Bei den Studierenden zeigt sich insgesamt eine größere Streuung (siehe Tabelle 57).

Tabelle 57: Erträge im Experiment (Zweiseitiger Mann-Whitney-U-Test: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,001$)**

		Landwirte (n = 145)	Studierende (n = 43)	p-Wert
Ertrag in dt (max. 1661,3)	Arithmetischer Mittelwert	1.572,0	1.551,3	0,002**
	Median	1.577,2	1.556,9	
	min.	1.493,9	1.457,6	
	max.	1.617,9	1.610,1	

Im arithmetischen Mittelwert erreichen die Landwirte (Studierenden) einen Mehrertrag von 10,8% (9,3%). Hieraus ergeben sich variable Vergütungen von durchschnittlich 54,00 € bzw. 46,60 €.

Die variable Vergütung wurde an 22 Probanden ausgezahlt. Insgesamt erhielten die Probanden 1.073,30 €. Bezogen auf die Entscheidungszeit aller Probanden³³² ergibt sich eine durchschnittliche variable Vergütung von 18,93 € pro Stunde.

5.6.2 Zusammenfassung

Bei der Entscheidungsfindung nutzen die Probanden überwiegend nicht alle verfügbaren Informationen. Die Reduktion von Informationen zu den Produktionssystemen erfolgt in beiden Gruppen auf gleichem Niveau. Die Landwirte verwenden im Vergleich zu den Studierenden weniger Informationen über die Merkmalsausprägungen der Alternativen. Trotz der Unterschiede in der genutzten Informationsmenge ist die Entscheidungsdauer in beiden Gruppen vergleichbar.

Die geringere Informationsmenge der Landwirte ergibt sich, weil diese weniger Eigenschaften zur Beurteilung der Alternativen heranziehen. Obwohl die Landwirte bei ihren Entscheidungen weniger (externe) Informationen verwenden, erzielen sie signifikant höhere Erträge. Die Landwirte verfügen folglich über mentale Modelle, die im Vergleich zu den Modellen der Studierenden mit einer geringeren Anzahl an (externen) Informationen zu besseren Entscheidungen führen.

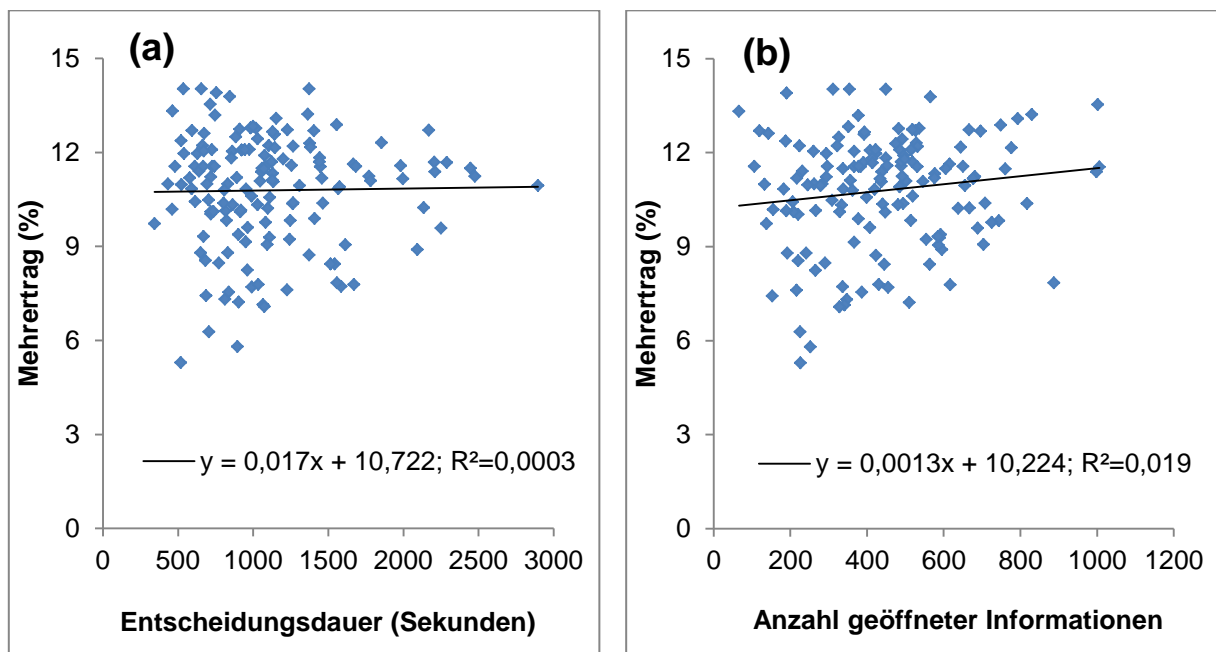
³³² 56,7 Stunden (siehe Tabelle 53).

Die Unterschiede zeigen, dass eine Befragung von Studierenden anstelle von Landwirten nicht sinnvoll gewesen wäre. Die nachfolgenden Abschnitte beziehen sich daher nur auf das Verhalten der Landwirte. Beobachtungen des Verhaltens der Studierenden dienen nachfolgend lediglich als Referenz bei der Nutzung der Schlüsselinformationen „Sortenname“ und „Jahr der Zulassung“.

5.6.3 Entscheidungserfolg bei der Sortenwahl im Experiment

Zwischen dem Entscheidungsaufwand in Form der Anzahl geöffneter Informationen bzw. der Entscheidungsdauer und dem Ertrag im Experiment liegt kein signifikanter gerichteter linearer Einfluss vor (siehe Abbildung 23).³³³

Abbildung 23: Zusammenhang zwischen Ertrag und (a) Entscheidungsdauer bzw. (b) Anzahl genutzter Informationen in den sieben Entscheidungssituationen des Experiments (Mehrertrag der gewählten Sorten im Vergleich zu den Sorten mit den niedrigsten Erträgen (in %); Landwirte, n = 145)



Offensichtlich ist also nicht die bloße Bemühung, sondern vielmehr die angemessene Berücksichtigung relevanter Informationen ausschlaggebend für den Entscheidungserfolg im Experiment. Zur Erklärung von Unterschieden im Entscheidungserfolg innerhalb der Gruppe der Landwirte werden in Abschnitt 5.1.2 Hypothesen aufgestellt. Die vermuteten Zusammenhänge beziehen sich auf Faktoren, von denen ein Einfluss auf die Angemessenheit mentaler Modelle erwartet wird. Zur Prüfung der Hypothesen wird der im Experiment erzielte Ertrag ins Verhältnis zu den anhand der begleitenden Fragebögen erhobenen Variablen gesetzt. Hierbei werden die Einflüsse

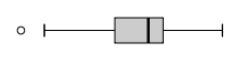

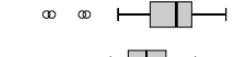

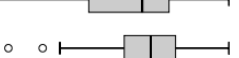

³³³ Auch die Überprüfung von gerichteten logarithmischen und verschiedenen exponentiellen Einflüssen zeigt eine ähnlich geringe Abhängigkeit des Entscheidungserfolgs von der Entscheidungsdauer und der Anzahl genutzter Informationen. Daher werden diese nicht separat aufgeführt.

- der Art der landwirtschaftlichen Ausbildung (Dummy-Variable),
- der Erfahrung in der Weizenproduktion,
- der Exaktheit der Ertragsermittlung im realen Anbau (Dummy-Variable) und
- des Purchase-Decision-Involvement (PDI)

untersucht. In linearen, log-linearen und logistischen Regressionen³³⁴ führen verschiedene Modellspezifikationen zu keiner einzigen Schätzung, in denen relevante (und signifikante) Einflüsse der endogenen Variablen auf den Entscheidungserfolg im Experiment festgestellt werden. Zudem werden teilweise die Prämissen der Regressionsverfahren verletzt. Daher wird der Effekt der exogenen Variablen separat untersucht.

Die Probanden mit einer höheren praktischen Ausbildung (Meister oder Techniker) haben im Vergleich zu den Probanden mit anderen Arten der Berufsausbildung die höchsten Erträge erzielt. Es handelt sich jedoch nur um tendenzielle Unterschiede. Dies zeigt sich anhand des p-Werts von 0,199 im Kruskal Wallis-Test (siehe Tabelle 58), weshalb Vermutung V1³³⁵ vorerst verworfen werden muss.

Tabelle 58: Zusammenhang zwischen dem Ertrag im Experiment und landwirtschaftlicher Ausbildung (Mehrertrag der gewählten Sorten im Vergleich zu den Sorten mit den niedrigsten Erträgen (in %); Kategorie „prakt. und akad. Ausbildung“ = Geselle und Hochschulstudium; n = 145; Kruskal Wallis-Test, * p < 0,05)

Verteilung der Erträge (Mehrertrag in %) innerhalb der Gruppen „Art der landwirtschaftlichen Ausbildung“		arithm. Mittelwert	Median	(n)
keine abgeschlossene Ausbildung		10,6	11,0	(42)
Geselle		10,7	11,3	(14)
höhere prakt. Ausb. (Meister oder Techniker)		11,4	12,1	(24)
Fachhochschulstudium		11,1	10,9	(12)
Universitätstudium		10,4	10,8	(26)
prakt. und akad. Ausbildung		10,9	11,1	(27)

0 3 6 9 12 15
Mehrertrag (%)

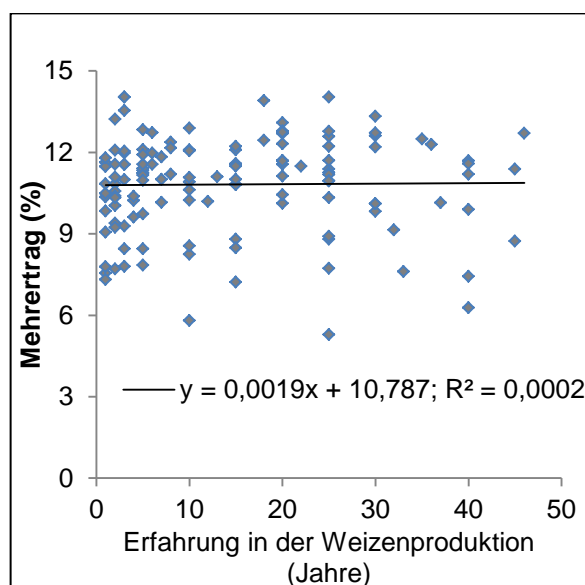
Bemerkenswert ist an dieser Stelle, dass der Entscheidungserfolg von Probanden ohne abgeschlossene Ausbildung auf ähnlichem Niveau liegt, wie der Erfolg der Probanden der übrigen Gruppen. Allerdings liegt zu den einzelnen Gruppen nur eine begrenzte Anzahl an Beobachtungen vor. Bei einer weiteren Studie könnte durch eine Vergrößerung der Stichprobe untersucht werden, ob der vermutete Zusammenhang zwischen der Art der Ausbildung und dem Erfolg bei der Sortenwahl deutlicher hervortritt.

³³⁴ Beispielhaft ist die lineare Regression mit den vier exogenen Variablen in Anhang 28 aufgeführt.

³³⁵ V1: Die Art der landwirtschaftlichen Ausbildung hat einen Einfluss auf den Entscheidungserfolg der Landwirte.

Die Hypothesen zum Einfluss der Erfahrung, der Exaktheit der Messung der Erträge und des Involvements beziehen sich auf die Erkenntnisse von Rieskamp und Otto (2006) zur Auswahl von heuristischen Entscheidungsverfahren und auf die von Bach (2000) beschriebene Anpassung von mentalen Modellen durch die Rückkopplung von Entscheidungsergebnissen. Die Erfahrung in der Weizenproduktion (in Jahren) bestimmt u. a., wie häufig Probanden grundsätzlich eine Rückkopplung von Entscheidungsergebnissen und insbesondere aus Jahren mit unterschiedlichen Witterungsbedingungen erhalten haben können. Die Ergebnisse des Experiments zeigen jedoch, dass die Erfahrung im Weizenanbau die Unterschiede im Entscheidungserfolg nicht erklären können. Es liegt keine signifikante Korrelation vor (siehe Abbildung 24). Sowohl erfahrene als auch unerfahrene Probanden erzielen relativ hohe bzw. niedrige Erträge. Hypothese H5³³⁶ wird folglich nicht unterstützt und muss verworfen werden. Die Vermutung, dass mit steigender Erfahrung bessere Vorstellungen darüber vorliegen, welche Faktoren eine besonders hohe Ertragsrelevanz haben, wird nicht bestätigt.

Abbildung 24: Zusammenhang zwischen dem Ertrag im Experiment und der Erfahrung in der Weizenproduktion (Mehrertrag der gewählten Sorten im Vergleich zu den Sorten mit den niedrigsten Erträgen (in %); Erfahrung in Jahren; n = 145)



Die Exaktheit der Messung der Erträge nimmt Einfluss darauf, wie genau die Entscheidungsergebnisse beobachtet werden können. Hypothese H6³³⁷ bezieht sich auf die Überlegung, dass durch eine exakte Ertragsmessung auf Schlagebene Unterschiede des Entscheidungsergebnisses im praktischen Anbau genauer identifiziert werden können. Hierdurch könnten im Vergleich zu weniger exakten Ertragsmessungen präzisere Rückschlüsse auf die Ursachen und die Stärke des Effekts dieser Faktoren ermittelt werden.

³³⁶ H5: Mit steigender Erfahrung in der Weizenproduktion steigt der Entscheidungserfolg der Landwirte.

³³⁷ H6: Je exakter die Erträge ermittelt werden, desto höher ist der Entscheidungserfolg bei der Sortenwahl.

Die Erträge der Probanden, die im realen Anbau die Erträge exakt für jeden Schlag ermitteln, liegen nur minimal über denen der Probanden, die keine exakten Messungen der Erträge auf Schlagebene durchführen (siehe Tabelle 59). Folglich hat auch die Exaktheit der Ertragsermittlung keinen signifikanten Einfluss auf den Entscheidungserfolg. Dies wird anhand des p-Werts von 0,174 im Kruskal-Wallis-Test deutlich. Die Rückkopplung der Ergebnisse im praktischen Anbau führen also nicht dazu, dass die Probanden dazu in der Lage sind, besser angepasste mentale Modelle über den Zusammenhang zwischen Produktionssystemen, Sorteneigenschaften und Ertrag zu bilden. Dieses Ergebnis beruht auf dem Vergleich von relativ großen Beobachtungszahlen in beiden Gruppen. Somit besteht nur eine geringe Wahrscheinlichkeit, dass eine Ausdehnung der Stichprobengröße zu eindeutigeren Unterschieden führen wird. Daher wird Hypothese H6 verworfen.

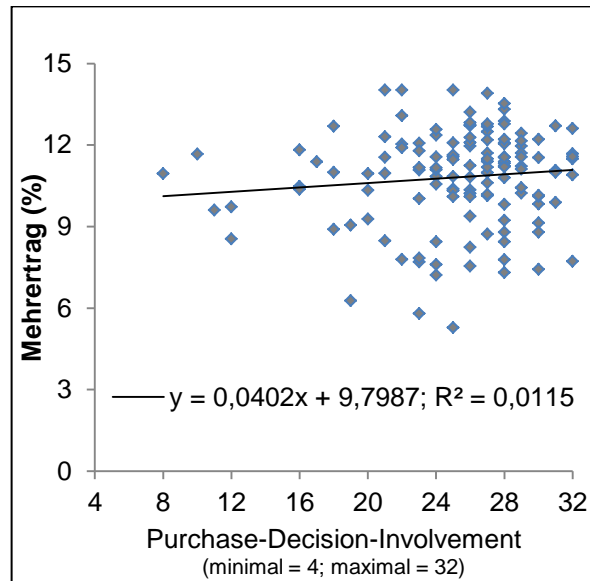
Tabelle 59: Zusammenhang zwischen dem Ertrag im Experiment und Art der Ertragsmessung (Mehrertrag der gewählten Sorten im Vergleich zu den Sorten mit den niedrigsten Erträgen (in %); n = 145; Kruskal Wallis-Test, * p < 0,05)

Verteilung der Erträge (Mehrertrag in %) innerhalb der Gruppen „Art der Ertragsmessung“	Arithm. Mittelwert	Median	(n)
Exakte Ertragsmessung (Ertragskartierung oder separate Wiegung des Ertrags je Schlag)	11,0	11,2	(73)
Keine exakte Ertragsmessung	10,6	11,0	(72)

Auch das Entscheidungs-Involvement steht in keinem Zusammenhang mit dem Entscheidungserfolg der Landwirte. Während einige Landwirte mit stark ausgeprägtem Involvement hohe Erträge erzielen, schneiden andere Landwirte mit der gleichen Einschätzung zur persönlichen Bedeutung der Sortenwahl unterdurchschnittlich im Experiment ab (siehe Abbildung 25). Offensichtlich stehen diese Einschätzungen also nicht im Zusammenhang mit der Fähigkeit zur Inferenz auf die Ertragsleistung auf Basis der Informationen der beschreibenden Sortenliste. Eine höhere subjektiv wahrgenommene Bedeutung der Sortenwahl führt nicht dazu, dass besser angepasste mentale Modelle vorliegen. Bei weiteren Untersuchungen könnten andere Involvement-Skalen verwendet werden. Hierdurch kann überprüft werden, ob die persönliche Wahrnehmung der Relevanz tatsächlich keinen Einfluss hat oder ob das Messverfahren für diese Fragestellung ungeeignet ist. Bis dahin muss Hypothese H7³³⁸ (vorerst) verworfen werden.

³³⁸ H7: Je höher das Involvement der Landwirte bei der Sortenwahl ist, desto höher ist der Entscheidungserfolg der Landwirte.

Abbildung 25: Zusammenhang zwischen Ertrag im Experiment und Purchase-Decision-Involvement (Mehrertrag der gewählten Sorten im Vergleich zu den Sorten mit den niedrigsten Erträgen (in %); n = 132)



Der vermutete Einfluss von Erfahrung, Exaktheit der Ertragsermittlung und Involvement erklärt die Unterschiede im Entscheidungserfolg nicht. Eine mögliche Ursache hierfür könnte sein, dass die Probanden im praktischen Anbau insgesamt nur eine geringe Anzahl an Beobachtungen (Anzahl angebaute Sorten) haben und zu viele Faktoren den Weizenertrag beeinflussen. Hierdurch könnten eindeutige Schlussfolgerungen, unabhängig von der Ausprägung der Erfahrung, der Ertragsmessung und des Involvements, erschwert sein. Bei der Frage nach den Ursachen für Unterschiede in der Fähigkeit zur Bildung mentaler Modelle in Abhängigkeit verschiedener Produktionssysteme besteht somit weiterer Forschungsbedarf. Bezüglich des Einflusses der Ausbildungsart erscheint eine weitere Überprüfung angebracht. Durch die Ausdehnung der Stichprobe kann untersucht werden, ob dieser Faktor tatsächlich nicht bzw. nur in solch geringem Umfang zur Erklärung von Unterschieden im Entscheidungserfolg bei der Sortenwahl beitragen kann. Wenn die Art der Ausbildung einen Einfluss hat, kann zum einen nach den inhaltlichen Ursachen für diese gesucht und die Ausbildung gegebenenfalls angepasst werden. Zudem kann die Identifikation von ausbildungsbezogenen Unterschieden dazu genutzt werden, um Empfehlungen für die Ausbildungswahl in Abhängigkeit der angestrebten Tätigkeit, z. B. Leitung der Pflanzenproduktion, zu entwickeln. Landwirtschaftliche Betriebe können bei der Besetzung von Stellen im Bereich der Pflanzenproduktion Bewerber mit bestimmten Ausbildungsarten bevorzugen.

5.6.4 Heuristische Prinzipien und Entscheidungsverfahren

Die in Abschnitt 5.6.1 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Landwirte bei Entscheidungen nicht alle verfügbaren Informationen verwenden. Ein Teil der Reduktion der gesamten Informationsmenge ergibt sich dadurch, dass nicht alle Informationen zu den Produktions-

systemen berücksichtigt werden.³³⁹ Im Nachfolgenden wird näher auf die Anwendung folgender heuristischer Prinzipien zur Reduktion der externen Informationen über Merkmalsausprägungen der Alternativen eingegangen:

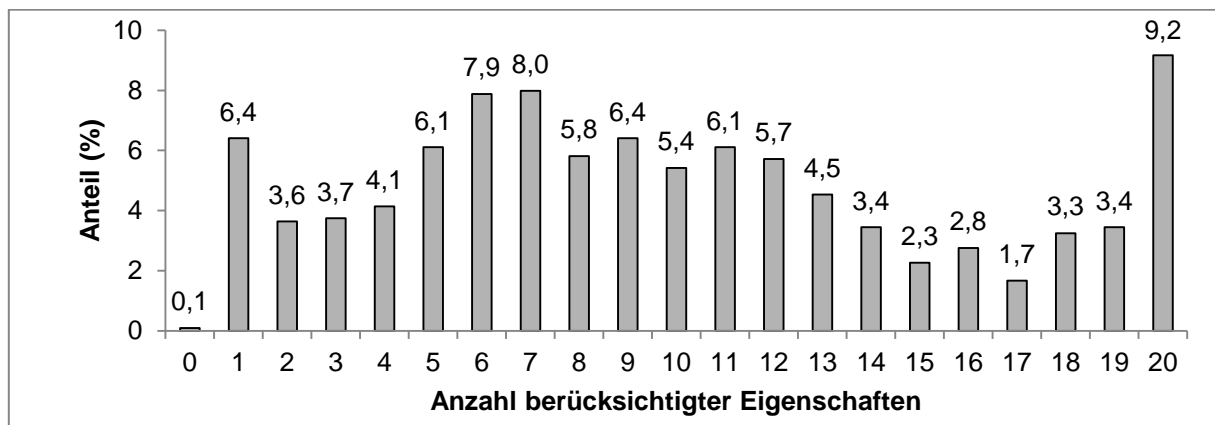
- Reduktion der berücksichtigten Eigenschaften,
- Reduktion der berücksichtigten Alternativen,
- Anwendung nicht-kompensatorischer Entscheidungsregeln und
- Nutzung von Schlüsselinformationen.

Hierauf aufbauend wird beschrieben, inwiefern heuristische Entscheidungsverfahren angewendet werden.

5.6.4.1 Reduktion der Anzahl berücksichtigter Eigenschaften

Die Landwirte berücksichtigen im arithmetischen Mittelwert aller Beobachtungen³⁴⁰ 9,9 und im Median 9,6 Eigenschaften bei der Entscheidungsfindung (siehe Tabelle 56). Insgesamt zeigt sich eine große Variation. Während die Entscheidungen in 6,4% der Beobachtungen aufgrund von Informationen zu einer einzigen Eigenschaft getroffen werden, erfolgt die Auswahl in 9,2% unter Einbeziehung aller Eigenschaften (siehe Abbildung 26). In über 90% der Beobachtungen beziehen die Landwirte nicht alle Eigenschaften in die Entscheidung ein. Dies unterstützt Vermutung V2³⁴¹.

Abbildung 26: Anzahl berücksichtigter Eigenschaften in den Entscheidungssituationen (n = 1.015; jeweils sieben Beobachtungen der 145 Landwirte)



Wenn zu einer Eigenschaft keine Ausprägung abgefragt wird, dann wird diese Eigenschaft bzw. die (externe) Information über die aktuelle Ausprägung der Eigenschaft nicht in die Beurteilung der Alternativen einbezogen. Die Eigenschaft wird folglich als nicht (ausreichend) relevant für die Ausprägung der Zielvariable „Ertrag“ angesehen. Die Anzahl der berücksichtigten Eigenschaften ist folglich ein Indikator für die Größe der mentalen Modelle der Land-

³³⁹ Siehe Abschnitt 5.6.1.1.

³⁴⁰ N = 1.015 (7 Entscheidungen x 145 Probanden).

³⁴¹ V2: Ein Teil der Landwirte berücksichtigt bei der Sortenwahl von Winterweizen nur einen Teil der Eigenschaften und Cues.

wirte. Während einige Landwirte eine einzige Eigenschaft als so ertragsrelevant ansehen, dass sie von einer Einbeziehung weiterer Eigenschaften in die Entscheidung absehen, bewerten andere Landwirte alle 20 Eigenschaften als ertragsrelevant und berücksichtigen diese vollumfänglich.

Jedoch kann aufgrund der genutzten Anzahl von Eigenschaften nur bedingt auf die Größe der mentalen Modelle geschlossen werden. Schließlich stehen im Experiment zwei Schlüsselinformationen zur Verfügung: der Sortenname und das Zulassungsjahr. Durch die Nutzung der Schlüsselinformationen kann auf die Ausprägung einzelner Eigenschaften geschlossen werden. So kann ein Landwirt durch den Sortennamen auf interne Informationen - z. B. Wissen über die Ausprägungen einzelner Eigenschaften - zurückgreifen und die entsprechende Eigenschaft auch ohne Nutzung der im Experiment angebotenen Informationen in die Entscheidung einbezogen haben. Auf die Nutzung der Schlüsselinformationen wird in Abschnitt 5.6.4.4 näher eingegangen.

5.6.4.2 Reduktion der Anzahl berücksichtigter Alternativen

Die Reduktion der berücksichtigten Alternativen zeigt sich im Experiment daran, dass zu einzelnen Alternativen keine Merkmalsausprägungen abgerufen werden. Dieses Verhalten ist gleichbedeutend mit dem Entscheidungsverfahren *satisficing* und wird bei 0,6% aller Entscheidungen beobachtet (siehe Tabelle 60). Hierdurch wird Vermutung V3³⁴², wenn auch nur in sehr geringem Umfang, unterstützt.

Tabelle 60: Anwendung (heuristischer) Entscheidungsverfahren (n = 1.015, 145 Landwirte x 7 Entscheidungssituationen; * = Kombination von nicht-kompensatorischen und kompensatorischen bzw. satisfizierenden Entscheidungsregeln)

Entscheidungsverfahren	Anteil (in %)
<i>satisficing</i>	0,6
nicht-kompensatorisch <i>take the best</i>	6,3
<i>elimination by aspect</i>	0,1
rein kompensatorisch	33,3
kombiniert*	56,7
keine Anwendung heuristischer Entscheidungsverfahren	3,0
zufällige Auswahl	0,1

Die Reduktion der Informationsmenge durch dieses heuristische Prinzip bzw. Entscheidungsverfahren wird im Vergleich zur zuvor thematisierten Reduktion der Menge berücksichtigter Eigenschaften deutlich seltener angewendet. Allerdings ist dieses Ergebnis nur bedingt auf das reale Entscheidungsverhalten übertragbar. Dies liegt daran, dass im Experiment mit sieben Sorten im Vergleich zu realen Entscheidungssituationen, bei denen potenziell aus ca. 160 Sorten gewählt werden kann, eine deutlich geringere Anzahl an Alternativen zur Aus-

³⁴² V3: Ein Teil der Landwirte wendet bei der Sortenwahl für Winterweizen *satisficing* an.

wahl steht. Die Anzahl der Alternativen hat einen Effekt auf die Anwendung von Entscheidungsverfahren (z. B. Payne 1976; Payne & Braunstein 1978). Im Experiment entspricht die Anzahl der Alternativen in etwa der Anzahl der von der staatlichen Beratung empfohlenen Sorten.³⁴³ Eine vorsichtigere Interpretation des Ergebnisses lautet daher: Wenn Landwirte mit einer reduzierten Auswahl an Sorten konfrontiert sind, dann wendet ein geringer Anteil der Landwirte *satisficing* an. Zur Auswirkung der Anzahl der Alternativen auf die Anwendung von *satisficing* besteht weiterer Forschungsbedarf. Hierbei könnte z. B. der Effekt der Variation der Sorten untersucht werden.

Wenn eine Vergrößerung der Anzahl der Alternativen nicht dazu führt, dass *satisficing* vermehrt angewendet wird, dann könnten mehr Sorten in den Empfehlungen der staatlichen Beratung aufgeführt werden. Hierdurch könnte der Entscheidungsraum der Landwirte, die diese Quellen bei der Sortenwahl nutzen, vergrößert werden. Wenn jedoch mit einer Ausweitung der Alternativen die vermehrte Anwendung von *satisficing* festgestellt wird, könnte die Beibehaltung der relativ geringen Anzahl empfohlener Sorten vorteilhaft sein. Dann kann die Beschränkung auf „absolut empfehlenswerte“ Sorten nützlich sein, da eine Ausdehnung der Menge an empfohlenen Alternativen durch die Einbeziehung „grundsätzlich empfehlenswerter“ Sorten dazu führen könnte, dass ein Teil der „absolut empfehlenswerten“ Sorten im Zuge der Anwendung von *satisficing* unberücksichtigt bleibt.

Aus der Anwendung von *satisficing* kann darauf geschlossen werden, dass die Probanden den Nutzen des Vergleichs aller Alternativen im Verhältnis zum Entscheidungsaufwand beim Vergleich aller Alternativen als zu gering ansehen. Hierfür können ein zu geringer Anreiz und die Einschätzung über eine weitgehende Übereinstimmung der Alternativen in relevanten Eigenschaften ursächlich sein. *Satisficing* wird unabhängig von der Schlaggröße (1 ha und 5 ha) angewendet.³⁴⁴ Folglich scheint nicht primär die Höhe des Anreizes, sondern die Erwartung über die Unterschiedlichkeit der Alternativen und die Steigerung des Entscheidungserfolgs durch die Beurteilung aller Alternativen ursächlich zu sein.

5.6.4.3 Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen

Die Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen führt zum Ausschluss von Alternativen. Insgesamt berücksichtigen die Landwirte in den 1.015 Entscheidungssituationen 10.052 einzelne Eigenschaften, was im arithmetischen Mittel 9,9 Eigenschaften je Entscheidungssituation entspricht.

In 10,1% der Beobachtungen werden hierbei nicht-kompensatorische und in 80,5% kompensatorische Merkmalsbeurteilungen angewendet. Die am häufigsten nicht-kompensatorisch beurteilten Eigenschaften sind der Sortenname, der in 15% aller Entscheidungssituationen

³⁴³ Siehe Abschnitt 4.3.3.3.

³⁴⁴ Siehe Tabelle 67.

zum Ausschluss von Alternativen führt, sowie Kornertrag Stufe 2 mit 13,6% und Kornertrag Stufe 1 mit 10,0%.

Bei einem Anteil von 9,4% der berücksichtigten Eigenschaften ist keine eindeutige Zuordnung möglich. Hierbei handelt es sich um die zuletzt berücksichtigten Eigenschaften vor der Auswahl.³⁴⁵

Die ausschließliche Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen bei der attributbasierten Informationssuche ist je nach Anzahl der berücksichtigten Eigenschaften gleichbedeutend mit den heuristischen Entscheidungsverfahren *take the best* oder *elimination by aspects*. Während zu Beginn der Informationssuche die Eigenschaftsausprägungen aller sieben Alternativen berücksichtigt werden, nimmt die Anzahl der berücksichtigten Ausprägungen einzelner Eigenschaften im weiteren Verlauf ab.

Bei der *take the best heuristic* werden Entscheidungen aufgrund des Vergleichs der Ausprägungen einer einzigen Eigenschaft getroffen. Folglich werden zuvor keine anderen Eigenschaften berücksichtigt, wodurch eine eindeutige Interpretation der Merkmalsbeurteilung erfolgen kann: die vorliegenden Merkmalsausprägungen der Eigenschaft werden von Probanden als nicht-kompensierbar eingestuft. Dies wird in 6,3% aller Entscheidungen beobachtet. Hiermit wird Vermutung V4³⁴⁶ unterstützt (siehe Tabelle 60). Zur Anwendung dieses Entscheidungsverfahrens werden im Experiment lediglich sieben Informationen zu den Merkmalsausprägungen der Alternativen benötigt. Die Anwendung der *take the best heuristic* führt folglich zu einer sehr starken Reduktion der genutzten (externen) Informationen.

Der stufenweise Ausschluss von Alternativen durch die konsequente und mehrfache Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen - *elimination by aspect* - wird nur ein einziges Mal beobachtet. Vermutung V5³⁴⁷ wird damit nur im geringstmöglichen Maße unterstützt. Demgegenüber werden rein kompensatorische Entscheidungsverfahren in deutlich größerem Umfang beobachtet. Bei einem Drittel aller Entscheidungen werden ausschließlich kompensatorische Merkmalsbeurteilungen vorgenommen.³⁴⁸ Dies unterstützt Vermutung V6³⁴⁹. Ein Beispiel für ein rein kompensatorisches Entscheidungsverfahren ist in Tabelle 61 abgetragen. Der Proband öffnet zunächst alle Informationen über das Produktionssystem. Anschließend werden die Merkmalsausprägungen bei neun Eigenschaften für jeweils alle sieben Alternativen zugänglich gemacht. Der Proband verwendet 70 der 140 Informationen

³⁴⁵ Die Erklärung für die Schwierigkeit einer eindeutigen Zuordnung der Art der Merkmalsbeurteilung bei der zuletzt berücksichtigten Eigenschaft findet sich in Abschnitt 5.1.3.5.

³⁴⁶ V4: Ein Teil der Landwirte wendet das heuristische Entscheidungsverfahren *take the best* bei der Sortenwahl für Winterweizen an.

³⁴⁷ V5: Ein Teil der Landwirte wendet das heuristische Entscheidungsverfahren *elimination by aspects* bei der Sortenwahl für Winterweizen an.

³⁴⁸ Dieser Anteil bezieht sich auf Entscheidungen, bei denen die Anzahl der Eigenschaften reduziert ist. Der Fall, dass ausschließlich kompensatorische Merkmalsausprägungen für alle Eigenschaften durchgeführt werden, wird weiter unten in diesem Abschnitt separat aufgeführt.

³⁴⁹ V6: Ein Teil der Landwirte wendet rein kompensatorische Entscheidungsverfahren bei der Sortenwahl für Winterweizen an.

über die Merkmalsausprägungen der Alternativen. Die Reduktion der Informationsmenge erfolgt ausschließlich dadurch, dass nicht alle Eigenschaften berücksichtigt werden.

Tabelle 61: Beispiel eines rein kompensatorischen Entscheidungsverfahrens (in Klammern ist die Reihenfolge der Informationssuche abgetragen; Teilnehmer-Nr. 124, Produktionssystem MW1).

Produktionssystem MW1								
Standort	Marburg (1)	Ackerzahl	75 (5)	Anbaue- biet	Mittellagen Südwest (9)	Boden- Klima- Raum	Zentral- hessische Ackerbau- gebiete (13)	
Vorfrucht	Winter- weizen (2)	Stärke Krume (cm)	30 (6)	Höhe über NN (m)	190 (10)	Bodentyp	Para- braunerde (14)	
Aussaatdatum	18.10. (3)	Humus- gehalt	humos (7)	Ø Jahres- tempera- tur (°C)	8,5 (11)	Geologi- sche Herkunft	Bund- sandstein (15)	
Schlaggröße (ha)	1 (4)	Kulturzu- stand Boden	gut (8)	Nieder- schlag (mm)	605 (12)	Bodenart der Krume	Schluffiger Lehm (16)	
Alternativen								
	A	B	C	D	E	F	G	
Sortenname	JB Asano (17)	Julius (18)	Kometus (19)	Opal (20)	Patras (21)	Rebell (22)	Sailor (23)	
Jahr der Zulassung	2008	2008	2011	2011	2012	2013	2010	
Ährenschieben	4	5	5	6	5	5	5	
Reife	4	6	5	6	5	5	5	
Pflanzenlänge	5	5	4	5	4	3	6	
Neigung zu Auswinterung	6 (45)	3 (46)	6 (47)	4 (48)	4 (49)	6 (50)	3 (51)	
Neigung zu Lager	5 (38)	3 (39)	3 (40)	4 (41)	4 (42)	5 (43)	5 (44)	
Anfälligkeit für	Halmbruch	5 (81)	5 (82)	6 (84)	5 (86)	6 (88)	3 (90)	6 (92)
	Mehltau	3 (80)	4 (83)	2 (85)	3 (87)	3 (89)	3 (91)	5 (93)
	Blattseptoria	7 (73)	3 (74)	5 (75)	3 (76)	5 (77)	5 (78)	5 (79)
	DTR	5 (52)	5 (53)	4 (54)	3 (55)	5 (56)	6 (57)	4 (58)
	Gelbrost	7	2	7	2	2	2	4
	Braunrost	5 (72)	4 (71)	6 (70)	6 (69)	4 (67)	3 (68)	3 (66)
	Ährenfusarium	6 (59)	5 (60)	4 (61)	3 (62)	4 (63)	5 (64)	3 (65)
	Spelzbräune	6	5	5	4	5	-	5
Bestandesdichte	5	6	6	4	4	5	5	
Kornzahl je Ähre	5	5	6	7	5	7	5	
TKM	7	6	4	5	7	4	6	
Kornertrag Stufe 1	7 (25)	7 (26)	6 (28)	6 (30)	7 (32)	7 (34)	6 (36)	
Kornertrag Stufe 2	7 (24)	7 (27)	6 (29)	6 (31)	7 (33)	7 (35)	6 (37)	
Auswahl			(93)					

Der größte Anteil der Entscheidungen beruht auf kombinierten Entscheidungsverfahren. Diese setzen sich aus nicht-kompensatorischen und kompensatorischen bzw. satisfizierenden Merkmalsbeurteilungen zusammen. Dieses Vorgehen wird bei 56,7% aller Entscheidungen beobachtet, wodurch Vermutung V7³⁵⁰ unterstützt wird.

In Tabelle 62 ist ein Beispiel für die kombinierte Anwendung von kompensatorischen, nicht-kompensatorischen und satisfizierenden Entscheidungsregeln abgebildet. Zunächst öffnet der Proband Informationen über das Produktionssystem (Standort, Vorfrucht, Aussaatdatum und Ackerzahl). Anschließend werden die Sortennamen aller sieben Alternativen abgefragt. Daraufhin werden die Ausprägungen der Anfälligkeit für Ährenfusarium aller Alternativen zugänglich gemacht. Folglich wird der Sortenname in diesem Beispiel nicht zum Ausschluss von Alternativen genutzt und damit kompensatorisch beurteilt. Nach der Betrachtung der Anfälligkeit für Ährenfusarium werden ausschließlich Merkmalsausprägungen von Alternative D abgefragt. Diese alternativenbasierte Informationssuche repräsentiert die satisfizierende Merkmalsbeurteilung. Die zuvor berücksichtigte Anfälligkeit für Ährenfusarium dient in diesem Beispiel offensichtlich als Ausschlusskriterium und wird nicht-kompensatorisch beurteilt. Alternative D hat in dieser Eigenschaft mit einer Merkmalsausprägung von „3“ die positivste Ausprägung. Die übrigen Alternativen weisen Ausprägungen zwischen „4“ und „6“ auf. Der Proband toleriert folglich eine maximale Ausprägungseinstufung der Anfälligkeit für Ährenfusarium von „3“. Dieser Wert stellt die Mindestanforderung dar. Insgesamt nutzt der Proband 17 der 140 verfügbaren Informationen über die Merkmalsausprägungen der Alternativen. Die Verringerung des Entscheidungsaufwands basiert sowohl auf der Berücksichtigung von weniger Eigenschaften als auch auf dem Ausschluss von Alternativen.

Die kompensatorische Beurteilung der Sortennamen in diesem Beispiel zeigt die in Abschnitt 5.1.3.5 beschriebene Schwierigkeit der eindeutigen Schlussfolgerung auf die Intention der beobachteten Art der Merkmalsbeurteilung. Unter der grundsätzlichen Annahme, dass Probanden einen möglichst geringen Entscheidungsaufwand anstreben, ist der frühzeitige Ausschluss von Alternativen vorteilhaft, da zu den ausgeschlossenen Alternativen nachfolgend keine Informationen gesammelt werden (müssen). Daher ist es rational, zunächst Eigenschaften zu berücksichtigen, bei denen Mindestanforderungen vorliegen, deren Unterschreitung nicht durch andere Merkmalsausprägungen aufgewogen werden kann. Der Sortenname wird als erstes berücksichtigt, jedoch nicht zum Ausschluss von Alternativen verwendet. Das nachfolgende Kriterium - die Anfälligkeit für Ährenfusarium - wird zum Ausschluss verwendet. Dies zeigt die grundsätzliche Bereitschaft des Probanden, den Entscheidungsraum im Verlauf des Entscheidungsprozesses einzuschränken.

³⁵⁰ V7: Ein Teil der Landwirte wendet kombinierte Entscheidungsverfahren bei der Sortenwahl für Winterweizen an.

Tabelle 62: Beispiel eines kombinierten Entscheidungsverfahrens (bestehend aus einer kompensatorischen, einer nicht-kompensatorischen und mehreren satisfizierenden Merkmalsbeurteilungen; in Klammern ist die Reihenfolge der Informationssuche abgetragen; Teilnehmer-Nr. 120, Produktionssystem MM1).

Produktionssystem MM1								
Standort	Marburg (1)	Ackerzahl	75 (4)	Anbau- gebiet	Mittellagen Südwest	Boden- Klima- Raum	Zentral- hessische Ackerbau- gebiete	
Vorfrucht	Mais (2)	Stärke Krume (cm)	70	Höhe über NN (m)	190	Bodentyp	Para- braunerde	
Aussaatdatum	22.10. (3)	Humus- gehalt	humos	Ø Jahres- tempera- tur (°C)	8,5	Geologi- sche Her- kunft	Bundsand- stein	
Schlaggröße (ha)	1	Kulturzu- stand Boden	gut	Nieder- schlag (mm)	605	Bodenart der Krume	Schluffiger Lehm	
Alternativen								
	A	B	C	D	E	F	G	
Sortenname	JB Asano (5)	Julius (6)	Dichter (7)	Opal (8)	Patras (9)	Pionier (10)	RGT Re- form (11)	
Jahr der Zulassung	2008	2008	2014	2011	2012	2013	2014	
Ährenschieben	4	5	6	6	5	5	5	
Reife	4	6	6	6	5	6	6	
Pflanzenlänge	5	5	3	5	4	5	3	
Neigung zu Auswinterung	6	3	4	4	4	5	4	
Neigung zu Lager	5	3	3	4	4	3	3	
Anfälligkeit für	Halmbruch	5	5	6	5	6	5	5
	Mehltau	3	4	3	3	3	3	3
	Blattseptoria	7	3	2	3	5	3	4
	DTR	5	5	4	3 (19)	5	4	5
	Gelbrost	7	2	2	2	2	4	2
	Braunrost	5	4	2	6	4	5	3
	Ährenfusarium	6 (12)	5 (13)	4 (14)	3 (15)	4 (16)	5 (17)	4 (18)
	Spelzbräune	6	5	-	4	5	4	-
Bestandesdichte	5	6	6	4	4	6	6	
Kornzahl je Ähre	5	5	9	7 (20)	5	7	5	
TKM	7	6	3	5 (21)	7	4	6	
Kornertrag Stufe 1	7	7	8	6	7	8	8	
Kornertrag Stufe 2	7	7	7	6	7	7	8	
Auswahl				(22)				

Hierauf aufbauend kann vermutet werden, dass auch die Verwendung des Sortennamens als Ausschlusskriterium intendiert war, die Informationen jedoch nicht (ausreichend) diskriminierend sind. Dies kann dadurch begründet sein, dass keine Assoziationen zu den Sorten-

namen oder keine ausreichenden Unterschiede zwischen den erinnerten Eigenschaften vorliegen. Wenn andere Sorten, zu denen der Proband ausreichend diskriminierende Assoziationen hat, zur Auswahl gestanden hätten, dann wäre vermutlich bereits an dieser Stelle der Ausschluss von Alternativen erfolgt.

Ein solches Beispiel ist in Tabelle 63 abgetragen. Der Proband öffnet zunächst einige Informationen über das Produktionssystem und anschließend für alle Alternativen die Informationen zu den Sortennamen. Bei der nachfolgenden Suche nach weiteren Informationen werden zwei Sorten nicht mehr berücksichtigt. Offenbar genügen die mit den Sortennamen assoziierten Eigenschaften zum Ausschluss der Alternativen A und B. Die Beobachtung des Ausschlusses der Alternativen lässt den eindeutigen Schluss zu, dass diese eine Mindestanforderung nicht erfüllt haben und daher nicht weiter berücksichtigt werden. Auch in diesem Beispiel werden 17 der 140 Informationen zu Merkmalsausprägungen der Alternativen verwendet.

An der Verwendung aller 140 Informationen zeigt sich, dass keines der drei Prinzipien zur Reduktion der externen Informationsmenge angewendet wird. Die Nutzung der maximal verfügbaren Informationsmenge wird in 3% aller Entscheidungen festgestellt. Somit wird auch Vermutung V8³⁵¹ unterstützt.

In einer Beobachtung (< 0,1%) werden, nachdem einige Informationen zum Produktionssystem geöffnet werden, gar keine Informationen zu Merkmalsausprägungen zugänglich gemacht. Folglich hat der Proband in dieser Entscheidungssituation eine zufällige Wahl getroffen. Es lag offensichtlich kein mentales Modell vor, das unter dem gegebenen monetären Anreiz die Suche nach Informationen und die Anwendung eines Entscheidungsprozesses als nutzenbringend erscheinen ließ.

³⁵¹ V8: Ein Teil der Landwirte wendet keine heuristischen Prinzipien zur Reduktion der externen Informationsmenge an.

Tabelle 63: Beispiel eines kombinierten Entscheidungsverfahrens (bestehend aus nicht-kompensatorischen und kompensatorischen Merkmalsbeurteilungen; in Klammern ist die Reihenfolge der Informationssuche abgetragen; Teilnehmer-Nr. 91, Produktionssystem HR1).

Produktionssystem								
Standort	Bad Hersfeld (1)	Ackerzahl	53 (2)	Anbaugbiet	Höhenlagen Mitte / West	Boden-Klima-Raum	Osthessische Mittelgebirgs-lagen	
Vorfrucht	Winterraps (3)	Stärke Krume (cm)	30	Höhe über NN (m)	206 (12)	Bodentyp	Aueboden	
Aussaatdatum	07.10. (23)	Humusgehalt	humos	Ø Jahrestemperatur (°C)	8,1 (11)	Geologische Herkunft	Alluvium	
Schlaggröße (ha)	1	Kulturzustand Boden	gut-mittel	Niederschlag (mm)	670	Bodenart der Krume	Sandiger Lehm	
Alternativen								
	A	B	C	D	E	F	G	
Sortenname	JB Asano (4)	Julius (5)	Kometus (6)	Linus (7)	Meister (8)	Pamier (9)	Türkis (10)	
Jahr der Zulassung	2008	2008	2011	2010	2010	2008	2004	
Ährenschieben	4	5	5	5	5	5	5	
Reife	4	6	5	6	6	5	5	
Pflanzenlänge	5	5	4	4	5	3	5	
Neigung zu Auswinterung	6	3	6	4	6	4	4	
Neigung zu Lager	5	3	3	3	3	3	4	
Anfälligkeit für	Halmbruch	5	6	6	3	5	5	3
	Mehltau	3	3	2	4	4	2	2
	Blattseptoria	6	3	5	5	4	4	5
	DTR	6	4	4	6	4	5	6
	Gelbrost	4	2	5	3	8	-	4
	Braunrost	5	4	6	5	4	4	8
	Ährenfusarium	5	5	4	5	4	3	5
	Spelzbräune	6	5	5	5	5	4	5
Bestandesdichte	5	6	6	5	5	5	4	
Kornzahl je Ähre	5	5	6	7	6	7	7	
TKM	8	6	5	5	6	4	5	
Kornertrag Stufe 1	7	7	6 (22)	7 (21)	8 (20)	6 (19)	5 (18)	
Kornertrag Stufe 2	8	7	7 (13)	8 (14)	7 (15)	6 (16)	6 (17)	
Auswahl				(24)				

5.6.4.4 Verwendung von Schlüsselinformationen

Als Referenz zur Beurteilung der Verwendung der Schlüsselinformationen dient die Nutzung der „pflanzenbaulichen“ Eigenschaften.³⁵² Eine Übersicht zur durchschnittlichen Berücksichtigung von Merkmalsausprägungen einzelner Eigenschaften in den sieben Entscheidungssituationen ist in Tabelle 64 abgetragen.

Sortenname

Die Information „Sortenname“ wird von den Landwirten im arithmetischen Mittelwert aller Entscheidungssituationen mit 5,8-mal im Vergleich zu allen übrigen Eigenschaften am häufigsten verwendet. Die Unterschiede zur Anzahl der berücksichtigten Merkmalsausprägungen anderer Eigenschaften sind in allen Fällen statistisch signifikant (siehe Tabelle 64).

Der Sortenname wird in 88,6% der Beobachtungen in die Entscheidungen grundsätzlich einbezogen und in 80,7% aller Entscheidungssituationen für alle sieben Alternativen abgefragt. Der zweitgenannte Indikator zeigt, dass der Sortenname überwiegend zu einem Zeitpunkt berücksichtigt wird, bevor andere Eigenschaften zum Ausschluss von Alternativen verwendet werden. Zudem ist der Sortenname die einzige Eigenschaft, die bei Anwendung der *take the best heuristic* genutzt wird: 6,3% aller Entscheidungen basieren einzig auf der Information über die Sortennamen. In weiteren 8,7% wird der Sortenname nicht-kompensatorisch beurteilt und somit zum Ausschluss von Alternativen verwendet. Die Addition der Anteile dieser beiden Arten der nicht-kompensatorischen Merkmalsbeurteilungen ergibt, dass der Sortenname in 15% der Beobachtungen als Ausschlusskriterium verwendet wird. Somit weist der Sortenname in allen aufgeführten Indikatoren zur Stärke der Berücksichtigung die größten Ausprägungen auf. Dies unterstützt Vermutung V9³⁵³: Die Landwirte nutzen den Sortennamen als zentrales Kriterium bei der Sortenwahl.

Da die Eigenschaften im Experiment nicht randomisiert dargestellt werden³⁵⁴ und der Sortenname in der obersten Zeile der IDM aufgeführt ist, können Reihenfolgeeffekte eine Ursache für die starke Nutzung dieser Information sein. Der Sortenname kann nur von den Landwirten (zielführend) genutzt werden. Die Landwirte können gespeicherte Informationen zu einzelnen Sorten anhand des Sortennamens erinnern. Bei Studierenden (ohne praktische Erfahrung) kann angenommen werden, dass diese keine Informationen zu einzelnen Sorten gespeichert haben und deshalb durch den Sortennamen keine internen Informationen nutzen können.

³⁵² Durch die Betrachtung auf aggregierter Ebene wird die Informationsnutzung in den einzelnen Entscheidungssituationen geglättet. Daher eignet sich die Betrachtung der durchschnittlichen Informationsnutzung „pflanzenbaulicher“ Eigenschaften lediglich für einen Überblick. Die Relevanz dieser wird in den nachfolgenden Abschnitten durch den Vergleich der Informationsnutzung in einzelnen Produktionssystemen beschrieben.

³⁵³ V9: Der Sortenname wird von Landwirten als zentrales Kriterium bei der Sortenwahl genutzt.

³⁵⁴ Zur Begründung hierfür siehe Abschnitt 5.2.4.2.

Tabelle 64: Informationsnutzung zu einzelnen Eigenschaften in den sieben Entscheidungssituationen (n = 1015; 145 Landwirte x 7 Entscheidungssituationen; Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zwischen „Sortenname“ und den übrigen Eigenschaften: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)**

	Arithmetischer Mittelwert	Anteil (in %)			
		Berücksichtigt	7-mal berücksichtigt	nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilung	
Eigenschaften				<i>take the best heuristic</i>	Ausschlusskriterium
Sortenname	5,8	88,6	80,7	6,3	8,7
Jahr der Zulassung	1,2***	27,6	12,0	0,0	3,2
Ährenschieben	1,2***	26,4	12,9	0,0	2,5
Reife	2,5***	47,1	29,8	0,0	4,4
Pflanzenlänge	1,9***	38,7	21,0	0,0	3,5
Neig. Auswinterung	3,1***	54,9	37,4	0,0	5,7
Lager	2,5***	50,9	27,6	0,0	4,5
Halmbruch	2,3***	48,6	24,0	0,0	4,0
Mehltau	1,8***	42,3	17,3	0,0	2,9
Antälligkeit für Blattseptoria	2,1***	46,2	21,1	0,0	2,5
DTR	1,9***	43,1	18,6	0,0	2,3
Gelbrost	2,7***	56,9	28,7	0,0	3,0
Braunrost	2,0***	45,5	19,7	0,0	2,1
Ährenfusarium	2,6***	53,2	28,6	0,0	3,1
Spelzbräune	1,3***	32,9	11,1	0,0	3,5
Bestandesdichte	2,7***	51,2	31,1	0,0	5,3
Kornzahl / Ähre	2,2***	41,8	24,8	0,0	2,5
Tausendkornmasse	2,3***	43,3	27,8	0,0	6,4
Kornertrag Stufe1	4,3***	70,4	56,5	0,0	10,0
Kornertrag Stufe2	5,2*	80,8	68,9	0,0	13,6

Die Informationsnutzung der Studierenden wird zusätzlich als Referenz für die Bedeutung des Sortennamens herangezogen. Hierdurch kann überprüft werden, ob die Reihenfolge ursächlich für die Nutzung des Sortennamens durch die Landwirte ist. Die Studierenden nutzen die Information „Sortenname“ im Durchschnitt der sieben Entscheidungssituationen im arithmetischen Mittelwert 2,8-mal (siehe Anhang 27). Es liegen statistisch signifikante Unterschiede zwischen Landwirten und Studierenden vor.

Aus dem Unterschied kann gefolgert werden, dass die Nutzung des Sortennamens durch die Landwirte - wenn überhaupt - nur zu einem geringen Anteil auf Reihenfolgeeffekte zurückgeführt werden kann. Stattdessen scheinen inhaltliche Gründe - die Verwendung eigener Erfahrungen und gespeicherten Wissens - ursächlich für die starke Nutzung des Sortennamens durch die Landwirte zu sein. Die Landwirte können den Sortennamen nutzen, um zu über-

prüfen, ob zu den Alternativen interne Informationen vorliegen. Hierdurch können Eigenschaften von Sorten erinnert und es kann auf eine externe Informationssuche verzichtet werden. Zudem können eigene Erfahrungen mit Sorten zu Informationen führen, die in den Beschreibenden Sortenlisten, die die Quellen für die Informationen zu Merkmalsausprägungen im Experiment darstellen, nicht aufgeführt sind. Eigene Erfahrungen beinhalten Informationen über die Leistungsfähigkeit in den eigenen (spezifischen) Produktionssystemen der Landwirte. Wenn die Landwirte die im Experiment beschriebenen Produktionssysteme als (ausreichend) vergleichbar mit den eigenen Produktionssystemen ansehen, können sie eigene Erfahrungen als Information über die spezifische Leistungsfähigkeit in diesem Produktionssystem verwenden. Die Ausprägungseinstufungen in der Beschreibenden Sortenliste hingegen beschreiben die durchschnittlichen Merkmalsausprägungen und Leistungen in verschiedenen Umwelten und sind dadurch stärker aggregiert.³⁵⁵ Somit könnten die eigenen Erfahrungen im Vergleich zu den Angaben in der Beschreibenden Sortenliste von den Landwirten als validere Informationen zur Inferenz angesehen werden.

Ein Beispiel für die Nutzung des Sortennamens findet sich in Tabelle 65. Der Proband öffnet zunächst einige Informationen über das Produktionssystem. Anschließend werden die Informationen zu „Sortenname“ und „Kornertrag Stufe 2“ für alle sieben Alternativen zugänglich gemacht. Nachfolgend werden keine weiteren Informationen gesammelt. Anstelle von Alternative A oder D, die die positivste Ausprägung in „Kornertrag Stufe 2“ aufweisen, wählt der Proband Alternative B. Diese ist in „Kornertrag Stufe 2“ unterlegen. Der Proband hat unter anderem Erfahrungen mit den Alternativen A, B und D. Da keine weiteren Informationen geöffnet werden, muss der Proband folglich auf seine Erfahrungen mit den Sorten zurückgegriffen haben. Offensichtlich überwiegen die positiven Erfahrungen bzw. die erinnerten Merkmalsausprägungen, sodass Alternative B trotz der Unterlegenheit in „Kornertrag Stufe 2“ und ohne weitere Informationssuche ausgewählt wird.

³⁵⁵ Siehe Abschnitt 4.3.3.1.

Tabelle 65: Beispiel für die Nutzung eigener Erfahrungen bei der Sortenwahl (in Klammern ist die Reihenfolge der Informationssuche abgetragen; Teilnehmer-Nr. 35, Produktionssystem HR1; der Proband hat Erfahrungen mit den Sorten „JB Asano“, „Linus“, „Julius“, „Pionier“, „Patras“, „RGT Reform“ und „Discus“.)

Produktionssystem								
Standort	Bad Hersfeld (1)	Ackerzahl	53 (2)	Anbaugebiet	Höhenlagen Mitte / West	Boden-Klima-Raum	Osthessische Mittelgebirgslagen	
Vorfrucht	Winterraps (20)	Stärke Krume (cm)	30	Höhe über NN (m)	206	Bodentyp	Aueboden	
Aussaatdatum	07.10. (5)	Humusgehalt	humos	Ø Jahrestemperatur (°C)	8,1 (4)	Geologische Herkunft	Alluvium	
Schlaggröße (ha)	1	Kulturzustand Boden	gut-mittel	Niederschlag (mm)	670 (3)	Bodenart der Krume	Sandiger Lehm	
Alternativen								
	A	B	C	D	E	F	G	
Sortenname	JB Asano (6)	Julius (7)	Kometus (8)	Linus (9)	Meister (10)	Pamier (11)	Türkis (12)	
Jahr der Zulassung	2008	2008	2011	2010	2010	2008	2004	
Ährenschieben	4	5	5	5	5	5	5	
Reife	4	6	5	6	6	5	5	
Pflanzenlänge	5	5	4	4	5	3	5	
Neigung zu Auswinterung	6	3	6	4	6	4	4	
Neigung zu Lager	5	3	3	3	3	3	4	
Anfälligkeit für	Halmbruch	5	6	6	3	5	5	3
	Mehltau	3	3	2	4	4	2	2
	Blattseptoria	6	3	5	5	4	4	5
	DTR	6	4	4	6	4	5	6
	Gelbrost	4	2	5	3	8	-	4
	Braunrost	5	4	6	5	4	4	8
	Ährenfusarium	5	5	4	5	4	3	5
	Spelzbräune	6	5	5	5	5	4	5
Bestandesdichte	5	6	6	5	5	5	4	
Kornzahl je Ähre	5	5	6	7	6	7	7	
TKM	8	6	5	5	6	4	5	
Kornertrag Stufe 1	7	7	6	7	8	6	5	
Kornertrag Stufe 2	8 (13)	7 (14)	7 (15)	8 (16)	7 (17)	6 (18)	6 (19)	
Auswahl		(21)						

Sortenalter

Das Jahr der Zulassung, das zum Rückschluss auf das Sortenalter genutzt werden kann, wird von Landwirten mit durchschnittlich 1,2 Informationen nur in geringem Umfang berücksichtigt. Lediglich die Ausprägungen der Eigenschaft „Ährenschieben“ werden noch seltener

in die Entscheidungen einbezogen (siehe Tabelle 64). Auch für die Studierenden stellt das Sortenalter keine zentrale Information dar. Das Jahr der Zulassung wird mit durchschnittlich 2,8 geöffneten Informationen am wenigsten genutzt (siehe Anhang 27). Vermutung V10³⁵⁶ wird folglich nicht unterstützt: Das Sortenalter ist kein zentrales Kriterium bei der Sortenwahl.

5.6.4.5 Erfolg heuristischer Entscheidungsverfahren

Die Anwendung einzelner Entscheidungsverfahren wirkt sich nur tendenziell auf den Entscheidungserfolg aus (siehe Tabelle 66). Die *take the best heuristic* und die Anwendung rein kompensatorischer bzw. kombinierter Entscheidungsverfahren, bei denen mehr (externe) Informationen genutzt werden, führen zu vergleichbaren Ergebnissen.

Besonders bemerkenswert ist an dieser Stelle, dass die extreme Reduktion der (externen) Informationen bei Anwendung der *take the best heuristic* auch im Vergleich zur Verwendung aller Informationen (= keine Informationsreduktion) zu etwas höheren Erträgen führt. Wie bereits erwähnt, verwenden die Landwirte hierbei den Sortennamen als einzige Information. Offenbar kann ein Teil der Landwirte seine internen Informationen zu Sorten im Experiment mindestens genauso erfolgreich nutzen, wie andere Landwirte, die weitere (externe) Informationen zu einzelnen Merkmalsausprägungen verwenden. Die Reduktion der externen Informationsmenge hat also keinen Einfluss auf die Entscheidungsqualität. Dies unterstützt die Erkenntnisse des *fast and frugal program* (Gigerenzer & Goldstein 1996; Gigerenzer & Todd 1999b) bzw. der Theorie zur *ecological rationality* (Gigerenzer & Selten 2001b; Todd & Gigerenzer 2012b). Der Erfolg von *satisficing*, *elimination by aspects* und einer zufälligen Auswahl wird an dieser Stelle aufgrund der geringen Anzahl an Beobachtungen nicht näher diskutiert.

³⁵⁶ V10: Das Sortenalter wird bei der Sortenwahl als zentrales Kriterium genutzt.

Tabelle 66: Zusammenhang zwischen dem Ertrag im Experiment und der Anwendung (heuristischer) Entscheidungsverfahren (Mehrertrag der gewählten Sorten im Vergleich zu den Sorten mit den niedrigsten Erträgen (in %); n = 1.015, 145 Landwirte x 7 Entscheidungssituationen; kombiniert = Kombination von nicht-kompensatorischen und kompensatorischen bzw. satisfizierenden Entscheidungsregeln)

Verteilung der Erträge (Mehrertrag in %) bei verschiedenen (heuristischen) Entscheidungsverfahren	Arithm. Mittelwert	Median	(n)
satisficing	10,6	11,1	(6)
take the best heuristic	11,6	10,9	(64)
elimination by aspects	20,4		(1)
rein-kompensatorisch	11,2	10,3	(338)
kombiniert	11,1	9,8	(575)
kein Informationsreduktion	11,3	9,7	(30)
zufällige Auswahl	20,4		(1)

5.6.4.6 Zusammenfassung und Diskussion

In nur 3% der Beobachtungen wird die gesamte verfügbare Menge der Merkmalsausprägungen verwendet. Folglich wird bei dem überwiegenden Anteil der Entscheidungen mindestens ein heuristisches Prinzip zur Reduktion der externen Informationen angewendet.

Die Anwendung einzelner heuristischer Prinzipien erfolgt in sehr unterschiedlichem Ausmaß. Während die Landwirte in über 90% aller Entscheidungssituationen nur einen Teil der Eigenschaften in die Entscheidungen einbeziehen, wird die Verringerung der berücksichtigten Alternativen mit 0,6% aller Beobachtungen nur in sehr geringem Umfang vorgenommen.

In ca. 10% der Fälle werden Merkmalsausprägungen einzelner Eigenschaften nicht-kompensatorisch beurteilt. Die ausschließliche nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilung erfolgt vor allem im Rahmen der *take the best heuristic*. Diese Art der Entscheidungsfindung, bei der nur eine Eigenschaft berücksichtigt wird, zeigt sich bei 6,3% der Entscheidungen. Die konsequente mehrfache Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilung - *elimination by aspects* - wird nur bei einer der 1.015 Entscheidungen beobachtet.

Ein Drittel der Entscheidungen basieren auf rein kompensatorischen Entscheidungsverfahren. Hierbei erfolgt die Reduktion der Informationsmenge durch eine Reduktion der berücksichtigten Eigenschaften. In mehr als 55% der Beobachtungen erfolgt eine kombinierte Anwendung verschiedener Merkmalsbeurteilungsarten. Hierbei werden häufig nicht alle Eigenschaften berücksichtigt.³⁵⁷ Die Informationssuche verläuft bei kombinierten Entscheidungs-

³⁵⁷ Bei 6,2% aller Entscheidungen werden kombinierte Entscheidungsverfahren beobachtet, bei denen alle Eigenschaften berücksichtigt werden.

verfahren überwiegend trichterförmig. Hierbei erfolgt die Reduktion der Informationsmenge sowohl durch den Ausschluss von Alternativen im Verlauf des Entscheidungsprozesses als auch dadurch, dass nicht alle Eigenschaften berücksichtigt werden.

Die Schlüsselinformation „Sortenname“ wird am stärksten bei den Entscheidungen berücksichtigt. Hierdurch können die Landwirte ihr Wissen über Merkmalsausprägungen und eigene Erfahrungen mit den Sorten nutzen und damit auf interne Informationen zurückgreifen. Die Probanden hatten jedoch keine Informationen über das Jahr, in dem die Ertragsleistung der Sorten ermittelt wurde. In den Entscheidungssituationen stehen die jeweils aktuellen Merkmalsbeschreibungen aus den Beschreibenden Sortenlisten der entsprechenden Jahre zur Verfügung. Trotz der Verfügbarkeit aktueller Informationen zu Merkmalsausprägungen nutzen einige Probanden primär ihre eigenen Erfahrungen bzw. gespeichertes Wissen. Diese Vorgehensweise reduziert den Aufwand zur externen Informationssuche. Sie birgt jedoch auch die Gefahr, dass Veränderungen in der Leistungsfähigkeit von Sorten im Zeitablauf³⁵⁸ nicht wahrgenommen werden.

Die starke Nutzung des Sortennamens im Experiment kann zur Erklärung des geringen Flächenanteils neuer Sorten in der Realität beitragen. Anstelle aktueller aggregierter Merkmalsausprägungen (der Beschreibenden Sortenliste) verwenden die Landwirte eigene Erfahrungen und Wissen aus den vergangenen Jahren. Zwar können die Landwirte auch im eigenen Anbau Veränderungen in der Leistungsfähigkeit feststellen, jedoch zeigen die Angaben in der begleitenden Befragung, dass die Landwirte nur eine relativ geringe Anzahl von Sorten anbauen.³⁵⁹ Die eigenen Erfahrungen beruhen folglich auf einer kleinen Beobachtungsmenge. Zudem ermitteln 50% der Landwirte weder die exakten Ertragsleistungen noch wirtschaftliche Kennzahlen auf Schlagenebene.³⁶⁰ Hieraus ergibt sich, dass die Landwirte nur eine relativ kleine eigene Beobachtungsmenge haben und zudem ein erheblicher Anteil der Landwirte die Leistungsfähigkeit der Sorten nur auf der Basis wenig exakt ermittelter Kennzahlen beurteilen kann.

Wenn die Landwirte die eigenen Erfahrungen als zentrale Information nutzen, dann vertrauen sie auf Informationen aus Beobachtungen, bei denen das Gesetz der großen Zahlen nicht wirksam ist. Es handelt sich um Punktbeobachtungen, bei denen Sondereffekte (z. B. Witterungsextreme) oder unbeobachtete Faktoren (z. B. das unbeobachtete Auftreten einer Krankheit) die Ergebnisse beeinflussen können. Die Überschätzung der Validität von Informationen aus kleinen Beobachtungsmengen wird u. a. von Tversky und Kahneman (1971) experimentell nachgewiesen. Hieran zeigt sich ein Dilemma: bei der Sortenwahl können Landwirte entweder aggregierte und somit robuste, aber gleichzeitig unspezifische Informati-

³⁵⁸ Siehe Abschnitt 2.4.

³⁵⁹ Siehe Abschnitt 5.5.3.

³⁶⁰ Siehe Abschnitt 5.5.5.

onen der Beschreibenden Sortenliste nutzen oder eigene Erfahrungen, die zwar nur auf wenigen, dafür aber spezifischen Beobachtungen beruhen.

Die Darstellung der im Experiment erzielten Erträge zeigt, dass die Nutzung eigener Erfahrungen nicht zu Nachteilen beim Entscheidungserfolg führt. Die Anwendung der *take the best heuristic* unter Nutzung des Sortennamens hat im Vergleich zur Nutzung aller (externen) Informationen und rein kompensatorischer bzw. kombinierter Entscheidungsverfahren zu leicht höheren Erträgen geführt. Die extreme Reduktion des Entscheidungsaufwands (Anzahl genutzter Informationen) hat keinen negativen Effekt auf das Entscheidungsergebnis.

Jedoch kann dieses Erkenntnis nur bedingt auf die Sortenwahl in realen Entscheidungssituationen übertragen werden. Die *take the best heuristic* unter Verwendung des Sortennamens bedarf interner Informationen. Diese stammen u. a. aus Erfahrungen mit Sorten im eigenen Anbau und können folglich erst einige Jahre nach der Sortenzulassung gesammelt werden, was sich in Abschnitt 5.6.6.1 zeigt. Dort wird beschrieben, dass die Probanden in einer Entscheidungssituation (GR5), in der relativ neue Sorten zur Auswahl stehen, die *take the best heuristic* nur in geringem Umfang anwenden. Nur ein kleiner Anteil der Probanden hat Erfahrungen im eigenen Anbau mit den dort zur Auswahl stehenden Sorten gesammelt. Offenbar fehlen den Landwirten in dieser Situation interne Informationen zur Nutzung der Schlüsselinformation „Sortenname“. Hieraus folgt, dass die *take the best heuristic* zwar bei der Wahl zwischen relativ alten Sorten erfolgreich sein kann, jedoch beim Vergleich neuerer Sorten nur bedingt angewendet wird bzw. werden kann. Wenn die Landwirte den Sortennamen in der Realität als zentrale Information verwenden und damit auf ihre Erfahrungen vertrauen, dann sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass züchterisch verbesserte, neue Sorten ausgewählt werden. Zur Untersuchung dieser Vermutung könnte ein weiteres Experiment, bei dem ältere und neuere Sorten in einer Entscheidungssituation zur Auswahl stehen, durchgeführt werden.

Während der Sortenname die Verwendung eigener Erfahrungen mit einzelnen Sorten ermöglicht, beinhaltet das Zulassungsjahr eine aggregierte Information: im Durchschnitt sind neuere Sorten im Vergleich zu älteren Sorten leistungsfähiger.³⁶¹ Das Zulassungsjahr der Sorten ermöglicht einen Vergleich des Alters der Sorten. Das Sortenalter hätte zum Ausschluss älterer Sorten genutzt werden können. Hierdurch hätten die Landwirte den Entscheidungsaufwand reduzieren können. In der begleitenden Befragung schätzen ca. drei Viertel der Landwirte die Leistungsfähigkeit neuer Sorten höher ein.³⁶² Dennoch zeigt sich nur eine sehr geringe Nutzung dieser Information. Hieran wird deutlich, dass die Einschätzungen zur höheren durchschnittlichen Leistungsfähigkeit neuerer Sorten bei konkreten Entscheidungen eine untergeordnete Rolle spielen. Dies kann die in Abschnitt 5.5.7 festgestellte, geringe

³⁶¹ Siehe Abschnitt 2.4.

³⁶² Siehe Abschnitt 5.5.7.

Korrelation zwischen den subjektiven Einschätzungen und dem Alter der in der Praxis angebauten Sorten erklären.

Die heuristischen Prinzipien werden in unterschiedlichsten Arten kombiniert. Insgesamt zeigen sich sehr unterschiedliche Entscheidungsverfahren der Landwirte, wodurch sich große Spannweiten in der Anzahl der genutzten Informationen ergeben. Am häufigsten werden die Reduktion der einbezogenen Eigenschaften und die Verwendung der Schlüsselinformationen „Sortenname“ beobachtet. Auf die konkrete Verwendung einzelner Eigenschaften in Abhängigkeit unterschiedlich gestalteter Produktionssysteme wird in den nachfolgenden Abschnitten eingegangen.

5.6.5 Informationsnutzung, Entscheidungsdauer und Entscheidungsregeln in einzelnen Entscheidungssituationen

In diesem Abschnitt liegt der Fokus auf einer detaillierten Analyse der Auswirkungen von Variationen einzelner Elemente der Produktionssysteme. Tabelle 67 liefert einen Überblick über die Informationsnutzung, die Entscheidungsdauer und die angewendeten Entscheidungsverfahren in den einzelnen Entscheidungssituationen.

Die Anzahl der genutzten Informationen zu den Merkmalsausprägungen der Sorten variiert zwischen den Produktionssystemen im arithmetischen Mittel zwischen 45,3 (HR1) und 59,9 (MW1). In allen Entscheidungssituationen werden von einigen Probanden alle 140 Informationen zu den Eigenschaftsausprägungen abgerufen. Die minimale Anzahl liegt bei null Informationen. In diesem Einzelfall hat der Proband folglich eine rein zufällige Auswahl getroffen. Die durchschnittlich berücksichtigte Anzahl von Eigenschaften ist mit 9,0 bei HR1 am geringsten und mit 10,8 bei HW5 und GR5 am größten. Die durchschnittliche Anzahl der in einzelnen Eigenschaften verglichenen Alternativen schwankt mit Unterschieden von maximal 0,4 (5,0 bei HR1 vs. 5,4 bei GR5) weniger stark. Die Entscheidungszeit ist mit einem arithmetischen Mittelwert von 137,1 Sekunden bei Produktionssystem KR5 am geringsten und bei HW5 mit 183,4 Sekunden am höchsten. Wie schon bei der Anzahl der genutzten Informationen zeigen sich mit 6,8 vs. 1.199,7 Sekunden erhebliche Spannweiten.

Auch bei der Anwendung von Entscheidungsverfahren zeigen sich Unterschiede zwischen den einzelnen Entscheidungssituationen. Die größten Differenzen bei der Anwendung der *take the best heuristic* (und kombinierten Entscheidungsverfahren) treten zwischen GR5 mit einem Anteil von 2,1% (59,3%) und KR5 mit 9,0% (51,7%) auf. Zudem können bei der Anwendung rein kompensatorischer Entscheidungsverfahren zwischen 31,0% bei HW1 und 36,6% bei GR5 relativ starke Unterschiede festgestellt werden. Die Anwendung der übrigen Entscheidungsverfahren erfolgt in allen Entscheidungssituationen auf einem deutlich niedrigeren Niveau.

Aufgrund der großen Spannweiten bei der Informationsnutzung und der Entscheidungszeit innerhalb einzelner Entscheidungssituationen kann auf deutliche individuelle Unterschiede

bzgl. des Entscheidungsaufwands geschlossen werden. Die Unterschiede in der Anzahl der genutzten Informationen, den berücksichtigten Eigenschaften, der Entscheidungsdauer und der Anwendung von Entscheidungsregeln zwischen den Produktionssystemen unterstützen die grundsätzliche Annahme, dass die Variation einzelner Elemente der Produktionssysteme Einfluss auf das Entscheidungsverhalten hat.

Tabelle 67: Informationsnutzung, Entscheidungsdauer und Entscheidungsverfahren in einzelnen Entscheidungssituationen (¹ = *take the best heuristic*, ² = *elimination by aspects*, ³ = Kombination aus nicht-kompensatorischen und kompensatorischen bzw. satisfizierenden Merkmalsbeurteilungen; n = 145)

	Produktionssystem							Min.	Max.	
	HR1	HW1	HW5	KR5	GR5	MW1	MM1			
Anzahl genutzter Informationen zu Merkmalsausprägungen der Sorten (max. 140)										
Arithmetischer Mittelwert	45,3	52,3	56,8	46,1	55,9	56,9	47,0	45,3	59,9	
Median	43	45	51	41	51	55	39	39	55	
Minimum	1	7	7	7	7	7	0	0	7	
Maximum	140	140	140	140	140	140	140	140	140	
Anzahl berücksichtigter Eigenschaften (max. 20)										
Arithmetischer Mittelwert	9,0	10,0	10,8	9,1	10,3	10,8	9,4	9,0	10,8	
Anzahl berücksichtigter Alternativen (max. 7)										
Arithmetischer Mittelwert	5,0	5,2	5,3	5,1	5,4	5,3	5,0	5,0	5,4	
Entscheidungszeit (Sekunden)										
Arithmetischer Mittelwert	151,5	154,4	183,4	137,3	171,2	169,2	143,8	137,3	183,4	
Median	129,4	131,3	150,8	110,9	154,0	139,8	119,0	129,4	154,0	
Minimum	16,6	14,9	20,9	18,2	22,3	18,1	6,8	6,8	22,3	
Maximum	587,5	560,0	1.199,7	1.063,8	633,4	713,6	885,8	587,5	1.199,7	
Entscheidungsverfahren (Anteil in %)										
<i>Satisficing</i>	1,4	1,4	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	
Nicht-kompensatorisch	TTB ¹	8,3	6,9	4,8	9,0	2,1	5,5	7,6	2,1	9,0
	EBA ²	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
Rein kompensatorisch	35,2	31,0	32,4	33,8	36,6	33,1	31,0	31,0	36,6	
Kombiniert ³	53,8	56,6	57,2	51,7	59,3	58,6	59,3	51,7	59,3	
Keine Reduktion der Informationsmenge	1,4	4,1	4,1	4,8	2,1	2,8	1,4	1,4	4,8	
Zufällige Auswahl	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,7	

5.6.6 Relevanz von Sorteneigenschaften in Abhängigkeit des Produktionssystems

Die bisherige Darstellung der Ergebnisse bezieht sich vornehmlich auf die „mechanische“ Anwendung heuristischer Prinzipien und Entscheidungsverfahren. Mit Ausnahme der Information „Sortenname“ wird dort nicht näher auf die inhaltlichen Gründe für die Anwendung der heuristischen Prinzipien bei der Berücksichtigung und Beurteilung einzelner Eigenschaften eingegangen. Nachfolgend liegt der Fokus auf der Nutzung einzelner Eigenschaften zur

Inferenz auf die Ertragsleistung von Weizensorten in unterschiedlichen Produktionssystemen.

Die Eignung einer Sorte ergibt sich aus der Anpasstheit ihrer Eigenschaften an die Umweltbedingungen, die auf die Pflanzen einwirken. Anhand der Beobachtungen des Entscheidungsverhaltens im Experiment können die Einschätzungen von Landwirten über die Ertragsrelevanz von Sorteneigenschaften in Abhängigkeit unterschiedlicher Produktionssysteme untersucht werden.

Die minimale Anforderung für die einheitliche Einschätzung über die Ertragsrelevanz von einzelnen Eigenschaften ist, dass zu diesen mindestens eine Ausprägung abgefragt wird. In Tabelle 68 sind die Anteile der Probanden abgetragen, die einzelne Eigenschaften mindestens einmal berücksichtigen. Wenn innerhalb der Stichprobe einheitliche Einschätzungen vorliegen, dann verwenden entweder alle oder es verwendet kein Landwirt Informationen über die Ausprägungen einer Eigenschaft. Je näher die Anteile an 0% bzw. 100% liegen, desto einheitlicher ist die grundsätzliche Einschätzung über die Relevanz der Eigenschaften. Bezüglich der Nutzung des Sortennamens und des Ertragspotenzials („Kornertrag Stufe 2“ und „Kornertrag Stufe 1“) liegt die größte Übereinstimmung in der Nutzung vor. Diese werden in allen Entscheidungssituationen mit relativ gleichbleibenden Anteilen von ca. 90%, 80% und 70% der Landwirte genutzt. Hieraus kann gefolgert werden, dass diese vom überwiegenden Anteil der Landwirte als geeignete Informationen zur Inferenz auf den Ertrag angesehen werden. Zudem zeigt sich bei der Verwendung der Eigenschaften „Jahr der Zulassung“ und „Ährenschieben“ mit Anteilen von jeweils etwa 30% eine relative hohe Übereinstimmung. Diese Eigenschaften werden vom überwiegenden Anteil der Probanden als gänzlich ungeeignete Indikatoren für die Ertragsleistung eingestuft.

Bei den übrigen Anbau- und Resistenzeigenschaften und den einzelnen Ertragskomponenten sind die Anteile weiter von den Extremwerten 0% und 100% entfernt. Folglich liegen zu diesen Eigenschaften geringere Übereinstimmungen vor. Die Nutzung dieser Eigenschaften variiert zwischen den einzelnen Entscheidungssituationen.

In Abschnitt 5.1.4.2 werden Hypothesen zu Auswirkungen der Variation von Vorfrüchten und Standorten auf die Verwendung einzelner Eigenschaften aufgestellt. Diese werden nachfolgend getestet. Hierzu wird die Nutzung der Informationen zwischen jeweils zwei Produktionssystemen, die sich (primär) in den zu untersuchenden Faktoren unterscheiden, verglichen.

Tabelle 68: Grundsätzliche Berücksichtigung einzelner Eigenschaften bei der Entscheidungsfindung (Anteil von Probanden (in %), die mindestens eine Ausprägung einer Eigenschaft in die Entscheidung einbezogen haben; n = 145; zur Interpretation der Daten: Je näher die Anteile an 0% bzw. 100% liegen, desto einheitlicher ist die grundsätzliche Einschätzung über die Ertragsrelevanz der Eigenschaften.)

	Produktionssystem							Min.	Max.	
	HR1	HW1	HW5	KR5	GR5	MW1	MM1			
Sortenname	90,3	87,6	89,7	89,7	89,0	88,3	85,5	85,5	90,3	
Jahr der Zulassung	24,1	25,5	31,0	27,6	29,0	29,7	26,2	24,1	31,0	
Ährenschieben	21,4	23,4	27,6	28,3	31,7	28,3	24,1	21,4	31,7	
Reife	44,8	46,2	46,2	48,3	57,9	44,1	42,1	42,1	57,9	
Pflanzenlänge	37,2	34,5	42,1	36,6	46,2	39,3	35,2	34,5	46,2	
Neig. zu Auswinterung	54,5	56,6	57,2	62,1	44,8	55,9	53,1	44,8	62,1	
Neigung zu Lager	46,2	49,7	50,3	48,3	55,9	56,6	49,7	46,2	56,6	
Anfälligkeit für	Halmbruch	33,1	57,9	57,9	36,6	42,8	70,3	41,4	33,1	70,3
	Mehltau	37,9	46,2	46,2	35,9	46,9	46,2	36,6	35,9	46,9
	Blattseptoria	37,2	52,4	54,5	36,6	44,8	58,6	39,3	36,6	58,6
	DTR	29,0	48,3	56,6	33,8	37,2	57,2	39,3	29,0	57,2
	Gelbrost	52,4	59,3	63,4	50,3	60,0	64,8	48,3	48,3	64,8
	Braunrost	38,6	46,2	53,1	40,0	49,0	52,4	39,3	38,6	53,1
	Ährenfusarium	40,7	53,1	66,9	37,2	47,6	59,3	67,6	37,2	67,6
	Spelzbräune	25,5	33,1	42,1	28,3	31,7	41,4	28,3	25,5	42,1
Bestandesdichte	51,7	47,6	49,7	49,0	63,4	51,7	45,5	45,5	63,4	
Kornzahl je Ähre	42,8	39,3	42,8	40,0	47,6	38,6	41,4	38,6	47,6	
TKM	42,8	43,4	45,5	37,9	44,8	42,8	45,5	37,9	45,5	
Kornertrag Stufe 1	69,0	69,0	69,7	66,2	76,6	72,4	70,3	66,2	76,6	
Kornertrag Stufe 2	79,3	80,0	84,1	76,6	82,1	82,8	80,7	76,6	84,1	

Die Darstellung der Ergebnisse zur Nutzung einzelner Eigenschaften erfolgt durch die Angabe der arithmetischen Mittelwerte der Anzahl der berücksichtigten Merkmalsausprägungen je Eigenschaft. Dieses Kriterium dient im Nachfolgenden zur Überprüfung der Hypothesen. Zu den Eigenschaften, über deren Verwendung Hypothesen vorliegen und zu weiteren Eigenschaften, für die anhand der arithmetischen Mittelwerte signifikante Unterschiede in der Nutzung festgestellt werden, werden weitere Indikatoren für den Grad der Berücksichtigung bei der Entscheidungsfindung präsentiert. Diese sind die Anteile der Probanden,

- die eine Eigenschaft bei der Entscheidung berücksichtigen,³⁶³
- die die Ausprägungen einer Eigenschaft aller sieben Alternativen berücksichtigen,³⁶⁴
- die eine Eigenschaft als Ausschlusskriterium³⁶⁵ verwenden und somit eine nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilung durchführen.

Hierdurch kann genauer beschrieben werden, wodurch die Unterschiede in den arithmetischen Mittelwerten auftreten. Da der Sortenname die einzige Eigenschaft ist, bei der die *take the best heuristic* verwendet wird, wird dieser Indikator im nachfolgenden Abschnitt nicht aufgeführt. Die vollständige Darstellung der Indikatoren für den Grad der Berücksichtigung einzelner Eigenschaften bei den jeweiligen Produktionssystemen ist in Anhang 29 bis Anhang 35 zu finden.

5.6.6.1 Auswirkung des Standorts auf die Berücksichtigung von Sorteneigenschaften

Die Hypothesen über die Auswirkungen von Standorten beziehen sich auf Unterschiede im Ertragspotenzial und in den klimatischen Bedingungen.

Ertragspotenzial

Der Effekt von Unterschieden im Ertragspotenzial von Standorten wird durch den Vergleich der Informationsnutzung bei den Produktionssystemen MW1 und HW1 untersucht. Der Standort Marburg (Ackerzahl 75) hat im Vergleich zu Bad Hersfeld (Ackerzahl 57) ein höheres Ertragspotenzial.³⁶⁶ Bei MW1 werden tendenziell mehr Informationen zugänglich gemacht und es wird signifikant mehr Zeit für die Entscheidungsfindung aufgewendet (siehe Tabelle 69).

³⁶³ In den Spaltenbeschriftungen der entsprechenden Tabellen wird dieser Indikator als „Berücksichtigt“ bezeichnet.

³⁶⁴ In den Spaltenbeschriftungen der entsprechenden Tabellen wird dieser Indikator als „7-mal berücksichtigt“ bezeichnet.

³⁶⁵ In den Spaltenbeschriftungen der entsprechenden Tabellen wird dieser Indikator als „Ausschlusskriterium“ bezeichnet.

³⁶⁶ Die Ackerzahl beschreibt das Ertragspotenzial eines Standorts.

Tabelle 69: Kennzahlen der Produktionssysteme HW1 und MW1, Informationsnutzung und Entscheidungszeit (n = 145; Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)**

Produktionssystem		MW1	HW1	p-Wert
Ackerzahl		75	57	
Höhe (ü. NN)		190	206	
Temperatur (°C)		8,4	8,1	
Niederschlag (mm)		605	670	
Aussaatdatum		18.10.	31.10.	
Schlaggröße (ha)		1	1	
Anzahl genutzter Informationen zu Sorten	Arithmetischer Mittelwert	56,9	52,3	0,051
	Median	55	45	
Ø Anzahl berücksichtigter Eigenschaften		10,8	10,0	
Ø Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft		5,3	5,2	
Entscheidungszeit (Sekunden)	Arithmetischer Mittelwert	169,2	154,4	0,024*
	Median	139,8	131,3	

In Hypothese H8³⁶⁷ wird die Annahme geäußert, dass das Ertragspotenzial des Standorts einen Einfluss auf die Berücksichtigung des Ertragspotenzials von Sorten hat. Bei beiden Produktionssystemen werden die Ausprägungen von „Kornertrag Stufe 1“ und „Kornertrag Stufe 2“ am zweit- bzw. dritthäufigsten genutzt, wobei diese bei MW1 tendenziell häufiger berücksichtigt werden. Allerdings zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Produktionssystemen (siehe Tabelle 70). Daher wird die Hypothese verworfen.

Die tendenziellen Unterschiede ergeben sich durch größere Anteile von Probanden, die die Eigenschaften berücksichtigen bzw. betrachten, bevor andere Eigenschaften zum Ausschluss von Alternativen genutzt werden. Zudem zeigt sich, dass „Kornertrag Stufe 2“ bei MW1 mit 17,2% relativ zu 13,8% bei HW1 häufiger nicht-kompensatorisch beurteilt wird (siehe Tabelle 71). Die vermehrte Verwendung als Ausschlusskriterium kann insofern interpretiert werden, als dass ein größerer Anteil die Eigenschaft als so bedeutsam ansieht, dass die Ausprägungen zum Ausschluss von Alternativen führen.

Die Unterschiede in den Ausprägungen der Alternativen sind bei MW1 im Vergleich zu HW1 geringer. Während die Alternativen bei MW1 in „Kornertrag Stufe 2“ Ausprägungseinstufungen zwischen „6“ und „7“ aufweisen³⁶⁸, liegen die Einstufungen bei HW1 zwischen „6“ und „8“³⁶⁹. Obwohl die Ausprägungen bei MW1 folglich weniger diskriminierend sind, werden sie häufiger zum Ausschluss von Alternativen verwendet.

³⁶⁷ H8: Je höher das Ertragspotenzial eines Standorts ist, desto stärker wird das Ertragspotenzial der Sorten berücksichtigt.

³⁶⁸ Drei Alternativen werden mit „6“ und vier werden mit „7“ eingestuft (siehe Anhang 15).

³⁶⁹ Vier Alternativen werden mit „6“, zwei mit „7“ und eine Alternative wird mit „8“ eingestuft (siehe Anhang 11).

Tabelle 70: Arithmetische Mittelwerte der Anzahl genutzter Informationen zu Eigenschaften (Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft) bei den Produktionssystemen HW1 und MW1 (n = 145; Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)³⁷⁰**

Produktionssystem	MW1	HW1	p-Wert
Standort	Marburg	Bad Hersfeld	
Eigenschaften			
Sortenname	5,9	5,7	0,144
Jahr der Zulassung	1,2	1,0	0,342
Ährenschieben	1,1	1,1	0,860
Reife	2,3	2,4	0,626
Pflanzenlänge	1,8	1,7	0,643
Neigung zu Auswinterung	3,1	3,3	0,598
Neigung zu Lager	2,9	2,3	0,021*
Halmbruch	3,8	2,9	0,000***
Mehltau	2,1	2,0	0,843
Blattseptoria	2,9	2,4	0,071
DTR	2,7	2,1	0,009**
Gelbrost	3,3	2,8	0,470
Braunrost	2,4	2,0	0,0841
Ährenfusarium	2,9	2,7	0,293
Spelzbräune	1,8	1,5	0,108
Bestandesdichte	2,6	2,5	0,558
Kornzahl je Ähre	1,9	2,2	0,199
TKM	2,2	2,5	0,225
Kornertrag Stufe 1	4,5	4,3	0,376
Kornertrag Stufe 2	5,4	5,2	0,175

Tabelle 71: Detaillierte Darstellung der Nutzung ausgewählter Eigenschaften bei den Entscheidungen zu den Produktionssystemen MW1 und HW1 (n = 145; Anteil (in %); Saldo = Differenz zw. den Anteilen in MW1 und HW1)

Produktionssystem	Berücksichtigt			7-mal berücksichtigt			Ausschlusskriterium		
	MW1	HW1	Saldo	MW1	HW1	Saldo	MW1	HW1	Saldo
Eigenschaft									
Neigung zu Lager	56,6	49,7	6,9	32,4	23,4	9,0	4,8	5,5	-0,7
Anf. f. Halmbruch	70,3	57,9	12,4	42,1	31,7	10,3	5,5	2,8	2,8
Anf. f. DTR	57,2	48,3	9,0	28,3	21,4	6,9	2,8	2,1	0,7
Kornertrag Stufe 1	72,4	69,0	3,4	57,9	55,2	2,8	9,7	10,3	-0,7
Kornertrag Stufe 2	82,8	80,0	2,8	72,4	67,6	4,8	17,2	13,8	3,4

³⁷⁰ Eine detaillierte Darstellung der Verteilung der Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft in Form von Boxplots findet sich in Anhang 36.

Während bei der Berücksichtigung des Ertragspotenzials nur tendenzielle Unterschiede festgestellt werden, treten signifikante Unterschiede bei der Nutzung anderer Eigenschaften auf: bei MW1 werden die Ausprägungen von „Neigung zu Lager“, „Anfälligkeit für Halmbruch“ und „Anfälligkeit für DTR“ wesentlich häufiger zugänglich gemacht (siehe Tabelle 70). Die Unterschiede ergeben sich primär durch Verschiebungen der Anteile von Probanden, die diese Eigenschaften berücksichtigen bzw. betrachten, bevor Alternativen aufgrund anderer Eigenschaften ausgeschlossen werden. Die Verwendung der Eigenschaften als Ausschlusskriterium unterscheidet sich zwischen beiden Situationen nur geringfügig (siehe Tabelle 71). Ein Grund für die stärkere Berücksichtigung dieser Eigenschaften kann in den Saatterminen liegen. Bei MW1 erfolgt die Aussaat 13 Tage früher. Frühe Saattermine erhöhen u. a. die Gefahr des Auftretens von Halmbruch (vgl. Ziesemer et al. 2008, S. 1f).

Klimatische Bedingungen

Die Auswirkungen klimatischer Unterschiede zwischen Standorten auf die Berücksichtigung von Eigenschaften wird durch den Vergleich der Informationsnutzung bei den Produktionssystemen KR5 und GR5 untersucht. Die Standorte unterscheiden sich in der Höhenlage, der Temperatur und der Niederschlagsmenge (siehe Tabelle 72).

Die Probanden verwenden bei der Entscheidung für GR5 signifikant mehr Informationen und Zeit. Der größere Entscheidungsaufwand ergibt sich durch die Berücksichtigung von einer höheren Anzahl an Eigenschaften. Zudem werden durchschnittlich mehr Alternativen in einzelnen Eigenschaften verglichen.

Die Erwartungen über die Effekte der Gefahr von Trockenheit³⁷¹ und Auswinterung³⁷² auf die Verwendung einzelner Eigenschaften werden in den Hypothesen H9 und H10a-c beschrieben. In Tabelle 73 ist eine Übersicht der arithmetischen Mittelwerte zur Nutzung von Informationen zu einzelnen Eigenschaften abgetragen.³⁷³ Hypothese H9³⁷⁴ bezieht sich auf die stärkere Berücksichtigung des Zeitpunkts der Abreife. Die Anbaueigenschaft „Reife“ wird bei GR5, bei dem der Standort mit der höheren Gefahr für Trockenheit vorliegt, signifikant häufiger berücksichtigt. Folglich kann Hypothese H9 beibehalten werden. Neben dem arithmetischen Mittelwert zeigen auch die drei Indikatoren für den Grad der Einbeziehung in die Entscheidung - grundsätzliche Berücksichtigung, Abfrage aller sieben Merkmalsausprägungen und die Verwendung als Ausschlusskriterium - die erhöhte Relevanz der Eigenschaft (siehe Tabelle 74).

³⁷¹ Standort Griesheim: relativ geringe Niederschlagsmengen und relativ hohe durchschnittliche Jahrestemperaturen.

³⁷² Standort Korbach: Mittelgebirgsstandort mit relativ geringer Durchschnittstemperatur.

³⁷³ Eine detaillierte Darstellung der Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaften findet sich in Anhang 37 in Form von Boxplots.

³⁷⁴ H9: Je höher die Gefahr von Trockenheit an einem Standort ist, desto stärker wird der Abreifezeitpunkt berücksichtigt.

Tabelle 72: Kennzahlen der Produktionssysteme KR5 und GR5, Informationsnutzung und Entscheidungszeit (n = 145; Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)**

Produktionssystem		KR5	GR5	p-Wert
Standort		Korbach	Griesheim	
Ackerzahl		55	55	
Höhe über NN (m)		360	100	
Ø Jahrestemperatur (°C)		7,3	9,8	
Niederschlag (mm)		600	550	
Aussaatdatum		04.10.	21.10.	
Anzahl genutzter Informationen zu Sorten	Arithmetischer Mittelwert	46,1	55,9	0,000***
	Median	41	51	
Ø Anzahl berücksichtigter Eigenschaften		9,1	10,3	
Ø Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft		5,1	5,4	
Entscheidungszeit (Sekunden)	Arithmetischer Mittelwert	137,3	171,2	0,000***
	Median	110,9	154,0	

Tabelle 73: Arithmetische Mittelwerte der Anzahl genutzter Informationen zu Eigenschaften (Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft) bei den Produktionssystemen KR5 und GR5 (n = 145; Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)**

Produktionssystem		KR5	GR5	p-Wert
Standort		Korbach	Griesheim	
Eigenschaften				
Sortenname		5,9	5,9	0,251
Jahr der Zulassung		1,2	1,5	0,125
Ährenschieben		1,2	1,6	0,008**
Reife		2,5	3,4	0,012*
Pflanzenlänge		1,8	2,5	0,000***
Neigung zu Auswinterung		3,7	2,5	0,000***
Neigung zu Lager		2,4	2,8	0,181
Anfälligkeit für	Halmbruch	1,5	2,8	0,181
	Mehltau	1,4	1,9	0,124
	Blattseptoria	1,4	2,1	0,015*
	DTR	1,3	2,1	0,012*
	Gelbrost	2,3	1,6	0,223
	Braunrost	1,6	2,9	0,044*
	Ährenfusarium	1,6	2,3	0,007**
	Spelzbräune	0,9	2,2	0,007**
Bestandesdichte		2,5	3,8	0,000***
Kornzahl je Ähre		2,0	2,8	0,002**
TKM		2,2	2,8	0,021*
Kornertrag Stufe 1		3,9	4,8	0,000***
Kornertrag Stufe 2		4,8	5,4	0,008**

In den Hypothesen H10a-c³⁷⁵ sind Vermutungen über den Zusammenhang zwischen der Gefahr von Trockenstress und der Berücksichtigung einzelner Ertragskomponenten aufgestellt. Bei GR5 werden signifikant mehr Informationen über die drei Ertragskomponenten „Bestandesdichte“, „Kornzahl je Ähre“ und „Tausendkornmasse“ (TKM) verwendet. Folglich können die Hypothesen H10a-c beibehalten werden. Zudem zeigen sich bei allen drei Indikatoren für die Stärke der Einbeziehung in die Entscheidungen bei diesen Eigenschaften jeweils größere Anteile bei GR5. Die stärksten Unterschiede werden bei der Bestandesdichte festgestellt (siehe Tabelle 74). Im Vergleich zu allen übrigen Produktionssystemen sind die Anteile der Probanden, die die „Bestandesdichte“ und die „Kornzahl je Ähre“ berücksichtigen, bei GR5 am größten (siehe Tabelle 68).

Tabelle 74: Detaillierte Darstellung der Nutzung ausgewählter Eigenschaften bei den Entscheidungen zu den Produktionssystemen KR5 und GR5 (n = 145; Anteil (in %); Saldo = Differenz zw. den Anteilen in KR5 und GR5)

Produktionssystem	Berücksichtigt			7-mal berücksichtigt			Ausschlusskriterium		
	KR5	GR5	Saldo	KR5	GR5	Saldo	KR5	GR5	Saldo
Eigenschaft									
Ährenschieben	28,3	31,7	-3,4	14,5	18,6	-4,1	2,1	2,1	0,0
Reife	48,3	57,9	-9,7	31,0	42,1	-11,0	0,7	5,5	-4,8
Pflanzenlänge	36,6	46,2	-9,7	21,4	31,0	-9,7	2,8	6,2	-3,4
Neig. z. Auswinterung	62,1	44,8	17,2	50,3	32,4	17,9	4,8	5,5	-0,7
Anf. f. Blattseptoria	36,6	44,8	-8,3	15,2	19,3	-4,1	1,4	1,4	0,0
Anf. f. DTR	33,8	37,2	-3,4	13,8	15,2	-1,4	2,1	2,8	-0,7
Anfälligkeit für Braunrost	40,0	49,0	-9,0	17,2	24,1	-6,9	2,1	2,8	-0,7
Anf. f. Ährenfusarium	37,2	47,6	-10,3	16,6	22,8	-6,2	2,8	0,0	2,8
Anf. f. Spelzbräune	28,3	31,7	-3,4	9,0	9,0	0,0	0,7	2,1	-1,4
Bestandesdichte	49,0	63,4	-14,5	31,7	44,8	-13,1	4,8	6,9	-2,1
Kornzahl / Ähre	40,0	47,6	-7,6	24,8	32,4	-7,6	1,4	4,1	-2,8
Tausendkornmasse	37,9	44,8	-6,9	29,0	33,8	-4,8	4,1	6,2	-2,1
Kornertrag Stufe 1	66,2	76,6	-10,3	51,0	62,8	-11,7	9,7	9,7	0,0
Kornertrag Stufe 2	76,6	82,1	-5,5	64,1	72,4	-8,3	10,3	9,7	0,7

Bei Produktionssystem KR5 werden signifikant mehr Informationen zu „Neigung zu Auswinterung“ abgefragt (siehe Tabelle 73). Folglich kann Hypothese H11³⁷⁶ beibehalten werden. Der Anteil der Probanden, die die Eigenschaft mindestens einmal berücksichtigen, von 62,1% bei KR5 ist im Vergleich zu GR5 mit 44,8% und zu allen übrigen Produktionssystemen am größten (siehe Tabelle 68). Zudem berücksichtigen mit 50,3% vs. 32,4% bei KR5 im

³⁷⁵ H10a-c: Je höher die Gefahr von Trockenheit an einem Standort ist, desto stärker werden die Ertragskomponenten (a) Bestandesdichte, (b) Kornzahl je Ähre und (c) Tausendkornmasse berücksichtigt.

³⁷⁶ H11: Je höher die Gefahr Auswinterungsschäden an einem Standort ist, desto stärker wird die Neigung zu Auswinterung berücksichtigt.

Vergleich zu GR5 deutlich mehr Probanden die Merkmalsausprägungen aller sieben Alternativen. Die Eigenschaft wird bei KR5 folglich häufiger berücksichtigt, bevor andere Eigenschaften zum Ausschluss von Alternativen verwendet werden. Mit 4,8% bei KR5 vs. 5,5% bei GR5 schätzt jedoch ein (etwas) geringerer Anteil die Gefahr von Auswinterungsschäden als so groß ein, dass die „Neigung zu Auswinterung“ zum Ausschluss von Alternativen führt (siehe Tabelle 74). Bei KR5 variiert die Auswinterungsneigung der Alternativen zwischen „4“ und „7“³⁷⁷ und bei GR5 zwischen „3“ und „6“³⁷⁸. Somit liegen bei KR5 die ungünstigeren Ausprägungen vor. Die negativeren Ausprägungen in KR5 führen dazu, dass eventuelle Mindestanforderungen an die Merkmalsausprägungen eher nicht erreicht werden, was einen vermehrten Ausschluss von Alternativen in KR5 erklären könnte. Dies wird jedoch nicht beobachtet. Die Variation der Standorte hat folglich einen Einfluss auf die grundsätzliche Berücksichtigung der Eigenschaft, jedoch nicht auf die hierbei angewendeten Regeln zur Beurteilung der Merkmalsausprägungen.

Neben den Effekten bei den fünf Eigenschaften, über die Hypothesen aufgestellt wurden, zeigen sich bei neun weiteren Eigenschaften signifikante Unterschiede in der Menge der berücksichtigten Merkmalsausprägungen (siehe Tabelle 73). Bei diesen Eigenschaften zeigen sich bei zwei weiteren Indikatoren für die Stärke der Einbeziehung in die Entscheidung Unterschiede. So werden die Pflanzenlänge, sieben der acht Resistenzeigenschaften und beide Angaben zum Ertragspotenzial bei den Entscheidungen zu GR5 von einem größeren Anteil berücksichtigt und in die Entscheidungen einbezogen, bevor es aufgrund anderer Eigenschaften zum Ausschluss von Alternativen kommt. Die Anteile der Probanden, die diese Eigenschaften als Ausschlusskriterien nutzen, unterscheiden sich jedoch nur unwesentlich (siehe Tabelle 74).

Eine mögliche Erklärung für die stärkere Berücksichtigung der Pflanzenlänge ist die bereits dargestellte Überlegung zum Korn-Stroh-Verhältnis.³⁷⁹ Längeres Stroh führt zu einem ungünstigeren Korn-Stroh-Verhältnis, sodass die Weizenpflanzen relativ viel Wasser für die Bildung von Stroh benötigen. Unter der Annahme, dass Wasser in diesem Produktionssystem ein ertragslimitierender Faktor ist, verbleibt somit weniger Wasser für die Bildung des Kornertrags, wodurch die stärkere Berücksichtigung der Pflanzenlänge plausibel erscheint.

Die vermehrte Berücksichtigung der Resistenzeigenschaften deutet darauf hin, dass die Probanden aufgrund der klimatischen Unterschiede bei GR5 insgesamt eine höhere Gefahr für das Auftreten von Krankheiten antizipieren.

³⁷⁷ Eine Alternative mit Ausprägung „4“ und je zwei Alternativen mit „5“, „6“ und „7“ (siehe Anhang 13).

³⁷⁸ Je eine Alternative mit Ausprägung „3“ und „5“, drei Alternativen mit „4“ und zwei mit „6“ (Anhang 14).

³⁷⁹ Siehe Abschnitt 5.1.4.1.

Die klimatischen Unterschiede der Standorte führen auch dazu, dass das Ertragspotenzial (Kornertrag Stufe 1 und Kornertrag Stufe 2) trotz gleicher Ackerzahl³⁸⁰ der Standorte bei GR5 von mehr Landwirten in die Entscheidungen einbezogen wird. Die Variation der klimatischen Bedingungen hat folglich auch Effekte auf die Nutzung von Eigenschaften, die nicht direkt mit den Unterschieden zwischen den Standorten assoziiert sind.

Eine andere Erklärung für die Unterschiede in der Verwendung einzelner Eigenschaften und des insgesamt größeren Entscheidungsaufwands bei GR5 sind die angewendeten Entscheidungsverfahren. Bei GR5 wird die *take the best heuristic* von nur 2,1% der Probanden im Vergleich zu 9,0% bei KR5 angewendet (siehe Tabelle 67). Auch bei allen übrigen Entscheidungssituationen wird die Anwendung der *take the best heuristic* häufiger beobachtet.³⁸¹ Bei diesem Entscheidungsverfahren werden nur sieben (externe) Informationen zu Merkmalsausprägungen genutzt. Es kommt also vornehmlich bei KR5 zu einer starken Einschränkung der externen Informationsmenge.

Die Anwendung der *take the best heuristic* erfolgt ausschließlich unter Verwendung des Sortennamens. Die grundsätzliche Berücksichtigung (89,0% bzw. 89,7%), die Berücksichtigung vor Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen anderer Eigenschaften (jeweils 82,1%) und die Verwendung als Ausschlusskriterium (jeweils 7,6%) des Sortennamens ist bei beiden Produktionssystemen vergleichbar.³⁸² Hieraus kann geschlossen werden, dass die Probanden in beiden Entscheidungssituationen zu gleichen Anteilen versucht haben, durch den Sortennamen auch interne Informationen in die Entscheidungen einzubeziehen. Die bei GR5 vorliegenden Alternativen können offenbar nur in geringerem Umfang zur Anwendung der *take the best heuristic* genutzt werden. Eine mögliche Ursache hierfür ist, dass die Datengrundlage bei GR5 aus den Landessortenversuchen 2015 besteht und somit neuere Sorten³⁸³ zur Auswahl stehen. Bei KR5 sind die Landessortenversuche aus dem Jahr 2012 die Datengrundlage. Daher stehen dort vergleichsweise ältere Sorten zur Auswahl.³⁸⁴

Die Auswertung der Angaben zu Sorten, die die Landwirte im Jahr 2015/16 und früher angebaut haben, unterstützt diese Vermutung. Der Anteil von Landwirten mit Erfahrungen zu den präsentierten Sorten ist bei GR5 im Vergleich zu allen übrigen Produktionssystemen am geringsten (siehe Tabelle 75). Während bei GR5 nur ein Anteil von 12,4% der Landwirte Erfahrungen mit mindestens einer Sorte im eigenen Anbau gesammelt hat, sind dies bei allen übrigen Entscheidungssituationen zwischen 28,3% (KR5) und 63,4% (MM1).

³⁸⁰ Die Ackerzahl beschreibt das Ertragspotenzial eines Standorts.

³⁸¹ Siehe Anhang 29 bis Anhang 35.

³⁸² Siehe Anhang 32 und Anhang 33.

³⁸³ Vier Alternativen aus Zulassungsjahr 2013, eine Alternative aus 2014 und zwei Alternativen aus 2015 (siehe Anhang 14).

³⁸⁴ Eine Alternative aus Zulassungsjahr 2009, zwei Alternativen aus 2010 sowie vier aus 2011 (siehe Anhang 13).

Tabelle 75: Erfahrung mit Alternativen (Sorten im eigenen Anbau) der einzelnen Entscheidungssituationen (Produktionssysteme) (n = 145)

Produktionssystem	HR1	HW1	HW5	KR5	GR5	MW1	MM1
Anteil in %							
Anzahl Sorten							
min. eine Sorte	60,7	61,4	51,0	28,3	12,4	58,6	63,4
1	37,9	33,8	37,2	24,8	9,0	34,5	31,0
2	19,3	17,2	9,7	3,4	3,4	15,9	16,6
3 und mehr	3,4	10,3	4,1	0,0	0,0	8,3	15,9
0	39,3	38,6	49,0	71,7	87,6	41,4	36,6

Das Ergebnis zeigt, dass Unterschiede im Aufbau bzw. in der Datengrundlage des Experiments ursächlich für einen Teil der vermehrten Informationsnutzung bei GR5 sein können: die Probanden müssen mehr externe Informationen nutzen, da ihnen die Sorten bei GR5 zu größeren Teilen unbekannt sind und somit die Möglichkeit zur Nutzung interner Informationen eingeschränkt ist. Hierdurch können die Unterschiede in der Anwendung der *take the best heuristic* erklärt werden.

5.6.6.2 Auswirkung der Vorfrucht auf die Berücksichtigung von Sorteneigenschaften

Die Hypothesen zur Auswirkung der Vorfrucht beziehen sich auf die Bedeutung der Resistenzeigenschaften bei der Sortenwahl.

Weizen vs. Raps

Die Auswirkungen der Vorfrüchte Weizen und Raps werden durch den Vergleich der Produktionssysteme HW1 und HR1 bestimmt. Die Probanden verwenden bei der Vorfrucht Winterweizen signifikant mehr Informationen als bei der Vorfrucht Winterraps. Jedoch ergeben sich hierdurch keine eindeutigen Unterschiede in der aufgewendeten Entscheidungszeit. Im Durchschnitt berücksichtigen die Landwirte bei der Vorfrucht Winterweizen zehn und bei Winterraps neun Eigenschaften (siehe Tabelle 76).

Die in den Hypothesen H12a-c³⁸⁵ ausgedrückten Vermutungen über den Zusammenhang zwischen der Vorfrucht und der Relevanz der Resistenzen gegenüber den Krankheiten (a) Halmbruch, (b) DTR, und (c) Ährenfusarium werden durch die Ergebnisse unterstützt. Zu allen drei Eigenschaften werden bei HW1 signifikant mehr Informationen verwendet. Die Hypothesen H12a-c können folglich beibehalten werden. Zudem liegen signifikante Unterschiede bei der Nutzung von „Anfälligkeit für Blattseptoria“ und „Anfälligkeit für Spelzbräune“ vor (siehe Tabelle 77).

³⁸⁵ H12a-c: Wenn Weizen anstelle von Raps als Vorfrucht angebaut wurde, dann wird die Anfälligkeit für (a) Halmbruch, (b) DTR und (c) Ährenfusarium stärker berücksichtigt.

Tabelle 76: Kennzahlen der Produktionssysteme HW1 und HR1, Informationsnutzung und Entscheidungszeit (n = 145; Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)**

Produktionssystem		HW1	HR1	p-Wert
Vorfrucht		Winterweizen	Winterraps	
Ackerzahl		57	53	
Höhe (ü. NN)		206	206	
Temperatur (°C)		8,1	8,1	
Niederschlag (mm)		670	670	
Aussaatdatum		31.10.	07.10.	
Anzahl genutzter Informationen zu Sorten	Arithmetischer Mittelwert	52,3	45,3	0,001**
	Median	45	43	
Ø Anzahl berücksichtigter Eigenschaften		10,0	9,0	
Ø Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft		5,2	5,0	
Entscheidungszeit (Sekunden)	Arithmetischer Mittelwert	154,4	151,5	0,889
	Median	131,3	129,4	

Tabelle 77: Arithmetische Mittelwerte der Anzahl genutzter Informationen zu Eigenschaften (Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft) bei den Produktionssystemen HW1 und HR1 (n = 145; Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)³⁸⁶**

Produktionssystem		HW1	HR1	p-Wert
Vorfrucht		Winterweizen	Winterraps	
Eigenschaften				
Sortenname		5,7	5,9	0,246
Jahr der Zulassung		1,0	1,0	0,137
Ährenschieben		1,1	0,7	0,771
Reife		2,4	2,2	0,433
Pflanzenlänge		1,7	1,8	0,613
Neigung zu Auswinterung		3,3	2,8	0,120
Neigung zu Lager		2,3	2,2	0,800
Anfälligkeit für	Halmbruch	2,9	1,2	0,000***
	Mehltau	2,0	1,6	0,057
	Blattseptoria	2,4	1,7	0,006**
	DTR	2,1	1,1	0,000***
	Gelbrost	2,8	2,5	0,225
	Braunrost	2,0	1,7	0,092
	Ährenfusarium	2,7	1,7	0,001**
	Spelzbräune	1,5	0,9	0,011*
Bestandesdichte		2,5	2,6	0,551
Kornzahl je Ähre		2,2	2,1	0,827
TKM		2,5	2,1	0,116
Kornertrag Stufe 1		4,3	4,3	0,993
Kornertrag Stufe 2		5,2	5,1	0,528

³⁸⁶ Eine detaillierte Darstellung der Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft findet sich in Anhang 38 in Form von Boxplots.

Mit Ausnahme der Anfälligkeit für Spelzbräune werden die genannten Resistenzeigenschaften in beiden Produktionssystemen in vergleichbarem (geringem) Umfang als Ausschlusskriterien verwendet. Die Anfälligkeit für Spelzbräune wird bei HW1 mit 6,2% relativ häufig als Ausschlusskriterium herangezogen. Demgegenüber sind die Unterschiede in der grundsätzlichen Berücksichtigung und in der Berücksichtigung vor der nicht-kompensatorischen Merkmalsbeurteilung anderer Eigenschaften bei der Anfälligkeit für Spelzbräune mit 7,6% bzw. 9,0% am geringsten. Die größten Unterschiede bei diesen Indikatoren zeigen sich mit 24,8% bzw. 22,8% bei der Anfälligkeit für Halmbruch (siehe Tabelle 78).

Insgesamt führt die Vorfrucht Winterweizen im Vergleich zu Winterraps dazu, dass verstärkt auf Resistenzeigenschaften geachtet wird. Bei der Nutzung anderer Informationen ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede.

Tabelle 78: Detaillierte Darstellung der Nutzung ausgewählter Eigenschaften bei den Entscheidungen zu den Produktionssystemen HW1 und HR1 (n = 145; Anteil (in %); Saldo = Differenz zw. den Anteilen in HW1 und HR1)

Produktionssystem	Berücksichtigt			7-mal berücksichtigt			Ausschlusskriterium			
	HW1	HR1	Saldo	HW1	HR1	Saldo	HW1	HR1	Saldo	
Eigenschaft										
Anfälligkeit für	Halmbruch	57,9	33,1	24,8	31,7	9,0	22,8	2,8	2,1	0,7
	Blattseptoria	52,4	37,2	15,2	25,5	15,9	9,7	2,8	2,1	0,7
	DTR	48,3	29,0	19,3	21,4	7,6	13,8	2,1	1,4	0,7
	Ährenfusarium	53,1	40,7	12,4	30,3	15,2	15,2	3,4	4,1	-0,7
	Spelzbräune	33,1	25,5	7,6	15,2	6,2	9,0	6,2	2,1	4,1

Mais vs. Weizen

Die Folgen der Vorfrüchte Mais und Winterweizen für die subjektive Relevanz der Resistenzeigenschaften werden durch den Vergleich der Produktionssysteme MM1 und MW1 untersucht. Bei der Entscheidungsfindung für MM1 verwenden die Probanden signifikant weniger Informationen und treffen ihre Entscheidungen im Vergleich zu MW1 deutlich schneller. Es werden weniger Eigenschaften in die Entscheidung einbezogen und weniger Alternativen in einzelnen Eigenschaften miteinander verglichen (siehe Tabelle 79).

Hypothese H13³⁸⁷ bezieht sich auf die besondere Bedeutung der Anfälligkeit für Ährenfusarium bei der Vorfrucht Mais. Die Ergebnisse unterstützen die Hypothese: Es kann eine signifikant stärkere Nutzung der Informationen zur Anfälligkeit für Ährenfusarium bei der Vorfrucht Mais festgestellt werden. Zudem führt die Vorfrucht Mais dazu, dass das Ertragspotenzial („Kornertrag Stufe 2“) wesentlich weniger berücksichtigt wird. Umgekehrt werden die übrigen Resistenzeigenschaften bei der Vorfrucht Winterweizen auf signifikantem Niveau stärker berücksichtigt (siehe Tabelle 80).

³⁸⁷ H13: Wenn Mais anstelle von Weizen als Vorfrucht angebaut wurde, dann wird die Anfälligkeit für Ährenfusarium stärker berücksichtigt.

Tabelle 79: Kennzahlen der Produktionssysteme MM1 und MW1, Informationsnutzung und Entscheidungszeit (n = 145; Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)**

Produktionssystem		MM1	MW1	p-Wert
Vorfrucht		Mais	Winterweizen	
Ackerzahl		75	75	
Höhe (ü. NN)		190	190	
Temperatur (°C)		8,4	8,4	
Niederschlag (mm)		605	605	
Aussaatdatum		22.10.	18.10.	
Anzahl genutzter Informationen zu Sorten	Arithmetischer Mittelwert	47,0	56,9	0,000***
	Median	39	55	
Ø Anzahl berücksichtigter Eigenschaften		9,4	10,8	
Ø Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft		5,0	5,3	
Entscheidungszeit (Sekunden)	Arithmetischer Mittelwert	143,8	171,2	0,000***
	Median	119,0	154,0	

Tabelle 80: Arithmetische Mittelwerte der Anzahl genutzter Informationen zu Eigenschaften (Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft) bei den Produktionssystemen MW1 und MM1 (n = 145; Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)³⁸⁸**

Produktionssystem		MM1	MW1	p-Wert
Vorfrucht		Mais	Winterweizen	
Eigenschaften				
Sortenname		5,7	5,9	0,076
Jahr der Zulassung		1,0	1,2	0,385
Ährenschieben		1,0	1,1	0,455
Reife		2,0	2,3	0,331
Pflanzenlänge		1,6	1,8	0,331
Neigung zu Auswinterung		2,8	3,1	0,246
Neigung zu Lager		2,4	2,9	0,058
Anfälligkeit für	Halmbruch	1,6	3,8	0,000***
	Mehltau	1,3	2,1	0,001**
	Blattseptoria	1,6	2,9	0,000***
	DTR	1,6	2,7	0,000***
	Gelbrost	2,0	3,3	0,000***
	Braunrost	1,6	2,4	0,000***
	Ährenfusarium	3,8	2,9	0,001**
	Spelzbräune	0,9	1,8	0,000***
Bestandesdichte		2,3	2,6	0,192
Kornzahl je Ähre		2,0	1,9	0,523
TKM		2,3	2,2	0,642
Kornertrag Stufe 1		4,3	4,5	0,553
Kornertrag Stufe 2		5,0	5,4	0,040*

³⁸⁸ Eine detaillierte Darstellung der Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft findet sich in Anhang 39 in Form von Boxplots.

Die Ausprägung der Anfälligkeit für Ährenfusarium wird bei der Vorfrucht Mais von 67,6% und bei der Vorfrucht Winterweizen von 59,3% der Probanden für mindestens eine Alternative zugänglich gemacht. Hieran zeigt sich, dass die Eigenschaft bei MM1 von einem größeren Anteil der Probanden grundsätzlich als geeigneter Indikator für die Ertragsleistung eingeschätzt wird. Die Unterschiede bei der Berücksichtigung der Eigenschaft, bevor eine Reduktion der Alternativen aufgrund anderer Eigenschaften erfolgt, sind mit 48,3% vs. 30,3% größer. Zudem wird die Eigenschaft bei MM1 häufiger als Ausschlusskriterium verwendet. In beiden Entscheidungssituationen variieren die Merkmalsausprägungen der Alternativen zwischen „3“ und „6“.³⁸⁹ Die Eigenschaft wird bei Produktionssystem MM1 mit 7,6% im Vergleich zu 2,8% von einem größeren Anteil der Probanden zum Ausschluss von Alternativen genutzt. Hieraus kann geschlossen werden, dass ein Teil der Landwirte die Mindestanforderungen an die Merkmalsausprägungen in Abhängigkeit der Produktionssysteme anpasst (siehe Tabelle 81).

Die übrigen Resistenzeigenschaften werden bei der Vorfrucht Weizen mit Differenzen von 9,7% bis 29,0% im Vergleich zur Vorfrucht Mais von deutlich mehr Probanden in die Entscheidung einbezogen. Ähnliche Unterschiede zeigen sich auch bzgl. der Berücksichtigung der Eigenschaften bevor Alternativen aufgrund anderer Eigenschaften ausgeschlossen werden. Bei diesen Eigenschaften bestehen jedoch nur sehr geringe Differenzen in der Nutzung als Ausschlusskriterium in Abhängigkeit der Vorfrüchte.

Tabelle 81: Detaillierte Darstellung der Nutzung ausgewählter Eigenschaften bei den Entscheidungen zu den Produktionssystemen MW1 und MM1 (n = 145; Anteil (in %); Saldo = Differenz zw. den Anteilen in MW1 und MM1)

Produktionssystem	Berücksichtigt			7-mal berücksichtigt			Ausschlusskriterium			
	MM1	MW1	Saldo	MM1	MW1	Saldo	MM1	MW1	Saldo	
Eigenschaft										
Anfälligkeit für	Halmbruch	41,4	70,3	-29,0	13,8	42,1	-28,3	4,1	5,5	-1,4
	Mehltau	36,6	46,2	-9,7	11,0	20,0	-9,0	2,1	1,4	0,7
	Blattseptoria	39,6	58,6	-19,0	16,0	31,0	-15,1	2,8	4,1	-1,4
	DTR	39,3	57,2	-17,9	15,9	28,3	-12,4	3,4	2,8	0,7
	Gelbrost	48,3	64,8	-16,6	19,3	35,9	-16,6	4,1	3,4	0,7
	Braunrost	39,3	52,4	-13,1	14,5	24,1	-9,7	2,1	2,8	-0,7
	Ährenfusarium	67,6	59,3	8,3	48,3	30,3	17,9	7,6	2,8	4,8
	Spelzbräune	28,3	41,4	-13,1	7,6	16,6	-9,0	5,5	4,8	0,7
Kornertrag Stufe 2	80,7	82,8	-2,1	66,2	72,4	-6,2	12,4	17,2	-4,8	

Bei der Vorfrucht Mais werden signifikant weniger Ausprägungen von „Kornertrag Stufe 2“ abgerufen (siehe Tabelle 80). Während die Unterschiede in der generellen Berücksichtigung

³⁸⁹ Bei Produktionssystem MM1: je eine Alternative mit Ausprägung „3“ und „6“ sowie drei Alternativen mit „4“ und zwei mit „5“ (siehe Anhang 16); bei MW1: je zwei Alternativen mit „3“, „4“ und „5“ sowie eine Alternative mit „6“ (siehe Anhang 15).

eher gering ausfallen, sind die Unterschiede bei der Nutzung vor dem Ausschluss von Alternativen aufgrund anderer Eigenschaften größer. Zudem wird die Eigenschaft mit einem Saldo von 4,8% zwischen beiden Produktionssystemen seltener zum Ausschluss von Alternativen verwendet (siehe Tabelle 81). Eine Erklärung hierfür könnte der höhere Anteil an Probanden bei MM1 sein, die eine nicht-kompensatorische Beurteilung der Anfälligkeit für Ährenfusarium vornehmen, wodurch „Kornertrag Stufe 2“ als ertragsrelevantes Kriterium „verdrängt“ worden sein könnte.

5.6.6.3 Zusammenfassung

Die Variation einzelner Elemente von Produktionssystemen führt zu unterschiedlich starken Anpassungen der genutzten Informationen zu Merkmalsausprägungen und der aufgewendeten Entscheidungszeit. Bei den Vergleichen von Produktionssystemen werden in zwei Fällen³⁹⁰ für beide Indikatoren des Entscheidungsaufwands und in den beiden anderen Fällen³⁹¹ jeweils bei einer dieser Kennzahlen signifikante Unterschiede festgestellt. Bei den verglichenen Entscheidungssituationen liegt jeweils die gleiche Schlaggröße vor. Die festgestellten Unterschiede können folglich nicht auf die Tragweite der Entscheidung zurückgeführt werden. Stattdessen scheinen unterschiedliche Vorstellungen über die Relevanz einzelner Eigenschaften in Abhängigkeit der Produktionssysteme ursächlich zu sein. Hierauf deuten auch die Unterschiede in der Anzahl der berücksichtigten Eigenschaften hin.

Bei der Untersuchung der Auswirkungen unterschiedlicher Ertragspotenziale von Standorten (MW1 mit Ackerzahl 75 und HW1 mit Ackerzahl 57) werden nur tendenzielle Unterschiede in den arithmetischen Mittelwerten der Anzahl der berücksichtigten Ausprägungen von „Kornertrag Stufe“ 1 und „Kornertrag Stufe 2“ festgestellt. Die Vermutungen über eine verstärkte Berücksichtigung dieser Eigenschaften werden durch die Ergebnisse folglich nicht unterstützt. Stattdessen werden andere Eigenschaften signifikant häufiger in die Entscheidung einbezogen. Bei den Produktionssystemen liegen unterschiedliche Saattermine vor. Diese können die Unterschiede bei der Berücksichtigung dieser Eigenschaften hervorgerufen haben.

Die Effekte klimatischer Unterschiede zwischen Standorten sind vielfältig. Der Vergleich der Informationsnutzung zwischen KR5 und GR5 zeigt für 14 der 20 aufgeführten Eigenschaften signifikante Unterschiede. Vier der fünf aufgestellten Hypothesen über die Berücksichtigung von Eigenschaften, die mit dem Wasserverbrauch und der Winterhärte in Zusammenhang stehen, können beibehalten werden. Zudem werden beim trockeneren und wärmeren Standort Griesheim vermehrt Resistenzeigenschaften berücksichtigt.

Eine Erklärung für die insgesamt höhere Informationsnutzung bei GR5 ist die geringere Vertrautheit der Probanden mit den dort zur Wahl stehenden Alternativen. Dort werden haupt-

³⁹⁰ KR5 vs. GR5 und MM1 vs. MW1.

³⁹¹ MW1 vs. HW1 bzw. HW1 vs. HR1.

sächlich neuere Sorten präsentiert, zu denen weniger interne Informationen vorliegen, wodurch die Schlüsselinformation „Sortenname“ weniger diskriminierend ist und mehr externe Informationen genutzt werden müssen. Ein Hinweis hierfür ist der geringere Anteil an Beobachtungen, bei denen der Sortenname als einzige Information (= Anwendung der *take the best heuristic*) genutzt wird.

Beim Vergleich der Produktionssysteme mit unterschiedlichen Klimabedingungen werden - obwohl die Standorte ein vergleichbares Ertragspotenzial (jeweils Ackerzahl 55) haben - signifikante Unterschiede in der Anzahl der genutzten Ausprägungen von „Kornertrag Stufe 1“ und „Kornertrag Stufe 2“ festgestellt. Diese Beobachtung stellt einen Gegensatz zum zuvor gezeigten Vergleich von Standorten mit unterschiedlichem Ertragspotenzial dar, wo keine signifikante Anpassung der Nutzung dieser Eigenschaften festgestellt wird.

Insgesamt werden aufgrund der Variation der Standorte bei 19 Eigenschaften signifikante Unterschiede in den arithmetischen Mittelwerten der Anzahl der je Eigenschaft berücksichtigten Merkmalsausprägungen festgestellt. Die Variation des Ertragspotenzials und der klimatischen Bedingungen der Standorte führen bei den Indikatoren für den Grad der Berücksichtigung hauptsächlich zu Verschiebungen bei den Anteilen der Probanden, die einzelne Eigenschaften grundsätzlich in die Entscheidung einbeziehen bzw. betrachten, bevor andere Eigenschaften zum Ausschluss von Alternativen führen. Bei diesen Kennzahlen liegen die größten Salden zwischen 17,2% und 17,9% („Neigung zu Auswinterung“ bei KR5 vs. GR5). Jedoch zeigen sich nur relativ geringe Unterschiede in der Verwendung als Ausschlusskriterium. Nur in einem Fall („Reife“ bei KR5 vs. GR5) ist der Saldo der Anteile größer als 4%.

Die Vorfrüchte Weizen und Raps führen zu deutlichen Unterschieden bei der Berücksichtigung der Resistenzeigenschaften. Zu fünf der acht Resistenzeigenschaften werden bei der Vorfrucht Winterweizen signifikant mehr Ausprägungen in die Entscheidungen einbezogen. Hierdurch werden u. a. die drei Hypothesen zur verstärkten Berücksichtigung der Anfälligkeit für Halmbruch, DTR und Ährenfusarium bei der Vorfrucht Winterweizen unterstützt. Wie schon bei der Variation der Standorte zeigen sich auch hier primär Verschiebungen bei den Anteilen der Probanden, die die Eigenschaften berücksichtigen bzw. betrachten, bevor andere Eigenschaften zum Ausschluss von Alternativen genutzt werden. Größere Unterschiede bei den Anteilen von Probanden, die nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilungen durchführen, werden lediglich bei der Anfälligkeit für Spelzbräune beobachtet.

Wenn Weizen anstelle von Mais als Vorfrucht vorliegt, dann verwenden die Landwirte bei allen Resistenzeigenschaften unterschiedlich viele Informationen über deren Merkmalsausprägungen. Bei der Vorfrucht Mais werden deutlich mehr Ausprägungen der Anfälligkeit für Ährenfusarium berücksichtigt, was die hierzu aufgestellte Hypothese unterstützt. Zu allen anderen Resistenzeigenschaften werden erheblich mehr Ausprägungen bei der Vorfrucht Weizen abgefragt. Diese Eigenschaften werden bei der Vorfrucht Weizen mit Salden von bis

zu 29% bzw. 28,3% („Anfälligkeit für Halmbruch“ bei MW1 vs. MM1) von mehr Landwirten berücksichtigt bzw. berücksichtigt, bevor andere Eigenschaften zum Ausschluss von Alternativen führen. Zudem werden die Ausprägungen des Ertragspotenzials („Kornertrag Stufe 2“) bei der Vorfrucht Winterweizen (MW1) häufiger genutzt und in 17,2% der Beobachtungen - im Vergleich zur Vorfrucht Mais (MM1) mit 12,4% - vermehrt als Ausschlusskriterium verwendet. Umgekehrt wird bei MM1 mit einem Anteil von 7,6% in Relation zu 2,8% bei MW1 die Anfälligkeit für Ährenfusarium von deutlich mehr Landwirten nicht-kompensatorisch beurteilt.

5.6.7 Anpassung des Entscheidungsaufwands

Der Aufwand für die Entscheidungsfindung kann durch die Anzahl der verwendeten Informationen und durch die aufgewendete Zeit zur Entscheidungsfindung angegeben werden. In Hypothese H14³⁹² wird die Annahme geäußert, dass die Tragweite der Entscheidung hierauf Einfluss nimmt. Die Tragweite ergibt sich aus der Schlaggröße. Zur Prüfung der Hypothese wird das Verhalten bei den Produktionssystemen HW1 und HW5 verglichen.

In der Entscheidungssituation mit größerer Tragweite (HW5) nutzen die Probanden mehr Informationen und wenden mehr Zeit zur Entscheidungsfindung auf. Jedoch sind die Unterschiede nicht signifikant (siehe Tabelle 82). H14 muss folglich verworfen werden. Die tendenziellen Unterschiede im Entscheidungsaufwand können auf die Berücksichtigung von mehr Eigenschaften (10,8 vs. 10,0) bei Produktionssystem HW5 zurückgeführt werden.

Bei der Nutzung einzelner Eigenschaften zeigt sich, dass bei der Entscheidung für Produktionssystem HW5 signifikant mehr Informationen über die Anfälligkeit für DTR, Braunrost und Ährenfusarium geöffnet werden (siehe Tabelle 83). Die Ursache hierfür muss jedoch nicht zwangsläufig in der Schlaggröße liegen. Die Produktionssysteme unterscheiden sich nicht nur in der Schlaggröße, sondern auch im Saattermin. Bei HW1 erfolgt die Aussaat am 31.10. und bei HW5 am 30.09. Frühe Saattermine erhöhen die Gefahr des Auftretens von Weizenkrankheiten (vgl. Ziesemer et al. 2008, S. 1f). Daraus ergibt sich die Vermutung, dass (zumindest) ein Teil der stärkeren Berücksichtigung der Resistenzeigenschaften bei HW5 auf den früheren Saattermin zurückzuführen ist. Bei gleichen Saatterminen wären die tendenziellen Unterschiede im Entscheidungsaufwand vermutlich schwächer ausgefallen. Der Unterschied im Saattermin führt folglich dazu, dass die Überprüfung von H14 eher unkritisch erfolgt ist. Daher sind die nicht-signifikanten Unterschiede besonders bemerkenswert.

³⁹² H14: Je größer die Tragweite einer Entscheidung ist, desto größer ist der Entscheidungsaufwand bei der Sortenwahl.

Tabelle 82: Kennzahlen der Produktionssysteme HW1 und HW5, Informationsnutzung und Entscheidungszeit (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)**

Produktionssystem		HW1	HW5	p-Wert
Ackerzahl		57	52	
Höhe (ü. NN)		206	206	
Temperatur (°C)		8,1	8,1	
Niederschlag (mm)		670	670	
Aussaatdatum		31.10.	30.09.	
Schlaggröße (ha)		1	5	
Anzahl genutzter Informationen zu Sorten	Arithmetischer Mittelwert	52,3	56,8	0,068
	Median	45	51	
Ø Anzahl berücksichtigter Eigenschaften		10,0	10,8	
Ø Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft		5,2	5,3	
Entscheidungszeit (Sekunden)	Arithmetischer Mittelwert	154,4	183,4	0,059
	Median	131,3	150,8	

Tabelle 83: Arithmetische Mittelwerte der Anzahl genutzter Informationen zu Eigenschaften (Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft) bei den Produktionssystemen HW1 und HW5 (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)³⁹³**

Produktionssystem	HW1	HW5	p-Wert	
Schlaggröße	1 ha	5 ha		
Eigenschaften				
Sortenname	5,7	5,8	0,352	
Jahr der Zulassung	1,0	1,4	0,024*	
Ährenschieben	1,1	1,5	0,051	
Reife	2,4	2,7	0,310	
Pflanzenlänge	1,7	2,1	0,082	
Neigung zu Auswinterung	3,3	3,2	0,952	
Neigung zu Lager	2,3	2,5	0,525	
Anfälligkeit für	Halmbruch	2,9	3,1	0,294
	Mehltau	2,0	2,1	5,870
	Blattseptoria	2,4	2,5	0,468
	DTR	2,1	2,7	0,002**
	Gelbrost	2,8	3,0	0,325
	Braunrost	2,0	2,4	0,045*
	Ährenfusarium	2,7	3,3	0,003**
	Spelzbräune	1,5	1,7	0,128
Bestandesdichte	2,5	2,5	0,850	
Kornzahl je Ähre	2,2	2,1	0,734	
TKM	2,5	2,2	0,224	
Kornertrag Stufe 1	4,3	4,4	0,700	
Kornertrag Stufe 2	5,2	5,4	0,378	

³⁹³ Eine detaillierte Darstellung der Anzahl berücksichtigter Alternativen je Eigenschaft findet sich in Anhang 40 in Form von Boxplots.

Während die Unterschiede in der Tragweite der Entscheidung keinen eindeutigen Effekt auf den Entscheidungsaufwand haben, zeigen die Ergebnisse zum Effekt der übrigen Variationen der Produktionssysteme ein anderes Bild: Unterschiede bei Standorten und Vorfrüchten führen dazu, dass jeweils mindestens in einem der beiden Indikatoren des Entscheidungsaufwands signifikante Unterschiede vorliegen. Die Landwirte passen den Entscheidungsaufwand folglich nur tendenziell an die Tragweite, in Abhängigkeit anderer Elemente von Produktionssystemen jedoch signifikant an. Ob Eigenschaften berücksichtigt werden, variiert situationsspezifisch in Abhängigkeit der Produktionssysteme. Wenn z. B. die ungünstige Vorfrucht Winterweizen vorliegt, dann werden mehr Resistenzeigenschaften berücksichtigt.³⁹⁴ Liegt eine besondere Gefahr für das Auftreten von Faktoren, die zu Ertragseinbußen führen können vor, dann werden Eigenschaften, die diesen Gefahren entgegenwirken verstärkt berücksichtigt. Beispiele hierfür sind die Ertragskomponenten, der Reifetermin und die Pflanzlänge bei der Gefahr von Wassermangel am Standort Griesheim sowie die stärkere Einbeziehung der Anfälligkeit für Ährenfusarium bei der Vorfrucht Mais. Dies zeigt, dass die Informationsnutzung durch die Vorstellungen über die Relevanz einzelner Eigenschaften in Abhängigkeit des Produktionssystems bestimmt wird.

Es sind also nicht (primär) Kosten-Nutzen-Abwägungen zwischen Entscheidungsaufwand und Entscheidungsergebnis, die die Entscheidungsdauer und Anzahl der verwendeten Informationen bestimmen. Die theoretischen Ansätze zur Optimierung unter Restriktionen (Stigler 1960), des *accuracy effort framework* (Payne et al. 1993, S. 95) und des *effort reduction framework* (Shah & Oppenheimer 2008) werden durch die Ergebnisse infrage gestellt. Zwar wird auch im *fast and frugal program* (z. B. Gigerenzer & Goldstein 1996) bzw. bei *ecological rationality* (Todd & Gigerenzer 2012b) grundsätzlich angenommen, dass heuristische Prinzipien³⁹⁵ zur Reduktion des Entscheidungsaufwandes eingesetzt werden; allerdings wird dort kein Zusammenhang zwischen Entscheidungsaufwand und Tragweite des Entscheidungsproblems hergestellt (z. B. Gigerenzer & Goldstein 1996; Gigerenzer 2008). Vielmehr wird angenommen, dass Entscheidungsverfahren in Abhängigkeit der Fähigkeiten von Personen gewählt werden. Daher stützen die Ergebnisse des Experiments die Annahmen dieser theoretischen Ansätze.

5.7 Zusammenfassung

Die am Anfang des Kapitels aufgestellten Hypothesen und Vermutungen beziehen sich auf vier Aspekte:

- den verstärkten Anbau älterer Sorten,
- Ursachen für Unterschiede im Entscheidungserfolg bei der Sortenwahl,

³⁹⁴ Siehe Abschnitt 5.6.6.2.

³⁹⁵ Z. B. die Reduktion der berücksichtigten Eigenschaften, nicht-kompensatorische Entscheidungsregeln etc.

- die Anwendung heuristischer Prinzipien und Entscheidungsverfahren bei Entscheidungen auf der Grundlage von Informationen der Beschreibenden Sortenliste und
- die subjektiven Einschätzungen zur Ertragsrelevanz von Eigenschaften bei der Sortenwahl für konkrete Produktionssysteme.

Zur Untersuchung der vermuteten Zusammenhänge wird ein anreizkompatibles Experiment mit einer begleitenden Befragung durchgeführt. Im Experiment müssen für Produktionssysteme, die dem Versuchsaufbau von Landessortenversuchen entsprechen, Sorten ausgewählt werden. Das Erfolgskriterium ist der Ertrag der gewählten Sorten. Die Erträge der Sorten werden ebenfalls aus Landessortenversuchen übernommen. Zur Auswahl stehen jeweils sieben reale, praxisrelevante Sorten. Die Informationen zu den Merkmalsausprägungen der Alternativen stammen aus der Beschreibenden Sortenliste und umfassen den Sortennamen, das Jahr der Zulassung sowie insgesamt 18 Anbau-, Resistenz- und Ertrageigenschaften, was eine realistische Merkmalsausprägung gewährleistet. Die Angaben in der begleitenden Befragung zeigen eine hohe Übereinstimmung der Produktionssysteme im realen Anbau der Probanden mit den Produktionssystemen, für die im Experiment Sorten ausgewählt werden müssen. Das Experiment stellt somit die realitätsnahe Nachbildung des tatsächlichen Entscheidungsproblems „Sortenwahl bei Winterweizen“ dar. Hierbei wird das Entscheidungsverhalten von Landwirten beobachtet, die auch in der Realität mit dieser Entscheidungsaufgabe konfrontiert sind. Zudem bildet die monetäre Vergütung in Abhängigkeit des Entscheidungserfolgs (Ertrag der gewählten Sorten) die finanziellen Konsequenzen der Sortenwahl in der realen Entscheidungssituation ab. Damit werden die grundlegenden Anforderungen zur Wahrung der Validität ökonomischer Experimente erfüllt.

Die Vermutungen und Hypothesen zu Gründen des verstärkten Anbaus älterer Sorten werden anhand des Alters der von den Landwirten in der Praxis angebauten Sorten überprüft. Hierbei zeigt sich, dass zwischen den subjektiven Einschätzungen

- zur Leistungsfähigkeit von Sorten in Abhängigkeit des Sortenalters,
- zu Lerneffekten durch wiederholten Anbau der gleichen Sorten und
- zum verfolgten Zielausmaß beim Weizenanbau

keine Zusammenhänge mit dem Alter der in der Praxis angebauten Sorten bestehen. Der verzögerte Anbau neuer, leistungsfähigerer Sorten kann folglich nicht durch die subjektiven Einschätzungen erklärt werden. Dass sich die subjektiven Einschätzungen nicht in den Entscheidungen der Landwirte niederschlagen, wird auch in dem Experiment beobachtet. Anstelle des Zulassungsjahres wird der Sortenname als zentrale Schlüsselinformation verwendet. Daran wird deutlich, dass die überwiegend vorliegenden Einschätzungen einer höheren Leistungsfähigkeit neuerer Sorten in konkreten Entscheidungssituationen unberücksichtigt bleiben. Stattdessen sind offensichtlich eigene Erfahrungen ein wichtiges Kriterium. Die hohe Relevanz eigener Erfahrungen kann den verstärkten Anbau älterer Sorten erklären.

Die Hypothesen über die Ursachen von Unterschieden im Entscheidungserfolg bei der Sortenwahl auf der Basis von Informationen der Beschreibenden Sortenliste beziehen sich auf Faktoren, die einen Einfluss auf die Angepasstheit mentaler Modelle über Sorteneigenschaften und Ertragsleistung haben. Die Hypothesen werden durch die Ergebnisse des Experiments größtenteils nicht unterstützt. Zwischen dem Entscheidungserfolg im Experiment und

- der Erfahrung im Weizenanbau,
- der Exaktheit der Ertragsermittlung sowie
- dem Entscheidungsinvolverment

bestehen keine Zusammenhänge. Lediglich zwischen der Art der landwirtschaftlichen Ausbildung und dem Entscheidungserfolg kann tendenziell ein Zusammenhang festgestellt werden. Landwirte mit einer höheren praxisorientierten Ausbildung (Meister und Techniker) wählen im Vergleich zu Probanden mit anderen Ausbildungsarten tendenziell ertragreichere Sorten auszuwählen. Bei der Frage nach Ursachen für Unterschiede bei der Angepasstheit mentaler Modelle besteht weiterer Forschungsbedarf.

Im Experiment wird die Anwendung heuristischer Prinzipien und Entscheidungsverfahren in unterschiedlichem Ausmaß beobachtet. In den überwiegenden Fällen wird nur ein Teil der Eigenschaften in die Entscheidung einbezogen. Im arithmetischen Mittelwert werden lediglich ca. zehn der zwanzig aufgeführten Eigenschaften zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Sorten verwendet. Dieses heuristische Prinzip wird in unterschiedlichem Ausmaß angewendet. Während einige Landwirte alle Eigenschaften in die Entscheidungen einbeziehen, berücksichtigen andere nur einen Bruchteil der Eigenschaften. Hieraus kann auf deutliche Unterschiede in der Größe der mentalen Modelle von Landwirten geschlossen werden.

Bei ca. 6% der Entscheidungen wird die extremste Form der Reduktion berücksichtigter Eigenschaften - die *take the best heuristic* - beobachtet. Dabei wird jeweils nur der Sortenname zur Entscheidung genutzt. Demgegenüber erfolgt die Reduktion der (externen) Informationsmenge durch die grundsätzliche Einschränkung des Entscheidungsraums auf einen Teil der zur Auswahl stehenden Alternativen nur in sehr geringem Umfang: Das Entscheidungsverfahren *satisficing* wird in weniger als einem Prozent aller Entscheidungen beobachtet.

Der überwiegende Anteil der berücksichtigten Eigenschaften wird nicht zum Ausschluss von Alternativen genutzt: Kompensatorische Merkmalsbeurteilungen werden bei etwa 80% der berücksichtigten Eigenschaften beobachtet. Ein Drittel der Entscheidungen wird ausschließlich auf der Basis dieser Art der Merkmalsbeurteilung - rein kompensatorisch - getroffen. Nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilungen, die sich durch den Ausschluss von Alternativen bei der attributbasierten Informationssuche zeigen, werden bei ca. 10% der genutzten Eigenschaften vorgenommen. Die konsequente und mehrfache Anwendung nicht-kompensatorischer Merkmalsbeurteilungen - *elimination by aspects* - wird nur ein einziges Mal beobachtet. Mit über 55% basiert der größte Anteil der Entscheidungen auf kombinierten

Entscheidungsverfahren, bei denen nicht-kompensatorische und kompensatorische bzw. satisfizierende Merkmalsbeurteilungen zur Anwendung kommen.

Die Nutzung der Schlüsselinformationen „Sortenname“ und „Jahr der Zulassung“ erfolgt unterschiedlich stark. Der Sortenname weist bei allen Indikatoren zur Beschreibung der Stärke der Einbeziehung die höchsten Werte auf. Das Zulassungsjahr wird bei den Entscheidungen hingegen kaum berücksichtigt. In ca. 15% der Beobachtungen ist der Sortenname das einzige Entscheidungskriterium bzw. wird der Sortenname zum Ausschluss von Alternativen verwendet. Die Berücksichtigung des Sortennamens kann aus zwei Gründen erfolgen: Entweder haben die Landwirte durch die Auseinandersetzung mit der Beschreibenden Sortenliste in der Vergangenheit Informationen über die Ausprägungseinstufungen gespeichert, oder sie haben eigene Erfahrungen mit Sorten gesammelt und somit Informationen über die spezifische Leistungsfähigkeit in bestimmten Produktionssystemen erworben. Im ersten Fall kann die Menge externer Informationen reduziert werden, da die Ausprägungen von Eigenschaften erinnert werden können. Im zweiten Fall handelt es sich um Informationen, die im Experiment nicht verfügbar sind, da die dort vorliegenden Merkmalsbeschreibungen der Beschreibenden Sortenliste nur die durchschnittliche Leistungsfähigkeit in verschiedenen Produktionssystemen aufzeigen. Welcher Grund ursächlich für die verstärkte Nutzung des Sortennamens ist, kann anhand der Beobachtungen im Experiment nicht unterschieden werden. Nur 3% der Entscheidungen werden getroffen, nachdem alle Merkmalsausprägungen aller Alternativen zugänglich gemacht wurden. In diesen Fällen werden - zumindest bei der Informationssuche - keine heuristischen Prinzipien angewendet.

Die Anwendung heuristischer Entscheidungsverfahren hat keine negativen Auswirkungen auf die Entscheidungsqualität. Die Ergebnisse (Erträge), die bei der Verwendung unterschiedlicher (heuristischer) Entscheidungsverfahren erzielt werden, unterscheiden sich kaum.

In den sieben Entscheidungssituationen werden die heuristischen Prinzipien und Entscheidungsverfahren von unterschiedlich großen Anteilen der Probanden angewendet. So zeigen sich z. B. Unterschiede bei der Anwendung der *take the best heuristic* und bei der Anzahl der genutzten Eigenschaften. Es wird deutlich, dass die Verfügbarkeit interner Informationen einen Einfluss auf die externe Informationssuche hat. Bei Produktionssystem GR5 hat nur ein geringer Anteil der Probanden Erfahrungen mit den dort zur Wahl stehenden Alternativen. Bei dieser Entscheidungssituation wird die *take the best heuristic* (unter Verwendung der Information „Sortenname“) deutlich seltener angewendet. Die Probanden nutzen in dieser Entscheidungssituation mehr externe Informationen.

Ein weiterer Grund für die unterschiedliche Nutzung von Eigenschaften liegt in den mentalen Modellen, die in Abhängigkeit der Produktionssysteme gebildet werden. Es können Verschiebungen in den Anteilen der Probanden, die mindestens eine Ausprägung einer Eigen-

schaft in die Entscheidung einbeziehen, festgestellt werden. Dies betrifft insbesondere einzelne Anbau- und Resistenzeigenschaften sowie die drei Ertragskomponenten.

Die Unterschiede bei den insgesamt am meisten berücksichtigten Eigenschaften „Sortenname“, „Kornertrag Stufe 2“ und „Kornertrag Stufe 1“ und den am wenigsten genutzten Attributen „Jahr der Zulassung“ und „Ährenschieben“ fallen zwischen den einzelnen Entscheidungssituationen geringer aus. Die Anteile der Probanden, die diese Eigenschaften berücksichtigen, liegen relativ konstant und vergleichsweise nah an den Extremwerten von 0% und 100%. Bei diesen Eigenschaften liegen innerhalb der Stichprobe die höchsten Übereinstimmungen in der grundsätzlichen Beurteilung zur Eignung auf Rückschlüsse über die Ertragsleistung vor.

Durch den Vergleich der Informationsnutzung bei der Sortenwahl für Produktionssysteme, die sich jeweils in einem Element unterscheiden, kann der Effekt der Variation dieser Elemente auf die mentalen Modelle der Landwirte untersucht werden. Das beobachtete Verhalten unterstützt neun der elf aufgestellten Hypothesen zu Auswirkungen unterschiedlicher Standorte und Vorfrüchte auf die Berücksichtigung einzelner Eigenschaften. Zusätzlich werden bei 22 weiteren Eigenschaften signifikante Unterschiede bei der Anzahl der berücksichtigten Ausprägungen festgestellt. Für den überwiegenden Teil dieser Variationen können plausible Erklärungen gefunden werden. Diese stehen im Zusammenhang mit Unterschieden zwischen den Produktionssystemen, die bei der Aufstellung der Hypothesen unberücksichtigt geblieben sind.

Für einige Beobachtungen kann jedoch keine Erklärung gefunden werden, die direkt mit den Unterschieden der Produktionssysteme in Verbindung steht. So werden beim Vergleich von Produktionssystemen mit Unterschieden im Ertragspotenzial der Standorte nur tendenzielle Unterschiede in der Berücksichtigung des Ertragspotenzials der Sorten („Kornertrag Stufe 1“ und „Kornertrag Stufe 2“) festgestellt. Demgegenüber werden bei Produktionssystemen, deren Standorte sich zwar in klimatischen Bedingungen bzw. den Vorfrüchten, nicht jedoch im Ertragspotenzial unterscheiden, signifikante Unterschiede in der Einbeziehung des Ertragspotenzials der Sorten („Kornertrag Stufe 1“ und „Kornertrag Stufe 2“) festgestellt. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass aufgrund der Variationen zwischen den Produktionssystemen bestimmte Eigenschaften stärker berücksichtigt werden, was wiederum einen Einfluss auf die Nutzung von Eigenschaften hat, die nicht direkt durch die Variation der Produktionssysteme tangiert werden.

Der arithmetische Mittelwert der Anzahl berücksichtigter Ausprägungen einer Eigenschaft ist ein relativ hoch aggregierter Indikator für die Relevanz einer Eigenschaft. Anhand dieser Kennzahl können die individuelle Nutzung und der Grad der Berücksichtigung nicht direkt abgelesen werden. Bei den 33 Eigenschaften, für die signifikante Unterschiede in den arith-

metischen Mittelwerten der Anzahl der verwendeten Ausprägungen festgestellt werden, werden zusätzlich

- die schon erwähnten Anteile von Probanden, die mindestens eine Ausprägung einer Eigenschaft berücksichtigen,³⁹⁶
- die Anteile der Probanden, die die Ausprägungen einer Eigenschaft aller sieben Alternativen in die Entscheidung einbeziehen³⁹⁷ und
- die Anteile von Probanden, die eine Eigenschaft als Ausschlusskriterium verwenden³⁹⁸

näher betrachtet. Bei der Mehrzahl dieser Eigenschaften zeigen sich Verschiebungen in den Anteilen der Probanden, die die Eigenschaft berücksichtigen³⁹⁹ bzw. berücksichtigen, bevor Alternativen aufgrund anderer Eigenschaften ausgeschlossen werden.⁴⁰⁰ Die Unterschiede in der Verwendung als Ausschlusskriterium fallen weniger stark aus.⁴⁰¹

Der Entscheidungsaufwand wird nur tendenziell durch die Tragweite der Entscheidungen beeinflusst. Kosten-Nutzen-Überlegungen bzgl. Entscheidungsaufwand und Entscheidungserfolg spielen offensichtlich eine untergeordnete Rolle bei den Entscheidungen der Landwirte. Die Größe der mentalen Modelle und die Verfügbarkeit interner Informationen scheinen primär den Entscheidungsaufwand zu bestimmen. Es werden signifikante Unterschiede in der Entscheidungszeit und der Anzahl der verwendeten Informationen infolge der Variation einzelner Elemente des Produktionssystems beobachtet. Hierdurch werden die Annahmen der entscheidungstheoretischen Ansätze zur Optimierung unter Restriktionen (Stigler 1960), des *accuracy effort framework* (Payne et al. 1993, S. 95) und des *effort reduction framework* (Shah & Oppenheimer 2008) infrage gestellt und die der *ecological rationality* (Todd & Gigerenzer 2012b) unterstützt.

³⁹⁶ Daran kann abgelesen werden, wie hoch der Anteil der Probanden ist, der die Eigenschaft grundsätzlich in die Entscheidung einbezieht.

³⁹⁷ Dieser Indikator gibt Aufschluss über die relative Bedeutung einer Eigenschaft. Wenn die Ausprägungen aller sieben Alternativen einbezogen werden, dann wurde zuvor noch keine andere Eigenschaft zum Ausschluss von Alternativen verwendet.

³⁹⁸ Die Verwendung als Ausschlusskriterium zeigt den besonderen Stellenwert einer Eigenschaft. Ungenügende Ausprägungen dieser Eigenschaft können nicht durch andere Eigenschaften kompensiert werden.

³⁹⁹ Bei 26 der 33 untersuchten Eigenschaften sind die Salden der Anteile im Vergleich der jeweiligen Produktionssysteme >5%.

⁴⁰⁰ Bei 27 der 33 untersuchten Eigenschaften sind die Salden der Anteile im Vergleich der jeweiligen Produktionssysteme >5%.

⁴⁰¹ Bei keiner der 33 untersuchten Eigenschaften sind die Salden der Anteile im Vergleich der jeweiligen Produktionssysteme >5%.

6 Zusammenfassende Schlussbetrachtung und Implikationen

Der Ausgangspunkt dieser Arbeit ist die Beobachtung, dass Landwirte bei Winterweizen trotz geringerer Leistungsfähigkeit überwiegend auf ältere Sorten zurückgreifen. Hierdurch bleiben ökonomische und ökologische Potenziale, die auf züchterischen Innovationen beruhen, ungenutzt. Klassische betriebs- und produktionswirtschaftliche Ansätze, die das wirtschaftliche Handeln auf die Verfolgung technischer, ökologischer und monetärer Ziele zurückführen, können diese Beobachtung nicht erklären. Stattdessen bietet die Entscheidungstheorie geeignete Erklärungsansätze: Die von den Landwirten genutzten Informationsquellen und Entscheidungsverfahren erklären den verstärkten Anbau älterer Weizensorten.

6.1 Sortenwahl und Weizenanbau

Beim Weizenanbau bestimmen das Produktionssystem und die Witterung die auf die Pflanzen einwirkende Umwelt. Das Produktionssystem besteht zum einen aus beeinflussbaren Faktoren, wie z. B. Bodenbearbeitung, Aussaat sowie Pflanzenschutz- und Düngemiteleinsetz, und zum anderen aus (kurzfristig) unveränderbaren Elementen, wie z. B. den natürlichen Ertragsbedingungen eines Standorts, der Vorfrucht und der Wirtschaftsweise. Die Witterung kann zwar langfristig in Form von Klimadaten beschrieben werden, ist jedoch für die konkrete Produktionsperiode ungewiss. Innerhalb des Produktionssystems bestehen vielfältige Wechselwirkungen, die das Ertragspotenzial sowie das Auftreten von biotischen und abiotischen Stressfaktoren beeinflussen.

Den Landwirten steht mit ca. 160 Sorten eine Vielzahl an Alternativen zur Auswahl, die jeweils anhand von bis zu 30 Eigenschaften beschrieben werden. Neben dem Ausscheiden und der Neuzulassung von Sorten führen Veränderungen in den Ausprägungen der Eigenschaften von Sorten im Zeitablauf zu einem permanenten Wandel des Entscheidungsraums. Insgesamt stellt sich die Sortenwahl bei Winterweizen durch die Vielzahl an Alternativen und Attributen, die witterungsbedingte Ungewissheit und die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Kulturpflanze und Produktionssystem als komplexes Entscheidungsproblem dar. Es handelt sich um eine schlecht strukturierte Entscheidungssituation. Für diese Art von Entscheidungsproblemen gibt es keine objektiv optimalen Lösungsansätze.

6.2 Begrenzte Rationalität

Die zentralen Annahmen der Theorie der begrenzten Rationalität sind begrenzt vorliegende Zeit und kognitive Kapazitäten bei der Entscheidungsfindung. Innerhalb dieses Theoriestrangs besteht weitgehend Einigkeit darüber, dass bei schlecht strukturierten Entscheidungssituationen Heuristiken angewendet werden. Die vereinfachten Entscheidungsverfahren setzen sich aus unterschiedlichen heuristischen Prinzipien zusammen. Hierzu zählen u. a. die Reduktion der berücksichtigten Alternativen und Eigenschaften, die Anwendung

vereinfachter Beurteilungskriterien bzw. Gewichtungsprinzipien und die Nutzung von leicht verfügbaren Informationen.

Allerdings liegen unterschiedliche Erklärungen für die Gründe und die Effekte der Anwendung dieser Prinzipien vor. Die Auseinandersetzung mit drei bedeutenden Forschungsprogrammen⁴⁰² zur begrenzten Rationalität hat gezeigt, dass die verschiedenen Erklärungen und Schlussfolgerungen auf unterschiedliche Annahmen bezüglich der Struktur der Entscheidungsprobleme und der individuellen Problemlösungsfähigkeiten zurückgeführt werden können. Die Annahmen im *fast and frugal program* von Gigerenzer & Todd (1999b) und in der hierauf aufbauenden Forschung zur *ecological rationality* (Todd & Gigerenzer 2012) haben die größte Übereinstimmung mit der Struktur des Entscheidungsproblems: Die Sortenwahl ist ein Inferenzproblem, bei dem Landwirte verschiedene interne Informationen aus ihrem Gedächtnis und externe Informationen aus ihrer Umwelt nutzen können, um auf die Leistungsfähigkeit von Sorten in spezifischen Produktionssystemen zu schließen. Zur (ziel-führenden) Nutzung dieser Informationen sind unterschiedliche Fähigkeiten notwendig. Es bedarf einer Vorstellung darüber, in welchem Zusammenhang die verfügbaren Informationen über Sorten zur unbekanntenen Ausprägung der Zielvariablen - der Ertragsleistung - stehen. Diese individuellen Vorstellungen werden als mentale Modelle bezeichnet.

6.3 Bevorzugte Informationsquellen erklären den Anbau älterer Sorten

Die informationelle Umwelt besteht bei der Sortenwahl u. a. aus Empfehlungen anderer Landwirte und Berater, Ergebnissen von Anbauversuchen (z. B. ein- und mehrjährige Landdessortenversuche) und der Beschreibenden Sortenliste. Zudem können Landwirte eigene Erfahrungen und gespeichertes Wissen aus den zuvor genannten Quellen als interne Informationen nutzen.

Die Ergebnisse der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Expertenbefragung zeigen, dass die Landwirte bei der Sortenwahl vornehmlich mehrjährige Landdessortenversuche und eigene Erfahrungen als geeignete Quellen bei der Sortenwahl ansehen. Aus der Beurteilung kann auf die Nutzung der Quellen bei der Sortenwahl geschlossen werden. Daraus ergibt sich die Annahme, dass Quellen, die als besonders geeignet eingestuft werden, stärker berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse der mehrjährigen (hessischen) Landdessortenversuche beinhalten mit jeweils acht dreijährig und zweijährig geprüften Sorten eine stark eingeschränkte Anzahl an Alternativen. Die Ergebnisse zu einzelnen Sorten liegen erst einige Jahre nach der Sortenzulassung vor.

⁴⁰²Das *heuristics and biases program* von Kahneman und Tversky (1974), *the adaptive decision maker* von Payne, Bettman und Johnson (1993) und das *fast and frugal program* von Gigerenzer & Todd (1999b)

Ähnlich gering ist die Menge der Sorten, die von Landwirten innerhalb eines Jahres angebaut werden. Die begleitende Befragung im Rahmen des Entscheidungsexperiments hat ergeben, dass die Landwirte im Jahr 2015/16 zwischen einer und acht sowie im Median drei Sorten angebaut haben. Über 70% der Befragten geben außerdem an, dass Lerneffekte beim mehrjährigen Anbau einer Sorte auftreten. Hieraus kann die Vermutung abgeleitet werden, dass „neue“ Sorten zunächst kleinflächig zur Probe ausgesät und anschließend jene Sorten flächendeckend angebaut werden, die (ausreichend) gute Ergebnisse erzielt haben. Da beide Quellen Informationen enthalten, die ausschließlich erst einige Jahre nach der Sortenzulassung verfügbar sind, kann die bevorzugte Nutzung dieser Quellen den Anbau älterer Sorten erklären.

Die Nutzung von Landessortenversuchen und eigenen Erfahrungen gleicht einer *trial-and-error*-Herangehensweise. Die (Ertrags-)Leistung in spezifischen Produktionssystemen ist das Entscheidungskriterium. Wenn eine Sorte ausreichende Leistungen gezeigt hat, dann wird diese ausgewählt bzw. erneut angebaut. Unter der Annahme konstanter Umweltbedingungen ist die Identifikation von Ursachen für Leistungsunterschiede bei diesem Vorgehen nicht notwendig. Unter der Annahme eines gleichbleibenden Entscheidungsraums ist zudem keine Bewertung anderer Sorten notwendig, womit kognitiver Aufwand gespart werden kann. Allerdings verändern sich die Umwelt u. a. durch Anpassungen von Pathogenen und der Entscheidungsraum durch die Neuzulassung von leistungsfähigeren Sorten.

Die Beschreibende Sortenliste beinhaltet als einzige Quelle Informationen zu allen in Deutschland zugelassenen Sorten. Damit ist diese Quelle die einzige, deren Nutzung eine grundsätzlich nicht-satisfizierende Entscheidung ermöglicht. Das heißt: die Einbeziehung aller - auch neuer - Sorten ist unter Verwendung dieser Quelle möglich. Die übrigen Quellen führen dadurch, dass nur ein Teil der zugelassenen Sorten aufgeführt ist, bereits vor der Anwendung von heuristischen Prinzipien bei der Nutzung von Informationen einer Quelle in einer konkreten Entscheidungssituation zu einer Einschränkung des Entscheidungsraums. Dennoch wird die Beschreibende Sortenliste von relativ wenigen Landwirten als grundsätzlich geeignet eingestuft und relativ zu den beiden zuvor genannten als weniger geeignet angesehen.

6.4 Mentale Modelle bei bevorzugten Informationsquellen

Zur (zielführenden) Nutzung der drei thematisierten Quellen bedarf es unterschiedlicher mentaler Modelle zur Inferenz auf die Eignung bzw. die Ertragsleistung in spezifischen Produktionssystemen. Mentale Modelle sind „die Gesamtheit der gedanklichen Vorstellungen einer Person hinsichtlich eines bestimmten Objekts oder Sachverhalts“. Sie sind „individuell verschiedenes, objekt- oder aufgabenbezogenes implizites Wissen“ (Bach 2010, S. 17).

Bei der Verwendung von Landessortenversuchen ist die Fähigkeit zum Abgleich zwischen den Produktionssystemen (Versuchsaufbauten), in denen die Ertragsleistung der Sorten er-

mittelt wurde, und dem eigenen Produktionssystem notwendig. Durch die Identifikation eines (möglichst) repräsentativen Versuchsaufbaus kann festgelegt werden, welche Versuchsergebnisse bei der Inferenz berücksichtigt werden. Das einzige Entscheidungskriterium ist in diesem Fall der Ertrag in den repräsentativen Versuchen. Die Nutzung von Landessortenversuchen erfordert im Vergleich zur Beschreibenden Sortenliste einen geringeren Aufwand zur Informationssuche und Informationsverarbeitung. Allerdings sind die Informationen vermutlich häufig weniger valide, weil durch die Vielzahl an Elementen von Produktionssystemen relativ häufig die Produktionssysteme im Versuchsanbau mit denen des eigenen Anbaus nur bedingt deckungsgleich sind.

Bei der Verwendung eigener Erfahrungen müssen Anbausituationen aus der Vergangenheit erinnert werden, die der aktuellen Anbausituation gleichen. Wird eine ausreichend vergleichbare Situation erinnert, kann der Landwirt überprüfen, ob er mit der damals angebauten Sorte „ausreichend“ zufrieden war und diese gegebenenfalls erneut anbauen. Der Aufwand dieses Vorgehens ist relativ gering. Es müssen keine externen Quellen genutzt werden. Allerdings sind der Entscheidungsraum und die Datengrundlage, auf der die Entscheidungen beruhen, eher klein. Ein Vorteil dieses Entscheidungsverfahrens ist wiederum, dass, sofern ein Landwirt sein Produktionssystem über mehrere Jahre beibehält, die eigenen Erfahrungen eine relativ spezifische Abschätzung der Leistungsfähigkeit einer Sorte ermöglichen.

In der Beschreibenden Sortenliste werden die Weizensorten anhand von 18 Anbau-, Resistenz- und Ertrags- sowie 12 Qualitätseigenschaften anhand neunstufiger Ausprägungseinstufungen beschrieben. Die Ausprägungseinstufungen sind das Ergebnis von mindestens 42 Anbauversuchen (Wertprüfungen), die im Rahmen der Sortenzulassung durchgeführt werden. Die dort festgestellten Merkmalsausprägungen werden in die Ausprägungsstufen überführt. Bei diesen Ausprägungsstufen handelt es sich somit um durchschnittliche Merkmalsausprägungen in verschiedenen Umwelten.

Zur Verwendung der Informationen der Beschreibenden Sortenliste benötigen Landwirte ein „pflanzenbauliches“ Modell, das die Übersetzung der Informationen über das Produktionssystem in eine Erwartung über die Ausprägung ertragsbestimmender Umweltzustände ermöglicht. Hierauf aufbauend können ertragsrelevante Sorteneigenschaften bestimmt werden. Die Ausprägungen der ertragsrelevanten Eigenschaften sind die entscheidungsrelevanten Kriterien. Die Stärke der Berücksichtigung und die Festlegung von eventuellen Mindestanforderungen an die Ausprägungen einzelner Eigenschaften werden durch die subjektive Vorstellung über die Ertragsrelevanz der Eigenschaften bestimmt. Dieses Vorgehen ist im Vergleich zu den zuvor beschriebenen Beispielen relativ aufwendig, bietet jedoch den Vorteil, dass potenziell alle Alternativen beurteilt und hierbei alle relevanten Eigenschaften explizit berücksichtigt werden können.

Die drei Beispiele zeigen, dass für das gleiche Entscheidungsproblem völlig unterschiedliche Entscheidungsverfahren anwendbar sind. Diese haben jeweils Vor- und Nachteile bezüglich des Entscheidungsaufwands und der zu erwartenden Entscheidungsqualität. Die notwendigen Fähigkeiten sowie die benötigten externen und internen Informationen unterscheiden sich grundlegend. Die Quellen unterscheiden sich in der Größe der Datengrundlage (Anzahl Beobachtungen), in der Nachvollziehbarkeit der Datenerhebung sowie der Anzahl der enthaltenen Alternativen und der Attribute, anhand derer die Sorten beschrieben werden. Zudem liegen Unterschiede in der Aktualität vor. Dies bezieht sich darauf, inwiefern Informationen zu neu zugelassenen Sorten enthalten sind. Keine der aufgezählten Quellen ist in allen genannten Kriterien überlegen. Insbesondere bei der Transparenz bzw. Nachvollziehbarkeit der Datengewinnung bzw. Datentransformation kann eine Verbesserung erreicht werden. Eine Erhöhung der Nachvollziehbarkeit ist relevant, da die Landwirte hierdurch besser überprüfen können, ob die Informationen zu Sorteneigenschaften und Sortenleistungen auf die eigenen Produktionssysteme übertragen werden können.

6.4.1 Implikation: Veröffentlichung relevanter Angaben zur Datenerhebung

Die erste Implikation dieser Arbeit ist: Bei den von staatlichen Stellen zur Verfügung gestellten, externen Quellen mehr Informationen zu den Versuchsaufbauten bereitgestellt werden sollten. Hierdurch könnten die Informationen zielführender genutzt werden.

6.4.1.1 Landessortenversuche

Bei den Veröffentlichungen der hessischen Landessortenversuche werden Angaben zu Boden- und Klimaeigenschaften, dem Saattermin und der Vorfrucht gemacht, aber es sind dort keine Informationen zum Witterungsverlauf (z. B. die tatsächlich eingetretene Niederschlagsmenge), zur Bodenbearbeitungsart (konventionell oder konservierend) und zum konkreten Einsatz von Fungiziden an einzelnen Standorten aufgeführt. Durch die zusätzliche Angabe dieser Informationen könnten Landwirte genauer überprüfen, ob die Ergebnisse auf die eigenen Produktionssysteme übertragbar sind und inwiefern die Ergebnisse z. B. von (selten auftretenden) Witterungsextremen (z. B. Trockenheit oder Kahlfröste) beeinflusst wurden. In den Veröffentlichungen der Landessortenversuche werden die Boden-Klima-Räume und die Anbaugebiete der Standorte angegeben. Damit die Landwirte diese Informationen besser nutzen können, könnten Übersichtskarten der räumlichen Verteilung von Boden-Klima-Räumen und Anbaugebieten angefügt werden. Hierdurch könnten die Landwirte leichter überprüfen, ob die eigenen Betriebe in vergleichbaren Regionen liegen.

6.4.1.2 Beschreibende Sortenliste

Die Ausprägungseinstufungen (APS) in der Beschreibenden Sortenliste basieren (primär) auf dreijährigen Wertprüfungen, die im Zuge der Sortenzulassung an 14 Standorten durchgeführt werden. Zum Aufbau dieser Versuche und den angewendeten Produktionsverfahren liegen

keine Veröffentlichungen vor. Folglich können die Landwirte nicht überprüfen, inwiefern die Merkmalsausprägungen in repräsentativen Produktionssystemen ermittelt wurden. Um dies zu vermeiden, sollte den Landwirten auch zu den Wertprüfungen Beschreibungen der Versuchsdurchführung - z. B. anhand der im vorangegangenen Absatz aufgezählten Informationen bei Landessortenversuchen - zugänglich gemacht werden.

Die Anpassung der APS-Grenzen bei der Beschreibung der Anfälligkeit für Krankheiten in Abhängigkeit der Varianz innerhalb des Sortiments ist ein weiterer kritischer Punkt bzgl. der Beschreibenden Sortenliste. Hierdurch wird eine „künstliche“ Varianz bei der Ausprägungseinstufung erzeugt, die nicht den empirisch beobachteten absoluten Unterschieden entspricht. Die Anpassung der Grenzen kann dazu führen, dass aus einer womöglich nicht-diskriminierenden Eigenschaft eine diskriminierende Eigenschaft wird. Zudem ergibt die Anpassung der APS-Grenzen, dass die Interpretation der Ausprägungseinstufungen von 1 (= fehlende oder sehr geringe Ausprägung) bis 9 (= sehr starke Ausprägung) bzgl. der Krankheitsanfälligkeit erschwert ist. Der Nutzen dieses Vorgehens ist nicht erkennbar. Aus entscheidungstheoretischer Perspektive sollte daher von der Anpassung der APS-Grenzen abgesehen werden.

6.4.2 Implikation: Veränderte Darstellung der Informationen

Die Ausprägungseinstufungen in der Beschreibenden Sortenliste beruhen bei neu zugelassenen Sorten auf den Ergebnissen von Wertprüfungen. Die Ergebnisse der Wertprüfungen liegen bereits zum Zeitpunkt der Sortenzulassung vor. Eine Möglichkeit zur frühzeitigeren Bereitstellung von Informationen über die Leistungsfähigkeit neuer Sorten, die ohne „pflanzenbauliche“ Modelle genutzt werden können, ist die Veröffentlichung der Wertprüfungsergebnisse analog zur Darstellung der mehrjährigen Landessortenversuche. Würde die Ertragsleistung in den dreijährigen Wertprüfungen separat für einzelne Standorte veröffentlicht, könnten die Landwirte die Informationen über neue Sorten in der von ihnen bevorzugten Form - Ertragsleistung in spezifischen Produktionssystemen - nutzen.

6.5 Heuristische Prinzipien und Entscheidungsverfahren

Die Landwirte schätzen die Eignung der Beschreibenden Sortenliste als Informationsquelle zur Sortenwahl als relativ gering ein. Ein möglicher Grund hierfür kann der relative hohe Entscheidungsaufwand sein, der zur merkmalsbasierten Sortenwahl auf der Grundlage einzelner pflanzenbaulicher Eigenschaftsbeschreibungen notwendig ist.

Sowohl in der Expertenbefragung als auch im Entscheidungsexperiment zeigt sich, dass die Landwirte nur einen Teil der Eigenschaften als ertragsrelevant ansehen. Anhand des Experiments wird die Anwendung heuristischer Prinzipien und Entscheidungsverfahren bei der Nutzung der Beschreibenden Sortenliste näher untersucht. Die Anwendung verschiedener heuristischer Prinzipien wird in unterschiedlichem Ausmaß beobachtet. Mit über 90% aller

Entscheidungen wird am häufigsten die Reduktion der berücksichtigten Eigenschaften angewendet. Die Anzahl der berücksichtigten Eigenschaften variiert in Abhängigkeit der Produktionssysteme. Dies zeigt, dass die Landwirte unterschiedliche mentale Modelle bilden.

Zudem wird in fast 90% aller Beobachtungen mit dem Sortennamen in erheblichem Ausmaß eine leicht verfügbare (Schlüssel-)Information genutzt. Bei ca. 10% der Eigenschaften werden nicht-kompensatorische Beurteilungen durchgeführt, was zum Ausschluss von Alternativen im Verlauf der Informationssuche führt.

Die grundsätzliche Reduktion von berücksichtigten Alternativen (*satisficing*) wird in weniger als einem Prozent aller Entscheidungen beobachtet. Allerdings besteht zur Anwendung von *satisficing* weiterer Forschungsbedarf. Hierbei könnte durch die Vergrößerungen der Anzahl der Alternativen untersucht werden, ob es zu einer vermehrten Anwendung von *satisficing* kommt. Im Experiment entspricht die Anzahl der Alternativen in etwa der Anzahl der durch die staatliche Beratung empfohlenen Sorten. Wenn eine Ausdehnung der Alternativen nicht dazu führt, dass vermehrt *satisficing* angewendet wird, könnten in den Empfehlungen der staatlichen Beratung mehr Sorten aufgeführt werden. Hierdurch würde eine Vergrößerung des Entscheidungsraums für die Landwirte, die diese Informationsquelle (primär) nutzen, erreicht. Wird hingegen eine verstärkte Anwendung von *satisficing* beobachtet, wäre eine größere Anzahl empfohlener Sorten nachteilig. Dann besteht die Gefahr, dass durch die Auf-führung „grundsätzlich empfehlenswerter“ Sorten „absolut empfehlenswerte“ Sorten im Zuge der Anwendung von *satisficing* unberücksichtigt bleiben.

Aus der Kombination der heuristischen Prinzipien ergeben sich unterschiedliche Entscheidungsverfahren. Mit über 55% werden am häufigsten kombinierte Entscheidungsverfahren beobachtet. Hierbei berücksichtigen die Probanden zunächst alle Alternativen und einen Teil der Eigenschaften, die teilweise nicht-kompensatorisch und teilweise kompensatorisch bzw. satisfizierend beurteilt werden. Bei einem Drittel aller Beobachtungen werden rein kompensatorische Entscheidungsverfahren angewendet. Auch dort wird jeweils nur ein Teil der verfügbaren Eigenschaften berücksichtigt. In 6,3% der Entscheidungen wird die *take the best heuristic* angewendet. Hierbei dient der Sortenname als alleiniges Entscheidungskriterium. Nur in 3% der Entscheidungen wird keine Reduktion der Informationsmenge beobachtet. Das Verhalten im Experiment zeigt also, dass fast alle Landwirte bei der Sortenwahl nur einen Teil der verfügbaren Informationen nutzen.

Die Anwendung heuristischer Entscheidungsverfahren hat in Relation zur Nutzung aller Informationen zu einem vergleichbaren Entscheidungserfolg geführt. Insbesondere die Nutzung des Sortennamens bei der Anwendung der *take the best heuristic* zeigt, dass die ausschließliche Nutzung interner Informationen ebenso erfolgreich sein kann, wie die (zusätzliche) Verwendung von Informationen der Beschreibenden Sortenliste. In der Realität sind die Landwirte jedoch auch auf externe Informationen angewiesen. Dies kann z. B. der Fall sein,

wenn Landwirte (noch) keine Erfahrungen bzw. internen Informationen zu Sorten haben oder mit der Leistung einer Sorte nicht (mehr) zufrieden sind und daher eine neue Sorte anbauen möchten. Unter diesen Umständen werden externe Informationen zur Leistungsfähigkeit von bis dato unbekanntem bzw. unvertrauten Sorten benötigt.

6.5.1 Implikation: Vereinfachung der Informationssuche

Die Nutzung von externen Informationen könnte durch die Einrichtung einer zentralen Informationsplattform im Internet erleichtert werden. Auf dieser zentralen Informationsseite könnten die Beschreibende Sortenliste des Bundessortenamts und die Ergebnisse der Landessortenversuche verschiedener Bundesländer angeboten werden. Durch eine individuell gestaltbare Informationsabfrage (z. B. durch Such- und Filterfunktionen) könnte der Aufwand der Informationssuche für die Landwirte reduziert werden.

6.5.2 Implikation für die Darstellung der Beschreibenden Sortenliste

In der Expertenbefragung und im Experiment zeigt sich, dass der Großteil der Probanden bei spezifischen Produktionssystemen nur einen Teil der Sorteneigenschaften als ertragsrelevant einschätzt. Welche Eigenschaften in die Entscheidung einbezogen werden, hängt vom Produktionssystem ab. Zudem haben die Probanden im Experiment bei einigen Eigenschaften Mindestanforderungen, die zum Ausschluss von Alternativen führen. Diese Eigenschaften werden offensichtlich als so maßgeblich für den Ertrag angesehen, dass eine Unterschreitung der Mindestanforderungen als nicht-kompensierbar eingeschätzt wird.

Die Beschreibende Sortenliste wird bisher in der Printversion und auf der Internetseite des Bundessortenamts in statischen Tabellen veröffentlicht. Bei der merkmalsbasierten Entscheidung auf Grundlage der Beschreibenden Sortenliste könnte eine individualisierte Informationsabfrage unter Verwendung von Pivot-Tabellen mit Sortier- und Filterfunktionen den Entscheidungsaufwand deutlich reduzieren. Suchfilter und Sortierungsfunktionen sind in weit verbreiteten Tabellenkalkulationsprogrammen (z. B. MS Excel) enthalten und werden z. B. bei Produkt-Vergleichs-Seiten im Internet eingesetzt.

In den Suchfiltern könnten Mindestanforderungen an Eigenschaften definiert und hierdurch Alternativen ausgeschlossen werden, die diese Mindestanforderungen nicht erfüllen, womit die Anzahl der aufgeführten Alternativen reduziert werden könnte. Durch Sortierfunktionen könnten die Alternativen entsprechend der Ausprägungen der subjektiv als relevant erachteten Eigenschaften geordnet werden. Hierdurch wären Alternativen mit angestrebten Merkmalsausprägungen leichter und schneller zu identifizieren.

6.5.3 Implikation für die Darstellung der Landessortenversuche

Die Landwirte bevorzugen mehrjährige im Vergleich zu einjährigen Landessortenversuchen. Hieraus kann geschlossen werden, dass die Landwirte Angaben zur Leistungsfähigkeit von Sorten erst nach dem Anbau in mehreren Produktionssystemen bzw. Umwelten als ausrei-

chend vertrauenswürdig einschätzen. Landessortenversuche werden in fast allen deutschen Bundesländern durchgeführt. Jeder Standort und die dort vorliegenden Witterungsbedingungen und Produktionsverfahren stellen ein eigenes Produktionssystem bzw. eine eigene Umwelt dar. Bisher werden die Ergebnisse in gedruckter Form und auf den Internetseiten der entsprechenden Institutionen separat in statischen Tabellen veröffentlicht. Mit der Einrichtung einer zentralen Informationsseite könnten die Ergebnisse verschiedener Landessortenversuche für die Landwirte leichter zugänglich gemacht werden. Durch die Nutzung „aller“ Landessortenversuche könnten die Landwirte früher auf eine größere Beobachtungsmenge zurückgreifen und somit frühzeitiger neue Sorten auswählen.

Die Identifikation repräsentativer Produktionssysteme (Landessortenversuche) könnte ebenfalls durch Such- und Filterfunktionen, in denen Elemente von Produktionssystemen als Kriterien eingegeben werden, erfolgen. So könnten sich die Landwirte z. B. die Versuchsergebnisse aller Standorte eines Boden-Klima-Raums anzeigen lassen und die Anzahl der Versuche im nächsten Schritt durch die Einschränkung auf bestimmte Vorfrüchte oder Saattermine weiter reduzieren, was die Identifikation repräsentativer Versuchsbedingungen vereinfachen würde.

6.6 Heterogene Einschätzungen zur Relevanz von Sorteneigenschaften

Die Ergebnisse der Expertenbefragung und des Experiments zeigen, dass innerhalb der Landwirte und der staatlichen Berater jeweils sehr heterogene Einschätzungen bezüglich der Ertragsrelevanz einzelner Eigenschaften vorliegen. Während ein Teil der Probanden einzelne Eigenschaften als vollständig irrelevant für den Ertrag ansieht, beurteilt ein anderer Teil diese Eigenschaften als besonders ertragsrelevant.

6.6.1 Implikation: Inhaltliche Auseinandersetzung innerhalb des Berufsstands

Es liegen offensichtlich sehr unterschiedliche Einschätzungen darüber vor, wie sich einzelne Elemente von Produktionssystemen auf die Gefahr des Auftretens von Stressfaktoren auswirken und welche Sorteneigenschaften Ertragsverluste verhindern bzw. die Ausschöpfung des Ertragspotenzials eines Produktionssystems ermöglichen. Dies zeigt den Bedarf an einer inhaltlichen Auseinandersetzung mit den genannten Aspekten. Dazu könnten z. B. Workshops mit Wissenschaftlern, Beratern und Landwirten durchgeführt werden, bei denen aktuelle Forschungsergebnisse vorgestellt und individuelle Einschätzungen zur Ertragsrelevanz einzelner Sorteneigenschaften diskutiert werden. Durch die inhaltliche Auseinandersetzung können mögliche Fehleinschätzungen ausgeräumt und somit die mentalen Modelle der Landwirte zur merkmalsbasierten Sortenwahl verbessert werden.

6.6.2 Implikation: Pflanzenbaulicher Forschungsbedarf

Lediglich die Art der Ausbildung hat einen tendenziellen Effekt auf die Angepasstheit der mentalen Modelle, die sich am Entscheidungserfolg im Experiment zeigt. Die übrigen vermu-

teten Faktoren „Erfahrung in der Weizenproduktion“, „Exaktheit der Ertragsermittlung im realen Anbau“ und „Entscheidungsinvolvement“ haben hingegen keinen Einfluss. Die drei genannten Faktoren wurden als Indikatoren für die Stärke der Rückkopplung von Entscheidungsergebnissen im praktischen Weizenanbau vermutet. Offensichtlich haben diese jedoch keinen Einfluss auf die Angepasstheit der mentalen Modelle. Die Landwirte können also aus ihren Erfahrungen nur bedingt Rückschlüsse auf ertragsbestimmende Faktoren von Produktionssystemen bzw. ertragsbestimmende Sorteneigenschaften ziehen. Ein Grund könnten die vielfältigen Wechselwirkungen innerhalb des Produktionssystems sein.

Auch die in Kapitel 2 aufgeführten pflanzenbaulichen Versuche, bei denen einige ausgewählte Faktoren variiert wurden, zeigen teilweise widersprüchliche Ergebnisse. Eine Möglichkeit zur Identifikation von ertragsbestimmenden Faktoren und ertragsmindernden Stressfaktoren ist ein grundlegendes pflanzenbauliches Forschungsprogramm. Hierbei könnten in mehrfaktoriellen Versuchen, bei denen z. B. die Standorte, die Vorfrüchte, die Bodenbearbeitungsart, die Saattermine, der Pflanzenschutzmitteleinsatz und die Sorten variiert werden, ertragsrelevante Sorteneigenschaften ermittelt werden. Die Ergebnisse könnten wiederum bei den im vorherigen Abschnitt angesprochenen Workshops genutzt werden.

Ein anderer Ansatz zur Bestimmung ertragsrelevanter Sorteneigenschaften bzw. Faktoren für den Weizenertrag könnte die Nutzung von Daten aus dem praktischen Weizenanbau sein. Dabei könnten die Effekte einzelner Elemente des Produktionssystems auf die Erträge ermittelt werden. Zusätzlich könnten Wetterdaten nahegelegener Wetterstationen in die Analyse einbezogen werden. Allerdings wäre hierzu die Weitergabe von Informationen durch die Landwirte notwendig. Da das Produktionssystem Winterweizen aus einer Vielzahl an Elementen besteht, müsste je nach Detailierungsgrad der Analyse eine entsprechend große Anzahl von Landwirten ihre Daten zur Verfügung stellen. Ein möglicher Anreiz für die Weitergabe der Daten könnte die exklusive Bereitstellung von Erkenntnissen der Untersuchung sein. Hierdurch hätten die Landwirte als Gegenleistung für die Bereitstellung betriebsinterner Daten Zugang zu Informationen, die den eigenen Erfolg im Weizenanbau erhöhen können. Zudem könnte die Bereitschaft zur Teilnahme z. B. durch eine kostenlose Schlagkartei, die gleichzeitig zur Datensammlung für die beschriebene Untersuchung dient, erhöht werden.

6.7 Unterschiede zwischen empirischen Methoden

Die Relevanz von Sorteneigenschaften wird mit zwei unterschiedlichen Methoden ermittelt: In der Expertenbefragung erfolgt die Abfrage der Ertragsrelevanz durch die Bildung von Rangfolgen. Im Experiment dient die Informationsnutzung zu einzelnen Eigenschaften bei der Auswahl von Sorten als Indikator. Die anhand der Expertenbefragung und des Experiments ermittelten Ergebnisse unterscheiden sich grundlegend.

Die Probanden der Expertenbefragung müssen keine vollständigen Entscheidungsverfahren anwenden. Von Landwirten werden durchschnittlich 7,5 und von den Pflanzenbauberatern

6,0 Eigenschaften je Entscheidungssituation als ertragsrelevant eingestuft. Im Experiment berücksichtigen die Landwirte bei der Sortenwahl im Durchschnitt der Entscheidungssituationen ca. 10 Eigenschaften.

Der Unterschied zwischen den Ergebnissen der unterschiedlichen Erhebungen wird auch am Beispiel der Eigenschaften „Kornertrag Stufe 1“ und „Kornertrag Stufe 2“ deutlich. In der Expertenbefragung werden diese in einzelnen Entscheidungssituationen jeweils von maximal 31,5% der Landwirte als grundsätzlich ertragsrelevant eingestuft. Demgegenüber nutzen mindestens 66,2% bzw. 76,6% der Landwirte diese Eigenschaften bei der Sortenwahl in den einzelnen Entscheidungssituationen des Experiments.

Ein weiterer Unterschied zwischen den Erhebungsarten ist, dass im Experiment der Sortenname als Information genutzt werden konnte. Bei allen Indikatoren zur Stärke der Einbeziehung werden für die Information „Sortenname“ die größten Ausprägungen festgestellt. Der Sortenname wird von den Landwirten im Vergleich zu allen anderen Informationen am häufigsten grundsätzlich in die Entscheidung einbezogen bzw. einbezogen, bevor andere Eigenschaften zum Ausschluss von Alternativen verwendet werden. Zudem ist der Sortenname die einzige Information, die bei der Anwendung der *take the best heuristic* verwendet wird. Dies wird in 6,3% der Entscheidungssituationen beobachtet. In weiteren 8,7% der Entscheidungen wird der Sortenname zum Ausschluss von Alternativen verwendet. Somit beeinflusst die Schlüsselinformation „Sortenname“ 15% aller im Experiment beobachteten Entscheidungen maßgeblich.

Hieran zeigt sich die Bedeutung der realitätsnahen Nachbildung des Entscheidungsproblems. Dadurch, dass reale Sorten zur Auswahl stehen und reale Produktionssysteme als Vorlage für das Entscheidungsproblem verwendet werden, können die Landwirte interne Informationen nutzen. Künstliche Alternativen hätten dazu geführt, dass die Landwirte nicht ihre am stärksten bevorzugte Art der Information - eigene Erfahrungen und gespeichertes Wissen - hätten nutzen können. Durch die Realitätsnähe der Entscheidungssituation wird die Gefahr der Beobachtung von Artefakten reduziert.

Da das Experiment eine realitätsnähere Aufgabe und eine anreizkompatible Vergütung beinhaltet sowie mit einer deutlich größeren Stichprobe durchgeführt wurde, sind die dort ermittelten Ergebnisse belastbarer als die Ergebnisse der Expertenbefragung. Deshalb beziehen sich die nachfolgenden Schlussfolgerungen auf die Beobachtungen im Rahmen des Experiments.

6.8 Unterschiede zwischen Befragungsgruppen

Im Experiment unterscheiden sich das Verhalten der Landwirte und der Studierenden bezüglich der Anzahl der genutzten Eigenschaften und des Entscheidungserfolgs grundlegend. Hieran zeigt sich die Bedeutung der Auswahl der Befragungsgruppe. Die „hilfsweise“ Verwendung von Studierenden hätte dazu geführt, dass das Verhalten von Personen beobach-

tet worden wäre, die in der Realität nicht mit dem Problem der Sortenwahl konfrontiert sind. Daher ist eine weitere Implikation dieser Arbeit, dass bei der Untersuchung konkreter Entscheidungsprobleme (eines Berufsstandes) von der Verwendung einer vermeintlich vergleichbaren Gruppe - z. B. Studierende des entsprechenden Fachgebietes - abgesehen werden sollte. Ein wichtiger Grund hierfür ist, dass Personen, die auch in der Realität mit dem zu untersuchenden Entscheidungsproblem konfrontiert sind, auf interne Informationen zurückgreifen. Dies zeigt sich im Experiment an der Nutzung der Schlüsselinformation „Sortenname“. Während diese Information für die Landwirte ein absolut zentrales Kriterium ist, nutzen die Studierenden den Sortennamen nur geringfügig.

6.9 Relevanz von Sorteneigenschaften

Die Hypothesen und Vermutungen zur Relevanz einzelner Eigenschaften werden größtenteils durch die Ergebnisse des Experiments unterstützt. Die Landwirte nutzen die Schlüsselinformation „Sortenname“ im Experiment unabhängig von den verschiedenen Produktionssystemen am intensivsten. Dort stehen bei jeder Entscheidungssituation die aktuellen Ausprägungseinstufungen der einzelnen Eigenschaften aus den jeweils aktuellen Beschreibenden Sortenlisten zur Verfügung. Doch anstelle dieser nutzen die Landwirte verstärkt ihre internen Informationen. Das zeigt die große Bedeutung individueller Erfahrungen mit einzelnen Sorten. Die Landwirte vertrauen offensichtlich mehr auf diese als auf externe, aktuelle Informationen. Diese Beobachtung erklärt den Anbau älterer Sorten.

6.9.1 Implikation: Vermarktung neuer Sorten

Pflanzenzüchter könnten versuchen, Landwirte durch die Bereitstellung von vergünstigtem oder kostenlosem „Probesaatgut“ von der Eignung neuer Sorten zu überzeugen. Im Gegenzug für vergünstigtes Saatgut könnten die Saatzüchter mit den entsprechenden Landwirten vereinbaren, dass Informationsschilder an den Schlägen aufgestellt oder Feldbegehungen durchgeführt werden. Hierdurch könnten weitere Landwirte die Sorten im praktischen Anbau begutachten.

6.9.2 Zentrale pflanzenbauliche Eigenschaften

Mit Ausnahme der Schlüsselinformation „Sortenname“ werden die „pflanzenbaulichen“ Eigenschaften „Kornertrag Stufe 2“ und „Kornertrag Stufe 1“ in allen Entscheidungssituationen am stärksten - u. a. am häufigsten als Ausschlusskriterium - genutzt. Die Berücksichtigung des Ertragspotenzials erfolgt weitgehend unabhängig von Variationen des Produktionssystems. Der Vergleich des Verhaltens bei Produktionssystemen mit Standorten, die ein relativ großes (MR1) bzw. ein relativ niedriges Ertragspotenzial (HR1) aufweisen, verdeutlicht dies. Die Unterschiede im Ertragspotenzial der Standorte haben keinen signifikanten Einfluss auf die Einbeziehung der Eigenschaften „Kornertrag Stufe 2“ und „Kornertrag Stufe 1“.

Die übrigen Eigenschaften werden in Abhängigkeit von Standorten und Vorfrüchten unterschiedlich stark in die Entscheidungen einbezogen. Die Auswirkungen unterschiedlicher Klimateigenschaften von Standorten sind vielfältig. Hier zeigen sich beim Vergleich eines relativ trockenen, warmen Standorts (GR5) mit einem relativ niederschlagsreichen, kalten Standort (KR5) signifikante Unterschiede in der Berücksichtigung von 14 der 20 Eigenschaften. Während am kalten Standort die Anfälligkeit für Auswinterung von deutlich mehr Probanden zur Beurteilung der Alternativen genutzt wird, werden beim wärmeren Standort 13 Anbau-, Resistenz- und Ertragseigenschaften signifikant stärker in die Entscheidungen einbezogen.

Die Variation von Vorfrüchten wirkt sich primär auf die Einbeziehung von Resistenzeigenschaften aus. Erwartungsgemäß werden diese bei der ungünstigen Vorfrucht Winterweizen von mehr Probanden in die Entscheidung einbezogen. Bei der Vorfrucht Weizen (HW1) werden im Vergleich zur Vorfrucht Raps (HR1) drei Resistenzeigenschaften tendenziell und fünf signifikant stärker berücksichtigt. Bei der Vorfrucht Mais (MM1) wird im Vergleich zur Vorfrucht Winterweizen (MW1) die Anfälligkeit für Ährenfusarium, ebenfalls erwartungsgemäß, von mehr Landwirten berücksichtigt. Alle übrigen Resistenzeigenschaften werden bei der Vorfrucht Winterweizen signifikant häufiger in die Entscheidungen einbezogen.

Bei KR5 und MM1 werden in Relation zu den jeweiligen Referenz-Produktionssystemen signifikant weniger Informationen zum Ertragspotenzial der Sorten genutzt. Eine Erklärung hierfür ist, dass die höher eingeschätzten Gefahren für Auswinterungsschäden bei KR5 bzw. für Ährenfusarium bei MM1 dazu geführt haben, dass das Ertragspotenzial als weniger relevant angesehen wird.

Die Unterschiede in der Nutzung von Anbau- und Resistenzeigenschaften sowie der Ertragskomponenten bestehen lediglich bei den Anteilen der Probanden, die diese Eigenschaften berücksichtigen bzw. berücksichtigen bevor Alternativen aufgrund anderer Eigenschaften ausgeschlossen werden. Auf die Art der Merkmalsbeurteilung - kompensatorisch oder nicht-kompensatorisch - wirkt sich die Variation der Vorfrüchte und Standorte jedoch nicht aus. Die Eigenschaften werden überwiegend kompensatorisch beurteilt.

6.9.3 Implikationen für Weizenzüchter

Das Ertragspotenzial ist die zentrale pflanzenbauliche Eigenschaft bei der Sortenwahl. Ein unzureichendes Ertragspotenzial führt nach dem Sortennamen am häufigsten zum Ausschluss von Sorten. Damit Weizensorten erfolgreich vermarktet werden können, müssen diese ein hohes Ertragspotenzial besitzen. Deshalb sollten die Züchter ihre Zuchtprogramme im Hinblick auf den Vermarktungserfolg primär auf Verbesserungen bei Kornertrag Stufe 1 und 2 ausrichten. Nur in speziellen Anbausituationen, bei denen z. B. eine Gefahr für Totalverluste durch Auswinterung oder Ährenfusarium besteht, verliert das Ertragspotenzial an Bedeutung. Der Schwerpunkt bei der Züchtung von Sorten kann somit für solche speziellen

Anbausituationen auf die Eigenschaften verschoben werden, die zur Abwendung von Teil- oder Totalverlusten beitragen.

Die übrigen Eigenschaften werden überwiegend kompensatorisch beurteilt. Offenbar werden die Anforderungen an die Ausprägungen dieser Eigenschaften von den (im Experiment zur Auswahl stehenden) praxisrelevanten Sorten erfüllt. Bei diesen Eigenschaften erscheint es für die ökonomisch erfolgreiche Ausrichtung von Zuchtprogrammen weniger relevant zu sein, Verbesserungen oder maximale Ausprägungen zu erreichen. Stattdessen deuten die Ergebnisse darauf hin, dass keine dieser Eigenschaften „zu schlechte“ Ausprägungen haben sollte und ausgewogene Eigenschaftsausprägungen angestrebt werden sollten.

6.10 Mentale Modelle und interne Informationen bestimmen die Anwendung von Entscheidungsverfahren

Die Landwirte passen den Entscheidungsaufwand nur tendenziell an die Tragweite der Entscheidung (= Schlaggröße) an. Demgegenüber werden signifikante Unterschiede in der Anzahl der berücksichtigten Informationen und der Entscheidungszeit in Abhängigkeit unterschiedlicher Produktionssysteme festgestellt. Hierdurch werden die Annahmen der Theorie zur ökologischen Rationalität unterstützt: Die Landwirte wählen ihre Entscheidungsverfahren primär aufgrund ihrer mentalen Modelle und weniger aufgrund von Überlegungen zur Optimierung des Entscheidungsaufwands aus.

Zudem zeigt sich im Experiment durch die geringe Anwendung der *take the best heuristic* bei der Entscheidungssituation, bei der die Alternativen aus relativ neuen Sorten bestehen (GR5), die Bedeutung des Vorliegens interner Informationen. Zu diesen neuen Sorten hat nur ein relativ geringer Anteil der Probanden Erfahrungen im eigenen Anbau gesammelt. Die Probanden konnten den Sortennamen unter diesem Umstand nicht als Schlüsselinformation nutzen. Als Folge dessen kann in dieser Entscheidungssituation eine Ausdehnung der Nutzung externer Informationen beobachtet werden.

Durch die in diesem Kapitel genannten Implikationen zur Verbesserung der Darstellung externer Informationsquellen und zur Vereinfachung der Informationssuche können Landwirte darin unterstützt werden, erfolgreichere Entscheidungen aufgrund ihrer individuellen Fähigkeiten und mentalen Modelle zu treffen. Je leichter Informationen zu (neuen) Sorten für die Landwirte zugänglich sind und je besser die Nachvollziehbarkeit der angebotenen Informationen ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Landwirte diese Informationen nutzen und leistungsfähigere Sorten auswählen. Durch einen brancheninternen Austausch können die Fähigkeiten zur merkmalsbasierten Auswahl von Sorten, die sich an spezifischen Anforderungen von Produktionssystemen orientiert, verbessert werden. Pflanzenzüchter können die Erkenntnisse dieser Arbeit nutzen, um ihre Zuchtprogramme und die Vermarktung ihrer Sorten an die Anforderungen der Landwirte anzupassen.

Literaturverzeichnis

- Ahlemeyer, Jutta; Friedt, Wolfgang (2011): Entwicklung der Weizenerträge in Deutschland- Welchen Anteil hat der Zuchtfortschritt? In: Tagungsband der 62. Jahrestagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs 22.-23. November 2011, Raumberg-Gumpenstein, S. 19-23.
- Anderson, John R. (1983): *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Andersson, Patric (2001): P1198: Software for tracing decision behavior in lending to small businesses. In: *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers* 33 (2), S. 234-242.
- Axson, Danny; Yates, Suzanne; Chaiken, Shelly (1987): Audience response as a heuristic cue in persuasion. In: *Journal of Personality and Social Psychology* 53 (1), S. 30-40.
- Bach, Norbert (2010): *Mentale Modelle als Basis von Implementierungsstrategien* (Dissertation). 2. Auflage. Ilmenau: Ilmedia.
- Bamberg, Günter; Coenenberg, Adolf G.; Krapp, Michael (2008): *Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre*. 14., überarb. Auflage. München: Vahlen.
- Baron, Jonathan; Jurney, James (1993): Norms against voting for coerced reform. In: *Journal of Personality and Social Psychology* 64 (3), S. 347-355.
- Barrick, John A.; Spilker, Brian C. (2003): The relations between knowledge, search strategy, and performance in unaided and aided information search. In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 90 (1), S. 1-18.
- Bearden, William O.; Netemeyer, Richard G. (2011): *Handbook of marketing scales: Multi-item measures for marketing and consumer behavior research*. 3. Auflage. Thousand Oaks, Calif.: Sage.
- Betsch, Tilmann; Funke, Joachim; Plessner, Henning (2011): *Allgemeine Psychologie für Bachelor: Denken-Urteilen, Entscheiden, Problemlösen. Lesen, Hören, Lernen*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Bettman, James R.; Zins, Michel A. (1977): Constructive processes in consumer choice. In: *Journal of Consumer Research* 4 (2), S. 75-5.
- Bettman, James R. (1979): *An Information Processing Theory of Consumer Choice*. Reading, MA.
- Bettman, James R.; Johnson, Eric J.; Payne, John W. (1990): A componential analysis of cognitive effort in choice. In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 45 (1), S. 111-139.
- Bettman, James R.; Luce, Mary Frances; Payne, John W. (1998): Constructive consumer choice processes. In: *Journal of Consumer Research* 25 (3), S. 187-217.
- Berretty, Patricia M.; Todd, Peter M.; Martignon, Laura (1999): Categorization by elimination: Using few cues to choose. In: Gigerenzer, Gerd; Todd, Peter M. (Hg.): *Simple heuristics that make us smart*. New York: Oxford Press, S. 235-254.
- Bloech, Jürgen; Bogaschewsky, Roland; Buscher, Udo; Daub, Anke; Götze, Uwe; Roland, Folker (2008): *Einführung in die Produktion*. 6. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Borges, Bernhard; Goldstein, Daniel G.; Ortmann, Andreas; Gigerenzer, Gerd: Can ignorance beat the stock market? In: Gigerenzer, Gerd; Todd, Peter M. (Hg.): *Simple heuristics that make us smart*. New York: Oxford University Press, S. 59-72.

- Boyd, Robert; Richerson, Peter J. (2005): The origin and evolution of cultures. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Brandstätter, Eduard; Gigerenzer, Gerd; Hertwig, Ralph (2006): The priority heuristic: making choices without trade-offs. In: *Psychological Review* 113 (2), S. 409-432.
- Brannon, Laura A.; Brock, Timothy C. (2001): Scarcity claims elicit extreme responding to persuasive messages: Role of cognitive elaboration. In: *Personality and Social Psychology Bulletin* 27 (3), S. 365-375.
- Brehmer, Berndt; Joyce, Charles R. B. (1988): Human judgment: The SJT view. Amsterdam, New York: Elsevier.
- Bröder, Arndt; Schiffer, Stefanie (2006): Adaptive flexibility and maladaptive routines in selecting fast and frugal decision strategies. In: *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 32 (4), S. 904-918.
- Bröder, Arndt; Newell, Ben (2008): Challenging some common beliefs: Empirical work within the adaptive toolbox metaphor. In: *Judgment and Decision Making* 3 (3), S. 205-214.
- Brunswik, Egon (1952): The conceptual framework of psychology. Chicago: University of Chicago Press.
- Brunswik, Egon (1955): Representative design and probabilistic theory in a functional psychology. In: *Psychological Review* 62 (3), S. 193-217.
- Buber, Renate (2009): Denke-Laut-Protokolle. In: Renate Buber und Hartmut H. Holzmüller (Hrsg.): *Qualitative Marktforschung: Konzepte – Methoden – Analysen*. Wiesbaden: Gabler, S. 555-568.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2002-2016): Besondere Ernte- und Qualitätsermittlung (BEE) 2001-2015. Online verfügbar unter <http://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/besondere-ernte-und-qualitaetsermittlung/>, zuletzt geprüft am 02.06.2017.
- Bundessortenamt (BSA) (1991, 2001, 2002, 2006 sowie 2008-2015): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte 1991, 2001, 2006, 2008-2015.
- Bundessortenamt (BSA) (2000): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Hannover: Landbuch.
- Bundessortenamt (BSA) (2016): Geändertes Kapitel 4.1. Getreide (außer Mais und Sorghumhirse) der Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Online verfügbar unter https://www.bundessortenamt.de/internet30/fileadmin/Files/PDF/RILI_201602_Getreide.pdf, zuletzt geprüft am 02.06.2017.
- Campbell, Donald T. (1957): Factors Relevant to the Validity of Experiments in Social Settings. In: *Psychological Bulletin* 54 (4), S. 297-312.
- Campbell, Donald T.; Stanley, Julian C.; Gage, Nathaniel L. (1963): *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Boston: Houghton Mifflin.
- Chaiken, Shelly (1980): Heuristic versus systematic information processing and the use of source versus message cues in persuasion. In: *Journal of Personality and Social Psychology* 39 (5), S. 752-766.
- Chang, Chingching (2004): Country of origin as a heuristic cue: The effects of message ambiguity and product involvement. In: *Media Psychology* 6 (2), S. 169-192.
- Conlisk, John (1996): Why Bounded Rationality? In: *Journal of Economic Literature* 34 (2), S. 669-700.

- Corsten, Hans; Gössinger, Ralf (2012): Produktionswirtschaft: Einführung in das industrielle Produktionsmanagement. München: Oldenbourg Verlag.
- Craik, Kenneth J. W. (1943): The nature of explanation. Cambridge: Cambridge University Press.
- Czerlinski, Jean; Gigerenzer, Gerd; Goldstein, Daniel G.: How good are simple heuristics? In: Gigerenzer, Gerd; Todd, Peter M. (Hg.): Simple heuristics that make us smart. New York: Oxford University Press, S. 97-118.
- Darke, Peter R.; Freedman, Jonathan L.; Chaiken, Shelly (1995): Percentage discounts, initial price, and bargain hunting: A heuristic-systematic approach to price search behavior. In: *Journal of Applied Psychology* 80 (5), S. 580-586.
- Dawes, Robyn M. (1979): The robust beauty of improper linear models in decision making. In: *American Psychologist* 34 (7), S. 571-582.
- Deutscher Wetterdienst (DWD) (2016): Wetterlexikon, Suchbegriff Witterung. Online verfügbar unter <http://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=102936&lv3=103212>, zuletzt geprüft am 02.06.2017.
- DeMiguel, Victor; Garlappi, Lorenzo; Uppal, Raman (2009): Optimal versus naive diversification: How inefficient is the 1/N portfolio strategy? In: *The review of Financial studies* 22 (5), S. 1915-1953.
- Dieckmann, Anja; Rieskamp, Jörg (2007): The influence of information redundancy on probabilistic inferences. In: *Memory & Cognition* 35 (7), S. 1801-1813.
- Eales, James S.; Engel, Brian K.; Hauser, Robert J.; Thompson, Sarahelen R. (1990): Grain price expectations of Illinois farmers and grain merchandisers. In: *American Journal of Agricultural Economics* 72 (3), S. 701-708.
- Eddy, David M. (1982): Probabilistic reasoning in clinical medicine: Problems and opportunities. In: Kahneman, Daniel; Slovic, Paul; Tversky, Amos (Hg.): Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. Cambridge: Cambridge University Press, S. 249-267.
- Einhorn, Hillel J.; Hogarth, Robin M. (1981): Behavioral decision theory: Processes of judgment and choice. In: *Journal of Accounting Research* 32, S. 53-88.
- Eisenführ, Franz; Weber, Martin (2003): Rationales Entscheiden. 4. Auflage. Berlin: Springer.
- Engelhardt, Heiko (2005): Auswirkungen von Flächengröße und Flächenform auf Wendezeiten, Arbeitserledigung und verfahrenstechnische Maßnahmen im Ackerbau (Dissertation). Gießen: Universitätsbibliothek Gießen.
- Ericsson, K. Anders & Simon, Herbert A. (1999): Protocol analysis. Verbal reports as data. 3. Auflage. Cambridge, Mas.: MIT Press.
- Evans, Jonathan S. B. T. (2008): Dual-processing accounts of reasoning, judgment, and social cognition. In: *Annu. Rev. Psychol.* 59, S. 255-278.
- Farack Martin; Schwalbe, Ines (2003): Effiziente und umweltverträgliche Winterweizenproduktion unter den Bedingungen hoher Weizenanbaukonzentrationen in Thüringen. Online verfügbar unter <http://www.tll.de/ainfo/pdf/abww0603.pdf>, zuletzt geprüft am 02.06.2017.
- Fidler, Eduard J. (1983): The reliability and validity of concurrent, retrospective, and interpretive verbal reports: An experimental study. In: *Advances in Psychology* 14, S. 429-440.
- Fishburn, Peter C. (1967): Methods of estimating additive utilities. In: *Management Science* 13 (7), S. 435-453.

- Fischhoff, Baruch (1975): Hindsight is not equal to foresight: The effect of outcome knowledge on judgment under uncertainty. In: *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance* 1 (3), S. 288-299.
- Fischhoff, Baruch; Slovic, Paul; Lichtenstein, Sarah (1977): Knowing with certainty: The appropriateness of extreme confidence. In: *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance* 3 (4), S. 552-564.
- Flath, Kerstin; Sommerfeldt-Impe, Nicole; Schmitt, Anne-Kerstin: Überwachung von Rostpopulationen als Voraussetzung für die Bewertung der Resistenz von Getreidesorten. S. 384. Online verfügbar unter <http://pub.jki.bund.de/index.php/JKA/article/viewFile/3328/3446>, zuletzt geprüft am 02.06.2017.
- Flessa, Heinz; Müller, Daniela; Plassmann, Katharina; Osterburg, Bernhard; Techen, Anja-Kristina; Nitsch, Heike (2012): Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor: VTI. Online verfügbar: http://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn050716.pdf.
- Forehand, Mark; Gastil, John; Smith, Mark A. (2004): Endorsements as voting cues: Heuristic and systematic processing in initiative elections. In: *Journal of Applied Social Psychology* 34 (11), S. 2215-2231.
- Fox, Mark C.; Ericsson, Anders K.; Best, Ryan (2011): Do procedures for verbal reporting of thinking have to be reactive? A meta-analysis and recommendations for best reporting methods. In: *Psychological Bulletin* 137 (2), S. 316-344.
- Friedman, Daniel; Sunder, Shyam (1994): Experimental methods. A primer for economists. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Gadenne, Volker (2011): Über die Validität von Experimenten in der Ökonomie. In: Gadenne, Volker; Neck, Reinhard (Hg.): Philosophie und Wirtschaftswissenschaft. Tübingen: Mohr Siebeck, S. 51-64.
- Gigerenzer, Gerd (1991): How to make cognitive illusions disappear: beyond "heuristics and biases". In: *European Review of Social Psychology* 2 (1), S. 83-115.
- Gigerenzer, Gerd; Goldstein, Daniel G. (1996): Reasoning the fast and frugal way: Models of bounded rationality. In: *Psychological Review* 104 (4), S. 650-669.
- Gigerenzer, Gerd; Hoffrage, Ulrich; Kleinböling, Heinz (1991): Probabilistic mental models: a Brunswikian theory of confidence. In: *Psychological Review* 98 (4), S. 506-528.
- Gigerenzer, Gerd; Todd, Peter M. (1999): Fast and Frugal Heuristics. The Adaptive Toolbox. In: Gigerenzer, Gerd; Todd, Peter M. (Hg.): Simple heuristics that make us smart. New York: Oxford University Press, S. 3-30.
- Gigerenzer, Gerd; Todd, Peter M (Hg) (1999b): Simple heuristics that make us smart. New York: Oxford University Press.
- Gigerenzer, Gerd; Selten, Reinhard (2001): Rethinking Rationality. In: Gigerenzer, Gerd; Selten, Reinhard (Hg.) (2001): Bounded rationality. The adaptive toolbox. Cambridge, Mass: MIT Press, S. 1-9.
- Gigerenzer, Gerd (2001): The Adaptive Toolbox. In: Gigerenzer, Gerd; Selten, Reinhard (Hg.) (2001): Bounded rationality. The adaptive toolbox. Cambridge, Mass: MIT Press, S. 37-50.
- Gigerenzer, Gerd; Selten, Reinhard (Hg.) (2001b): Bounded rationality. The adaptive toolbox. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Gigerenzer, Gerd (2004): Striking a blow for sanity in theories of rationality. In: *Models of a man: Essays in memory of Herbert A. Simon*, S. 389-409.

- Gigerenzer, Gerd (2008): Why heuristics work. In: *Perspectives on psychological science* 3 (1), S. 20-29.
- Gigerenzer, Gerd; Gaissmaier, Wolfgang (2011): Heuristic Decision Making. In: *Annual review of psychology* 62 (1), S. 451-482.
- Gilovich, Thomas; Griffin, Dale; Kahneman, Daniel (2002): *Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgment*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Giner-Sorolla, Roger; Chaiken, Sheily (1997): Selective use of heuristic and systematic processing under defense motivation. In: *Personality and Social Psychology Bulletin* 23 (1), S. 84-97.
- Goldstein, Daniel G.; Gigerenzer, Gerd (2002): Models of ecological rationality: The recognition heuristic. In: *Psychological Review* 109 (1), S. 75-90.
- Goldstein, William M. (2008): Social judgment theory: Applying and extending Brunswik's probabilistic functionalism. In: Koehler, Derek J.; Harvey, Nigel (Hg.): *Blackwell handbook of judgment and decision making*. Malden, Oxford, Carlton: Backwell, S. 37-61.
- Gröblichhoff, Franz-Ferdinand; Dasenbrook, Corinna; Stemann, Günter (2003): Pflanzengesundheit, Qualität und Mykotoxinbelastung von Winterweizen als Brotgetreide und Futtermittel in differenzierten Systemen der Bodenbewirtschaftung. Abschlussbericht. Online verfügbar unter https://www4.fh-swf.de/media/downloads/fbaw_1/verschiedenes/AB-Mykotoxine_FOBO.pdf, zuletzt geprüft am 02.06.2017.
- Guala, Francesco (2005): *The methodology of experimental economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Guddat, Christian; Degner, Joachim; Marschall, Karin; Zorn, Wilfried; Götz, Reinhard (2015): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Winterweizen. Hg. v. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. Online verfügbar unter http://www.tll.de/ainfo/pdf/ll_ww.pdf, zuletzt geprüft am 02.06.2017.
- Grünig, Rudolf; Kühn, Richard (2004): *Entscheidungsverfahren für komplexe Probleme. Ein heuristischer Ansatz*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Hammond, Kenneth R. (1975): *Social judgment theory: Its use in the study of psychoactive drugs*. John Wiley & Sons: New York.
- Hammond, Kenneth R. (1996): *Human judgment and social policy: Irreducible uncertainty, inevitable error, unavoidable injustice*. Oxford: Oxford University Press.
- Hanf, Claus-Hennig (1991): *Entscheidungslehre. Einführung in Informationsbeschaffung, Planung und Entscheidung unter Unsicherheit*. 2., unveränd. Auflage. München: Oldenbourg.
- Harte, Johanna M.; Koele, Pieter (1997): Psychometric and methodological aspects of process tracing research. In: Ranyard, Rob; Crozier, W. Ray; Svenson, Ola (Hg.): *Decision making: Cognitive models and explanations*. London, New York: Psychology Press, S. 21-34.
- Hartl, Lorenz (2008): Mehr Ertrag durch Zuchtfortschritt bei Getreide. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hg.): *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft* (10). Freising: Lerchl-Druck, S. 13-16.
- Hertwig, R.; Hoffrage, Ulrich; Martignon, Laura (1999): Quick estimation. Letting the environment do the work. In: Gigerenzer, Gerd; Todd, Peter M. (Hg.): *Simple heuristics that make us smart*. New York: Oxford University Press, S. 209-234.
- Hofacker, T. (1985): *Entscheidung als Informationsverarbeitung: Eine empirische Untersuchung zur Produktentscheidung von Konsumenten*. Frankfurt/Main: Peter Lang.

- Hogarth, Robin M.; Karelaia, Natalia (2005a): Simple models for multiattribute choice with many alternatives: When it does and does not pay to face trade-offs with binary attributes. In: *Management science* 51 (12), S. 1860-1872.
- Hogarth, Robin M.; Karelaia, Natalia (2005b): Ignoring information in binary choice with continuous variables: When is less "more"? In: *Journal of Mathematical Psychology* 49 (2), S. 115-124.
- Hogarth, Robin M. (2012): When simple is hard to accept. In: Todd, Peter M.; Gigerenzer, Gerd (Hg.): *Ecological rationality: Intelligence in the world*. Oxford (New York): Oxford University Press, S. 61-79.
- Hohl, Nikolaus A. D.; Naskrent, Julia (2009): *Involvement: Forschungsstand und Neukonzeption*. Arbeitspapiere des Lehrstuhls Marketing. Universität Siegen: Siegen.
- Holm, Kurt (1991): Die Frage. In: Holm, K. (Hg.): *Die Befragung*. 4. Auflage. Tübingen, München: Francke, S. 32-90.
- Huber, Oswald (1979): Nontransitive multidimensional preferences: Theoretical analysis of a model. In: *Theory and Decision* 10 (1), S. 147-165.
- Huber, Oswald (1980): The influence of some task variables on cognitive operations in an information-processing decision model. In: *Acta Psychologica* 45 (1-3), S. 187-196.
- Jaritz, Sabine (2008): *Kundenbindung und Involvement: Eine empirische Analyse unter besonderer Berücksichtigung von Low Involvement*. 1. Auflage. Wiesbaden: Gabler (Gabler Edition Wissenschaft: Kundenmanagement & Electronic Commerce).
- Jasper, J. D.; Shapiro, Jennifer (2002): MouseTrace: a better mousetrap for catching decision processes. In: *Behav Res Methods Instrum Comput* 34 (3), S. 364-374.
- Johnson, Eric J.; Payne, John W.; Bettman, James R.; Schkade, David A. (1989): *Monitoring Information Processing and Decisions: The Mouselab System*. Ft. Belvoir: Defense Technical Information Center.
- Johnson-Laird, Philip N. (1983): *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge Mass.: Harvard University Press.
- Johnson-Laird, Philip N. (2004): The history of mental models. In: Manktelow, Ken (Hg.): *Psychology of reasoning: Theoretical and historical perspectives*. London: Psychology Press, S. 179-212.
- Jones, Natalie; Ross, Helen; Lynam, Timothy; Perez, Pascal; Leitch, Anne (2011): Mental models: an interdisciplinary synthesis of theory and methods. In: *Ecology and Society* 16 (1): Art. 46. Online verfügbar unter <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art46/>, zuletzt geprüft am 02.06.2017.
- Kahneman, Daniel; Slovic, Paul; Tversky, Amos (1982): *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kahneman, Daniel; Fredrickson, Barbara L.; Schreiber, Charles A.; Redelmeier, Donald A. (1993): When more pain is preferred to less: Adding a better end. In: *Psychological Science* 4 (6), S. 401-405.
- Kahneman, Daniel; Frederick, Shane (2002): Representativeness revisited: Attribute substitution in intuitive judgment. In: Gilovich, Thomas; Griffin, Dale; Kahneman, Daniel (Hg.): *Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgment*. New York: Cambridge University Press.
- Kahneman, Daniel (2003): Maps of bounded rationality. *Psychology for behavioral economics*. In: *The American economic review* 93 (5), S. 1449-1475.
- Kahneman, Daniel (2011): *Thinking, fast and slow*. 1. Auflage. New York: Farrar Straus & Giroux.

- Karelaia, Natalia; Hogarth, Robin M. (2008): Determinants of linear judgment: a meta-analysis of lens model studies. In: *Psychological Bulletin* 134 (3), S. 404-426.
- Käufer, Gabriele (2016): Fachreferentin Marktfruchtbau des Landesbetriebs Landwirtschaft Hessen; persönliche Mitteilung: Gespräch am 15.01.2016.
- Kazman Ebrahim.; Innemann, André. (2010): Wie sieht eine Weizensorte in 5-10 Jahren aus? Wie stellt sich die Pflanzenzüchtung auf kommende Veränderungen ein? In: Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs (Hg): Tagungsband der 60. Jahrestagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, S. 5-10.
- Keeney, Ralph L.; Raiffa, Howard (1993): *Decision with multiple objectives*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kenyon, David E. (2001): Producer ability to forecast harvest corn and soybean prices. In: *Review of Agricultural Economics* 23 (1), S. 151-162.
- Kivetz, Ran; Simonson, Itamar (2003): The idiosyncratic fit heuristic: Effort advantage as a determinant of consumer response to loyalty programs. In: *Journal of Marketing Research* 40 (4), S. 454-467.
- Kroeber-Riel, Werner; Weinberg, Peter; Gröppel-Klein, Andrea (2009): *Konsumentenverhalten*. 9., überarbeitete, aktualisierte und ergänzte Auflage. München: Vahlen.
- Kroeber-Riel, Werner; Gröppel-Klein, Andrea (2013): *Konsumentenverhalten*. 10. Auflage. München: Vahlen.
- Kruger, Justin; Wirtz, Derrick; van Boven, Leaf; Altermatt, T. William (2004): The effort heuristic. In: *Journal of Experimental Social Psychology* 40 (1), S. 91-98.
- Kuhlmann, Friedrich (2007): *Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft*. 3. Auflage. Frankfurt am Main: DLG-Verlag.
- Kuß, Alfred (1987): *Information und Kaufentscheidung. Methoden und Ergebnisse empirischer Konsumentenforschung*. Berlin, New York: de Gruyter (Marketing-Management, 10).
- Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) (2009a-2015a): *Landessortenversuche Hessen: Sortenprüfung Winterweizen – integriert*. LLH Fachgebiet Pflanzenproduktion. Online Verfügbar unter ispi.de, zuletzt geprüft am 02.06.2017.
- Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (2010b-2015b): *Versuchsplan Winterung*. Herausgeber Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen - Fachgebiet 33, Regierungspräsidium Gießen - Pflanzenschutzdienst. Abteilung 3 - Fachinformation; Fachgebiet 33 - Fachinformation Pflanzenproduktion
- Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) (2010e-2015e): *Landessortenversuche Hessen: Sortenprüfung Winterweizen – integriert - Stoppelweizen*. LLH Fachgebiet Pflanzenproduktion. Online Verfügbar unter ispi.de, zuletzt geprüft am 02.06.2017.
- Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) (2010f-2015f): *Landessortenversuche Hessen: Sortenprüfung Winterweizen – Frühe Sorten - integriert*. LLH Fachgebiet Pflanzenproduktion. Online Verfügbar unter ispi.de, zuletzt geprüft am 02.06.2017.
- Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) (2010g-2015g): *Landessortenversuche Hessen: Sortenprüfung Winterweizen – Mehrjähriges Ergebnis*. LLH Fachgebiet Pflanzenproduktion. Online Verfügbar unter ispi.de, zuletzt geprüft am 02.06.2017.
- Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) (2014c): *Winterweizen Landessortenversuche 2013/14 und Empfehlungen Herbst 2014*. Online verfügbar unter <http://www.llh.hessen.de/pflanzenproduktion/versuche-marktfruchtbau.html>, zuletzt geprüft am 28.08.2015.

- Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) (2015c): Winterweizen: Landessortenversuche 2014/15 und Empfehlungen Herbst 2015. Internet Dokument. Nicht mehr online verfügbar. Dokument einzusehen beim Verfasser dieser Arbeit.
- Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) (2015d): Hessischer Ratgeber für Pflanzenbau und Pflanzenschutz. Frühjahr und Herbst 2015. Reihe: Fachinformation - Pflanzenproduktion 1/2015. Bad Hersfeld: Glock Druck.
- Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) (2010h-2015h): Landessortenversuche Hessen: Sortenprüfung Winterweizen Orientierungssortiment – integriert. LLH Fachgebiet Pflanzenproduktion. Online Verfügbar unter ispi.de, zuletzt geprüft am 02.06.2017
- Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) (2016): Hessischer Ratgeber für Pflanzenbau und Pflanzenschutz. Frühjahr und Herbst 2016. Reihe: Fachinformation - Pflanzenproduktion 1/2016. Bad Hersfeld: Glock Druck.
- Laux, Helmut; Liermann, Felix (2005): Grundlagen der Organisation. Die Steuerung von Entscheidungen als Grundproblem der Betriebswirtschaftslehre. 6. Auflage. Berlin: Springer.
- Lichtenstein, Sarah; Fischhoff, Baruch; Phillips, Lawrence D.: Calibration of probabilities: The state of the art. In: *Decision making and change in human affairs 1977*, S. 275-324.
- Liebe, Ulf; Maart, Syster C.; Mußhoff, Oliver; Stubbeck, Philipp (2012): Risikomanagement in landwirtschaftlichen Betrieben. Eine Analyse der Akzeptanz von Wetterversicherungen mit Hilfe von Discrete-Choice-Experimenten. In: *German Journal of Agricultural Economics* 61 (2), S. 63-79.
- Luce, R. Duncan (1956): Semiordeers and a theory of utility discrimination. In: *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, S. 178-191.
- Macholdt, Janna C. (2013): Zur Sortenbewertung von Winterroggen und Winterweizen unter Standortbedingungen im nordostdeutschen Tiefland (Dissertation). Humboldt-Universität: Berlin.
- Maheswaran, Durairaj; Mackie, Diane M.; Chaiken, Shelly (1992): Brand name as a heuristic cue: The effects of task importance and expectancy confirmation on consumer judgments. In: *Journal of consumer psychology* 1 (4), S. 317-336.
- March, James G. (1978): Bounded rationality, ambiguity, and the engineering of choice. In: *The Bell Journal of Economics* 9 (2), S. 587-608.
- Marewski, Julian N.; Schooler, Lael J. (2011): Cognitive niches: an ecological model of strategy selection. In: *Psychological review* 118 (3), S. 393-437.
- Matzler, Kurt (1997): Kundenzufriedenheit und Involvement. Wiebaden: Dt. Univ.-Verl.; Gabler (Gabler Edition Wissenschaft).
- McClelland, Alastair G. R.; Bolger, Fergus (1994): The calibration of subjective probability: Theories and models 1980–94. In: Wright George; Ayton, Peter (Hg.): *Subjective probability*. Oxford: John Wiley & Sons, S. 453-482.
- Messick, David M. (1993): Equality as a decision heuristic. In: Mellers, Barbara A.; Baron, Jonathan (Hg.): *Psychological perspectives on justice: Theory and applications*. Cambridge: Cambridge University Press, S. 11-31.
- Mitra, Anusree (1995): Price cue utilization in product evaluations: the moderating role of motivation and attribute information. In: *Journal of Business Research* 33 (3), S. 187-195.
- Mittal, Banwari (1989): Measuring purchase-decision involvement. In: *Psychology & Marketing* 6 (2), S. 147-162.
- Monin, Benoît (2003): The warm glow heuristic: when liking leads to familiarity. In: *Journal of personality and social psychology* 85 (6), S. 1035-1048.

- Moray, Neville (1998): Identifying mental models of complex human-machine systems. In: *International Journal of Industrial Ergonomics* 22 (4), S. 293-297.
- Mühlbacher, Stephan; Kirchler, Erich (2003): Informations-Display-Matrix Einsatz- und Analysemöglichkeiten. In: *Journal für Marketing* 42 (166/167), S. 147-152.
- Neumann, John von; Morgenstern, Oskar (1945): Theory of games and economic behavior. In: *Bull. Amer. Math. Soc* 51 (7), S. 498-504.
- Neumann, Raimo (2009): Die Involvementtheorie und ihre Bedeutung für das Lebensmittelmarketing. 1. Auflage. Bremen: Europ. Hochsch.-verl. (Wismarer Schriften zu Management und Recht).
- Newell, Allen; Simon, Herbert Alexander (1972): Human problem solving. Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ.
- Nisbett, Richard E.; Wilson, Timothy D. (1977): Telling more than we can know: Verbal reports on mental processes. In: *Psychological Review* 84 (3), S. 231-259.
- Pachur, Thorsten; Biele, Guido (2007): Forecasting from ignorance: The use and usefulness of recognition in lay predictions of sports events. In: *Acta Psychologica* 125 (1), S. 99-116.
- Payne, John W. (1976): Task complexity and contingent processing in decision making: An information search and protocol analysis. In: *Organizational behavior and human performance* 16 (2), S. 366-387.
- Payne, John W.; Braunstien, Myron L. (1978): Risky choice: An examination of information acquisition behavior. In: *Memory & Cognition* 6 (5), S. 554-561.
- Payne, John W.; Bettman, James R.; Johnson, Eric J. (1988): Adaptive strategy selection in decision making. In: *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 14 (3), S. 534-552
- Payne, John W.; Bettman, James R.; Johnson, Eric J. (1993): The adaptive decision maker. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Pennings, Joost M. E.; Irwin, Scott H.; Good, Darrel L. (2002): Surveying farmers: A case study. In: *Review of Agricultural Economics* 24 (1), S. 266-277.
- Pfister, Hans-Rüdiger; Jungermann, Helmut; Fischer, Katrin (2017): Die Psychologie der Entscheidung. Eine Einführung. 4. Auflage. 2017. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg.
- Pohl, Rüdiger F. (2006): Empirical tests of the recognition heuristic. In: *Journal of Behavioral Decision Making* 19 (3), S. 251-271.
- Powell Mantel, Susan; Kardes, Frank R. (1999): The role of direction of comparison, attribute-based processing, and attitude-based processing in consumer preference. In: *Journal of Consumer Research* 25 (4), S. 335-352.
- Rakow, Tim; Newell, Ben R. (2010): Degrees of uncertainty: An overview and framework for future research on experience-based choice. In: *Journal of Behavioral Decision Making* 23 (1), S. 1-14.
- Ratneshwar, Srinivasan; Chaiken, Shelly (1991): Comprehension's role in persuasion: The case of its moderating effect on the persuasive impact of source cues. In: *Journal of Consumer Research* 18 (1), S. 52-62.
- Ranyard, Rob; Crozier, Ray (1983): Reasons given for risky judgment and choice: a comparison of three tasks. In: *Advances in psychology* 14, S. 415-428.
- Reed, Stephen K. (1972): Pattern recognition and categorization. In: *Cognitive Psychology* 3 (3), S. 382-407.

- Reise, Christian (2012): Präferenzen von Landwirten bei der Gestaltung von Substratlieferverträgen für Biogasanlagen. Ein Choice-Experiment. In: *German Journal of Agricultural Economics* 61 (3), S. 162-177.
- Rentel, Dirk (2016): Referatsleiter Referat 202: Getreide des Bundessortenamtes; persönliche Mitteilung: elektronischer Brief, versandt am 08.07.2016; Dokument einzusehen beim Verfasser dieser Arbeit.
- Rieskamp, Jörg; Otto, Philipp E. (2006): SSL: a theory of how people learn to select strategies. In: *Journal of experimental psychology: General* 135 (2), S. 207-236.
- Rieskamp, Jörg (2008): The importance of learning when making inferences. In: *Judgment and Decision Making* 3 (3), S. 261–277.
- Rieskamp, Jörg; Dieckmann, Anja (2012): Redundancy: Environment structure that simple heuristics can exploit. In: Todd, Peter M.; Gigerenzer, Gerd (Hg.): *Ecological rationality: Intelligence in the world*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Roach, Eleanor (1978): Principles of Categorization. In: Roach, Eleanor; Lloyd, Barbara B. (Hg.): *Cognition and categorization*. Hillsdale: Erlbaum, S. 27-48.
- Roch, Sylvia G.; Lane, John A. S.; Samuelson, Charles D.; Allison, Scott T.; Dent, Jennifer L. (2000): Cognitive load and the equality heuristic: A two-stage model of resource overconsumption in small groups. In: *Organizational behavior and human decision processes* 83 (2), S. 185-212.
- Roßberg, Dietmar; Michel, Volker; Graf, Rudolf; Neukampf, Ralf (2007): Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. In: *Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes* 59 (7), S. 155-161.
- Roth, Alvin E.; Erev, Ido (1995): Learning in extensive-form games: Experimental data and simple dynamic models in the intermediate term. In: *Games and Economic Behavior* (1), S. 164-212.
- Rouse, William B.; Morris, Nancy M. (1986): On looking into the black box: Prospects and limits in the search for mental models. In: *Psychological Bulletin* 100 (3), S. 349-363.
- Russo, J. Edward; Doshier, Barbara A. (1983): Strategies for multiattribute binary choice. In: *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 9 (4), S. 676-696.
- Russo, J. Edward; Johnson, Eric J.; Stephens, Debra L. (1989): The validity of verbal protocols. In: *Memory & Cognition* 17 (6), S. 759-769.
- Saatgut-Treuhandverwaltungs GmbH (2014): Vertragssortenliste 2014/2015. Online-Publikation: http://www.stv-bonn.de/sites/stv-bonn.de/files/Vertragssortenliste_2014-2015_0.pdf, zuletzt geprüft am 02.06.2017.
- Sauermann, Heinz; Selten, Reinhard (1962): Anpassungstheorie der Unternehmung. In: *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft / Journal of Institutional and Theoretical Economics* 118 (4), S. 577-597.
- Savage, Leonard J. (1954): *The foundations of statistics*. New York, London: Wiley & Sons Chapman & Hall.
- Sawyer, John E. (1991): Hypothesis sampling, construction, or adjustment: How are inferences about nonlinear monotonic contingencies developed? In: *Organizational behavior and human decision processes* 49 (1), S. 124-150.
- Schachschneider, Ralf (2008): Wie schaffen Weizenzüchter genetische Variabilität für die Sortenentwicklung und den Züchtungsfortschritt? In: Hoffmann S., Herrmann, Antje; Taube, Friedhelm (Hg.): *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* (20), S. 134-145.

- Schacter, Daniel L.; Cendan, Daniel L.; Dodson, Chad S.; Clifford, Erin R. (2001): Retrieval conditions and false recognition: Testing the distinctiveness heuristic. In: *Psychonomic Bulletin & Review* 8 (4), S. 827-833.
- Schäfer, Bernhardt C; Merker, Carolin (2012): Auswirkungen von Saatstärke, Saattermin und Sorte auf den Ertrag von Winterweizen. In: *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* (24), S. 291-292.
- Schmücker, Dirk J. (2006): Touristische Informationsprozesse: Theoretische Grundlagen und empirische Ergebnisse zu Einflussfaktoren und Inhalten des Informationsverhaltens von Urlaubsreisenden (Dissertation). Lüneburg.
- Schneeberger, Walter; Peyerl, Hermann (2011): Betriebswirtschaftslehre für Agrarökonomien. 1. Auflage. Wien: Facultas.
- Schneider, Marco (2009): Fruchtfolgegestaltung und konservierende Bodenbearbeitung/Direktsaat – Eine pflanzenbaulich/ökonomische Analyse. Technische Universität München. Online-Publikation: <http://mediatum.ub.tum.de/doc/679053/679053.pdf>. Dissertation
- Schoemaker, Paul J.H. (1982): The expected utility model: Its variants, purposes, evidence and limitations. In: *Journal of Economic Literature* 20 (2), S. 529-563.
- Schooler, Lael J.; Hertwig, Ralph (2005): How forgetting aids heuristic inference. In: *Psychological Review* 112 (3), S. 610-628.
- Selten, Reinhard; Stöcker, Rolf (1986): End behavior in sequences of finite Prisoner's Dilemma supergames - A learning theory approach. In: *Journal of Economic Behavior & Organization* 7 (1), S. 47-70.
- Selten, Reinhard (1998): Aspiration Adaptation Theory. In: *Journal of Mathematical Psychology* 42 (2), S. 191-214.
- Selten, Reinhard (2001): What is bounded rationality? In: Gigerenzer, Gerd; Selten, Reinhard (Hg.) (2001): *Bounded rationality. The adaptive toolbox*. Cambridge, Mass: MIT Press, S. 13-36.
- Selten, Reinhard; Abbink, Klaus; Cox, Ricarda (2005): Learning direction theory and the winner's curse. In: *Experimental Economics* 8 (1), S. 5-20.
- Serwe, Sascha; Frings, Christian (2006): Who will win Wimbledon? The recognition heuristic in predicting sports events. In: *Journal of Behavioral Decision Making* 19 (4), S. 321-332.
- Shah, Anuj K.; Oppenheimer, Daniel M. (2008): Heuristics made easy: An effort-reduction framework. In: *Psychological Bulletin* 134 (2), S. 207-222.
- Shapiro, Stewart; Krishnan, Shanker H. (2001): Memory-based measures for assessing advertising effects: A comparison of explicit and implicit memory effects. In: *Journal of advertising* 30 (3), S. 1-13.
- Sherrick, Bruce J. (2002): The accuracy of producers' probability beliefs: Evidence and implications for insurance valuation. In: *Journal of Agricultural and Resource Economics*, S. 77-93.
- Simon, Herbert A. (1955): A behavioral model of rational choice. In: *The quarterly journal of economics* 69 (1), S. 99-118.
- Simon, Herbert A. (1956): Rational choice and the structure of the environment. In: *Psychological Review* 63 (2), S. 129-138.
- Simon, Herbert A. (1957): *Models of man. Social and rational; mathematical essays on rational human behavior in a social setting*. 1. Auflage. New York: Wiley.

- Simon, Herbert A.; Newell, Allen (1958): Heuristic problem solving: The next advance in operations research. In: *Operations research* 6 (1), S. 1-10.
- Simon, Herbert A. (1978): Rationality as process and as product of thought. In: *The American economic review* 68 (2), S. 1-16.
- Simon, Herbert A. (1989): The scientist as problem solver. In: *Complex information processing: The impact of Herbert A. Simon*, S. 375-398.
- Simon, Herbert A (1990): Invariants of human behavior. In: *Annual review of psychology* 41 (1), S. 1-20.
- Smith, Vernon L. (1982): Microeconomic systems as an experimental science. In: *The American Economic Review* 72 (5), S. 923-955.
- Stanovich, Keith E.; West, Richard F. (2000): Advancing the rationality debate. In: *Behavioral and Brain Sciences* 23 (5), S. 645-726.
- Statistisches Bundesamt (2006-2016): Wachstum und Ernte. Feldfrüchte. (Fachserie 3, 3.2.1). Wiesbaden.
- Stigler, George J. (1961): The economics of information. In: *The journal of political economy* 69 (3), S. 213-225.
- Svenson, Ola (1979): Process descriptions of decision making. In: *Organizational behavior and human performance* 23 (1), S. 86-112.
- Tillmann, Marcel (2013): Fusarium-Artenspektren an Halmbasis und Körnern von Weizen in unterschiedlichen Weizenfruchtfolgen: Online verfügbar unter <http://ediss.uni-goettingen.de/bitstream/handle/11858/00-1735-0000-0022-5D2E-4/Dissertation%20Tillmann.pdf?sequence=1>, zuletzt geprüft am 02.06.2017 (Dissertation). Göttingen.
- Todd, Peter M.; Gigerenzer, Gerd (2007): Environments That Make Us Smart: Ecological Rationality. In: *Current Directions in Psychol Sci* 16 (3), S. 167-171.
- Todd, Peter M.; Gigerenzer, Gerd (2012): What is ecological rationality? In: Todd, Peter M.; Gigerenzer, Gerd (Hg.): *Ecological rationality: Intelligence in the world*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Todd, Peter M.; Gigerenzer, Gerd (Hg.)(2012b): *Ecological rationality: Intelligence in the world*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Trip, Ger; Huirne, Ruud B. M.; Renkema, Jan A. (2001): Evaluating farmers' choice processes in the laboratory: workshops with flower producers. In: *Review of Agricultural Economics* 23 (1), S. 185-201.
- Trommsdorff, Volker (2008): *Konsumentenverhalten*. Stuttgart: W. Kohlhammer Verlag.
- Tversky, Amos (1969): Intransitivity of preferences. In: *Psychological review* 76 (1), S. 31-48.
- Tversky, Amos; Kahneman, Daniel (1971): Belief in the law of small numbers. In: *Psychological Bulletin* 76 (2), S. 105-110.
- Tversky, Amos (1972): Elimination by aspects: A theory of choice. In: *Psychological Review* 79 (4), S. 281-299.
- Tversky, Amos; Kahneman, Daniel (1973): Availability: A heuristic for judging frequency and probability. In: *Cognitive Psychology* 5 (2), S. 207-232.
- Tversky, Amos; Kahneman, Daniel (1974): Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. In: *Science* 185 (4157), S. 1124-1131.
- Tversky, Amos (1977): Features of similarity. In: *Psychological Review* 84 (4), S. 327-352.

- Tversky, Amos; Kahneman, Daniel (1983): Extensional versus intuitive reasoning: The conjunction fallacy in probability judgment. In: *Psychological Review* 90 (4), S. 293-315.
- Weber, Elke U.; Johnson, Eric J. (2009): Mindful judgment and decision making. In: *Annual review of psychology* 60, S. 53-85.
- Weinberg, Peter; Schulte-Frankenfeld, Helmut (1983): Informations-Display-Matrizen zur Analyse der Informationsaufnahme von Konsumenten. In: Forschungsgruppe Konsum und Verhalten (Hg.): *Forschungsgruppe Konsum und Verhalten*, S. 63-74.
- Weimann, Joachim (2015): Die Rolle von Verhaltensökonomik und experimenteller Forschung in Wirtschaftswissenschaft und Politikberatung. In: *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 16 (3), S. 231-252.
- Whittlesea, Bruce W. A.; Leboe, Jason P. (2003): Two fluency heuristics (and how to tell them apart). In: *Journal of Memory and Language* 49 (1), S. 62-79.
- Willemsen, Martijn C.; Johnson, Eric J. (2010): Visiting the decision factory: observing cognition with MouselabWEB and other information acquisition methods. In: Schulte-Mecklenbeck, M.; Kühberger, A.; Ranyard, R. (Hg.): *A Handbook of Process Tracing Methods for Decision Making*. New York: Taylor & Francis, S. 21-42.
- Yu, Lei; Liu, Huan (2004): Efficient feature selection via analysis of relevance and redundancy. In: *Journal of machine learning research* 5, S. 1205-1224.
- Zaichkowsky, Judith L. (1985): Measuring the involvement construct. In: *Journal of Consumer Research* 12 (3), S. 341-352.
- Zander, Katrin; Hamm, Ulrich (2012): Information search behaviour and its determinants. The case of ethical attributes of organic food. In: *International journal of consumer studies* 36 (3), S. 307-316.
- Ziesemer, Andrea; Lehmann, Eckhard; Michel, Volker (2008): Die Analyse und Bewertung von Weizenfrühsaat in Mecklenburg-Vorpommern. Forschungsbericht der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. Online verfügbar: http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Betriebswirtschaft/Archiv_Verfahrensoekonomie/_Dateien/Fruhsaat_bei_Winterweizen.pdf, zuletzt geprüft am 02.06.2017.

Anhang

Anhang 1: Beispielhafte Leistungs-Kostenrechnung Winterweizen. (Quelle: eigene Berechnung mit dem Online-Programm „Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau“ des KTBL, <http://daten.ktbl.de/dslkrpflanze/postHv.html#Auswahl>; zuletzt geprüft am 10.10.2016)



Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau

Winterweizen - Brotweizen, nichtwendend, Kreiseleggensaat, konventionell, Schlaggröße 5 ha, Ertragsniveau mittel, mittlerer Boden, 200-kW-Mechanisierung, Hof-Feld-Entfernung

Leistungen und Kosten

Leistungs-/Kostenart	Menge	Preis	Betrag
Backweizen	7,89 t/ha	210,00 €/t	1.656,90 €/ha
NEL 7,49 MJ/kg	59,10 GJ/ha		
ME 11,77 MJ/kg	92,87 GJ/ha		
Summe Leistung			1.656,90 €/ha
Z-Saatgut	120,00 kg/ha	0,57 €/kg	68,40 €/ha
Winterweizen, Nachbau-Saatgut	60,00 kg/ha	0,35 €/kg	21,00 €/ha
Nachbaugebühr Winterweizen	0,06 t/ha	50,10 €/t	3,01 €/ha
Kalkammonsalpeter (27 % N), lose	640,00 kg/ha	0,30 €/kg	192,00 €/ha
PK-Dünger (18 % P ₂ O ₅ , 10 % K ₂ O); lose	400,00 kg/ha	0,24 €/kg	96,00 €/ha
Kohlensäurer Kalk	1,00 t/ha	53,50 €/t	53,50 €/ha
Herbizid, Intensitätsstufe 2			55,00 €/ha
Fungizid, Intensitätsstufe 2			75,00 €/ha
Insektizid, Intensitätsstufe 2			7,00 €/ha
Wachstumsregler, Intensitätsstufe 2			11,00 €/ha
Wasser	1,20 m ³ /ha	1,80 €/m ³	2,16 €/ha
Hagelversicherung	1.660,00 €/ha	8,51 €/1000 €	14,13 €/ha
Zinskosten (3 Monate)	149,55 €/ha	0,03 €/€	4,49 €/ha
Summe Direktkosten			602,69 €/ha
Direktkostenfreie Leistung			1.054,21 €/ha
Variable Maschinenkosten			167,58 €/ha
Variable Lohnkosten	0,00 AKh/ha	8,50 €/Akh	0,00 €/ha
Dienstleistungen			0,00 €/ha
Zinskosten (3 Monate)	41,90 €/ha	0,03 €/€	1,25 €/ha
Summe variable Kosten			771,52 €/ha
Deckungsbeitrag			885,38 €/ha
Fixe Maschinenkosten			261,72 €/ha
Fixe Lohnkosten	5,33 AKh/ha	17,50 €/Akh	93,28 €/ha



Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau

Leistungs-/Kostenart	Menge	Preis	Betrag
Summe Direkt- und Arbeitserledigungskosten			1.126,52 €/ha
Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung			530,39 €/ha
Arbeitserledigungskosten			523,83 €/ha

Anhang 2: Fragebogen zur Erhebung der Einschätzungen von Pflanzenbauberatern; Abfrage der Eignung von Informationsquellen bei der Sortenwahl und der Ertragsrelevanz von Sorteneigenschaften in unterschiedlichen Produktionssystemen.

1. Bitte beurteilen Sie, welche Sorteneigenschaften in den beiden nachfolgenden Anbausituationen den größten Einfluss auf den Weizenertrag in Intensitätsstufe 2 der Landessortenversuche haben.

Bitte erstellen Sie für beide Anbausituationen eigene Rangfolgen. Beginnen Sie mit „1“ für die Eigenschaft mit der größten Bedeutung. Sie können so viele Ränge vergeben, wie Sie möchten. Wenn Sie z. B. nur eine Eigenschaft als relevant erachten, dann vergeben Sie nur Rang „1“. Wenn Sie z. B. 15 Eigenschaften als relevant erachten, dann vergeben Sie die Ränge 1 bis 15.

Standort		Bad Hersfeld (Eichhof)		Korbach (Vöhl)
Vorfrucht		Winterweizen		Winterraps
Aussaatdatum		31.10.		04.10.
Ährenschieben				
Reifezeitpunkt				
Pflanzenlänge				
Neigung zu / Anfälligkeit für	Auswinterung			
	Lager			
	Pseudocercospora			
	Mehltau			
	Blattseptoria			
	DTR			
	Gelbrost			
	Braunrost			
	Ährenfusarium			
	Spelzenbräune			
Bestandesdichte				
Kornzahl/Ähre				
Tausendkornmasse				
Kornertrag Stufe 1				
Kornertrag Stufe 2				
Sonstiges: _____				
Sonstiges: _____				
Sonstiges: _____				
Sonstiges: _____				

2. Landwirte können bei der Sortenwahl auf unterschiedliche Informationsquellen zurückgreifen.

Bitte ordnen Sie die nachfolgenden Quellen entsprechend Ihrer persönlichen Einschätzung über die Eignung für die Auswahl von Weizensorten. Beginnen Sie mit „1“ bei der Informationsquelle, die Sie als geeignetste beurteilen. Sie können so viele Ränge vergeben, wie Sie möchten. Wenn Sie z. B. nur eine Quelle als geeignet erachten, dann vergeben Sie nur Rang „1“. Wenn Sie z. B. 4 Quellen als geeignet erachten, dann vergeben Sie die Ränge 1 bis 4.

Quelle	Rang
Sortenempfehlungen privater Pflanzenbauberater	
Einjährige Ergebnisse der Landessortenversuche	
Mehrjährige Ergebnisse der Landessortenversuche	
Informationsmaterial von Züchtern (z. B. Werbebeilagen in Fachzeitschriften)	
Fachzeitschriften	
Beschreibende Sortenliste des Bundessortenamtes	
Eigene Erfahrungen der Landwirte	
Sortenempfehlungen staatlicher Pflanzenbauberater	
Erfahrungen von anderen Landwirten	
Sonstiges: _____	
Sonstiges: _____	

3. Wie viele Jahre Berufserfahrung haben Sie im Bereich der ackerbaulichen Pflanzenproduktion?

____ Jahre

4. Was sind die inhaltlichen Schwerpunkte Ihrer Tätigkeit? (Mehrfachnennungen möglich)

- Pflanzenschutzmittel (Versuche, Empfehlungen etc.)
- Sortenwahl (Sortenversuche, Anbauempfehlungen etc.)
- Sonstiges: _____
- Sonstiges: _____

5. Bitte beurteilen Sie, welche Sorteneigenschaften in den drei nachfolgenden Anbausituationen den größten Einfluss auf den Weizenertrag in Intensitätsstufe 2 der Landessortenversuche haben.

Bitte erstellen Sie jeweils eigene Rangfolgen für die drei Anbauverfahren. Beginnen Sie mit „1“ für die Eigenschaft mit der größten Bedeutung. Sie können so viele Ränge vergeben, wie Sie möchten. Wenn Sie z. B. nur eine Eigenschaft als relevant erachten, dann vergeben Sie nur Rang „1“. Wenn Sie z. B. 15 Eigenschaften für relevant erachten, dann vergeben Sie die Ränge 1 bis 15.

Standort	Bad Hersfeld (Eichhof)	Marburg	Griesheim (Riedstadt)
Vorfrucht	Winterraps	Winterweizen	Winterraps
Aussaatdatum	07.10.	18.10.	21.10.
Ährenschieben			
Reifezeitpunkt			
Pflanzenlänge			
Neigung zu / Anfälligkeit für	Auswinterung		
	Lager		
	Pseudocercospora		
	Mehltau		
	Blattseptoria		
	DTR		
	Gelbrost		
	Braunrost		
	Ährenfusarium		
	Spelzenbräune		
Bestandesdichte			
Kornzahl/Ähre			
Tausendkornmasse			
Kornertrag Stufe 1			
Kornertrag Stufe 2			
Sonstiges: _____			
Sonstiges: _____			
Sonstiges: _____			
Sonstiges: _____			

**6. Welche/n Ausbildungsabschlüsse/-abschluss haben Sie im Bereich der Landwirtschaft?
(Mehrfachnennung möglich)**

7. Sind Sie an der Durchführung / Auswertung / Bonitierung / etc. von Sortenversuchen bei Winterweizen beteiligt?

ja

nein

Falls ja, an welchem/n der unten aufgeführten Standorte/n? (Mehrfachnennungen möglich)

- | | | | |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Korbach (Vöhl) | <input type="checkbox"/> | Friedberg (Nieder-Weisel) | <input type="checkbox"/> |
| Fritzlar (Homberg-Mardorf) | <input type="checkbox"/> | Griesheim (Riedstadt) | <input type="checkbox"/> |
| Bad Hersfeld (Eichhof) | <input type="checkbox"/> | Marburg | <input type="checkbox"/> |

8. Bitte beurteilen Sie, welche Sorteneigenschaften in den nachfolgenden Anbausituationen den größten Einfluss auf den Weizenertrag in Intensitätsstufe 2 der Landessortenversuche haben.

Bitte erstellen Sie für beide Anbausituationen eigene Rangfolgen. Beginnen Sie mit „1“ für die Eigenschaft mit der größten Bedeutung. Sie können so viele Ränge vergeben, wie Sie möchten. Wenn Sie z. B. nur eine Eigenschaft als relevant erachten, dann vergeben Sie nur Rang „1“. Wenn Sie z. B. 15 Eigenschaften als relevant erachten, dann vergeben Sie die Ränge 1 bis 15.

Standort	Marburg		Bad Hersfeld (Eichhof)
Vorfrucht	Mais		Winterweizen
Aussaatdatum	22.10.		30.09.
Ährenschieben			
Reifezeitpunkt			
Pflanzenlänge			
Neigung zu / Anfälligkeit für	Auswinterung		
	Lager		
	Pseudocercospora		
	Mehltau		
	Blattseptoria		
	DTR		
	Gelbrost		
	Braunrost		
	Ährenfusarium		
	Spelzenbräune		
Bestandesdichte			
Kornzahl/Ähre			
Tausendkornmasse			
Kornertrag Stufe 1			
Kornertrag Stufe 2			
Sonstiges: _____			
Sonstiges: _____			
Sonstiges: _____			
Sonstiges: _____			

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Anhang 3: Fragebogen zur Erhebung der Einschätzungen von Arbeitskreismitgliedern; Abfrage der Eignung von Informationsquellen bei der Sortenwahl und der Ertragsrelevanz von Sorteneigenschaften in unterschiedlichen Produktionssystemen.

1. Bitte beurteilen Sie, welche Sorteneigenschaften in den beiden nachfolgenden Anbausituationen den größten Einfluss auf den Weizenertrag in Intensitätsstufe 2 der Landessortenversuche haben.

Bitte erstellen Sie für beide Anbausituationen eigene Rangfolgen. Beginnen Sie mit „1“ für die Eigenschaft mit der größten Bedeutung. Sie können so viele Ränge vergeben, wie Sie möchten. Wenn Sie z. B. nur eine Eigenschaft als relevant erachten, dann vergeben Sie bitte nur Rang „1“. Wenn Sie z. B. 15 Eigenschaften als relevant erachten, dann vergeben Sie bitte die Ränge 1 bis 15.

Standort	Bad Hersfeld (Eichhof)		Korbach (Vöhl)
Vorfrucht	Winterweizen		Winterraps
Aussaatdatum	30.09.		04.10.
Ährenschieben			
Reifezeitpunkt			
Pflanzenlänge			
Neigung zu / Anfälligkeit für	Auswinterung		
	Lager		
	Pseudocercospora		
	Mehltau		
	Blattseptoria		
	DTR		
	Gelbrost		
	Braunrost		
	Ährenfusarium		
Spelzenbräune			
Bestandesdichte			
Kornzahl/Ähre			
Tausendkornmasse			
Kornertrag Stufe 1			
Kornertrag Stufe 2			
Sonstiges: _____			
Sonstiges: _____			
Sonstiges: _____			
Sonstiges: _____			

2. Landwirte können bei der Sortenwahl auf unterschiedliche Informationsquellen zurückgreifen.

Bitte ordnen Sie die nachfolgenden Quellen entsprechend Ihrer persönlichen Einschätzung der Eignung für die Auswahl von Weizensorten. Beginnen Sie mit „1“ bei der Informationsquelle, die Sie als die Geeignetste beurteilen. Sie können so viele Ränge vergeben, wie Sie möchten. Wenn Sie z. B. nur eine Quelle als geeignet erachten, dann vergeben Sie bitte nur Rang „1“. Wenn Sie z. B. 4 Quellen als geeignet erachten, dann vergeben Sie bitte die Ränge 1 bis 4.

Quelle	Rang
Sortenempfehlungen privater Pflanzenbauberater	
Einjährige Ergebnisse der Landessortenversuche	
Mehrjährige Ergebnisse der Landessortenversuche	
Informationsmaterial von Züchtern (z. B. Werbebeilagen in Fachzeitschriften)	
Fachzeitschriften	
Beschreibende Sortenliste des Bundessortenamtes	
Eigene Erfahrungen der Landwirte	
Sortenempfehlungen staatlicher Pflanzenbauberater	
Erfahrungen von anderen Landwirten	
Sonstiges: _____	
Sonstiges: _____	

3. Welche/n Ausbildungsabschlüsse/-abschluss haben Sie im Bereich der Landwirtschaft? (Mehrfachnennung möglich)

4. Wie viele Jahre Berufserfahrung haben Sie im Weizenanbau?

_____ Jahre

5. Wie groß ist die...

... **Ackerfläche** ihres Betriebs? _____ ha

... Fläche, auf der Sie 2016/17 **Winterweizen** anbauen? _____ ha

... **Winterweizenfläche**, die Sie 2016/17 mit **Z-Saatgut** (zertifiziertem Saatgut) bestellt haben? _____ ha

6. Bewirtschaften Sie Ihren Betrieb im Haupterwerb? ja nein

7. Bitte beurteilen Sie, welche Sorteneigenschaften in den drei nachfolgenden Anbausituationen den größten Einfluss auf den Weizenertrag in Intensitätsstufe 2 der Landessortenversuche haben.

Bitte erstellen Sie jeweils eigene Rangfolgen für die beiden Anbauverfahren. Beginnen Sie mit „1“ für die Eigenschaft mit der größten Bedeutung. Sie können so viele Ränge vergeben, wie Sie möchten. Wenn Sie z. B. nur eine Eigenschaft als relevant erachten, dann vergeben Sie bitte nur Rang „1“. Wenn Sie z. B. 15 Eigenschaften für relevant erachten, dann vergeben Sie bitte die Ränge 1 bis 15.

Standort	Bad Hersfeld (Eichhof)		Griesheim (Riedstadt)
Vorfrucht	Winterraps		Winterraps
Aussaatdatum	07.10.		21.10.
Ährenschieben			
Reifezeitpunkt			
Pflanzenlänge			
Neigung zu / Anfälligkeit für	Auswinterung		
	Lager		
	Pseudocercospora		
	Mehltau		
	Blattseptoria		
	DTR		
	Gelbrost		
	Braunrost		
	Ährenfusarium		
	Spelzenbräune		
Bestandesdichte			
Kornzahl/Ähre			
Tausendkornmasse			
Kornertrag Stufe 1			
Kornertrag Stufe 2			
Sonstiges:			
Sonstiges:			
Sonstiges:			
Sonstiges:			

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Anhang 4: Beispiel für die Veröffentlichung der Ergebnisse der einjährigen hessischen Landessortenversuche 2015 (Quelle: LLH 2015a)



Ertrag (relativ zum VD)

	Qualitätsgruppen	unbehandelt						fungizidbehandelt							
		FB	FZ	GRI	HEF	KB	MR	Mittel	FB	FZ	GRI	HEF	KB	MR	Mittel
VRS (dt/ha)		105,3	104,3	59,6		107,3	102,4	95,8	110,6	113,4	55,6		114,6	113,9	101,6
VD (dt/ha)		109,2	111,3	55,8		105,7	103,2	97,2	110,8	115,6	55,7		112,7	112,4	101,7
GD 5% (rel.)		7,2	5,4	12,7		5,6	6,4		7,1	5,2	12,7		5,2	5,9	
Julius VGL	A	89	95	96		99	99	96	88	95	102		95	97	94
Elixer VRS	C	109	102	112		105	112	107	102	100	104		108	104	103
Pionier VRS	A	89	95	101		97	94	94	95	94	99		96	94	95
Rebell	A	103	101	114		98	107	104	101	101	110		98	99	100
Desamo	B	100	102	109		96	107	102	101	98	100		97	102	99
Rumor VRS	B	91	84	105		103	91	94	102	100	97		101	106	102
Memory	B	98	101	93		98	104	99	99	100	92		93	100	97
Anapolis	C	104	103	108		102	104	104	103	100	109		98	102	102
Dichter	A	99	97	97		89	101	96	100	98	103		89	94	96
RGT Reform VGL	A	104	105	102		103	105	104	103	101	103		98	103	101
Apian	B	97	103	87		101	102	99	96	98	93		103	99	98
Mescal	B	112	100	94		106	110	105	102	100	103		101	96	100
KWS Loft	B	81	87	106		86	76	85	96	99	109		102	96	99
Johnny	B	108	104	93		106	112	106	100	102	100		104	103	102
Alfons	B	101	102	104		104	104	103	94	98	95		106	97	98
Sarmund	C	98	98	102		99	79	94	105	109	107		103	104	106
Produzent	B	99	101	94		102	101	100	95	96	92		96	97	95
Faustus	B	107	103	89		101	110	103	104	101	95		104	108	103
Partner	B	96	104	91		102	96	98	101	102	99		104	104	102
Bonanza	B	101	98	109		95	97	99	103	98	103		95	96	98
Benchmark	B	107	105	95		107	109	105	104	106	90		106	108	104
Bergamo EU	(B)*	106	109	97		99	106	104	104	102	96		104	103	102
Anhangsortiment nur Standort Marburg															
Arezzo EU	(B)						98							96	
Solehio EU	(A)						93							94	
Euclide EU	(A/B)*						80							93	

Versuch am Standort Eichhof nicht auswertbar

VRS = Verrechnungsorten des Bundessortenamtes

VGL = Vergleichssorten

VD = Versuchsdurchschnitt über alle Sorten

GD = Grenzdifferenz

FB = Friedberg

FZ = Fritzlar

GRI = Griesheim (Darmstadt)

HEF = Bad Hersfeld (Eichhof)

KB = Korbach

MR = Marburg

hohe Streuung

hohe Grenzdifferenz

VRS = Elixer, Pionier, Rumor

* = züchtereigene Einstufung

Anhang 5: Versuchsplan Winterung 2014/2015 (Quelle: LLH 2015b, S. 35)

Versuchsdurchführung	
Faktor 1	Sorten
Faktor 2	Behandlung
	Variante 1: reduziert , ohne Fungizid; aber 50 % WTR Variante 2 Wachstumsregler: (BBCH 25) 1,0-1,5 l/ha CCC
	Variante 2: optimiert Wachstumsregler: (BBCH 25) 1,0-1,5 l/ha CCC (BBCH 31/(32) 0,4 + 0,25 l/ha CCC + Moddus
	Fungizid: (BBCH 31/32) <i>bei Bedarf</i> 1,2 l/ha Folicur (Gelbrost) (BBCH 37/49) 0,75 + 0,75 l/ha Aviator Xpro Duo (BBCH 61/65) 0,5 + 1,25 l/ha Prosaro + Osiris
N-Düngung	Auf Sollwert: 120 kg/ha im zeitigen Frühjahr aufdüngen + 40 kg/ha in BBCH 30 - diese Gabe kann um 20 kg erhöht oder verringert werden + 80 kg/ha in BBCH 49 - kann je nach Witterung auch gesplittet werden
Methode	zweifaktorielle Spaltanlage (25 x 2 x 3) = 150 Teilstücke zweifaktorielle Spaltanlage (28 x 2 x 3) = 168 Teilstücke (Marburg)
Saatstärke	ortsübliche Aussaatstärke der jeweiligen Anbauregion
Erhebungen/ Untersuchungen	Durchführung und Datenerfassung nach den Richtlinien des Bundessortenamtes Grundnährstoffe: vor der Aussaat N_{min}-Probennahme: zu Vegetationsbeginn Ährentragende Halme/m² Wuchshöhe (BBCH 69-71) TS-Bestimmung am Erntegut, Einwaage: 300g teilstückweise Qualitätsuntersuchungen: NIRS, TKG, Fallzahl, Sedimentation
Bonituren	<ul style="list-style-type: none"> • Blattmehltau / Septoria / Gelb./Braunrost Bei Befall <ul style="list-style-type: none"> • Ährenmehltau / Braunrost Bei Befall <ul style="list-style-type: none"> • Spelzenbräune / Fusarium Bei Befall
Proben- einsendung	Von allen Standorten je Variante 1 kg lufttrockene Körner zur Untersuchung an LHL, Standort Kassel.
Datentransfer	über Eichhof PIAF-Dateien bis 31.10.2015 an Bundessortenamt, Hannover wp@bundessortenamt.de
Standorte	Griesheim (berechnet und analog) [121], Eichhof [132], Friedberg [133], Fritzlar [133], Korbach [134], Marburg [133]

Anhang 6: Beispiel für die Beschreibung der Versuchsstandorte der hessischen Landessortenversuche 2015 (Quelle: LLH 2015a)

LANDESBETRIEB LANDWIRTSCHAFT
HESSEN



Allgemeine Daten der Versuchsstandorte

	FB	FZ	GRI	HEF	MR	KB
Vorfrucht	Kartoffel	Zuckerrübe	Wi-Raps	Wi-Raps	Silomais	Wi-Raps
Aussaatdatum	19.10.14	28.10.14	21.10.14	20.10.14	24.10.14	20.10.14
Saatstärke (Kö/m ²)	320	380	300	320	320	350
Teilstückgröße bei Ernte (m ²)	15,0	11,32	15,0	12,0	10,0	13,5
Erntedatum	29.07.15	06.08.15	15.07.15	03.08.15	03.08.15	14.08.15
Bodenklimaräum ¹⁾	133	133	121	132	133	134
Anbaugebiet ²⁾	16	16	20	15	16	15
Höhe über NN (m)	220	210	100	221	190	350
Ø Jahrestemperatur (°C)	6,3	8,8	9,8	8,9	8,5	6,9
Niederschlag (mm)	620	620	550	698	605	690
Bodentyp	Parabraunerde	Parabraunerde	Braunerde	Braunerde	Parabraunerde	Braunerde
Geologische Herkunft	Löss	Löss	Alluvium	Verwitterung	Buntsandstein	Löss
Bodenart der Krume	Lehm	Schluffiger Lehm	Toniger Lehm	Sandiger Lehm	Schluffiger Lehm	Schluffiger Lehm
Humusgehalt	stark humos	humos	schwach humos	humos	humos	humos
Ackerzahl	72	68	55	40	78	-
Stärke Krume (cm)	30	30	30	46	30	30
Kulturzustand Boden	gut	gut	gut	gut-mittel	gut	gut
pH-Wert	6,3	6,6	-	5,8	-	6,6
P ₂ O ₅ (mg/100 g)	31	28	-	19	-	16
K ₂ O (mg/100 g)	18	27	-	21	-	16
Mg (mg/100 g)	15	8	-	5	-	2

Versuch am Standort Eichhof nicht auswertbar

¹⁾ = Bodenklimaräume

121 = Rheinebene und Nebentäler

132 = Osthessische Mittelgebirgslagen

133 = Zentralhessische Ackerbaugebiete / Warburger Börde

134 = Lehm Böden / Sauerland / Briloner Höhen / Höhenlagen

²⁾ = Anbaugebiete Winterweizen

15 = Höhenlagen Mitte / West

16 = Mittellagen Südwest

20 = Wärmelagen Südwest

GRI = Griesheim (Darmstadt)

FB = Friedberg

FZ = Fritzlar

HEF = Bad Hersfeld (Eichhof)

KB = Korbach

MR = Marburg

Anhang 7: Beispiel der Darstellung mehrjähriger Landessortenversuchsergebnisse (Quelle: LLH 2015g)

LANDESBETRIEB LANDWIRTSCHAFT HESSEN



Ertrag (relativ zum VD)

Jahr	Qualitätsgruppen	unbehandelt				fungizidbehandelt			
		2013**	2014	2015*	Mittel	2013**	2014	2015	Mittel
Orte		5	6	5		5	6	5	
VRS		84,9	80,7	95,8	86,7	97,6	101,8	101,6	100,4
VD		87,6	88,5	97,2	90,9	98,7	103,3	101,7	101,4
Julius	A	95	101	96	97	97	97	94	96
Elixer VRS	C	114	108	107	109	107	104	103	105
Pionier VRS	A	99	103	94	99	100	97	95	97
Rebell	A	105	105	104	105	103	101	100	101
Desamo	B	110	105	102	106	101	95	99	98
Rumor VRS	B	104	87	94	94	104	101	102	102
Memory	B	104	99	99	101	102	99	97	99
Anapolis	C	97	107	104	103	100	103	102	102
Dichter	A		104	96			97	96	
RGT Reform	A		108	104			103	101	
Aplan	B		105	99			102	98	
Mescal	B		105	105			103	100	
KWS Loft	B		78	85			97	99	
Johnny	B		109	106			103	102	
Alfons	B		105	103			100	98	
Sarmund	C		85	94			106	105	
Produzent	B			100				95	
Faustus	B			103				103	
Partner	B			98				102	
Bonanza	B			99				98	
Benchmark	B			105				104	
Bergamo EU	(B)*			104				102	
Anhang nur im Standort Marburg									
Arezzo EU (Grannen)	(B)		114	98			105	98	
Soleho EU (Grannen)	(A)		116	93			106	94	
Euclide EU (Grannen)	(A/B)*			80				93	
JB Asano	A	95	67			101	100		
Colonia	B	101	106			98	98		
Opal	A	95	103			97	93		
Patras	A	96	102			97	97		
Tobak	B	113	107			108	103		
Gordian	B	107	107			101	97		
Landsknecht	Ck	100	95			105	104		
Arktis	E	84				93			
Kerubino EU	E	99				97			
Sailor	A	100				99			
Kometus	A	90				101			
Joker	A	97				99			
Atomic	A	102				100			
Forum	A	100				100			
Edward	B	103				98			
Genius	E	90				91			

*= züchtereigene Einstufung

VRS 2013 = Julius, JB Asano, Colonia

VRS 2014 = Julius, JB Asano, Colonia

VRS 2015 = Elixer, Pionier, Rumor

2015 * Standort Bad Hersfeld nicht auswertbar; Standort Griesheim mit hohen Streuungen

2013** Standort Korbaach nicht auswertbar

VRS = Verrechnungssorte des Bundessortennamens

VD = Versuchsdurchschnitt

Anhang 8: Sortenempfehlungen im hessischen Ratgeber für Pflanzenbau und Pflanzenschutz 2015 des LLH (Quelle: eigene Darstellung auf der Grundlage von LLH 2015d, ergänzt um die Zulassungsjahre der Sorten)

Sorte (Qualitätsgruppe)	Zulassungsjahr	Grenzertragslagen	Frühsaat geeignet	Spätsaat geeignet	Gesunde Sorten	Stoppelweizen	Weizen nach Mais (Pflug)	Weizen nach Mais (Pfluglos)	Güllebetriebe	Winterhärte	Frühe Reife	Begrannte Weizen	Fallzahlstabilität
Akteur (E)	2003	X		X									X
Kerubino (E)	2003	X	X				X			X	X		
Ambello (A)	2010	X					X	X			X	X	
Impression (A)	2005		X	X	X	X	X	X					X
JB Asano (A)	2008	X		X		X					X		
Julius (A)	2008		X		X					X			X
Linus (A)	2008	X		X		X							
Pamier (A)	2008		X	X	X		X	X					
Patras (A)	2012		X				X			X			
Potenzial (A)	2006		X		X								X
Rebell (A)	2014			X		X							
RGT Reform (A)	2014		X	X	X	X	X	X					X
Arezzo (B)	2014	X	X			X			X		X	X	
Colonia (B)	2011		X	X	X		X						
Desamo (B)	2013		X		X		X			X			X
Euclide (B)	2006	X		X		X	X					X	
KWS Ferrum (B)	2012	X		X		X	X	X			X		
Matrix (B)	2010			X		X	X			X			
Premio (B)	2007	X	X			X	X		X		X	X	X
Rumor (B)	2013		X			X	X		X		X		
Smaragd (B)	2009	X	X	X		X				X			
Solehio (B)	2008	X	X			X	X				X	X	
Tobak (B)	2011	X	X	X		X				X			X
Elixer (C)	2012	X	X	X	X	X	X						X
Anapolis (C)	2013	X			X	X	X	X					
Anzahl		14	16	14	9	16	16	4	5	7	8	5	9

Anhang 9: Sortenempfehlungen im Beratungsfax des LLH vom 26.08.2015

Winterweizen:

Qualitätsgruppen bei Weizen	
E= Eliteweizengruppe; A= Qualitätsweizengruppe; B= Brotweizengruppe;	K= Keksweizengruppe; C= sonstige Weizensorten

Sortenempfehlung

Qual.	Empfohlene Sorten	Neue Sorten, vorläufige Empfehlung zum Probeanbau
Für günstige Lagen (z.B. tiefgründige Lößstandorte, geringe Auswinterrungsgefährdung etc.):		
E	⇒ Sortenfrage über Vertragsanbau geregelt!!!	
	⇒ Akteur	keine Empfehlung
A	⇒ Kerubino^{EU} (E/A) , ⇒ JB Asano , ⇒ Julius , ⇒ Patras , ⇒ Potenzial , ⇒ Rebell	→ RGT Reform → Folklore ^{EU}
B	⇒ Colonia , ⇒ KWS Ferrum , ⇒ Desamo , ⇒ Tobak^{Fus} , ⇒ Rumor ⇒ Smaragd^{EU:Fus}	→ Alfons → Bonanza → Faustus
C	⇒ Elixer (C) ; ⇒ SUANapolis	→
Für Übergangslagen, Höhenlagen und schwierige Standorte (z.B. in kalten Lagen, flachgründigen Standorten etc.):		
A	⇒ Brilliant , ⇒ JB Asano , ⇒ Kerubino^{EU} (E/A) , ⇒ Linus ⇒ Patras	→ RGT Reform
B	⇒ Desamo ⇒ Colonia , ⇒ Tobak^{Fus} , ⇒ Rumor , ⇒ Smaragd^{EU:Fus}	
C	⇒ Elixer (C)	keine Empfehlung

Weizensorten für besondere Anbaubedingungen und Anforderungen

Grannenweizen (alle besitzen Stoppelweizeneignung):		
	Geignete Sorten	Neue Sorten, vorläufige Empfehlung zum Probeanbau
A	⇒ Arezzo^{EU} , ⇒ Solehio^{EU} ,	→ RGT Boregar, → Ambello ^{EU}
B	⇒ Isengrain^{EU} , ⇒ Premio^{EU} ,	

Stoppelweizeneignung:

Geignete Sorten	Neue Sorten, vorläufige Empfehlung zum Probeanbau
⇒ Matrix , ⇒ JB Asano , ⇒ Hystar^{HY/EU} , ⇒ Smaragd^{EU:Fus} , ⇒ Linus , ⇒ Tobak^{Fus} , ⇒ Kerubino^{EU} , ⇒ Colonia	→ Rebell

Fusariumbefallsbedingungen:

Geignete Sorten	Neue Sorten, vorläufige Empfehlung zum Probeanbau
⇒ Pamier , ⇒ Impression , ⇒ KWS Ferrum	→ Alfons

Produktionssystem HW1: Standort: Bad Hersfeld, Vorfrucht: Winterweizen, Saattermin 31.10.																				
Pflanzenbauberater (n = 19)																				
Fragebogen-Nr.	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	
Ährenschieben												13	3		13					
Reifezeitpunkt	2				1		2			3	3	8	2		12	15	5	3		
Pflanzenlänge				4						10		12	8		11					
Auswinterung				1		6	1		3	1	4	6	13		5	14		7	6	
Lager				2					4	7		9	12	3	10	13	3		5	
Halmbruch	5		1	3		5				8	5	10	15	4	14	9	6	4		
Mehltau	4								11			11	16		1	8				
Blattseptoria					5	8			5	5	6	5	17		2	7	1		3	
DTR	3					7			6				14		6	10				
Gelbrost			2	5		4			7	6		3	10		7	12		5	1	
Braunrost									8			7	18		8	11			7	
Ährenfusarium					4				9	4	7	4	9		9	6	4	6	2	
Spelzenbräune			3						10				11		15					
Bestandesdichte						2	3			9		12	6		3	4				
Körner/Ähre						3	4		13			13	5		4	2				
TKM									12	7		14	4			5				
Kornertrag Stufe 1					3			1	1		1	2	7	2		1		2		
Kornertrag Stufe 2	1	1		6	2	1			2	2	2	1	1	1		2	2	1	4	

Produktionssystem HW5: Standort: Bad Hersfeld, Vorfrucht: Winterweizen, Saattermin 30.09.																													
Fragebogen-Nr.	Pflanzenbauberater (n = 17)											Arbeitskreismitglieder (n = 12)																	
	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15	16	17	18	19	21	1	2	3	4	5	6	9	11	12	13	14	16
Ährenschieben								18												3			17						
Reifezeitpunkt	2					6	1	9	9						4		5			6	3		6	4	16	2		8	7
Pflanzenlänge								10						12							2			18			9	2	
Auswinterung				1		2	2	2	6	2	3	5		13		3		2		5	7		5	1	3		6	8	
Lager				2		5			7			4						4	3		8	1		3	4		3	7	3
Halmbruch	3			3					12	3		3		6	1	5					4				13				
Mehltau	6						4	4	13																15				
Blattseptoria							3		8	4	4		2	7	2		4			5		3		12	6	4	2		
DTR						7			11				1	10			2		5		6	4		10	5		3		
Gelbrost	5		3			8		3	1	5	1			8	5		1		2					11	4	5	4	4	
Braunrost	4								2					9										9			5	5	
Ährenfusarium	7		4		2	9			5	6	2		3	11		4	3	1	4	4	9		4	2	8	7	2	1	6
Spelzenbräune									14															14		1			
Bestandesdichte			1			3			16				4	3	3		6			3				5		6	10	1	
Körner/Ähre			2						17					4				3				5	1	6					
TKM					1	4			15	7				5						2	2		2	7		8			
Kornertrag Stufe 1								1	4			2		1		1			1			6		1	2				
Kornertrag Stufe 2	1	1				1			3	1		1		2		2	7			1	1			3		7			

Produktionssystem GR5: Standort: Griesheim, Vorfrucht: Winterraps, Saattermin 21.10.																																
Fragebogen-Nr.	Pflanzenbauberater (n = 18)																					Arbeitskreismitglieder (n = 13)										
	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	1	2	3	4	5	6	9	11	12	13	14	15	16
Ährenschieben	2						4				4		2		2			3	7								17					
Reifezeitpunkt	1			1		4	1		3	10	3	4	1		1		3	2	1	4		5	3	2	5	4	16		4		8	
Pflanzenlänge										9						8							4	1			18		1		3	
Auswinterung										8	6														3		1	4		8	1	7
Lager				2				2		5	5	5				9				3	3		5			2	4	5	3		6	
Halmbruch										6						11											13	5				
Mehltau										7						10											15	5			4	
Blattseptoria							6	3		2						7	4				4	4					12	5		1	6	
DTR																					5						10	5		2	5	
Gelbrost	6			3	5	5	2					3				12	2		3		2		7				11	5		3	7	3
Braunrost										3						13	1	4	2								9	5		4		4
Ährenfusarium					4					4						6					1					6	8	5			5	
Spelzenbräune																					6						14	5				
Bestandesdichte	5					2										4	4		5	6		3	6	3	4	3	5	3		5	2	1
Körner/Ähre	4					3										3			6	2					2	5	6	2	5	6	9	2
TKM					3						7					5		5		5		2	2		1		7	1		7	10	
Kornertrag Stufe 1					2				2		1	2		2		2					1	1		4		1	2					
Kornertrag Stufe 2	3	1			1	1		1	1	1	2	1	3	1		1		1	4				1				3		2			

Produktionssystem MW1: Standort: Marburg, Vorfrucht: Winterweizen, Saattermin 18.10.																				
Pflanzenbauberater (n = 19)																				
Fragebogen-Nr.	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	
Ährenschieben					2						5		4		3					
Reifezeitpunkt	2				1		3		14	9	4	7	5		1					
Pflanzenlänge							4		15	7						8				
Auswinterung									2	8		6			2		5		5	
Lager				2		6			3	6	3	5				9	3		8	
Halmbruch	3		1	1					11				3	3		11	4			
Mehltau									10	2						10		3		
Blattseptoria	4					5	1		9	3						7	2		2	
DTR									5										6	
Gelbrost	5			3		4	2		4	4		3				12	1		1	
Braunrost									6	5						13			4	
Ährenfusarium			2		5				8		6	4				6		4	3	
Spelzenbräune									12											
Bestandesdichte	6					2									4	3				
Körner/Ähre	7					3			16						5	4				
TKM	8								13							5				
Kornertrag Stufe 1					4				1		1	2	1	2		2		1		
Kornertrag Stufe 2	1	1			3	1		1	7	1	2	1		1		1		2	7	

Produktionssystem MM1: Standort: Marburg, Vorfrucht: Mais, Saattermin 22.10.																				
Pflanzenbauberater (n = 19)																				
Fragebogen-Nr.	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	
Ährenschieben			1		1															
Reifezeitpunkt	2								3	6								4	6	
Pflanzenlänge						7	1												7	
Auswinterung				2		6				5		3					6			
Lager				3			5										3		8	
Halmbruch			3													8				
Mehltau																9				
Blattseptoria	5									3		4				7	4		3	
DTR																			4	
Gelbrost	4					5				4		1						5	2	
Braunrost										7										
Ährenfusarium	3			1	2	4	2	2		2		2		3	1	6	5	3	1	
Spelzenbräune																				
Bestandesdichte			2			2	3								2	3	1			
Körner/Ähre							4									4	2			
TKM					3	3				8						5				
Kornertrag Stufe 1									2					2		1		2		
Kornertrag Stufe 2	1	1				1		1	1	1				1		2		1	5	

Anhang 11: Informationen zu Produktionssystem HW1 (Quelle: eigene Darstellung; Datengrundlage: Produktionssystem und Erträge: LLH 2014e; Quelle Eigenschaften: BSA 2013)

Produktionssystem							
Standort	Bad Hersfeld	Ackerzahl	57	Anbaugebiet	Höhenlagen Mitte / West	Bodenklimaraum	Osthessische Mittelgebirgslagen
Vorfrucht	Winterweizen	Stärke (cm)	Krume 30	Höhe über NN (m)	206	Bodentyp	Aueboden
Aussaatdatum	31.10.	Humusgehalt	humos	Ø Jahrestemperatur (°C)	8,1	Geologische Herkunft	Alluvium
Schlaggröße (ha)	1	Kulturzustand Boden	gut-mittel	Niederschlag (mm)	670	Bodenart der Krume	Sandiger Lehm
Alternativen							
Eigenschaften							
Sortenname	JB Asano	Julius	Kometus	Linus	Opal	Patras	Potenzial
Jahr der Zulassung	2008	2008	2011	2010	2011	2012	2006
Ährenschieben	4	5	5	6	6	5	5
Reife	4	6	5	6	6	5	6
Pflanzenlänge	5	5	4	4	5	4	4
Neigung zu Auswinterung	6	3	6	4	4	4	6
Neigung zu Lager	5	4	3	4	4	4	3
Halnbruch	5	5	6	3	5	6	6
Mehltau	3	4	2	4	3	3	3
Blattseptoria	7	4	5	5	4	5	5
DTR	5	5	4	6	3	5	5
Gelbrost	8	2	7	3	2	3	2
Braunrost	5	4	6	5	6	5	6
Ährenfusarium	6	5	4	5	3	4	5
Spelzbräune	6	5	5	5	4	5	4
Bestandesdichte	5	6	5	5	4	4	6
Kornzahl je Ähre	5	5	6	7	7	5	6
TKM	7	6	4	5	5	7	4
Kornertrag Stufe 1	5	7	5	7	6	7	5
Kornertrag Stufe 2	7	7	6	8	6	6	6
Ertrag (dt/ha)	84,10	88,30	90,50	102,60	96,40	100,50	98,90
Ertrag rel. zu ertragschwächster Sorte (%)	100,0	105,0	107,6	122,0	114,6	119,5	117,6
Ertrag bei gegebener Schlaggröße (dt)	84,10	88,30	90,50	102,60	96,40	100,50	98,90

Anhang 12: Informationen zu Produktionssystem HW5 (Quelle Produktionssystem und Erträge: LLH 2011e; Quelle Eigenschaften: BSA 2010)

Produktionssystem		Standort		Ackerzahl		Anbaugesbiet		Bodenklima	
	Bad Hersfeld (Eichhof)	52		Höhenlagen Mitte / West		Osthessische Mittelgebirgslagen			
Vorfrucht	Winterweizen	Stärke (cm)	Krume	Höhe über NN (m)	8,1	Bodentyp	Aueboden		
Aussaatdatum	30.09.	Humusgehalt	humos	Ø Jahrestemperatur (°C)	670	Geologische Herkunft	Alluvium		
Schlaggröße (ha)	5	Kulturzustand Boden	gut-mittel	Niederschlag (mm)	206	Bodenart der Krume	Sandiger Lehm		

		Alternativen						
Eigenschaften		JB Asano	Julius	Kometus	Linus	Meister	Pamier	Türkis
		2007	2008	2004	2010	2008	2006	2004
Sortenname								
Jahr der Zulassung								
Ährenschieben		6	4	4	5	5	5	5
Reife		6	4	5	6	5	6	5
Pflanzenlänge		4	5	5	4	4	4	5
Neigung zu Auswinterung		4	6	4	4	nicht angegeben	6	4
Neigung zu Lager		3	5	5	3	4	3	4
Anfälligkeit für	Halmbruch	5	5	6	3	5	6	3
	Mehltau	2	3	4	4	3	2	2
	Blattseptoria	5	6	4	5	7	5	5
	DTR	6	6	4	6	5	5	6
	Gelbrost	2	4	nicht angegeben	3	nicht angegeben	3	4
	Braunrost	4	5	5	5	5	5	8
	Ährenfusarium	3	5	4	5	4	5	5
	Spelzbräune	4	6	6	5	4	4	5
	Bestandesdichte	5	5	7	5	6	6	4
Kornzahl je Ähre	9	5	4	7	6	6	7	
TKM	3	8	6	5	5	4	5	
Kornertrag Stufe 1	6	7	7	7	6	6	5	
Kornertrag Stufe 2	6	8	7	8	7	7	6	
Ertrag (dt/ha)	90,1	99,4	94,2	96,0	90,4	97,6	92,2	
Ertrag rel. zu ertragschwächster Sorte (%)	100,0	110,3	104,6	106,5	100,3	108,3	102,3	
Ertrag bei gegebener Schlaggröße (dt)	450,5	497,0	471,0	480,0	452,0	488,0	461,0	

Anhang 13: Informationen zu Produktionssystem KR5 (Quelle Produktionssystem und Erträge: LLH 2012a; Quelle Eigenschaften: BSA 2011)

Produktionssystem		Ackerzahl		Anbaugesbiet		Bodenklima	
Standort	Korbach	55		Höhenlagen Mitte / West		Lehmböden / Briloner Höhe	
Vorfrucht	Winterraps	Stärke (cm)	Krume	Höhe über NN (m)	360	Bodentyp	Braunerde
Aussaatdatum	04.10.	Humusgehalt	humos	Ø Jahrestemperatur (°C)	7,2	Geologische Herkunft	Löss
Schlaggröße (ha)	5	Kulturzustand Boden	gut	Niederschlag (mm)	670	Bodenart der Krume	Schluffiger Lehm

Alternativen								
Eigenschaften		Colonia	Egoist	Intro	Kredo	Orcas	Oxal	Tobak
		2011	2011	2011	2009	2010	2010	2011
Sortenname		Colonia	Egoist	Intro	Kredo	Orcas	Oxal	Tobak
Jahr der Zulassung		2011	2011	2011	2009	2010	2010	2011
Ährenschieben		5	5	6	5	5	6	5
Reife		5	5	6	6	6	7	6
Pflanzenlänge		4	4	4	3	4	5	4
Neigung zu Auswinterung		5	7	7	5	6	6	4
Neigung zu Lager		4	5	3	3	5	4	5
Anfälligkeit für	Halnbruch	3	5	5	5	5	4	6
	Mehltau	4	1	3	2	3	3	2
	Blattseptoria	4	4	4	3	5	3	4
	DTR	5	4	5	4	5	3	5
	Gelbrost	3	4	2	2	5	3	2
	Braunrost	3	5	6	3	3	4	3
	Ährenfusarium	4	6	5	5	5	5	7
	Spelzbräune	4	6	5	4	7	nicht angegeben	5
	Bestandesdichte	5	5	5	5	5	4	6
Kornzahl je Ähre	7	7	6	7	5	7	7	
TKM	5	6	6	4	7	5	5	
Kornertrag Stufe 1	7	7	6	7	7	7	9	
Kornertrag Stufe 2	7	7	6	7	7	7	9	
Ertrag (dt/ha)	74,2	68,7	81,5	76,1	71,6	75,0	82,7	
Ertrag rel. zu ertragschwächster Sorte (%)	108,0	100,0	118,6	110,8	104,2	109,2	120,4	
Ertrag bei gegebener Schlaggröße (dt)	371,0	343,5	407,5	380,5	358,0	375,0	413,5	

Anhang 14: Informationen zu Produktionssystem GR5 (Quelle Produktionssystem und Erträge: LLH 2015a; Quelle Eigenschaften: BSA 2014)

Produktionssystem		Ackerzahl		Anbaugesbiet		Bodenklima	
Standort	Griesheim (Darmstadt)	55		Wärmelagen Südwest		Rheinebene und Nebentäler	
Vorfrucht	Winterraps	Stärke (cm)	Krume	Höhe über NN (m)		Bodentyp	
Aussaatdatum	21.10.	30		100		Braunerde	
Schlaggröße (ha)	5	Humusgehalt	schwach humos	Ø Jahrestemperatur (°C)	9,8	Geologische Herkunft	Alluvium
		Kulturzustand Boden	gut	Niederschlag (mm)	550	Bodenart der Krume	Lehmiger Ton

		Alternativen						
Eigenschaften		Alfons	Apian	Desamo	Mescal	Partner	Produzent	Rumor
		2014	2013	2013	2013	2015	2015	2013
Sortenname								
Jahr der Zulassung								
Ährenschieben		5	6	5	5	4	5	4
Reife		6	6	5	5	5	6	4
Pflanzenlänge		5	3	4	5	5	4	5
Neigung zu Auswinterung		6	6	3	4	5	4	4
Neigung zu Lager		4	2	4	6	2	3	4
Anfälligkeit für	Halnbruch	6	5	6	5	3	6	5
	Mehltau	2	2	3	2	2	3	3
	Blattseptoria	3	3	3	5	3	4	4
	DTR	4	4	4	5	4	5	5
	Gelbrost	2	2	2	2	5	3	5
	Braunrost	6	3	2	4	3	6	3
	Ährenfusarium	3	4	5	5	5	4	4
	Spelzbräune	nicht angegeben	nicht angegeben	5	5	nicht angegeben	nicht angegeben	nicht angegeben
	Bestandesdichte	4	6	6	5	5	6	7
	Kornzahl je Ähre	7	8	8	6	7	7	6
TKM	6	3	4	7	5	3	4	
Kornertrag Stufe 1	7	7	8	8	8	8	8	
Kornertrag Stufe 2	7	7	8	8	8	8	8	
Ertrag (dt/ha)	52,7	51,7	55,7	57,1	55,0	51,5	53,9	
Ertrag rel. zu ertragschwächster Sorte (%)	102,3	100,4	108,2	110,9	106,8	100,0	104,7	
Ertrag bei gegebener Schlaggröße (dt)	263,5	258,5	278,5	285,5	275,0	257,5	269,5	

Anhang 15: Informationen zu Produktionssystem MW1 (Quelle Produktionssystem und Erträge: LLH 2013a; Quelle Eigenschaften: BSA 2012)

Produktionssystem								
Standort	Marburg	Ackerzahl	75	Anbaugebiet	Mittellagen west	Süd-	Bodenklimaraum	Zentralhessische Ackerbaugebiete / Warburger Börde
Vorfrucht	Winterweizen	Stärke (cm)	Krume 30	Höhe über NN (m)	190		Bodentyp	Parabraunerde
Aussaatdatum	18.10.	Humusgehalt	humos	Ø Jahrestemperatur (°C)	8,5		Geologische Herkunft	Bundsandstein
Schlaggröße (ha)	1	Kulturzustand Boden	gut	Niederschlag (mm)	605		Bodenart der Krume	Schluffiger Lehm
Alternativen								
Eigenschaften								
Sortenname	JB Asano	Julius	Kometus	Opal	Patras	Rebell	Sailor	
Jahr der Zulassung	2008	2008	2011	2011	2012	2013	2010	
Ährenschieben	4	5	5	6	5	5	5	
Reife	4	6	5	6	5	5	5	
Pflanzenlänge	5	5	4	5	4	3	6	
Neigung zu Auswinterung	6	3	6	4	4	6	3	
Neigung zu Lager	5	3	3	4	4	5	5	
Halmbruch	5	5	6	5	6	3	6	
Mehltau	3	4	2	3	3	3	5	
Blattseptoria	7	3	5	3	5	5	5	
DTR	5	5	4	3	5	6	4	
Gelbrost	7	2	7	2	2	2	4	
Braunrost	5	4	6	6	4	3	3	
Ährenfusarium	6	5	4	3	4	5	3	
Spelzbräune	6	5	5	4	5	-	5	
Bestandesdichte	5	6	6	4	4	5	5	
Kornzahl je Ähre	5	5	6	7	5	7	5	
TKM	7	6	4	5	7	4	6	
Kornertrag Stufe 1	7	7	6	6	7	7	6	
Kornertrag Stufe 2	7	7	6	6	7	7	6	
Ertrag (dt/ha)	98,6	96,1	99,4	95,5	98,1	106,4	96,8	
Ertrag rel. zu ertragschwächster Sorte (%)	103,2	100,6	104,1	100,0	102,7	111,4	101,4	
Ertrag bei gegebener Schlaggröße (dt)	98,6	96,1	99,4	95,5	98,1	106,4	96,8	

Anhang 16: Informationen zu Produktionssystem MM1 (Quelle Produktionssystem und Erträge: LLH 2014a; Quelle Eigenschaften: BSA 2013)

Produktionssystem		Ackerzahl		Anbaugesbiet		Bodenklima	
Standort	Marburg	75		Mittellagen west	Süd-	Zentralhessische Ackerbaugesbiete / Warburger Börde	
Vorfrucht	Mais	Stärke (cm)	Krume	Höhe über NN (m)		Bodentyp	Parabraunerde
Aussaatdatum	22.10.	Humusgehalt	humos	Ø Jahrestemperatur (°C)	8,5	Geologische Herkunft	Bundsandstein
Schlaggröße (ha)	1	Kulturzustand Boden	gut	Niederschlag (mm)	605	Bodenart der Krume	Schluffiger Lehm

		Alternativen						
Eigenschaften		JB Asano	Julius	Dichter	Opal	Patras	Pionier	RGT Reform
		2008	2008	2014	2011	2012	2013	2014
Sortenname								
Jahr der Zulassung								
Ährenschieben		4	5	6	6	5	5	5
Reife		4	6	6	6	5	6	6
Pflanzenlänge		5	5	3	5	4	5	3
Neigung zu Auswinterung		6	3	4	4	4	5	4
Neigung zu Lager		5	3	3	4	4	3	3
Anfälligkeit für	Halnbruch	5	5	6	5	6	5	5
	Mehltau	3	4	3	3	3	3	3
	Blattseptoria	7	3	2	3	5	3	4
	DTR	5	5	4	3	5	4	5
	Gelbrost	7	2	2	2	2	4	2
	Braunrost	5	4	2	6	4	5	3
	Ährenfusarium	6	5	4	3	4	5	4
	Spelzbräune	6	5	-	4	5	4	-
	Bestandesdichte	5	6	6	4	4	6	6
	Kornzahl je Ähre	5	5	9	7	5	7	5
TKM	7	6	3	5	7	4	6	
Kornertrag Stufe 1	7	7	8	6	7	8	8	
Kornertrag Stufe 2	7	7	7	6	7	7	8	
Ertrag (dt/ha)	104,1	122,2	125,3	111,0	106,0	119,4	120,2	
Ertrag rel. zu ertragschwächster Sorte (%)	100,0	117,4	120,4	106,6	101,8	114,7	115,5	
Ertrag bei gegebener Schlaggröße (dt)	104,1	122,2	125,3	111,0	106,0	119,4	120,2	

Anhang 17: Erster begleitender Fragebogen zum ökonomischen Experiment (Landwirte)

Sehr geehrte Landwirtinnen und Landwirte,

das Institut für Agrarwirtschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen führt eine Befragung zur Sortenwahl bei Winterweizen durch. Hierbei haben Sie die Möglichkeit bei einem Auswahlspiel ein erfolgsabhängiges Preisgeld von bis zu 75€ zu gewinnen.

Die Umfrage dauert insgesamt ca. 30 Minuten.

Alle Angaben werden streng vertraulich behandelt und sind ausschließlich für Forschungszwecke bestimmt.

1. Sind Sie für die Sortenwahl von Winterweizen (mit)verantwortlich? *

Ja

Nein

2. Seit wie vielen Jahren sind Sie für die Sortenwahl bei Winterweizen (mit)verantwortlich?

Seit _____ Jahr (en)

3. Welche Winterweizensorten haben Sie zur Aussaat 2015/16 angebaut? Bitte nennen Sie die Sortennamen.

(Es ist nicht erforderlich, alle Felder auszufüllen. Wenn Sie sich an keine Sorte erinnern können, klicken Sie auf "weiter" um zur nächsten Frage zu gelangen.)

4. Bitte nennen Sie weitere Winterweizensorten, die Sie in den vergangenen Jahren angebaut haben.

(Es ist nicht erforderlich, alle Felder auszufüllen. Wenn Sie sich an keine Sorte erinnern können, klicken Sie auf "weiter" um zur nächsten Frage zu gelangen.)

5. Wie wichtig sind die nachfolgenden Faktoren Ihrer Meinung nach für den Winterweizenertrag im konventionellen Anbau?

Bitte nummerieren Sie jede Box in der Reihenfolge Ihrer Präferenz, beginnend mit 1 bis 7

Rang	Faktor
	Witterung während der Produktionsperiode
	Standort (Bodeneigenschaften)
	Sortenwahl
	Pflanzenschutzmitteleinsatz
	Düngemittleinsatz
	Vorfrucht
	Bodenbearbeitung (konservierend oder mit dem Pflug) vor der Aussaat

- 6. Stellen Sie sich vor, der Sohn eines Berufskollegen hat die Betriebsleitung eines Hofes übernommen und fragt Sie um Rat bei der Sortenauswahl von Winterweizen. Bitte nennen Sie ihm Sorteneigenschaften von Winterweizen, die aus Ihrer Erfahrung heraus wichtig sind.**

(Es ist nicht erforderlich, alle Felder auszufüllen. Nennen Sie bitte nur so viele, wie nötig sind, um die für Sie wirklich wichtigen Eigenschaften aufzuführen.)

Das war der erste Teil der Befragung. Als nächstes folgt das Auswahlspiel.

Anhang 18: Zweiter begleitender Fragebogen zum ökonomischen Experiment (Landwirte)

Nachdem Sie das Auswahlspiel abgeschlossen haben, folgen noch einige Fragen zu Aspekten der Sortenwahl und zum Weizenanbau auf Ihrem Betrieb.

1. Bauen Sie Winterweizen ökologisch oder konventionell an?

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- konventionell
 ökologisch

2. Wie häufig setzen Sie in der Regel Fungizide (Pflanzenschutzmittel gegen Pilzkrankheiten) innerhalb einer Produktionsperiode im Winterweizen ein?

Bitte wählen Sie maximal eine Antwort.

- | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> keinmal | <input type="checkbox"/> 1-2-mal | <input type="checkbox"/> 3-mal |
| <input type="checkbox"/> 0-1-mal | <input type="checkbox"/> 2-mal | <input type="checkbox"/> 3-4-mal |
| <input type="checkbox"/> 1-mal | <input type="checkbox"/> 2-3-mal | <input type="checkbox"/> 4-mal oder häufiger |

3. Wie häufig setzen Sie in der Regel Wachstumsregler (CCC, Moddus, etc.) innerhalb einer Produktionsperiode im Winterweizen ein?

Bitte wählen Sie maximal eine Antwort.

- | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> keinmal | <input type="checkbox"/> 1-2-mal | <input type="checkbox"/> 3-mal |
| <input type="checkbox"/> 0-1-mal | <input type="checkbox"/> 2-mal | <input type="checkbox"/> 3-4-mal |
| <input type="checkbox"/> 1-mal | <input type="checkbox"/> 2-3-mal | <input type="checkbox"/> 4-mal oder häufiger |

4. Wie führen Sie die Grundbodenbearbeitung vor der Aussaat von Weizen nach Winterraps in der Regel durch?

(Bitte wählen Sie maximal eine Antwort.)

- Grubber/Scheibenegge
- Pflug
- kommt auf meinem Betrieb nicht vor
- Sonstiges: _____

5. Wie führen Sie die Grundbodenbearbeitung vor der Aussaat von Weizen nach Mais in der Regel durch? *

(Bitte wählen Sie maximal eine Antwort.)

- Grubber/Scheibenegge
- Pflug
- kommt auf meinem Betrieb nicht vor
- Sonstiges: _____

6. Wie führen Sie die Grundbodenbearbeitung vor der Aussaat von Stoppelweizen (Weizen nach Weizen) in der Regel durch? *

(Bitte wählen Sie maximal eine Antwort.)

- Grubber/Scheibenegge
- Pflug
- kommt auf meinem Betrieb nicht vor
- Sonstiges: _____

7. **Wie hoch war der durchschnittliche Weizenertrag pro Hektar (ha) auf Ihrem Betrieb innerhalb der vergangenen 5 Jahre?**

_____ dt/ha

8. **Wie hoch ist die durchschnittliche Jahrestemperatur an Ihrem Produktionsstandort?**

Die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt: _____ (°C)

Kann ich nicht beantworten.

9. **Wie hoch ist die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge an Ihrem Produktionsstandort?**

Die durchschnittliche Niederschlagsmenge beträgt _____ (mm) pro Jahr

Kann ich nicht beantworten.

10. **Bitte geben Sie die Ackerzahl des ungünstigsten Standorts an, auf dem Sie Winterweizen anbauen.**

Die Ackerzahl (von 1-120) liegt bei: _____

Kann ich nicht beantworten.

11. **Bitte geben Sie die Ackerzahl des günstigsten Standorts an, auf dem Sie Winterweizen anbauen.**

Die Ackerzahl (von 1-120) liegt bei: _____

Kann ich nicht beantworten.

12. Wie viel Wert legen Sie auf die richtige Auswahl einer Weizensorte?

	1	2	3	4	5	6	7	8	
„Es ist mir egal, welche Sorte ich anbaue.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	„Ich lege großen Wert darauf, die richtige Sorte auszuwählen.“

13. Finden Sie, dass sich die aktuell verfügbaren Weizensorten sehr ähnlich oder sehr unterschiedlich sind?

	1	2	3	4	5	6	7	8	
„Die Weizensorten sind gleich.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	„Die Weizensorten sind sehr verschieden.“

14. Wie wichtig ist es für Sie, eine gute Wahl bei Weizensorten zu treffen?

	1	2	3	4	5	6	7	8	
„Überhaupt nicht wichtig.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	„Überaus wichtig.“

15. Wenn Sie eine Weizensorte auswählen, machen Sie sich dann viele Gedanken über das Ergebnis Ihrer Entscheidung?

	1	2	3	4	5	6	7	8	
„Ich mache mir überhaupt keine Gedanken.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	„Ich mache mir viele Gedanken.“

16. Welche Eigenschaft ist Ihnen bei Winterweizen wichtiger?

Ertragstreue	1	2	3	4	5	6	7	8	Maximalertrag
(durchschnittliches Ertragsniveau ohne Ausreißer nach oben oder unten)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(überdurchschnittliches Ertragsniveau mit Schwankungen zwischen den Jahren)

17. In welcher Erwerbsform betreiben Sie Landwirtschaft?

- Haupterwerb
 Nebenerwerb

18. Wie groß ist die Ackerfläche, die Sie aktuell bewirtschaften?

_____ha

22. Beim Weizenanbau ist es in den vergangenen Jahrzehnten zu Ertragssteigerungen gekommen. Wie hoch ist der Ertragszuwachs in den vergangenen 5 Jahren auf Ihrem Betrieb, der auf Zuchtfortschritte (den Anbau neuer Winterweizensorten) zurückzuführen ist?

Bitte schätzen Sie den Ertragszuwachs in kg je Hektar pro Jahr.

durchschnittlich _____ kg je Hektar pro Jahr

23. Welche wirtschaftlichen Kennzahlen der Weizenproduktion berechnen Sie?

- keine
- Deckungsbeitrag je Schlag
- Deckungsbeitrag der gesamten Weizenproduktion
- Direktkostenfreie Leistungen je Schlag
- Direktkostenfreie Leistungen der gesamten Weizenproduktion
- Sonstiges: _____

24. Wie ermitteln Sie die Weizenerträge auf Ihrem Betrieb in der Regel?

- durch teilflächenspezifische Ertragskartierung
- Ich wiege die Erträge jedes Schlags separat.
- Ich wiege die Erträge mancher Schläge.
- Ich schätze die Erträge ungefähr ab.
- gar nicht
- anders, und zwar: _____

25. Wie dokumentieren Sie ihre Weizenproduktion?

- elektronische Schlagkartei
- handschriftliche Schlagkartei
- gar nicht
- anders und zwar: _____

26. Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.

- weiblich
 männlich

27. Wie alt sind Sie?

_____Jahre

28. Welchen landwirtschaftlichen Ausbildungsabschluss haben Sie aktuell? (Mehrfachnennung möglich)

- keine landwirtschaftliche Ausbildung
 ausgebildeter Landwirt
 Meister
 Techniker
 Fachhochschulabschluss
 Universitätsabschluss
 Sonstiges: _____

29. Bitte geben Sie Ihre Postleitzahl an. *

- keine Angabe
 Meine Postleitzahl lautet: _____

30. Möchten Sie an über die Ergebnisse der Forschungsarbeit informiert werden? Um Sie über die Ergebnisse der Umfrage zusenden zu können, benötigen wir eine Kontaktadresse.

- Ich möchte über die Ergebnisse informiert werden. Meine E-Mail-Adresse lautet: _____
 Nein

Sie sind am Ende der Befragung angelangt. Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Anhang 19: Erster begleitender Fragebogen zum ökonomischen Experiment (Studierende)

Sehr geehrte Studierende,

wir freuen uns sehr über Ihre Teilnahme.

Das Thema der Befragung und des Experiments ist die Sortenwahl bei Winterweizen.

Zu Beginn werden Ihnen einige Fragen zu Ihrem Studium gestellt.

Anschließend folgt das Experiment und weitere Fragen zu Ihren Einschätzungen.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß!

1. Belegen Sie aktuell einen Bachelor- oder einen Masterstudiengang?

- Bachelor
- Master

2. A) Bitte markieren Sie, welche der nachfolgenden Module Sie aktuell belegen bzw. bereits abgeschlossen haben. (nur von Studierenden des Bachelor-Studiengangs zu beantworten)

- Nutzpflanzenproduktion (BK 21)
- Pflanzenernährung (BK24)
- Phytomedizin (BK 25)
- Grundlagen der Ökologie und Bodenkunde (BK 39)
- Genetik und Pflanzenzüchtung (BK47)
- Nutzpflanzen im organischen Landbau (BP 006)
- Ackerbausysteme: Verfahren des Ackerbaus bei unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität (BP 030)
- Produktionsökologie (BP 031)
- Pflanzenzüchtung (BP 033)
- Grundlagen des organischen Landbaus (BP 034)
- Bodenfruchtbarkeit (BP 036)
- Agrarökologie und integrierter Pflanzenschutz (BP 038)
- Projektstudium Pflanzenproduktion (BP 040)
- Pflanzenzüchtung und Klimawandel (BP 118)

2. B) Bitte markieren Sie, welche der nachfolgenden Module Sie aktuell belegen bzw. bereits abgeschlossen haben. (nur von Studierenden des Bachelor-Studiengangs zu beantworten)

- Pflanzenzüchtung und Saatgut I (MK 56)
- Pflanzenzüchtung und Saatgut II (MP 130)
- Molecular Phytopathology (MK 57)
- Ernährungsphysiologie der Kulturpflanze (MK 58)
- Biochemie in der Pflanzenproduktion (MK 59)
- Produktionstechniken im Landbau (MK 61)
- Biologischer und chemischer Pflanzenschutz (MK 63)
- Plant Breeding: Special Topics of Resistance and Quality Breeding (MP 020)
- Produktionsverfahren im organischen Landbau (MP 020)
- Öko- und Ertragsphysiologie der Pflanzenernährung (MP 023)
- Biologische Schädlingsbekämpfung (MP 025)
- Risikobewertung von Pflanzenschutzmittel (MP 063)
- Düngemittel und Nährstoffdynamik im Boden (MP 141)

3. Haben Sie praktische Erfahrungen in der Winterweizenproduktion?

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja
- Nein

Sind Sie aktuell in einer der nachfolgenden Funktionen an der Weizenproduktion beteiligt?

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn Sie die vorherige Frage mit 'Ja' beantwortet haben.

Bitte wählen Sie maximal eine Antwort.

- Mitarbeiter auf dem elterlichen Betrieb
- Mitarbeit auf einem "fremden" Betrieb
- Betriebsleiter
- Sonstiges: _____

4. Wie wichtig sind die nachfolgenden Faktoren Ihrer Meinung nach für den Winterweizenertrag im konventionellen Anbau?

Bitte nummerieren Sie jede Box in der Reihenfolge Ihrer Präferenz, beginnend mit 1 bis 7

Rang	Faktor
	Witterung während der Produktionsperiode
	Standort (Bodeneigenschaften)
	Sortenwahl
	Pflanzenschutzmitteleinsatz
	Düngemittleinsatz
	Vorfrucht
	Bodenbearbeitung (konservierend oder mit dem Pflug) vor der Aussaat

Das war der erste Teil der Befragung. Als nächstes folgt das Auswahlspiel.

Anhang 20: Zweiter begleitender Fragebogen zum ökonomischen Experiment (Studierende)**1. Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.**

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- weiblich
 männlich

2. Wie alt sind Sie?

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

_____ Jahre

3. Welchen landwirtschaftlichen Ausbildungsabschluss haben Sie aktuell?

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- keine landwirtschaftliche Ausbildung
 ausgebildeter Landwirt
 Meister
 Techniker
 Fachhochschulabschluss
 Universitätsabschluss
 Sonstiges: _____

4. Bitte geben Sie Ihre Postleitzahl an.

- keine Angabe
 Meine Postleitzahl lautet: _____

Sie sind am Ende der Befragung angelangt. Vielen Dank für Ihre Teilnahme.

Anhang 21: Erläuterung des Experiments

Sehr geehrte Teilnehmerinnen und Teilnehmer,

bitte lesen Sie die Anleitung des Auswahlspiels aufmerksam durch. Nachfolgend sind der Aufbau und der Ablauf des Spiels sowie die Berechnung des erfolgsabhängigen Preisgeldes beschrieben.

Stellen Sie sich vor, Sie leiten einen landwirtschaftlichen Betrieb, der Flächen an vier unterschiedlichen Standorten in Hessen bewirtschaftet. Ihre Aufgabe ist die Auswahl geeigneter Winterweizensorten. Für die Bestandsführung sind nicht Sie, sondern jeweils vor Ort erfahrene Angestellte zuständig. Das Anbauverfahren ist wie folgt gestaltet:

- Die Bodenbearbeitung vor der Aussaat erfolgt immer mit dem Pflug.
- Normalerweise werden zweimal Wachstumsregulatoren (in EC 25 und EC 31-32) eingesetzt.
- In der Regel werden zwei Fungizidmaßnahmen durchgeführt. Eine gegen Ende des Schossens (in EC 37-49) und eine Ährenbehandlung (in EC 65).
- Die Stickstoffdüngung erfolgt in drei Gaben und liegt unter durchschnittlichen Bedingungen bei 190 kg/ha. Die Stickstoffmenge wird an den Witterungsverlauf und die Pflanzenentwicklung angepasst.

Im Nachfolgenden werden Sie insgesamt siebenmal gebeten, eine Winterweizensorte für die vorgegebenen Standorte auszuwählen. Jede Wahlsituation entspricht einer Spielrunde. Die Standorte werden anhand von 16 Eigenschaften (Tabelle 1) beschrieben. Die Schlaggröße variiert in den Runden zwischen 1 und 5 Hektar.

Tabelle 1: Beispiel für eine Standortbeschreibung.

Standort	Griesheim (Darmstadt)	Ackerzahl	65	Anbaubereich	Wärmelagen Südwest	Bodenklima	Rheinebene und Nebentäler
Vorfrucht	Winterraps	Stärke der Krume (cm)	30	Höhe ü NN (m)	100	Bodentyp	Parabraunerde
Aussaatdatum	30.09.	Humusgehalt	schwach humos	Ø Jahrestemp. (°C)	9,8	Geologische Herkunft	Alluvium
Schlaggröße (ha)	5	Kulturzustand Boden	gut	Niederschlag (mm)	550	Bodenart der Krume	lehmgiger Ton

Sie können in jeder Runde aus 7 Winterweizensorten (A bis G) wählen. Die Sorten werden anhand von insgesamt 20 Wuchs-, Resistenz- und Ertragseigenschaften beschrieben. Innerhalb einer Spielrunde stehen immer nur Sorten einer Qualitätsgruppe (A oder B) zur Auswahl. Die Ausprägung der Sorteneigenschaften reicht von 1 = "sehr gering" bis 9 = "sehr stark".

Um die verfügbaren Informationen für Sie übersichtlich zu halten, sind die Informationen zunächst durch graue Kästchen verdeckt. Durch "anklicken" mit der Computermaus können Sie die Informationen sichtbar machen. Sie können so viele Kästchen öffnen, wie Sie für Ihre Entscheidung benötigen. Ein Beispiel für die Darstellung der Informationen finden Sie in Tabelle 2.

Tabelle 2: Beispiel einer Tabelle mit den Alternativen (Sorten) A bis G. Die Sorten sind in den Spalten (senkrecht) und die Sorteneigenschaften in den Zeilen (waagerecht) abgetragen. In diesem Beispiel wurden das Informationsfeld "Sortenname" der Alternative "E" ("Potenzial") und die Informationsfelder "Pflanzenlänge" der Alternativen "A-G" durch klicken mit der Computermaus geöffnet.

Alternative	A	B	C	D	E	F	G
Sortenname					Potenzial		
Jahr der Zulassung							
Ährenschieben							
Reife							
Pflanzenlänge	6	2	7	1	5	3	9
Neigung zu Auswinterung							
Neigung zu Lager							
Anfälligkeit für Halmbruch							
Anfälligkeit für Mehltau							
Anfälligkeit für Blattseptoria							
Anfälligkeit für DTR							
Anfälligkeit für Gelbrost							
Anfälligkeit für Braunrost							
Anfälligkeit für Ährenfusarium							
Anfälligkeit für Spelzbräune							
Bestandesdichte							
Kornzahl je Ähre							
Tausendkornmasse							
Kornertrag Stufe 1							
Kornertrag Stufe 2							
Auswählen	<input type="radio"/> A wählen	<input type="radio"/> B wählen	<input type="radio"/> C wählen	<input type="radio"/> D wählen	<input type="radio"/> E wählen	<input type="radio"/> F wählen	<input type="radio"/> G wählen

Wenn Sie sich für eine Sorte entschieden haben, können Sie diese durch Anklicken des entsprechenden Wahlfeldes in der untersten Tabellenzeile auswählen. Nachdem Sie eine Sorte ausgewählt haben, endet eine Runde und Ihnen wird das Ergebnis (der Ertrag) Ihrer Wahl präsentiert. Nach den sieben Runden endet das Spiel.

Als Erfolgskriterium dient der Ertrag, den die von Ihnen gewählten Sorten innerhalb der sieben Spielrunden erzielen. Die Erträge der Sorten werden aus den hessischen Landessortenversuchen entnommen. Da die Erträge zwischen einzelnen Jahren schwanken, werden die Ergebnisse wechselnd aus einem der vergangenen 5 Versuchsjahre zugeordnet.

Aus allen Teilnehmern werden 10% ausgelost, die einen variablen Gewinn von je bis zu 75€ erhalten. Die Höhe des variablen Gewinns orientiert sich daran, wie hoch der Ertrag der von

Ihnen gewählten Sorten im Verhältnis zu den Sorten mit den niedrigsten Erträgen über alle Spielrunden ausfällt.

Für jeden %-Punkt, den der Gesamtertrag der von Ihnen gewählten Sorten den Gesamtertrag der Sorten mit den jeweils niedrigsten Erträgen übersteigt, erhalten Sie 5€.

Tabelle 3: Beispiel für die Berechnung des variablen Gewinns.

Gesamtertrag der Sorten mit den niedrigsten Erträgen	1.000dt	100%
Gesamtertrag der von Ihnen gewählten Sorten	1.100dt	110%
Differenz	100dt	10%

In diesem Beispiel liegen die Erträge der von Ihnen gewählten Sorten 10% über den Erträgen der Sorten mit den jeweils niedrigsten Erträgen. Für jeden %-Punkt oberhalb des Gesamtertrags der Sorten mit den niedrigsten Erträgen werden 5€ ausbezahlt. Wenn Sie ausgelost werden, erhalten Sie folglich eine variable Auszahlung von 10%-Punkten mal 5€, also 50€.

Sie sind nun am Ende der Anleitung angelangt. Klicken Sie einfach auf den Knopf mit der Beschriftung "Spiel beginnen", um zum Spiel zu gelangen.

Viel Erfolg!

Anhang 22: Kurzanleitung des Experiments

Anleitung für das Auswahlspiel: Zusammenfassung

Ihre Aufgabe ist die Auswahl geeigneter Winterweizensorten für unterschiedliche Standorte.

Das Anbauverfahren

- Die **Bodenbearbeitung** vor der Aussaat erfolgt immer mit dem **Pflug**.
- Normalerweise werden **zweimal Wachstumsregulatoren** (in EC 25 und EC 31-32) eingesetzt.
- In der Regel werden **zwei Fungizidmaßnahmen** durchgeführt. Eine gegen Ende des Schossens (in EC 37-49) und eine Ährenbehandlung (in EC 65).
- Die **Stickstoffdüngung** liegt unter durchschnittlichen Bedingungen bei **190 kg/ha**.
- Die **Schlaggröße** variiert **zwischen 1 und 5 Hektar**.

Während des Spiels

- Insgesamt gibt es **7 Spielrunden**.
- Sie können in jeder Runde aus 7 Winterweizensorten (A bis G) wählen.
- Sorteneigenschaften von **1 = "sehr gering"** bis **9 = "sehr stark"**
- Sie können so **viele Kästchen öffnen, wie sie für Ihre Entscheidung benötigen**.

Der Variable Gewinn

- 10% der Teilnehmer werden ausgelost und erhalten einen variablen Gewinn.
- **Für jeden %-Punkt**, den der Gesamtertrag der von Ihnen gewählten Sorten den Gesamtertrag der Sorten mit den jeweils niedrigsten Erträgen übersteigt, **erhalten Sie 5€**.
- **Maximal können Sie 75€ gewinnen**.

Viel Erfolg!

Anhang 23: Flyer und E-Mail-Anhang zur Ankündigung der Workshops im Januar 2016

Institut für Betriebslehre
der Agrar- und Ernährungswirtschaft



JUSTUS-LIEBIG-
UNIVERSITÄT
GIESSEN



Workshop

Sortenwahl und Fungizidstrategien bei Winterweizen

■ Vorträge von Experten ■ Austausch mit Kollegen ■ Eigene Stärken erkennen ■ Verbesserungspotenziale finden

1. Termin Fr. 15.01.2016 oder 2. Termin Sa. 16.01.2016 | Zeughaus, 35390 Gießen

Sehr geehrte Landwirtinnen und Landwirte,

- beim Anbau von Winterweizen sind Sie jährlich mit **neuen Herausforderungen** konfrontiert. In den vergangenen Jahren waren dies z. B. **Kahlfröste**, lange **Trockenphasen** und die Zunahme von **Krankheiten**, wie z. B. Gelbrost.
- Durch den **Anbau geeigneter Sorten** und eine **angepasste Fungizidstrategie** kann die Gefahr von Schäden durch diese Widrigkeiten minimiert werden.
- Zu diesen Themen werden in unserem Workshop **Impulsvorträge** mit aktuellen Ergebnissen aus Anbauversuchen präsentiert und zur Diskussion gestellt.
- Im Zentrum der Veranstaltung stehen der **Austausch** und die **Diskussion** zwischen Wissenschaftlern, Beratern und interessierten Landwirten.

Hierzu laden wir Sie herzlich ein!



- **Fachvorträge** zu aktuellen Themen
- **Austausch** mit interessierten Kollegen
- Die Teilnahme ist **kostenlos**
- Für das leibliche Wohl ist bestens gesorgt

Inhalte:

Sortenwahl: Neue Herausforderungen durch Krankheiten und Witterungsextreme

- Welche Merkmale sind bei Weizensorten unverzichtbar?
- Worauf achten Praktiker bei der Auswahl von Weizensorten aktuell?

Fungizidstrategie: Die Wirtschaftlichkeit im Blick

- Aktuelle Ergebnisse zur Auswirkung auf Ertrag und Wirtschaftlichkeit!
- Fungizideinsatz in der Praxis, gibt es Einsparmöglichkeiten?

Anhang 24: Plakat zur Ansprache potenzieller Teilnehmer auf der Messe „AGRITECHNICA“ 2015 in Hannover

Institut für Betriebslehre
der Agrar- und Ernährungswirtschaft





Die JLU Gießen sucht Ackerbauexperten

Richtige Sorten wählen und bis zu 75 Euro gewinnen!

Sind Sie der beste Weizenbauer?



Treffen Sie in unserem Experiment Betriebsleiterentscheidungen:

Eigene Stärken erkennen

Bis zu 75 Euro gewinnen

Verbesserungspotenziale
finden

Kurze „Messepause“ mit kleinem Imbiss

Kontakt: M.Sc. Jörg Heimbach, Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft,
Senckenbergstraße 3, 35390 Gießen, E-Mail: joerg.heimbach@agrar.uni-giessen.de

Anhang 25: Lineare Regression zur Erklärung des durchschnittlichen Sortenalters im praktischen Anbau der Probanden durch die subjektiven Einschätzungen zur Ertragsleistung und Resistenzeigenschaften in Abhängigkeit des Sortenalters, Lerneffekten durch den mehrjährigen Anbau einer Sorte und das verfolgte Zielausmaß beim der Sortenwahl. (n = 121).

Exogene Variablen	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten			95,0% Konfidenzintervalle für B		Kollinearitätsstatistik	
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta	T	Sig.	Untergrenze	Obergrenze	Toleranz	VIF
Konstante	5,327	1,126		4,729	,000	3,096	7,558		
[Sortiment_Ertrag] Neue Weizensorten haben ein höheres Ertragspotenzial als ältere Sorten.	-,120	,121	-,092	-,989	,325	-,360	,120	,980	1,020
[Sortiment_Resistenz] Neue Weizensorten sind anfälliger gegenüber Pflanzenkrankheiten als ältere Sorten.	,116	,146	,079	,793	,430	-,173	,405	,851	1,176
[Sortiment_Erfahrung] Erst wenn man eine bestimmte Sorte über mehrere Jahre angebaut hat, weiß man wirklich, wie man das Potenzial der Sorte voll ausschöpfen kann.	,100	,119	,080	,842	,402	-,136	,336	,936	1,069
[Zielausmaß] Welche Eigenschaft ist Ihnen bei Winterweizen wichtiger: Ertragstreue oder Maximalertrag.	-,046	,134	-,033	-,342	,733	-,311	,220	,910	1,099

Abhängige Variable: Durchschnittliches Alter der im Jahr 2015/16 angebauten Weizensorten (Aussaatjahr [2015] minus Zulassungsjahr der Sorten).
n = 121; $R^2 = 0,024$; korrigiertes $R^2 = -0,010$

Anhang 26: Lineare Regression zur Erklärung des Alters der ältesten im praktischen Anbau der Probanden durch die subjektiven Einschätzungen zur Ertragsleistung und Resistenzeigenschaften in Abhängigkeit des Sortenalters, Lerneffekten durch den mehrjährigen Anbau einer Sorte und das verfolgte Zielausmaß beim der Sortenwahl. (n = 121).

Exogene Variablen	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten			95,0% Konfidenzintervalle für B		Kollinearitätsstatistik	
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta	T	Sig.	Untergrenze	Obergrenze	Toleranz	VIF
Konstante	6,877	1,918		3,586	,000	3,079	10,675		
[Sortiment_Ertrag] Neue Weizensorten haben ein höheres Ertragspotenzial als ältere Sorten.	-,026	,206	-,012	-,128	,899	-,435	,382	,980	1,020
[Sortiment_Resistenz] Neue Weizensorten sind anfälliger gegenüber Pflanzenkrankheiten als ältere Sorten.	,008	,248	,003	,034	,973	-,484	,500	,851	1,176
[Sortiment_Erfahrung] Erst wenn man eine bestimmte Sorte über mehrere Jahre angebaut hat, weiß man wirklich, wie man das Potenzial der Sorte voll ausschöpfen kann.	,084	,203	,040	,416	,678	-,317	,486	,936	1,069
[Zielausmaß] Welche Eigenschaft ist Ihnen bei Winterweizen wichtiger: Ertragstreue oder Maximalertrag.	,205	,228	,087	,901	,370	-,246	,657	,910	1,099

Abhängige Variable: Alter der ältesten im Jahr 2015/16 angebauten Weizensorte (Aussaatjahr [2015] minus Zulassungsjahr der ältesten Sorte).
n = 121; $R^2 = 0,010$; korrigiertes $R^2 = -0,024$

Anhang 27: Durchschnittliche genutzte Anzahl an Informationen zu einzelnen Eigenschaften in den sieben Entscheidungssituationen des Experiments (Studierende, n = 43)

Eigenschaft	arithmetischer Mittelwert
Sortenname	2,6
Jahr der Zulassung	2,7
Ährenschieben	2,8
Reife	2,9
Pflanzenlänge	3,0
Neigung zu Auswinterung	3,1
Neigung zu Lager	3,1
Anfälligkeit für Halmbruch	3,2
Anfälligkeit für Mehltau	3,2
Anfälligkeit für Blattseptoria	3,3
Anfälligkeit für DTR	3,5
Anfälligkeit für Gelbrost	3,5
Anfälligkeit für Braunrost	3,6
Anfälligkeit für Ährenfusarium	3,6
Anfälligkeit für Spelzbräune	3,7
Bestandesdichte	3,9
Kornzahl / Ähre	4,1
Tausendkornmasse	4,4
Kornertrag Stufe1	4,8
Kornertrag Stufe2*	5,6

Anhang 28: Lineare Regression zur Erklärung des Entscheidungserfolgs im Experiment (Mehrertrag der gewählten Sorten im Vergleich zu den Sorten mit den niedrigsten Erträgen in %) durch die exogenen Variablen Purchase-Decision-Involvement (PDI), Erfahrung in der Weizenproduktion, Art der landwirtschaftlichen Ausbildung, (n = 132)

Exogene Variablen	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		Sig.	95,0% Konfidenzintervalle für B		Kollinearitätsstatistik	
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta	T		Untergrenze	Obergrenze	Toleranz	VIF
(Konstante)	9,908	1,051		9,426	,000	7,827	11,989		
Summe der Antworten zu den 4 PDI-Items (min. = 4; max. = 32)	,040	,034	,107	1,200	,232	-,026	,107	,952	1,050
Erfahrung im Anbau von Winterweizen	-,006	,014	-,042	-,418	,677	-,034	,022	,748	1,336
keine abgeschlossene landwirtschaftl. Ausbildung (Dummy)	-,387	,640	-,098	-,605	,546	-1,654	,880	,291	3,435
ausgebildeter Landwirt (Dummy)	-,450	,472	-,108	-,953	,343	-1,385	,485	,593	1,685
Landwirtschaftsmeister (Dummy)	,322	,756	,051	,426	,671	-1,175	1,820	,532	1,881
Techniker(Dummy)	,206	,576	,045	,357	,721	-,935	1,346	,470	2,126
Fachhochschulstudium(Dummy)	,397	,619	,076	,642	,522	-,828	1,622	,541	1,849
Universitätsstudium(Dummy)	-,583	,597	-,142	-,976	,331	-1,765	,600	,362	2,760
exakte Ertragsermittlung (Ertragskartierung oder separate Wiegung der Erträge jedes Schlags; Dummy)	,408	,321	,117	1,269	,207	-,228	1,043	,901	1,109

Abhängige Variable: Höhe des Mehrertrags (%) im Vergleich zu den Ertragsschwächsten Sorten im Experiment

n = 132; $R^2 = 0,070$; korrigiertes $R^2 = 0,01$; Kolmogorov-Smirnov: p = 0,002

Anhang 29: Nutzung von Eigenschaften bei den Entscheidungen zu den Produktionssystem HR1 (n = 145)

Eigenschaft	Anzahl berücksichtigter Merkmalsausprägungen		Anteil (%)			
	arithmetischer Mittelwert	Median	Berücksichtigt	7-mal berücksichtigt	nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilung	
					take the best heuristic	Ausschlusskriterium
Sortenname	5,9	7	90,3	80,7	8,3	11,0
Jahr der Zulassung	1,0	0	24,1	9,0	0,0	2,1
Ährenschieben	0,7	0	21,4	6,9	0,0	2,1
Reife	2,2	0	44,8	25,5	0,0	4,1
Pflanzenlänge	1,8	0	37,2	19,3	0,0	4,8
Neigung zu Auswinterung	2,8	1	54,5	30,3	0,0	8,3
Neigung zu Lager	2,2	0	46,2	23,4	0,0	1,4
Halmbruch	1,2	0	33,1	9,0	0,0	2,1
Mehltau	1,6	0	37,9	15,9	0,0	3,4
Anfälligkeit für Blattseptoria	1,7	0	37,2	15,9	0,0	2,1
DTR	1,1	0	29,0	7,6	0,0	1,4
Gelbrost	2,5	1	52,4	26,2	0,0	4,1
Braunrost	1,7	0	38,6	14,5	0,0	2,1
Ährenfusarium	1,7	0	40,7	15,2	0,0	4,1
Spelzbräune	0,9	0	25,5	6,2	0,0	2,1
Bestandesdichte	2,6	1	51,7	29,7	0,0	7,6
Kornzahl je Ähre	2,1	0	42,8	23,4	0,0	2,8
TKM	2,1	0	42,8	23,4	0,0	6,2
Kornertrag Stufe 1	4,3	7	69,0	54,5	0,0	10,3
Kornertrag Stufe 2	5,1	7	79,3	67,6	0,0	14,5

Anhang 30: Nutzung von Eigenschaften bei den Entscheidungen zu den Produktionssystem HW1 (n = 145)

Eigenschaft	Anzahl berücksichtigter Merkmalsausprägungen		Anteil (%)			
	arithmetischer Mittelwert	Median	Berücksichtigt	7-mal berücksichtigt	nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilung take the best heuristic	Ausschlusskriterium
Sortenname	5,7	7	87,6	77,9	6,9	6,9
Jahr der Zulassung	1,0	0	25,5	9,0	0,0	2,8
Ährenschieben	1,1	0	23,4	11,0	0,0	1,4
Reife	2,4	0	46,2	28,3	0,0	2,8
Pflanzenlänge	1,7	0	34,5	17,9	0,0	4,1
Neigung zu Auswinterung	3,3	2	56,6	40,7	0,0	5,5
Neigung zu Lager	2,3	0	49,7	23,4	0,0	5,5
Halmbruch	2,9	1	57,9	31,7	0,0	2,8
Mehltau	2,0	0	46,2	20,0	0,0	4,8
Anfälligkeit für Blattseptoria	2,4	1	52,4	25,5	0,0	2,8
DTR	2,1	0	48,3	21,4	0,0	2,1
Gelbrost	2,8	2	59,3	30,3	0,0	2,8
Braunrost	2,0	0	46,2	20,7	0,0	1,4
Ährenfusarium	2,7	1	53,1	30,3	0,0	3,4
Spelzbräune	1,5	0	33,1	15,2	0,0	6,2
Bestandesdichte	2,5	0	47,6	29,0	0,0	3,4
Kornzahl je Ähre	2,2	0	39,3	25,5	0,0	2,1
TKM	2,5	0	43,4	30,3	0,0	9,0
Kornertrag Stufe 1	4,3	7	69,0	55,2	0,0	10,3
Kornertrag Stufe 2	5,2	7	80,0	67,6	0,0	13,8

Anhang 31: Nutzung von Eigenschaften bei den Entscheidungen zu den Produktionssystem HW5 (n = 145)

Eigenschaft	Anzahl berücksichtigter Merkmalsausprägungen		Anteil (%)			
	arithmetischer Mittelwert	Median	Berücksichtigt	7-mal berücksichtigt	nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilung take the best heuristic	Ausschlusskriterium
Sortenname	5,8	7	89,7	80,0	4,8	5,5
Jahr der Zulassung	1,4	0	31,0	14,5	0,0	2,1
Ährenschieben	1,5	0	27,6	18,6	0,0	2,1
Reife	2,7	0	46,2	32,4	0,0	7,6
Pflanzenlänge	2,1	0	42,1	22,8	0,0	4,8
Neigung zu Auswinterung	3,2	2	57,2	40,0	0,0	4,8
Neigung zu Lager	2,5	1	50,3	26,2	0,0	4,8
Halmbruch	3,1	2	57,9	35,9	0,0	8,3
Mehltau	2,1	0	46,2	19,3	0,0	2,1
Anfälligkeit für Blattseptoria	2,5	1	54,5	24,8	0,0	2,8
DTR	2,7	2	56,6	28,3	0,0	1,4
Gelbrost	3,0	2	63,4	31,7	0,0	2,8
Braunrost	2,4	1	53,1	22,8	0,0	1,4
Ährenfusarium	3,3	2	66,9	36,6	0,0	0,7
Spelzbräune	1,7	0	42,1	14,5	0,0	3,4
Bestandesdichte	2,5	0	49,7	28,3	0,0	5,5
Kornzahl je Ähre	2,1	0	42,8	24,1	0,0	1,4
TKM	2,2	0	45,5	25,5	0,0	6,2
Kornertrag Stufe 1	4,4	7	69,7	57,9	0,0	9,0
Kornertrag Stufe 2	5,4	7	84,1	71,7	0,0	17,2

Anhang 32: Nutzung von Eigenschaften bei den Entscheidungen zu den Produktionssystem KR5 (n = 145)

Eigenschaft	Anzahl berücksichtigter Merkmalsausprägungen		Anteil (%)			
	arithmetischer Mittelwert	Median	Berücksichtigt	7-mal berücksichtigt	nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilung take the best heuristic	Ausschlusskriterium
Sortenname	5,9	7	89,7	82,1	9,0	7,6
Jahr der Zulassung	1,2	0	27,6	13,8	0,0	4,8
Ährenschieben	1,2	0	28,3	14,5	0,0	2,1
Reife	2,5	0	48,3	31,0	0,0	0,7
Pflanzenlänge	1,8	0	36,6	21,4	0,0	2,8
Neigung zu Auswinterung	3,7	7	62,1	50,3	0,0	4,8
Neigung zu Lager	2,4	0	48,3	29,7	0,0	3,4
Halmbruch	1,5	0	36,6	16,6	0,0	2,8
Mehltau	1,4	0	35,9	15,2	0,0	2,1
Anfälligkeit für Blattseptoria	1,4	0	36,6	15,2	0,0	1,4
DTR	1,3	0	33,8	13,8	0,0	2,1
Gelbrost	2,3	1	50,3	26,9	0,0	1,4
Braunrost	1,6	0	40,0	17,2	0,0	2,1
Ährenfusarium	1,6	0	37,2	16,6	0,0	2,8
Spelzbräune	0,9	0	28,3	9,0	0,0	0,7
Bestandesdichte	2,5	0	49,0	31,7	0,0	4,8
Kornzahl je Ähre	2,0	0	40,0	24,8	0,0	1,4
TKM	2,2	0	37,9	29,0	0,0	4,1
Kornertrag Stufe 1	3,9	7	66,2	51,0	0,0	9,7
Kornertrag Stufe 2	4,8	7	76,6	64,1	0,0	10,3

Anhang 33: Nutzung von Eigenschaften bei den Entscheidungen zu den Produktionssystem GR5 (n = 145)

Eigenschaft	Anzahl berücksichtigter Merkmalsausprägungen		Anteil (%)			
	arithmetischer Mittelwert	Median	Berücksichtigt	7-mal berücksichtigt	nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilung take the best heuristic	Ausschlusskriterium
Sortenname	5,9	7	89,0	82,1	2,1	7,6
Jahr der Zulassung	1,5	0	29,0	17,2	0,0	2,8
Ährenschieben	1,6	0	31,7	18,6	0,0	2,1
Reife	3,4	2	57,9	42,1	0,0	5,5
Pflanzenlänge	2,5	0	46,2	31,0	0,0	6,2
Neigung zu Auswinterung	2,5	0	44,8	32,4	0,0	5,5
Neigung zu Lager	2,8	1	55,9	31,7	0,0	7,6
Halmbruch	1,9	0	42,8	19,3	0,0	2,8
Mehltau	2,1	0	46,9	20,0	0,0	4,1
Anfälligkeit für Blattseptoria	2,1	0	44,8	19,3	0,0	1,4
DTR	1,6	0	37,2	15,2	0,0	2,8
Gelbrost	2,9	2	60,0	30,3	0,0	2,1
Braunrost	2,3	0	49,0	24,1	0,0	2,8
Ährenfusarium	2,2	0	47,6	22,8	0,0	0,0
Spelzbräune	1,1	0	31,7	9,0	0,0	2,1
Bestandesdichte	3,8	5	63,4	44,8	0,0	6,9
Kornzahl je Ähre	2,8	0	47,6	32,4	0,0	4,1
TKM	2,8	0	44,8	33,8	0,0	6,2
Kornertrag Stufe 1	4,8	7	76,6	62,8	0,0	9,7
Kornertrag Stufe 2	5,4	7	82,1	72,4	0,0	9,7

Anhang 34: Nutzung von Eigenschaften bei den Entscheidungen zu den Produktionssystem MR1 (n = 145)

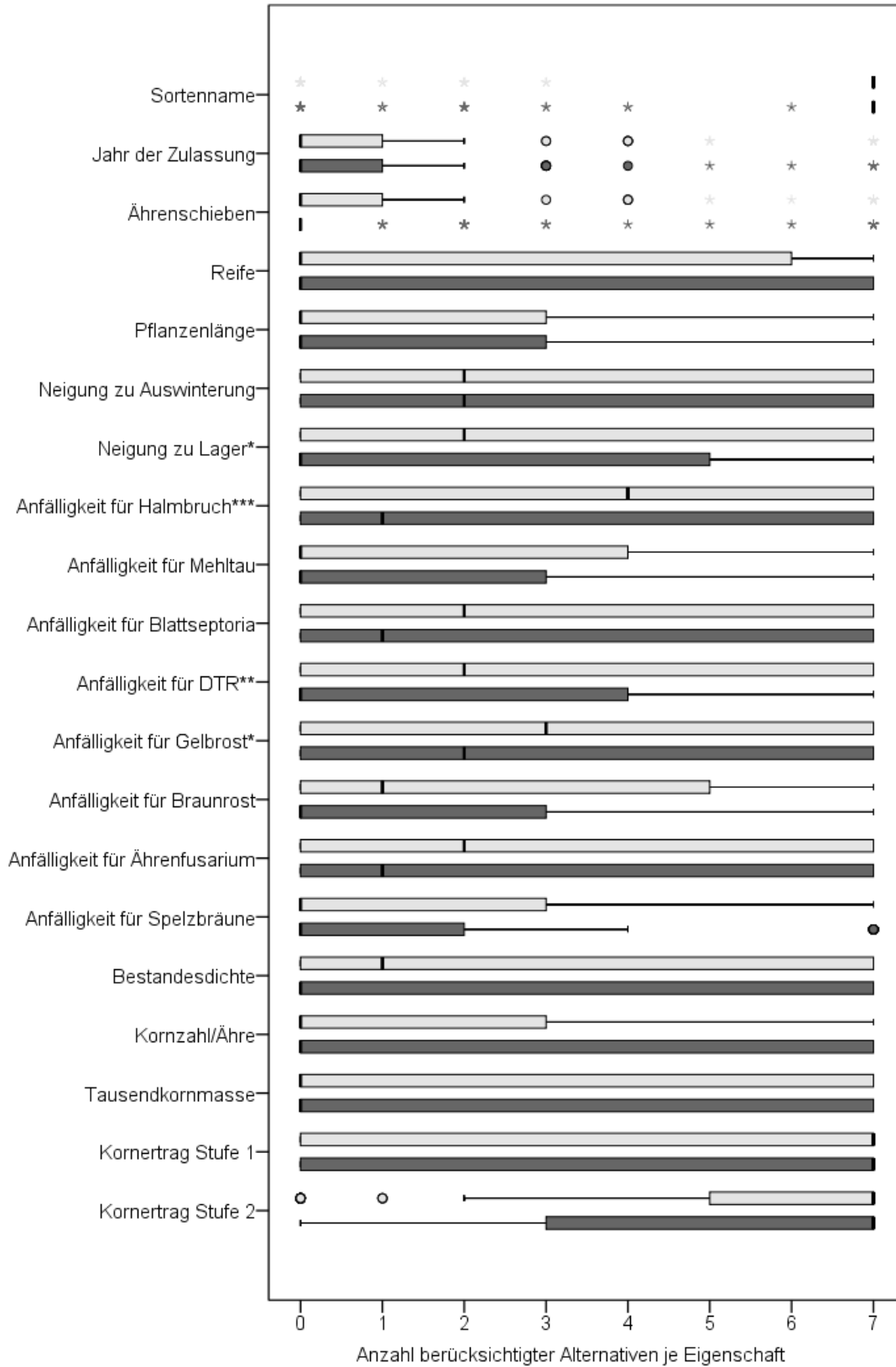
Eigenschaft	Anzahl berücksichtigter Merkmalsausprägungen		Anteil (%)			
	arithmetischer Mittelwert	Median	Berücksichtigt	7-mal berücksichtigt	nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilung take the best heuristic	Ausschlusskriterium
Sortenname	5,9	7	88,3	82,8	5,5	13,1
Jahr der Zulassung	1,2	0	29,7	11,7	0,0	3,4
Ährenschieben	1,1	0	28,3	9,7	0,0	2,8
Reife	2,3	0	44,1	24,8	0,0	4,8
Pflanzenlänge	1,8	0	39,3	18,6	0,0	1,4
Neigung zu Auswinterung	3,1	2	55,9	36,6	0,0	6,2
Neigung zu Lager	2,9	2	56,6	32,4	0,0	4,8
Halmbruch	3,8	4	70,3	42,1	0,0	5,5
Mehltau	2,1	0	46,2	20,0	0,0	1,4
Anfälligkeit für Blattseptoria	2,9	2	58,6	31,0	0,0	4,1
DTR	2,7	2	57,2	28,3	0,0	2,8
Gelbrost	3,3	3	64,8	35,9	0,0	3,4
Braunrost	2,4	1	52,4	24,1	0,0	2,8
Ährenfusarium	2,9	2	59,3	30,3	0,0	2,8
Spelzbräune	1,8	0	41,4	16,6	0,0	4,8
Bestandesdichte	2,6	1	51,7	29,0	0,0	4,1
Kornzahl je Ähre	1,9	0	38,6	20,7	0,0	2,1
TKM	2,2	0	42,8	25,5	0,0	8,3
Kornertrag Stufe 1	4,5	7	72,4	57,9	0,0	9,7
Kornertrag Stufe 2	5,4	7	82,8	72,4	0,0	17,2

Anhang 35: Nutzung von Eigenschaften bei den Entscheidungen zu den Produktionssystem MM1 (n = 145)

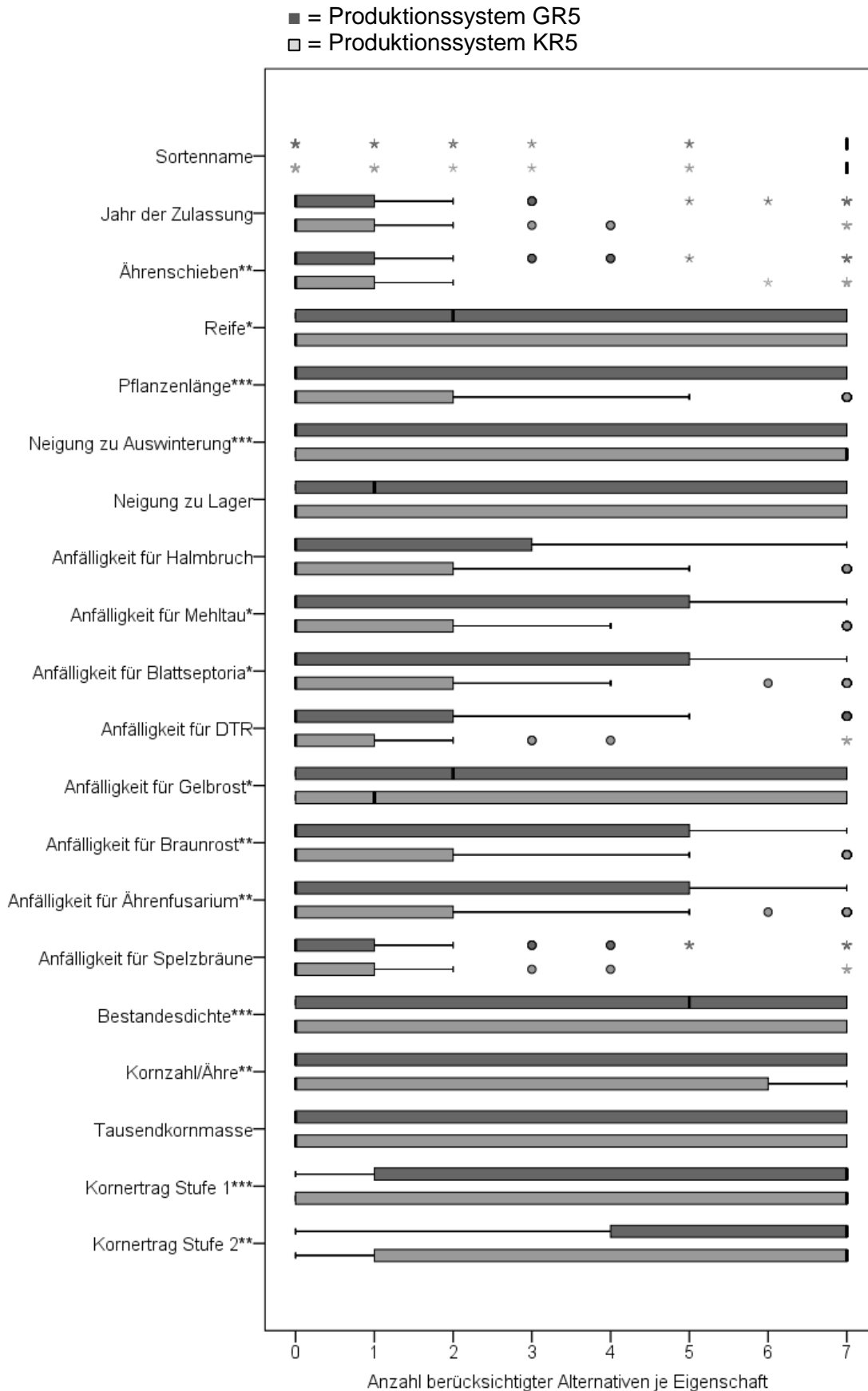
Eigenschaft	Anzahl berücksichtigter Merkmalsausprägungen		Anteil (%)				
	arithmetischer Mittelwert	Median	Berücksichtigt	7-mal berücksichtigt	nicht-kompensatorische Merkmalsbeurteilung take the best heuristic	Ausschlusskriterium	
Sortenname	5,7	7	85,5	79,3	7,6	9,0	
Jahr der Zulassung	1,0	0	26,2	9,0	0,0	4,1	
Ährenschieben	1,0	0	24,1	11,0	0,0	4,8	
Reife	2,0	0	42,1	24,1	0,0	5,5	
Pflanzenlänge	1,6	0	35,2	15,9	0,0	0,7	
Neigung zu Auswinterung	2,8	1	53,1	31,7	0,0	4,8	
Neigung zu Lager	2,4	0	49,7	26,2	0,0	4,1	
Halmbruch	1,6	0	41,4	13,8	0,0	4,1	
Mehltau	1,3	0	36,6	11,0	0,0	2,1	
Anfälligkeit für	Blattseptoria	1,6	0	39,6	16,0	0,0	2,8
	DTR	1,6	0	39,3	15,9	0,0	3,4
	Gelbrost	2,0	0	48,3	19,3	0,0	4,1
	Braunrost	1,6	0	39,3	14,5	0,0	2,1
	Ährenfusarium	3,8	4	67,6	48,3	0,0	7,6
	Spelzbräune	0,9	0	28,3	7,6	0,0	5,5
Bestandesdichte	2,3	0	45,5	25,5	0,0	4,8	
Kornzahl je Ähre	2,0	0	41,4	22,8	0,0	3,4	
TKM	2,3	0	45,5	26,9	0,0	4,8	
Kornertrag Stufe 1	4,3	7	70,3	55,9	0,0	11,7	
Kornertrag Stufe 2	5,0	7	80,7	66,2	0,0	12,4	

Anhang 36: Anzahl berücksichtigter Informationen je Eigenschaft (= berücksichtigte Alternativen je Eigenschaft) bei den Produktionssystemen MW1 und HW1 (Landwirte, n = 145; Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)**

□ = Produktionssystem MW1
 ■ = Produktionssystem HW1

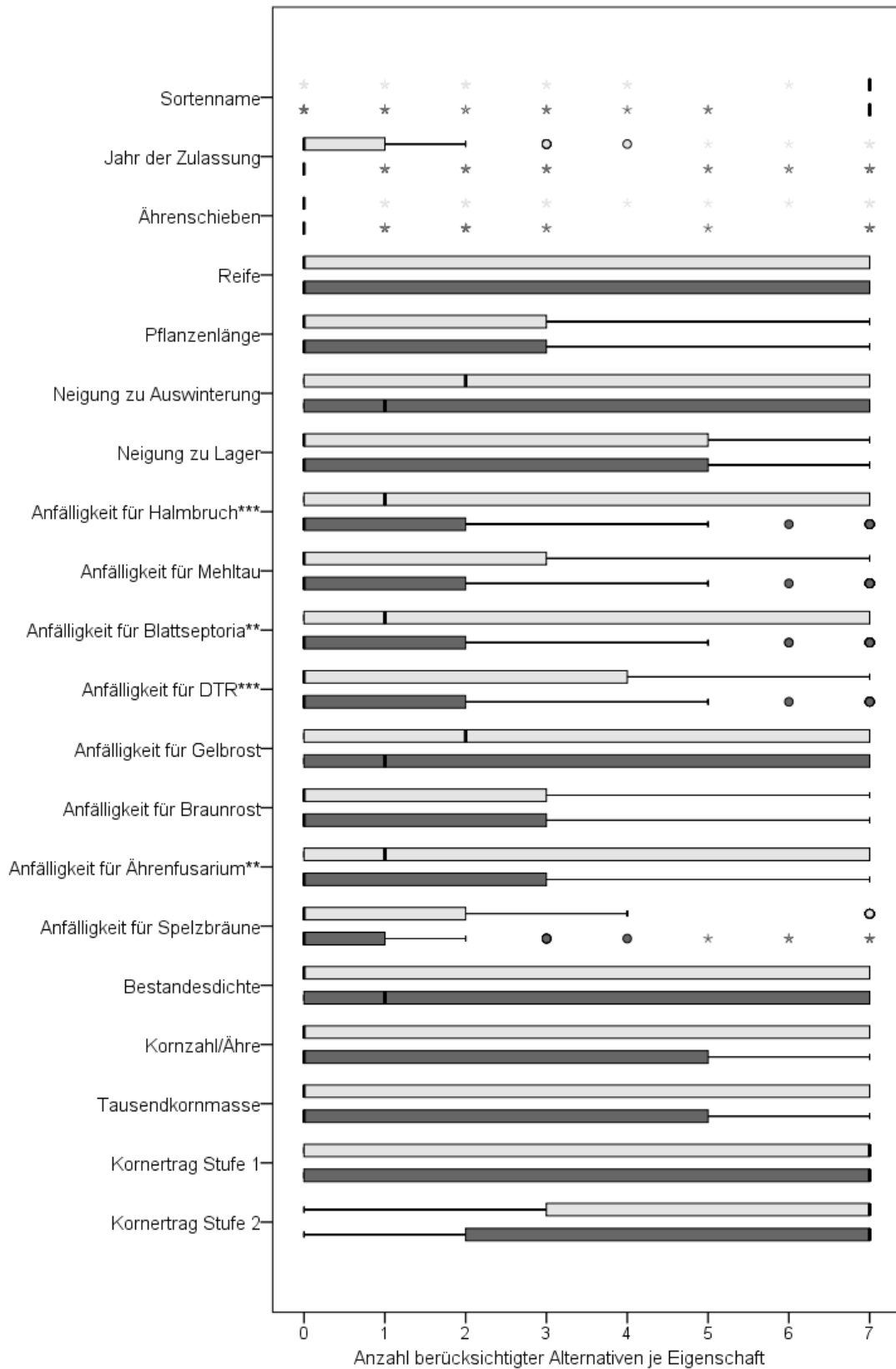


Anhang 37: Anzahl berücksichtigter Informationen je Eigenschaft (= berücksichtigte Alternativen je Eigenschaft) bei den Produktionssystemen GR5 und KR5 (Landwirte, n = 145; Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)**

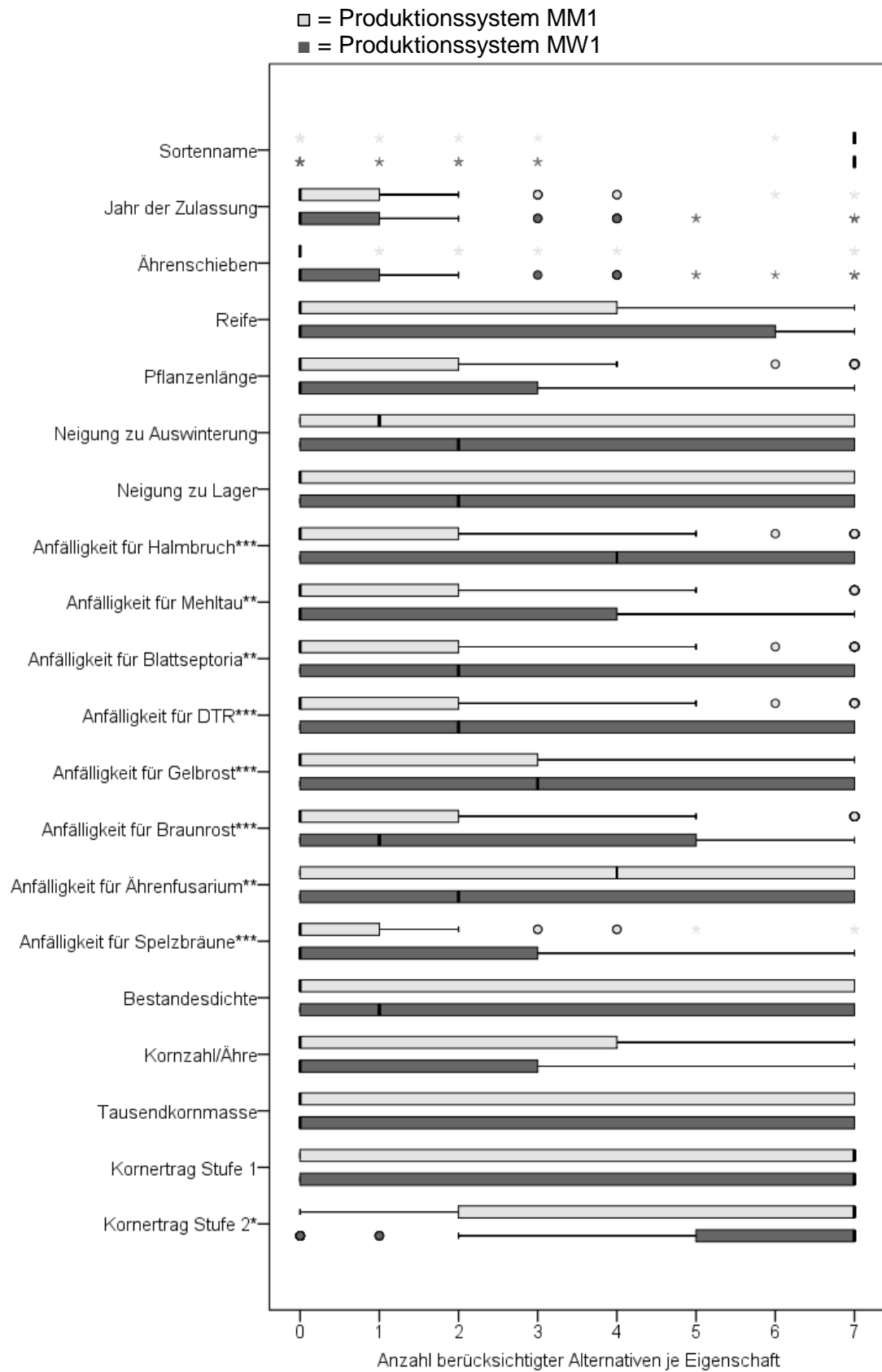


Anhang 38: Anzahl berücksichtigter Informationen je Eigenschaft (= berücksichtigte Alternativen je Eigenschaft) bei den Produktionssystemen HR1 und HW1 (Landwirte, n = 145; Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)**

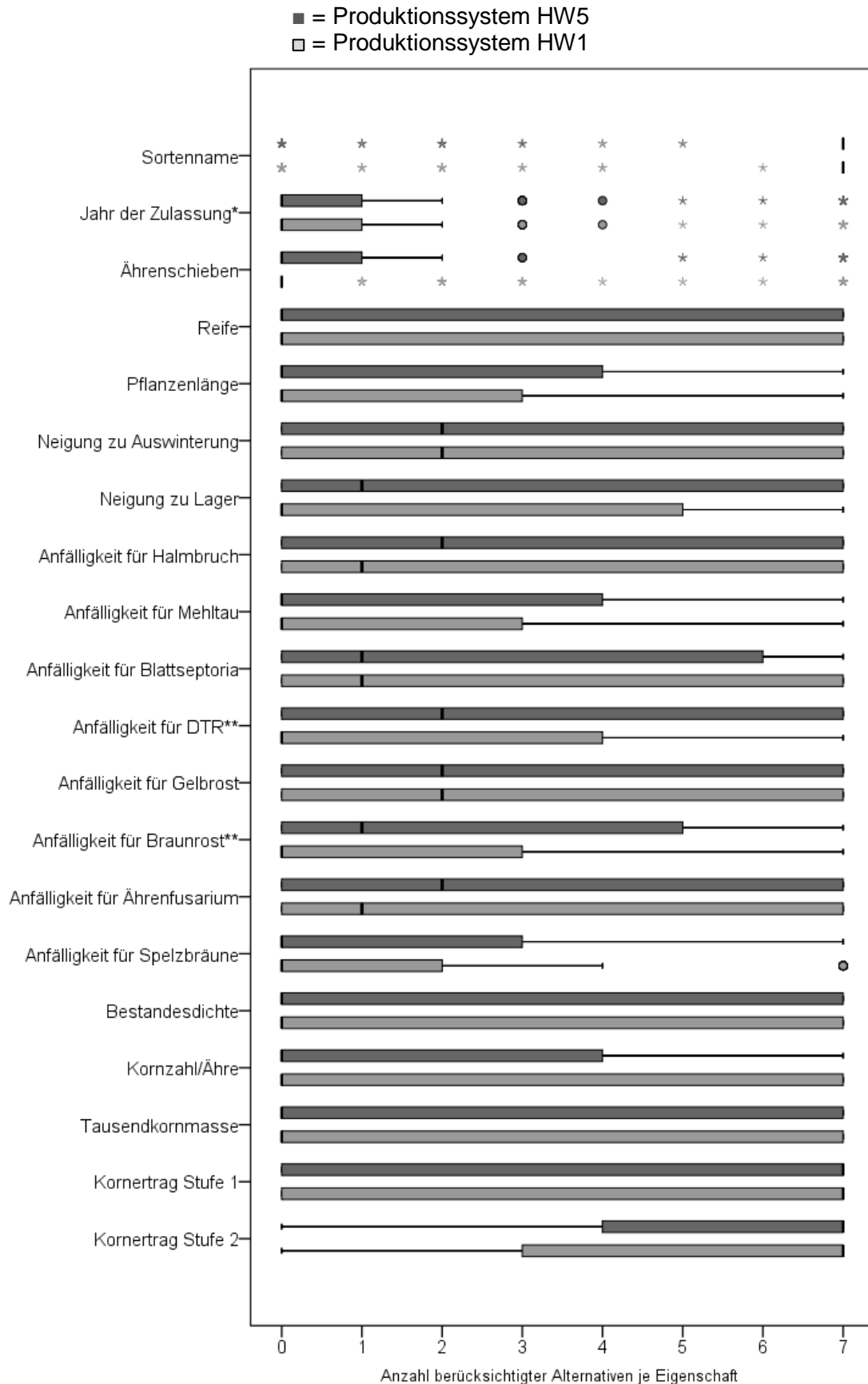
■ = Produktionssystem HR1
 □ = Produktionssystem HW1



Anhang 39: Anzahl berücksichtigter Informationen zu einer Eigenschaft (= berücksichtigte Alternativen je Eigenschaft) bei den Produktionssystemen MM1 und MM1 (Landwirte, n = 145; Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)**



Anhang 40: Anzahl berücksichtigter Informationen zu einer Eigenschaft (= berücksichtigte Alternativen je Eigenschaft) bei den Produktionssystemen HW5 und HW1 (Landwirte, n = 145; Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: *p < 0,05; **p < 0,01; *p < 0,001)**



**Erklärung nach § 17 der Promotionsordnung des Fachbereichs Agrarwissenschaften,
Ökotoxikologie und Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Giessen vom 7.
Juli 2004**

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Giessen, den 05.07.2017

Jörg Müller