

Konstantin Becker

**Weitreihenanbau von Winterweizen
im Ökologischen Landbau:**

**Möglichkeiten zur Verbesserung
von Backqualität und Vorfruchtwert**



λογος

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II
– Professur für Organischen Landbau –
der Justus-Liebig-Universität Gießen

**Weitreihenbau von Winterweizen im Ökologischen Landbau:
Möglichkeiten zur Verbesserung von Backqualität und
Vorfruchtwert**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. agr.)
beim Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie
und Umweltmanagement
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Dipl.-Ing. agr. Konstantin Becker

Gießen 2006

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

©Copyright Logos Verlag Berlin 2007

Alle Rechte vorbehalten.

ISBN 978-3-8325-1540-9

Logos Verlag Berlin
Comeniushof, Gubener Str. 47,
10243 Berlin
Tel.: +49 030 42 85 10 90
Fax: +49 030 42 85 10 92
INTERNET: <http://www.logos-verlag.de>

meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung.....	1
2	Material und Methoden.....	3
2.1	Standorte.....	3
2.2	Versuchsflächen.....	5
2.3	Witterung.....	6
2.4	Feldexperimente.....	9
2.4.1	Reihenweite, Untersaaten, Mulchtechnik.....	9
2.4.2	Sortenwahl und Saatstärken.....	12
2.4.3	Überprüfung des Vorfruchtwertes des Anbausystems Weite Reihe.....	14
2.5	Erfassung der Prüfmerkmale.....	14
2.5.1	Prüfmerkmale Pflanze.....	14
2.5.2	Prüfmerkmale Boden.....	16
2.6	Erosionsmessungen.....	17
2.6.1	Versuchsaufbau.....	17
2.6.2	Probennahme im Feld.....	17
2.6.3	Versuchsdurchführung.....	18
2.7	Mulchtechnik.....	18
2.8	Methoden der statistischen Auswertung und Darstellung der Ergebnisse.....	20
2.9	Methodik zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.....	20
3	Ergebnisse.....	23
3.1	Kornerträge 1999/2000 und 2000/2001.....	23
3.1.1	Kornerträge im Durchschnitt der Untersuchungsstandorte.....	23
3.1.2	Kornerträge auf dem Standort Oberer Neckar.....	24
3.1.3	Kornerträge auf dem Standort Wetterau.....	26
3.1.4	Kornerträge auf dem Standort Vogelsberg.....	26
3.1.5	Kornerträge auf dem Standort Uckermark.....	27
3.2	Ertragsparameter 1999/2000 und 2000/2001.....	28
3.2.1	Anzahl ährentragender Halme.....	28
3.2.2	Kornzahlen je Ähre.....	29
3.2.3	Tausendkornmasse.....	30
3.3	Bestandesentwicklung 1999/2000 und 2000/2001.....	30
3.3.1	Pflanzenbestände Frühjahr.....	30
3.3.2	Bestockungsindex.....	32
3.4	Qualitäten 1999/2000 und 2000/2001.....	33
3.4.1	Qualitätsparameter im Durchschnitt der Untersuchungsstandorte.....	34
3.4.2	Qualitätsparameter auf dem Standort Oberer Neckar.....	35
3.4.3	Qualitätsparameter auf dem Standort Wetterau.....	36
3.4.4	Qualitätsparameter auf dem Standort Vogelsberg.....	37
3.4.5	Qualitätsparameter auf dem Standort Uckermark.....	38
3.4.6	Backversuche.....	39
3.5	Zeiternten 1999/2000 und 2000/2001.....	40
3.6	Stroherträge 1999/2000 und 2000/2001.....	44
3.7	Sorten- und Saatstärkenversuch 2001/2002.....	45
3.7.1	Kornerträge verschiedener Sorten bei differenzierten Saatstärken.....	45
3.7.2	Ertragsparameter verschiedener Sorten bei differenzierten Saatstärken.....	46
3.7.3	Qualitäten verschiedener Sorten bei differenzierten Saatstärken.....	47
3.7.4	Stroherträge verschiedener Sorten bei differenzierten Saatstärken.....	50
3.8	Vorfruchtwirkungen.....	51
3.9	Bodenuntersuchungen.....	55

3.9.1	Erosionsstabilität	55
3.9.2	Bodenstickstoff.....	56
3.9.3	Bodenfeuchte.....	58
3.10	Funktionsweise der Mulchtechnik	59
3.11	Wirtschaftlichkeitsanalyse des Anbauverfahrens.....	61
4	Diskussion	66
4.1	Kornertrag	66
4.1.1	Erweiterung der Reihenweite auf 50 cm	66
4.1.2	Einsatz von Untersaaten	68
4.1.3	Einsatz des Mulchgerätes	70
4.2	Ertragsbildung und Ertragsstruktur	72
4.2.1	Ähren je m ²	72
4.2.2	Körner je Ähre.....	73
4.2.3	Tausendkornmasse	73
4.3	Qualität	75
4.3.1	Erweiterung der Reihenweite auf 50 cm	75
4.3.2	Einsatz von Untersaaten	78
4.3.3	Einsatz des Mulchgerätes	79
4.4	Einzelstandortbetrachtung Ertrag und Qualität	81
4.4.1	Oberer Neckar	81
4.4.2	Wetterau	82
4.4.3	Vogelsberg	83
4.4.4	Uckermark	84
4.5	Trockenmassebildung.....	85
4.6	Strohertrag.....	86
4.7	Sorten und Saatstärken	87
4.8	Vorfruchtwirkung.....	89
4.9	Bodenparameter	90
4.10	Bestandspflege mit Reihenmulcher	93
4.11	Wirtschaftlichkeit	94
5	Schlussfolgerungen und Ausblick	97
6	Zusammenfassung	99
7	Summary	102
8	Literatur.....	105
9	Anhang	114

Verzeichnis der Abkürzungen

m	Meter
cm	Zentimeter
mm	Millimeter
Abb.	Abbildung
a	Jahr
NN	Normal Null
°C	Grad Celsius
kg	Kilogramm
%	Prozent
TKM	Tausendkornmasse
m ²	Quadratmeter
C	Kohlenstoff
N	Stickstoff
NO ₃	Nitrat
NH ₄	Ammonium
N _{min}	Summe aus Nitrat- und Ammoniumstickstoff
pH	negativer dekadischer Logarithmus der H ⁺ -Ionen Konzentration
Tab.	Tabelle
dt	Dezitonne
t	Tonne
TS	Trockensubstanz
ha	Hektar
US	Untersaat
\bar{x}	Durchschnitt
RMT	Rapid-Mix-Test
l	Liter
ml	Milliliter
n	Anzahl der Beobachtungswerte
RP	Rohprotein
Fa.	Firma
FK	Feuchtkleber
L	Lehm
S	Sand
T	Ton
K ₂ SO ₄	Kaliumsulfat
P ₂ O ₅	Phosphor, gemessen als Phosphat
K ₂ O	Kalium, gemessen als Kaliumoxid
Mg	Magnesium
A-Weizen	Aufmischweizen
E-Weizen	Eliteweizen
BBCH	Bayer, BASF, Ciba-Geigy, Höchst
€	Euro

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Kennzahlen der Untersuchungsstandorte	3
Tabelle 2:	Versuchsflächen der Anbaujahre 1999/2000 und 2000/2001	5
Tabelle 3:	Versuchsflächen der Anbaujahre 2001/2002	6
Tabelle 4:	Versuchsanlage in den Vegetationsperioden 1999/2000 und 2000/2001	10
Tabelle 5:	Versuchsanlage Saatstärke und Sortenwahl 2001/2002, Standorte Wetterau und Vogelsberg.....	13
Tabelle 6:	Termine der Bodenprobenahmen zur Bestimmung des N _{min} -Gehaltes.....	16
Tabelle 7:	Die in den Modellrechnungen gegenüber Normalsaat berücksichtigten Versuchsvarianten	21
Tabelle 8:	Kornerträge von Winterweizen (Sorte Bussard) im Durchschnitt der Behandlungen auf vier Untersuchungsstandorten und in zwei Versuchsjahren, n = 128.....	23
Tabelle 9:	Kornertrag von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen in den Untersuchungsjahren 2000 und 2001 (Ergebnisse jeweils im Mittel der vier Untersuchungsstandorte, n = 128)	24
Tabelle 10:	Kornerträge von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort Oberer Neckar in zwei Versuchsjahren, n = 32	25
Tabelle 11:	Kornerträge von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort Wetterau in zwei Versuchsjahren, n = 32	26
Tabelle 12:	Kornerträge von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort Vogelsberg in zwei Versuchsjahren, n = 32	27
Tabelle 13:	Kornerträge von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort Uckermark in zwei Versuchsjahren, n = 32	28
Tabelle 14:	Anzahl ährentragender Halme je m ² von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse jeweils im Mittel der zwei Untersuchungsjahre und getrennt für die einzelnen Standorte, n = 64)	29
Tabelle 15:	Anzahl Körner je Ähre von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse jeweils im Mittel der zwei Untersuchungsjahre und getrennt für die einzelnen Standorte, n = 64)	29
Tabelle 16:	Tausendkornmasse (TKM) von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel der vier Versuchsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)	30
Tabelle 17:	Relativer Pflanzenbestand von Winterweizen (Sorte Bussard) im Frühjahr vor der Bestockung in Prozent in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen in den Untersuchungsjahren 2000 und 2001; Bezug: Anzahl keimfähiger Körner zur Aussaat (Ergebnisse jeweils im Mittel der vier Untersuchungsstandorte, n = 128).....	31
Tabelle 18:	Bestockungsindex von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im	

	Mittel der vier Versuchsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)	32
Tabelle 19:	Rohproteingehalte von Winterweizen (Sorte Bussard) im Durchschnitt der Behandlungen auf vier Untersuchungsstandorten und in zwei Versuchsjahren, n = 128.....	33
Tabelle 20:	Feuchtklebergehalte von Winterweizen (Sorte Bussard) im Durchschnitt der Behandlungen auf vier Untersuchungsstandorten und in zwei Versuchsjahren, n = 128.....	33
Tabelle 21:	Sedimentationswert (ml) von Winterweizen (Sorte Bussard) im Durchschnitt der Behandlungen auf vier Untersuchungsstandorten und in zwei Versuchsjahren, n = 128	34
Tabelle 22:	Kennziffern zur Backqualität von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Resultate im Mittel von vier Standorten und zwei Untersuchungsjahren, n = 256)	35
Tabelle 23:	Kennziffern zur Backqualität von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort oberer Neckar, n = 32	36
Tabelle 24:	Kennziffern zur Backqualität von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort Wetterau, n = 32	37
Tabelle 25:	Kennziffern zur Backqualität von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort Vogelsberg, n = 32.....	38
Tabelle 26:	Kennziffern zur Backqualität von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort Uckermark, n = 32	39
Tabelle 27:	Backvolumen (RMT) von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (Mischproben von vier Standorten, Erntejahr 2000 und 2001, n = 12)	40
Tabelle 28:	Biomasseaufwuchs von Winterweizen (Sorte Bussard) und Beisaaten zum ersten Erntetermin (= Mulchtermin); Ertrag in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel der vier Untersuchungsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)	41
Tabelle 29:	Biomasseaufwuchs von Winterweizen (Sorte Bussard) und Beisaaten zum zweiten Erntetermin (=Mulchtermin); Ertrag in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse jeweils im Mittel der vier Untersuchungsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)	42
Tabelle 30:	Biomasseaufwuchs von Untersaaten und Unkraut nach der Ernte auf unterschiedlichen Standorten in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel von zwei Untersuchungsjahren, n = 64)	43
Tabelle 31:	Strohertrag (TS) von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel der vier Versuchsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256).....	44
Tabelle 32:	Kornertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von Sorte und Standort (2002, im Mittel der Versuchsbehandlungen, n=80)	45

Tabelle 33:	Kornertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaaten (2002, im Mittel der Sorten und Untersuchungsstandorte, n = 80)	45
Tabelle 34:	Anzahl ährentragender Halme je m ² von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat auf zwei Untersuchungsstandorten (2002, im Mittel der Sorten, n = 40)	46
Tabelle 35:	Anzahl Körner je Ähre von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat auf zwei Untersuchungsstandorten (2002, im Mittel der Sorten, n = 40).....	47
Tabelle 36:	Tausendkornmasse (TKM) von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Sorten und Untersuchungsstandorte, n = 80)	47
Tabelle 37:	Rohproteingehalt im Winterweizenkorn in Abhängigkeit von Sorte und Standort (2002, im Mittel der Versuchsbehandlungen, n=80).....	48
Tabelle 38:	Rohproteingehalt im Winterweizenkorn unterschiedlicher Sorten von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Untersuchungsstandorte, n = 80).....	48
Tabelle 39:	Gehalt an Feuchtkleber in Abhängigkeit von Sorte und Standort (2002, im Mittel der Versuchsbehandlungen, n=80).....	49
Tabelle 40:	Gehalt an Feuchtkleber von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Untersuchungsstandorte, n = 80).....	49
Tabelle 41:	Sedimentationswert von Winterweizen in Abhängigkeit von Sorte und Standort (2002, im Mittel der Versuchsbehandlungen, n=80).....	50
Tabelle 42:	Sedimentationswert von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Untersuchungsstandorte, n = 80).....	50
Tabelle 43:	Strohertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Sorten und Untersuchungsstandorte, n = 80)	51
Tabelle 44:	Vergleichende Gegenüberstellung der Erträge der Vorfrucht Winterweizen, der Untersaat und der Nachfrucht Winterroggen auf dem Standort Wetterau.....	52
Tabelle 45:	Vergleichende Gegenüberstellung der Erträge der Vorfrucht Winterweizen, der Untersaat und der Nachfrucht Winterroggen auf dem Standort Vogelsberg.....	54
Tabelle 46:	Bodenabtrag in t/ha in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat unter Laborbedingungen (Messungen am bewachsenen Boden vor dem Ährenschieben, Proben vom Standort Wetterau, Vegetationsjahr 2001).....	55
Tabelle 47:	Gehalt an löslichem Stickstoff in der Tiefe 0 – 90 cm in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen; Termin: September des jeweiligen Jahres (n = 32).....	56
Tabelle 48:	Gehalt an löslichem Stickstoff unter Winterweizen in der Tiefe 0 – 90 cm in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (Standort Wetterau, n = 60);	57
Tabelle 49:	Bodenwassergehalt (Masse-%) in 0 – 30 cm Tiefe in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen auf dem Standort Wetterau (Ergebnisse zu unterschiedlichen Terminen, jeweils im Mittel der Jahre 2000 und 2001; n = 64).....	59

Tabelle 50:	Gemessener Bodenabtrag bei Winterweizen im Vergleich mit Literaturangaben.....	92
Tabelle 51:	Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD), die für die Witterungsaufzeichnungen im Untersuchungszeitraum 1999 bis 2002 genutzt wurden	114
Tabelle 52:	Schlagbezeichnung der Versuchsflächen	114
Tabelle 53:	Einkaufspreise Öko-Reform e.V.	115
Tabelle 54:	Einkaufspreise ⁽¹⁾ der Organisch biologischen Erzeugergemeinschaft Hohenlohe GmbH & Co. Kg (OBEG)	116
Tabelle 55:	Varianztabelle Kornertag Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)	116
Tabelle 56:	Varianztabelle Ährentragende Halme Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)	117
Tabelle 57:	Varianztabelle Körner je Ähre Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)	117
Tabelle 58:	Varianztabelle Tausendkornmasse Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)	117
Tabelle 60:	Varianztabelle Bestockungsindex Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)	118
Tabelle 61:	Varianztabelle Rohproteingehalt Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)	118
Tabelle 62:	Varianztabelle Feuchtklebergehalt Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)	119
Tabelle 63:	Varianztabelle Sedimentationswert Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)	119
Tabelle 64:	Varianztabelle Kornertag für den Faktor Variante, Einzelstandorte	119
Tabelle 65:	Varianztabelle Ährentragende Halme je m ² Standort Wetterau in Abhängigkeit von Variante und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)	120
Tabelle 66:	Varianztabelle Ährentragende Halme je m ² Standort Oberer Neckar in Abhängigkeit von Variante und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)	120
Tabelle 67:	Varianztabelle Ährentragende Halme je m ² Standort Vogelsberg in Abhängigkeit von Variante und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)	120
Tabelle 68:	Varianztabelle Ährentragende Halme je m ² Standort Uckermark in Abhängigkeit von Variante und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)	120
Tabelle 69:	Varianztabelle Körner je Ähre Standort Wetterau in Abhängigkeit von Variante und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)	120
Tabelle 73:	Varianztabelle Gehalt an Rohprotein für den Faktor Variante, Einzelstandorte	121
Tabelle 74:	Varianztabelle Gehalt an Feuchtkleber für den Faktor Variante, Einzelstandorte	122
Tabelle 75:	Varianztabelle Sedimentationswert für den Faktor Variante, Einzelstandorte	122

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Untersuchungsstandorte Weite Reihe	3
Abbildung 2:	Klimaverlauf Oberer Neckar 1999/2000 und 2000/2001	7
Abbildung 3:	Klimaverlauf Wetterau 1999/2000 und 2000/2001	7
Abbildung 4:	Klimaverlauf Vogelsberg 1999/2000 und 2000/2001	8
Abbildung 5:	Klimaverlauf Uckermark 1999/2000 und 2000/2001	9
Abbildung 6:	Arbeitswerkzeuge des Reihenmulchers	19
Abbildung 7:	Reihenmulcher im Einsatz bei 50 cm Reihenweite.....	19
Abbildung 8:	Gewinndifferenz je Hektar Winterweizen ¹⁾ in den vier Versuchsbetrieben bei Einführung der Weiten Reihe ohne Berücksichtigung einer Qualitätsvergütung	62
Abbildung 9:	Gewinndifferenz je Hektar Winterweizen ¹⁾ in den vier Versuchsbetrieben bei Einführung der Weiten Reihe unter Berücksichtigung einer Qualitätsvergütung (Szenario A2)	63
Abbildung 10:	Gewinndifferenz je Hektar Winterweizen ¹⁾ in den vier Versuchsbetrieben bei Einführung der Weiten Reihe mit Berücksichtigung einer Qualitätsvergütung und einem überbetrieblichen Einsatz der Mulchtechnik ²⁾	64
Abbildung 11:	Gesamtbetriebliche Gewinndifferenz ¹⁾ je Hektar Ackerfläche in den vier Versuchsbetrieben bei Einführung der Weiten Reihe unter Berücksichtigung einer Qualitätsvergütung und eines überbetrieblichen Einsatzes der Mulchtechnik ²⁾ sowie einer innerbetrieblichen Anpassung des Anbausystems ³⁾ (Szenario B)	65

1 Einleitung und Zielsetzung

Ökologischer Pflanzenbau bedeutet eine weitgehende Nutzungsbeschränkung auf die natürlich gegebenen Ressourcen eines Standortes (HAAS 2001). Der Anbau von Getreide mit weiten Reihenabständen stellt ein besonderes Anbausystem dar, welches sich an den speziellen pflanzenbaulichen Anforderungen und Bedingungen des ökologischen Anbaus orientiert.

Bisher wurde die Frage des Reihenabstandes im Getreidebau hauptsächlich im Hinblick auf eine möglichst gleichmäßige Standraumverteilung diskutiert (MÜLLE & HEGE 1981, HAKANSSON 1984). Üblicherweise wurde und wird entsprechend bestehender Erfahrungen und Empfehlungen auch in der Praxis des ökologischen Landbaus Getreide mit relativ engem Reihenabstand angebaut (SCHENKE & KÖPKE 1991, EISELE 1992, DREWS et al. 2003). Angestrebt wird eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Pflanzen auf der Fläche, um eine optimale Standraum- und Nährstoffausnutzung zu erreichen.

Backweizen ist auch in der ökologischen Landwirtschaft eine der bedeutendsten Kulturarten und stellt für viele Betriebe die wichtigste Marktfrucht dar (STOEPPLER 1989, SCHMIDT 2004). Die Erschließung eines immer breiteren Konsumentenkreises für Öko-Produkte bringt es mit sich, dass sich die Weizenproduzenten wachsenden Anforderungen an die Backqualität stellen müssen. Neben traditionellen Vollkornprodukten mit lockerer Beschaffenheit werden vermehrt auch Backwaren aus Auszugsmehl der Type 550 nachgefragt (BRUNNER 2001).

Die Erzeugung von Backweizen mit hohen Qualitätsmerkmalen ist jedoch unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus großen Schwankungen und Risiken unterworfen (POMMER 2003). Eine hohe Backqualität erfordert einen hohen Proteingehalt im Weizenkorn, was eine hinreichend hohe Stickstoffversorgung der Weizenbestände insbesondere während der generativen Phase voraussetzt (BUCHNER 1991, SCHENKE 1993). Der nach der Blüte zur Kornproteinsynthese benötigte Stickstoff kann aus den Bodenvorräten oftmals nicht mehr ausreichend bereitgestellt werden (POMMER 2003, BAECKSTRÖM et al. 2004). Besonders betroffen sind ökologisch bewirtschaftete Betriebssysteme mit geringem oder ohne Viehbesatz (DEBRUCK 2003, SCHMIDT 2004). Einerseits stehen gegenüber dem viehhaltenden Betrieb aufgrund fehlender mehrjähriger Futterleguminosen weniger Vorfrüchte mit hohem Stickstoff-Nachlieferungsvermögen zur Verfügung. Zum anderen fehlen betriebseigene organische Düngemittel, um die erschöpften Stickstoffvorräte wieder aufzufüllen.

Um das geringere Stickstoffangebot besser für die Kornfüllung nutzen zu können, werden im ökologischen Landbau allgemein geringere Bestandesdichten angestrebt (STÖPPLER 1989). BAEUMER (1992) empfiehlt unter nährstofflimitierten Bedingungen weitere Reihenabstände, damit sich die in der Reihe dichter stehenden Pflanzen zunächst gegenseitig im Wachstum begrenzen und von den verfügbaren Vorräten in der Kornfüllungsphase zehren können.

Dieses Konzept der Weiten Reihe findet seit Mitte der neunziger Jahre Anwendung in der Praxis des ökologischen Landbaus (STUTE 1996, ALVERMANN 1996). In jüngeren

Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, mit Getreidereihenabständen von 35, 45 oder sogar mehr als 50 cm ein für den ökologischen Anbau durchaus übliches Ertragsniveau bei gleichzeitiger Erhöhung des Kornproteingehaltes zu erreichen (ALVERMANN 1996; GERMEIER 1997; HOCHMANN 1998, RICHTER 1999). Als weitere Option wurde erkannt, dass die freigewordenen Reihenzwischenräume als Ansaatraum für eine legume Beisat genutzt werden können, um dadurch die betriebliche Stickstoffversorgung über die symbiotische Fixierung von Luftstickstoff zu verbessern (HOF & RAUBER 2003).

Diese Erfahrungen aus der Praxis und die unterschiedlichen Hinweise aus der Wissenschaft waren Anlass, zur Herbstaussaat 1999 bis zum Jahr 2002 ein von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung Frankfurt/M. gefördertes Forschungs- und Entwicklungsvorhaben durchzuführen.

Im Vorfeld der Untersuchung wurde ein spezielles Pflegegerät entwickelt, mit dessen Hilfe eine Regulierung der Leguminosenbeisaaten und des Unkrautes in den Reihenzwischenräumen durch oberflächiges Abmulchen möglich wurde (Entwicklung durch die Fa. Kress & Co, umweltschonende Landtechnik, Vaihingen/Enz). Der Reihenmulcher war so konstruiert, dass bei einer Arbeitsbreite von drei Meter sechs Reihen bearbeitet wurden. Damit wurde der Reihenabstand des Getreides auf 50 cm festgelegt. Vier ökologisch wirtschaftende Betriebe aus unterschiedlichen Regionen der Bundesrepublik Deutschland investierten in diese neuartige Technik und schufen damit die Voraussetzungen für die Durchführung der Untersuchungen.

Die **Zielsetzung** der vorliegenden Arbeit ist es, die pflanzenbaulichen Auswirkungen und Vorteile sowie die Durchführbarkeit des in mehrerer Hinsicht neuartigen Anbauverfahrens Weite Reihe zur Produktion von Winterweizen zu prüfen und zu dokumentieren.

Folgende Fragen zum Anbauverfahren Weite Reihe waren dabei von besonderem Interesse:

- Wie wirkt sich die Erhöhung des Reihenabstandes auf 50 cm auf Ertrag und Qualität gegenüber dem üblichen Verfahren mit engem Reihenabstand aus?
- Welche Auswirkungen hat der Einsatz von Untersaaten in dem Anbauverfahren?
- Wie ist die Arbeit des Reihenmulchers zu bewerten?
- Gibt es eine unterschiedliche Sorteneignung für das Verfahren und welche Saatstärken sind dem Verfahren angepasst?
- Welche Vorfruchtwirkungen gehen von dem Anbauverfahren aus?
- Wie sind die Auswirkungen des Verfahrens auf umweltrelevante Bodenparameter zu bewerten?
- Welche ökonomischen Veränderungen ergeben sich durch die Anwendung des Anbauverfahrens?

2 Material und Methoden

2.1 Standorte

Die in den Anbaujahren 1999-2001 durchgeführten Feldversuche wurden auf den Flächen von vier ökologisch bewirtschafteten Praxisbetrieben in drei Bundesländern durchgeführt (Abb. 1).



Abbildung 1: Untersuchungsstandorte Weite Reihe

Wesentliche Kennzahlen der Untersuchungsstandorte sind in Tab. 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Kennzahlen der Untersuchungsstandorte

Naturräumliche Lage		Oberer Neckar, Baden-Württemberg	Wetterau, Hessen	Vogelsberg, Hessen	Uckermark, Brandenburg
Niederschläge	mm/a	750	480	680	530
Jahresdurchschnitts- temperatur	°C	6,3	9,2	7,1	8,2
Bodenart		Sand, sandiger Lehm, Ton	sandiger Lehm	toniger Lehm	Sand bis Lehm
Geländegestaltung		kuppiert, hängig	eben	kuppiert, hängig	eben bis leicht hügelig
Betriebstyp		viehloser Ackerbau	viehloser Ackerbau	Ackerbau und Mutterkühe	viehloser Ackerbau
Betriebsgröße	ha	63	70	235	1.077
Ackerfläche	ha	45	70	98	1.033
Bodenbearbeitung		pfluglos	Pflug	Pflug	Pflug

Die ergänzenden Untersuchungen im Anbaujahr 2001/2002 wurden auf den beiden in Hessen gelegenen Betrieben Wetterau und Vogelsberg durchgeführt.

➤ **Standort Oberer Neckar, Baden-Württemberg:**

Der Betrieb liegt im Muschelkalkgebiet des oberen Neckarraumes in der Nähe von Rottweil und verfügt über 45 ha viehlos bewirtschaftetes Ackerland mit einer durchschnittlichen Schlaggröße von 8 ha.

Das Gelände hat ein kuppirtes, hängiges Relief mit stark differierenden Bodenverhältnissen von sandig- über anlehmig- bis hin zu tonigen Böden. Die Bonität der Ackerflächen beträgt im Durchschnitt 35 Bodenpunkte.

Der Betrieb wird nach den Richtlinien des Anbauverbandes Bioland bewirtschaftet. Seit 1974 wird konsequent auf die Pflugarbeit verzichtet. Die Bodenbearbeitung erfolgt mit einem mit Lockerungsscharen kombinierten Zinkenrotor.

Der Standort ist charakterisiert durch hohe Jahresniederschläge und eine durch die Höhenlage bedingte niedrige mittlere Jahrestemperatur.

➤ **Standort Hessen, Wetterau**

Der am westlichen Rande der Wetterau (Bad Homburg) gelegene, viehlos bewirtschaftete Marktfruchtbetrieb ist mit rund 70 ha Ackerland mit einer Bonität von 75-82 Bodenpunkten ausgestattet. Auf den Flächen werden neben Getreide und Körnererbsen auch intensivere Kulturen wie Kartoffeln, Möhren und ähnliche Gemüsearten angebaut. Standorttypisch ist ein geringer Jahresniederschlag verbunden mit einer ausgeprägten Frühjahrestrockenheit. Der Betrieb ist dem Anbauverband Naturland angeschlossen.

➤ **Standort Hessen, nordwestlicher Ausläufer des Vogelsberges**

Der zwischen Giessen und Alsfeld gelegene, von seiner Mittelsgebirgslage geprägte Betrieb wird nach den Richtlinien des Demeter-Verbandes bewirtschaftet. Die durchschnittliche langjährige Niederschlagsmenge beträgt 680 mm. Bei den Böden handelt es sich überwiegend um schwer zu bewirtschaftende, flachgründige tonige Lehm Böden mit hohem Steinbesatz. Das Gelände ist zum Großteil sehr hängig. Die mit durchschnittlich 47 Bodenpunkten bewertete landwirtschaftliche Nutzfläche teilt sich auf in 130 ha Grünland und 98 ha Ackerland. Das Grünland wird über eine Mutterkuhherde genutzt. Zusätzlich wird auf der Ackerfläche mehrjähriges Klee gras angebaut. Der anfallende Festmist wird sowohl zur Düngung des Grünlandes als auch zur Düngung des Ackerlandes eingesetzt.

➤ Standort Brandenburg, Uckermark

Der über tausend Hektar Ackerfläche umfassende viehlos wirtschaftende Mähdruschbetrieb wird nach den Richtlinien des Bioland-Verbandes geführt. Die Bonität der sandigen bis lehmigen Böden erreicht einen durchschnittlichen Wert von 40 Bodenpunkten. Auf dem Standort macht sich der Einfluss des kontinentalen Klimas bemerkbar. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge beträgt im langjährigen Mittel 530 mm pro Jahr. Vor allem in den Frühlings- und Frühsommermonaten kommt es oft zu längeranhaltenden Trockenperioden. Als stickstoffmehrendes Fruchtfolgefeld wird auf 20 bis 25 % der Fläche Klee gras in Form einer begrün ten Rotationsbrache angebaut.

2.2 Versuchsflächen

Tabelle 2 und Tabelle 3 beinhalten Aussagen zur Lage, Bodengüte und Vorbewirtschaftung der für die unmittelbare Versuchsdurchführung ausgewählten Flächen. Auf keiner der Flächen lag ein Mangel an Makronährstoffen vor, der die Ergebnisse der Versuchsdurchführung hätte beeinträchtigen können.

Tabelle 2: Versuchsflächen der Anbaujahre 1999/2000 und 2000/2001

Naturräumliche Lage	Oberer Neckar		Wetterau		Vogelsberg		Uckermark	
	99/00	00/01	99/00	00/01	99/00	00/01	99/00	00/01
Anbaujahr	99/00	00/01	99/00	00/01	99/00	00/01	99/00	00/01
Schlag ⁽¹⁾	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
m über NN	595	535	140	135	295	295	70	70
Bodenart und Entstehung ⁽²⁾	LT V	SL Al	L Lö	L Lö	LT V	LT V	SL V	SL V
Ackerzahl ⁽²⁾	38	52	66	75	38	41	40	40
pH-Wert	7,2	7,1	7,0	7,0	6,4	6,5	6,4	5,7
Gehaltsklasse P ₂ O ₅ ⁽³⁾	B	B	B	B	B	B	B	B
Gehaltsklasse K ₂ O ⁽³⁾	C	C	C	C	B	C	B	C
Gehaltsklasse Mg ⁽³⁾	C	D	C	C	C	C	C	C
Vorfrucht	KleeG	KleeG	Erb	Kart	Erb	Erb	KleeG	KleeG
Vor-Vorfrucht	Haf	Haf	Rog	Erb	Dink	Rog	KleeG	KleeG-

Legende: V = Verwitterung, AL = Alluvial, Lö = Löss, KleeG = Klee-Gras-Gemisch, Kart = Kartoffel, Haf = Hafer, Erb = Erbsen, Rog = Roggen,

⁽¹⁾Schlagverzeichnis siehe Anhang Tab. 52

⁽²⁾Angaben nach Reichsbodenschätzung

⁽³⁾Analysen der LUFA Kassel-Harleshausen, A=niedrig, E=hoch

Tabelle 3: Versuchsflächen der Anbaujahre 2001/2002

Naturräumliche Lage	Wetterau	Vogelsberg
Anbaujahr	01/02	01/02
Schlag ⁽¹⁾	IX	X
m über NN	135	280
Bodenart und Entstehung ⁽²⁾	sL, Lö	LT, V
Ackerzahl ⁽²⁾	78	46
pH-Wert	7,0	6,8
Gehaltsklasse P ₂ O ₅ ⁽³⁾	B	B
Gehaltsklasse K ₂ O ⁽³⁾	C	C
Gehaltsklasse Mg ⁽³⁾	C	C
Vorfrucht	Erb	Erb
Vor-Vorfrucht	Rog	Rog

Legende: V = Verwitterung, Lö = Löss, Erb = Erbsen, Rog = Roggen,

⁽¹⁾Schlagverzeichnis siehe Anhang Tab. 52

⁽²⁾Angaben nach Reichsbodenschätzung

⁽³⁾Analysen der LUFA Kassel-Harleshausen, A=niedrig, E=hoch

2.3 Witterung

Die Darstellung des Witterungsverlaufes auf den Untersuchungsstandorten in den beiden Hauptversuchsjahren 1999/2000 und 200/2001 erfolgt in den Abbildungen 2 – 5 anhand von Klimadiagrammen nach WALTER (1957).

Die dafür notwendigen Daten entstammen den Aufzeichnungen nächstgelegener Wetterstationen (siehe Anhang, Tab. 51).

➤ Standort oberer Neckar (Abb.2):

Der Standort war in beiden Jahren von seiner niederschlagsreichen Höhenlage gekennzeichnet. Hohe Niederschlagsmengen wurden 1999/2000 vor allem in den Wintermonaten und im zeitigen Frühjahr gemessen, während sich zur Abreife eine verhältnismäßig trockene Phase einstellte. Die niedrigsten Temperaturen wurden im Dezember beobachtet, ab April lagen die mittleren Tagestemperaturen über dem Gefrierpunkt. Im Folgejahr 2000/2001 war dagegen der Winter relativ trocken und die Frosttage erstreckten sich bis Ende April. Die feuchte Frühjahrswitterung setzte sich bis in die Sommermonate fort.

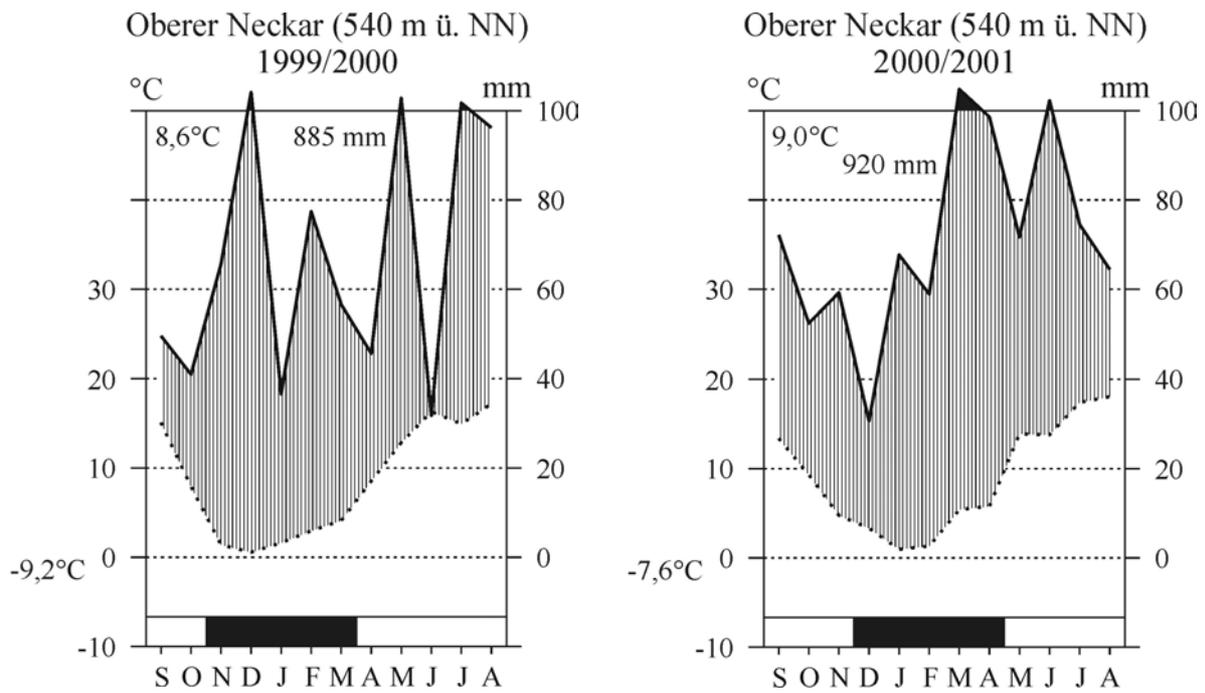


Abbildung 2: Witterungsverlauf Oberer Neckar 1999/2000 und 2000/2001

➤ **Standort Wetterau (Abb. 3):**

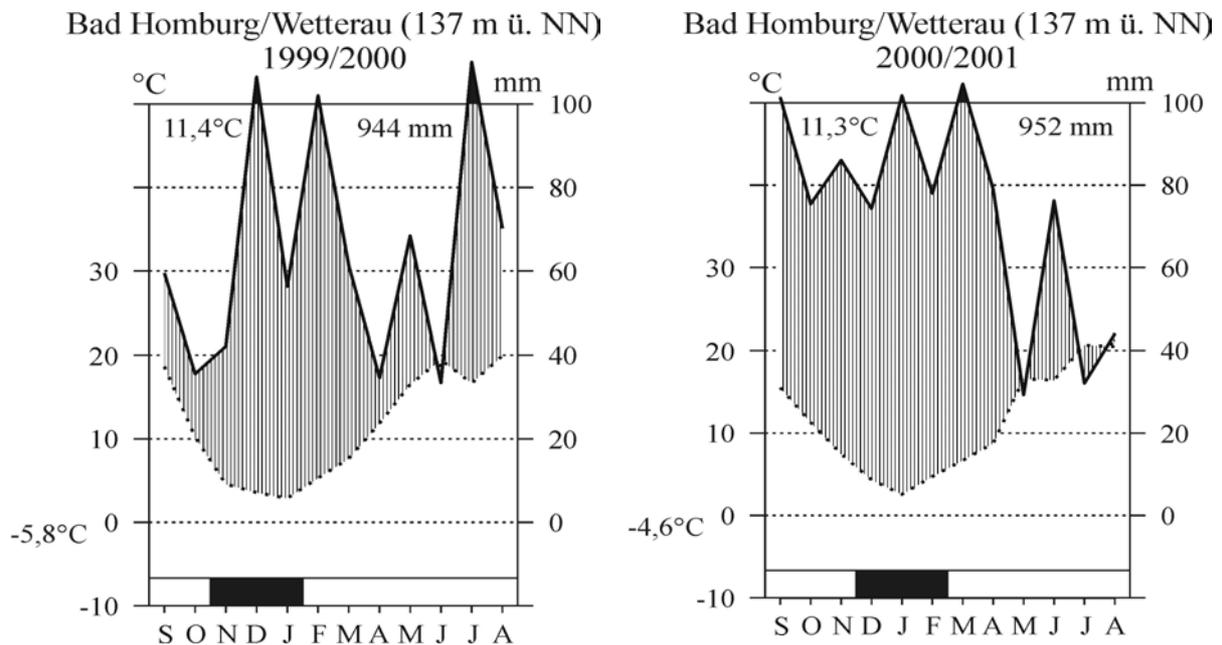


Abbildung 3: Witterungsverlauf Wetterau 1999/2000 und 2000/2001

Auf dem Standort Wetterau wurde in beiden Anbaujahren, insbesondere in der jeweils zweiten Vegetationsperiode, ein für den Standort überdurchschnittlich hoher Niederschlag gemessen. In beiden Jahren wurde nur eine schwach ausgeprägte Frühjahrstrockenheit beobachtet. Das Frühjahr des ersten Anbaujahres war gegenüber dem Folgejahr trockener und

wärmer, dagegen herrschten während der Abreife im Anbaujahr 2000/2001 trockene Bedingungen vor.

➤ **Standort Vogelsberg (Abb. 4):**

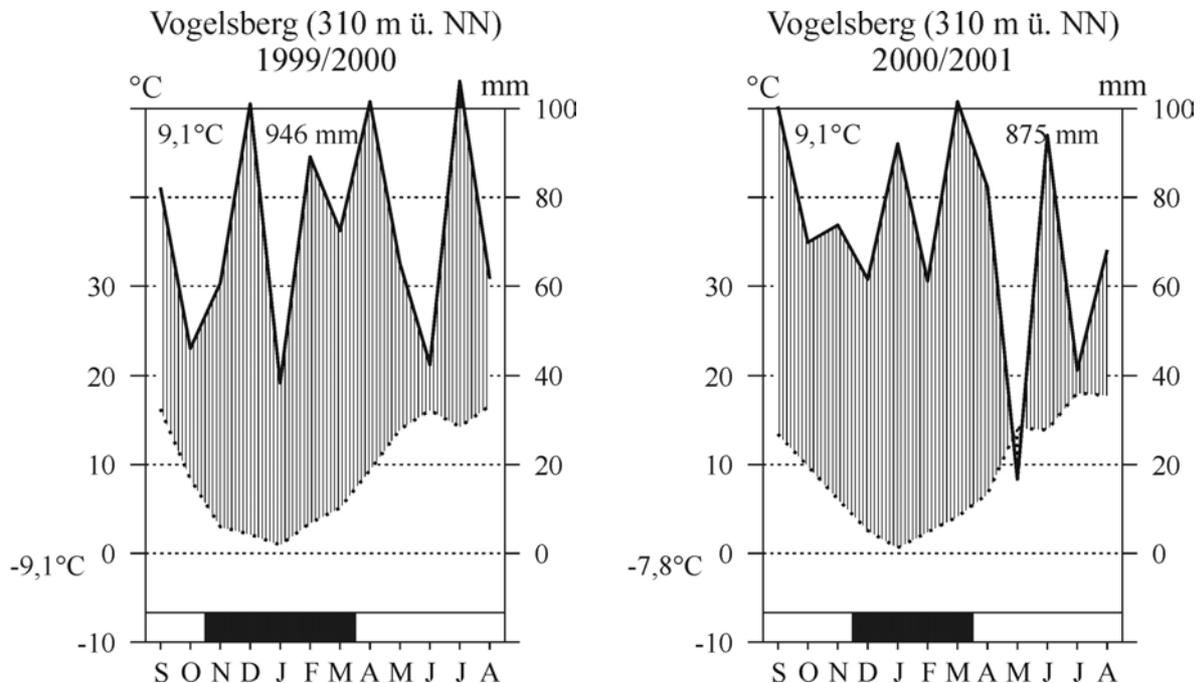


Abbildung 4: Witterungsverlauf Vogelsberg 1999/2000 und 2000/2001

Die auf dem Standort Vogelsberg gemessenen Temperaturen und auch deren Verlauf entsprachen in etwa den Verhältnissen auf dem Standort Oberer Neckar. Das Anbaujahr 2000/2001 unterschied sich von dem vorhergehenden Jahr vor allem durch eine Trockenperiode im Mai und durch trockenere Bedingungen während der Erntezeit.

➤ **Standort Uckermark (Abb. 5):**

Auf dem Standort Uckermark wurde in beiden Untersuchungsjahren der Einfluss des kontinentalen Klimas deutlich. Ein geringer Niederschlag, verbunden mit einer ausgeprägten Frühjahrstrockenheit im April und Mai 2000 sowie einer Trockenphase von Ende Juni bis Ende Juli 2001 und kalten Wintermonaten waren für beide Jahre charakteristisch.

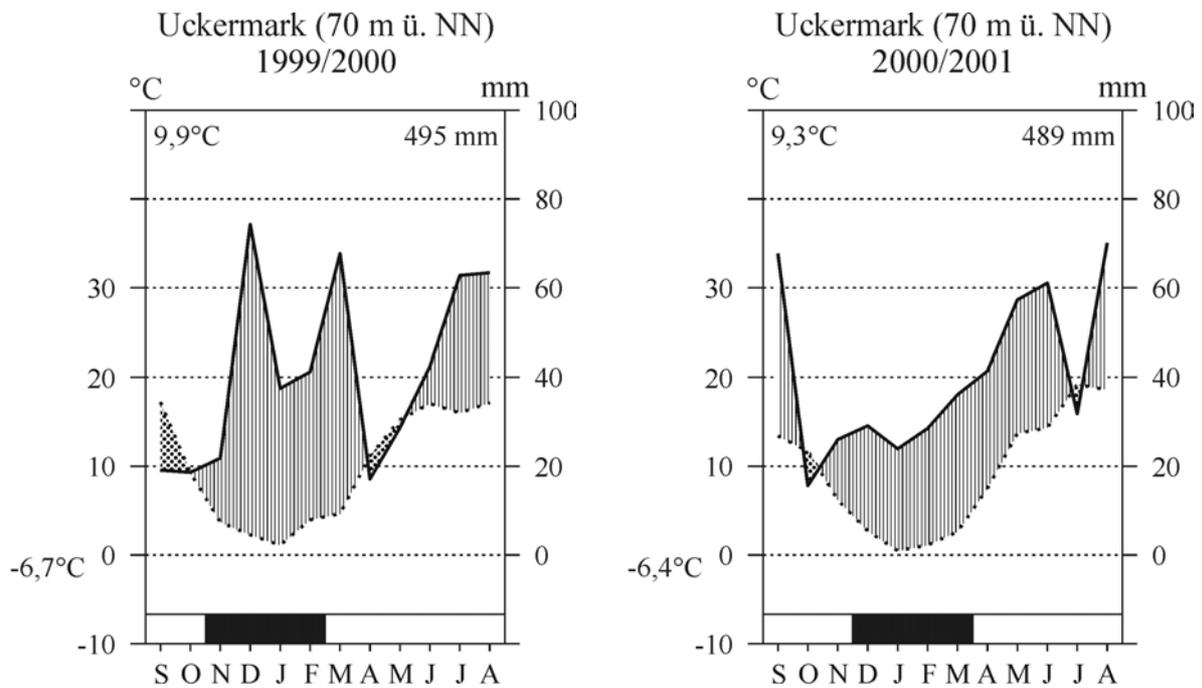


Abbildung 5: Witterungsverlauf Uckermark 1999/2000 und 2000/2001

2.4 Feldexperimente

2.4.1 Reihenweite, Untersaaten, Mulchtechnik

In den Anbaujahren 1999/2000 und 2000/2001 wurden auf den vier Untersuchungsstandorten (Tab. 1) Exaktfeldversuche angelegt, um zu den Kernaspekten des Verfahrens Weite Reihe, Reihenerweiterung, Untersaaten und Reihenmulchtechnik, zweijährige Untersuchungen durchzuführen (Tab. 1 und Tab. 4).

Die Anlage der Versuche erfolgte in Form von vollrandomisierten Blockanlagen (WAGNER & PREDIGER 1994).

Die Versuchsanlagen beinhalteten zwei Kontrollvarianten. Als Standardverfahren repräsentierte k_1 den herkömmlichen Anbau mit betriebsüblichem Reihenabstand und betriebsüblichen Pflegemaßnahmen. Mit der Kontrollvariante k_2 wurde für einen einfaktoriellen Vergleich der Faktor Reihenweite auf 50 cm erhöht. Es wurden keine Untersaaten ausgebracht und die Reihenzwischenräume wurden entsprechend k_1 gleich behandelt. Der Reihenabstand von 50 cm resultierte aus der technischen Vorgabe durch das Reihenmulchgerät (vgl. Kapitel 2.7 und Kapitel 1).

Der Prüffaktor A innerhalb des zweifaktoriellen Versuchsteiles umfasste die Leguminosenuntersaat bei einem Anbau mit 50 cm Reihenweite in dreifacher zeitlicher Abstufung. Der Prüffaktor B beinhaltete die Kontrolle dieser Untersaat mit der speziell entwickelten Mulchtechnik in zweifacher Abstufung.

Tabelle 4: Versuchsanlage in den Vegetationsperioden 1999/2000 und 2000/2001

Anlagemethode	Randomisierte zweifaktorielle Blockanlage
Kontrollen K	k ₁ : praxisüblicher Reihenabstand k ₂ : Reihenweite 50 cm ohne Untersaat
Prüffaktor A (Reihenweite 50 cm)	Saattermin der Untersaat, 3 Faktorstufen: a ₁ : Aussaat zusammen mit Winterweizen im Herbst a ₂ : Aussaat im frühen Frühjahr (März) a ₃ : Aussaat im späten Frühjahr nach mehrmaligem Hacken
Prüffaktor B (Reihenweite 50 cm)	Mulchtechnik, 2 Faktorstufen: b ₁ ohne Kontrolle der Untersaaten b ₂ : Kontrolle der Untersaaten mit Mulchtechnik
Varianten	k ₁ , k ₂ , a ₁ b ₁ , a ₂ b ₁ , a ₃ b ₁ , a ₁ b ₂ , a ₂ b ₂ , a ₃ b ₂
Variantenanzahl	8
Wiederholungen	4
Gesamtparzellenzahl	32
Parzellenbreite	Maschinenbreite (3m)
Parzellenlänge	20 m

Weitere Angaben zur Versuchsdurchführung 1999/2000 und 2000/2001➤ **Sortenwahl: Winterweizensorte Bussard (E-Weizen)**➤ **Aussaattermine Winterweizen**

	Aussaatjahr 1999	Aussaatjahr 2000
Betriebe		
Oberer Neckar	17.09.	05.10
Wetterau	07.10.	21.10.
Vogelsberg	11.10.	17.10.
Uckermark	01.11.	25.10

➤ **Aussattechnik**

Die Aussaat erfolgte mit den betrieblichen Sämaschinen mit Arbeitsbreiten von drei Meter. Bei der Aussaat mit 50 cm Reihenweite wurden sechs Säscharre benutzt, die übrigen wurden gesperrt.

➤ **Aussaatmengen von Winterweizen (keimfähige Körner/m²) bei unterschiedlichen Reihenweiten**

Betriebe	1999		2000	
	Reihenweite 12,5 cm	Reihenweite 50 cm	Reihenweite 12,5 cm	Reihenweite 50 cm
Oberer Neckar	505	505	500	395
Wetterau	332	332	335	250
Vogelsberg	382	382	380	289
Uckermark	465	260	463	230

Im Aussaatjahr 1999 wurde der Weizen nach Absprache mit den Praktikern bei den verschiedenen Reihenweiten 12,5 cm und 50 cm, sofern technisch möglich, einheitlich mit jeweils ortsüblicher Aussaatstärke ausgedrillt. Da der Feldaufgang in den 50-cm-Varianten im ersten Anbaujahr sehr niedrig ausfiel (vgl. Tab. 16), wurde im Aussaatjahr 2000 die Saatstärke in den Weitreihenvarianten auf rund 75 % reduziert.

➤ **Zusammensetzung des Untersaatengemenges**

Wintermischung (a₁): 16 kg/ha Inkarnatklees, 4 kg/ha Weißklee, 3 kg/ha Schwedenklee, 2 kg/ha Gelbsenf;

Sommermischung (a₂ und a₃): 8 kg/ha Perserklee, 3,5 kg/ha Weißklee, 7 kg/ha Luzerne;

➤ **Aussaattermine Untersaaten**

Betriebe	Anbaujahr 1999/2000			Anbaujahr 2000/2001		
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₁	a ₂	a ₃
Oberer Neckar	17.09.	25.03.	14.05.	05.10.	14.05.	13.06.
Wetterau	07.10.	23.03.	03.05.	21.10.	23.04.	16.05.
Vogelsberg	11.10.	23.03.	09.05.	17.10.	23.04.	21.05.
Uckermark	01.11.	04.04.	20.06.	25.10.	08.05.	08.06.

➤ **Mechanische Pflege der Parzellen im Frühjahr**

k₁ und k₂ zweimal gestriegelt oder gehackt

a₁ ohne Pflegemaßnahme

a₂ einmal gestriegelt

a₃ einmal gestriegelt und einmal gehackt

a₁b₂, a₂b₂ zweimal Mulchen mit Reihenmulcher

a₃b₂ einmal Mulchen mit Reihenmulcher (Mulchtermin II)

➤ Entwicklungsstadien des Weizens zu den Mulchterminen

Die Bestimmung der Entwicklungsstadien des Weizens erfolgte nach der erweiterten BBCH-Skala nach WITZENBERGER et al. (1989).

Betriebe	Frühjahr 2000		Frühjahr 2001	
	I	II	I	II
Oberer Neckar	BBCH 36	BBCH 51	BBCH 34	BBCH 60
Wetterau	BBCH 38	BBCH 55	BBCH 40	BBCH 58
Vogelsberg	BBCH 34	BBCH 51	BBCH 38	BBCH 60
Uckermark	BBCH 39	BBCH 55	BBCH 47	BBCH 63

2.4.2 Sortenwahl und Saatstärken

Bei den im vorherigen Kapitel (Pkt. 2.4.1) beschriebenen Untersuchungen zur Erhöhung der Reihenweite, dem Einsatz von Untersaaten und des Reihenmulchers wurde im ersten Anbaujahr 1999/2000 die Saatstärke bei Normalsaat und Weiter Reihe weitgehend konstant gehalten. Die Saatedichte innerhalb der 50 cm Reihen erhöhte sich dadurch gegenüber einer 12,5 cm Reihe um das vierfache, was zu einem unbefriedigenden Feldaufgang führte. Im zweiten Anbaujahr wurde daraufhin die Saatmenge in den Varianten mit 50 cm auf 75% reduziert. Die Reduktion der Saatstärke zeigte keine negativen Auswirkungen auf die Weizenbestände, so dass auf die Möglichkeit einer Reduktion der Saatstärke zu schließen war. Mit Hilfe zusätzlicher, einjähriger Versuche in 2001/2002 sollten weitere Erkenntnisse über angepasste Saatstärken für das Anbauverfahren erlangt werden. Die Versuche wurden auf den zwei Standorten Wetterau und Vogelsberg durchgeführt.

Gleichzeitig sollte in diesem Ergänzungsversuch die Eignung unterschiedlicher Weizensorten für das Anbausystem hinsichtlich Ertrag und Qualität überprüft werden. Allgemein werden eher langstrohige Weizensorten im ökologischen Landbau mit schneller Jugendentwicklung, guter Unkrautunterdrückung und nicht früher Reife bevorzugt. Die beiden ausgewählten Sorten Bussard und Batis entsprechen diesen Merkmalen (BUNDESSORTENAMT 2003), zeigen darüber hinaus aber auch sortenspezifische Eigenschaften, die eine unterschiedliche Anpassung vermuten ließen (Batis: A-Weizen, ertragsbetont, kürzere Halmlänge, planophile Blattstellung; Bussard: E-Weizen, qualitätsbetont, größere Halmlänge, erectophile Blattstellung).

Da sich in den vorigen Untersuchungsjahren die Weitreihensysteme mit einer Etablierung der Untersaat im Frühjahr als am erfolgreichsten hinsichtlich Ertrags- und Qualitätsbildung zeigten, wurde des Weiteren verfolgt, ob die Untersaat eher im zeitigen oder erst im späten Frühjahr ausgebracht werden sollte.

Die Versuchsanlage zu den Fragen der Sortenwahl und Saatstärken ist in Tab. 5 dargestellt.

Tabelle 5: Versuchsanlage Saatstärke und Sortenwahl 2001/2002, Standorte Wetterau und Vogelsberg

Anagemethode	randomisierte dreifaktorielle Blockanlage
Kontrolle K	k ₁ : praxisüblicher Reihenabstand mit 12,5 cm, Sorte Bussard k ₂ : wie k ₁ , Sorte Batis
Prüffaktor A	Saattermin der Untersaat a ₁ : Aussaat im frühen Frühjahr (März) nach einmaligem Hacken a ₂ : Aussaat im späten Frühjahr nach mehrmaligem Hacken
Prüffaktor B	Sortenvergleich b ₁ : Bussard (E-Weizen, qualitätsbetont, größere Halmlänge, erectophil) b ₂ : Batis (A-Weizen, ertragsbetont, geringere Halmlänge, planophil)
Prüffaktor C	Aussaatstärke des Winterweizens c ₁ : 75 % keimfähige Körner je m ² gegenüber k ₁ c ₂ : 50 % keimfähige Körner je m ² gegenüber k ₁
Wiederholungen	4
Parzellenzahl	40
Parzellenbreite	3 m (Maschinenbreite)
Parzellenlänge	20 m

➤ **Aussaatstärke Winterweizen Anbaujahr 2001/2002:**

Reihen- weite und Aussaatstärke	Saatstärken (keimfähige Körner / m ²)			
	Wetterau		Vogelsberg	
	Bussard	Batis	Bussard	Batis
12,5 cm (100 %)	355	360	375	380
50 cm (75 %)	266	270	281	285
50 cm (50 %)	177	180	187	190

➤ **Mischung und Aussaatstärke der Frühjahrsuntersaat**

Perserklee	8 kg/ha
Weißklee	3,5 kg/ha
Luzerne	5 kg/ha

➤ **Vorfrüchte:**

Standort Wetterau: Erbsen → Ölrettich (Brache)
Standort Vogelsberg: Roggen → Erbsen

2.4.3 Überprüfung des Vorfruchtwertes des Anbausystems Weite Reihe

Beim Anbau des Winterweizens in den Anbauperioden 1999/2000 und 2000/2001 konnten in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Tab. 4) unterschiedliche Vorfruchtwirkungen vermutet werden. Um den Vorfruchtwert der untersuchten Anbausysteme zu vergleichen, wurde dazu ein einjähriger Nachfruchtversuch auf den Standorten Wetterau und Vogelsberg durchgeführt. Auf den Flächen der Versuchsanlagen des Anbaujahres 2000/2001 erfolgte im Herbst 2001 auf den beiden Standorten die Aussaat der Nachfrucht Winterroggen. Der Anbau des Winterroggens (Sorte Amilo) erfolgte auf der gesamten Fläche der Versuchsanlagen einheitlich mit üblichem Reihenabstand (12,5 cm) und einheitlicher Behandlung (1 x Striegeln, ohne Untersaat).

➤ Saatstärke

Die Saatstärken des Winterroggens orientierten sich an den ortsüblichen Saatstärken.

	Saatstärke Winterroggen Amilo (keimfähige Körner/m²)
Wetterau	300
Vogelsberg	410

2.5 Erfassung der Prüfmerkmale

2.5.1 Prüfmerkmale Pflanze

➤ Ertragsfeststellung bei Deckfrüchten und Untersaaten

- Zur Ertragsfeststellung wurden nach dem Zufallsprinzip aus jeder Parzelle jeweils vier Quadratmeterschnitte entnommen (Erntegut zunächst in der Frischsubstanz gewogen, im Anschluss über 48 Stunden bei 105 °C getrocknet, Ertragsangaben bei 86 % bzw. 100 % Trockensubstanz).

➤ Ertragsparameter Winterweizen

- Erfassung der ährentragenden Halme durch Zählen auf den beernteten Parzellen;
- Berechnung der Kornzahl je Ähre aus den Parametern ährentragende Halme, Tausendkornmasse und Ertrag;
- Bestimmung der Tausendkornmasse (TKM) durch Zählen, Wiegen und Berechnen.

➤ **Termine der Ertragsfeststellungen**

- Winterweizen (Deckfrucht)

	Erntejahr 2000			Erntejahr 2001			Erntejahr 2002
	Schnitt 1	Schnitt 2	Ernte	Schnitt 1	Schnitt 2	Ernte	Ernte
Oberer Neckar	14.05.	16.06	04.08.	13.06.	14.07	08.08.	-
Wetterau	03.05.	10.06.	23.07.	16.05.	28.06.	26.07.	06.08.
Vogelsberg	09.05	11.06	07.08.	21.05.	19.07.	14.08.	06.08.
Uckermark	21.05.	20.06	31.07	08.06.	11.07.	13.08.	-

- Untersaaten

	Erntejahr 2000			Erntejahr 2001		
	Schnitt 1	Schnitt 2	Schnitt 3	Schnitt 1	Schnitt 2	Schnitt 3
Oberer Neckar	14.05.	16.06	-	13.06.	14.07	-
Wetterau	03.05.	10.06.	28.08.	16.05.	28.06.	17.09.
Vogelsberg	09.05	11.06	04.09.	21.05.	19.07.	13.09.
Uckermark	21.05.	20.06	-	08.06.	11.07.	-

➤ **Parameter der Bestandesentwicklung von Winterweizen**

- Zählung des Pflanzenbestandes im Frühjahr vor Beginn der Bestockung auf jeweils vier m² pro Parzelle;
- Berechnung des Bestockungsfaktors nach Auszählen der ährentragenden Halme auf der gleichen Fläche.

➤ **Parameter Getreidequalität**

- Die Bestimmung des Rohproteingehaltes im Korn erfolgte durch Multiplikation des Gesamtstickstoffgehaltes mit dem Faktor 5,7. Bestimmung des Gesamtstickstoffgehaltes durch Verbrennen bei 950 °C im C/N-Analysegerät (Vario EL) der Fa. ELEMENTAR.
- Die Bestimmung der indirekten Indikatoren für die Backqualität erfolgten nach den Vorschriften der Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung Detmold (ARBEITSGEMEINSCHAFT GETREIDEFORSCHUNG 1994):

- Feuchtklebergehalt nach ICC-Standard Nr. 137,
- Sedimentationswert (Zeleny) nach ICC Standard 116,
- Die Bestimmung des Backvolumens (Mehltype 550) erfolgte nach dem Rapid-Mix-Test (RMT) im Labor Dr. Aberham, Großaitingen. Von drei ausgewählten Versuchsvarianten (k_1 : Normale Reihenweite 12,5 cm, k_2 : Reihenweite 50,0 cm ohne Untersaat, a_2b_2 : Reihenweite 50,0 cm, Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr, gemulcht) wurden zur Ernte 2000 und 2001 von den vier Standorten Mischproben aus dem Erntegut entnommen. Aus diesen Mischproben wurde das Untersuchungsmaterial gewonnen. Auf eine statistische Verrechnung wurde aufgrund des geringen Probenumfangs verzichtet. Die Backversuche sollten ergänzende Informationen zu den Resultaten der indirekten Qualitätsparameter Rohproteingehalt, Feuchtklebergehalt und Sedimentationswert liefern.

2.5.2 Prüfmerkmale Boden

➤ Löslicher mineralischer Stickstoff (N_{\min})

Zur Bestimmung der Nitrat- und Ammoniumgehalte des Bodens wurden in den Vegetationsperioden 1999/2000 und 2000/2001 auf den Standorten Wetterau und Vogelsberg zu jeweils vier Terminen Bodenproben entnommen. In der Vegetationsperiode 2001/2002 erfolgten die Probenahmen auf dem Standort Wetterau an zwei Terminen (Tab. 6). In diesem Jahr erfolgte am zweiten Untersuchungstermin (23.05.2002) in den Varianten mit 50 cm eine differenzierte Entnahme des Bodenmaterials, zum einen direkt unter den Reihen und zum Vergleich unter den Reihenzwischenräumen.

Tabelle 6: Termine der Bodenprobennahmen zur Bestimmung des N_{\min} -Gehaltes

	1999/2000				2000/2001				2001/2002	
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II
Wetterau	19.10	24.02.	05.07.	28.08	-	02.04.	23.07.	17.09.	15.04	23.05.
Vogelsberg	27.10	29.02	12.07.	04.09.	-	09.04.	19.07.	13.09.	-	-

Die Entnahme der Proben erfolgte mit Hilfe eines dreiteiligen Bohrstocksets (jeweils vier Einstiche pro Parzelle) aus den Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm.

Die Proben wurden in Kühلتaschen zwischengelagert und im Anschluss im Labor aufbereitet. Dort erfolgte die Zerkleinerung und Homogenisierung der Proben von Hand. Die feldfrischen Proben wurden mit 0,5 m K_2SO_4 -Lösung extrahiert; anschließend erfolgte eine photometrische Messung des Nitrat- und Ammoniumstickstoffs mit Hilfe des Autoanalyzers der Fa. ALPKEM.

Zur Berechnung der auf den Hektar bezogenen N_{\min} -Gehalte wurde eine Trockenrohichte von $1,5 \text{ g/cm}^3$ Boden berücksichtigt.

➤ **Bestimmung der Trockensubstanz**

Die Trockenmassebestimmung des Bodens erfolgte anhand von Bodenmaterial, welches für die Bestimmung des N_{\min} -Gehaltes gewonnen wurde. So konnten Bodenwasserwerte an unterschiedlichen Terminen (Tab. 6) in den Tiefenstufen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm gewonnen werden. Es wurde jeweils 50 g frischer Boden eingewogen. Die Proben wurden anschließend über 48 h bei $105 \text{ }^\circ\text{C}$ getrocknet und dann zurück gewogen.

➤ **Bodenreaktion und Nährstoffgehalte**

Die Untersuchungen der pH-Werte sowie der Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor, Kalium und Magnesium erfolgten an der Hessischen Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt in Kassel nach dem Prüfverfahren DIN ISO 11464, VDLUFA-Methodenbuch Bd. 1.

2.6 Erosionsmessungen

2.6.1 Versuchsaufbau

Die Untersuchungen zur Erosionsdisposition der unterschiedlichen Weizenanbauformen wurden unter Laborbedingungen mit künstlicher Beregnung am Institut für Landeskultur der Universität Giessen, Professor Gäth, durchgeführt.

Der dort verwendete Regensimulator wurde in Anlehnung an die in der Arbeit von ROTH et al. (1990) beschriebene Technik konstruiert.

Es handelte sich um einen Kapillarregner mit einem Tropfengrößenspektrum von ca. 0,4 bis 5,0 mm. In einer Höhe von 1,70 m war ein schwenkbarer Düsenstrang angebracht. Durch eine Veränderung des Wasserdrucks konnte Einfluss auf die kinetische Niederschlagsenergie genommen werden, mit der die Wassertropfen auf die Bodenproben auftreffen sollten. Mit der Regelung des Wasserdrucks auf 4 bar wurde versucht, die Fallendgeschwindigkeit von frei fallenden Tropfen bei einem natürlichen Regenereignisses zu simulieren (GÄTH 2002). Das zu untersuchende Probenmaterial wurde auf ein durchlässiges Gitter aufgelegt. Austretendes Wasser und darin enthaltenes Bodenmaterial wurden in einer darunter liegenden Wanne erfasst und in Flaschen abgefüllt. Das so gewonnene Probenmaterial (Wasser und Boden) wurde im Anschluss getrocknet und danach gewogen.

2.6.2 Probennahme im Feld

Die im Labor berechneten Bodenproben wurden im Vegetationsjahr 2002 auf dem Standort Wetterau entnommen. Die Probennahme erfolgte Anfang Juni zum Beginn des Ährenschiebens (BBCH 51). Dazu wurde die oberste Bodenschicht mit einer Stärke von ca. 8 cm komplett mit dem sich darauf befindenden Bewuchs von einer $0,5 \text{ m}^2$ großen Fläche

möglichst ungestört abgenommen und zum Transport auf entsprechend große Metallschalen gesetzt. Die Probenahme erfolgte in vierfacher Wiederholung in den Varianten k_1 Normalsaat, k_2 50 cm ohne Untersaat, a_1b_2 50 cm mit Untersaat Herbst gemulcht und a_2b_2 50 cm Untersaat Frühjahr I gemulcht.

2.6.3 Versuchsdurchführung

Die bewachsenen Bodenproben wurden im frischen Zustand von den Transportschalen auf das Beregnungsgitter aufgesetzt. Die Beregnung erfolgte jeweils in vier Intervallen:

10 Minuten Leichtregen mit pendelndem Düsenstrang = 36,3 l/m² in der Stunde;

10 Minuten Leichtregen mit pendelndem Düsenstrang = 36,3 l/m² in der Stunde;

2 Minuten Starkregen ohne Pendel = 290,7 l/m² in der Stunde;

2 Minuten Starkregen ohne Pendel = 290,7 l/m² in der Stunde.

2.7 Mulchtechnik

Unter Mulchen versteht man das Abmähen oder Abschlagen der oberirdischen Biomasse, die dann gleichmäßig verteilt liegen bleibt und den Boden mehr oder weniger lange bedeckt, bis das Material verrottet und mineralisiert wird (SPATZ 2006).

Von der Fa. Kress & Co, umweltschonende Landtechnik Vaihingen/Enz, wurde im Vorfeld der Untersuchung ein spezielles Gerät entwickelt, mit dessen Hilfe die Reihenzwischenräume bei dem Anbauverfahren Weite Reihe gemulcht werden konnten. Der Reihenumulcher mäht mit horizontal rotierenden Messern einen Bewuchs zwischen den Getreidereihen oberflächennah ab, während die Getreidereihen selbst unbeschädigt bleiben (Abb. 6 und Abb. 7).

Der Reihenumulcher wurde so konstruiert, dass bei einer Gesamtarbeitsbreite von drei Meter sechs Reihen mit einem Abstand von je 50 cm bearbeitet werden konnten. Dies erfolgte mit insgesamt sieben Arbeitswerkzeugen. Es wurden fünf Reihenzwischenräume komplett und zwei Reihenzwischenräume (Anschlussreihen) halb bearbeitet. Die Arbeitsbreite einer Mäh-Mulcheinheit betrug 32,8 cm bei kompletter Bearbeitung, beziehungsweise 22,8 cm Arbeitsbreite bei den Anschlussreihen. Bei drei Meter Arbeitsbreite wurden somit 2,10 Meter bearbeitet. Das entsprach einer Fläche von 70 %. Werkseitig war pro Mulcheinheit ein Mulchmesser mit zwei Schneiden montiert. Während den Untersuchungen wurde die Anzahl auf zwei Messer pro Aggregat erhöht. Das Mulchmesser wurde von einer senkrecht von oben kommenden Welle angetrieben. Die Mulcheinheiten waren nach Vorschrift der LANDWIRTSCHAFTLICHEN BERUFGENOSSENSCHAFT (1981) mit Schutzblechen und Schutzketten ausgestattet, um zu verhindern, dass Personen durch fortgeschleuderte Steine und dergleichen gefährdet werden. Der Antrieb des Gerätes erfolgte entweder mechanisch über Zapfwelle und Keilriemen oder hydraulisch über einzelne Ölmotoren.



Abbildung 6: Arbeitswerkzeuge des Reihenmulchers



Abbildung 7: Reihenmulcher im Einsatz bei 50 cm Reihenweite

Bauartbedingt waren die Mulcheinheiten bei mechanischem Antrieb starr, bei hydraulischem Antrieb waren sie an Einzelparallelogrammen aufgehängt. Die Reihenmulchgeräte waren für den Frontanbau konzipiert. Die Schnitthöhenverstellung erfolgte bei dem mechanischen Gerät über zwei verstellbare Stützräder, bei Parallelogrammführung war jedes einzelne Aggregat mit einem höhenverstellbaren Stützrad ausgerüstet. Das Gewicht bei drei Meter Arbeitsbreite lag bei ca. 900 kg.

2.8 Methoden der statistischen Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Die Auswertung der Versuchsdaten erfolgte mit Hilfe von Varianzanalysen unter Nutzung des Statistikprogramms SPSS (Superior Performance Software System, Version 10.0). Vor der Durchführung jeder Varianzanalyse erfolgte eine Prüfung der Daten auf Homogenität der Varianzen (Levene-Test) und auf Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test). Erwies sich der F-Test als signifikant wurde für multiple Mittelwertvergleiche der Tukey-Test verwendet. Signifikant verschiedene Mittelwerte ($p \leq 0,05$) wurden mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

Zunächst wurden die Faktoren Variante, Standort und, bei den zweijährigen Untersuchungen, Jahr geprüft (s. Anhangstabellen 55-63). Sofern keine Wechselwirkungen zwischen einzelnen Faktoren auftraten, erfolgte die Darstellung der in den Varianten erzielten Ergebnisse im Durchschnitt aller Versuchsjahre und aller Standorte. Traten dagegen signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren auf, fand dies entsprechende Berücksichtigung.

Um einen besseren Einblick in die standortspezifischen Besonderheiten geben zu können, wurden unabhängig von den oben genannten Prozeduren außerdem einfaktorielle ANOVA, getrennt für jeden Standort und jedes Jahr, errechnet (Tabellen 11-14 und 23-26).

2.9 Methodik zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens

Für eine umfassende Bewertung des Anbauverfahrens Weite Reihe wurde eine Analyse der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens durchgeführt. Die dafür notwendigen Berechnungen sowie die Interpretation der Ergebnisse erfolgten in Forschungsk Kooperation am Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL) (STROHM-LÖMPCKE et al. 2002).

Grundlage hierfür waren die in den Anbaujahren 1999/2000 und 2000/2001 in den verschiedenen Varianten gemessenen Kornerträge und Kornproteingehalte (vgl. Kapitel 3, Tabellen 10-13 und Tabellen 23-26) und die von den jeweils regional aktiven Erzeugergemeinschaften angegebenen Einkaufspreise (Anlage). Als Basis für die Modellrechnungen wurden für jeden Betrieb die zwei ertraglich bzw. qualitativ vorteilhaftesten Weitreihenvarianten mit bzw. ohne Einsatz der Mulchtechnik ausgewählt

(Tab. 7). Darüber hinaus ging die Kontrollvariante „Weite Reihe, ohne Untersaat, gehackt“ als Vergleichsvariante in jede der Modellrechnungen ein. Als Bezugsgröße diente der Winterweizenanbau in Normalsaat. Die Investitionskosten für die Reihenmulchmaschine wurden mit 20.000 € angesetzt.

Tabelle 7: Die in den Modellrechnungen gegenüber Normalsaat berücksichtigten Versuchsvarianten

Standorte	Versuchsvarianten		
Oberer Neckar	k ₂ : Reihenweite 50 cm ohne Untersaat	a ₂ b ₁ : Reihenweite 50 cm, Untersaat im zeitigen Frühjahr, ohne Mulch	a ₃ b ₂ : Reihenweite 50 cm, Untersaat im späten Frühjahr, mit Mulch
Wetterau	k ₂ : Reihenweite 50 cm ohne Untersaat	a ₁ b ₁ : Reihenweite 50 cm, Untersaat im Herbst, ohne Mulch	a ₃ b ₂ : Reihenweite 50 cm, Untersaat im späten Frühjahr, mit Mulch
Vogelsberg	k ₂ : Reihenweite 50 cm ohne Untersaat	a ₃ b ₁ : Reihenweite 50 cm, Untersaat im zeitigen Frühjahr, ohne Mulch	a ₃ b ₂ : Reihenweite 50 cm, Untersaat im späten Frühjahr, mit Mulch
Uckermark	k ₂ : Reihenweite 50 cm ohne Untersaat	a ₂ b ₁ : Reihenweite 50 cm, Untersaat im zeitigen Frühjahr, ohne Mulch	a ₃ b ₂ : Reihenweite 50 cm, Untersaat im späten Frühjahr, mit Mulch

Für die Analyse wurde ein zweistufiges Verfahren gewählt:

In der ersten Stufe wurde die Veränderung des Gewinnbeitrages für das Produktionsverfahren Winterweizen durch die Anwendung des Anbauverfahrens Weite Reihe im Vergleich zur betriebsüblichen Normalsaat ohne Berücksichtigung innerbetrieblicher Anpassungsprozesse hektarbezogen dargestellt.

Darauf aufbauend wurden in der zweiten Stufe innerbetriebliche Anpassungen einbezogen und die Veränderung des gesamtbetrieblichen Gewinns nach Einführung der Weiten Reihe modelliert. Zur besseren Vergleichbarkeit zwischen den unterschiedlichen Betrieben wurde dieser Gewinnbeitrag auf die Ackerfläche des jeweiligen Betriebes bezogen.

Die für die durchgeführten Vollkostenrechnungen notwendigen Kenngrößen wurden mit dem an der FAL entwickelten Simulationsmodell TIPI-CAL erstellt (ISERMEYER et al. 1998). Mit Hilfe des Modells ist es möglich, den Einfluss unterschiedlicher Anpassungsstrategien auf die Betriebsentwicklung zu untersuchen und somit die Auswirkungen neuer Technologien auf ein landwirtschaftliches Unternehmen abzuschätzen. Den Berechnungen gingen umfangreiche

Datenerhebungen zur Betriebsausstattung und Betriebsstruktur voraus (STROHM-LÖMPCKE et al. 2002).

Für jeden Betrieb wurden vier verschiedene Szenarien gerechnet:

- A) Szenarien ohne Berücksichtigung innerbetrieblicher Anpassungsreaktionen
 - A1 ohne Berücksichtigung einer möglichen Qualitätsvergütung,
 - A2 mit Berücksichtigung einer möglichen Qualitätsvergütung,
 - A3 mit Berücksichtigung einer möglichen Qualitätsvergütung und einem überbetrieblichen Einsatz der Mulchtechnik;
- B) Szenario unter Berücksichtigung möglicher innerbetrieblicher Anpassungsreaktionen mit Berücksichtigung einer möglichen Qualitätsvergütung und einem überbetrieblichen Einsatz der Mulchtechnik.

3 Ergebnisse

3.1 Kornerträge 1999/2000 und 2000/2001

Jahres- und standortspezifische Besonderheiten vermittelt Tab. 8. Im Erntejahr 2001 fielen, mit Ausnahme des Standortes Wetterau, die auf den einzelnen Standorten erzielten Kornerträge höher als im Vorjahr aus. Im Jahr 2000 wurden die höchsten Erträge auf den Standorten Uckermark und Wetterau realisiert, gefolgt vom Standort Oberer Neckar und dem Standort Vogelsberg. Im Jahr 2001 lag der Ertrag auf dem Standort Oberer Neckar am höchsten, ansonsten blieb die Reihung der Standorte gleich. Der Einfluss der unterschiedlichen Jahre wurde am deutlichsten auf dem Standort Oberer Neckar. Dort lag der Ertragsunterschied zwischen den beiden Anbaujahren bei 19,4 dt/ha. Die jahresbedingten Ertragsunterschiede auf den Standorten Uckermark und Wetterau waren dagegen gering, während auf dem Standort Vogelsberg ein Ertragsunterschied von knapp 10 dt/ha festgestellt wurde. Im Mittel der Versuchsbehandlungen und Jahre realisierten die Standorte Oberer Neckar und Uckermark mit > 40 dt/ha Korn das höchste Ertragsniveau, gefolgt von den Betrieben Wetterau und Vogelsberg.

Tabelle 8: Kornerträge von Winterweizen (Sorte Bussard) im Durchschnitt der Behandlungen auf vier Untersuchungsstandorten und in zwei Versuchsjahren, n = 128

Standorte	2000 (dt/ha)		2001 (dt/ha)		\bar{x}
Oberer Neckar	33,1	b	52,5	a	42,8
Wetterau	38,4	a	37,2	bc	37,8
Vogelsberg	26,7	c	36,3	c	31,5
Uckermark	39,9	a	41,2	b	40,6
\bar{x}	34,5		41,8		

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

3.1.1 Kornerträge im Durchschnitt der Untersuchungsstandorte

Die varianzanalytische Verrechnung des Kornertrages (F-Test) ergab signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Standort und Versuchsjahr. Die Darstellung des Kornertrages erfolgt deshalb im Mittel der vier Versuchsstandorte, aufgeteilt in die zwei Untersuchungsjahre (Tab. 9).

Tabelle 9: Kornertrag von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen in den Untersuchungsjahren 2000 und 2001 (Ergebnisse jeweils im Mittel der vier Untersuchungsstandorte, n = 128)

Varianten**		2000 (dt/ha)		2001 (dt/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	33,7	a*	46,7	a
	50,0 cm	35,7	a	41,5	ab
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	34,7	a	37,5	b
	US II	35,2	a	42,3	ab
	US III	35,8	a	41,3	ab
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	33,3	a	37,5	b
	US II	33,1	a	43,1	ab
	US III	34,8	a	44,6	ab
\bar{x}		34,5		41,8	

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Im Erntejahr 2000 betrug das mittlere Ertragsniveau 34,5 dt/ha. Eine signifikante Ertragsbeeinflussung durch die geprüften Anbausysteme Weite Reihe gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand war in diesem Jahr nicht zu beobachten. In 2001 wurde mit 41,8 dt/ha ein wesentlich höheres mittleres Ertragsniveau erzielt. Der Höchstertrag lag mit 46,7 dt/ha in der Kontrollvariante mit 12,5 cm Reihenabstand. Bei den Varianten mit 50 cm Reihenabstand herrschte demgegenüber im Durchschnitt der vier Standorte eine Tendenz zu Mindererträgen gegenüber der üblichen Anbauweise mit engem Reihenabstand vor. Die Anbausysteme Weite Reihe mit Herbstuntersaat zeigten signifikant niedrigere Erträge. In beiden Jahren waren keine signifikanten Ertragseffekte durch Untersaaten gegenüber der Kontrolle mit 50 cm Reihenweite sowie keine signifikanten Ertragseffekte des Mulchens im Vergleich zum Nicht-Mulchen zu erkennen.

3.1.2 Kornerträge auf dem Standort Oberer Neckar

Der mittlere Kornertrag auf dem Standort Oberer Neckar im Erntejahr 2000 lag bei 33,1 dt/ha, in 2001 wurden im Durchschnitt der Varianten 52,5 dt/ha geerntet (Tab. 10).

Im Erntejahr 2000 wurde durch die Erhöhung der Reihenweite von 12,5 cm auf 50 cm eine leichte Ertragsverbesserung von 30,8 dt/ha um knapp 7,5 % auf 33,1 dt/ha gemessen. In den Varianten 50 cm mit Untersaaten ohne Einsatz des Mulchgerätes wurde der Ertrag weiter verbessert. Bei im Herbst ausgebrachter Untersaat wurden 33,3 dt/ha geerntet, bei nach einmaligem Hacken im Frühjahr ausgebrachter Untersaat 35,7 dt/ha und bei (nach zweimaligem Hacken) im späteren Frühjahr ausgebrachter Untersaat 37,7 dt/ha. Der Einsatz des Reihenmulchers verringerte dagegen den Ertrag jeweils um ca. 11 %. Die Ertragsbeeinflussungen durch die unterschiedlichen Behandlungen waren nicht signifikant.

Im Erntejahr 2001 erreichte der Anbau mit 50 cm Reihenweite mit 42,3 dt/ha nur 67 % des Ertrages bei Anbau in Normalsaat (62,7 dt/ha). Durch den Einsatz der Untersaaten konnte der Ertrag bei 50 cm Reihenweite zum Teil wieder verbessert werden. Der geringste Minderertrag gegenüber der Kontrollvariante wurde mit 5% in der Variante Reihenweite 50 cm, US III mit Einsatz der Mulchmaschine gemessen.

Tabelle 10: Kornerträge von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort Oberer Neckar in zwei Versuchsjahren, n = 32

Varianten**		2000 (dt/ha)		2001 (dt/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	30,8	a*	62,7	a
	50,0 cm	33,1	a	42,3	b
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	33,3	a	44,3	ab
	US II	35,7	a	59,7	ab
	US III	37,7	a	52,8	ab
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	29,8	a	45,3	ab
	US II	31,1	a	53,8	ab
	US III	33,5	a	59,5	ab
\bar{x}		33,1		52,5	

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.1.3 Kornerträge auf dem Standort Wetterau

Auf dem Standort Wetterau wurde im Durchschnitt der Varianten im Jahr 2000 38,4 dt/ha geerntet, im Jahr 2001 37,2 dt/ha (Tab. 11).

In keinem der beiden Jahre konnten beim Kornertrag auf diesem Standort behandlungsbedingt signifikante Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden. Im Erntejahr 2000 lag der Ertrag in der Kontrollvariante 12,5 cm leicht über den Erträgen bei Anbau mit 50 cm Reihenweite. Im folgenden Jahr 2001 wurden gegenüber der Kontrollvariante 12,5 cm bei allen Varianten mit 50 cm Reihenweite leicht höhere Erträge gemessen. Lediglich die Variante 50 cm mit Untersaat im Herbst ohne Einsatz der Mulchmaschine fiel dagegen etwas ab.

Tabelle 11: Kornerträge von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort Wetterau in zwei Versuchsjahren, n = 32

Varianten**		2000 (dt/ha)		2001 (dt/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	41,9	a*	35,0	a
	50,0 cm	37,6	a	38,5	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	39,8	a	34,5	a
	US II	37,2	a	35,6	a
	US III	36,1	a	36,7	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	36,4	a	36,1	a
	US II	37,5	a	38,8	a
	US III	40,7	a	42,7	a
\bar{x}		38,4		37,2	

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.1.4 Kornerträge auf dem Standort Vogelsberg

Auf dem Standort Vogelsberg fiel der durchschnittliche Ertrag im Jahr 2000 mit 26,7 dt/ha deutlich niedriger aus als im Jahr 2001 mit 36,3 dt/ha (Tab. 12).

Die Erträge in den Varianten mit Reihenweite 50 cm lagen im Jahr 2000 gleichauf oder über dem Ertrag der Kontrollvariante mit 12,5 cm Reihenabstand (Ausnahme: Variante 50 cm

Reihenweite, Untersaat Herbst ohne Einsatz der Mulchmaschine). Im Jahr 2001 konnte dagegen bei keiner der untersuchten Varianten mit Reihenweite 50 cm der Ertrag der Kontrollvariante 12,5 cm erreicht werden. Der geringste Ertragsunterschied in diesem Jahr wurde in der Kontrollvariante mit Reihenweite 50 cm ohne Untersaaten gemessen. Keiner der gemessenen Ertragsunterschiede konnte statistisch abgesichert werden.

Tabelle 12: Kornerträge von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort Vogelsberg in zwei Versuchsjahren, n = 32

Varianten**		2000 (dt/ha)		2001 (dt/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	25,5	a*	41,3	a
	50,0 cm	29,1	a	40,4	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	22,2	a	35,7	a
	US II	28,4	a	35,1	a
	US III	28,7	a	35,2	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	27,5	a	35,0	a
	US II	27,4	a	34,6	a
	US III	25,5	a	32,5	a
\bar{x}		26,7		36,3	

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.1.5 Kornerträge auf dem Standort Uckermark

Auf dem Standort Uckermark wurden im Jahr 2001 geringfügig höhere Erträge gegenüber dem Jahr 2000 geerntet (Tab. 13).

Im Jahr 2000 wurden in den Varianten mit 50 cm Reihenweite durchgehend höhere Erträge gegenüber der Kontrollvariante mit 12,5cm Reihenweite gemessen. Dabei fielen die Erträge bei Einsatz der Mulchmaschine niedriger aus als ohne Einsatz der Mulchmaschine. Im Erntejahr 2001 wurde der höchste Ertrag mit 48 dt/ha in der Variante 12,5 cm Normalsaat realisiert. Die geringsten Ertragsdefizite wurden bei den Varianten mit Reihenweite 50 cm ohne Untersaaten (44,8 dt/ha) oder mit im Frühjahr ausgebrachten Untersaaten mit Einsatz der Mulchmaschine festgestellt (45,2 dt/ha bzw. 43,8 dt/ha). Die gemessenen Ertragsunterschiede waren statistisch nicht abzusichern.

Tabelle 13: Kornerträge von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort Uckermark in zwei Versuchsjahren, n = 32

Varianten**		2000 (dt/ha)		2001 (dt/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	36,6	a*	48,0	a
	50,0 cm	43,0	a	44,8	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	43,4	a	35,4	a
	US II	39,5	a	38,7	a
	US III	40,8	a	39,8	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	39,6	a	33,5	a
	US II	36,8	a	45,2	a
	US III	39,4	a	43,8	a
\bar{x}		39,9		41,2	

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.2 Ertragsparameter 1999/2000 und 2000/2001

3.2.1 Anzahl ährentragender Halme

Die Effekte der Versuchsbehandlungen auf die Prüfmerkmale ährentragende Halme je m² und Körner je Ähre waren auf den einzelnen Versuchsstandorten unterschiedlich stark ausgeprägt. Deshalb erfolgt eine standortdifferenzierte Vorstellung der Ergebnisse. Auf allen Standorten wurde eine deutliche Senkung der Anzahl ährentragender Halme durch die verschiedenen Anbausysteme Weite Reihe gegenüber der Kontrolle beobachtet (Tab. 14). Mit Ausnahme des Standortes Oberer Neckar waren diese Effekte signifikant.

Tabelle 14: Anzahl ährentragender Halme je m² von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse jeweils im Mittel der zwei Untersuchungsjahre und getrennt für die einzelnen Standorte, n = 64)

Varianten**		Wetterau		Oberer Neckar		Vogelsberg		Uckermark	
Kontrollen	12,5 cm	524	a*	466	a	380	a	475	a
	50,0 cm	307	b	392	a	246	b	246	b
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	327	b	423	a	225	b	225	b
	US II	333	b	386	a	239	b	239	b
	US III	306	b	381	a	246	b	246	b
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	316	b	379	a	232	b	232	b
	US II	299	b	401	a	240	b	240	b
	US III	334	b	440	a	256	b	256	b

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.2.2 Kornzahlen je Ähre

Die Kornzahl je Ähre verhielt sich umgekehrt gegenüber dem vorgenannten Merkmal (Tab.15).

Tabelle 15: Anzahl Körner je Ähre von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse jeweils im Mittel der zwei Untersuchungsjahre und getrennt für die einzelnen Standorte, n = 64)

Varianten**		Wetterau		Oberer Neckar		Vogelsberg		Uckermark	
Kontrollen	12,5 cm	17,2	a*	27,7	a	19,6	a	21,0	a
	50,0 cm	29,6	b	25,2	a	32,6	b	41,4	b
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	26,5	b	23,9	a	25,7	b	40,9	b
	US II	26,4	b	32,4	a	29,4	b	38,7	b
	US III	28,0	b	31,3	a	32,6	b	38,2	b
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	27,0	b	29,1	a	35,6	b	37,0	b
	US II	30,2	b	25,2	a	27,1	b	40,7	b
	US III	29,8	b	26,9	a	25,6	b	38,8	b

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

In den Systemen der Weiten Reihe wurden –mit Ausnahme des Standortes Oberer Neckar – signifikant mehr Körner je Ähre gezählt. Keiner der genannten Ertragsparameter reagierte auf die Einbringung von Untersaaten und auf die Anwendung der Mulchtechnik.

3.2.3 Tausendkornmasse

Im Gegensatz zu den Prüfmerkmalen ährentragende Halme je m² und Körner je Ähre wurde die Tausendkornmasse durch Reihenabstand, Untersaaten und Mulchtechnik nicht signifikant beeinflusst (Tab. 16).

Tabelle 16: Tausendkornmasse (TKM) von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel der vier Versuchsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)

Varianten**		TKM (g)	
Kontrollen	12,5 cm	44,2	a*
	50,0 cm	43,7	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	43,3	a
	US II	43,8	a
	US III	43,9	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	43,7	a
	US II	44,1	a
	US III	44,0	a

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.3 Bestandesentwicklung 1999/2000 und 2000/2001

3.3.1 Pflanzenbestände Frühjahr

Tabelle 17 zeigt den relativen Bestand an Weizenpflanzen zu Vegetationsbeginn im Frühjahr in Bezug zur Anzahl ausgesäter keimfähiger Körner (kfK). Im Frühjahr 2000 betrug der relative Pflanzenbestand in der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand ca. 82 %, was für einen hohen Feldaufgang und eine gute Überwinterung spricht. Der relative Pflanzenbestand der geprüften Systeme Weite Reihe war demgegenüber deutlich niedriger.

Im Frühjahr 2001 gab es dagegen keine signifikanten Wirkungen. In Hinsicht auf die unterschiedlichen Effekte in den Jahren wird an dieser Stelle nochmals auf die im Herbst

2000 reduzierten Aussaatstärken in den Anbauvarianten mit 50 cm Reihenweite verwiesen (siehe Kapitel 2.4.1 Angaben zur Versuchsdurchführung).

Tabelle 17: Relativer Pflanzenbestand von Winterweizen (Sorte Bussard) im Frühjahr vor der Bestockung in Prozent in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen in den Untersuchungsjahren 2000 und 2001; Bezug: Anzahl keimfähiger Körner zur Aussaat (Ergebnisse jeweils im Mittel der vier Untersuchungsstandorte, n = 128)

Varianten**		2000 (%)		2001 (%)	
Kontrollen	12,5 cm	81,8	a*	72,4	a
	50,0 cm	66,3	b	76,0	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	67,1	b	73,4	a
	US II	69,3	b	73,0	a
	US III	68,1	b	72,6	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	68,8	b	72,6	a
	US II	69,0	b	75,0	a
	US III	66,8	b	73,0	a
\bar{x}		69,7		73,5	

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.3.2 Bestockungsindex

Im Vergleich zur üblichen Anbauweise war die Bestockung des Winterweizens, gemessen als Anzahl ährentragender Halme pro Pflanze, in den Systemen Weite Reihe geringfügig niedriger (Tab. 18). Nur in einem Fall, bei Untersaat Herbst mit Einsatz der Mulchmaschine, lag eine signifikante Differenz vor.

Tabelle 18: Bestockungsindex von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel der vier Versuchsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)

Varianten**		Bestockungsindex (Triebe/Pflanze)	
Kontrollen	12,5 cm	1,50	a*
	50,0 cm	1,30	ab
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	1,40	ab
	US II	1,30	ab
	US III	1,30	ab
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	1,30	b
	US II	1,30	ab
	US III	1,40	ab
\bar{x}		1,35	

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.4 Qualitäten 1999/2000 und 2000/2001

In den Tabellen 19, 20 und 21 sind die (im Durchschnitt der Behandlungen) jahresspezifischen Besonderheiten der einzelnen Standorte hinsichtlich der untersuchten indirekten Qualitätsparameter Rohproteingehalt, Feuchtkleberanteil und Sedimentationswert dargestellt.

In beiden Versuchsjahren wurden die höchsten durchschnittlichen Rohproteingehalte von über 12 % auf den Standorten Oberer Neckar und Uckermark realisiert, gefolgt von dem Standort Wetterau und dem Standort Vogelsberg mit den niedrigsten Werten (Tab.19).

Im schwächeren Ertragsjahr 2000 (vgl. Tab.8) wurde im Durchschnitt der vier Standorte mit 11,6 % gegenüber dem stärkeren Ertragsjahr 2001 eine höhere Proteinkonzentration im Korn erreicht (10,5 %).

Tabelle 19: Rohproteingehalte von Winterweizen (Sorte Bussard) im Durchschnitt der Behandlungen auf vier Untersuchungsstandorten und in zwei Versuchsjahren, n = 128

Standorte	2000 (%)		2001 (%)		\bar{x}
Oberer Neckar	12,7	a	11,8	a	12,3
Wetterau	11,4	b*	9,4	b	10,4
Vogelsberg	9,7	c	9,0	c	9,4
Uckermark	12,4	a	11,9	a	12,2
\bar{x}	11,6		10,5		

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

Standortspezifische Unterschiede zeigten sich auch in den Feuchtklebergehalten (Tab. 20). Bemerkenswert ist der niedrige Wert auf dem Standort Vogelsberg im Jahr 2000.

Tabelle 20: Feuchtklebergehalte von Winterweizen (Sorte Bussard) im Durchschnitt der Behandlungen auf vier Untersuchungsstandorten und in zwei Versuchsjahren, n = 128

Standorte	2000 (%)		2001 (%)		\bar{x}
Oberer Neckar	29,16	a	25,94	b	27,55
Wetterau	26,06	b*	29,18	a	27,62
Vogelsberg	18,35	c	27,80	ab	23,07
Uckermark	30,72	a	27,10	ab	28,91
\bar{x}	26,07		27,50		

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

Die standortspezifischen Besonderheiten des Sedimentationswertes sind in Tabelle 21 aufgeführt. Auch hier zeigte sich, dass im Jahr 2000 gegenüber dem Folgejahr eine wesentlich bessere Qualität erzielt wurde. Vor allem wurde dieser Jahreseffekt auf dem Standort Uckermark deutlich. Auf dem Standort Oberer Neckar war er abgeschwächt zu erkennen.

Tabelle 21: Sedimentationswert (ml) von Winterweizen (Sorte Bussard) im Durchschnitt der Behandlungen auf vier Untersuchungsstandorten und in zwei Versuchsjahren, n = 128

Standorte	2000		2001		\bar{x}
Oberer Neckar	47,72	b	38,58	a	43,15
Wetterau	42,74	b*	23,56	c	33,15
Vogelsberg	29,85	c	17,39	d	23,63
Uckermark	58,83	a	33,77	b	46,30
\bar{x}	44,78		28,33		

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

3.4.1 Qualitätsparameter im Durchschnitt der Untersuchungsstandorte

Zwischen den Faktoren Variante und Standort, Variante und Jahr sowie Variante und Standort*Jahr lagen keine signifikanten Wechselwirkungen in Bezug auf die untersuchten Qualitätsparameter vor, so dass die Ergebnisse der Behandlungen im Mittel über die Standorte und Jahre mitgeteilt werden (Tab. 22). Mit einem Rohproteingehalt von 10,6 %, einem Feuchtklebergehalt von 25,0 % und einem Sedimentationswert von 32,2 ml wurde in der Kontrollvariante mit 12,5 cm Reihenabstand gegenüber allen geprüften Anbausystemen Weite Reihe niedrigere Werte gemessen.

Qualitätsunterschiede durch die Etablierung von Untersaaten gegenüber der Kontrollvariante mit 50 cm Reihenabstand ohne Untersaaten waren in keinem Fall signifikant. Bei Einsatz der Mulchmaschine wurden gegenüber den ungemulchten Varianten in den meisten Fällen höhere Qualitäten gemessen. Auch diese Unterschiede waren nicht signifikant.

Mit der Erweiterung der Reihenweite ohne eine Einsaat von Untersaaten (k_2) wurde gegenüber der Normalsaat (k_1) eine signifikante Verbesserung des Sedimentationswertes festgestellt. Vor allem bemerkenswert sind signifikant höhere Feuchtklebergehalte und Sedimentationswerte gegenüber der üblichen Anbauweise in jenen Systemen der Weiten Reihe, in denen im zeitigen oder im späteren Frühjahr eine Untersaat ausgebracht und später gemulcht wurde. Ähnlich reagierte der Rohproteingehalt. Hier zeigte jedoch nur die Variante mit später gesäter Frühjahrsuntersaat signifikant höhere Werte gegenüber k_1 .

Tabelle 22: Kennziffern zur Backqualität von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Resultate im Mittel von vier Standorten und zwei Untersuchungsjahren, n = 256)

Varianten**		Rohproteingehalt (%)		Feuchtklebergehalt (%)		Sedimentationswert (ml)	
Kontrollen	12,5 cm	10,6	a*	25,0	a	32,2	a
	50,0 cm	11,3	ab	27,2	ab	38,0	b
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	11,1	ab	26,8	ab	35,7	ab
	US II	11,1	ab	26,7	ab	36,4	ab
	US III	11,3	ab	27,0	ab	37,8	ab
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	11,1	ab	25,8	ab	35,4	ab
	US II	11,3	ab	27,8	b	38,4	b
	US III	11,5	b	27,9	b	38,5	b

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.4.2 Qualitätsparameter auf dem Standort Oberer Neckar

Eine Einzelbetrachtung der auf dem Standort Oberer Neckar in den verschiedenen Varianten erreichten Qualitätsparameter ist in Tabelle 23 dargestellt.

Im Jahr 2000 lag der Rohproteingehalt insgesamt auf einem hohen Niveau. In der Variante mit 12,5 cm Reihenweite wurde eine Proteinkonzentration von 12,1 % erreicht. Durch die Erweiterung der Reihenweite auf 50 cm wurde der Rohproteingehalt weiter leicht angehoben (nicht signifikant). Eine gegenüber dem Normalanbau signifikante Erhöhung des Rohproteingehaltes um ca. 1,5 % auf 13,6 % wurde bei Einsaat einer Untersaat im zeitigen Frühjahr mit Einsatz der Mulchmaschine festgestellt. In dieser Variante wurde auch ein gegenüber dem Normalanbau signifikant höherer Feuchtkleberanteil gemessen, ebenso in der Variante Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr mit Einsatz der Mulchmaschine. Ähnliche Verbesserungen konnten bei dem Parameter Sedimentationswert gemessen werden, allerdings wurden beim Vergleich der Mittelwerte keine Signifikanzen ausgewiesen.

Tabelle 23: Kennziffern zur Backqualität von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort oberer Neckar, n = 32

Varianten**		Rohprotein				Feuchtkleber				Sedimentationswert			
		2000		2001		2000		2001		2000		2001	
		(%)		(%)		(%)		(%)		(ml)		(ml)	
Kontrollen	12,5 cm	12,1	a*	12,0	a	26,3	a	22,7	a	43,5	a	37,6	a
	50,0 cm	12,5	ab	11,1	a	28,2	ab	24,8	a	47,8	a	35,3	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	12,8	ab	11,6	a	28,5	ab	27,2	a	47,3	a	32,9	a
	US II	12,7	ab	12,3	a	29,7	ab	25,8	a	46,8	a	39,8	a
	US III	12,8	ab	12,3	a	29,4	ab	26,8	a	47,6	a	44,0	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	12,3	ab	11,9	a	27,2	ab	27,2	a	45,8	a	38,8	a
	US II	13,6	b	12,1	a	32,4	c	27,8	a	53,3	a	39,8	a
	US III	13,1	ab	11,5	a	31,7	bc	25,3	a	49,8	a	40,6	a

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Das Jahr 2001 auf dem Standort oberer Neckar war dagegen undifferenzierter. Es konnte in keinem Fall ein durch die unterschiedlichen Behandlungen bedingter signifikanter Unterschied bei den Qualitäten festgestellt werden. Teilweise wurden bei Anbau mit 50 cm Reihenweite gegenüber dem Normalanbau niedrigere Werte gemessen. Eine tendenzielle Verbesserung gab es bei Frühjahrsaussaat der Untersaat. Es gab keinen Effekt durch den Einsatz des Reihenmulchers.

3.4.3 Qualitätsparameter auf dem Standort Wetterau

Die Ergebnisse der Qualitätsuntersuchungen des auf dem Standort Wetterau angebauten Weizens sind in Tabelle 24 abgebildet.

Im Jahr 2000 waren die Qualitätsparameter bei allen geprüften Varianten mit Reihenweiten von 50 cm gegenüber dem Normalanbau verbessert. Die deutlichste Verbesserung wurde bei Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr und Einsatz der Mulchmaschine festgestellt (signifikant in allen Fällen). Im Folgejahr 2001 wiederholten sich diese Ergebnisse nicht. Die gemessenen Werte waren nur geringfügig unterschiedlich, so dass in keinem der untersuchten Fälle ein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte.

Tabelle 24: Kennziffern zur Backqualität von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort Wetterau, n = 32

Varianten**		Rohprotein				Feuchtkleber				Sedimentationswert			
		2000		2001		2000		2001		2000		2001	
		(%)		(%)		(%)		(%)		(ml)		(ml)	
Kontrollen	12,5 cm	10,3	a*	9,1	a	22,4	a	29,4	a	34,3	a	21,5	a
	50,0 cm	11,5	b	9,7	a	26,7	ab	30,5	a	43,6	ab	23,3	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	11,5	b	9,5	a	27,5	ab	29,8	a	44,1	ab	24,5	a
	US II	11,4	ab	9,0	a	25,2	ab	28,7	a	42,5	ab	22,0	a
	US III	11,6	b	9,2	a	27,2	ab	28,5	a	42,9	ab	24,50	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	11,6	b	9,4	a	24,5	ab	27,0	a	46,1	b	23,9	a
	US II	11,3	ab	9,7	a	26,0	ab	30,2	a	41,4	ab	24,9	a
	US III	12,0	b	9,5	a	28,8	b	29,3	a	47,0	b	24,0	a

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.4.4 Qualitätsparameter auf dem Standort Vogelsberg

Auf dem Standort Vogelsberg war in keinem der beiden Untersuchungsjahre eine Beeinflussung der Qualitätsmerkmale durch die unterschiedlichen Behandlungen zu beobachten (Tab. 25). Insgesamt lagen alle Werte, abgesehen von dem Feuchtklebergehalt 2001, auf einem sehr niedrigen Niveau.

Tabelle 25: Kennziffern zur Backqualität von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort Vogelsberg, n = 32

Varianten**		Rohprotein				Feuchtkleber				Sedimentationswert			
		2000		2001		2000		2001		2000		2001	
		(%)		(%)		(%)		(%)		(ml)		(ml)	
Kontrollen	12,5 cm	9,7	a*	8,7	a	18,0	a	28,0	a	29,8	a	18,0	a
	50,0 cm	9,8	a	9,4	a	19,7	a	28,9	a	31,4	a	21,6	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	10,2	a	8,8	a	18,0	a	25,2	a	30,8	a	17,3	a
	US II	9,7	a	9,0	a	18,5	a	25,8	a	28,9	a	15,3	a
	US III	9,7	a	9,3	a	18,4	a	27,2	a	30,1	a	18,5	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	9,7	a	8,8	a	18,3	a	28,3	a	29,6	a	13,0	a
	US II	9,5	a	8,8	a	17,0	a	30,8	a	28,6	a	16,5	a
	US III	9,7	a	9,5	a	18,9	a	28,2	a	29,6	a	19,0	a

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.4.5 Qualitätsparameter auf dem Standort Uckermark

Der Standort Uckermark reagierte bei den untersuchten Qualitätsparametern von allen Versuchsstandorten am deutlichsten auf die unterschiedlichen Behandlungen (Tab. 26).

Besonders ausgeprägt waren die Effekte im Jahr 2000. Der Rohproteingehalt wurde durch die Erweiterung der Reihenweite auf 50 cm gegenüber der Normalsaat um 2 % angehoben (nicht signifikant). Signifikante Unterschiede gegenüber der Normalsaat beim Rohproteingehalt konnten bei Frühljahrsaussaat der Untersaat gefunden werden, einmal bei Aussaat im zeitigen Frühjahr ohne Mulchen, zum andern bei Aussaat im späteren Frühjahr mit Mulchen. Auch beim Feuchtklebergehalt wurden bei Anbau in Weiter Reihe gegenüber Normalsaat durchgehend höhere Werte gemessen (nicht signifikant), ebenso beim Sedimentationswert. Die Unterschiede beim Sedimentationswert gegenüber der Normalsaat waren außer bei Herbstaussaat der Untersaat signifikant. Die Ergebnisse im Jahr 2001 entsprachen den Ergebnissen des Vorjahres in abgeschwächter Form. Statistisch abgesichert werden konnte die gegenüber dem Normalanbau verbesserte Qualität bei Anbau in Weiter Reihe nur am Sedimentationswert bei Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr mit Einsatz der Mulchmaschine.

Tabelle 26: Kennziffern zur Backqualität von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen, Standort Uckermark, n = 32

Varianten**		Rohprotein				Feuchtkleber				Sedimentationswert			
		2000		2001		2000		2001		2000		2001	
		(%)		(%)		(%)		(%)		(ml)		(ml)	
Kontrollen	12,5 cm	10,8	a*	11,1	a	27,7	a	25,5	a	46,4	a	26,5	a
	50,0 cm	12,8	ab	12,3	a	31,4	a	27,6	a	62,9	b	38,1	ab
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	12,3	ab	11,6	a	29,80	a	28,7	a	57,4	ab	32,1	ab
	US II	13,2	b	11,9	a	33,4	a	26,3	a	62,4	b	33,6	ab
	US III	12,8	ab	11,7	a	30,8	a	27,8	a	61,0	b	33,4	ab
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	11,8	ab	11,9	a	29,9	a	24,5	a	56,0	ab	30,3	ab
	US II	12,6	ab	12,0	a	30,8	a	27,3	a	62,1	b	40,5	b
	US III	13,3	b	12,7	a	32,0	a	29,2	a	62,5	b	35,6	ab

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.4.6 Backversuche

Die in den Laborbackversuchen (Rapid-Mix-Test, Mehltyp 550) erreichten Backvolumina der ausgesuchten Mischproben sind in Tabelle 27 dargestellt. Das aus dem Normalanbau mit 12,5 cm Reihenweite gewonnene Mehl erreichte ein sehr niedriges Backvolumen von 555 ml / 100 g Mehl. Das aus den Varianten der Weiten Reihe gewonnene Mehl erreichte ein niedriges Backvolumen von 608 ml. Eine statistische Verrechnung wurde aufgrund des geringen Probenumfangs nicht durchgeführt.

Tabelle 27: Backvolumen (RMT) von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (Mischproben von vier Standorten, Erntejahr 2000 und 2001, n = 12)

Varianten	Backvolumen (ml)	Einstufung nach ABERHAM 1999
Normale Reihenweite 12,5 cm	555,0	Sehr niedrig
Reihenweite 50,0 cm ohne Untersaat	607,5	niedrig
Reihenweite 50,0 cm, Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr, gemulcht	608,0	niedrig

3.5 Zeiternten 1999/2000 und 2000/2001

Während des Wachstums der Weizenbestände wurden jeweils an zwei Terminen Ertragshebungen zum Biomasseaufwuchs des Weizens und zum Aufwuchs zwischen den Reihen (Beisaaten und Verunkrautung) durchgeführt (siehe Kapitel 2.4.1, Entwicklungsstadien des Weizens zu den Mulchterminen und Kapitel 2.5.1, Termine der Ertragsfeststellungen). Die Ertragsfeststellungen wurden direkt vor den Mulchmaßnahmen durchgeführt. Nichtsignifikante Wechselbeziehungen zwischen den Versuchsvarianten, Standorten und Jahren erlaubten es, die Ergebnisdarstellung auf die Hauptwirkung der Versuchsvarianten zu beschränken.

Zum Termin der ersten Zeiternte waren keine signifikanten Unterschiede im Biomasseaufwuchs des Weizens festzustellen (Tab. 28). Durchschnittlich waren zu diesem Zeitpunkt 38,4 dt/ha Trockensubstanz an Winterweizenbiomasse aufgewachsen. Bei dem Biomasseaufwuchs der Beisaaten resultierte der Aufwuchs in den beiden Kontrollvarianten aus der bestehenden Verunkrautung. Die höchsten Biomasseaufwüchse wurden erwartungsgemäß in den Varianten mit Herbstaussaat der Untersaaten realisiert. Die Varianten mit Frühjahrsaussaat der Untersaaten zeigten signifikant niedrigere Werte gegenüber der Herbstaussaat.

Tabelle 28: Biomasseaufwuchs von Winterweizen (Sorte Bussard) und Beisaaten zum ersten Erntetermin (= Mulchtermin); Ertrag in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel der vier Untersuchungsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)

Varianten**		Biomasse Weizen (dt/ha TS)		Biomasse Beisaaten (dt/ha TS)	
Kontrollen	12,5 cm	40,5	a*	4,7	ab
	50,0 cm	38,3	a	5,5	ab
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	38,5	a	9,5	c
	US II	38,5	a	3,6	a
	US III	39,0	a	5,1	ab
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	35,8	a	7,8	bc
	US II	38,8	a	3,4	a
	US III	37,8	a	4,1	a

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Zum zweiten Mulchtermin lag der mittlere Biomassertrag des Weizens bei annähernd 88 dt/ha Trockensubstanz (Tab. 29). Der höchste Weizenbiomassertrag (99,4 dt/ha Trockensubstanz) wurde in dem System Weite Reihe gefunden, in das erst im späten Frühjahr nach jeweils einmaligem Striegeln und Hacken die Untersaat eingebracht wurde (gemulchte Variante). Es bestanden signifikante Unterschiede zum gemulchten Weitreichensystem mit Herbstuntersaat. Dort wurden zugleich die niedrigsten Biomasserträge gemessen.

Die Aufwuchserfassung der Beisaaten und der Verunkrautung in den Kontrollvarianten zu diesem Zeitpunkt ergab, bedingt durch die Konkurrenzkraft des Weizens bzw. durch die mechanischen Pflegemaßnahmen, dass keine erntbare Biomasse mehr vorhanden war. Analog dem ersten Mulchtermin wurden die größten Biomasserträge in den Varianten Weite Reihe mit Herbstuntersaat festgestellt: 25,7 dt/ha in der nicht gemulchten und 16,4 dt/ha in der gemulchten Variante. Alle Varianten mit Frühjahrsuntersaaten zeigten hingegen signifikant niedrigere Werte. Es ist zu beachten, dass bei den gemulchten Varianten Weite Reihe mit Herbstuntersaat und Weite Reihe mit Untersaat im zeitigen Frühjahr der zweite Aufwuchs zwischen den Reihen erfasst wurde.

Tabelle 29: Biomasseaufwuchs von Winterweizen (Sorte Bussard) und Beisaaten zum zweiten Erntetermin (=Mulchtermin); Ertrag in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse jeweils im Mittel der vier Untersuchungsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)

Varianten**		Biomasse Weizen (dt/ha TS)		Biomasse Beisaaten (dt/ha TS)	
Kontrollen	12,5 cm	89,6	ab*	0	
	50,0 cm	88,5	ab	0	
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	83,9	ab	25,7	b
	US II	85,9	ab	10,4	a
	US III	81,4	ab	1,5	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	77,3	a	16,4	b
	US II	96,6	ab	2,6	a
	US III	99,4	b	1,2	a

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Nach der Getreideernte erfolgte keine Stoppelbearbeitung. Die Parzellen wurden einheitlich mit einem Flächenmulcher gemulcht. Untersaaten, Ausfallgetreide und Unkraut konnten im Anschluss weiter wachsen. Die Erhebungen erfolgten nur auf den beiden Standorten Wetterau und Vogelsberg (siehe Kapitel 2.5.1, Termine der Ertragsfeststellungen). Die Darstellung der Biomasseerträge in den einzelnen Varianten erfolgt in Tabelle 30. Am Standort Wetterau wurden analog den Messungen zu den vorhergehenden Terminen die höchsten Mengen an Biomasse in den Varianten mit Herbstuntersaat gemessen und die geringsten Mengen an Biomasse in den Kontrollvarianten, in denen keine Untersaat etabliert wurde. Die beiden Varianten Herbstuntersaat und die beiden gemulchten Frühjahrsvarianten erwiesen sich gegenüber den ungemulchten Frühjahrsuntersaaten und den Kontrollvarianten als signifikant unterschiedlich. Auf dem Standort Vogelsberg waren derartige Unterschiede nicht ersichtlich.

Tabelle 30: Biomasseaufwuchs von Untersaaten und Unkraut nach der Ernte auf unterschiedlichen Standorten in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel von zwei Untersuchungsjahren, n = 64)

Varianten**		Biomasse Nachernte (dt/ha TS)		Biomasse Nachernte (dt/ha TS)	
		Wetterau		Vogelsberg	
Kontrollen	12,5 cm	2,7	a*	5,3	a
	50,0 cm	5,25	a	7,5	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	11,5	c	7,3	a
	US II	9,5	b	8,0	a
	US III	9,4	b	5,4	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	11,9	c	6,8	a
	US II	10,4	c	7,2	a
	US III	10,7	c	8,3	a

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.6 Stroherträge 1999/2000 und 2000/2001

Die Effekte der Versuchsbehandlungen auf den Strohertrag wurden von den Faktoren Standort und Jahr nicht signifikant beeinflusst. Die Darstellung des Strohertrages erfolgt daher im Mittel der vier Standorte und zwei Untersuchungsjahre (Tab. 31). Eine signifikante Beeinflussung des Strohertrags durch die Versuchsbehandlungen war nicht zu beobachten.

Tabelle 31: Strohertrag (TS) von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel der vier Versuchsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)

Varianten**		Strohertrag (dt/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	49,5	a*
	50,0 cm	52,2	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	52,2	a
	US II	49,0	a
	US III	56,6	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	49,2	a
	US II	51,1	a
	US III	50,4	a
	\bar{x}	51,3	

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.7 Sorten- und Saatstärkenversuch 2001/2002

Mit dieser zusätzlichen, auf den Standorten Vogelsberg und Wetterau einjährig durchgeführten Untersuchung sollte die Eignung der unterschiedlichen Weizensorten Bussard und Batis für das Anbausystem hinsichtlich Ertrag und Qualität überprüft sowie erweiterte Kenntnisse über angepasste Saatstärken für das Anbauverfahren erlangt werden.

3.7.1 Kornerträge verschiedener Sorten bei differenzierten Saatstärken

Auf beiden Standorten war die Sorte Batis der Sorte Bussard bezüglich des Kornertrags signifikant überlegen (Tab. 32). Zugleich zeigte sich ein um ca. 10 dt/ha höherer Ertrag auf dem Standort Wetterau im Vergleich zu Vogelsberg, bedingt durch die dort vorteilhafteren Boden- und Klimaverhältnisse.

Tabelle 32: Kornertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von Sorte und Standort (2002, im Mittel der Versuchsbehandlungen, n=80)

Sorten	Wetterau (dt/ha)		Vogelsberg (dt/ha)		\bar{x}
Bussard	45,1	a*	37,0	a	41,0a
Batis	54,3	b	43,0	b	48,6b
\bar{x}	49,7		40,0		

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

Signifikante Effekte der Versuchsbehandlungen (Reduzierung der Saatstärke, Einsatz von Untersaaten) auf den Kornertrag waren bei keiner Sorte und auf keinem Standort zu beobachten (Tab. 33).

Tabelle 33: Kornertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaaten (2002, im Mittel der Sorten und Untersuchungsstandorte, n = 80)

Varianten			Bussard (dt/ha)		Batis (dt/ha)		Sortenmittel (dt/ha)	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**						
12,5	100	ohne	42,7	a*	50,1	a	46,4	a
50,0	75	früh	42,3	a	50,0	a	46,2	a
50,0	75	spät	42,3	a	50,5	a	46,4	a
50,0	50	früh	42,5	a	51,3	a	46,9	a
50,0	50	spät	42,2	a	50,1	a	46,5	a

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

**Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

3.7.2 Ertragsparameter verschiedener Sorten bei differenzierten Saatstärken

Hinsichtlich der Ertragsparameter ährentragende Halme, Anzahl Körner je Ähre und TKM waren keine sortenspezifische Effekte zu beobachten. Daher werden die Resultate im Mittel der geprüften Sorten mitgeteilt. Signifikante Effekte der verschiedenen Anbausysteme Weite Reihe gegenüber der Kontrolle blieben auf die Merkmale ährentragende Halme und Kornzahl je Ähre auf dem Standort Wetterau beschränkt (Tab. 34 u. 35). In allen Systemen mit weitem Reihenabstand lag die Anzahl ährentragender Halme ca. 50 % unter jener der Kontrollen. Stattdessen war die Anzahl der Körner je Ähre doppelt so hoch wie bei 12,5 cm Abstand. Die TKM lag einheitlich bei ca. 40 g (Tab. 36).

Tabelle 34: Anzahl ährentragender Halme je m² von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat auf zwei Untersuchungsstandorten (2002, im Mittel der Sorten, n = 40)

Varianten			Wetterau		Vogelsberg	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**				
12,5	100	ohne	529	a*	258	a*
50,0	75	früh	252	b	221	a
50,0	75	spät	243	b	219	a
50,0	50	früh	234	b	235	a
50,0	50	spät	258	b	236	a

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

**Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

Tabelle 35: Anzahl Körner je Ähre von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat auf zwei Untersuchungsstandorten (2002, im Mittel der Sorten, n = 40)

Varianten			Wetterau		Vogelsberg	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**				
12,5	100	ohne	21,2	a*	40,3	a*
50,0	75	früh	40,7	b	46,7	a
50,0	75	spät	42,1	b	46,7	a
50,0	50	früh	44,4	b	43,7	a
50,0	50	spät	39,7	b	44,3	a

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

**Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

Tabelle 36: Tausendkornmasse (TKM) von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Sorten und Untersuchungsstandorte, n = 80)

Varianten			TKM (g)	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**		
12,5	100	ohne	39,9	a*
50,0	75	früh	39,6	a
50,0	75	spät	39,9	a
50,0	50	früh	40,3	a
50,0	50	spät	40,0	a

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

**Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

3.7.3 Qualitäten verschiedener Sorten bei differenzierten Saatstärken

➤ Rohproteingehalte

Die E-Weizensorte-Bussard erzielte auf beiden Standorten einen signifikant höheren Rohproteingehalt als die A-Weizensorte Batis (Tab. 37). Der Standort Vogelsberg war dem Standort Wetterau deutlich überlegen.

Tabelle 37: Rohproteingehalt im Winterweizenkorn in Abhängigkeit von Sorte und Standort (2002, im Mittel der Versuchsbehandlungen, n=80)

Sorten	Wetterau (%)		Vogelsberg (%)		\bar{x}
Bussard	9,3	a*	11,6	a	10,5
Batis	8,7	b	10,3	b	9,5
\bar{x}	9,0		10,9		

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

Im Mittel beider Standorte reagierte die stärker ertragsbetonte Sorte Batis in dem geprüften System der Weiten Reihe mit signifikant höheren Rohproteingehalten gegenüber der Kontrolle (Tab. 38). Die qualitätsbetonte Sorte Bussard blieb unbeeinflusst.

Tabelle 38: Rohproteingehalt im Winterweizenkorn unterschiedlicher Sorten von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Untersuchungsstandorte, n = 80)

Varianten			Bussard (%)		Batis (%)		Sortenmittel (%)
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**					
12,5	100	ohne	9,9	a*	8,9	a*	9,4
50,0	75	früh	10,1	a	9,3	b	9,7
50,0	75	spät	9,9	a	9,3	b	9,6
50,0	50	früh	10,0	a	9,3	b	9,6
50,0	50	spät	10,2	a	9,5	b	9,9

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

**Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

➤ Feuchtklebergehalte

Hier waren signifikante standortspezifische Unterschiede im Mittel aller Versuchsbehandlungen zugunsten des Ortes Vogelsberg zu erkennen (Tab. 39). Es lagen keine Sorteneffekte vor.

Die geprüften Varianten des Anbausystems Weite Reihe zeigten gegenüber der Kontrolle tendenziell höhere Feuchtklebergehalte (Tab. 40).

Tabelle 39: Gehalt an Feuchtkleber in Abhängigkeit von Sorte und Standort (2002, im Mittel der Versuchsbehandlungen, n=80)

Sorten	Wetterau (%)		Vogelsberg (%)		\bar{x}	
Bussard	20,8	a	24,7		22,8	a
Batis	18,5	a	25,5		22,0	a
\bar{x}	19,7	a*	25,1	b		

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

Tabelle 40: Gehalt an Feuchtkleber von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Untersuchungsstandorte, n = 80)

Varianten			Bussard (%)		Batis (%)		Sortenmittel (%)	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**						
12,5	100	ohne	21,4	a*	18,2	a*	19,8	a*
50,0	75	früh	22,1	a	21,6	a	21,8	a
50,0	75	spät	21,2	a	18,6	a	19,9	a
50,0	50	früh	23,5	a	21,7	a	22,6	a
50,0	50	spät	22,3	a	23,9	a	23,1	a

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

**Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

➤ Sedimentationswerte

Den höchsten Sedimentationswert mit ca. 42 ml im Mittel der Versuchsbehandlungen besaß die Sorte Bussard auf dem Standort Vogelsberg (Tab. 41). Bussard war Batis auf diesem Standort signifikant überlegen. Aus dem Standort Wetterau gab es keine Sorteneffekte. Zudem waren die auf dem Standort Wetterau erzielten Sedimentationswerte wesentlich niedriger als auf dem Standort Vogelsberg.

Im Mittel der Sorten und Standorte wurde bei 12,5 cm Reihenabstand (Kontrolle) der geringste Sedimentationswert mit 24,2 cm beobachtet (Tab. 42). Alle Werte der Varianten Weite Reihe lagen höher als dieser Wert. Mit 27,8 ml war die Variante Weite Reihe + 50 % Aussaatstärke + späte Untersaat der Kontrolle signifikant überlegen.

Tabelle 41: Sedimentationswert von Winterweizen in Abhängigkeit von Sorte und Standort (2002, im Mittel der Versuchsbehandlungen, n=80)

Sorten	Wetterau		Vogelsberg		\bar{x}	
	(ml)		(ml)		(ml)	
Bussard	21,9	a*	41,6	a	22,8	
Batis	19,8	a	32,9	b	22,0	
\bar{x}	20,9		37,3			

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

Tabelle 42: Sedimentationswert von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Untersuchungsstandorte, n = 80)

Varianten			Bussard (ml)		Batis (ml)		Sortenmittel (ml)	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**						
12,5	100	ohne	27,3	a*	21,2	a*	24,2	a*
50,0	75	früh	28,4	a	24,6	a	26,5	ab
50,0	75	spät	27,4	a	23,9	a	25,7	ab
50,0	50	früh	29,3	a	25,7	a	27,5	ab
50,0	50	spät	30,0	a	25,5	a	27,8	b

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

**Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

3.7.4 Stroherträge verschiedener Sorten bei differenzierten Saatstärken

Bezüglich des Strohertrages war kein signifikanter Standort- und Sorteneinfluss feststellbar. Im Mittel über die geprüften Sorten und Standorte zeigte sich der höchste Strohertrag in der Kontrollvariante mit 12,5 cm Reihenabstand (Tab. 43). Es bestanden signifikante Effekte gegenüber allen geprüften Systemen mit Reihenabständen von 50 cm.

Tabelle 43: Strohertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Sorten und Untersuchungsstandorte, n = 80)

Varianten			Strohertrag (dt/ha TS)	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**		
12,5	100	ohne	68,2	a*
50,0	75	früh	45,7	b
50,0	75	spät	44,2	b
50,0	50	früh	46,0	b
50,0	50	spät	51,0	b

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

**Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

3.8 Vorfruchtwirkungen

Die Ergebnisse zur Vorfruchtwirkung der untersuchten Weizenanbausysteme werden aufgrund von Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Behandlung und Standort getrennt für die beiden untersuchten Standorte Wetterau und Vogelsberg dargestellt.

Für den Standort Wetterau erfolgt in Tab. 44 eine Gegenüberstellung der Korn- und Stroherträge von Winterweizen in 2001 als Vorfrucht, der Biomasseerträge der Untersaaten (+ Beikraut) in 2001 sowie der Korn- und Stroherträge der Nachfrucht Winterroggen in 2002. Von maßgeblichem Interesse war der Kornertrag des Winterroggens (Roggenanbau einheitlich mit 12,5 cm Reihenweite; getestet wurden Nachwirkungseffekte der Versuchsbehandlungen beim Weizenanbau im Vorjahr). Die Ergebnisse zum Weizenkornertrag und zum Biomasseertrag sind in Kapitel 3.1.3, Tabelle 1 und Kapitel 3.6, Tabellen 29 bis 31 dargestellt.

Roggenertrag 2002, Standort Wetterau:

In den beiden Vorjahreskontrollen ohne Untersaaten wurden gegenüber den Vorjahresvarianten Weite Reihe mit Untersaaten deutlich niedrigere Roggenerträge gemessen. Die höchsten Erträge wurden in den Varianten erreicht, in denen bereits im Herbst 2000 die Untersaat ausgesät wurde. In der ungemulchten Variante lag der Ertrag bei 59,6 dt/ha, bei der gemulchten Variante bei 64,2 dt/ha. Der Ertragsunterschied von knapp 20 dt/ha gegenüber der Kontrollvariante mit im Vorjahr in Normalsaat angebauten Weizen (44,4 dt/ha) war signifikant. Der Strohertrag des Winterroggens reagierte auf den Vorfruchteffekt der Untersaaten in ähnlicher Weise.

Tabelle 44: Vergleichende Gegenüberstellung der Erträge der Vorfrucht Winterweizen, der Untersaat und der Nachfrucht Winterroggen auf dem Standort Wetterau

		Vorfrucht 2001				Untersaat/Beikraut unter Vorfrucht						Nachfrucht 2002			
		Winterweizen				Mulch I***		Mulch II		Nachernte		Winterroggen			
Varianten		Korn (dt/ha)		Stroh (dt/ha)		Biomasse (dt/ha TS)		Biomasse (dt/ha TS)		Biomasse (dt/ha TS)		Korn (dt/ha)		Stroh (dt/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	35,0	a*	36,6	a	1,2	a	-		2,8	a	44,4	a	47,2	
	50,0 cm	38,5	a	47,3	a	2,4	a	-		5,3	ab	47,2	ab	44,1	
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	34,5	a	44,8	a	9,4	a	25,7	a	11,5	c	59,6	ab	67,7	
	US II	35,6	a	39,8	a	3,6	a	10,4	a	9,5	bc	55,5	ab	47,9	
	US III	36,7	a	42,5	a	5,1	a	1,5	a	9,4	bc	53,0	ab	56,11	
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	36,1	a	40,6	a	7,8	a	25,0	a	11,9	c	64,2	b	61,4	
	US II	38,9	a	46,3	a	3,4	a	6,0	a	10,3	c	55,5	ab	66,1	
	US III	42,7	a	50,0	a	4,1	a	5,3	a	10,6	c	51,5	ab	74,0	

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$; *** Mulch I Biomasseertrag zum 1. Mulchtermin
Mulch II Biomasseertrag zum 2. Mulchtermin

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
US I Aussaat der Untersaat im Herbst
US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Die Betrachtung der Folge Winterweizen - Winterroggen auf dem Standort Wetterau zeigten folgende Systemeffekte:

Der Kornertrag des Winterweizens in 2001 stieg in der Reihenfolge Herbstuntersaat – Untersaat im zeitigen Frühjahr – Untersaat im späten Frühjahr.

Die höchsten Biomasseerträge der Untersaaten wurden in den Varianten mit Herbstuntersaat festgestellt.

Der Kornertrag von Winterroggen in 2002 stieg in Abhängigkeit der Vegetationsdauer der zur Vorfrucht Winterweizen ausgesäten Untersaat in der Reihenfolge Untersaat im späten Frühjahr – Untersaat im zeitigen Frühjahr – Herbstuntersaat.

Auf dem Standort Vogelsberg konnten keine ähnlich schlüssigen Beobachtungen gemacht werden (Tab. 45).

Tabelle 45: Vergleichende Gegenüberstellung der Erträge der Vorfrucht Winterweizen, der Untersaat und der Nachfrucht Winterroggen auf dem Standort Vogelsberg

		Vorfrucht 2001				Untersaat/Beikraut unter Vorfrucht						Nachfrucht 2002			
		Winterweizen				Mulch I***		Mulch II		Nachernte		Winterroggen			
Varianten		Korn (dt/ha)		Stroh (dt/ha)		Biomasse (dt/ha TS)		Biomasse (dt/ha TS)		Biomasse (dt/ha TS)		Korn (dt/ha)		Stroh (dt/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	35,5	a*	33,7	a	4,1	a	6,5	a	5,3	a	28,5	a	35,4	
	50,0 cm	34,7	a	33,9	a	4,5	a	6,7	a	7,5	a	33,6	a	33,6	
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	30,7	a	38,7	a	5,1	a	6,9	a	7,3	a	28,2	a	32,6	
	US II	30,2	a	35,6	a	3,2	a	6,5	a	8,0	a	29,9	a	32,5	
	US III	30,9	a	41,3	a	3,6	a	5,9	a	5,4	a	25,7	a	30,4	
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	30,1	a	36,4	a	5,7	a	10,2	a	6,8	a	25,5	a	25,5	
	US II	29,7	a	34,7	a	4,0	a	10,0	a	7,2	a	30,6	a	35,5	
	US III	28,0	a	31,5	a	3,2	a	8,5	a	8,3	a	28,1	a	29,7	

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$; *** Mulch I Biomasseertrag zum 1. Mulchtermin

Mulch II Biomasseertrag zum 2. Mulchtermin

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.9 Bodenuntersuchungen

3.9.1 Erosionsstabilität

Der unter Laborbedingungen hervorgerufene Bodenabtrag durch simulierte Niederschlagsereignisse in den untersuchten Varianten ist in Tabelle 46 abgebildet.

Tabelle 46: Bodenabtrag in t/ha in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat unter Laborbedingungen (Messungen am bewachsenen Boden vor dem Ährenschieben, Proben vom Standort Wetterau, Vegetationsjahr 2001)

Varianten**		Bodenabtrag (t/ha)									
		Schwach- regen 10 Minuten		Schwach- regen 10 Minuten		Starkregen 2 Minuten		Starkregen 2 Minuten		Gesamt	
Kontrollen	12,5 cm	2,06	a*	1,73	a	6,82	a	9,31	a	19,92	a
	50,0 cm	1,22	b	1,91	a	11,97	b	10,97	b	26,07	b
Reihenweite 50 cm, gemulcht	US I	0,0	c	0,63	c	0,81	c	1,74	c	3,17	c
	US II	1,58	b	2,29	b	9,04	ab	9,14	ab	22,05	ab

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr

Zwei jeweils zehnmünütige Schwachregenereignisse und zwei jeweils zweiminütige Starkregenereignisse simulierten eine unterschiedliche Intensität der Niederschläge. Es wurde deutlich, dass infolge der beiden Starkregenereignisse beim Anbau des Weizens mit 50 cm Reihenweite ohne Untersaat signifikant mehr Boden im Vergleich zum Normalanbau abgeschwemmt wurde. In der Summe aller Regenereignisse wurden bei 12,5 cm Reihenabstand ca. 20 t/ha Feinerde erodiert, bei 50 cm Reihenentfernung ohne Untersaat 26 t/ha.

Die Untersaaten verminderten die Erosivität in den Weitreihensystemen. Dabei zeigte das System mit Herbstuntersaat zu jeder Regenbehandlung sowie in deren Summe (ca. 3,2 t/ha) signifikant niedrigere Mengen an erodiertem Boden gegenüber allen anderen geprüften Systemen. Das System Weite Reihe mit Frühjahrsuntersaat zeigte lediglich bei der ersten Schwachregenbehandlung eine signifikant geringere Erosivität gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand sowie bei der zweiten Schwachregenbehandlung eine signifikant geringere Erosionsanfälligkeit gegenüber beiden Kontrollen ohne Untersaat. Insgesamt lag folgende Reihung vor: Weite Reihe ohne Untersaat (26,0 t/ha) > Weite Reihe mit Untersaat im zeitigen Frühjahr (22,0 t/ha) > Normalanbau mit 12,5 cm Reihenentfernung (19,9 t/ha) > Weite Reihe mit Herbstuntersaat (3,2 t/ha).

3.9.2 Bodenstickstoff

Die umfangreichen Untersuchungen zum Gehalt der Bodenschichten 0 – 30 cm, 30 – 60 cm und 60 – 90 cm an löslichem Stickstoff ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) in den Vegetationsperioden 1999/2000 und 2000/2001 führten zu keinem Untersuchungstermin, auf keinem Standort und in keinem der jeweils analysierten Horizonte zu signifikanten, behandlungsbedingten Effekten. Auf die Mitteilung der Ergebnisse in Tabellenform wird verzichtet.

Lediglich an Ergebnissen vom Standort Wetterau aus dem Jahre 2000 ergibt sich bei Betrachtung des N_{min} -Gehaltes im Gesamtbodenhorizont 0 – 90 cm (Probennahme September, ca. 6 Wochen nach der Ernte) ein einzelner Anhaltspunkt dafür, dass der Fonds an löslichem Stickstoff im Boden durch die aus den Untersaaten hervorgegangenen Zwischenfrüchte in den Anbausystemen Weite Reihe stärker genutzt wurde (Tab. 47).

Der Restgehalt an N_{min} (0 – 90 cm) betrug in der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand ca. 65 kg/ha. Alle Varianten des Anbausystems Weite Reihe zeigten deutlich geringere Restmengen; in drei Prüfgliedern waren diese Restmengen signifikant geringer als in der o.g. Kontrolle. Weder im folgenden Jahr auf dem gleichen Standort noch in den Untersuchungen auf dem Standort Vogelsberg bestätigen sich die oben beschriebenen Beobachtungen.

Tabelle 47: Gehalt an löslichem Stickstoff in der Tiefe 0 – 90 cm in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen; Termin: September des jeweiligen Jahres (n = 32)

N_{min} - Gehalt in kg/ha in der Bodenschicht 0 - 90cm						
		Wetterau			Vogelsberg	
Varianten**		2000		2001	2000	2001
Kontrollen	12,5 cm	65,08	a*	17,73	27,14	29,28
	50,0 cm	47,38	ab	19,06	26,96	25,70
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	42,50	ab	17,94	25,29	29,40
	US II	37,43	b	18,34	21,57	23,16
	US III	35,97	b	18,13	28,19	21,83
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	32,77	b	18,31	54,37	21,97
	US II	40,68	ab	21,03	24,51	21,71
	US III	39,92	ab	17,50	30,79	23,13
\bar{x}		42,72		18,5	29,85	24,52

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Untersuchungen zum Gehalt an löslichem Stickstoff (N_{\min}) in der Anbauperiode 2001/2002 waren auf den Standort Wetterau beschränkt. Signifikante Effekte wurden in keiner der realisierten Messreihen beobachtet (Tab. 48). Dennoch sind die deutlich höheren Gehalte an NO_3^- - und NH_4^- -Stickstoff zum Probenahmetermin April in allen Systemen Weite Reihe gegenüber der Kontrolle erwähnenswert. So lagen die N_{\min} -Gehalte bei Weitreihenbau in der Tiefe von 0 –90 cm zwischen 46 und 60 kg/ha; hingegen waren in der Kontrolle nur 31 kg/ha zu finden.

Die deutlich geringeren Mengen im Mai zeigen die Ausschöpfung der N_{\min} -Vorräte im Zuge der Bestandesentwicklung. Erwähnenswerte Unterschiede zwischen den Varianten waren nicht mehr vorhanden. Bei den Probenahmen zwischen den Reihen konnte gegenüber dem direkt unter den Reihen gewonnenen Probenmaterial kein Unterschied an vorhandenem löslichem Stickstoff festgestellt werden.

Tabelle 48: Gehalt an löslichem Stickstoff unter Winterweizen in der Tiefe 0 – 90 cm in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (Standort Wetterau, n = 60);

Probenahmetermin April 2002

Varianten			Tiefenstufe 0-30 cm		Tiefenstufe 30-60 cm		Tiefenstufe 60-90 cm		Tiefenstufe 0-90cm	
Reihen- weite (cm)	Saat- stärke (%)	Unter- saat**	(kg/ha)		(kg/ha)		(kg/ha)		(kg/ha)	
12,5	100	ohne	5,7	a*	11,2	a	14,1	a	31,0	a
50,0	75	früh	20,0	a	15,2	a	18,6	a	53,8	a
50,0	75	spät	12,2	a	15,6	a	18,2	a	46,0	a
50,0	50	früh	12,3	a	18,3	a	20,3	a	50,9	a
50,0	50	spät	16,5	a	19,1	a	24,3	a	59,9	a

Tabelle 48 (Fortsetzung):

Probenahmetermin Mai 2002, Probenahme in den Reihen

12,5	100	ohne	7,8	a	4,8	a	3,9	a	16,5	a
50,0	75	früh	8,8	a	5,7	a	3,7	a	18,2	a
50,0	75	spät	7,6	a	5,0	a	3,9	a	16,5	a
50,0	50	früh	8,0	a	7,0	a	5,3	a	20,3	a
50,0	50	spät	6,8	a	3,6	a	4,1	a	14,5	a

Probenahmetermin Mai 2002, Probenahme zwischen den Reihen

50,0	75	früh	7,7	a	5,0	a	3,7	a	16,4	a
50,0	75	spät	7,1	a	4,4	a	3,8	a	18,9	a
50,0	50	früh	6,2	a	4,8	a	7,9	a	18,9	a
50,0	50	spät	7,5	a	3,7	a	6,2	a	17,4	a

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

**Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

3.9.3 Bodenfeuchte

Ergebnisse, die über eine nachhaltige Beeinflussung des Bodenwassergehaltes durch die geprüften Anbausysteme Weite Reihe Auskunft geben, liegen nur für den Standort Wetterau vor (Tab. 49).

Mitgeteilt werden Veränderungen des Bodenwassergehaltes in der Schicht 0 – 30 cm Tiefe im Mittel der Jahre 2000 und 2001. Lediglich zu dem Probenahmetermin Juli und September konnten signifikante Effekte beobachtet werden. Im Juli war der Bodenwassergehalt der ungemulchten Untersaat (Aussaat zeitiges Frühjahr) signifikant niedriger als in den beiden Kontrollvarianten. Die stärkere Inanspruchnahme des Bodenwasservorrates durch die Systeme Weite Reihe mit Untersaat wurde in den untersuchten Jahren jedoch erst zum Septembertermin deutlich. Gegenüber den beiden Kontrollen waren in allen Weite-Reihe-Systemen mit Untersaat geringere Wassergehalte zu beobachten. Die gemulchten und die nicht gemulchten Varianten mit Etablierung der Untersaat im Herbst sowie im späten Frühjahr hatten signifikant niedrigere Wassergehalte als die Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand. Die Variante Herbstuntersaat (ungemulcht) besaß darüber hinaus signifikant weniger Wasser als die Kontrolle mit 50 cm Reihenweite ohne Untersaat.

Die Studie zur Analyse des Einflusses der Versuchsbehandlungen auf den Bodenwassergehalt zeigte auf dem Standort Vogelsberg keine Effekte. Auf eine Mitteilung der Ergebnisse wird daher verzichtet.

Tabelle 49: Bodenwassergehalt (Masse-%) in 0 – 30 cm Tiefe in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen auf dem Standort Wetterau (Ergebnisse zu unterschiedlichen Terminen, jeweils im Mittel der Jahre 2000 und 2001; n = 64)

Varianten**		Juli (%)		September (%)	
Kontrollen	12,5 cm	13,3	a*	19,6	a
	50,0 cm	13,2	a	19,0	ab
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	12,4	ab	13,1	c
	US II	10,8	b	14,4	abc
	US III	12,6	ab	13,7	bc
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	11,7	ab	13,6	bc
	US II	11,5	ab	15,9	abc
	US III	12,2	ab	13,6	bc
\bar{x}		12,2		15,4	

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test $\leq 0,05$

** Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

3.10 Funktionsweise der Mulchtechnik

Über die Funktionsweise und die Wirkung der Mulchtechnik liegen keine gemessenen Parameter vor. Die Beschreibung und Bewertung des Gerätes erfolgt anhand von durchgeführten Beobachtungen, die während der Versuchsdurchführung und während des Einsatzes auf den Praxisflächen angestellt wurden.

Funktionsweise der Mulchaggregate

Die Qualität der Mulcharbeit erwies sich als abhängig von der Art des Bewuchses, der Fahrgeschwindigkeit und der Umdrehungsgeschwindigkeit der Mulchmesser. Die serienmäßige Ausstattung mit einem Mulchmesser pro Mulcheinheit wurde während den Untersuchungen auf zwei Messer pro Aggregat erhöht. Hierdurch wurde unter allen untersuchten Bedingungen unabhängig von Wuchsdichte und Wuchshöhe sowie dem physiologischen Alter des Aufwuchses ein hundertprozentiger Mulcherfolg erreicht. Die mögliche Fahrgeschwindigkeit erwies sich unter Praxisbedingungen als fahrer- und bodenabhängig und lag in dem Bereich von 8-12 km/h. Weitere Verbesserungen an den

Mulchmessern waren in Erprobung (Mulchmesser als gezahnte Scheibe ausgebildet). Dadurch wurde eine weitere Verringerung der Drehzahl angestrebt.

Während des Mulchvorganges wickelte sich teilweise langfaseriges Material um die Antriebswellen. Um dieses zu verhindern, wurden oberhalb der Messer noch zusätzlich kurze Räummesser angebracht. Die Führung der Maschine in Frontanbau erwies sich als problemlos. Ausschlaggebend für einen erfolgreichen Einsatz war eine exakte Saat. Die im Vorfeld mit den Praktikern festgelegten Messerbreiten (32,8 cm bzw. 22,8 cm) erwiesen sich bei dem Reihenabstand von 50 cm als sinnvoll und praxistauglich. Eine weitere Verstellbarkeit wurde als nicht notwendig betrachtet.

Gerät mit mechanischem Antrieb

Das Gerät mit mechanischem Antrieb war gekennzeichnet durch eine starre Bauweise. Dadurch konnte keine Boden Anpassung der einzelnen Aggregate erfolgen. Unter Praxisbedingungen erwies sich das als nicht ausschlaggebend, da auf den Betrieben ein ebenes Saatbett hergerichtet wurde. Nachteilig erwies sich das hohe Gewicht (ca. 900 kg) vor allem im ausgehobenen Zustand bei Wendevorgängen und während des Transportes. Der Antrieb über Keilriemen war mit einem hohen Verschleiß verbunden, was öfter zu Standzeiten geführt hatte. Keilriemen mit gezahntem Laufkonus haben sich als dauerhafter erwiesen. Um eine hohe Umdrehungszahl an den Mulchmessern zu erhalten, war eine hohe Motordrehzahl notwendig. Dies erwies sich für den Fahrer als Stressfaktor. Es wurde versucht, mit einer Änderung der Messerform die notwendige Drehzahl zu reduzieren.

Der Kraftbedarf für den Antrieb der Reihenmulchmaschine hat sich als sehr gering erwiesen. Herstellerangaben von rund 5 PS pro Aggregat können bestätigt werden. Damit ist ein Einsatz an einem leichteren Pflegeschlepper mit 50-75 PS durchführbar. Ein Allradtraktor ist wegen des hohen Eigengewichtes des Gerätes (Frontanbau) empfehlenswert.

Gerät mit hydraulischem Antrieb

Die Geräteausführung mit hydraulischem Antrieb erwies sich gegenüber der mechanischen Variante als wesentlich anfälliger. Das Öl überhitzte trotz eines im eigenen Kreislauf eingebauten Ölkühlers bei längerem Betrieb. Dadurch wurde das Gesamtsystem undicht und das Gerät musste wiederholt überarbeitet werden. Die Mängel ließen sich durch die Herstellerfirma weitgehend beheben. Es wurde aber deutlich, dass bei einem Seriengerät der angestrebte Kostenrahmen von ca. 20.000 € nicht eingehalten werden kann.

Die Boden Anpassung der Einzelaggregate war bei dieser Ausführung gegeben. Die Drehzahl des Mulchmessers wurde über ein Ölmengenregler gesteuert und war unabhängig von der Motordrehzahl. Das Gewicht des hydraulisch angetriebenen Gerätes lag bei ca. 550 kg.

3.11 Wirtschaftlichkeitsanalyse des Anbauverfahrens

Für jeden der vier beteiligten Betriebe wurden die zwei aus den Versuchsanlagen der Anbaujahre 1999/2000 und 2000/2001 hervorgegangenen jeweils ertraglich bzw. qualitativ vorteilhaftesten Weitreihenvarianten mit bzw. ohne Einsatz der Mulchtechnik im Vergleich zur Normalsaat analysiert (Tab. 7). Darüber hinaus ging die Kontrollvariante „Weite Reihe, ohne Untersaat, gehackt“ als Vergleichsvariante in jede der Modellrechnungen ein. Die Verrechnung erfolgte in einem zweistufigen Verfahren in vier Szenarien (STROHM-LÖMPCKE et al. 2002).

A) Szenarien ohne Berücksichtigung innerbetrieblicher Anpassungsreaktionen

A1 ohne Berücksichtigung einer möglichen Qualitätsvergütung,

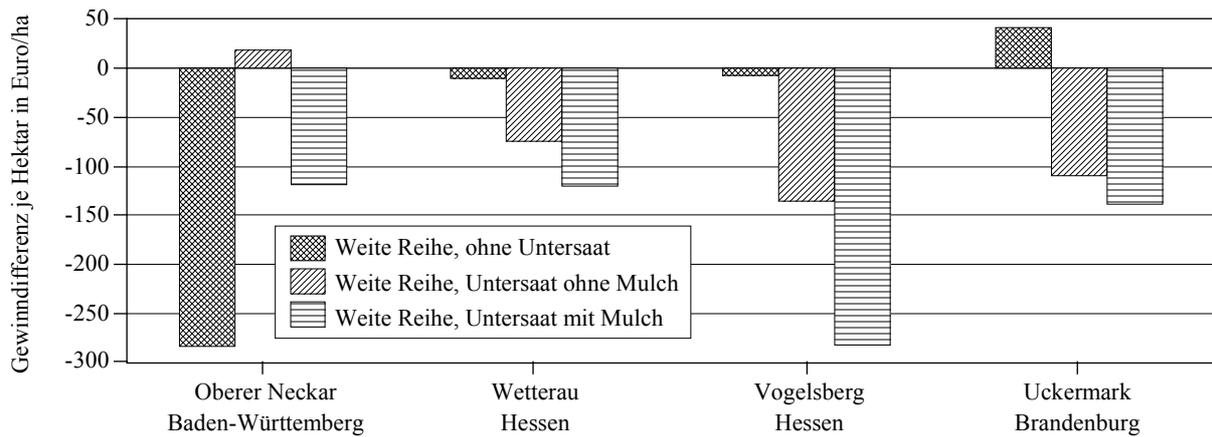
A2 mit Berücksichtigung einer möglichen Qualitätsvergütung,

A3 mit Berücksichtigung einer möglichen Qualitätsvergütung und einem überbetrieblichen Einsatz der Mulchtechnik;

B) Szenario unter Berücksichtigung möglicher innerbetrieblicher Anpassungsreaktionen mit Berücksichtigung einer möglichen Qualitätsvergütung und einem überbetrieblichen Einsatz der Mulchtechnik,

Szenario A1 (vgl. STROHM-LÖMPCKE et al. 2002)

In Szenario A1 wurde die Gewinndifferenz zwischen dem Winterweizenanbau in Normalsaat und in Weite Reihe ohne Berücksichtigung einer möglichen Qualitätsvergütung und ohne weitere betriebliche Anpassungsmaßnahmen ermittelt (Abb. 8). Die Ergebnisse dieser Modellrechnung zeigen, dass unter diesen Bedingungen eine positive Gewinnentwicklung je Hektar Winterweizen gegenüber Normalsaat lediglich auf dem Versuchsbetrieb Oberer Neckar mit der Variante „Weite Reihe, mit Untersaat, ohne Mulchen“ und im Betrieb Uckermark mit der Variante „Weite Reihe, gehackt, ohne Untersaat“ erreicht wurde. In allen anderen berechneten Fällen war eine negative Gewinnentwicklung durch die Anwendung des Weitreihenverfahrens zu beobachten.



Ni_2002-02-07

Abbildung 8: Gewinndifferenz je Hektar Winterweizen¹⁾ in den vier Versuchsbetrieben bei Einführung der Weiten Reihe ohne Berücksichtigung einer Qualitätsvergütung

1) Hierfür wurde angenommen, dass das betriebsübliche Anbauverhältnis bestehen bleibt und das Anbausystem "Weite Reihe" auf die gesamte Weizenfläche des jeweiligen Betriebs angewendet wird.
Quelle: STROHM-LÖMPCKE et al. (2002)

Szenario A2 (vgl. STROHM-LÖMPCKE et al. 2002)

In Szenario A2 wurden die am Markt realisierbaren Qualitätszuschläge berücksichtigt (Abb. 9). Es wird deutlich, dass unter diesen Bedingungen aufgrund der verbesserten Qualitätsparameter die Rentabilität der Weitreihenvarianten ansteigt. Somit könnte auch der Betrieb in der Wetterau in der kostengünstigsten Variante, nämlich der Kontrollvariante „Weite Reihe, gehackt, ohne Untersaat“, eine positive Gewinnentwicklung verzeichnen. Auf dem Standort Vogelsberg konnte aufgrund der insgesamt geringen Qualitäten ein entsprechender Zuschlag nicht in die Berechnung einfließen. Dementsprechend konnten gegenüber dem Szenario A1 keine Veränderungen eintreten. Auf dem Standort Uckermark zeigten aufgrund der hohen Qualitäten alle berechneten Weitreihenvarianten eine positive Gewinndifferenz je Hektar Winterweizen gegenüber der Normalsaat. Am wirtschaftlich interessantesten blieb die Variante Weite Reihe ohne Untersaat, da hier die Arbeitserledigungskosten am niedrigsten ausfielen. Den in diesem Szenario verwendeten Preisaufschlägen wurden Qualitätsvergütungen zugrunde gelegt, wie sie von den jeweils regional aktiven Erzeugergemeinschaften gewährt wurden (Anhang Tab. 53 und 54).

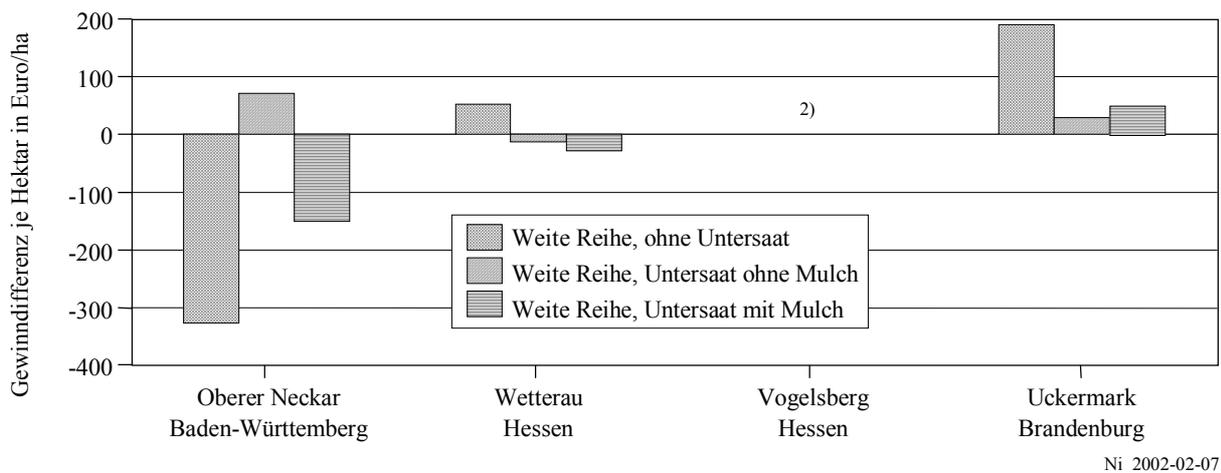


Abbildung 9: Gewinndifferenz je Hektar Winterweizen¹⁾ in den vier Versuchsbetrieben bei Einführung der Weiten Reihe unter Berücksichtigung einer Qualitätsvergütung (Szenario A2)

- 1) Hierfür wurde angenommen, dass das betriebliche Anbauverhältnis bestehen bleibt und das Anbausystem "Weite Reihe" auf die gesamte Weizenfläche des jeweiligen Betriebs angewendet wird.
 - 2) Eine Qualitätsvergütung ist aufgrund der fehlenden Qualität nicht möglich.
- Quelle: STROHM-LÖMPCKE et al. (2002)

Szenario A3 (vgl. STROHM-LÖMPCKE et al. 2002)

Da das mit etwa 20.000 € Investitionskosten zu kalkulierende Mulchgerät in den drei in den alten Bundesländern angesiedelten Betrieben nur unzureichend ausgelastet war und dementsprechend mit sehr hohen jährlichen Kosten zu Buche schlug, wurde eine weitere Variante gerechnet, in der eine überbetriebliche Nutzung des Reihenmulchers auf einer Fläche von 100 ha im Rahmen einer Maschinengemeinschaft unterstellt wurde. Aufgrund der Erhöhung der Auslastung verringert sich die Nutzungsdauer der Maschine von 15 auf 10 Jahre. In dieser Variante erhöht sich die Vorzüglichkeit des Weite-Reihe-Verfahrens mit Mulcharbeitsgängen deutlich um ca. 77 bis 133 €/ha (Abb. 10), so dass in der Wetterau der Einsatz von Untersaaten und entsprechender Mulchtechnik mit einem zusätzlichen Gewinnbeitrag von 116 €/ha rentabel wird. Für den Betrieb in der Uckermark ergeben sich keine Veränderungen, da hier der Mulcher mit 125 ha Weizenfläche auch ohne Fremdnutzung bereits ausreichend ausgelastet wäre. Auf dem Standort Oberer Neckar könnte das „Weite Reihe Mulchsystem“ ohne einen Gewinnverlust gegenüber der Normsaat praktiziert werden. Auf dem Standort Vogelsberg wäre das Verfahren dagegen weiterhin unrentabel.

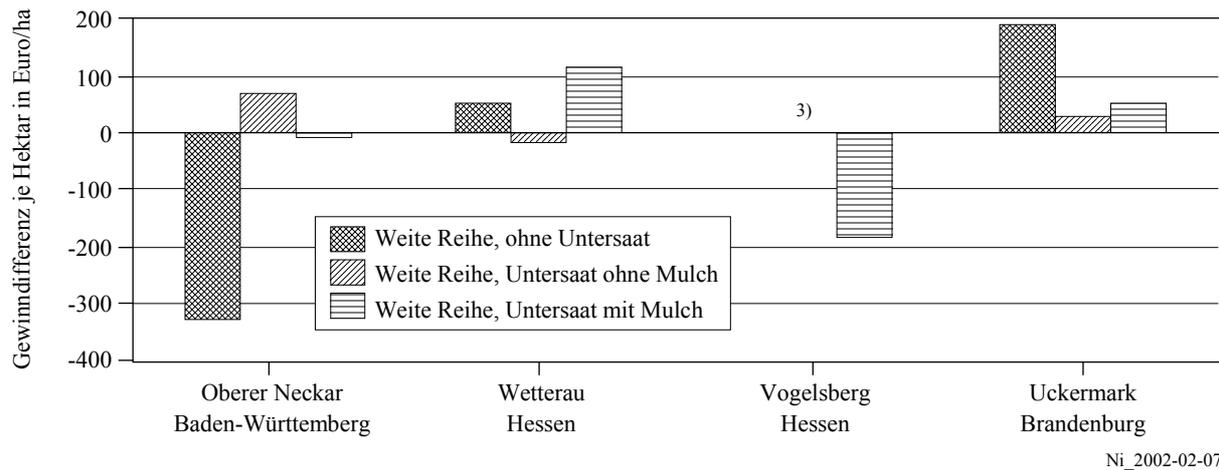


Abbildung 10: Gewinndifferenz je Hektar Winterweizen¹⁾ in den vier Versuchsbetrieben bei Einführung der Weiten Reihe mit Berücksichtigung einer Qualitätsvergütung und einem überbetrieblichen Einsatz der Mulchtechnik²⁾

- 1) Hierfür wurde angenommen, dass das Anbauverhältnis bestehen bleibt und das Anbausystem "Weite Reihe" auf die gesamte Weizenfläche des jeweiligen Betriebs angewendet wird.
- 2) Hierfür wurde angenommen, dass die Mulchtechnik auf einer Grundfläche von ca. 100 ha überbetrieblich eingesetzt wird.
- 3) Eine Qualitätsvergütung ist aufgrund der fehlenden Qualität nicht möglich, es wurde lediglich die überbetriebliche Nutzung der Mulchtechnik berücksichtigt.

Quelle: STROHM-LÖMPCKE et al. (2002)

Szenario B (vgl. STROHM-LÖMPCKE et al. 2002)

Im Szenario B wurden ausschließlich für die Variante „Weite Reihe, Untersaat, mit Mulch“ zusätzlich innerbetriebliche Anpassungen im Zusammenhang mit der Einführung der Weiten Reihe berücksichtigt. Dabei wurden Veränderungen modelliert, wie sie in den vier Betrieben im Zuge der Einführung der Weiten Reihe mit Einsatz von Untersaaten und Anwendung von Reihenmulchtechnik tatsächlich beobachtet wurden oder von den Betriebsleitern zukünftig für sinnvoll erachtet wurden. Dabei kann es sich um eine Reduktion der Grünbrache, eine Umstellung der Fruchtfolge, um Ertragszunahmen auch bei anderen Kulturen oder auch eine Veränderung der Aufwendungen für die Getreidevermarktung durch eine Änderung der Vermarktungswege handeln.

Konkret wurde im Betrieb Oberer Neckar innerhalb der Fruchtfolge eine Sommerung durch eine weitere, rentablere Winterung (Dinkel oder Roggen) ersetzt.

In dem Betrieb Wetterau wurde der Grünbracheanteil von 20 % auf 8 % gesenkt. Gleichzeitig wurde der Anteil der Winterweizenfläche in der Fruchtfolge von 15 % auf 27 % erhöht. Durch den Anbau in Weite Reihe mit Untersaaten wurde die Voraussetzung für die Ausdehnung des rentabilitätsstarken Kartoffelanbaus geschaffen.

Für den uckermärkischen Betrieb musste mit den Betriebsleitern eine bisher weitgehend hypothetische Anpassungsvariante konstruiert werden, da in diesem über 1000 ha großen Betrieb die Einführung der Weiten Reihe aufgrund der geringen Bedeutung zu keiner

tatsächlichen betrieblichen Anpassung geführt hat. Es wurde angenommen, dass der Roggenanteil in der Fruchtfolge reduziert und der Sommerweizen- bzw. der Sommergerstenanbau zugunsten der Winterweizenfläche ganz aufgegeben wird. Nach dem Weizenanbau in Weiter Reihe würde ein Haferanbau erfolgen. Durch den erhöhten Vorfruchtwert des Weizens wurde unterstellt, dass eine erhöhte Haferqualität realisiert werden kann.

Auch im Betrieb Vogelsberg wurden in der Realität keine innerbetrieblichen Anpassungen vorgenommen. Da diese vom Betriebsleiter auch bei dauerhafter Etablierung der Weiten Reihe aufgrund der betrieblichen Gegebenheiten nicht geplant sind, wurden auch im Modell keine Anpassungsreaktionen unterstellt.

Für die Betriebe Oberer Neckar, Wetterau und Uckermark, in denen innerbetriebliche Anpassungen berücksichtigt wurden, zeigten die auf die ganze Ackerfläche bezogenen Ergebnisse eine deutliche Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit bei Weiter Reihe im Vergleich zum Normsaatverfahren (Abb.11). Am deutlichsten fiel dieser Effekt für den Betrieb Wetterau aus, der seinen Gewinn um ca. 361 €/ha steigern könnte.

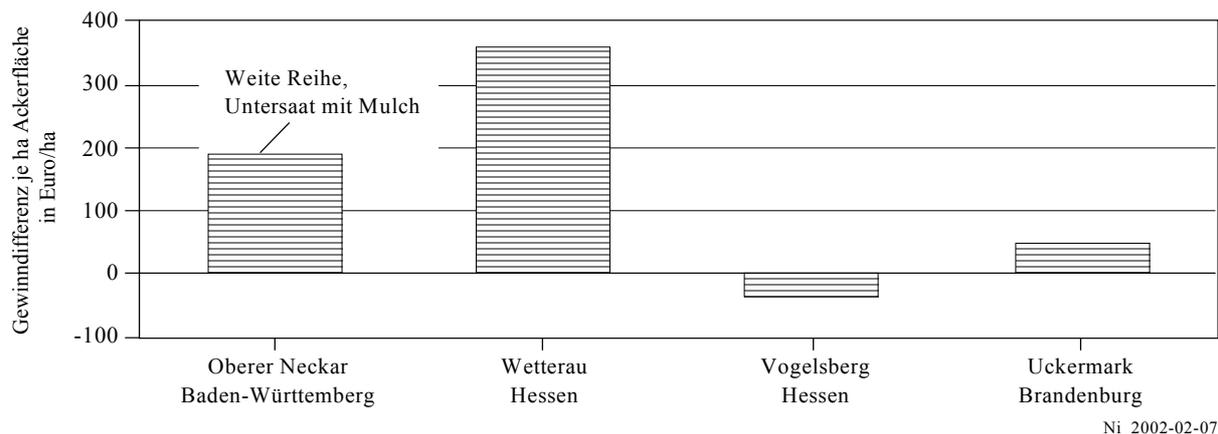


Abbildung 11: Gesamtbetriebliche Gewinndifferenz¹⁾ je Hektar Ackerfläche in den vier Versuchsbetrieben bei Einführung der Weiten Reihe unter Berücksichtigung einer Qualitätsvergütung und eines überbetrieblichen Einsatzes der Mulchtechnik²⁾ sowie einer innerbetrieblichen Anpassung des Anbausystems³⁾ (Szenario B)

- 1) Hierfür wurde angenommen, dass das Anbauverhältnis bestehen bleibt und das Anbausystem "Weite Reihe" auf die gesamte Weizenfläche des jeweiligen Betriebs angewendet wird.
- 2) Hierfür wurde angenommen, dass die Mulchtechnik auf einer Grundfläche von ca. 100 ha überbetrieblich eingesetzt wird.
- 3) Hierfür wurde eine von den Betriebsleitern ggf. geplante oder bereits durchgeführte Umstellung der Fruchtfolge zugrunde gelegt.

Quelle: STROHM-LÖMPCKE et al. (2002)

4 Diskussion

4.1 Kornertrag

4.1.1 Erweiterung der Reihenweite auf 50 cm

In der Vergangenheit wurde die Frage des Reihenabstandes von Getreide im ökologischen Landbau hauptsächlich im Hinblick auf eine optimale Standraumverteilung diskutiert. Von den vor allem aus dem konventionellen Landbau stammenden Erfahrungen und Empfehlungen abgeleitet (MÜLLE und HEEGE 1981), geschieht die Aussaat üblicherweise auch in der Praxis des ökologischen Landbaus in relativ engen Reihenweiten. Angestrebt wird eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Pflanzen auf die Fläche, um eine optimale Standraum- und Nährstoffausnutzung zu erreichen.

Diese Entwicklung entspricht auch den Empfehlungen von AUFHAMMER und FISCHBECK (1973) sowie von SATTLER und WISTINGHAUSEN (1985). Die Autoren vertreten die Ansicht, dass bei ungünstigen Nährstoffbedingungen eher enge Reihenabstände unter 20 cm zu wählen seien, die nach KRATZSCH (1972) zu einer besseren Ausnutzung der ober- und unterirdischen Wachstumsfaktoren führen. Auch in neueren Arbeiten werden speziell für den Weizenanbau unter ökologischen Bedingungen engere Reihenabstände empfohlen. EISELE (1992) stellte durch die Verringerung des Drillreihenabstandes von 22,5 cm auf 13,5 cm eine Ertragserhöhung im Durchschnitt von zwei Jahren und zwanzig Sorten von 7 % fest, zum Teil aufgrund erhöhter Ährendichte, zum Teil aufgrund eines höheren Einzelährenertrages. Auch SCHENKE (1993) zeigte, dass bei einer Verringerung der Reihenweite von 22,5 cm auf 11,5 cm ein höherer Kornertrag durch einen Anstieg der Ährendichte erreicht wurde. In Untersuchungen von SCHENKE und KÖPKE (1991), EISELE (1992) und DREWS et al. (2003) wurde außerdem als vorteilhaft dargestellt, dass ein enger Reihenabstand, eine hinreichende Weizenentwicklung vorausgesetzt, eine stärkere Unkrautunterdrückung bewirkt.

BAEUMER (1992) empfiehlt dagegen allgemein unter limitierten Nährstoffbedingungen weitere Reihenabstände. Die Pflanzen sollen sich zunächst gegenseitig in ihrem vegetativen Wachstum begrenzen, um die verfügbaren Nährstoffe nicht in dieser Phase vollständig zu verbrauchen und um später in der Kornfüllungsphase noch davon zehren zu können. Von verschiedenen Autoren werden weiter gestellte Reihen bei Getreide als vorteilhaft benannt, wenn zur Regulierung der Unkrautkonkurrenz ein maschinelles Hacken durchgeführt werden soll (STÖPPLER 1989, SCHENKE 1993, DIERAUER 1990).

Gegenstand der eigenen, zweijährigen Untersuchungen auf vier unterschiedlichen Standorten war, die Auswirkungen einer Erhöhung der Reihenweite von 12,5 cm auf 50 cm bei Winterweizen zu untersuchen. Es wurde gezeigt, dass gegenüber einem Normalanbau mit 12,5 cm Reihenweite trotz vierfach höherer Reihenweite bei ansonsten gleicher Behandlung nur geringe Ertragseffekte auftraten (Tab. 9). Im Durchschnitt der vier Standorte wurde der Kornertrag im Jahr 2000 nicht nachteilig verändert, im Jahr 2001 war ein Minderertrag von

10 % zu beobachten (nicht signifikant). Diese Ergebnisse machen deutlich, dass, zumindest unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus, die Annahme, ein enger Reihenabstand sei Voraussetzung für den höchstmöglichen Weizenantrag, keine Gültigkeit besitzt. Es kann durchaus auch mit einem Reihenabstand von 50 cm gearbeitet werden, ohne dass nachweisbare Ertragseinbußen die Folge sind. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass Nachteile, welche zunächst durch die ungleich verteilte Aussaat der Pflanzen auf der Fläche entstehen können, im Verlauf der Vegetationszeit durch eine veränderte Nutzung von Wachstumsfaktoren kompensiert werden (vgl. 3.2 und 4.2). Eine Vielzahl neuerer Untersuchungen untermauern dieses Ergebnis. POMMER (2003) sieht die Ertragsbildung mehr von der genetischen Veranlagung einer Sorte beeinflusst als von unterschiedlichen Reihenweiten. In einem dreijährigen Versuch wurde bei einem Anbau mit 40 cm Reihenweite in Doppelreihe gegenüber der üblichen Aussaatform ein nicht signifikanter Ertragsrückgang von 2 % beobachtet. SÖLLINGER (2003) stellte bei Versuchen in Oberösterreich fest, dass bei dreifach ausgedehntem Reihenabstand auf 37,5 cm bei reduzierter Aussaatstärke praktisch keine negativen ertraglichen Effekte auftraten. Auch RICHTER und DEBRUCK (2001) und DEBRUCK (2004) berichten nach vierjährigen Versuchen mit vier unterschiedlichen Sorten, dass durch eine Erweiterung der Reihenweite von 13,5 cm auf 37,5 cm nur in einzelnen Fällen Ertragseffekte zu beobachten waren, teilweise leichte Mindererträge, teilweise aber auch Mehrerträge. SCHULZ und LEITHOLD (2004) stellten in einem insgesamt dreijährigen Vergleich der Reihenweiten 15 cm, 30 cm und 50 cm fest, dass keine signifikanten Ertragsunterschiede auftraten. HOF et. al. (2005) beobachteten bei bisher einjährigen Untersuchungen sogar bei einem Anbau mit 75 cm Reihenweite gegenüber einem Anbau mit 15 cm Reihenweite bei gleicher Saatstärke keinen Ertragseffekt. Auch Untersuchungen aus den Vereinigten Staaten von Amerika und aus Kanada beschreiben einen relativ geringen Ertragseffekt bei Verdoppelung der Reihenweite (LAFOND 1994, BEUERLEIN 2001).

Vierjährige Untersuchungen von NEUMANN et al. (2003) führten dagegen zu dem Schluss, dass mit einer Erhöhung der Reihenweite eine Verringerung des Kornertrages einhergeht. Die Autoren bringen dieses Ergebnis in Verbindung mit den speziellen Bedingungen des in Schleswig-Holstein bei Kiel gelegenen Untersuchungsstandortes. Diesem Hinweis, dass unter bestimmten Standortbedingungen (in diesem Falle hohe Niederschläge und eine damit verbundene Stickstoffauswaschung über Winter) eine nachteilige Veränderung des Kornertrages bei weitem Reihenabstand gegenüber einer Normalsaat eintreten kann, sollte weiter nachgegangen werden, um die Ursachen genau eingrenzen zu können. Mehrjährige Untersuchungen von HOCHMANN (2001) zeigten, dass auch unter den klimatischen Bedingungen Schleswig-Holsteins nur geringe, durchaus auch positive Ertragseffekte durch eine Reihenerweiterung erwartet werden konnten. Die neueste Veröffentlichung der Lehr- und Versuchsanstalt Futterkamp (HOCHMANN 2005) weist allerdings aus, dass im Durchschnitt der Jahre 2003-2005 ein Ertragsrückgang bei 50 cm Reihenweite von 10% gegenüber Normalsaat gefunden wurde.

Die eigenen Ergebnisse und die Ergebnisse anderer Versuchsansteller machen deutlich, dass die Diskussion der optimalen Standraumverteilung im Ökologischen Landbau in Zukunft, angepasst an betriebsindividuelle Anforderungen, unter Einbeziehung weiterer in der vorliegenden Arbeit zum Anbauverfahren Weite Reihe gefundener Ergebnisse, geführt werden muss.

⇒ *Frühere Untersuchungen zu Reihenweiten von 11,5 cm bis 22,5 cm bei Weizen im Ökologischen Landbau hatten zum Ergebnis, dass eine Erhöhung der Reihenweite in diesem Bereich mit einem Ertragsrückgang einhergeht. Dies lies zunächst vermuten, dass eine weitere Reihenweitenvergrößerung dementsprechend einen weiteren Ertragsrückgang zur Folge hat. Die eigenen Untersuchungen haben dagegen gezeigt, dass eine Erhöhung der Reihenweite von 12,5 cm auf 50 cm nur geringe Auswirkungen auf den Kornertrag hatte. Dies steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Versuche, die mit ähnlichen Reihenweiten durchgeführt wurden. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass unter den speziellen Bedingungen des Ökologischen Landbaus die Nachteile, welche zunächst durch die ungleich verteilten Pflanzen auf der Fläche entstehen können, im Verlauf der Vegetationszeit durch eine veränderte Nutzung von Wachstumsfaktoren kompensiert werden.*

4.1.2 Einsatz von Untersaaten

Leguminosen bilden die Basis der Stickstoffversorgung im Ökologischen Landbau (DREYMANN et al. 2003). Neben dem Feldfutterbau, der Grünbrache und (mit Einschränkungen) den Körnerleguminosen bietet der Anbau von legumen Untersaaten im ökologischen Landbau die Möglichkeit zum Ausgleich von Stickstoffbilanzen (HERRMANN & PLAKOLM 1993, DEBRUCK 2003). Die Untersaat stellt darüber hinaus bei mehr- oder überjährigen leguminosenhaltigen Futterbau- oder Gründungsbeständen sowie entsprechenden Zwischenfrüchten ein geeignetes Verfahren zur Etablierung dar (HOF & RAUBER 2003). Bestände, die aus Untersaaten hervorgehen, erzielen gegenüber Stoppelsaaten höhere Ertragsleistungen, da die zur Verfügung stehende Vegetationszeit besser ausgenutzt wird (KÖNNECKE 1967, SCHMIDTKE 2004).

Bei einem Reihenabstand von 50 cm bleiben, ausgehend von einem Reihenabstand von 12,5 cm, zunächst 75 % der Fläche un bebaut. Unter dieser Bedingung und bei Einsaat einer Untersaat ist nicht nur eine ungleichmäßige Verteilung der Weizenpflanzen auf der Fläche gegeben. Zusätzlich wird der überwiegende Flächenanteil von artfremden Pflanzen, wenn auch legumer Art, in Anspruch genommen. Nach AUFHAMMER (1999) wird allgemein in der Praxis durch Untersaaten eine Beeinträchtigung der Deckfrucht und somit eine Ertragsdepression in Verbindung mit Ernteerschwernissen befürchtet. Während Untersaaten in normal gesäten, über die Fläche möglichst gleichmäßig verteilten Getreidebeständen systembedingt ganzflächig von den Deckfrüchten konkurriert werden, wurde in den eigenen Untersuchungen davon ausgegangen, dass der Weizen im System Weite Reihe

verhältnismäßig wenig Konkurrenz auf die Untersaaten ausübt (vgl. Kap. 1). Einerseits sind gut entwickelte Untersaaten eines der Ziele des Anbauverfahrens. Andererseits wurde im Vorfeld der Untersuchung einer Etablierung von Untersaaten in den Reihenzwischenräumen mit Blick auf eine dadurch entstehende Konkurrenzsituation große Skepsis entgegengebracht. Die von den Kleesaaten ausgehenden Wirkungen auf den Winterweizen im System Weite Reihe waren daher für die vorliegende Untersuchung von zentraler Bedeutung.

Die vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, dass die Nutzung der Reihenzwischenräume mit legumen Untersaaten weitgehend ohne Auswirkungen auf den Kornertrag erfolgte (Tab. 9). In beiden Jahren waren keine signifikanten Ertragseffekte durch Untersaaten gegenüber der Kontrolle mit 50 cm Reihenweite ohne Untersaat zu erkennen. Lediglich im Jahr 2001 war im Durchschnitt der vier Standorte in der Variante 50 cm mit Herbstuntersaat ein negativer Ertragseffekt gegenüber der Variante Normalsaat aufgetreten. Die Herbstuntersaat winterte in diesem Jahr auf der Mehrzahl der Standorte aus. Die in den Reihenzwischenräumen gebildete Biomasse bestand aus Unkraut, welches sich ungehindert entwickeln konnte. Dies wirkte sich negativ auf den Kornertrag aus.

Zu einem ähnlichen Resultat hinsichtlich der Wirkungen von Untersaaten auf die Deckfrucht kamen auch HEYLAND und MERKELBACH (1991) nach zweijähriger Untersuchung des Einflusses von Untersaaten auf die Ertragsbildung von Winterweizen bei normalem Reihenabstand. Sie folgerten, dass mit der Einsaat geeigneter Untersaaten ein gegenüber Winterweizen konkurrenzschwacher Beipflanzenbestand erzeugt werden kann. Bei starkem Unkrautwachstum wurde dagegen eine negativ ertragswirksame Beipflanzenkonkurrenz festgestellt.

Es wird offensichtlich, dass es beim Anbauverfahren Weite Reihe von entscheidender Bedeutung ist, mit geeigneten pflanzenbaulichen und anbautechnischen Maßnahmen einen gegenüber Unkraut konkurrenzstarken Untersaatenbestand zu etablieren. Entsprechend den eigenen Ergebnissen und den Ergebnissen anderer Untersuchungen sind dann keine negativen Auswirkungen auf den Kornertrag der Deckfrucht zu erwarten.

Nach ANDREWS und KASSAM (1976) handelt sich bei den untersuchten Anbauformen Getreide mit legumer Untersaat um einen Gemengeanbau. Gemengeanbau bedeutet, dass zwei oder mehrere Früchte gleichzeitig auf demselben Feld angebaut werden. Die Gemengepartner können gleichzeitig oder zeitlich gestaffelt ausgebracht werden. HAUGGARD-NIELSEN und ANDERSEN (2000) beschreiben, dass in Gemengen die Wachstumsfaktoren Nährstoffe, Wasser und Licht oft effizienter genutzt werden als in Reinsaat. Die Gemengepartner nutzen diese zu verschiedenen Zeitpunkten oder in verschiedenen räumlichen Dimensionen unterschiedlich stark. SCHMIDTKE (1997) konnte zeigen, dass Getreide im Gemenge mit einer Körnerleguminose nahezu die gleiche Menge an Bodenstickstoff aufnimmt wie in Reinsaat.

Es liegt nahe, dass diese Zusammenhänge auch bei dem untersuchten Verfahren Weite Reihe Gültigkeit haben. Dies könnte erklären, weshalb sich das Wachstum der legumen Untersaaten

nicht negativ auf den Weizenertrag ausgewirkt hatte. Untersuchungen von SCHULZ und LEITHOLD (2004) sowie von NEUMANN et al. (2005) verdeutlichten, dass dieser Effekt nur dann zu erreichen ist, wenn der Weizen gegenüber dem Gemengepartner einen ausreichenden Wachstumsvorsprung hat. Wenn der Gemengepartner dagegen schon deutlich vor dem Weizen etabliert wurde, wirkte sich dies negativ auf den Kornertrag aus. Allerdings wird erst durch weite Reihenabstände eine Etablierung von Getreide in einen bestehenden Leguminosenbestand technisch möglich, was von den Autoren aus anderen Gründen als vorteilhaft dargestellt wird. Zur Etablierung weiter Getreidereihen in bestehende Kleebestände besteht noch weiterer Forschungsbedarf (GERMEIER 2000).

Der Witterungsverlauf der beiden Untersuchungsjahre (Kap. 2.3) führte auf keinem der Untersuchungsstandorte zu Trockenstresssituationen. Daher kann auch keine endgültige Aussage zur Wasserversorgung des Weizens in Konkurrenz mit der Untersaat unter Trockenbedingungen gemacht werden. RICHTER und DEBRUCK (2001) gehen davon aus, dass gerade in Trockengebieten ein Ertragsvorteil der Weiten Reihe gegenüber einer Normalsaat durch Wasserersparnis zu erwarten ist. Die Reihenzwischenräume wurden von den Versuchsanstellern ausschließlich gehackt, um den kapillaren Aufstieg von Bodenwasser zu unterbrechen. Untersaaten wurden bei diesen Untersuchungen nicht geprüft. Eigene Praxisbeobachtungen im Trockenjahr 2003 haben gezeigt, dass der im Frühjahr gesäte Klee während der Wachstumsphase des Weizens nur eine geringe Biomasse ausbilden konnte. Es war zu vermuten, dass die Wasserkonkurrenz durch die Untersaaten nur gering war.

Verschiedene Autoren gehen davon aus, dass von einer Leguminose zu einer Nicht-Leguminose ein Stickstofftransfer stattfinden kann (BURITY et al. 1989; KUNELIUS et al. 1992; AUFHAMMER 1999). In der vorliegenden Untersuchung konnte dies Anhand des Kornertrages nicht bestätigt werden.

⇒ Die Untersuchungen zeigten, dass eine Nutzung der Reihenzwischenräume im Anbausystem Weite Reihe mit kleeartigen Untersaaten ohne negative Auswirkungen auf den Kornertrag des Winterweizens erfolgen kann. Voraussetzung ist eine ausreichende Konkurrenzkraft der Untersaat gegenüber einer Verunkrautung. Eine Herbstsaat der Untersaat ist daher kritisch zu beurteilen, da die Leguminosen leicht auswintern. Auswirkungen von Untersaaten unter Trockenbedingungen wurden nicht untersucht. Ein Stickstofftransfer von den Leguminosen zum Weizen konnte anhand des Kornertrages nicht angenommen werden, ist jedoch nicht auszuschließen.

4.1.3 Einsatz des Mulchgerätes

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen (Tab. 9), dass das Mulchen der Untersaaten keinen signifikanten Einfluss auf den Kornertrag hatte. Im ersten Untersuchungsjahr wurden in den gemulchten Varianten gegenüber den ungemulchten Varianten geringfügig niedrigere

Kornerträge gemessen, was zum Teil, aufgrund des ungewohnten Umgangs mit dem Gerät, mit Ungenauigkeiten beim Arbeiten zu erklären ist. Im zweiten Untersuchungsjahr wurden dagegen in den gemulchten Varianten gegenüber ungemulcht geringfügig höhere Kornerträge erreicht. Aus dem Mulchmaterial mineralisierte Nährstoffe konnten demnach nicht im merklichen Maße zur Ertragsbildung des Weizens beitragen.

Eine Begründung dafür könnte sein, dass die gemulchte Biomasse zu gering war, um ertraglich wirksam werden zu können. Bei Untersuchungen an gemulchten Klee grasbeständen (LOGES und HEUWINKEL 2004) wurde festgestellt, dass direkt nach einem Mulchvorgang der Gehalt an mineralischem Stickstoff im Wurzelbereich anstieg. Dieser Effekt hätte sich auch in den eigenen Untersuchungen, zumindest an einem frühen Mulchtermin (BBCH 38, vgl. Kapitel 2.4.1) durchaus noch ertragsrelevant auswirken können. Bei den eigenen Messungen zur Stickstoffdynamik (Tab. 48) konnte ein derartiger Effekt nicht beobachtet werden. SCHULZ-MARQUARDT et al. (1995) konnten dagegen eine Ertragswirksamkeit einer Mulchgabe zumindest teilweise nachweisen. Sie untersuchten ein Weizenanbausystem, bei dem eine Maschinenbreite Sommerweizen und eine Maschinenbreite Futterleguminosen streifenweise im Wechsel angebaut wurden. Eine Mulchgabe des aus überjährigem Anbau stammenden Klee gras aufwuchses in den Weizenstreifen hinein erbrachte in einem Untersuchungsjahr eine Steigerung des Kornertrages. Im zweiten Jahr wurde keine Wirkung festgestellt.

Des Weiteren ist von Bedeutung, dass durch das Abmähen der oberirdischen Biomasse mit dem Reihenmulcher der Kleebestand nicht zerstört wurde. Aus dem Mulchmaterial freigesetzte Nährstoffe könnten daher, wie von LOGES et al. (1999) und RUHE et al (2003) beschrieben, innerhalb eines Stickstoffzyklus wieder von den weiterwachsenden Untersaaten aufgenommen worden sein. Mineralisierter Stickstoff konnte dann nicht von den Weizenpflanzen in einem ertragswirksamen Maße aufgenommen werden.

Die Ergebnisse aus den ungemulchten Varianten gegenüber der Kontrollvariante ohne Untersaaten zeigen, dass keine ertraglich wirksame Konkurrenz von den Untersaaten ausging. Folglich konnte der Einsatz der Mulchmaschine auch keine ertragsrelevanten Konkurrenzwirkungen reduzieren. Andere Versuchsansteller zogen dagegen aus ihren Ergebnissen andere Schlüsse. GERMEIER (2000) folgerte aus seinen Untersuchungen, dass Systeme mit einem Weißklee-Lebendmulch durch ein Abmulchen des Klees optimiert werden müssen, um neben einer guten Qualität auch noch einen ausreichenden Ertrag zu erlangen. Bestätigt wird diese Ertragswirksamkeit einer Mulchmassnahme in den Reihenzwischenräumen bei Lebendmulchsystemen durch die Ergebnisse von NEUMANN et al. (2005). Dort konnte dadurch eine Steigerung des Kornertrages um 29,3 % erreicht werden. Daraus lässt sich folgern, dass vor allem bei einer sehr hohen Biomasseentwicklung von Untersaaten in Weitreihensystemen ein Reihenmulchen notwendig wird, um Ertragsverluste minimieren zu können.

⇒ *Der Einsatz der Mulchmaschine hatte in den geprüften Anbausystemen in keinem Jahr und auf keinem Standort einen signifikant ertragsfördernden bzw. ertragsmindernden Effekt auf den Kornertrag des Weizens gegenüber den nicht gemulchten Varianten gezeigt.*

4.2 Ertragsbildung und Ertragsstruktur

Der Kornertrag von Winterweizen ist das Produkt aus der Anzahl geernteter Körner je Flächeneinheit und dem durchschnittlichen Gewicht des Einzelkorns. Die Anzahl der Körner je Flächeneinheit ergibt sich aus der Bestandesdichte (Ähren je Flächeneinheit) und der Anzahl Körner je Ähre. Es ist bekannt, dass zwischen den Ertragskomponenten Bestandesdichte, Körner je Ähre und Tausendkornmasse (TKM) kompensatorisch wirksame Wechselbeziehungen bestehen (GEISLER 1988).

4.2.1 Ähren je m²

Die Anzahl der Pflanzen je Flächeneinheit wird zunächst von der Saatstärke bestimmt. Bei gleicher Saatstärke in allen Varianten im ersten Anbaujahr (ortsüblich, vgl. 2.4.1), bezogen auf die Fläche, wurde mit der gestiegenen Saatstärke in der Reihe ein abnehmender prozentualer Feldaufgang bei Reihenweite 50 cm beobachtet (Tabelle 17). Dies führte dazu, dass die Anzahl von Weizenpflanzen vor Einsetzen der Bestockung in den Varianten mit Weiter Reihe deutlich unter der Anzahl der Pflanzen in den Normalsaatvarianten lag. Ursache dafür war der in anderen Versuchen bei steigender Saatstärke nachgewiesene Anstieg intraspezifischer Konkurrenz um Wachstumsfaktoren (TRIEBEL 1982, KOCHS 1989, SCHENKE 1993). Dass die intraspezifische Konkurrenz auch durch eine Verengung der Standraumzumessung bei einer Erhöhung der Reihenweite verstärkt wird und mit einem verminderten Feldaufgang einhergeht, wurde von KÜHBAUCH et al (1990) und SCHENKE (1993) bestätigt. Im zweiten Anbaujahr wurde die Saatmenge in den Weitreihenvarianten reduziert, was sich dementsprechend positiv auf den prozentualen Feldaufgang auswirkte. Die Reduktion der Saatmenge hatte dadurch keine Auswirkung auf die Anzahl etablierter Pflanzen je Flächeneinheit im Vergleich mit dem Vorjahr (vgl. Kapitel 2.4.1, Aussaatmengen, und Tabelle 17, Pflanzenbestand Frühjahr). Bei einem Reihenabstand von 50 cm lag die Anzahl der Pflanzen je Flächeneinheit also immer deutlich unter der Pflanzendichte bei Normalsaat.

Die Anzahl Ähren je Pflanze wird im Weiteren von der Anzahl der Bestockungstriebe bestimmt. Ein hohes Stickstoffangebot für die Einzelpflanze während des Bestockungsstadiums bewirkt die Ausbildung einer hohen Anzahl ährentragender Halme je Pflanze. Einerseits erhöht sich die Anzahl der angelegten Bestockungstriebe, andererseits wird die im weiteren Wachstumsverlauf einsetzende Reduktion der angelegten Bestockungstriebe vermindert (STÖPPLER 1988, REINER 1992). Die Ergebnisse in Tabelle 18 zeigen, dass sich, gemessen an der ausgebildeten Anzahl ährentragender Halme je Pflanze, die

Weizenbestände bei 50 cm Reihenweite trotz geringerer Flächenbestandesdichten gegenüber Normalsaat nicht stärker bestocken konnten. Vielmehr scheint sich auch hier die höhere intraspezifische Nährstoffkonkurrenz in der Reihe eher negativ ausgewirkt zu haben. Es war also nicht möglich, bei einem Reihenabstand von 50 cm eine ähnlich hohe Ährendichte je Flächeneinheit wie bei Normalsaat (mit üblicher Aussaatstärke) zu erreichen (Tab. 14). Der in Tabelle 9 dargestellte Ausgleich bzw. die Angleichung des Kornertrages muss demzufolge über eine Veränderung der anderen Ertragskomponenten erfolgt sein.

4.2.2 Körner je Ähre

Nach dem Beginn der Bestockung setzt mit der Ausbildung von Doppelringen am Vegetationskegel die Anlage von Ährchen ein (REINER 1992). Etwa mit Beendigung der Bestockung ist die maximale Anzahl der Ährchen eines Blütenstandes erreicht, wobei günstige Umweltbedingungen diese Phase verlängern und die Anzahl der differenzierten Ährchen erhöhen (LÜTKE ENTRUP & OEHMICHEN 2000). Im Anschluss erfolgt während des Streckungsstadiums die Differenzierung der Einzelblüten. Die maximale Blütenanzahl je Ährchen wird etwa gegen Ende des Schossvorganges erreicht (GEISLER 1988). Neben den beschriebenen Aufbauvorgängen verlaufen gleichzeitig Reduktionsprozesse, wodurch die Anzahl der Ährchen und insbesondere auch die Anzahl der Blüten je Ährchen vermindert werden. Die Reduktionsprozesse sind umweltabhängig und können sich bis zum Beginn der Blüte fortsetzen. GEISLER (1988) beschreibt diese Vorgänge als Adaptionsmechanismus, mit dem sichergestellt werden soll, dass auch unter ungünstigen Bedingungen von der Pflanze voll entwickelte Körner auf Kosten der Kornanzahl ausgebildet werden.

Die Ergebnisse in Tabelle 15 verdeutlichen, dass in der Regel (Ausnahme Standort Oberer Neckar), bei Weitreihenbau eine gegenüber dem Normalsaatverfahren höhere Anzahl von Körnern je Ähre ausgebildet wurde. Dies lässt den Schluss zu, dass die Nährstoffbedingungen von der Bestockung bis zur Blüte für die Einzelpflanze bei 50 cm Reihenweite vergleichsweise günstig gewesen sein mussten, während bei Normalsaat im gleichen Zeitraum im Vergleich dazu weniger gute Bedingungen vorlagen. Eine gute Versorgung in dieser Phase wird in der Literatur allgemein als Voraussetzung für die Ausbildung hoher Einzelährenerträge beschrieben (REINER 1992, LÜTKE ENTRUP & OEHMICHEN 2000). Außerdem könnte bei einem Anbau in Weiter Reihe die Lichteinstrahlung während der Blüte besser genutzt worden sein, was sich nach SPIERTZ (1977) aufgrund der erhöhten Kohlehydratversorgung der Pflanze positiv auf die Anzahl Körner je Ähre auswirkt.

4.2.3 Tausendkornmasse

Das Ende der Ertragsbildung ist von der Ausprägung der Tausendkornmasse gekennzeichnet. Stärke und Protein sind die Speicherstoffe, welche die Trockenmasse des Korns ausmachen. Nach der Festlegung der Anzahl ährentragender Halme je Pflanze und der Anzahl fertiler Ährchen je Ähre wird beim Winterweizen die Blüte bzw. die Bestäubung der Narben eingeleitet. In diesem Zeitraum erfolgt der Übergang vom Systemwachstum zum

Produktwachstum. Die Bildung und das Wachstum der Karyopsen beginnt (SCHOOP 1986). Kennzeichnend für die Einlagerungsvorgänge ist die Mobilisierung von Assimilaten innerhalb der Gesamtpflanze und deren Transport in die Körner (STAMP & GEISLER 1976). Von entscheidender Bedeutung ist dabei die Funktionsfähigkeit der oberen Pflanzenteile, aus denen überwiegend die Assimilate geliefert werden (BELL & INCOLL 1982, REINER 1992). Die Einlagerungsphase erstreckt sich über das Stadium der Milchreife und der Teigreife und ist nach ca. 34 Tagen mit dem Erreichen der Vollreife beendet. Die tatsächliche Dauer und Intensität des Kornwachstums ist abhängig von den Versorgungsbedingungen der Pflanze. Ungünstige Einflüsse wie zum Beispiel Krankheitsstress, sowie Wasser-, Nährstoff- oder Lichtmangel rufen eine vorzeitige Abreife hervor, was sich in einer niedrigeren Tausendkornmasse niederschlägt (LÜTKE ENTRUP & OEHMICHEN 2000).

Die Tausendkornmasse in der vorliegenden Untersuchung konnte von keinem der Faktoren Reihenabstand, Untersaat und Mulchen beeinflusst werden (Tab. 16). Ob in den unterschiedlichen Varianten zur Kornausbildung verschiedene Wachstumsbedingungen vorgeherrscht haben, ist schwierig abzuschätzen. Nach ANDERL et al (1981) ist zwar der Einfluss der Bestandesdichte auf die Tausendkornmasse als gering einzuschätzen, eine steigende Anzahl von Körnern je Ähre schlägt sich jedoch den Angaben zufolge in einer verminderten Tausendkornmasse nieder. In der vorliegenden Untersuchung wirkte sich der größere Sink durch die höhere Anzahl zu füllender Körner je Pflanze und je Halm im System Weite Reihe nicht negativ auf die Tausendkornmasse aus. Bei einem Anbau mit 50 cm Reihenweite wurden in der Regel gegenüber Normalanbau weniger Ähren ausgebildet (Tab. 14), während bei der Trockensubstanzbildung des Weizens kein Unterschied festgestellt wurde (Tab. 28, 29, 30). Dadurch stand für die Kornfüllung auch eine größere Stickstoffquelle zur Verfügung. Augenscheinlich war das Produkt aus Dauer und Intensität der Assimilateinlagerungen in das einzelne Korn in allen Varianten gleich. Nach SCHENKE (1993) ist die Tausendkornmasse stark genetisch fixiert und demnach über die Anbautechnik nur begrenzt beeinflussbar.

Einen wichtigen Komplex in der Regulation der Ausbildung der Ertragsmerkmale stellt die Hormonsituation in der Pflanze bzw. in den einzelnen Pflanzenteilen dar. Die Ausbildung und die Füllung von Ertragsorganen ist nicht nur ein Mengenproblem der verfügbaren Nährstoffe, sondern die Prozesse unterliegen einer hormonellen Steuerung, wobei das Verhältnis von Source zu Sink eine entscheidende Rolle spielt (DÖRFFLING 1977, MICHAEL und BERINGER 1980). HANUS und MÜLLER (1984) stellten durch unterschiedliche verfügbare N-Mengen und Applikationszeitpunkte veränderte Gehalte an Cytokininen und Gibberellinen in den Ertragsorganen fest. Es ist durchaus vorstellbar, dass bei Weiter Reihe durch eine bessere N-Versorgung der Einzelpflanze die Bildung von Wachstumshormonen positiv beeinflusst wurde. Allerdings zeigte sich anhand der erwähnten Studie, dass nur Stickstoffgaben während der vegetativen Phase die Hormongehalte nachhaltig beeinflussten und zwar sowohl in den vegetativen Pflanzenteilen als auch später in den Ähren. Eine Stickstoffdüngung zum

Zeitpunkt des Ährenschiebens wird nach Angabe der Autoren dagegen nur noch im Sinne einer verbesserten Nährstoffversorgung wirksam, ohne die physiologischen Bedingungen für die Attraktion von Assimilaten in den Körnern nennenswert zu beeinflussen. Auch nach LÜTKE ENTRUP & OEHMICHEN (2000) ist die positive Ertragswirkung eines höheren Stickstoffangebotes im Zusammenhang mit der Wurzelentwicklung der Pflanze und einer dadurch hervorgerufenen Veränderung der Hormonkonzentration zu sehen. Das Wachstumshormon Cytokinin wird in den Wurzelspitzen gebildet (KENDE 1964). Die Wurzelbildung wurde in der hier diskutierten Arbeit nicht untersucht, aber es ist nahe liegend, dass der bei Weite Reihe größere zur Verfügung stehende Wurzelraum auch Auswirkungen auf die Wurzelentwicklung und damit auf die Hormonkonzentration in der Pflanze hatte. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Die Betrachtung der Ertragsstruktur macht deutlich, dass beim Anbausystem Weite Reihe dem Einzelährenertrag die größte Bedeutung hinsichtlich des Flächenertrags zukam. Die Bedeutung des Einzelährenertrages wird unabhängig vom Anbausystem von den meisten anderen Autoren bestätigt (ELLEN & SPIERTZ 1980, HENNING 1983, GEISLER 1988, STÖPPLER 1988, STÖPPLER et al. 1989, LÜTKE ENTRUP & OEHMICHEN 2000, RICHTER 1999, DEBRUCK 2004, SCHIMMEL 2003). REINER (1992) sieht dagegen eine Abnahme der Bedeutung der Ertragskomponenten für die Ertragsbildung in der Reihenfolge Tausendkorngewicht, Anzahl Körner je Ähre und Bestandesdichte, dieses jedoch unter immer optimalen Ernährungsbedingungen.

⇒ Die geprüften Ertragsparameter spiegelten ein hohes Kompensationsvermögen der angebauten Weizensorte Bussard wider. Standortdifferenziert bewirkten die Anbausysteme Weite Reihe eine gewollte Reduktion der Anzahl ährentragender Halme je m² zugunsten einer höheren Anzahl an Körnern je Ähre, was für eine bessere Nährstoffversorgung der Einzelpflanze spricht. Die Tausendkorntmasse wurde nicht signifikant verändert.

4.3 Qualität

4.3.1 Erweiterung der Reihenweite auf 50 cm

Beim Weizenkorn umschließen Frucht und Samenschale das Nährgewebe (Endosperm) und den Keimling (BELITZ & GROSCH 1992). Das Endosperm gliedert sich in den Mehlkörper (70-80 % des Korns) und in eine einzellige Aleuronschicht.

In allen Kornteilen finden sich neben anderen Bestandteilen Proteine. Maßgebend für die qualitätsbestimmenden Backeigenschaften sind die Kleberproteine des Endosperms. Das Weizenendosperm besteht zu etwa 10 bis 17 % aus Proteinen (LELLEY & GRÖGER 1993). Davon haben ca. 20 bis 30 % strukturelle und enzymatische Funktionen. Diese Proteine werden den Fraktionen der Albumine und Globuline zugeteilt und haben einen besonders

hohen Anteil an essentiellen Aminosäuren. Die restlichen 70 bis 80% bilden die Speicher- oder Kleberproteine.

LINNENMANN (2001) konnte nachweisen, dass mit zunehmender Rohproteinkonzentration der Kleberanteil am Rohprotein zunimmt, während der Anteil der Albumin/Globulin - Fraktion proportional dazu abnimmt. Dies bedeutet, dass mit einer Verbesserung der technologischen Weizenqualität, die über eine Erhöhung der Kleber- bzw. Rohproteingehalte erfolgt, gleichzeitig eine Verminderung der biologischen Wertigkeit des Gesamtproteins einhergeht.

Neben der Klebermenge ist für die Backfähigkeit eines Teiges die Kleberqualität entscheidend (LÜTKE ENTRUP und OEHMICHEN 2000). Die Zusammensetzung der Kleberfraktion bedingt die unterschiedlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften eines Teiges (WIESER et al. 1991). Die Kleberproteine lassen sich in zwei etwa gleich große Fraktionen aufteilen, in monomere Gliadine und in aggregatbildende Glutenine. Die Gliadine bestimmen die Dehnbarkeit und die Viskosität, während die Glutenine die Elastizität des Teiges beeinflussen (KILLERMANN 2003).

In der vorliegenden Untersuchung konnte gezeigt werden, dass im Durchschnitt der vier Standorte und zwei Jahre beim Anbau von Winterweizen der Sorte Bussard bei einem Reihenabstand von 50 cm gegenüber Normalsaat höhere Proteinkonzentrationen im Korn und ein höherer Gehalt an Feuchtkleber gemessen wurden (Tab. 22, nicht signifikant). Zum anderen trat eine signifikante Verbesserung der Qualität des Proteins ein, gemessen an einem höheren Sedimentationswert (Tab. 22). Auch die Ergebnisse der durchgeführten Backversuche verdeutlichen mit einer Erhöhung der Volumenausbeute die Verbesserung der Backqualität (Tab. 27). Eine generelle Verbesserung der Qualitätsparameter durch Erhöhung der Reihenweite unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus steht im Einklang mit den Ergebnissen aller anderen bekannten Untersuchungen (GERMEIER 2000; RICHTER & DEBRUCK 2001; POMMER 2003; SÖLLINGER 2003; DEBRUCK 2004; SCHULZ und LEITHOLD 2004; HOF et al. 2005; NEUMANN et al. 2005).

Nach JENNER et al. (1991) ist die Höhe des Proteingehaltes der Körner abhängig von der Menge Stickstoff, die in der Endphase der Kornbildung angeliefert wird. Die Proteinspeicherung im Endosperm beginnt etwa zehn Tage nach der Blüte. Folglich konnte im Anbauverfahren Weite Reihe gegenüber Normalsaat nach der Blüte mehr Stickstoff für die Kornproteineinlagerung mobilisiert werden. Für die Proteineinlagerung wird Stickstoff aus verschiedenen Quellen verwendet (JENNER et al. 1991). Zum einen stammt der Stickstoff aus in vegetativen Pflanzenteilen gespeicherten Proteinen. Mit eintretender Seneszenz wird dieser Stickstoff mobilisiert und für die Proteinbildung im Korn genutzt. Daneben wird während der Kornfüllung noch Stickstoff aus dem Boden aufgenommen und ebenfalls für die Kornproteinbildung verwendet (FEIL 1998).

Die bei einem Anbau mit 50 cm Reihenweite geringer ausgebildete Ährendichte (Tab. 14) verbunden mit einer Trockenmassebildung in gleicher Höhe (Tab. 28, 29, 30) bedeutet einen

höheren Source für die Translokationsprozesse in die Ähre (vgl Kap. 4.5). Somit stand der einzelnen Ähre während der Kornfüllungsphase mehr Stickstoff aus den vegetativen Pflanzenteilen zur Verfügung, was trotz erhöhten Kornzahlen je Ähre (Tab. 15) den höheren Kornproteingehalt und Gehalt an Feuchtkleber bewirkt haben könnte.

Auch die Möglichkeit, dass während der generativen Phase bei weiten Reihenabständen die Stickstoffreserven aus dem Boden zur Versorgung der Kornanlagen gegenüber Normalanbau weniger stark aufgebraucht waren (BAEUMER 1992; POMMER 2003), kann zu der positiven Beeinflussung der Proteinwerte geführt haben. In den eigenen Untersuchungen zur N-Dynamik gefundene Werte zum N_{\min} - Gehalt im Boden (Tab. 48) konnten diese Annahme nicht bestärken. Dagegen wurde bei Untersuchungen von HOF et. al. (2005) unter Weizen bei weitem Reihenabstand während der Vegetationsphase ein Gradient an mineralischem Stickstoff im Boden nachgewiesen. Unter den von der Weizenreihe am weitesten entfernten Bereichen lagen in aller Regel höhere Mengen an mineralischem Stickstoff vor. Diese Stickstoffreserve, vor allem aus den tieferen Bodenschichten, nutzte der Weizen erst zu einem späteren Zeitpunkt, was sich in erhöhten Proteinwerten widerspiegelte.

Neben dem Einfluss auf die Quantität der Kornproteineinlagerung haben insbesondere die Umwelteinflüsse, welche während der Abreife auf die Pflanzen einwirken, einen Einfluss auf die Proteinstruktur einer Weizensorte (SCHIPPER & JAHN-DEESBACH 1981, HUEBNER & BIETZ 1988, KOLSTER et al. 1991, GRAYBOSCH et al. 1994, PECHANEK et al. 1997, LINNEMANN 2001). Nach Meinung verschiedener Autoren (GERSTENKORN & ZWINGELBERG 1996, WIRRIS 1998, LINNEMANN 2001) führt dies dazu, dass zwischen der Konzentration von Protein im Korn und der Backqualität nur eine schwache Beziehung besteht. LINNEMANN (2001) beschreibt, dass es im Zusammenhang mit einer spezifischen Genese von Weizenkaryopsen in unterschiedlichen Umwelten möglich ist, durch unterschiedliche Prozesse in der Proteinbiosynthese zwar vergleichbare Rohproteinkonzentrationen zu erhalten, jedoch unterschiedliche Weizenqualitäten. Inwiefern und ob die unterschiedlichen Nutzungsformen des Anbauortes als unterschiedliche Umwelten zu betrachten sind, welche sich unterschiedlich auf die Ausprägung von Proteinmustern auswirken, wurde in dieser Arbeit nicht untersucht. Die signifikante Erhöhung des Sedimentationswertes bei einer Reihenerweiterung auf 50 cm kann aber als ein Hinweis dafür gewertet werden.

In der Literatur unterschiedlich bewertet wird die Stärke des Einflusses einer Reihenerweiterung auf die Qualität. Teilweise wird von geringen Effekten berichtet (POMMER 2003, SCHULZ und LEITHOLD 2004), teilweise traten gegenüber Normalsaaten sehr deutliche Verbesserungen der Qualitätsparameter auf (GERMEIER 2000, RICHTER & DEBRUCK 2001, SÖLLINGER 2003; DEBRUCK 2004, HOF et. al. 2005, NEUMANN et al. 2005). Auch die eigenen Untersuchungen zeigten, dass auf den einzelnen Standorten und in den verschiedenen Jahren die Beeinflussung der untersuchten Qualitätsmerkmale unterschiedlich stark waren (Tab. 23 – 26), in einem Fall wurde sogar durch die Reihenerweiterung ein niedrigerer Rohproteingehalt und ein geringerer Sedimentationswert gemessen (nicht signifikant, Standort Oberer Neckar

2001, Tab. 23). Es wird deutlich, dass mit einer Anhebung der Reihenweite keine Vorhersage über die Höhe einer Qualitätsverbesserung getroffen werden kann. Unterschiedlichen Standortfaktoren und Witterungseinflüssen sind dabei eine entscheidende Rolle zuzusprechen. Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf.

Nach BRUNNER (2001) liegen die Mindestanforderungen an Öko-Weizen für eine Backqualitätseinstufung bei 11,5 % Rohproteingehalt, 26 % Feuchtklebergehalt und einem Sedimentationswert von 34 ml. Im Durchschnitt der vier Standorte wurden die Anforderungen bei 50 cm Reihenweite mit einem Rohproteingehalt von 11,3 %, einem Feuchtklebergehalt von 27,2 % und einem Sedimentationswert von 38 ml weitgehend erreicht, während bei Normalanbau die untersuchten Werte deutlich unter den Anforderungen blieben.

⇒ Im Mittel über die Standorte und Jahre waren verlässliche Aussagen zur Beeinflussbarkeit der Backqualität der Winterweizensorte Bussard durch den Faktor Reihenabstand möglich. Die Erweiterung des Reihenabstandes von 12,5 cm auf 50 cm bewirkte eine signifikante Steigerung des Sedimentationswertes sowie einen tendenziell deutlichen Anstieg der Rohprotein- und Feuchtklebergehalte.

4.3.2 Einsatz von Untersaaten

Von einem Anbau legumer Untersaaten wird oft ein verbessertes Angebot an Stickstoff für die Deckfrucht erwartet (SCHMITT et al. 1995), was sich auf den Gehalt an Kornprotein auswirken und damit zu einer verbesserten Ausprägung von Qualitätsparametern führen kann. In diesem Zusammenhang stellte PALFI (1962) bei Gemengeanbau mit Wicken einen erhöhten N-Gehalt im Spross von Roggen fest, wobei nicht klargelegt wurde, ob das Mehr an Stickstoff im Roggen aufgrund eines N-Transfers von der Wicke herrührte, oder ob die höhere Konzentration von Stickstoff aufgrund der Konkurrenz um andere Wachstumsfaktoren, in erster Linie Wasser, gemessen wurde. Auch JENSEN (1986) berichtet von erhöhten Kornstickstoffwerten bei einem Gemengeanbau mit einer Körnerleguminose. BURITY et al. (1989) stellten einen Stickstofftransfer von Luzerne zu Gras fest, KUNELIUS et al. (1992) von einer Rotklee-Untersaat zur Deckfrucht Gerste. RUSSELL & FILLERY (1996) berichten von einer Stickstoffübergabe von Lupine zu Weizen. Auch HOF et al. (2005) konnten bei ihren Untersuchungen im Vergleich zu Weitreihenbau ohne Untersaaten höhere Kornproteingehalte bei Winterweizen, allerdings bei niedrigerem Weizenertrag als bei Reinsaat, feststellen, wenn zwischen den Weizenreihen mit 75cm eine Körnerleguminose angebaut wurde. Nach Ihrer Meinung findet bei einer Leguminosenbeisat eine verstärkte Nutzung von mineralischem Bodenstickstoff in späten Wachstumsstadien statt, was auch Ursache in einer Rhizodeposition von Stickstoff der Leguminose haben könnte.

Diese positive Wirkung der legumen Untersaaten konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht gefunden werden. Das Einbringen der Untersaaten in die 50 cm breiten Reihenzwischenräume blieb im Vergleich zum Anbau in Weiter Reihe ohne Untersaaten weitgehend ohne signifikante Auswirkungen auf die Ausbildung der untersuchten Qualitätsmerkmale (Tab. 22). Tendenziell wirkten sich die eingesetzten Untersaaten, sofern sie nicht gemulcht wurden, sogar leicht negativ auf die Qualitätsmerkmale aus. Diese Ergebnisse stimmen mit den Beobachtungen von WUNDERLICH et al (1992) sowie von SCHMITT et al. (1995) überein. In beiden Fällen wurde keine signifikante Beeinflussung des Proteingehaltes der Deckfrucht durch Untersaaten festgestellt. Trotz der leicht negativen Auswirkung der Untersaaten in den eigenen Untersuchungen lagen die gemessenen Qualitätsparameter noch deutlich über den in den NormalSaatvarianten gemessenen Werten, wenn auch der Unterschied statistisch nicht abzusichern war.

⇒ *Das Einbringen der Untersaaten in die 50 cm breiten Reihenzwischenräume blieb im Vergleich zum Anbau in Weiter Reihe ohne Untersaaten ohne signifikante Auswirkungen auf die Ausbildung der untersuchten Qualitätsmerkmale. Es bestand die Tendenz, dass sich die Qualitätswerte durch die Untersaaten etwas verschlechterten. Gegenüber dem Normalanbau wurden tendenziell höhere Qualitätsparameter gemessen.*

4.3.3 Einsatz des Mulchgerätes

Über das Mulchen von Untersaaten und die Wirkung auf Qualitätsparameter von Deckfrüchten gibt es auch in der neueren Literatur vergleichsweise wenig Hinweise. SCHÄFER et al. (2000) berichten von einer geringen bis negativen Wirkung von Grünmulch auf die Qualität von Sommergetreide unter den kühlen klimatischen Bedingungen Nordeuropas. Dagegen wurden von SCHULZ-MARQUARDT et al. (1995) überwiegend positive Erfahrungen über die Wirkung einer Mulchgabe von gehäckseltem Klee gras aufwuchs auf die Backqualität bei einem Streifenanbau von Sommerweizen im Wechsel mit Futterleguminosen gemacht. NEUMANN et al. (2005) konnten beim „Bicropping“ von Winterweizen und Weißklee keine Beeinflussung des Rohproteingehaltes durch Mulchen des Weißklee gegenüber einem Nicht-Mulchen feststellen. Auch das Mulchen in den eigenen Untersuchungen hatte gegenüber den ungemulchten Weitreihenvarianten keine nachweisbare qualitätsverbessernde Wirkung.

Von Bedeutung sind die signifikanten qualitätssteigernden Effekte der Variantenkombination Weite Reihe mit Frühjahrsuntersaat und Mulchen der Untersaat gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand (Tab. 22) im Durchschnitt der Standorte und Jahre. Die Ergebnisse der Qualitätsmessungen (vgl. auch Punkt 4.3.1) haben gezeigt, dass der größere Reihenabstand bereits bessere Qualitäten hervorgerufen hat. Die Untersaaten, die nicht gemulcht wurden, verbesserten diese Werte nicht weiter. Es bestand eher die Tendenz, dass sich die Qualitätswerte durch die Untersaaten wieder verschlechterten. Dabei zeigte sich, dass diese Tendenz umso stärker war, je früher die Untersaat eingebracht wurde. Dies kann als

Hinweis gewertet werden, dass ein ungehemmtes Wachstum der eingesetzten Untersaaten, welche ja auch nicht frei von einer praxisüblichen Verunkrautung waren, Konkurrenzbeziehungen zum Weizen ausübt. Die Konkurrenzbeziehungen, die von den im Herbst ausgesäten Untersaaten gemeinsam mit dem einhergehenden Unkrautbestand auf den Weizen ausgingen, ließen sich auch nicht durch ein Mulchen abmildern. Das Mulchen der im Frühjahr gesäten Untersaaten führte dagegen zu einem Qualitätsanstieg, in dessen Folge signifikant höhere Qualitäten gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand erreicht wurden.

Beim Mulchen der Frühjahrsuntersaaten wurden im Vergleich zu allen geprüften Anbauvarianten (einschließlich der Weitreihenverfahren ohne Untersaat, bei dem die Reihenzwischenräume mit Hacken weitgehend unkrautfrei gehalten wurden, vgl. Tab. 29) die deutlichsten Qualitätsunterschiede gegenüber dem Normalsaatverfahren gefunden (Tab. 22). Daher liegt die Vermutung nahe, dass ein Mulchen der eingesetzten Frühjahrsuntersaaten nicht nur Konkurrenzbeziehungen zwischen Deckfrucht und Untersaaten vermindert, sondern auch, (unter der Bedingung, dass die Frühjahrsuntersaat gemulcht wird) eine positive Beeinflussung von der Untersaat auf die Qualitätsbildung des Winterweizens ausgeht.

Bei der Diskussion um den Kornertrag (vgl. Kap. 4.1.2) wurde schon herausgearbeitet, dass von einer legumen Beisat, die im Frühjahr ausgebracht wurde, keine negativen Auswirkungen auf die Deckfrucht erwartet wird (HEYLAND und MERKELBACH 1991). Es ist zu vermuten, dass dieses auch für die Qualitätsbildung Gültigkeit hat. Neben dem Mulchen der Beisaaten kommt auch der Reduktion von Unkraut besondere Bedeutung zu. Es gilt, unter Praxisbedingungen einen Beipflanzenbestand zu erhalten, der sich gegenüber der Deckfrucht konkurrenzschwach verhält. Diesem Schluß zieht auch GERMEIER (2006) aus seinen Untersuchungen zu Weizenanbau in Mischkultur.

Bezüglich der positiven Auswirkungen, die von legumen Beisaaten auf Deckfrüchte ausgehen können, evtl. durch eine Rhizodeposition von Stickstoff oder eine Übertragung von Stickstoff aus dem Mulchmaterial, besteht noch weiterhin Forschungsbedarf.

⇒ Das Mulchen der Untersaaten hatte gegenüber einem Nicht-Mulchen der Untersaaten keine signifikante qualitätsverbessernde Wirkung. Tendenziell lagen die Qualitätswerte über den Werten bei Nicht-Mulchen. Gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand wurden signifikante qualitätssteigernde Effekte der Variantenkombination Weite Reihe mit Frühjahrsuntersaat und Mulchen der Untersaat festgestellt.

4.4 Einzelstandortbetrachtung Ertrag und Qualität

4.4.1 Oberer Neckar

Die Einführung des Anbauverfahrens Weite Reihe auf dem Standort Oberer Neckar hatte seine Ursache in den dort vorherrschenden, speziellen Standortbedingungen. Der Betrieb wurde seit Jahren pfluglos bewirtschaftet, was erfahrungsgemäß mit einer Zunahme von mehrjährigen Unkräutern und Ungräsern einhergeht (SCHWERDTLE 1971, SCHELLER 1998). In Verbindung mit einem dort praktizierten frühen Aussattermin im Herbst fand insbesondere *Alopecurus myosuroides* gute Bedingungen, sich neben *Cirsium arvense* und *Rumex ssp.* auf den Ackerflächen dauerhaft auszubreiten. Übliche mechanische Pflegemaßnahmen mit Striegel und Hacke blieben oft wirkungslos, so dass auf dem Betrieb dazu übergegangen wurde, dass Unkraut mit einem Reihenmulcher zu reduzieren (MORITZ 2000).

Die Ergebnisse des ersten Versuchsjahres auf einem Flurstück geringerer Bodengüte (38 Bodenpunkte, vgl. Tab. 2) bei einem durchschnittlichen Ertrag von 33,1 dt/ha machten deutlich, dass unter diesen Bedingungen auf diesem Standort von einem Anbau mit 50 cm Reihenweite gegenüber einer Normalsaat kein Nachteil hinsichtlich des Ertrages zu erwarten ist. Tendenziell wurde in den 50 cm Varianten ein höherer Kornertrag erreicht (Tab. 10). Dies ging einher mit einer deutlichen Verbesserung der Qualitäten. Besonders positiv auf die Ausprägung der Qualitätsparameter wirkte die Variante Weite Reihe mit zeitig gesät und später gemulchter Frühjahrsuntersaat (Tab. 23). Gegenüber Normalsaat wurde 1,5 % mehr Protein, 6 % mehr Kleber und ein um 10 ml höherer Sedimentationswert gemessen.

Die Versuche im Anbaujahr 2000/2001 wurden auf einer wesentlich produktiveren Betriebsfläche (Durchschnittsertrag 52,5 dt/ha) in einem ehemaligen Flussbett des Neckars angelegt (vgl. Tab. 2). Die Versuchsfläche war, aufgrund der besonderen Lage und Entstehung des Schlages, gekennzeichnet von günstigen bodenphysikalischen Werten und einer guten Wasserversorgung durch die Grundwassernähe. Durch die Fruchtfolgegestaltung und die pfluglose Bodenbearbeitung ist anzunehmen, dass umsetzbare organische Substanz im Boden in ausreichender Menge vorhanden war, so dass es wahrscheinlich ist, dass die Weizenpflanzen unabhängig von der Bestandesdichte und Verteilung über die Fläche über die gesamte Vegetation aus dem Boden heraus gut mit Nährstoffen und Wasser versorgt werden konnten. Anscheinend war unter diesen Bedingungen das Anbausystem mit engem Reihenabstand am besten in der Lage, das hohe Nährstoffnachlieferungsvermögen des Bodens in Ertrag umzusetzen. Auch die Qualitäten konnten dementsprechend durch die Weite Reihe nicht deutlich verbessert werden. Die ungleiche Verteilung der Pflanzen über die Fläche und die damit einhergehende Verringerung der Pflanzendichte und Anzahl ährentragender Halme wirkte sich in diesem Falle also nicht positiv aus. Augenscheinlich wurde bei 50 cm Reihenweite das Ertragspotential nicht in vollem Maße ausgeschöpft. Erwähnenswert scheint, dass der deutlichste Minderertrag gegenüber der Normalsaat bei 50 cm Reihenweite ohne Untersaaten festgestellt wurde, während vor allem bei den Varianten

mit Frühjahrsuntersaat der Ertragsunterschied vergleichsweise gering ausfiel. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, das Bodenwasser nur in geringem Maße verbraucht wurde, was sich in diesem speziellen Fall ungünstig auf die Entwicklung der Weizenpflanzen ausgewirkt haben könnte.

⇒ *Unter den speziellen Bedingungen des zweiten Anbaujahres bewirkte die Anwendung des Anbauverfahrens Weite Reihe gegenüber der Normalsaat auf dem Standort Oberer Neckar einen Ertragsverlust. Auf diesem Standort wurde das Anbauverfahren Weite Reihe vorrangig für eine bessere Bekämpfung von Problemunkräutern genutzt. Dadurch kann, vor allen, wenn Untersaaten im Frühjahr eingebracht werden und die Untersaaten gemulcht werden, das System langfristig dennoch zu einer Verbesserung auf gesamtbetrieblicher Ebene führen. Unter den für den Standort eher typischen Bedingungen des ersten Anbaujahres hatte das System Weite Reihe mit Frühjahrsuntersaaten auch kurzfristig eindeutige Vorteile gegenüber der Normalsaat.*

4.4.2 Wetterau

Der Anbau von Winterweizen in Weiter Reihe war auf dem Standort Wetterau zum einen interessant mit Blick auf die (für eine verbesserte Backqualität) zu erzielenden Preisaufschläge. Darüber hinaus wurde sich vom Betriebsleiter erhofft, aufgrund eines höheren Vorfruchtwertes des Anbauverfahrens Weite Reihe den Grünbracheanteil dauerhaft reduzieren und eine effektive Beikrautregulierung durchführen zu können.

Als Vorfrucht für den Weizenanbau wurde für den Versuch auf diesem Standort Erbse angebaut. Im Anbaujahr 1999/2000 stand der Weizen direkt nach der Körnerleguminose, im Anbaujahr 2000/2001 wurden nach der Erbse zunächst Kartoffeln und dann erst Weizen angebaut (Tab. 2). Die Stickstoffversorgung in Fruchtfolgen, die von einem Anbau vom Körnerleguminosenanbau ausgeht, wird allgemein als gering eingestuft (JOST 2003, SCHMIDTKE 2004). Dies erklärt die in beiden Jahren für den Standort (Tab. 2) relativ niedrigen Durchschnittserträge von 38,4 dt/ha im ersten Anbaujahr und nur 37,2 dt/ha im zweiten Anbaujahr (Tab. 8 und Tab. 11). Es wurden in beiden Jahren kein signifikanter Ertragseffekt durch die Behandlungen festgestellt. Im ersten Jahr bei direkter Nachfrucht nach Erbse wurden die Qualitätsparameter des Weizens durch die Weite Reihe deutlich beeinflusst (Tab.24). Im zweiten Jahr stand dem Weizen, anscheinend durch den vorangegangenen Kartoffelanbau, so wenig Stickstoff zur Verfügung, dass auch durch den Anbau in Weiter Reihe keine entscheidende Verbesserung des niedrigen Rohproteingehaltes und Sedimentationswertes eintreten konnte. Bemerkenswerterweise war der Gehalt an Feuchtkleber dennoch recht hoch und blieb durch die unterschiedlichen Behandlungen unbeeinflusst. Dies macht deutlich, dass unter ungünstigen Wachstumsbedingungen, in diesem Falle durch die Fruchtfolgestellung hervorgerufen, auch in dem Anbausystem Weite Reihe in der Kornfüllungsphase ein Mangel an Stickstoff auftreten kann. Eine Erfüllung der geforderten Weizenqualität (BRUNNER 2001) ist demnach unter diesen Bedingungen ohne

zusätzliche Düngungsmaßnahmen kaum zu erreichen. Von größter Bedeutung waren in diesem Falle die positiven Auswirkungen des Anbauverfahrens auf die Fruchtfolge, die von den Untersaaten ausgingen (vgl. Kap. 3.8 und 4.8).

Die im Versuch angebaute Weizensorte Bussard zeigte sich auf diesem Standort gegenüber einem Befall mit Braunrost (*Puccinia recondita*) als sehr anfällig. Von Bedeutung war, dass sich bei einem Anbau in Weite Reihe der Pilz schneller ausbreiten konnte als bei Normalsaat. Dies wurde nicht weiter untersucht, ist aber ein Hinweis dafür, dass ein Reihenabstand von 50 cm zumindest bei den gewählten Saatstärken und den damit verbundenen hohen Bestandesdichten innerhalb der Reihen eine Ausbreitung von Schaderregern begünstigen kann. Der Standorteignung einer Sorte kommt demnach für das System Weite Reihe eine hohe Bedeutung zu.

⇒ Auf dem Standort Wetterau führte das Anbausystem Weite Reihe in beiden Jahren zu keinen Nachteilen hinsichtlich Kornertrag und Qualität. Im Anbaujahr 1999/2000 konnten die Qualitäten deutlich verbessert werden, während im Anbaujahr 2000/2001 bei ungünstiger Vorfrucht der Vorteil des Anbauverfahrens Weite Reihe gegenüber Normalsaat ausschließlich in einer verbesserten Unkrautbekämpfung und einem erhöhten Vorfruchtwert durch Untersaaten lag.

4.4.3 Vogelsberg

Auf dem Standort Vogelsberg stellte sich der hohe Unkrautdruck, vorrangig durch *Agropyron repens* und *Cirsium arvense* verursacht, als größtes Problem für einen erfolgreichen Weizenanbau dar. Die Versuche wurden in beiden Anbaujahren nach Erbse angelegt, im zweiten Anbaujahr 2000/2001 auf einem Schlag mit höherer Ackerzahl im Vergleich zum Vorjahr (Tab. 2). Neben den unterschiedlichen Jahreseinflüssen (Abb. 6 und Abb. 7) führte dieses zu einem höheren Durchschnittsertrag gegenüber dem Vorjahr (Tab. 8 und Tab 12). Der Anbau in Weite Reihe hatte in beiden Jahren keine signifikanten Wirkungen auf den Ertrag. Im zweiten Anbaujahr zeichnete sich allerdings ein tendenzieller Minderertrag in allen Weitreihenvarianten ab, in denen Untersaaten ausgebracht wurden. In diesem Jahr war der Unkrautdruck so hoch, dass die Untersaaten stark in ihrem Wachstum behindert wurden, hinzu kam noch, dass die im Herbst ausgebrachten Untersaaten ausgewintert waren und somit keinerlei Wirkung zeigen konnten. Auch der Einsatz der Mulchmaschine konnte die negativen Auswirkungen der Verunkrautung nicht mildern. Allerdings konnte mit dem Einsatz der Mulchmaschine eine Blütenbildung weitgehend verhindert werden, was sich langfristig mindernd auf den Unkrautdruck auswirkt (vgl. Kap. 3.10). Mit intensivem Hacken ohne Untersaaten bei Normalsaat (k_1) und Weite Reihe (k_2) konnten die Auswirkungen der Verunkrautung am effektivsten eingeschränkt werden. Die Weizenqualitäten konnten in keinem der beiden Jahre auf ein Niveau gebracht werden, das den allgemein geforderten Kriterien entsprach. Unter diesen Bedingungen lassen sich offensichtlich die Ziele des Anbauverfahrens Weite Reihe kurzfristig nicht erreichen. Auch ist es zweifelhaft, dass die

Einführung des Anbauverfahrens Weite Reihe als alleinige Maßnahme langfristig ausreichend ist, die Standortsituation zu verbessern. Zusätzliche Unkrautbekämpfungsmaßnahmen vor allem über die Stoppelbearbeitung sind zu ergreifen (PEKRUN & CLAUPEIN 2001). Des Weiteren ist aufgrund der Unkrautsituation die Fruchtfolge hinsichtlich der Anbaueignung von Körnerleguminosen zu überprüfen.

Nach Angaben des Betriebsleiters ist die Weizensorte Bussard nicht für den Standort geeignet. Von positiven Praxiserfahrungen auf diesem Standort bei Weiter Reihe mit anderen Qualitätsweizensorten in besserer Fruchtfolgestellung wurde bereits berichtet (STROHM-LÖMPKE et al. 2002, BECKER 2005).

⇒ Auf dem Standort Vogelsberg waren in beiden Jahren keine Effekte auf Ertrags- und Qualitätsparameter durch eine Reihenerweiterung zu beobachten. Es war festzustellen, dass ein sehr hoher Unkrautdruck nicht mit Untersaaten unterdrückt werden konnte. Von positiven Wirkungen auf die Fruchtfolge durch das Anbauverfahren Weite Reihe ist daher unter diesen Bedingungen nicht auszugehen.

4.4.4 Uckermark

Für den über 1000 ha Ackerfläche umfassenden Marktfruchtbetrieb war es ein Ziel, auf dem Markt mit entsprechend großen Partien Weizen mit hohen Qualitätsmerkmalen auftreten zu können. Als Vorfrucht für die Versuche wurde Klee gras als Grünbrache angebaut.

Unter diesen guten Bedingungen konnten auf diesem Standort in beiden Jahren gegenüber der Normalsaat verbesserte Weizenqualitäten mit sehr guten Werten bei einem Anbau in Weiter Reihe festgestellt werden (Tab. 26). Die Untersaaten zeigten unter diesen Bedingungen keine signifikanten Wirkungen, wenngleich die deutlichsten Verbesserungen gegenüber der Normalsaat bei den Weitreihenvarianten mit Frühjahrsuntersaat erzielt wurden. Der Einsatz der Mulchmaschine hatte keinen Einfluss auf die Qualitätsmerkmale, so dass der Vorteil des Mulchens sich in diesem Falle auf eine Reduktion des Unkrautsamenpotentials beschränkte.

Der Kornertrag wurde in beiden Jahren nicht signifikant beeinflusst (Tab. 13). Im Anbaujahr 2000/2001 hatten die Varianten Weite Reihe ohne Untersaat sowie Untersaat im Frühjahr, gemulcht, gegenüber den anderen Weitreihenvarianten leichte Vorteile. Die Herbstuntersaaten im Anbaujahr 2000/2001 winternten auf diesem Standort aus. Eine sichere Etablierung war mit Frühjahrsuntersaaten möglich.

⇒ Auf dem Standort Uckermark wurde in beiden Versuchsjahren eine qualitätsverbessernde Wirkung durch den Anbau in Weiter Reihe deutlich. Anscheinend wirkte sich die günstige Vorfrucht stabilisierend auf das System aus. Der Einsatz der Untersaaten und des Reihenumulchgerätes hatte unter diesen Bedingungen keine Wirkung auf Ertrags- und Qualitätsparameter. Durch die Untersaaten könnte es möglich werden, den unproduktiven Grünbracheanteil in dem Betrieb zu reduzieren. Der Einsatz der Mulchmaschine kann neben

einer Unkrautreduktion eine Ernteerleichterung bedeuten, da sich die gemulchten Untersaaten weniger störend auf den Erntevorgang auswirken.

4.5 Trockenmassebildung

Die im Frühjahr gemessenen Bestandesdichten zeigten, dass zu Vegetationsbeginn bei Normalsaat deutlich mehr Pflanzen je Flächeneinheit etabliert waren als bei Weiter Reihe (Tab. 17). Dementsprechend war zu erwarten, dass der Weizen während der Vegetationsphase bei Normalsaat deutlich mehr Trockenmasse bilden würde als bei Weitreihenbau.

Die Trockenmassebildung des Winterweizens wurde während den Vegetationsperioden 2000 und 2001 an jeweils zwei Terminen festgehalten (vgl. Kapitel 2.4.1, Entwicklungsstadien des Weizens zu den Mulchterminen), zum einen während der Schossphase und zum anderen in der Zeit des Ährenschiebens bis zum Anfang der Blüte. Im Durchschnitt der vier Standorte und zwei Versuchsjahre war der Unterschied an gebildeter Biomasse bei Normalsaat und Reihenweite 50 cm zu beiden Terminen sehr gering (Tab. 28 und Tab. 29). Bei Normalsaat wurden gegenüber dem Anbau mit 50 cm Reihenweite während der Schossphase ca. zwei dt/ha und vor der Blüte ca. eine dt/ha mehr Trockensubstanz gebildet. Demzufolge konnten sich die Weizenpflanzen im Anbauverfahren Weite Reihe trotz geringerer Bestandesdichte und ungleichmäßiger Verteilung über die Fläche in einem ähnlichen Maße Nährstoffe zur Bildung von Biomasse aneignen wie die in Normalsaat angebauten Pflanzen mit hoher Bestandesdichte und gleichmäßiger Verteilung über die Fläche. Dies steht im Widerspruch zu der häufig in der Literatur geäußerten Annahme, dass mit einer möglichst gleichmäßigen Verteilung der Pflanzen auf die Fläche eine optimale Standraum- und Nährstoffausnutzung erreicht wird (MÜLLE und HEEGE 1981, AUFHAMMER und FISCHBECK 1973, SATTLER und WISTINGHAUSEN 1985, KRATZSCH 1972). Andererseits findet auch die von BAEUMER (1992) aufgestellte Hypothese, dass sich die Pflanzen bei weiten Reihenabständen zunächst gegenseitig in ihrem vegetativen Wachstum begrenzen und dadurch in dieser Phase in geringerem Maße verfügbare Nährstoffe verbrauchen, durch diese Ergebnisse keine Bestätigung. Es ist zu vermuten, dass das Angleichen des Trockenmasseertrages in der Weiten Reihe durch ein verstärktes Wurzelwachstum erreicht wurde. Ein erhöhtes Längenwachstums bei Weiter Reihe während der vegetativen Phase konnte beobachtet werden, welches etwa zum Ährenschieben bei Normalsaat wieder ausgeglichen wurde. Eine genaue Quantifizierung von Stoffströmen während der gesamten Vegetationszeit konnte innerhalb der vorliegenden Untersuchung nicht durchgeführt werden. Daher sollten zu diesem Themenfeld weitere Untersuchungen angestellt werden, um genauere Kenntnis über die Wirkmechanismen des Anbauverfahrens Weite Reihe zu erlangen.

Die Trockenmassebildung der Untersaaten inklusive der Verunkrautung bei Weiter Reihe verlief erwartungsgemäß in Abhängigkeit mit dem Saattermin. Je früher die Untersaat ausgebracht wurde, desto mehr Biomasse wurde gebildet. Ein signifikanter Einfluss auf die Trockenmassebildung des Weizens war anhand der Untersuchungen nicht nachweisbar.

Tendenziell hatten die Herbstuntersaaten aber einen geringeren Trockenmasseertrag des Weizens bei den Probenahmen zur Folge (Tab. 28 und 29). Dementsprechend wurde auch im Anbaujahr 2000/2001 im Durchschnitt der vier Standorte ein signifikant niedrigerer Kornertrag bei Weite Reihe mit Herbstuntersaat gegenüber der Normalsaat festgestellt (Tab. 9). Wie in anderem Zusammenhang schon beschrieben, wintereten in diesem Jahr die Herbstuntersaaten auf den Standorten Oberer Neckar, Vogelsberg und Uckermark komplett aus, so dass dieser deutliche Effekt sicherlich mit der einhergehenden starken Verunkrautung zu erklären ist (vgl. Kap. 4.1.2).

Durch das Mulchen der Untersaaten wurde die Trockenmasse der Untersaaten reduziert. Ein Nachweis über eine Wirkung der Maßnahme auf das Wachstum der Weizenpflanzen blieb aber, zumindest an den beprobten Terminen, aus (Tab. 29, vgl. auch Kap. 4.1.3). Die Trockenmassebildung der Untersaaten nach der Weizenernte vor Umbruch für die Folgekultur auf dem Standort Wetterau (Tab. 30) kann dennoch als Hinweis gewertet werden, dass der Einsatz des Reihenmulchers eine stabilisierende Wirkung auf die Untersaatenentwicklung ausübte. Gegenüber den ungemulchten Frühjahrsuntersaaten wurde bei den Frühjahrsuntersaaten mit Einsatz der Mulchmaschine ein, wenn auch mit ca. einer dt/ha geringer, signifikant höherer Trockenmasseertrag festgestellt. Dass dieser Effekt auf dem Standort Vogelsberg nicht zustande kam, steht sicherlich im Zusammenhang mit der auf dem Standort typischen hohen Verunkrautung (vgl. Kap. 4.4.3).

⇒ Die Trockenmasseerträge des Winterweizens wurden im Durchschnitt der vier Standorte und zwei Jahre nur gering beeinflusst. Tendenziell hatten die hohen Trockenmasseerträge der Herbstuntersaaten einen geringeren Trockenmasseertrag des Weizens während der vegetativen Phase zur Folge. Das Mulchen der Untersaaten hatte keinen Effekt auf die Trockenmasseentwicklung des Weizens. Es wurden Hinweise gefunden, dass der Einsatz des Reihenmulchgerätes eine stabilisierende Wirkung auf die Entwicklung der Untersaaten ausübte.

4.6 Strohertrag

Aufgrund der in den Jahren 2000 und 2001 gegenüber Normalsaat festgestellten niedrigeren Bestandesdichten im Frühjahr (Tab. 17) war zu erwarten, dass bei einem Anbau von Winterweizen in Weiter Reihe ein geringerer Strohertrag erzielt wird. Tatsächlich wurde die Strohbildung der angebauten Weizensorte Bussard im Vergleich zum Normalanbau durch die geprüften Anbausysteme Weite Reihe in beiden Jahren aber nicht signifikant beeinflusst (Tab. 31). Dies geschah analog zu der während der vegetativen Phase gebildeten Trockenmasse des Weizens. In den beiden Jahren wurden auch hier nur geringe Unterschiede durch die verschiedenen Behandlungen hervorgerufen (vgl. Kap. 4.5).

Auch die im Anbaujahr 2000/2001 festgestellten Mindererträge bei dem Anbausystem Weite Reihe mit Herbstuntersaat gegenüber der Normalsaat spiegelten sich nicht in einem verringerten Strohertrag wider. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass der ertragsmindernde Einfluss der Herbstuntersaaten, bzw. der Verunkrautung (vgl. Kap. 4.1.2), vor allem während der Korneinlagerungsphase wirksam wurde. Während der vegetativen Phase schienen die mit hoher Saatedichte angelegten Weiten Reihen (vgl. Kap. 2.4.1) eine hohe Konkurrenzkraft gegenüber einer Verunkrautung zu besitzen. Dies könnte für eine Ableitung geeigneter Saatstärken für das Weite Reihe Verfahren bedeutsam sein (vgl. Kap. 4.8 und Kap. 5).

Im Gegensatz zu den ersten beiden Anbaujahren wurde bei dem in 2001/2002 durchgeführten Sorten- und Saatstärkenversuch (Kap. 2.4.2 und Kap. 3.8) durch den Anbau in Weite Reihe in Verbindung mit einer Aussaatstärke von 75 % ein deutlich geringerer Strohertrag im Vergleich zum Normalanbau festgestellt (Tab. 47). Möglicherweise handelte es sich um einen jahrestypischen Effekt. Signifikante sortentypische Effekte konnten in dieser einjährigen Untersuchung nicht nachgewiesen werden. Für eine umfassendere Beurteilung einer Sorteneignung für das Anbauverfahren Weite Reihe auch in Bezug auf die Bedeutung unterschiedlicher Strohmenngen für tierhaltende Betriebe und für die Humusproduktion (ASMUS & HERRMANN 1977) im Ökologischen Landbau sollte dem beobachteten Phänomen weiter Aufmerksamkeit geschenkt werden.

⇒ *In den Anbaujahren 1999/2000 und 2000/2001 wurde der Strohertrag der Winterweizensorte Bussard durch die Erhöhung der Reihenweite auf 50 cm nicht beeinflusst. In dem einjährigen Sortenversuch 2001/2002 wurde dagegen bei Reihenweite 50 cm ein geringerer Strohertrag im Vergleich zur Normalsaat festgestellt. Aufgrund der Bedeutung des Stroh für Öko-Betriebe sollte dem beobachteten Phänomen weiter Aufmerksamkeit geschenkt werden.*

4.7 Sorten und Saatstärken

Die Sorte Batis war der Sorte Bussard auf beiden Standorten signifikant im Kornertrag überlegen (Tab. 32). Die günstigeren Boden- und Klimaverhältnisse des Standortes Wetterau erlaubten einen um ca. 10 dt/ha höheren Kornertrag gegenüber dem Standort Vogelsberg. Analog zu den Ergebnissen aus den beiden vorigen Anbaujahren zeigte sich an beiden Sorten, dass von der Reihenerweiterung auf 50 cm bei einer Reduktion der Saatstärke auf 75% gegenüber der Normalsaat keine Beeinflussung auf den Kornertrag ausging (Tab. 33). Die gegenüber der Normalsaat in allen Systemen mit weitem Reihenabstand um ca. 50 % niedrigere Ährendichte pro Flächeneinheit (Tab. 34) wurde durch eine ca. zweifach höhere Einkörnung ausgeglichen (Tab 35).

Sortenspezifische Effekte der Anbausysteme Weite Reihe konnten nicht festgestellt werden. Die Weizensorte Batis konnte demzufolge den durch die räumliche Verteilung der Pflanzen veränderten Lichteinfall bei Weite Reihe durch die planophile Blattstellung nicht besser nutzen als die Weizensorte Bussard mit erectophiler Blattstellung. Auch aus den Ergebnissen anderer Versuchsansteller können keine Rückschlüsse auf unterschiedliche Anbaueignung verschiedener Weizensorten für das Anbauverfahren Weite Reihe gezogen werden (DEBRUCK (2004, POMMER 2003, SCHIMMEL 2003). Weitere Untersuchungen zur Eignung verschiedener Weizensorten für das Anbausystem Weite Reihe könnten dennoch, unter anderem vor dem Hintergrund der von SCHÖNBERGER (1996) vorgenommenen Ertragseinteilung in Korndichtetypen, Einzelährentypen und Kompensationstypen, neue Erkenntnisse bringen.

Auch die weitere Reduzierung der Saatstärken in der Weiten Reihe auf 50 % der bei Normalsaat ausgebrachten Saatmenge wirkte sich nicht auf die Ertragsparameter oder den Kornertrag aus. Auch die Ergebnisse von SCHIMMEL (2003) und von DEBRUCK (2004) zeigten, dass ein erhebliches Potential besteht, die Saatmenge zu reduzieren, ohne dass eine Ertragsreduktion ausgelöst wird. HOF et. al. (2005) stellten bei einer Reihenweite von 75 cm und einer gleichzeitigen Reduzierung der Saatstärke auf 20 % (also um 80 %) gegenüber Normalsaat sogar einen signifikanten Mehrertrag fest.

Im Anbaujahr 2001/2002 wurden im Durchschnitt der beiden Untersuchungsstandorte von beiden Sorten im Durchschnitt der Versuchsbehandlungen nur geringe Qualitäten erreicht (Tab. 37, 39, 41), welche die Anforderungen an Backweizen (BRUNNER 2001) nicht erfüllten.

Dabei verbesserte sich tendenziell das niedrige Niveau der Backqualität durch den Anbau in Weite Reihe. Durch die Reduzierung der Saatstärke bei Weite Reihe von 75 % der bei Normalsaat üblichen Saatstärke auf 50 % konnte diese Tendenz weiter verstärkt werden. Auch diese, durch die Reduzierung der Saatstärke im Anbauverfahren Weite Reihe hervorgerufene weitere Verbesserung der Backqualität, wurde von anderen Autoren in gleicher Weise beschrieben (SCHIMMEL 2003, DEBRUCK 2004 und HOF et. al. 2005).

Die Ergebnisse nach ungünstiger Vorfrucht (vgl. Kap. 2.4.2) zeigen, wie auch schon in Kap. 4.4.2 und Kap. 4.4.3 beschrieben, dass alleine ein Anbau in Weite Reihe nicht ausreichte, genügend hohe Qualitäten zu realisieren. Der dafür benötigte Stickstoff muss in ausreichender Menge von der Vorfrucht bereitgestellt werden. Durch die veränderte Reihenweite kann nur eine zeitliche, nicht aber eine quantitativ veränderte Stickstoffaufnahme erreicht werden.

⇒ Aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit sowie den Ergebnissen weiterer Versuchsansteller können keine Rückschlüsse auf unterschiedliche Anbaueignung verschiedener Weizensorten für das Anbauverfahren Weite Reihe gezogen werden. Eine Reduzierung der Saatstärken auf 50 % gegenüber Normalsaat zeigte sich als nicht ertragswirksam. Mit Verringerung der Saatstärken stiegen die realisierten Backqualitäten tendenziell an.

4.8 Vorfruchtwirkung

Insbesondere in Verbindung mit der Etablierung legumer Untersaaten wurde eine verbesserte Vorfruchtwirkung des Fruchtfolgefeldes Winterweizen bei weitem Reihenabstand gegenüber dem Normalanbau erwartet. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass dieser verbesserte Vorfruchteffekt tatsächlich eintreten konnte. Voraussetzung dafür war, dass die ausgebrachten Untersaaten sich in den Beständen nachhaltig etablierten und durch entsprechendes Wachstum (Tab.30) eine positive Wirkung entfalten konnten. Wie in Kapitel 4.4.3 eingehend beschrieben, war im Anbaujahr 2000/2001 der Unkrautdruck auf dem Standort Vogelsberg so hoch, dass die Untersaaten stark in ihrem Wachstum behindert wurden. Hinzu kam noch, dass die im Herbst ausgebrachten Untersaaten auf diesem Standort ausgewintert waren und somit keinerlei Wirkung auf die Nachfrucht ausüben konnten (Tab. 45).

Die Bedingungen auf dem Standort Wetterau in 2000/2001 zeigten sich dagegen als günstig für das Gelingen der Untersaaten. Dementsprechend konnten auf diesem Standort deren Wirkungen für die Folgefrucht anhand des Roggenertrages 2002 verdeutlicht werden (Tab. 44). Die beiden Vorjahreskontrollen ohne Untersaaten realisierten gegenüber den Varianten mit Weite Reihe und Untersaaten deutlich niedrigere Roggenerträge. Der Dauer der Vegetationszeit der Untersaaten entsprechend stieg der Roggenertrag umso stärker an, je eher die Untersaat ausgebracht wurde. Besonders hervorzuheben sind die höheren Nachfrucherträge der Varianten, in denen bereits im Herbst 2000 die Untersaat gedrillt wurde (59,6 dt/ha ohne Mulchen bzw. 64,2 dt/ha mit Mulchen). Die gemulchte Variante erreichte mit 64,2 dt/ha etwa 8 % mehr Kornertrag als die ungemulchte Variante. Dies kann als Hinweis gewertet werden, dass der Einsatz des Reihenmulchers eine stabilisierende Wirkung auf die Untersaatenentwicklung ausübte (vgl. Kap. 4.5). Auf dem Standort Wetterau ist es durch die Einsatz von Untersaaten in das Anbauverfahrens Weite Reihe gelungen, ohne Verluste beim Weizenkornertrag gegenüber dem herkömmlichen Verfahren (Tab. 11) einen Mehrertrag bei der Nachfrucht Roggen zu erzeugen (Tab. 44).

⇒ Aussagen zur Vorfruchtwirkung des Anbauverfahrens Weite Reihe beschränken sich auf die Versuchsergebnisse 2002 des Standortes Wetterau. Auf dem Standort Vogelsberg wurden keine nennenswerten Effekte beobachtet. Die Vorfruchtwirkung ist offensichtlich wesentlich abhängig vom Zeitpunkt der Ausbringung der Untersaat und vom Gelingen dieser Maßnahme. In der Reihenfolge: Untersaat spätes Frühjahr – Untersaat zeitiges Frühjahr – Untersaat Herbst in die Vorfrucht Winterweizen stieg der Ertrag der Nachfrucht Winterroggen an.

4.9 Bodenparameter

Stickstoffhaushalt

Die auf den Standorten Wetterau und Vogelsberg in den ersten zwei Anbaujahren durchgeführten Untersuchungen gaben keine verlässliche Auskunft über vermutete Effekte der verschiedenen Anbausysteme Normalsaat und Weite Reihe auf die Stickstoffan- oder Stickstoffabreicherungen im Boden, eine Stickstoffverlagerung in tiefere Bodenschichten oder eine bessere Nutzung des Stickstoffs durch die Kulturpflanzen. Nicht signifikante, höhere Gehalte an mineralischem Stickstoff unter Weitreihenbau im April gegenüber engem Reihenabstand können aber als Hinweis aufgefasst werden, dass der Weizen in Weite Reihe zu diesem Zeitpunkt weniger Stickstoff verbraucht haben könnte. Ein signifikant geringerer Gehalt an mineralischem Stickstoff wurde lediglich auf dem Standort Wetterau nach der Ernte 2000 vor dem Umbruch für die Folgekultur bei Weite Reihe mit Untersaaten ein gegenüber Normalsaat (keine Untersaat) festgestellt (Tab. 47). Ursache dafür könnte sein, dass die aus den Untersaaten hervorgegangenen Zwischenfrüchte mineralischen Stickstoff aus der Bodenlösung in die pflanzliche Biomasse aufgenommen haben. Gegebenenfalls konnte damit einer Stickstoffverlagerung über Winter in Schichten tiefer 90 cm entgegengewirkt werden.

Untersuchungen von HOF et. al. (2005) unter Weizen bei weitem Reihenabstand während der Vegetationsphase wiesen einen Gradient an mineralischem Stickstoff nach. Im Boden lagen unter den von der Weizenreihe am weitesten entfernten Bereich in aller Regel höhere Mengen an mineralischem Stickstoff vor, die der Weizen vor allem aus dem Unterboden erst zu einem späteren Zeitpunkt nutzte. Anhand eigener Messungen in den Reihenzwischenräumen bzw. direkt unter den Weizenreihen auf dem Standort Wetterau im Jahre 2002 (Tab. 48) konnten diese Ergebnisse nicht bestätigt werden. Möglicherweise steht dieses in direktem Zusammenhang mit einem niedrigen Stickstoffangebot aus der Vorfrucht (vgl. 2.4.2, Vorfrucht Wetterau). Weitere Untersuchungen zu dieser Problematik könnten Klarheit schaffen.

Wasserhaushalt des Bodens

Die Ergebnisse zum Gesamtvorrat an Wasser im Boden, gemessen in drei verschiedenen Schichten bis 90 cm Bodentiefe und zu verschiedenen Terminen, ließen keine Rückschlüsse über eine unterschiedliche Beanspruchung des Bodenwasservorrates durch die getesteten Anbausysteme Weite Reihe zu.

Das Vorhandensein derartiger Effekte kann dennoch nicht ausgeschlossen werden. Es liegt nahe, dass stärker entwickelte Kulturpflanzenbestände zur Bildung einer größeren Biomasse auch mehr Wasser verbrauchen. Insbesondere in Mischkulturen wie dem System Weite Reihe mit Untersaat könnte der höhere Wasserbedarf zur Konkurrenz um die knappe Ressource Wasser führen. Der Witterungsverlauf der beiden Untersuchungsjahre (Kap. 2.3) führte auf

keinem der Untersuchungsstandorte zu Trockenstresssituationen. Daher kann auch keine endgültige Aussage zur Wasserversorgung des Weizens in Konkurrenz mit der Untersaat unter Trockenbedingungen gemacht werden. RICHTER und DEBRUCK (2001) gehen davon aus, dass gerade in Trockengebieten ein Ertragsvorteil der Weiten Reihe gegenüber einer Normalsaat durch Wasserersparnis zu erwarten ist. Die Reihenzwischenräume wurden dort gehackt, um den kapillaren Aufstieg von Bodenwasser zu unterbrechen. Untersaaten wurden von den Autoren nicht geprüft. Eigene Praxisbeobachtungen im Trockenjahr 2003 haben gezeigt, dass der im Frühjahr gesäte Klee während der Wachstumsphase des Weizens nur eine geringe Biomasse ausbilden konnte. Es war zu vermuten, dass dadurch die Wasserkonkurrenz durch die Untersaaten nur gering war (vgl. Kap. 4.3.1).

Auf dem Standort Wetterau wurden bei Messungen im September nach der Ernte Hinweise auf eine stärkere Inanspruchnahme des Bodenwassergehaltes durch die aus den Untersaaten hervorgegangenen Zwischenfrüchte gefunden (Tab. 49). Ein erhöhter Wasserverbrauch kann sich negativ auf die Wasserversorgung auswirken, insbesondere der Feldaufgang von Winterraps kann dadurch gefährdet werden.

Bodenabtrag durch Wassererosion

Die auf dem Standort Wetterau Anfang Juni 2002 untersuchten Weizenanbausysteme zeigten unterschiedlich starke Erosionsdispositionen (Tab. 46). In der Summe aller simulierten Regenereignisse wurden bei Weite Reihe ohne Untersaat 26,0 t/ha abgetragen, bei Weite Reihe mit Untersaat im zeitigen Frühjahr 22,0 t/ha, bei Normalsaat mit 12,5 cm Reihentfernung 19,9 t/ha und bei Weite Reihe mit Herbstuntersaat lediglich 3,2 t/ha.

Um die Bedeutung dieser Ergebnisse für die Praxis bewerten zu können, erfolgt in Tabelle 50 ein Vergleich der gemessenen Werte mit Angaben zum relativen Bodenabtrag aus der Literatur. Die Autoren bewerten die Erosionsdisposition einer Schwarzbrache mit 100 %. Der potentielle Bodenabtrag verschiedener Kulturen wird dazu in Relation gesetzt. Für Winterweizen in Normalsaat gibt DIETZ (1990) ohne Berücksichtigung unterschiedlicher Bodenbedeckungsgrade in verschiedenen Entwicklungsstadien einen durchschnittlichen relativen Bodenabtrag gegenüber Schwarzbrache von 8-11 % an. Ein Weizenanbau mit einer Reihenweite von 50 cm ohne Untersaaten würde einen relativen Bodenabtrag von 10-14 % bedeuten. Nach SCHWERTMANN et al. (1987) liegt der Abtragswert bei 50-75 % Bodenbedeckung des Weizens (Probenahme bei BBCH 51, vgl. Kap. 2.6.2) bei 3 %. Bei einer Reihenweite von 50 cm ohne Untersaaten würde sich der Wert auf ca. 4 % erhöhen.

Der relative Bodenabtrag von Zuckerrüben und Silomais gegenüber Schwarzbrache wird von den beiden Autoren mit 29 % und 51 % bzw. 5 % und 12 % angegeben. Dagegen scheint der errechnete relative Bodenabtrag bei Weite Reihe ohne Untersaat gegenüber der Normalsaat weniger dramatisch, sollte aber dennoch nicht - insbesondere auf erosionsanfälligen Standorten - toleriert werden.

Tabelle 50: Gemessener Bodenabtrag bei Winterweizen im Vergleich mit Literaturangaben

Anbau von Winterweizen		Gemessener Bodenabtrag		Relativer Bodenabtrag im Vergleich zur Schwarzbrache (=100%)	
		lt. Tab. 46 (t/ha)	(%)	nach DIETZ (1990)	nach SCHWERTMANN et al. (1987) bei 50 – 75 % Bodenbedeckung
ohne Untersaat	12,5 cm RW ¹⁾	19,9	100	0,08 – 0,11	0,03
	50 cm RW	26,1	131	<i>0,10 – 0,14²⁾</i>	<i>0,039</i>
50 cm RW, mit Untersaat und Mulchen	Untersaat Herbst	3,2	16	<i>0,01 – 0,02</i>	<i>< 0,01</i>
	Untersaat Frühjahr	22,0	111	<i>0,09 – 0,12</i>	<i>0,033</i>
Rotklee				0,02	--
Zuckerrüben (konventionell)				0,29	0,05
Silomais (konventionell)				0,51	0,12

¹⁾ Reihenweite, ²⁾ kursiv gedruckte Zahlen aus den gemessenen Werten errechnet

Untersaaten können die Gefahr von Oberflächenverschlammung und -verdichtung, sowie der Bodenerosion deutlich vermindern (AUFHAMMER 1999, BUCHNER & KOELLER 1984). Dies zeigte sich auch an den durch die Regensimulation gefundenen Werte (Tab. 46). Wurde in die 50 cm Reihen eine Herbstuntersaat ausgebracht, reduzierte sich gegenüber der Normalsaat der Bodenabtrag auf 16 % gemessen (Tab. 50). Diese Erosionsdisposition entspräche dem relativen Abtragswert von Rotklee nach DIETZ (1990). Dies verdeutlicht den hohen Umweltwert dieser Variante.

Auch eine Etablierung der Untersaat im (möglichst) zeitigen Frühjahr verminderte die Nachteile des Weitreihenverfahrens hinsichtlich der Erosionsanfälligkeit gegenüber der Normalsaat. Auf den meisten Standorten dürfte diese Variante einen vertretbaren Kompromiss darstellen.

⇒ Durch das Anbauverfahren Weite Reihe konnte keine eindeutige Beeinflussung des Gehaltes an löslichem Bodenstickstoff und nur eine Geringe Beeinflussung des Bodenwassergehaltes nachgewiesen werden. Aus Sicht des Erosionsschutzes sollte auf Untersaaten nicht verzichtet werden.

4.10 Bestandespflege mit Reihenmulcher

Die bisher verfügbaren Geräte zur mechanischen Unkrautregulierung wie z. B. die Hackmaschine oder der Hackstriegel arbeiten mit ihren Werkzeugen in der Erde und lösen somit Unkraut aus dem Oberboden. Sie reißen entweder die Unkrautpflanze mitsamt ihrem Wurzelwerk heraus und legen Sie an der Bodenoberfläche zum Abtrocknen ab oder Sie verschütten diese mit lockerem Bodenmaterial (KOCH & RADEMACHER 1965, ESTLER 1988, LOHUIS 1990)

Der Erfolg dieser mechanischen Unkrautbekämpfungsmaßnahmen ist sehr stark von den Unkrautarten und deren Entwicklungsstadium sowie von der Witterung abhängig (BERGER 1992). In der Literatur werden Wirkungsgrade von 40-80% angegeben, die je nach Maschinenart und Einsatzbedingungen erreicht werden können (KOCH 1965, BRÄUTIGAM 1990, BECKER 1993).

Neben dem teilweise niedrigen Wirkungsgrad werden als weitere Nachteile der herkömmlichen mechanischen Geräte die Schaffung eines neuen Keimbettes für die Unkräuter (LOHUIS 1990) sowie eine erhöhte Erosionsdisposition der bearbeiteten Flächen angeführt (ESTLER 1990, ESTLER und KEES 1992).

ESTLER (2001) sieht in der Technik des Reihenmulchens die Möglichkeit, die Schwächen und Nachteile der bisher angewandten mechanisch-physikalischen Verfahren zu vermeiden und die aktuellen Forderungen hinsichtlich Regulierungswirkung, Bodenschutz und Erosionsminderung zu erfüllen.

Im Zusammenhang mit den bei dem Anbauverfahren Weite Reihe verfolgten Zielen (vgl. Kap. 1) erscheint der Einsatz des Reihenmulchers für das Gesamtkonzept des Systems als unverzichtbar. Die Strategie des Reihenmulchens erlaubt es, mit hoher Wirksamkeit gegen eine Verunkrautung zwischen den Reihen vorzugehen, welche im Vergleich zu Normalsaatbeständen aufgrund der durch die veränderte Standraumverteilung geringeren Konkurrenzfähigkeit des Weizens verstärkt auftreten kann.

Die Arbeitsweise und der damit einhergehende Regulierungserfolg gegenüber verschiedenen Unkräutern eines mit horizontal rotierenden Messern ausgestatteten Reihenmulchgerätes wurde von NAWROTH (2002) eingehend beschrieben. Er stellte fest, dass durch Abschlegeln oder Abschneiden sowohl von dikotylen als auch monokotylen Pflanzen bei einer Schnitthöhe von 20 mm ein nachhaltiger Regulierungserfolg garantiert werden kann.

Die eigenen Untersuchungen hatten keine exakten Messungen zum Unkrautregulierungserfolg zum Inhalt. Der Reihenmulcher wurde auch nicht ausschließlich zur Unkrautbekämpfung eingesetzt. Vielmehr zielte der Einsatz des Reihenmulchers darauf ab, die legumen Beisaaten während der Vegetation regulieren zu können sowie eine generative Vermehrung der Unkräuter und Ungräser zu unterbinden. Die Beobachtungen zeigten, dass unter allen untersuchten Bedingungen unabhängig von Wuchsdichte und Wuchshöhe sowie dem

physiologischem Alter des Aufwuchses, auch bei faserigen oder hartstängeligen Pflanzen, im Wirkungsbereich der Mulchwerkzeuge (70 % der Gesamtfläche) ein hundertprozentiger Mulcherfolg erreicht wurde. Ferner wurde beobachtet, dass sich die Untersaaten, sofern sie gut etabliert waren, nach einer Mulchmaßnahme im Vergleich zu den Unkräutern besser regenerierten und im weiteren Vegetationsverlauf diese intensiv unterdrückten. Eine solche positive Beziehung zwischen Nutzungsfrequenz und Wachstumsrate bei Perserklee wird ausführlich von STOCKDALE (1992) beschrieben.

Eine signifikante Verbesserung durch den Einsatz des Reihenmulchers gegenüber einem Nicht-Mulchen konnte an keinem der untersuchten Parameter festgestellt werden. Dennoch war eine stabilisierende Wirkung auf wichtige Zielgrößen festzustellen. Durch das Mulchen der Frühjahrsuntersaaten konnten die realisierten Backqualitäten gegenüber der Normalsaat am deutlichsten verbessert werden (Tab. 22, vgl. auch 4.3.3). Weiterhin zeigten auf dem Standort Wetterau die aus den Untersaaten hervorgegangenen Zwischenfrüchte höhere Biomasseaufwüchse in den Varianten mit Einsatz des Reihenmulchers im Vergleich zu den nicht gemulchten Varianten (Tab. 30), was darauf hindeutet, dass die Untersaaten dadurch besser etabliert werden konnten. Der höchste Vorfruchtwert wurde bei Herbstuntersaat erreicht. Das Reihenmulchen verbesserte diese Wirkung weiter (Tab. 44). Es ist zu vermuten, dass dieses Ergebnis mit der erfolgten Unkrautreduktion in Zusammenhang stand.

⇒ Dem Reihenmulchverfahren kann in Zusammenhang mit den untersuchten Untersaaten eine hohe Unkrautregulierungswirkung und ein wirksamer Bodenschutz zugesprochen werden. Auf das System Weite Reihe wirkt sich der Einsatz des Reihenmulchgerätes stabilisierend aus.

4.11 Wirtschaftlichkeit

Die durch das Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL) durchgeführten Modellrechnungen zeigten, dass die Anwendung des Anbauverfahrens Weite Reihe deutlich zur Verbesserung der ökonomischen Situation ökologisch bewirtschafteter Betriebe beitragen kann. Die Ergebnisse werden unter dem Vorbehalt interpretiert, dass die Daten auf Basis von nur zwei Anbaujahren generiert wurden und somit nur ein Trend abgebildet werden kann (STROHM-LÖMPCKE et al. 2002):

Die Anwendung des Anbauverfahrens Weite Reihe bei Winterweizen in den vier untersuchten Praxisbetrieben war größtenteils mit einem leichten Anstieg der Arbeitserledigungskosten und einem geringfügigen Absinken des Ertragsniveaus verbunden. Dies führte dann zu einer negativen Gewinndifferenz gegenüber dem Normalsaatverfahren (Abb. 8, Szenario A1). Lediglich auf dem Versuchsbetrieb Oberer Neckar mit der Variante „Weite Reihe, mit Untersaat, ohne Mulchen“ und in der Uckermark mit der Variante „Weite Reihe, gehackt, ohne Untersaat“ wurde eine positive Gewinnentwicklung erreicht. Damit wird deutlich, dass positive Ergebnisse in diesem Szenario ohne Berücksichtigung einer Qualitätsvergütung nur

erreicht werden können, wenn nicht die hohen Investitionskosten für den Reihenmulcher getätigt werden oder sogar die Kosten für die Untersaat eingespart werden (Standort Uckermark).

Gegenüber dem herkömmlichen Verfahren wurde in der Regel eine Verbesserung der Backqualität erreicht (Tab. 22-26). Wurde diese durch Preisaufläge in entsprechender Höhe entlohnt (Szenario A2), stieg die Rentabilität der Weitreihenvarianten dementsprechend an, so dass auch unter den Bedingungen des Standortes Wetterau die Weite Reihe ohne Untersaaten dem Normalsaatverfahren überlegen war (Abb. 9). Für Betriebe, in denen die Einführung der Weiten Reihe im Weizenanbau ausschließlich der Realisierung von Qualitätszielen dient, sind daher die Entwicklungen auf dem Markt für ökologisch erzeugtes Qualitätsgetreide von hoher Bedeutung.

Der durch das Mulchen der Reihenzwischenräume (Untersaaten und Verunkrautung) verursachte Aufwand spielte auf der Kostenseite eine wichtige Rolle. Die hohen Maschinenkosten der auf den Versuchsbetrieben mit geringer Flächenausstattung eingesetzten Geräte belasteten die Rentabilität des Verfahrens. Dennoch erscheint der Einsatz des Reihenmulchers für das Gesamtkonzept des Systems als unverzichtbar. Die Strategie des Reihenmulchens erlaubt es, mit hoher Wirksamkeit gegen eine Verunkrautung zwischen den Reihen vorzugehen (vgl. Kap. 4.1.1), ohne bereits etablierte Untersaaten zu schädigen (vgl. Kap. 4.10). Ernteschwernisse durch zu stark entwickelte Untersaaten wären überdies zu vermeiden. Bei einer hohen Auslastung des Gerätes, wie auf dem Betrieb Uckermark oder z. B. durch eine überbetriebliche Nutzung, ergäbe sich weiterer Spielraum für eine Erhöhung der Rentabilität des Verfahrens (Szenario A3, Abb. 10). Dadurch kann das Anbauverfahren auch mit Einsatz von Untersaaten und Mulchtechnik bei entsprechender Qualitätsvergütung gegenüber der Normalsaat wirtschaftlich rentabel werden.

Die Modellrechnungen mit dem Szenario B zeigten deutlich, dass sich das Anbauverfahren Weite Reihe besonders dann lohnt, wenn daraus positive Effekte auch für andere Produktionsverfahren resultieren und/oder die Umsetzung gesamtbetrieblicher Anpassungen möglich wird (Abb. 11). Diese Modellierungen basierten auf tatsächlich beobachteten oder von den Betriebsleitern als sinnvoll angesehenen Veränderungen. So könnten z. B. die aus der erfolgreichen Etablierung einer Untersaat resultierenden guten Vorfruchtwirkungen der Weite-Reihe-Kultur zu Ertragssteigerungen in der Folgefrucht führen (vgl. Kap. 3.8) und darüber hinaus eine ökonomisch interessante Umstellung der Fruchtfolge insgesamt ermöglichen. Durch eine Reduzierung des Grünbracheanteils oder die Ausdehnung von Kulturen mit hoher Rentabilität wie z. B. der Hackfrüchte ließe sich zum einen der Gesamtfruchtfolgeertrag erhöhen, zum anderen tragen diese Maßnahmen gesamtbetrieblich durch die bessere Auslastung vorhandener Maschinen- oder auch der Arbeitskapazitäten zu Effizienzsteigerungen bei.

An dieser Stelle wird die herausragende Bedeutung des Anbauverfahrens Weite Reihe für den Ökologischen Landbau besonders deutlich. Wenn es gelingt, neben einem Weizenertrag zusätzlich einen hohen Vorfruchtwert zu erzeugen, können dadurch die Produktionsbedingungen auf gesamtbetrieblicher Ebene wesentlich verbessert werden. Die Bedeutung des Weizens als Marktfrucht und auch die Realisierung höherer Backqualitäten treten bei dieser Betrachtung sogar in den Hintergrund. Dem Gelingen der Untersaaten kommt dabei eine zentrale Bedeutung zu. Es zeigt sich, dass neben der Umweltrelevanz (vgl. Kap. 4.9) ein Anbau in Weite Reihe immer mit einer legumen Beisat ausstattet sein sollte, um das volle Potential dieses Systems ausschöpfen zu können. Die Möglichkeit, diese Vorteile des Anbauverfahrens auch auf andere Kulturen zu übertragen, wird anhand laufender Forschung untersucht (BECKER 2005).

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit wurden jeweils Daten aus den beiden Anbaujahren 1999/2000 und 2000/2001 von der Aussaat im Herbst bis zur Ernte im nächsten Jahr herangezogen. Bei einem zusätzlichen Einbeziehen der Zeitspanne nach der Ernte bis zur Aussaat der Folgekultur zeichnet sich ein erhebliches Potential der Weiten Reihe zur weiteren Kostenreduzierung ab. Unter der Voraussetzung, dass eine Untersaat nachhaltig etabliert wurde, wird sinnvollerweise eine nach der Ernte übliche Stoppelbearbeitung durch den Einsatz eines Flächenmulchers zur Pflege der aus den Untersaaten hervorgegangenen Zwischenfrüchte ersetzt. Diese veränderten Produktionsbedingungen sollten in Zukunft in Modellierungen integriert werden. Darüber hinaus bestehen noch nicht berücksichtigte Möglichkeiten der Kosteneinsparung durch eine Saatgutreduzierung (Kap. 4.7).

⇒ Die anhand der Versuchsergebnisse durchgeführten Modellrechnungen zeigten, dass die Anwendung des Anbauverfahrens Weite Reihe deutlich zur Verbesserung der ökonomischen Situation ökologisch bewirtschafteter Betriebe beitragen kann. Insbesondere durch die Möglichkeit, rentabilitätssteigernde, gesamtbetriebliche Anpassungen vornehmen zu können, erweist sich das Anbausystem Weite Reihe als eine wirtschaftlich interessante Alternative zu den herkömmlichen Anbauverfahren in Normalsaat.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Erzeugung von Backweizen mit den geforderten hohen Qualitätsausprägungen ist unter den Produktionsbedingungen des ökologischen Landbaus, insbesondere bei viehloser Wirtschaftsweise, oft mit Schwierigkeiten verbunden.

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit über das Anbauverfahren Weite Reihe zur Erzeugung von Backweizen lassen sich für die Produktionstechnik im Ökologischen Landbau folgende Schlussfolgerungen ziehen:

Mit der Erhöhung der Reihenweite auf 50 cm verbessern sich grundsätzlich die Voraussetzungen für eine Ausbildung hoher Backqualitäten bei Winterweizen. Damit erhöht sich die Sicherheit, geforderte Qualitätskriterien zu erreichen. Die Fruchtfolgegestaltung, Sortenwahl und die Saatstärke stellen in diesem Zusammenhang wichtige Regelgrößen dar. Günstige Bedingungen lassen den Qualitätseffekt deutlich hervortreten, unter ungünstigen Bedingungen sind nur geringe Effekte zu erwarten. Spezielle Standortbedingungen und vor allem klimatisch beeinflusste Wachstumsfaktoren können Qualitätseffekte überlagern.

Eine Erhöhung der Reihenweite auf 50 cm hat nur geringe Auswirkungen auf den Kornertrag. Es bietet sich daher grundsätzlich ein Potential an, die freien Reihenzwischenräume zur Verbesserung von Produktionsabläufen zu nutzen. Eine Nutzung kann in unterschiedlicher Form erfolgen:

- Verbesserte Unkrautbekämpfung durch effektiveres Hacken oder Einsatz von neuartiger Reihenmulchtechnik,
- Regulierung des Bodenwasserhaushaltes und Anregung der Stickstoffmineralisation durch Hackmaßnahmen,
- Einbringen und Einarbeiten organischer Wirtschaftsdünger, insbesondere in flüssiger Form, auch in späteren Wachstumsstadien, oder
- Nutzung der Reihenzwischenräume für einen Anbau anderer Pflanzen (Mischkultur).

In der vorliegenden Arbeit wurden die Reihenzwischenräume für einen Anbau mit Futterleguminosen genutzt. Diese wurden mit einem Reihenmulcher gepflegt, um einerseits die Beisaaten in Ihrer Biomassebildung zu regulieren und um eine evtl. vorhandene Verunkrautung zuverlässig zurückzudrängen. Sowohl die zusätzliche Nutzung der Fläche als auch die in Reihenkulturen neuartige Unkrautbekämpfungsmethode bewirkten keinen Ertrags- oder Qualitätsnachteil bei Winterweizen.

Durch die Nutzung der Reihenzwischenräume mit legumen Beisaaten und einer effektiven Pflege der Bestände mit einem Reihenmulcher ergibt sich die Möglichkeit, eine Marktfrucht mit einem hohen Vorfruchtwert zu erzeugen. Dies wirkt sich positiv auf die Stickstoffbilanz

aus und bewirkt eine Erhöhung des Ertrages der Gesamternte. Der Einsatz von Beisaaten wirkt sich zudem positiv auf Umweltparameter aus.

Die im Vorfeld und während der Untersuchung erfolgte Entwicklung des Reihenmulchers für den Praxiseinsatz ermöglicht eine problemlose und effektive Regulierung auch einer erhöhten Verunkrautung zwischen den Reihen. Dies könnte für die Entwicklung pflugloser Bodenbearbeitungskonzepte im Ökologischen Landbau in Hinsicht auf einen damit einhergehenden erhöhten Unkrautdruck von Bedeutung sein.

Eine Reduzierung der Saatstärken auf 50 % gegenüber Normalsaat zeigte sich als nicht ertragswirksam. Dies bedeutet ein erhebliches Einsparungspotential an Saatgut. Ein geringer Unkrautdruck ist in diesem Zusammenhang von Bedeutung. Mit Verringerung der Saatstärken stiegen die erzielten Backqualitäten tendenziell an.

Insbesondere die Möglichkeit einer Realisierung rentabilitätssteigernder gesamtbetrieblicher Anpassungen bedeutet eine wirtschaftlich interessante Alternative zu den herkömmlichen Anbauverfahren in Normalsaat. Gesamtbetriebliche Anpassungen können in einer Reduzierung des Grünbracheanteils oder in einer Ausdehnung von Kulturen mit hoher Rentabilität getätigt werden. Grundsätze der Fruchtfolgegestaltung dürfen dabei nicht vernachlässigt werden (SCHMIDT 2006). Vor allem für den viehlos ökologisch wirtschaftenden Marktfruchtbetrieb bietet das Verfahren eine Vielzahl von Ansatzpunkten für eine Systemverbesserung, da mehrjähriger Futterbau durch Grünbrache ersetzt wird und keine organischen Wirtschaftsdünger für eine gezielte Qualitätsdüngung zur Verfügung stehen.

Auch für den viehhaltenden Betrieb entstehen Vorteile durch das Verfahren. Beispielsweise kann eine sichere Etablierung von Futterbeständen durch Untersaaten eine Blanksaat ersetzen oder das Futterangebot in Form von Zwischenfrüchten erhöhen, so dass auch hier innerbetriebliche Anpassungen möglich scheinen.

Durch eine Verwertung der zusätzlich aufgewachsenen Biomasse in einer Biogasanlage eröffnen sich Perspektiven für die Erschließung zusätzlicher Einkommensquellen (MÖLLER 2004, STINNER 2005).

Vorteile, die beim Anbauverfahren Weite Reihe zur Produktion von Weizen gegenüber dem herkömmlichen Verfahren in Normalsaat entstehen, könnten grundsätzlich auch für andere Kulturen erschlossen werden. An dieser Thematik wird aktuell geforscht (BECKER 2005).

6 Zusammenfassung

Die Frage des Reihenabstandes im Getreidebau wurde bisher hauptsächlich im Hinblick auf eine möglichst gleichmäßige Standraumverteilung der Einzelpflanzen diskutiert. Üblicherweise wird entsprechend bestehender Erfahrungen und Empfehlungen auch in der Praxis des ökologischen Landbaus Getreide mit engem Reihenabstand angebaut. Angestrebt wurde und wird eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Pflanzen auf der Fläche, um eine optimale Nährstoffausnutzung zu erreichen.

In Folge der Veränderung des Verbraucherverhaltens ist die Nachfrage nach qualitativ hochwertigem Backweizen aus ökologischem Anbau gestiegen. Die oben genannten herkömmlichen Anbausysteme erlauben im ökologischen Landbau aufgrund des Verzichtes auf eine mineralische Stickstoffdüngung allerdings oft nur unzureichende Qualitäten. Diese Situation trifft insbesondere auf viehlos wirtschaftende Marktfruchtbetriebe zu, da mehrjähriger Futterbau durch Grünbrache ersetzt wird und keine organischen Wirtschaftsdünger aus der Tierhaltung zur Verfügung stehen.

Etwa seit 1995 wird in der Praxis des ökologischen Landbaus von einzelnen Landwirten versucht, mit einer Vergrößerung der Reihenweite die Backqualität von Winterweizen positiv zu beeinflussen.

Vor diesem Hintergrund wurden zwischen 1999 und 2002 auf vier unterschiedlichen Praxisstandorten in Deutschland Exaktfeldversuche durchgeführt. Mit Blick auf die vorgesehene wissenschaftliche Analyse des Produktionsverfahrens Weite Reihe sowie mit Blick auf die anschließende Praxiseinführung des Verfahrens wurde gemeinsam mit einem Landtechnikunternehmen ein spezielles Reihenmulchgerät entwickelt. Das Gerät sollte in der Lage sein, den Aufwuchs von Untersaaten sowie von Unkräutern zwischen den weitgestellten Getreidereihen abzumähen. Technische Vorgaben machten Reihenzwischenräume von 50 cm notwendig. Die Ziele der vorliegenden Untersuchung lagen darin, Vorteile und Durchführbarkeit dieses Anbausystems im Vergleich zum Normalanbau bezüglich Wirtschaftlichkeit und Umweltnutzen zu analysieren sowie Aussagen zur Optimierung des Verfahrens Weite Reihe abzuleiten.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Kornerträge von Winterweizen wurden durch die geprüften Varianten des Anbausystems Weite Reihe gegenüber dem Normalanbau nicht oder nur unwesentlich verändert. Die alleinige Ausdehnung der Reihenweite von 12,5 cm auf 50 cm bewirkte im Mittel über die Standorte keine signifikanten Ertragseffekte. Mindererträge bis zu ca. 10 % gegenüber dem Normalanbau traten dann auf, wenn eine hohe Standortgunst sowie vorteilhafte Witterungsbedingungen für die Ertragsbildung von Winterweizen zusammentrafen. Die Begrünung der Reihenzwischenräume mit legumenen Untersaaten im Frühjahr rief ebenfalls

keine signifikanten Veränderungen des Kornertrags hervor. Im ertragreichen Jahr 2001 reagierten die Varianten, in denen die Untersaaten bereits im Herbst ausgebracht wurden, gegenüber dem Normalanbau mit Mindererträgen. Verglichen mit den nicht gemulchten Varianten bewirkte der Einsatz der Mulchmaschine in keinem Jahr und auf keinem Standort einen signifikanten Ertragseffekt.

Die analysierten Ertragsparameter für den Kornertrag spiegelten das hohe Kompensationsvermögen des Winterweizens wider. Die geprüften Anbausysteme Weite Reihe verursachten gegenüber dem üblichen Anbau eine Reduktion der Anzahl ährentragender Halme je Flächeneinheit zugunsten einer höheren Kornzahl je Ähre. Die Tausendkornmasse blieb im Wesentlichen unverändert.

Erwartungsgemäß bildeten die im Herbst gesäten Untersaaten signifikant mehr erntbare Biomasse aus als die im zeitigen bzw. im späten Frühjahr gesäten Untersaaten. Durch das Mulchen der Biomasseaufwüchse im Frühjahr wurde die Entwicklung der Untersaaten deutlich gebremst.

Im Mittel über die Standorte und Jahre waren verlässliche Aussagen zur Beeinflussbarkeit der Backqualität der Winterweizensorte Bussard von den Faktoren Reihenabstand, Untersaat und Mulchtechnik möglich. Bereits die Erweiterung des Reihenabstandes von 12,5 cm auf 50 cm bewirkte im Durchschnitt der Versuchsjahre 1999/2000 sowie 2000/2001 und der vier Standorte eine signifikante Steigerung des Sedimentationswertes sowie einen tendenziell deutlichen Anstieg der Rohprotein- und Feuchtklebergehalte. Die Ausbringung von Untersaaten in die 50 cm breiten Reihenzwischenräume wirkte sich gegenüber den Kontrollen mit 12,5 cm und 50 cm Reihenabstand nicht signifikant qualitätssteigernd bzw. qualitätsmindernd aus. Ebenso hatte das Mulchen gegenüber den ungemulchten Varianten keine qualitätsverbessernde Wirkung. Von Bedeutung sind die signifikanten qualitätssteigernden Effekte der Variantenkombination „Weite Reihe + Frühjahrsuntersaat + Mulchen der Untersaat“ gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand.

Aussagekräftige Ergebnisse zu Umwelteffekten des Anbausystems Weite Reihe beschränken sich auf Erkenntnisse zur Erosionsdisposition gegenüber Wasser. Bei dem Weitreichensystem ohne zusätzliche Untersaat wurde durch simulierte Schwach- und Starkregenereignisse gegenüber dem engen Reihenabstand (12,5 cm) ein erhöhter Bodenabtrag ausgelöst. Durch eine im Frühjahr eingesäte Untersaat konnte der Bodenabtrag reduziert werden, so dass die Erosionsdisposition dieses Systems nur noch geringfügig über dem potentiellen Bodenabtrag von Weizen mit engem Reihenabstand lag. Von allen geprüften Systemen besaß die Variante „Weite Reihe mit Herbstuntersaat“ den mit Abstand größten Widerstand gegen Wassererosion. Aus Gründen des Erosionsschutzes sollte also beim Weitreichenanbau von Winterweizen nicht auf die Einbringung von Untersaaten verzichtet werden.

Einjährige, ergänzende Sortenvergleiche (Bussard, Batis) auf zwei Standorten zeigten keine maßgeblichen sortentypischen Effekte hinsichtlich Ertrag, Qualität und Bestandesentwicklung

in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Zeitpunkt der Etablierung der Untersaaten. Die ergänzenden Untersuchungen erlauben eine erste Schlussfolgerung dazu, dass bei Anbau des Winterweizens mit 50 cm Reihenabstand gegenüber dem Normalanbau eine deutliche Reduktion der Aussaatstärke möglich ist. Eine Minderung der Saatmenge bis zu 50 % gegenüber der Kontrolle bewirkte keine Ertrags- und Qualitätsnachteile.

Aussagen zur Vorfruchtwirkung der geprüften Systeme beschränken sich auf Versuchsergebnisse des Standortes Wetterau in 2002. Die Vorfruchtwirkung ist offensichtlich wesentlich abhängig vom Zeitpunkt der Ausbringung der Untersaat und dem Gelingen dieser Maßnahme. Mit Zunahme der Untersaatenintensität (Untersaat spätes Frühjahr → Untersaat zeitiges Frühjahr → Untersaat Herbst) stieg der Biomasseertrag der Untersaaten sowie der Ertrag der Nachfrucht Winterroggen. In der Tendenz sank in der gleichen Reihenfolge der Kornertrag der Deckfrucht Winterweizen.

Die Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit, die in Forschungskooperation mit dem Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL) durchgeführt wurden, zeigten, dass die Anwendung des Anbauverfahrens Weite Reihe in Verbindung mit Untersaaten deutlich zur Verbesserung der ökonomischen Situation ökologisch wirtschaftender Betriebe beitragen kann. Insbesondere die beschriebenen Möglichkeiten zur Realisierung rentabilitätssteigernder gesamtbetrieblicher Anpassungen (z. B. Senkung des Grünbracheanteils, Erhöhung des Marktfruchtanteils) lassen das Anbauverfahren Weite Reihe zu einer interessanten wirtschaftlichen Alternative gegenüber dem herkömmlichen Anbauverfahren von Winterweizen werden.

Die Untersuchungen in ihrer Gesamtheit führten zu dem Schluss, dass bei Winterweizen durch die Erweiterung des Reihenabstands auf 50 cm mit größerer Sicherheit ein Qualitätsniveau erzielt werden kann, das den Anforderungen an eine hohe Backqualität gerecht wird. Voraussetzung bleibt weiterhin der Einsatz geeigneter Weizensorten und eine gute Stickstoffversorgung durch die Vorfrucht. Eine zusätzliche Nutzung der Reihenzwischenräume mit einer legumen Untersaat kann ohne negative Auswirkungen auf den Weizen erfolgen. Eine auftretende Konkurrenz bei einer hohen Biomasseentwicklung zwischen den Reihen lässt sich durch ein Mulchen der Reihenzwischenräume im Frühjahr ganz oder teilweise kompensieren. Aus Gründen einer erhöhten Erosionsdisposition wird eine Begrünung der Reihenzwischenräume für notwendig gehalten. Die pflanzenbaulich interessantesten und wirtschaftlich größten Veränderungen durch das Anbauverfahren Weite Reihe gegenüber der Normalsaat entstehen dann, wenn es gelingt, neben einem guten Weizenertrag durch eine legume Untersaat zusätzlich einen erhöhten Vorfruchtwert zu erzielen.

7 Summary

The question of distance between rows in cereal cultivation has so far mainly been discussed with regard to regular distancing of the single plants. Usually appropriate, existing experience recommends a narrow distance between rows in organic-crop farming. A regular distribution of the plants over the surface is preferred in order to achieve optimal usage of plant nutrition.

Following a change in consumer trend the requirement for higher quality ecological-baking wheat has risen. The planting system referred to above in organic-farming often only allows for an unsatisfactory quality due to nitrogen non-fertilization. This situation especially effects stockless farming, here the planting of feed-legumes over more than one year is replaced by green-fallow land and no animal organic fertilizer is permitted.

Since about 1995 individual organic farms have tried to positively influence the baking quality of wheat using an enlarged distance between the rows of plants.

Against this background exact field tests were carried out at four different locations in Germany between 1999 und 2002. With a look at previously seen scientific analysis of the wide-row production method and also the introduction method a special row mulching machine was developed. The machine had to be able to remove the weeds and underseeds growing between the wide spaced crop rows. Technical conditions made a distance of 50cm between rows necessary. The goal of this research is to analyse the feasibility and advantages of this production method in comparison to normal narrow row farming with regard to scientific and environmental usage and to deduce methods for improving the system.

The results can be summarised as follows:

The grain harvests of winter wheat are either unchanged or changed to a very limited degree due to the tested variations of the wide row planting system compared to normal narrow row planting. In general the increase of the distance between rows from 12.5 cm to 50 cm had no significant effect at the different locations. Lower yields of up to 10% compared to normal row farming appeared if the location had particularly favourable conditions regarding winter wheat. The planting of legumes between the rows of crops in spring brought likewise no significant change to the yield. In the high-output year 2001 the variations which had the weeds and underseeds already removed in autumn also didn't show a lower yield compared to normal row farming. Compared to the non-mulched variations the use of the mulch machine didn't effect the production significantly in any year or at any location.

The analysed formation of yield parameter for the grain harvest indicated the high compensating ability of the winter wheat. The tested wide row planting system gave rise to a reduction in the number of heads per unit area in favour of a larger number of seeds per head compared to narrow row farming. The weight per thousand seeds remained essentially unchanged.

As expected, significantly more harvestable biomass was produced from the underseeds sown in autumn than those sown in spring. Because of the spring mulching the development of the underseeds was clearly reduced.

Averaged over locations and years, conclusions about the influence of the factors row spacing, underseeds and mulching technique on the baking quality of the Bussard winter wheat type were possible. Only the enlargement of the row spacing from 12.5 cm to 50cm resulted, on average from the test years 1999/2000 and 2000/2001 and at the four locations, in a significant increase of sedimentation value, as well as a tendency towards a distinct increase in gluten and crude protein content. There was no significant effect on the baking quality from the underseeds in the 50 cm wide rows compared to narrow row or wide row without underseeds. Likewise, mulching compared to non-mulching has no effect. However, there were significant effects with wide row and underseeds in spring and using the mulching machine compared to the normal narrow row system.

Strong results about environmental effects of the wide row system were only found with water erosion. In the wide row system, without underseeds, light rainfall and heavy rainfall was simulated, denudation significantly increased compared to narrow row system. By sowing underseeds in early spring this negative effect was, for the most part, able to be compensated for. The negative erosion effects of the wide row system could be partly compensated for by planting underseed crops in the spring. Autumn underseeding resulted in the strongest erosion-minimising effect from all tested systems. The conclusion drawn from this is that underseeds should always be sown in the wide row system.

A one year follow-up test on two varieties of wheat, at two different locations showed no real effect on yield quality or quantity with a view to the different growing distances, seeding rates and underseed sowing time. It was found that the seeding rate could be reduced to 50 % without effecting yield or baking quality.

The results regarding preceding crop value are limited to only one location, Wetterau, in 2002. The preceding crop value depends on the seeding time and success of the underseeding. The highest biomass is achieved when the underseed is sown in autumn. The later the underseed seeding time (early/late spring), the less the biomass quantity will be. It was shown that the yield of the winter rye, which was sown after the wheat, depends on the biomass quantity of the underseed. The higher biomass of the underseeds slightly effected the tendency for a lower yield of winter wheat.

The microeconomic analyses in co-operation with the Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL) showed that if a wide row system is used together with underseeding the economic situation of the ecological farms could be improved.

Especially the described adapting possibilities to realise the increase in profitability of the total farm area (e.g. reducing the green fallow areas, increasing the area under crops.) let the wide spacing cultivation procedure of winter wheat become an interesting alternative.

The complete investigations led to the conclusion that, as far as winter wheat is concerned, increasing the distance between rows to 50 cm, a higher level of quality can definitely be achieved and that the required higher baking quality could be met. The pre-conditions of the use of suitable varieties of wheat and a good nitrogen supply from the preceding crop remain. The extra use of the space between rows with the planting of legume under crop can succeed without negative effects on the wheat. The arising of competition with a high development of biomass between the rows is either partly or completely compensated for by mulching. Because of the higher risk of erosion it is deemed necessary to plant between the rows.

Implementation of the cultivation procedure is particularly advantageous when it results in positive effects for other production methods and adaptation is possible for the farm as a whole.

8 Literatur

- ABERHAM, R. 1999: Klassifizierung von Messdaten für Weizenmehle der Type 550. Mühlenkurzpostverlag, Großaitingen
- ANDERL, A., A. MANGSTL und L. REINER (1981): Die Ertragsstruktur bei Winterweizen, dargestellt an der Datenbasis ISPFLANZ. Bayerisches landwirtschaftliches Jahrbuch 58, 455-468
- ANDREWS, D.J., A.H. KASSAM (1976): The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. In: STELLY, M (ed.): Multiple cropping, ASA Special Publication Number 27, 1-10
- ASMUS, F. und V. HERRMANN (1977): Reproduktion der organischen Substanz des Bodens, Fortschrittsbericht, Berlin 15, 11
- AUFHAMMER, W. (1999): Misanbau von Getreide und anderen Körnerfruchtarten. Ulmer, Stuttgart
- AUFHAMMER, G und G. FISCHBECK (1973): Getreide - Produktionstechnik und Verwertung. DLG – Verlag, Frankfurt/Main, S. 46-52
- BAECKSTRÖM, G., U. HANELL und G. SVENSSON (2004): Baking Quality of Winter Wheat Grown in Different Cultivating Systems, 1992-2001: A Holistic Approach. Journal of Sustainable Agriculture 24 (1), 53-79.
- BAEUMER, K. (1992): Allgemeiner Pflanzenbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- BECKER, K. (1993): Mechanische Unkrautbekämpfung bei Direktsaat in Winterweizen und mögliche Auswirkungen auf die Stickstoffdynamik. Diplomarbeit Inst. für Landtechnik, Justus-Liebig-Universität Giessen
- BECKER, K. (2005): Ausweitung des Anbaukonzeptes Weite Reihe bei Winterweizen auf Roggen, Hafer, Raps und Körnerleguminosen. Eine pflanzenbauliche und betriebswirtschaftliche Untersuchung unter Berücksichtigung von Vorfruchtwirkungen. In J. Heß und G. Rahmann (Hrsg.): Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, kassel university press GmbH, Kassel
- BELITZ, H.-D. und W. GROSCH (1992): Lehrbuch der Lebensmittelchemie, Springer Verlag
- BELL, C.J. und L. D. INCOLL (1982): Translocation from the flag leaf of winter wheat in the field. Journal of Experimental Botany, Volume 33, 896-909
- BERGER, J. (1992): Unkraut mechanisch regulieren. DLZ 3/92
- BEUERLEIN, J (2001): Effect of Row Spacing on Wheat Yield. Extension FactSheet, Ohio State University, Horticulture and Crop Science, 2001 Fyffe Court, Columbus, OH 43210
- BÄRIGAM, V. (1990): Mechanische Beikrautregulierung im Getreide mit Striegel und Netzege nach verschiedener Bodenbearbeitung. Bundesanstalt für Agrarbiologie Linz/Donau
- BRUNNER, B. (2001): Qualitätsbewusster Anbau. bioland 3, 26-27.
- BUCHNER, W. und K. KOELLER (1984): Bodenerosion auch im Rheinland. Pflanzenbauliche und technische Maßnahmen schaffen Abhilfe. Mais 2, S. 36-38
- BUNDESSORTENAMT 2003: Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte 2003. Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH

- BURITY, H.A., M.A. FARIS, M.C. TA AND B. COULMAN(1989): Fixation and transfer of nitrogen from legumes to grasses under mixed culture conditions. *Plant and Soil* 114, S. 249-255
- DEBRUCK, J. (2003): Der viehlose Ökobetrieb – Die Problematik um Fruchtfolge und N-Kreislauf, *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 15, 63-66
- DEBRUCK, J. (2004): Mit Abstand beste Qualität. Das Phänomen der weiten Reihe: Winterweizen im Ökoanbau. *Neue Landwirtschaft* 1 2004, 48-49
- DIERAUER, H.U. (1990): Versuchsmäßiger Geräteinsatz und unterschiedliche Saaddistanz zur Verbesserung des Wirkungsgrades der mechanischen Unkrautregulierung im Getreide. *Veröffentlichung der Bundesanstalt für Agrarbiologie Linz/Donau* 20, 79-90
- DIETZ, T., (1990): Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 1108/1990.
- DÖRFFLING, K. (1977): Speicherungsprozesse-die Rolle der Phytohormone. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 140, 3-14
- DREYMANN, S., R. LOGES, F. TAUBE 2003: Einfluss der Klee grasnutzung auf die N-Versorgung und Ertragsleistung marktfähiger Folgefrüchte unter Berücksichtigung einer variierten organischen Düngung, In FREYER, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien.
- DREWS, S., P. JUROSZEK. D. NEUHOFF, U. KÖPKE (2003): Konkurrenzkraft verschiedener Weizensorten unter dem Einfluss von Reihenabstand und Drillrichtung, In FREYER, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien.
- ELLEN, J., J. H. J. SPIERTZ (1980): Effects of rate and timing of nitrogen dressings on grain yield formation of winter wheat (*T. aestivum* L.). *Fertilizer Research* 1, 177-190
- ESTLER, M. (1988): Möglichkeiten und Grenzen der mechanischen Unkrautbekämpfung. *Z. Pfl.krankh. Pfl.schutz, Sonderheft XI*, 33-34
- ESTLER, M. (1990): Landtechnische Maßnahmen zur Verminderung der Bodenerosion beim Anbau von Reihenfrüchten in Hanglagen. Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, „Gelbes Heft“ Nr. 31
- ESTLER, M. und H. KEES (1992): Mechanische Verfahren mit und ohne Bandspritzung. –In: *Agrar-Übersicht* 43, Nr 4, 142-143
- ESTLER, M. (2001): Vorwort in NAWROTH, P. (2002): Mechanische Unkrautregulierung in landwirtschaftlichen Reihenkulturen ohne Eingriff in das Bodengefüge. *Forschungsbericht Agrartechnik (VDI-MEG) Nr. 382 / Dissertation* „Mechanische Unkrautregulierung in landwirtschaftlichen Reihenkulturen ohne Eingriff in das Bodengefüge
- EISELE, J. (1992): Sortenwahl bei Winterweizen im Organischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung der morphologisch bedingten Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern. *Diss. agr.*, Universität Bonn
- FEIL B. (1998): Physiologische und pflanzenbauliche Aspekte der inversen Beziehung zwischen Ertrag und Proteinkonzentration bei Getreidearten: Eine Übersicht. *Pflanzenbauwissenschaften* 2, 37-46
- GÄTH, S. A. (2002): Mündliche Mitteilung, Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement, Universität Giessen

- GEISLER, G. (1988): Pflanzenbau. Verlag Paul Parey
- GERMEIER, C. U. (1997): Erste Erfahrungen mit Weitreihenverfahren für Winterweizen mit Leguminosen- und Kräuterbeisaaten. In KÖPKE U., J.A. EISELE (Hrsg.): Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn. Schriftenr. Inst. f. Organischen Landbau.
- GERMEIER, C. U. (2000): Wide Row Spacing and Living Mulch: New Strategies for Producing High Protein Grains in Organic Cereal Production. *Biological Agriculture an Horticulture*, 2000, Vol. 18 pp. 127-139
- GERMEIER, C. U. (2006): Competitive and Soil Fertility Effects of Forbs and Legumes as Companion Plants or Living Mulch in Wide Spaced Organically Grown Cereals. *Biological Agriculture an Horticulture*, 2006, Vol. 23 pp. 325-350
- GERSTENKORN, P. und H. ZWINGELBERG (1996): Die Qualität der deutschen Weizenernte 1996. *Die Mühle & Mischfuttertechnik* 133: 696-696
- GRAYBOSCH, R. A., C. J. PERTERSON, D. R. SHELTON und Y. W. SEO (1994): Environmental modification of gluten protein composition in north american hard red winter wheats. In: *Gluten Proteins 1993*. Association of Cereal Research, Detmold, Germany, 280-291
- HAAS, G. (2001): Organischer Landbau in Grundwasserschutzgebieten: Leistungsfähigkeit und Optimierung des pflanzenbaulichen Stickstoffmanagements. *Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau*, Verlag Dr. Köster, Berlin
- HAKANSSON, S. (1984): Row spacing, seed distribution in the row, amount of weeds – Influence on production in stands of cereals; Weeds and weed control, 25th weed conference, Uppsala, 17-34
- HANUS, H. und R. MÜLLER (1984): Einfluss verschiedener N-Düngungssysteme auf den endogenen Gehalt an Cytokininen und Gibberellinen und die Ertragsbildung von Weizen. *Berichte der Deuteschen Botanischen Gesellschaft*, Band 97, 241-256
- HAUGGARD-NIELSEN, H. und M. K. ANDERSEN (2000): Intercropping grain legumes and cereals in organic cropping systems. *Grain legumes* Nr. 30, *Spezial Report Organic Farming*, 18-19
- HENNING, K. (1983): Sortenpass- Winterweizen, LWK Schleswig-Holstein. In: LÜTKE ENTRUP, N., J. OEHMICHEN 2000: *Lehrbuch des Pflanzenbaus*. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen, Bd. 1, 342
- HERRMANN, G. und G. PLAKOLM (1993): *Ökologischer Landbau; Grundwissen für die Praxis*, Verlagsunion Agrar, Österreichischer Agrarverlag, Wien
- HEYLAND, K.-U. und H. MERKELBACH (1991): Die Möglichkeit des Einsatzes von Untersaaten zur Unkrautunterdrückung sowie von Unkraut und Untersaat auf die Ertragsbildung des Winterweizens. *Inst. f. Pfl.bau, Uni Bonn*
- HOCHMANN, J., 1998: Winterweizen-Reihenabstandsversuch, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein. *Versuchsbericht Ökologischer Landbau 1997*.
- HOCHMANN, J., 2001: Winterweizen-Reihenabstandsversuch, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein. *Versuchsbericht Ökologischer Landbau 2001*
- HOCHMANN (2005): Öko-Sortenversuche zu Winterweizen und Reihenabstandsversuch (System Stute)- (vorläufige Ergebnisse 2005) http://www.lwk-sh.de/fachinfo/ackerbau/oeko_landbau/oeko-weizen2005.pdf, 25.01.2006

- HOF, C. UND R. RAUBER (2003): Anbau von Gemengen im ökologischen Landbau, Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (Hrsg.)
- HOF, C., K. SCHMIDTKE, R. RAUBER (2005): Wirkung des Gemengeanbaus mit Körnerleguminosen sowie der Standraumzuteilung und der Saatstärke auf Kornertrag und Kornproteingehalt von Winterweizen. In J. Heß und G. Rahmann (Hrsg.): Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, kassel university press GmbH, Kassel
- HUEBNER F.R. und J. A. BIETZ (1988): Quantitative variation among gliadins of wheats grown in different environments. *Cereal Chemistry* 65, 123-128
- ISERMAYER, F., T. HEMME UND C. DEBLISCH (1998): Einzelbetriebliche Simulation von typischen Betrieben. Jahresbericht der FAL 1997, Selbstverlag der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig Völkenrode (FAL), 117-118
- JENSEN, E. S. (1986): Intercropping field bean with spring wheat. Vorträge für Pflanzenzüchtung 11, Gesellschaft für Pflanzenzüchtung Bonn, Saatgut-Treuhandverwaltungs-GmbH
- JENNER, C.F., T.D. UGALDE und D. ASPINALL (1991): The physiologie of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Australian Journal of Plant Physiologie* 18, 211-226
- JOST, B. (2003): Untersuchungen und Kalkulationstabellen zur Schätzung der N₂-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von *Lupinus albus* und *Lupinus luteus* in Reinsaat und von *Vicia faba* und *Pisum sativum* in Reinsaat und im Gemenge mit *Avena sativa* <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2003/jost/index.html>
- KENDE, H. 1964: Preservation of chlorophyll in leaf sections by substances obtained from root exudates. *Science, New York* 145, 1066-1067
- KILLERMANN, B. (2003): Untersuchungen zur Nutzung von Kleberproteinmarken in der Selektion auf Backqualität bei Saatweizen. Berichte aus der Agrarwissenschaft, Shaker Verlag Aachen
- KOCH, W. UND B. RADEMACHER (1965): Unkrautbekämpfung durch Eggen, Hacken und Meißeln im Getreide. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 122
- KOCHS, H.J. (1989): Was die Saattechnik noch leisten könnte. *DLG-Mitteilungen* 104, 838-839
- KOLSTER, P., K. F. KRECHTING UND W. M. J. VAN WELDER 1991: Quantitative variation of total and individual high molecular weight glutenin subunits of wheat in relation to variation in environmental conditions. *Journal of Science Food and Agriculture* 57, 405-415
- KÖNNECKE, G. 1967: Fruchtfolgen. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin
- KRATZSCH, G. (1972): Einfluss der Reihenweite auf Standfestigkeit, Ertrag und Ertragsstruktur. Tagungsbericht der Akademie der Landwirtschaftlichen Wissenschaften 119, 295-301
- KÜHBAUCH, W., R HUPPERTZ und A. L. WEBER (1990): Einfluss der Reihenweiten, Standraumverteilung und mechanische Unkrautkontrolle auf Wachstum und Entwicklung von Winterweizen. Landwirtschaftskammer Rheinland, FE-Vorhaben Alternativer Landbau: Boscheide Hof, Bericht des Versuchsjahres 1989

- KUNELIUS, H.T., JOHNSTON, H.W. AND J.A. MAC LEOD(1992): Effect of under sowing barley with Italian ryegrass or red clover on yield, crop composition and root biomass. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 38, S. 127-137
- LAFOND, G.P. (1994): Effects of row spacing, seeding rate and nitrogen on yield of barley and wheat under zero-till management. *Can. J. Plant Sci.* 74, 703-711
- LANDWIRTSCHAFTLICHE BERUFGENOSSENSCHAFT (1981): Gesamtausgabe der Unfallverhütungsvorschriften (UVVen), Hannover
- LELLEY, T. und S. GRÖGER (1993): Einfluss der HMW- und LMW-Glutenine, der Gliadine und der 1BL/1RS-Translokation auf die Backqualität des Weizens. Bericht über die 44. Arbeitstagung 1993 der Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter im Rahmen der Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter, BAL Gumpenstein
- LINNEMANN, L. (2001): Kleberprotein-Zusammensetzung und Umwelteinfluss als Bedingung der Weizenqualität. Dissertation Universität Giessen, Verlag Dr. Köster, Berlin
- LINNEMANN, L. (2005): Vorhersage der Backeignung bei Weizen (*Triticum aestivum* L.) basierend auf strukturellen Unterschieden in der Glutenin-Komposition. In J. Heß und G. Rahmann (Hrsg.): Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, kassel university press GmbH, Kassel
- LOGES, R., A. KASKE und F. TAUBE (1999): Dinitrogen fixation und residue nitrogen of different managed legumes and nitrogen uptake of subsequent winter wheat. In Olesen, J. E. et al (Eds.): Designing and testing crop rotation for organic farming. Danish Research Centre for Organic Farming. DARCOF Report 1/1999
- LOGES, R. und H. HEUWINKEL (2004): Mulchen oder Schnittnutzung von Klee-gras-Auswirkung der Bewirtschaftung von Klee-grasbeständen auf den N-Haushalt von Fruchtfolgen. In: H. Schmidt (Hrsg.): Viehloser Öko-Ackerbau, Offset-Druckerei Weinert, Berlin, 21-25
- LOHUIS, H. (1990): Mechanische Unkrautbekämpfung kommt wieder. In: Pflanzenschutz-Praxis, Heft 2, 14-16
- LÜTKE ENTRUP, N., J. OEHMICHEN 2000: Lehrbuch des Pflanzenbaus. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen
- MICHAEL, G und H. BERINGER 1980: The roles of hormone in yield formation. *Physiological aspects of crop productivity* 85-116. International Potash Institute, Bern
- MÖLLER, K. (2004): Neue Möglichkeiten der Nutzung von Klee-grasaufwüchsen und Koppelprodukten in viehlosen Betrieben. In: H. Schmidt (Hrsg.): Viehloser Öko-Ackerbau, Offset-Druckerei Weinert, Berlin, 32-33
- MORITZ, H. (2002): Mit dem Reihenmulcher das Unkraut wegputzen. *Top-agrar* 7/2002, 64-66
- MÜLLE, G. und H. J. HEEGE (1981): Kornverteilung über die Fläche und Ertrag bei Getreide. *Zeitschr. Acker- und Pflanzenbau* 150, 97-112
- NAWROTH, P. (2002): Mechanische Unkrautregulierung in landwirtschaftlichen Reihenkulturen ohne Eingriff in das Bodengefüge. Forschungsbericht Agrartechnik (VDI-MEG) Nr. 382 / Dissertation „Mechanische Unkrautregulierung in landwirtschaftlichen Reihenkulturen ohne Eingriff in das Bodengefüge“
- NEUMANN, H. R. LOGES, F. TAUBE (2003): Optimierungsstrategien des „Weite Reihe“-Verfahrens im ökologischen Winterweizenanbau: Variation von Reihenweite, Weizensorte, Aussaatstärke und Untersaat. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 15, 52-55

- NEUMANN, H., R. LOGES, F. TAUBE (2005): Entwicklung eines pfluglosen Getreideanbausystems für den ökologischen Landbau: „Bicropping“ von Winterweizen und Weißklee. In J. Heß und G. Rahmann (Hrsg.): Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, kassel university press GmbH, Kassel
- NIEBERG, H., R. STROHM-LÖMPCKE, J. RIEDEL, 2003: Wirtschaftlichkeit des Anbausystems „Weite Reihe“ im Getreideanbau. In FREYER, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; Verlag Universität für Bodenkultur, Institut für ökologischen Landbau, Wien.
- PALFI, G. (1962): Die Diffundierung des von Leguminosen fixierten Stickstoffs in Getreide im Falle von Mischsaaten. *Acta Biologica Szegediensis* 8, 85-91
- PECHANEK, U., A. KARGER, S. GRÖGER, B. CHARVAT, G. SCHÖGGL und T. LELLEY (1997): Effect of nitrogen fertilization on quantity of flour protein components, dough properties and breadmaking quality of wheat. *Cereal Chemistry* 74, 800-805
- PEKRUN, C. UND W. CLAUPEIN (2001): Einfluß der Stoppelbearbeitung auf Ertragsbildung und Unkrautauflkommen unter den Produktionsbedingungen des Ökologischen Landbaus unter besonderer Berücksichtigung der Wirkung des Stoppelhobels. In REENTS, H.J. (Hrsg): Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, 203
- POMMER, G., (2003): Auswirkungen von Saatstärke, weiter Reihe und Sortenwahl auf Ertrag und Backqualität von Winterweizen. In FREYER, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; Verlag Universität für Bodenkultur, Institut für ökologischen Landbau, Wien.
- ROTH, C. H., K. HELMING, T. EGGERT, H. BOHL und M. RENGER et al. (1990): Dynamik von Oberflächenverschlammung auf Löß-Böden. DFG Abschlußbericht, Berlin, 35 p.
- RUHE, I., R. LOGES, F. TAUBE (2003): Stickstoffflüsse in verschiedenen Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus-Ergebnisse aus dem CONBALE-Projekt Lindhof. In FREYER, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; Verlag Universität für Bodenkultur, Institut für ökologischen Landbau, Wien.
- REINER, L., et al., 1992: Weizen aktuell. DLG Verlag Frankfurt
- RICHTER, S. 1999: Reihenweiten bei Winterweizen auf Ertrag und Qualität, Jahresbericht Landesversuchsanstalt Bernburg
- RICHTER, S. und J. DEBRUCK (2001): Einfluss der Reihenweite auf Ertrag und Qualität von Winterweizen. In REENTS, H. J. (Hrsg.): Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster
- ROTH, C.H., K. HELMING, T. EGGERT, H. BOHL UND M. RENGER (1990): Dynamik von Oberflächenverschlammung auf Löß-Böden. DFG-Abschlußbericht, Berlin
- RUSSELL, C. A. und I. R. P. FILLERY (1996): Estimates of lupin below-ground biomass nitrogen, dry matter and nitrogen turnover to wheat. *Australian Journal of agriculture research* 47, 1047-1059
- SATTLER, F. und E. v. WISTINGHAUSEN (1985): Der landwirtschaftliche Betrieb – Biologisch-Dynamisch. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- SCHÄFER, W., M. PIHALA, T. LÖTJÖNEN, H. MIKKOLA, A. GRANSTEDT, T. LILJA (2000): Organic nitrogen fertilisation of spring cereals. Proceedings 13. IFOAM scientific Conference, 77

- SCHELLER, E. (1998): Stickstoff noch besser nutzen; Landwirtschaft ohne Pflug, 1/98, Berlin, 5-9
- SCHENKE, H., (1993): Anbautechnik von Winterweizen im Organischen Landbau: Unkrautauflkommen und Ertragsbildung in Abhängigkeit von mechanischer Unkrautregulierung, Saatgutqualität, Standraumzumessung und organischer Düngung. Diss. agr., Universität Bonn
- SCHENKE, H. und U. KÖPKE (1991): Unkrautkontrolle bei Winterweizen im Organischen Landbau: Nutzung von Konkurrenzeffekten und direkten Maßnahmen. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 4, 59-62
- SCHIMMEL, A. (2003): Auswirkungen unterschiedlicher Sorten und Saatstärken auf Ertrag und Rohproteingehalt von Winterweizen bei weitem Reihenabstand. Diplomarbeit an der Justus-Liebig-Universität Giessen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Professur für Organischen Landbau
- SCHIPPER, A. und W. JAHN-DEESBACH (1981): Zusammensetzung der Getreideproteine in Abhängigkeit von genetischen, ökologischen und physiologischen Faktoren. Getreide Mehl & Brot 35, 314-320
- SCHMIDT, H. (2006): Vortrag anlässlich der Naturland Fachtagung Ökologischer Ackerbau – Produktivität des Ackers steigern. 11. und 12. Januar 2006 in Erdweg bei München
- SCHMIDTKE, K. (1997): Stickstoff-Fixierleistung und N-Flächenbilanz beim Anbau von Erbsen (*Pisum sativum* L.) unterschiedlichen Wuchstyps in Reinsaat und Gemengesaat mit Hafer (*Avena sativa* L.). Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 10, 63-64
- SCHMIDTKE, K. (2004): Stickstoffwirkungen von Körnerleguminosen als Druschfrucht und von Zwischenfrucht-Leguminosen. In SCHMIDT, H., (Hrsg.): Viehloser Öko-Ackerbau; Bundesprogramm Ökologischer Landbau
- SCHMITT, L. K. TRINKS, U. OVERMEYER und T. DEWES (1995): Einfluß Von Leguminosen-Untersaaten auf die Leistung von Winterweizenbeständen des Ökologischen Landbaus. In: T. DEWES und L. SCHMITT (Hrsg.): Beiträge zur 3. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau vom 21. bis 23. Februar 1995 an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Wissenschaftlicher Fachverlag Giessen, 105-108
- SCHÖNBERGER, H.: (1996): Ertragsbildung und Bestandesführung von Winterweizen. Getreide Magazin 4, 4-8
- SCHOOP, P. (1986): Ausbildung der Einzelkornmasse und resultierende durchschnittliche Einzelkornmasse je Ähre bei Winterweizen. Diss. agr., Universität Bonn.
- SCHULZ, F. und G. LEITHOLD (2004): Effekte unterschiedlicher Reihenweiten und Aussaatstärken auf den Kornertrag und Rohproteingehalt von Winterweizen im ökologischen Landbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 16, 27-28
- SCHULZ-MARQUARDT, J., M. WEBER und U. KÖPKE (1995): Streifenanbau von Sommerweizen im Wechsel mit Futterleguminosen zur Erzeugung von qualitäts-Backweizen im Organischen Landbau. In: T. DEWES und L. SCHMITT (Hrsg.): Beiträge zur 3. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau vom 21. bis 23. Februar 1995 an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Wissenschaftlicher Fachverlag Giessen, 109-112
- SCHWERDTLE, F. (1971): Untersuchungen zur Direktsaat unter besonderer Berücksichtigung der Unkrautflora. KTBL-Schrift 149, Frankfurt

- SCHWERTMANN, U., W. VOGL und M. KAINZ (1987): Bodenerosion durch Wasser. Verlag Eugen Ulmer.
- SÖLLINGER, J. (2003): Ergebnisse zum System Weite Reihe bei Winterweizen in Oberösterreich. In FREYER, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; Verlag Universität für Bodenkultur, Institut für ökologischen Landbau, Wien.
- SPATZ, G. (2006): Mulchen – Patent- oder Notlösung zur Pflege von Grünland? In: LASER, H. (Hrsg.): Multifunktionale Landnutzung und Perspektiven für extensive Weidesysteme. Offset-Köhler KG, Gießen, 73-79
- SPIERTZ, J.H.J. (1977): The influence of temperature and light intensity on grain growth in relation to the carbohydrate and nitrogen economy of the wheat plant. *Netherlands Journal of agriculture science* 25, 182-197
- STAMP, P. H. und G. GEISLER (1976): Der Verlauf des Kornwachstums in Abhängigkeit von der Kornposition bei zwei Sommerweizensorten. *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau*, 142, 264-274
- STINNER, W., K. MÖLLER und G. LEITHOLD (2004): Biogaserzeugung im viehlosen Betrieb: Effekte auf Stickstoffmanagement, Erträge und Qualität. In J. Heß und G. Rahmann (Hrsg.): Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, Kassel university press GmbH, Kassel, 185-188
- STOCKDALE, C. R. (1992): Effects of frequency and height of defoliation on the production of a persian clover-anual ryegrass sward. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 32, 339-344
- STOEPLER, H., (1989): Weizen im ökologischen Landbau, KTBL-Arbeitspapier 138.
- STOEPLER, H., E. Kölsch, J. Steinberger und H. Vogtmann, 1989: Moderne Winterweizensorten in einem System mit geringer Betriebsmittelzufuhr von außen in der Bundesrepublik Deutschland. Ertragsniveau und agronomische Merkmale der Sorten. *Getreide, Mehl und Brot* 43, 233-239.
- STROHM-LÖMPKE, R., J. RIEDEL, H. NIEBERG, 2002: Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe für eine umweltgerechte Getreideproduktion unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen –Betriebswirtschaftliche Analyse-; FE-Bericht FAL Braunschweig, Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume.
- TRIEBEL, U. (1982): Zur Frage der Quantifizierung des Einflusses verschiedener anbautechnischer Maßnahmen auf die Ertragsstrukturkomponenten von Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoffdüngung. Diss. Inst. F. Pfl.bau, Bonn
- WAGNER, F. und G. PREDIGER (1994): Der Feldversuch – Durchführung und Technik – Selbstverlag Fritz Wagner, Banater Str. 5, 36251 Bad Hersfeld
- WALTER, H. (1975): Wie kann man den Klimatypus anschaulich darstellen? *Umschau* 1975, Heft 24, 751-752
- WIESER, H., W. SEILMEIER UND H.-D. BELITZ, (1991): Klassifizierung der Proteinkomponenten des Weizenklebers. *Getreide, Mehl und Brot* 2, 35-38
- WIRRISS, F. M. (1998): Die Bedeutung verschiedener Weizenkleberfraktionen für die Backqualität, Untersuchungen an Weizen aus Organischem Landbau, Dissertation, Universität Bonn

- WITZENBERGER, A. T. VAN DEN BOOM und H. HACK (1989): Erläuterungen zum BBCH-Dezimal-Code für die Entwicklungsstadien des Getreides - mit Abbildungen. *Gesunde Pflanzen* 41 (11), 384-388
- WUNDERLICH, B., K. SCHMIDTKE und R. RAUBER (1992): Differenzierte Klee grasuntersaaten in Winterroggen – Wirkungen auf Ackerbegleitflora und Stickstoffhaushalt. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 5, 51-54

9 Anhang

Tabelle 51: Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD), die für die Witterungsaufzeichnungen im Untersuchungszeitraum 1999 bis 2002 genutzt wurden

Standort	Wetterstation
Oberer Neckar	Rottweil
Wetterau	Frankfurt/Flughafen
Vogelsberg	Alsfeld
Uckermark	Angermünde

Tabelle 52: Schlagbezeichnung der Versuchsflächen

Laufende Nummer	Schlagbezeichnung
I	Scheunenfeld
II	Hofacker
III	Am Gutmannsbrunn
IV	Im Rodheimer Grund
V	Seelänge
VI	Pfingstweide
VII	Kohlgarten
VIII	Biesenbrower Weg
IX	Im Rodheimer Grund
X	Am See

Tabelle 53: Einkaufspreise Öko-Reform e.V.

Qualitätsgruppen	% FK ⁽¹⁾	% RP ⁽²⁾	1999 €/dt	2000 €/dt	2001 €/dt	\bar{x}
Keksweizen Futterweizen Backweizen	16	8,9	21,6	22,1	21,0	21,5
	17	9,1	21,6	22,1	21,5	21,7
	18	9,4	21,6	22,1	22,0	21,9
	19	9,7	21,6	22,1	22,5	22,1
	20	9,9	21,6	23,1	23,0	22,6
	21	10,2	22,3	23,9	23,5	23,2
	22	10,5	22,9	24,6	24,3	23,9
	23	10,7	23,4	25,2	24,8	24,4
Qualitätsweizen (E-Sorten)	24	11,0	24,1	25,2	25,3	24,7
	25	11,3	24,6	25,7	25,8	25,4
	26	11,5	25,2	26,2	26,3	25,9
	27	11,8	25,7	26,7	26,8	26,4
	28	12,1	26,2	27,2	27,4	26,9
	29	12,4	26,7	27,7	27,9	27,4
	30	12,6	27,2	28,2	28,4	27,9
	31	12,9	27,7	28,7	28,9	28,4
	32	13,2	28,2	29,2	29,4	29,0
	33	13,4	28,5	29,8	29,9	29,4
	34	13,7	28,7	30,0	30,4	29,7
	35	14,0		30,0	30,7	
	36	14,2		30,0		

(1) FK = Feuchtkleber

(2) Rp = Rohprotein

Quelle: STROHM LEMKE et al. 2002

Tabelle 54: Einkaufspreise⁽¹⁾ der Organisch biologischen Erzeugergemeinschaft Hohenlohe GmbH & Co. Kg (OBEG)

Qualitätsgruppen	% FK ⁽²⁾	% RP ⁽³⁾	1999 €/dt	2000 €/dt	2001 €/dt
Keksweizen Futterweizen Backweizen	16	8,9	35,8	35,8	25,6
	17	9,1	35,8	35,8	25,6
	18	9,4	35,8	35,8	25,6
	19	9,7	35,8	35,8	25,6
	20	9,9	35,8	35,8	25,6
	21	10,2	35,8	35,8	26,6
	22	10,5	35,8	35,8	27,6
	23	10,7	35,8	35,8	28,629,7
Qualitätsweizen (E-Sorten)	24	11,0	35,8	35,8	30,7
	25	11,3	35,8	35,8	31,7
	26	11,5	35,8	35,8	32,7
	27	11,8	35,8	35,8	33,7
	28	12,1	35,8	35,8	34,8
	29	12,4	35,8	35,8	35,8
	30	12,6	35,8	35,8	36,8
	31	12,9	35,8	35,8	37,8
	32	13,2	35,8	35,8	38,9
	33	13,4	35,8	35,8	39,9
	34	13,7	35,8	35,8	40,9
	35	14,0	35,8	35,8	41,9
	36	14,2	35,8	35,8	

(1) Preise ab Hof ex Ernte ob feucht oder trocken

Quelle: STROHM LEMKE et al. 2002

(2) FK = Feuchtkleber

(3) Rp = Rohprotein

Tabelle 55: Varianztabelle Kornertrag Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	88,03	1,92	0,069
Standort	3	1524,77	33,22	0,000
Jahr	1	3393,76	73,94	0,000
Variante*Standort	21	52,58	1,15	0,305
Variante*Jahr	7	94,31	2,05	0,050
Standort*Jahr	3	1388,75	30,26	0,000
Variante*Standort*Jahr	21	55,87	1,22	0,240
Fehler	192	45,9		

Tabelle 56: Varianztabelle Ährentragende Halme Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	106523,27	28,59	0,000
Standort	3	307645,82	82,58	0,000
Jahr	1	65761,79	17,65	0,000
Variante*Standort	21	6845,32	1,84	0,017
Variante*Jahr	7	4710,00	1,26	0,270
Standort*Jahr	3	187476,85	50,32	0,000
Variante*Standort*Jahr	21	7988,95	2,15	0,004
Fehler	192	3725,26		

Tabelle 57: Varianztabelle Körner je Ähre Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	421,86	7,47	0,000
Standort	3	1448,83	25,65	0,000
Jahr	1	1769,36	31,32	0,000
Variante*Standort	21	115,60	2,05	0,006
Variante*Jahr	7	98,95	1,75	0,099
Standort*Jahr	3	2529,49	44,78	0,000
Variante*Standort*Jahr	21	74,17	1,31	0,171
Fehler	191	56,49		

Tabelle 58: Varianztabelle Tausendkornmasse Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	2,93	0,772	0,611
Standort	3	72,21	19,02	0,000
Jahr	1	114,99	30,29	0,000
Variante*Standort	21	3,24	0,85	0,650
Variante*Jahr	7	1,76	0,46	0,861
Standort*Jahr	3	394,95	104,02	0,000
Variante*Standort*Jahr	21	2,77	0,73	0,799
Fehler	191	3,80		

Tabelle 59: Varianztabelle Relativer Pflanzenbestand Winterweizen in Bezug zu ausgesäten Körnern in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	174,34	5,105	0,000
Standort	3	2795,32	81,85	0,000
Jahr	1	945,17	27,68	0,000
Variante*Standort	21	49,60	1,45	0,099
Variante*Jahr	7	260,95	7,64	0,000
Standort*Jahr	3	2410,20	70,58	0,000
Variante*Standort*Jahr	21	79,10	2,32	0,002
Fehler	192	34,15		

Tabelle 60: Varianztabelle Bestockungsindex Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	0,17	2,61	0,013
Standort	3	3,2	48,27	0,000
Jahr	1	0,51	7,76	0,006
Variante*Standort	21	5,628	0,86	0,64
Variante*Jahr	7	0,12	1,75	0,101
Standort*Jahr	3	1,04	15,94	0,000
Variante*Standort*Jahr	21	0,15	2,34	0,001
Fehler	192	6,53		

Tabelle 61: Varianztabelle Rohproteingehalt Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	1,90	2,39	0,023
Standort	3	120,43	152,01	0,000
Jahr	1	101,57	128,21	0,000
Variante*Standort	21	0,72	0,90	0,64
Variante*Jahr	7	0,28	0,358	0,926
Standort*Jahr	3	5,95	7,51	0,000
Variante*Standort*Jahr	21	0,48	0,608	0,910
Fehler	192	0,79		

Tabelle 62: Varianztabelle Feuchtklebergehalt Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	30,70	2,36	0,025
Standort	3	417,67	32,07	0,000
Jahr	1	130,66	10,04	0,002
Variante*Standort	21	8,21	0,63	0,893
Variante*Jahr	7	8,27	0,63	0,726
Standort*Jahr	3	609,59	46,81	0,000
Variante*Standort*Jahr	21	7,70	0,591	0,921
Fehler	192	13,02		

Tabelle 63: Varianztabelle Sedimentationswert Winterweizen in Abhängigkeit von Variante, Standort und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	144,72	2,46	0,019
Standort	3	6770,54	115,12	0,000
Jahr	1	17333,37	294,72	0,000
Variante*Standort	21	52,14	0,88	0,609
Variante*Jahr	7	27,36	0,46	0,859
Standort*Jahr	3	805,26	13,69	0,000
Variante*Standort*Jahr	21	17,54	0,298	0,999
Fehler	192	58,81		

Tabelle 64: Varianztabelle Kornertrag für den Faktor Variante, Einzelstandorte

Standort	Jahr	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Oberer Neckar	2000	7	27,62	0,85	0,56
	<i>(Fehler)</i>	21	32,51		
	2001	7	246,70	3,44	0,013
	<i>(Fehler)</i>	21	71,80		
Wetterau	2000	7	18,69	1,14	0,38
	<i>(Fehler)</i>	21	16,46		
	2001	7	28,58	1,32	0,29
	<i>(Fehler)</i>	21	21,63		
Vogelsberg	2000	7	20,67	1,98	0,106
	<i>(Fehler)</i>	21	10,42		
	2001	7	35,95	0,86	0,55
	<i>(Fehler)</i>	21	41,96		
Uckermark	2000	7	24,95	1,74	0,15
	<i>(Fehler)</i>	21	14,37		
	2001	7	104,56	2,27	0,069
	<i>(Fehler)</i>	21	46,03		

Tabelle 65: Varianztabelle Ährentragende Halme je m² Standort Wetterau in Abhängigkeit von Variante und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	43864,21	10,99	0,000
Jahr	1	214600,56	53,77	0,000
Variante*Jahr	7	5349,49	1,341	0,252
Fehler	48	3990,65		

Tabelle 66: Varianztabelle Ährentragende Halme je m² Standort Oberer Neckar in Abhängigkeit von Variante und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	7967,80	1,23	0,303
Jahr	1	281039,14	43,53	0,000
Variante*Jahr	7	3792,92	0,588	0,763
Fehler	48	6455,87		

Tabelle 67: Varianztabelle Ährentragende Halme je m² Standort Vogelsberg in Abhängigkeit von Variante und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	19397,78	9,72	0,000
Jahr	1	21830,06	10,94	0,002
Variante*Jahr	7	3173,37	1,59	0,130
Fehler	48	1995,83		

Tabelle 68: Varianztabelle Ährentragende Halme je m² Standort Uckermark in Abhängigkeit von Variante und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	55829,45	22,71	0,000
Jahr	1	110722,56	45,03	0,000
Variante*Jahr	7	4617,47	1,878	0,101
Fehler	48	2458,72		

Tabelle 69: Varianztabelle Körner je Ähre Standort Wetterau in Abhängigkeit von Variante und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	139,18	5,47	0,000
Jahr	1	116,86	4,58	0,037
Variante*Jahr	7	39,68	1,56	0,171
Fehler	48	25,46		

Tabelle 70: Varianztabelle Körner je Ähre Standort Oberer Neckar in Abhängigkeit von Variante und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	70,98	0,82	0,574
Jahr	1	7589,67	87,93	0,000
Variante*Jahr	7	35,288	0,41	0,892
Fehler	48	86,32		

Tabelle 71: Varianztabelle Körner je Ähre Standort Vogelsberg in Abhängigkeit von Variante und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	204,56	3,64	0,003
Jahr	1	428,28	7,61	0,008
Variante*Jahr	7	64,33	1,143	0,153
Fehler	48	56,27		

Tabelle 72: Varianztabelle Körner je Ähre Standort Uckermark in Abhängigkeit von Variante und Untersuchungsjahr (1999/2000, 2000/2001)

Faktor	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Variante	7	355,35	6,22	0,000
Jahr	1	1216,96	21,31	0,000
Variante*Jahr	7	91,023	1,594	0,160
Fehler	48	57,12		

Tabelle 73: Varianztabelle Gehalt an Rohprotein für den Faktor Variante, Einzelstandorte

Standort	Jahr	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Oberer Neckar	2000	7	0,54	3,32	0,016
	<i>(Fehler)</i>	21	0,16		
	2001	7	0,71	0,95	0,493
	<i>(Fehler)</i>	21	0,75		
Wetterau	2000	7	1,77	7,25	0,000
	<i>(Fehler)</i>	21	0,24		
	2001	7	1,37	0,25	0,269
	<i>(Fehler)</i>	21	0,183		
Vogelsberg	2000	7	0,24	1,93	0,115
	<i>(Fehler)</i>	21	126		
	2001	7	0,35	1,68	0,130
	<i>(Fehler)</i>	21	0,21		
Uckermark	2000	7	0,91	3,74	0,009
	<i>(Fehler)</i>	21	0,24		
	2001	7	1,01	3,510	0,013
	<i>(Fehler)</i>	21	0,28		

Tabelle 74: Varianztabelle Gehalt an Feuchtkleber für den Faktor Variante, Einzelstandorte

Standort	Jahr	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Oberer Neckar	2000	7	17,66	3,88	0,007
	<i>(Fehler)</i>	21	4,54		
	2001	7	11,14	1,76	0,148
	<i>(Fehler)</i>	21	6,32		
Wetterau	2000	7	16,22	0,893	0,041
	<i>(Fehler)</i>	21	2,41		
	2001	7	5,10	0,529	0,802
	<i>(Fehler)</i>	21	9,63		
Vogelsberg	2000	7	2,35	0,795	0,600
	<i>(Fehler)</i>	21	2,96		
	2001	7	12,33	0,786	0,607
	<i>(Fehler)</i>	21	15,69		
Uckermark	2000	7	11,56	3,12	0,018
	<i>(Fehler)</i>	21	3,71		
	2001	7	10,38	1,56	0,202
	<i>(Fehler)</i>	21	6,60		

Tabelle 75: Varianztabelle Sedimentationswert für den Faktor Variante, Einzelstandorte

Standort	Jahr	df	MQ-Wert	F-Wert	Sign.
Oberer Neckar	2000	7	32,91	0,80	0,593
	<i>(Fehler)</i>	21	40,94		
	2001	7	46,21	1,45	0,237
	<i>(Fehler)</i>	21	31,77		
Wetterau	2000	7	60,76	3,12	0,020
	<i>(Fehler)</i>	21	19,51		
	2001	7	6,04	0,883	0,537
	<i>(Fehler)</i>	21	6,84		
Vogelsberg	2000	7	3,30	1,15	0,370
	<i>(Fehler)</i>	21	2,86		
	2001	7	26,74	1,83	0,134
	<i>(Fehler)</i>	21	14,63		
Uckermark	2000	7	127,56	4,257	0,005
	<i>(Fehler)</i>	21	29,96		
	2001	7	77,62	3,05	0,022
	<i>(Fehler)</i>	21	25,48		

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde in den Jahren 1999-2006 an der Professur für Organischen Landbau der Justus-Liebig-Universität Giessen angefertigt und durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung finanziert, wofür ich mich hier bedanken möchte.

In dieser Zeit hatte ich viele Mitstreiter, Ihnen allen gilt mein Dank. Das gilt in besonderer Weise meinen vielen Hiwis, unter denen ich besonders Katja Maus, Alexander Schimmel und Sandra Schönjahn hervorheben möchte, die mir durch ihr eigenverantwortliches Engagement einen großen Teil der anfallenden Arbeiten abgenommen haben. Dasselbe gilt für Judith Haberlach, die ein Jahr lang als LTA in dem Forschungsprojekt mitgearbeitet hat.

Ein ganz besonderer Dank gilt Walter Kress, der am Beginn der Untersuchung gegenüber der BLE als Garant dafür einstand, dass die dafür erforderliche Technik termingerecht bereitgestellt wurde und damit das Projekt erst möglich machte.

Das Projekt hätte nicht stattgefunden, wenn nicht innovations- und investitionsfreudige Landwirte Mut zu neuen Schritten gezeigt hätten. Vielen Dank an Claus Lutz, Rottweil, Christoph Förster, Bad Homburg, Erich Müller, Otterbach und an die Gut Wilmersdorff GbR in Wilmersdorf.

Auch herzlich bedanken möchte ich mich bei Dr. Christoph Germeier, der für die Ausarbeitung der Antragsstellung unverzichtbar war und so manche Nachtschichten dafür eingelegt hat.

Meinem Doktorvater, Herrn Prof. Leithold gilt mein Dank für die Bereitstellung eines gut ausgestatteten Arbeitsplatzes, die stets offene Gesprächsbereitschaft und Unterstützung sowie für die Gewährung von großen Freiheiten.

Vor allem bedanken möchte ich mich auch bei Maria Nägele, Laborleitung und Esther Sumner, Sekretariatsleitung, die mich mit ihrer wohlwollenden und qualifizierten Art in der langen Zeit immer gut unterstützt haben.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinen Institutskollegen, mit denen eine sehr gute und fruchtbare Arbeitsatmosphäre geherrscht hat und ohne die das Gelingen der Arbeit sehr viel mühsamer und eintöniger gewesen wäre: Dr. Harald Schmidt, Dr. Kurt Möller, Walter Stinner, Arno Deuker, Dr. Ludger Linnemann, Franz Schulz, Christopher Brock und Dr. Ute Williges..

Nicht zuletzt gilt mein Dank auch allen meinen Freunden und Verwandten, die mich in vielfältiger Art und Weise in den letzten Jahren unterstützt haben.

Mein allergrößter Dank gilt meiner Frau Franziska Werthmann, die mir in der ganzen Zeit immer den Rücken freigehalten hat, was nicht immer einfach war. Ich hoffe, ich kann mich dafür noch revanchieren.



ISBN 978-3-8325-1540-9

Logos Verlag Berlin