

Zur Entwicklung der Landnutzung auf  
Grenzstandorten in Abhängigkeit agrar-  
marktpolitischer, agrarstrukturpolitischer  
und produktionstechnologischer Rahmen-  
bedingungen - eine Analyse mit dem  
Simulationsmodell ProLand

Jan Ole Schroers



Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft  
der Justus-Liebig-Universität Gießen  
Professur für landwirtschaftliche Betriebslehre  
Prof. Dr. Dr. h.c. Friedrich Kuhlmann

Zur Entwicklung der Landnutzung auf Grenzstandorten in  
Abhängigkeit agrarmarktpolitischer, agrarstrukturpolitischer und  
produktionstechnologischer Rahmenbedingungen – eine  
Analyse mit dem Simulationsmodell ProLand

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

vorgelegt von  
Dipl.-Ing. agr. Jan Ole Schroers  
geb. in Limburg/Lahn

Gießen 2006

“Land- und Ernährungswirtschaft haben eine zentrale Bedeutung ... für die Pflege und den Erhalt der Kulturlandschaft ... sowie zur Stabilisierung des ländlichen Wirtschaftsraums. Ihre Wettbewerbsfähigkeit ist eine wichtige Voraussetzung dafür, dass sie diesen Funktionen auch gerecht werden kann.“

„Der Schutz und die Erhaltung der Natur und Landschaft sind ein wesentliches Element einer nachhaltigen Entwicklung und besitzen als Dienstleistung wirtschaftliche Perspektiven.“

**Ernährungs- und agrarpolitischer Bericht 2006 der Bundesregierung  
vom  
Februar 2006**

---

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung	2
1.3	Vorgehensweise	4
2	Theorie und Wissensstand	4
2.1	Begriffsbestimmung: Bodenrente, Grenzstandort, Sozialbrache	5
2.1.1	Bodenrente	5
2.1.2	Grenzstandort	11
2.1.3	Sozialbrache	13
2.2	Natürliche und naturräumliche Standortbedingungen der flächengebundenen Nahrungsmittelproduktion	15
2.2.1	Boden und Klima	16
2.2.1.1	Leistungsfaktor Ertrag	17
2.2.1.2	Kostenfaktor Ertrag	18
2.2.1.3	Kostenfaktor Bodenart	25
2.2.2	Hangneigung	27
2.2.3	Landschafts- und Feldstücksstruktur	30
2.2.3.1	Kostenfaktor Hof-Feld-Entfernung	33
2.2.3.2	Kostenfaktor Feldstücksgröße	38
2.2.4	Räumlich explizite Verfahrenskosten der Außenwirtschaft: Die Datenbank REVA	41
2.2.5	Bewertung von landwirtschaftlichen Produktionsstandorten mit Isobodenrentenfunktionen	47
2.2.6	Landschaftsstruktur und flächengebundene Veredelungswirtschaft	50
2.3	Volkswirtschaftliche, produktionstechnische und agrarpolitische Rahmenbedingungen der flächengebundenen Nahrungsmittelproduktion	58
2.3.1	Volkswirtschaftliche Rahmenbedingungen	63
2.3.1.1	Erzeugerpreise für landwirtschaftliche Produkte	63
2.3.1.2	Preise für landwirtschaftliche Produktionsfaktoren	68
2.3.2	Produktionstechnische Rahmenbedingungen	73
2.3.2.1	Biologisch-technisches Leistungspotenzial	76

2.3.2.2	Mechanisch-technisches Leistungspotenzial	81
2.3.3	Agrarpolitische Rahmenbedingungen	88
2.3.3.1	Ge- und entkoppelte Prämien	89
2.3.3.2	Agrarumweltmaßnahmen	96
2.3.3.3	Förderung extensiver Produktionsverfahren	97
2.3.3.4	Vertragsnaturschutz	102
2.3.4	Förderung benachteiligter Gebiete	103
2.3.5	Auflagen, Gesetze und Bürokratie	104
3	Das Simulationsmodell ProLand als relationale Datenbank	105
3.1	Die Entität ‚Standort‘	106
3.1.1	Attribute der Entität ‚Standort‘	107
3.1.2	Beziehungen der Entität ‚Standort‘	112
3.2	Die Entität ‚Kulturpflanzen‘	113
3.2.1	Attribute der Entität ‚Kulturpflanzen‘	113
3.2.2	Beziehungen der Entität ‚Kulturpflanzen‘	114
3.3	Die Entität ‚Produktionsverfahren der Außenwirtschaft‘	116
3.3.1	Attribute der Entität ‚Verfahren der Außenwirtschaft‘	116
3.3.2	Beziehungen der Entität ‚Verfahren der Außenwirtschaft‘	117
3.4	Die Entität ‚Veredelungsverfahren‘	118
3.4.1	Attribute der Entität ‚Veredelungsverfahren‘	118
3.4.2	Beziehungen der Entität ‚Veredelungsverfahren‘	120
3.5	Die Entität ‚Flächenprämien‘	122
3.5.1	Attribute der Entität ‚Flächenprämien‘	123
3.5.2	Beziehungen der Entität ‚Flächenprämien‘	123
3.6	Die Entität ‚Produkte‘	124
3.7	Die Entität ‚Faktorpreise‘	125
3.8	Die Entität ‚Produktionsprogramm‘	125
3.8.1	Attribute der Entität ‚Produktionsprogramm‘	126
3.8.2	Beziehungen der Entität ‚Produktionsprogramm‘	126
3.9	Der Prozess der Bodenrentenberechnung	127
4	Modellanwendung: Szenarienbildung mit ProLand – Entwicklungsperspektiven der Kulturlandschaft im Lahn-Dill-Bergland	129
4.1	Die Untersuchungsregion ‚Lahn-Dill-Bergland‘	132
4.2	Szenarienbildung und Einordnung der Modellergebnisse	133

---

4.3	Erstellung des Basis-Szenarios	134
4.3.1	Produktionstechnik im Basis-Szenario	134
4.3.1.1	Produktionstechnik in der Außenwirtschaft	135
4.3.1.2	Produktionstechnik der Veredelungsverfahren	136
4.3.1.3	Landnutzungssysteme	138
4.3.2	Agrarpolitische Rahmenbedingungen	139
4.3.3	Einschränkungen des Produktionsmöglichkeitenfeldes	139
4.3.4	Produktpreise	140
4.3.5	Faktorpreise	140
4.3.6	Standort, Untersuchungsgebiet und Datengrundlage	141
4.4	Analyse des Basisszenarios	141
4.5	Szenario: ‚GAP-Reform 2013 - Entkopplung der Flächen- und Tierprämien‘	147
4.6	Szenario: ‚GAP-Reform 2013 und technischer Fortschritt in der Innenwirtschaft‘	152
4.7	Szenario: ‚GAP 2013 und technischer Fortschritt in der Außenwirtschaft‘	155
4.8	Szenario: ‚GAP 2013 und technischer Fortschritt in der Innen- und Außenwirtschaft‘	158
4.9	Szenario: ‚GAP-Reform 2013, technischer Fortschritt in der Innen- und Außenwirtschaft bei einer durchschnittlichen Hof-Feld-Entfernung von 3 Kilometern‘	160
4.10	Entwicklung der Landnutzung im Lahn-Dill-Bergland: Zusammenfassung der Modellergebnisse	162
4.11	Szenario: ‚Feldstückszusammenlegung in der Gemarkung Hohenahr-Erda‘	164
4.12	Entwicklung der Landnutzung in Hohenahr-Erda: Zusammenfassung der Modellergebnisse	177
5	Schlussfolgerungen und Ausblick	178
6	Zusammenfassung der Arbeit	180
7	Quellenverzeichnis	183

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Einteilung der landwirtschaftlich genutzten Böden nach der Bodenrentenhöhe	8
Abbildung 2 Kategorisierung der Einflussfaktoren auf die Bodenrente eines landwirtschaftlich genutzten Standortes	11
Abbildung 3 Anzahl der Transportfahrten je Hektar im Elementarprozess $N_e$ in Abhängigkeit der Feldstücksgrößen	21
Abbildung 4 Schema eines landwirtschaftlichen Produktionsverfahrens der Außenwirtschaft	31
Abbildung 5 Produktionsstückkosten der Grundfutterbereitstellung in den Verfahren Heubergung und Weidehaltung in Abhängigkeit der Feldstücksgröße	41
Abbildung 6 Datenstruktur in REVA	42
Abbildung 7 Isobodenrentenfunktion der Weizenproduktion	49
Abbildung 8 Einfluss der Hof-Feld-Entfernung auf die Lage der Isobodenrentenfunktion	50
Abbildung 9 Arbeitszeitbedarf je Kuh und Tag in Abhängigkeit der Bestandsgröße	52
Abbildung 10 Investitionssumme pro Tierplatz in einem Boxenlaufstall in Abhängigkeit der Bestandsgröße	53
Abbildung 11 Entwicklung der Produktionsstückkosten der Rauhfutterproduktion und des Veredelungswerts der Milchproduktion in Abhängigkeit der bewirtschafteten Fläche und der Feldstücksstruktur	57
Abbildung 12 Anteil des Acker- und Grünlands an der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Bundesrepublik Deutschland	59
Abbildung 13 Anteil der Kulturartengruppen an der gesamten ackerbaulich genutzten Fläche der Bundesrepublik Deutschland	60
Abbildung 14 Anteil von Wiesen und Weiden am gesamten Grünland	61
Abbildung 15 Prozentuale Preisentwicklung ausgewählter Agrarprodukte	64
Abbildung 16 Erzeugerpreis, Produktionsstückkosten und Bodenrente	66
Abbildung 17 Einfluss einer Preissenkung auf die Allokation des Produktionsverfahrens P in Landschaften mit unterschiedlicher Produktionsstückkostenstruktur	67
Abbildung 18 Isobodenrentenfunktion des Produktionsverfahrens Winterweizen in Abhängigkeit des Erzeugerpreises	68

---

Abbildung 19 Entwicklung der Lohnsätze für einen Facharbeiter im produzierenden Gewerbe und in der Landwirtschaft	69
Abbildung 20 Aufteilung der Investitionssumme für Ausstattung in der Landwirtschaft im Jahr 2004	71
Abbildung 21 Preisentwicklung wichtiger Produktionsfaktoren	72
Abbildung 22 Isobodenrentenfunktion [BR=0] des Produktionsverfahrens Winterweizen in Abhängigkeit des Dieselpreises	73
Abbildung 23 Netto-Nahrungsmittelproduktion in Mill. t Getreideeinheiten auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland, ab 1990 inklusive Ostdeutschland	75
Abbildung 24 Arbeitskräfte je 100 Hektar LF in der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1977 – 2003	76
Abbildung 25 Ertragsentwicklung ausgewählter Kulturpflanzen 1965 – 2004	77
Abbildung 26 Durchschnittliche Milchleistung je Kuh in der Bundesrepublik Deutschland	78
Abbildung 27 Milcherzeugung in Deutschland 1970 – 2004	79
Abbildung 28 Milchkuhbestand in Deutschland 1970 – 2004	80
Abbildung 29 Neupreis ausgewählter Maschinen unterschiedlichen Leistungspotenzials	82
Abbildung 30 Nutzungspotenzial ausgewählter Maschinen in Abhängigkeit der Arbeitsbreite	83
Abbildung 31 Bestandteile der Maschinenkosten ausgewählter Maschinen mit unterschiedlichem Leistungspotenzial	84
Abbildung 32 Verlauf der Isobodenrentenfunktion [BR=0] des Produktionsverfahrens Winterweizen in Abhängigkeit der Mechanisierungsvariante und der Auslastung	87
Abbildung 33 Stückkostensenkende und preiserhöhende Wirkung gekoppelter Flächenprämien	91
Abbildung 34 Auswirkungen an Produktionsverfahren $P_{min}$ gekoppelter Prämien auf die Wettbewerbsfähigkeit des Produktionsverfahren $P$	94
Abbildung 35 Entwicklung der Stückgewinne des Produktionsverfahrens $P$ und des Produktionsverfahrens $P_{min}$ in Abhängigkeit des Ertrags	95
Abbildung 36 Wirkung einer Grünlandextensivierung und einer Extensivierungsprämie auf die Stückkosten der Grundfutterbergung in Abhängigkeit der Ertragsfähigkeit des Standorts	100

Abbildung 37 Einfluss einer Extensivierungsmaßnahme auf die Bodenrente der Grünlandnutzung in Abhängigkeit des Veredelungswerts, der erwarteten Ertragsdepression, dem Ertragspotenzial und der Höhe der Extensivierungsprämie	101
Abbildung 38 Vergleich der ATKIS-Geometrie mit anhand von digitalen Orthophotos korrigierten ALK-Daten	109
Abbildung 39 Zuordnung der Standortparameter zu den Feldstücken am Beispiel der nutzbaren Feldkapazität	111
Abbildung 40 Beziehungen der Entität ‚Standort‘ zu anderen Entitäten des Modells ProLand	112
Abbildung 41 Beziehungen der Entität ‚Kulturpflanzen‘ im Modell ProLand	115
Abbildung 42 Beziehungen der Entität ‚Verfahren der Außenwirtschaft‘ im Modell ProLand	117
Abbildung 43 Beziehungen der Entität ‚Veredelungsverfahren‘ im Modell ProLand	122
Abbildung 44 Beziehungen der Entität ‚Flächenprämien‘ im Modell ProLand	124
Abbildung 45 Beziehungen der Entität ‚Produktionsprogramm‘	127
Abbildung 46 Datenübergabe und Berechnungsschritte bei der Bodenrentenberechnung in ProLand	128
Abbildung 47 Schematische Darstellung der Einflussfaktoren auf die Allokation von Landnutzungssystemen	131
Abbildung 48 Flächenanteil der mit ProLand berechneten Winterweizen-Ertragsklassen auf den Ackerbau-Grenzstandorten des Basis-Szenarios	143
Abbildung 49 Flächenanteil der mit ProLand berechneten Extensiv-Grünland-Ertragsklassen auf den Grünland-Grenzstandorten des Basis-Szenarios	144
Abbildung 50 Flächenanteil der im Basis-Szenario ausgewiesenen Grenzstandorte an den Feldstücken mit einer Größe von Null bis 2 Hektar	145
Abbildung 51 Anteil der im Szenario ‚GAP 2013‘ gemulchten Acker- und Grünlandflächen an den Feldstücksgrößenklassen	150
Abbildung 52 Feldstücksstruktur der Gemarkung Hohenahr-Erda zum ‚Status Quo‘	165
Abbildung 53 Feldstücksstruktur in der Gemarkung Hohenahr-Erda nach der ‚Kleinen Zusammenlegung‘	166
Abbildung 54 Feldstücksstruktur in der Gemarkung Hohenahr-Erda nach der ‚Großen Zusammenlegung‘	167

---

Abbildung 55 Effekte der Feldstückszusammenlegung auf die Verteilung der Feldstücksgrößen des Ackerlands in der Untersuchungsregion Hohenahr-Erda	168
Abbildung 56 Effekte der Feldstückszusammenlegung auf die Verteilung der Feldstücksgrößen des Grünlands in der Untersuchungsregion Hohenahr-Erda	169
Abbildung 57 Allokation der Landnutzungssysteme in der Gemarkung Hohenahr- Erda unter den agrarpolitischen Rahmenbedingungen GAP 2013 bei variabler Feldstücksstruktur	172
Abbildung 58 Ökonomische Effekte der Einführung einer Großmechanisierung in der Untersuchungsregion ‚Hohenahr-Erda‘ unter den verschiedenen feldstücksstrukturellen Gegebenheiten	176

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Attribute der Entität <i>Maschinen</i>	42
Tabelle 2 Attribute der Entität <i>Maschinen_Elementarprozesse</i>	43
Tabelle 3 Attribute der Entität <i>Elementarprozesse</i>	44
Tabelle 4 Attribute der Entität <i>Elementarprozesse_Produktionsverfahren</i>	44
Tabelle 5 Kennzahlen der Produktionsverfahren	45
Tabelle 6 Standortfaktoren mit zeitlicher Variabilität	62
Tabelle 7 Förderungsvoraussetzungen und Höhe der Förderung der Förderverfahren im Hessischen Kulturlandschaftsprogramm HEKUL	98
Tabelle 8 Leistungs- und Zusatzpakete des HELP 2000	103
Tabelle 9 Attribute der Entität ‚Standort‘	108
Tabelle 10 Vergleich der in den verschiedenen Kartengrundlagen ausgewiesenen Landnutzungsformen für die Gemarkung Hohenahr-Erda	110
Tabelle 11 Attribute der Entität ‚Kulturpflanzen‘	114
Tabelle 12 Attribute der Entität ‚Veredelungsverfahren‘	120
Tabelle 13 Flächenanteile der Landnutzungsformen in der Untersuchungsregion	132
Tabelle 14 Verfahren der Außenwirtschaft im Basis-Szenario	135
Tabelle 15 In den Verfahren der Außenwirtschaft eingesetzte Maschinen	136
Tabelle 16 Technische Ausstattung der Veredelungsverfahren im Basisszenario	137
Tabelle 17 Sachkosten und Kapitalbedarf der Veredelungsverfahren im Basis- Szenario	137
Tabelle 18 Biologische Produktivität der Tiere im Basisszenario	138
Tabelle 19 Ackerbauliche Landnutzungssysteme im Basis-Szenario	138
Tabelle 20 Grünland-Landnutzungssysteme im Basis-Szenario	139
Tabelle 21 Preisgerüst im Basis-Szenario	140
Tabelle 22 Faktorpreise im Basisszenario	140
Tabelle 23 Analyse der Landnutzung im Basis-Szenario	141
Tabelle 24 Kennzahlenanalyse des Basisszenarios	146
Tabelle 25 Analyse der Landnutzung im Szenario ‚GAP-Reform 2013‘	148
Tabelle 26 Kennzahlenanalyse des Szenarios ‚GAP-Reform 2013‘	151
Tabelle 27 Effekte der Einführung technischen Fortschritts im Bereich der Innenwirtschaft unter den Bedingungen ‚GAP-Reform 2013‘ auf die simulierte Verteilung von Landnutzungssystemen in der Untersuchungsregion	153

---

Tabelle 28 Kennzahlenanalyse des Szenarios ‚GAP 2013 und technischer Fortschritt im Bereich der Innenwirtschaft‘	154
Tabelle 29 In den Verfahren der Außenwirtschaft des Szenarios ‚GAP 2013 und technischer Fortschritt in der Außenwirtschaft‘ eingesetzte Maschinen	155
Tabelle 30 Effekte der Einführung technischen Fortschritts im Bereich der Außenwirtschaft unter den Bedingungen ‚GAP 2013‘ auf die simulierte Verteilung der Landnutzungssysteme in der Untersuchungsregion ‚Lahn-Dill-Bergland‘	156
Tabelle 31 Verteilung der klein- und großmechanisierten Varianten auf Feldstücken unterschiedlicher Größe	157
Tabelle 32 Kennzahlenanalyse des Szenarios ‚GAP 2013 und technischer Fortschritt in der Außenwirtschaft‘	157
Tabelle 33 Effekte einer Einführung technischen Fortschritts im Bereich der Innen- und Außenwirtschaft unter den Bedingungen ‚GAP 2013‘ auf die simulierte Verteilung von Landnutzungssystemen in der Untersuchungsregion	158
Tabelle 34 Kennzahlenanalyse des Szenarios ‚GAP 2013 und technischer Fortschritt in der Innen- und Außenwirtschaft‘	159
Tabelle 35 Effekte der Einführung technischen Fortschritts in der Innen- und Außenwirtschaft unter den Bedingungen ‚GAP-Reform 2013‘ auf die simulierte Verteilung von Landnutzungssystemen in der Untersuchungsregion und gleichzeitiger Erhöhung der Hof-Feld-Entfernung auf 3 km	160
Tabelle 36 Kennzahlenanalyse des Szenarios ‚GAP-Reform 2013, technischer Fortschritt in der Innen- und Außenwirtschaft bei einer durchschnittlichen Hof-Feld-Entfernung von 3 km‘	161
Tabelle 37 Auswirkungen der Feldstückszusammenlegung auf die simulierte Allokation der Landnutzungssysteme in der Untersuchungsregion ‚Hohenahr-Erda‘	170
Tabelle 38 Effekte der Feldstückszusammenlegung auf die makroökonomischen Kennzahlen unter den produktionstechnischen und agrarpolitischen Rahmenbedingungen des Basis-Szenarios	170
Tabelle 39 Effekte der Feldstückszusammenlegung auf die makroökonomischen Kennzahlen unter den agrarpolitischen Rahmenbedingungen GAP 2013	173

---

Tabelle 40 Simulierte Effekte technischen Fortschritts im Bereich Außenwirtschaft auf die Allokation der Landnutzungssysteme in der Gemarkung Hohenahr-Erda unter den agrarpolitischen Rahmenbedingungen GAP 2013	174
Tabelle 41 Effekte der Feldstückszusammenlegung auf die makroökonomischen Kennzahlen unter den agrarpolitischen Rahmenbedingungen GAP 2013 und technischem Fortschritt in der Außenwirtschaft	175

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Die Landschaft, die uns umgibt, ist geprägt durch einen seit Beginn der Besiedlung andauernden Prozess der menschlichen Aneignung und Umformung der Natur zum Zwecke der Nahrungsmittel- und Rohstoffproduktion. Die Art und das Ausmaß der Kultivierung land- und forstwirtschaftlicher Nutzflächen wird dabei durch Siedlungstätigkeiten, die Bevölkerungsentwicklung, volkswirtschaftliche Entwicklungen und technische Erfindungen bestimmt. Die Kulturlandschaft in ihrer derzeitigen Ausprägung ist daher ein Nebenprodukt der flächengebundenen landwirtschaftlichen Flächennutzung und unterliegt ständigem Wandel.

Die, durch technischen und züchterischen Fortschritt induzierte, gesteigerte landwirtschaftliche Flächenproduktivität und ein verstärkter internationaler Handel mit Agrargütern bewirken in der Tendenz einen Rückzug der Nahrungsmittelproduktion auf Gunststandorte. In Regionen, die sich aufgrund der natürlichen und naturräumlichen Gegebenheiten vergleichsweise schlecht für eine kostengünstige und damit wettbewerbsfähige Nahrungsmittelproduktion eignen, kann das Gut „landwirtschaftlich geprägte Kulturlandschaft“ daher knapp werden. Ehemals landwirtschaftlich genutzte Flächen werden in solchen Regionen aufgrund mangelnder Wettbewerbsfähigkeit nicht mehr bewirtschaftet und fallen in die sogenannte Sozialbrache.

Ein großflächiger Rückzug der Landwirtschaft aus bestimmten Regionen hätte neben einer Veränderung des Landschaftsbildes Auswirkungen auf die Bereitstellung weiterer nicht-marktgängiger Koppelprodukte der flächengebundenen Nahrungsmittelproduktion. Mit der Bereitstellung, dem Schutz und der Gestaltung der biologischen Vielfalt und der Aufrechterhaltung von regionalen Stoff- und Wirtschaftskreisläufen wird die Multifunktionalität der Landwirtschaft begründet (vgl. OECD, 2001). Da diese „positiven externen Effekte“ landwirtschaftlicher Flächennutzung nicht die kennzeichnenden Merkmale privater Güter „Rivalität im Konsum“ und „Ausschließbarkeit der Nutzung“ aufweisen, stellen sie öffentliche oder Gemeinwohlüter dar (vgl. MÜLLER, M. et al., 2001; BAUER, S. et al., 1999). Die Behebung einer diesbezüglich entstehenden „Versorgungslücke“ kann aufgrund einer fehlenden Preisbildung durch die marktwirtschaftlichen Mechanismen von

Angebot und Nachfrage auf dem landwirtschaftlichen Boden- und Gütermarkt nur unter bestimmten Bedingungen geleistet werden.

Der Sonderforschungsbereich (SFB) 299 der Deutschen Forschungsgemeinschaft entwickelt vor diesem Hintergrund „Landnutzungskonzepte für periphere Regionen“ am Beispiel der Untersuchungsregion Lahn-Dill-Bergland. Diese Region ist gekennzeichnet durch ungünstige natürliche, naturräumliche und agrarstrukturelle Gegebenheiten, die im Vergleich zu anderen Regionen eine rentable Produktion von marktgängigen Agrargütern erschweren (vgl. HUMMELSHEIM, S. et al., 1998).

Hinsichtlich einer Verbesserung der Wettbewerbsposition der flächengebundenen landwirtschaftlichen Güterproduktion steht diese Region in Bezug auf den anthropogen bedingten und damit *veränderlichen* Standortparameter Agrar- und Feldstücksstruktur unter einem starken Anpassungsdruck. Die Möglichkeiten für Kostensenkungen sind jedoch durch die *unveränderlichen*, natürlichen Standortgegebenheiten Boden, Klima und Geländetopografie begrenzt.

Die komparativen Nachteile der Region im Bereich der Produktionskosten können mit dem Ziel des Erhalts der Flächenbewirtschaftung durch agrar- und umweltpolitische Eingriffe überdeckt oder durch strukturverbessernde Maßnahmen reduziert werden.

Die flächengebundene landwirtschaftliche Produktion, und damit das Erscheinungsbild der Kulturlandschaft, steht dadurch im Spannungsfeld der natürlichen Standortbedingungen, der verfügbaren Produktionstechnik, dem Markt und der Agrarpolitik.

Um auf betrieblicher und politischer Ebene die richtigen Entscheidungen im Sinne einer ökonomisch nachhaltigen Entwicklung der Kulturlandschaft treffen zu können, ist es notwendig, die Wirkungen der natürlichen und flächenstrukturellen Standortgegebenheiten zu kennen und die Effekte agrarpolitischer Entscheidungen auf die Allokation der landwirtschaftlichen Produktion räumlich explizit zu bestimmen.

## 1.2 Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen des Teilprojekts A1 des Sonderforschungsbereiches 299 (SFB 299) der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Landnutzungskonzepte für periphere Regionen“ erstellt. Zentrales Thema des SFB 299 ist „die Entwicklung einer integrierten Methodik zur Erarbeitung und Bewertung

von ökonomisch und ökologisch nachhaltigen, natur- und wirtschaftsräumlich differenzierten Optionen der regionalen Landnutzung“. Zu diesem Zweck wurde der Modellverbund ITE<sup>2</sup>M entwickelt (SONDERFORSCHUNGSBEREICH 299, 2005).

Im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojekts SFB 299 besteht die Aufgabe des Teilprojekts A1 in der Prognose der Allokation von Landnutzungssystemen nach Maßgabe der raumvarianten, natürlichen, produktionstechnischen und wirtschaftlichen Standortbedingungen, sowie unter Berücksichtigung der politischen Rahmenbedingungen und des Entscheidungsverhaltens der Landnutzer (SONDERFORSCHUNGSBEREICH 299, 2002).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, auf regionaler Ebene die natürlichen und naturräumlichen Standortbedingungen zu identifizieren, die in Verbindung mit den produktionstechnischen Möglichkeiten und den agrarpolitischen Rahmenbedingungen zur Herausbildung von landwirtschaftlichen Grenzstandorten und damit langfristig zur Aufgabe der landwirtschaftlichen Flächennutzung führen.

Das Werkzeug der Analysen stellt das in der dritten Projektphase in den Jahren 2003 bis 2005 weiterentwickelte datenbankbasierte Landnutzungsmodell ProLand dar.

In den szenarienbasierten Simulationsläufen des Modells werden die sozioökonomischen, agrarpolitischen und produktionstechnischen Rahmenbedingungen variiert, um die Auswirkungen auf den Anteil landwirtschaftlicher Grenzstandorte in der Untersuchungsregion zu quantifizieren. Es werden dabei im Besonderen die ökonomischen Potenziale einer Verbesserung der Flächenstruktur und die Auswirkungen der Reform der Agrarpolitik des Jahres 2003 auf die prognostizierte Allokation landwirtschaftlicher Grenzstandorte untersucht. Im Rahmen der Analyse werden makroökonomische Kennzahlen generiert, anhand derer z.B. die Effekte auf den regionalen landwirtschaftlichen Arbeitskraftbedarf und die Wertschöpfung dargestellt werden.

Die Arbeit stellt auf der Grundlage des Simulationsmodells ProLand methodisch die Verbindung zwischen den natürlichen und naturräumlichen Standortgegebenheiten, den volkswirtschaftlichen Rahmenbedingungen, den Handlungsoptionen der Akteure Staat und Landnutzer und dem Landschaftsbild her.

### 1.3 Vorgehensweise

Unter Punkt 2 „Theorie und Wissensstand“ werden zunächst die grundlegenden Begriffe der landwirtschaftlichen Standorttheorie *Bodenrente*, *Grenzstandort* und *Sozialbrache* definiert, anhand derer die Bedeutung der raum- und zeitvarianten Produktionskosten für die Analyse und Prognose von Dynamiken innerhalb landwirtschaftlich geprägter Kulturlandschaften erläutert werden.

Daran anschließend werden die funktionalen Zusammenhänge zwischen den natürlichen und naturräumlichen Standortbedingungen und den Kosten flächengebundener Produktionsverfahren hergeleitet. In diesem Zusammenhang wird die Struktur der Datenbank REVA dargestellt, mit der die verfahrensspezifischen Kennzahlen ermittelt werden, die in die Berechnungen der räumlich expliziten Verfahrenskosten eingehen.

Der Einfluss der marktwirtschaftlichen, technischen und politischen Rahmenbedingungen auf die Allokation der flächengebundenen Nahrungsmittelproduktion wird unter Punkt 2.3 behandelt.

In Kapitel 3 wird der modulare Aufbau des Simulationsmodells ProLand in einer relationalen Geodatenbank dargestellt. Es wird die Datenbankstruktur aufgezeigt, welche die Grundlage für die räumlich explizite Szenarienbildung in den Bereichen Sozioökonomie, Produktionstechnik, Agrarpolitik und Standort bildet.

In Kapitel 4 werden ausgewählte Ergebnisse und Analysen der szenarienbasierten Untersuchungen im „Landnutzungslabor“ ProLand vorgestellt. Anhand der verschiedenen Landnutzungsszenarien in den Untersuchungsgebieten „Lahn-Dill-Bergland“ und der Subregion „Hohenahr-Erda“ werden die Auswirkungen produktionstechnischer, landschaftsstruktureller und agrarpolitischer Veränderungen auf die Allokation von landwirtschaftlichen Landnutzungssystemen und die damit verbundenen makroökonomischen Effekte dargestellt.

## 2 Theorie und Wissensstand

Landwirtschaftliche Produkte werden durch den Einsatz der Produktionsfaktoren Boden, Arbeit und Kapital erzeugt. Durch eine bestimmte Kombination von Arbeitskraft und Kapital, wird die natürliche Produktivität des Bodens wirtschaftlich genutzt.

Der Boden und das Klima stellen dabei die natürlichen Standortbedingungen der flächengebundenen Produktion von Nahrungsmitteln und Rohstoffen dar. Sie bestimmen die biotische Produktivität der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen und beeinflussen damit maßgeblich die Produktivität des Arbeits- und Kapitaleinsatzes.

Laut WEINSCHENCK und HENRICHSMEYER ist ein Standort bei langfristiger Betrachtungsweise neben den natürlichen Verhältnissen Boden und Klima durch folgende unabhängige Standortfaktoren charakterisiert (WEINSCHENCK, G. et al., 1966, S.204):

- der Persönlichkeit des Betriebsleiters
- der Verkehrslage
- dem Stand der landwirtschaftlichen Produktionstechnik
- dem Stand der volkswirtschaftlichen Entwicklung im nichtlandwirtschaftlichen Bereich

Die ökonomische Bewertung eines Standorts als Ausdruck der Differenz von erzieltm Ertrag und erbrachtem Aufwand ist demnach auch von den Fähigkeiten und Zielen des Landnutzers, den Transportkosten für Güter und Produktionsmittel, dem technischen Produktivitätsniveau und der Entwicklung der außerlandwirtschaftlichen, makroökonomischen Rahmenbedingungen abhängig.

Unter sich ändernden Rahmenbedingungen kann der Wert landwirtschaftlicher Nutzflächen steigen oder fallen. Ihr Wert als Produktionsstandort wird negativ, wenn die Entlohnung der eingesetzten Produktionsfaktoren zu Faktorpreisen über die am Markt erzielten Erlöse nicht mehr gewährleistet ist und gleichzeitig die Möglichkeiten einer produktionstechnischen Anpassung an die neuen Rahmenbedingungen beschränkt sind.

Anhand der Theorien der Ökonomen JOHANN HEINRICH VON THÜNEN und DAVID RICARDO werden im Folgenden die Begriffe Bodenrente, Grenzstandort und Sozialbrache bestimmt.

## 2.1 Begriffsbestimmung: Bodenrente, Grenzstandort, Sozialbrache

### 2.1.1 Bodenrente

Die Bodenrente je Flächeneinheit entspricht den Leistungen je Nutzflächeneinheit abzüglich sämtlicher Kosten außer den Kosten für die Nutzfläche (KUHLMANN,

2003, S. 238). Sie dient der Entlohnung für den Einsatz des eigenen Bodens und berechnet sich nach Gleichung 1.

**Gleichung 1: Bodenrente des Produktionsverfahrens  $P$  auf Standort  $j$**

$$BR_{pj} = E_{pj} - SK_{pj} - LA_{pj} - ZA_{pj}$$

Darin sind:

$BR_{pj}$	=	Bodenrente des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$E_{pj}$	=	Erlöse des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$SK_{pj}$	=	Sachkosten des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$LA_{pj}$	=	Lohnansatz des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$ZA_{pj}$	=	Zinsansatz des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in € für den Wert des eingesetzten Kapitals ohne Berücksichtigung des Bodenwertes

RICARDO erklärt die räumliche und zeitliche Varianz der Höhe der Bodenrente wie folgt:

*"Also nur weil der Boden an Menge nicht unbegrenzt und an Qualität nicht gleich ist, und weil bei der Zunahme der Bevölkerung Boden von geringerer Qualität oder weniger vorteilhafter Lage in Anspruch genommen wird, wird für seine Benutzung jemals eine Rente bezahlt. Wenn bei dem Fortschritt der Gesellschaft Boden von Fruchtbarkeit zweiten Grades bebaut wird, entsteht auf dem erstklassigen sofort eine Rente deren Betrag von der Differenz der Qualität dieser beiden Bodenarten abhängen wird."* RICARDO verwendet den Begriff „Grundrente“ synonym zur Bodenrente und definiert diesen *„als jenen Teil des Bodenertrages, der dem Grundbesitzer für die Benutzung der ursprünglichen und unzerstörbaren Kräfte des Bodens gezahlt wird“* (RICARDO, D., 1922, S.66).

RICARDO geht demnach davon aus, dass im Zuge eines Bevölkerungswachstums und steigender Nachfrage nach Lebensmitteln zunehmend Böden „von geringerer Qualität“ in Nutzung genommen werden.

Der Preis für landwirtschaftliche Produkte richtet sich laut RICARDO dabei nach den Produktionskosten auf den ungünstigeren Standorten:

*„Der Tauschwert aller Güter, ..., wird nicht durch die geringere Arbeitsmenge bestimmt, welche zu ihrer Erzeugung bei besonders günstigen Umständen ausreichen wird, ..., sondern durch die größere Arbeitsmenge, welche zu ihrer Erzeugung von denen aufgewandt werden muss, die solche Erleichterungen nicht haben...“* (RICARDO, D., 1922).

Die Aussage bezüglich der eingesetzten „Arbeitsmenge“ lässt sich auf die zur Erzeugung notwendige Einsatzmenge sämtlicher Produktionsfaktoren je Ertragseinheit übertragen. Da RICARDO die Entstehung der Bodenrente mit der Differenz der Qualität unterschiedlicher Standorte begründet, spricht man bei der Bodenrente auch von einer Qualitäts- oder Differenzialrente.

H.C. CAREY geht im Gegensatz zu DAVID RICARDO davon aus, dass nicht zunächst der „bessere“ Boden in Bewirtschaftung genommen wird, „*sondern zuerst der leichter zugängliche und leichter zu bearbeitende, der aber in der Regel zu den Böden geringerer Güte zähle*“ (zitiert in ABEL, W., 1958). Die ertragsstärkeren, schweren Böden können laut CAREY im Zeitablauf erst durch technischem Fortschritt der Landtechnik in Bewirtschaftung genommen werden. Die höheren Erträge bewirken dann eine steigende Entlohnung der in der landwirtschaftlichen Produktion eingesetzten Arbeit. Aufgrund der gestiegenen Lohnsätze können folglich die ertragsschwächeren Standorte eine entsprechende Faktorentlohnung des Bodens nicht mehr gewährleisten. Die Bodenrente sinkt deshalb laut CAREY auf den leicht zu bewirtschaftenden aber ertragsschwachen Flächen ab.

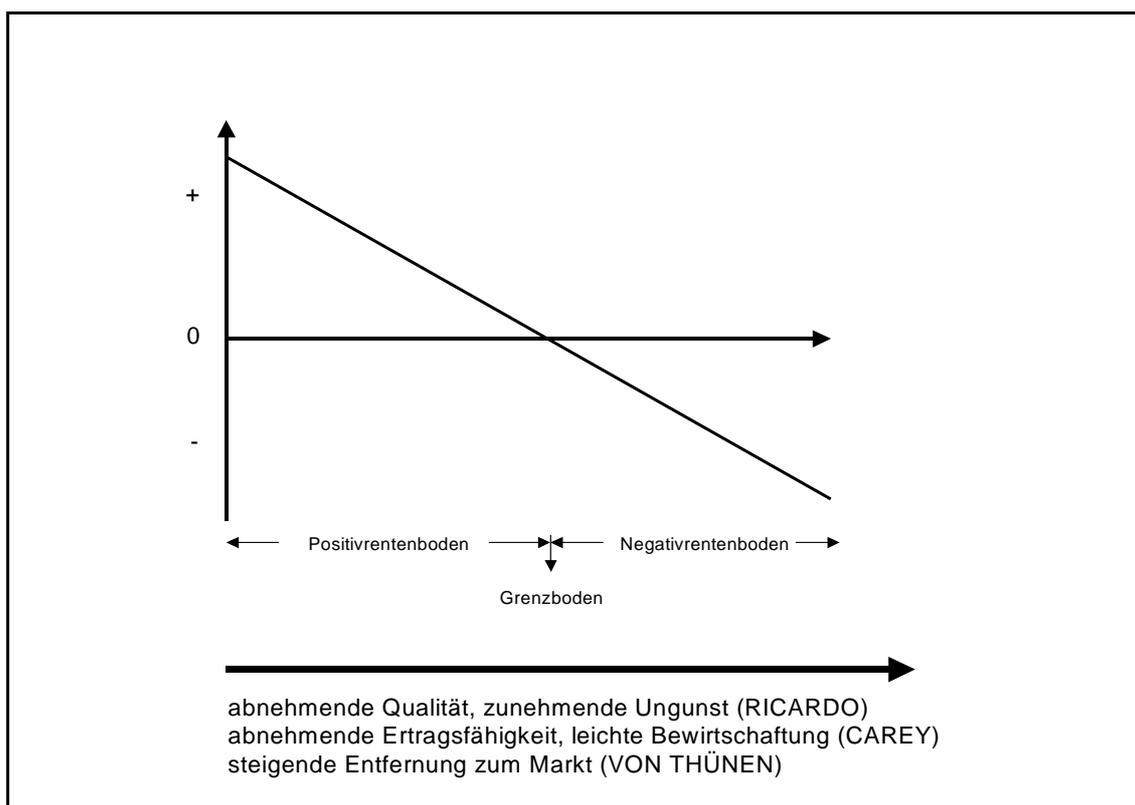
Beide Erklärungsmuster entsprechen in ihrer Logik der neoklassischen Grenzproduktivitätstheorie, die besagt, dass die Produktionsfaktoren im ökonomischen Gleichgewicht entsprechend ihrer Grenzerträge entlohnt werden. Der Grenzertrag des Bodens ist dabei gleich dem Ertragszuwachs infolge der Inkulturnahme einer weiteren Bodeneinheit, unter der Annahme, dass die anderen Produktionsfaktoren konstant produktiv bleiben (STACKELBERG, 1951, S. 272).

JOHANN HEINRICH VON THÜNEN fügt den Erklärungen zur Entstehung der Bodenrente den Aspekt der geografischen Lage des Produktionsstandorts hinzu. Die Höhe der Bodenrente richtet sich in VON THÜNENS Theorie nach der Qualität des Bodens und nach der Entfernung des Standorts zum Markt. In seinem Buch „Der isolierte Staat“ geht VON THÜNEN modellhaft von einer homogenen, ebenen Fläche aus und untersucht die Auswirkungen steigender Entfernungen zum Markt auf die Bodenrente (THÜNEN, J.H. VON, 1875, S. 36). Mit zunehmender Entfernung steigen die Transportkosten für Verkaufsprodukte und Betriebsmittel je nach Landnutzungssystem unterschiedlich stark an. Die Höhe der verfahrensspezifischen Transportkosten im Verhältnis zu den Erlösen bestimmt in seiner Theorie die Verteilung der Landnutzungssysteme im Raum. Produkte, die eine geringe

Transportwürdigkeit besitzen, werden in Marktnähe angebaut, Produkte mit hoher Transportwürdigkeit in der Peripherie.

Dem schlechtesten gerade noch genutzten Boden nach RICARDO entspricht in der Theorie von VON THÜNEN der Standort mit *der* Entfernung zum Markt, der gerade noch zur Deckung des Bedarfs an Nahrungsmitteln herangezogen wird. Die Bodenrente beträgt auf diesem Standort genau Null. Die THÜNEN'sche Bodenrente wird auch als Lagerente landwirtschaftlich genutzter Flächen bezeichnet (vgl. SEUSTER, H. et al., 1973, S.428).

Bezogen auf die Höhe der erzielbaren Bodenrente können grundsätzlich drei Typen landwirtschaftlich genutzter Böden unterschieden werden. Der erklärende Einflussfaktor auf ebendiese unterscheidet sich jedoch in den einzelnen Theorien. Siehe hierzu Abbildung 3.



**Abbildung 1 Einteilung der landwirtschaftlich genutzten Böden nach der Bodenrentenhöhe**

(Quelle: nach SEUSTER, H. et al., 1973, S. 431; Eigene Darstellung)

Die Bodenrente ergibt sich in allen genannten Theorien als Differenz von Erlösen und Kosten je Flächen- bzw. Produkteinheit.

CAREY leitet die Kosten je Produkteinheit von der Ertragsfähigkeit und der Bearbeitbarkeit des Standorts ab.

VON THÜNEN beschreibt die Kosten je Produkteinheit als Funktion der Marktentfernung.

RICARDO beschreibt die Kosten als Funktion der eingesetzten Arbeitsmenge, die bei steigender Nachfrage je Produkteinheit ansteigt. In seiner Theorie entspricht der Produktpreis den Produktionskosten auf dem gerade noch in Bewirtschaftung genommenen Standort. Damit führt er den Marktpreis als Funktion der Nachfrage in sein Modell ein.

Erweitert man Gleichung 1 um den Produktpreis so ergibt sich Gleichung 2.

### Gleichung 2 Bodenrente des Produktionsverfahrens $P$ auf Standort $j$ II

$$BR_{pj} = y_{kj} \times p_k - SK_{pj} - LA_{pj} - ZA_{pj}$$

Darin sind:

$BR_{pj}$	=	Bodenrente des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$y_{kj}$	=	Ertrag der Kulturpflanze $k$ auf Feldstück $j$ in dt
$p_k$	=	Marktpreis des Produkts der Kulturpflanze $k$ je dt
$SK_{pj}$	=	Sachkosten des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$LA_{pj}$	=	Lohnansatz des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$ZA_{pj}$	=	Zinsansatz des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in € für den Wert des eingesetzten Kapitals ohne Berücksichtigung des Bodenwertes

Den Grenzertrag eines Feldstücks, das heißt, den Ertrag, bei dem bei gegebenen Preis-Kostenverhältnissen die Bodenrente genau Null beträgt, erhält man durch Umstellung von Gleichung 2 zu Gleichung 3 und dem Ersetzen der Variable  $BR_{pj}$  durch Null.

### Gleichung 3: Grenzertrag des Produktionsverfahrens $P$ auf Standort $j$

$$y_{kj=0} = \frac{(SK_{pj} + LA_{pj} + ZA_{pj})}{p_k}$$

Darin sind:

$y_{kj=0}$	=	Grenzertrag der Kulturpflanze $k$ auf Feldstück $j$ in dt
$p_k$	=	Marktpreis des Produkts der Kulturpflanze $k$ in €/dt
$SK_{pj}$	=	Sachkosten des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$LA_{pj}$	=	Lohnansatz des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$ZA_{pj}$	=	Zinsansatz des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ für den Wert des eingesetzten Kapitals ohne Berücksichtigung des Bodenwertes in €

Der Grenzertrag entspricht dem Ertrag, der gerade noch hoch genug ist, um bei gegebenem Preis die Produktionskosten zu decken. Der Grenzertrag sinkt mit einem höheren Produktpreis.

Den Grenzpreis eines Feldstücks, das heißt, den Preis, bei dem bei gegebenen Ertrags- und Kostenverhältnissen die Bodenrente genau Null beträgt, erhält man durch Umstellen von Gleichung 3 zu Gleichung 4.

**Gleichung 4: Grenzpreis des Produktionsverfahren  $P$  auf Standort  $j$**

$$P_{k=0} = \frac{(SK_{pj} + LA_{pj} + ZA_{pj})}{y_{kj}}$$

Darin sind:

- $P_{k=0}$  = Grenzpreis des Produkts der Kulturpflanze  $k$  auf Standort  $j$  in €/dt
- $y_{kj}$  = Ertrag der Kulturpflanze  $k$  auf Feldstück  $j$  in dt
- $SK_{pj}$  = Sachkosten des Produktionsverfahrens  $P$  auf Feldstück  $j$  in €
- $LA_{pj}$  = Lohnansatz des Produktionsverfahrens  $P$  auf Feldstück  $j$  in €
- $ZA_{pj}$  = Zinsansatz des Produktionsverfahrens  $P$  auf Feldstück  $j$  für den Wert des eingesetzten Kapitals ohne Berücksichtigung des Bodenwertes in €

Mit steigendem Ertrag sinkt der Grenzpreis. Die Erwirtschaftung einer positiven Bodenrente ist dann nicht möglich, wenn der Marktpreis die Produktionsstückkosten nicht deckt. Die Produktionsstückkosten berechnen sich nach Gleichung 5.

**Gleichung 5: Produktionsstückkosten des Produktionsverfahren  $P$  auf Standort  $j$**

$$KS_{pj} = \frac{(SK_{pj} + LA_{pj} + ZA_{pj})}{y_{kj}}$$

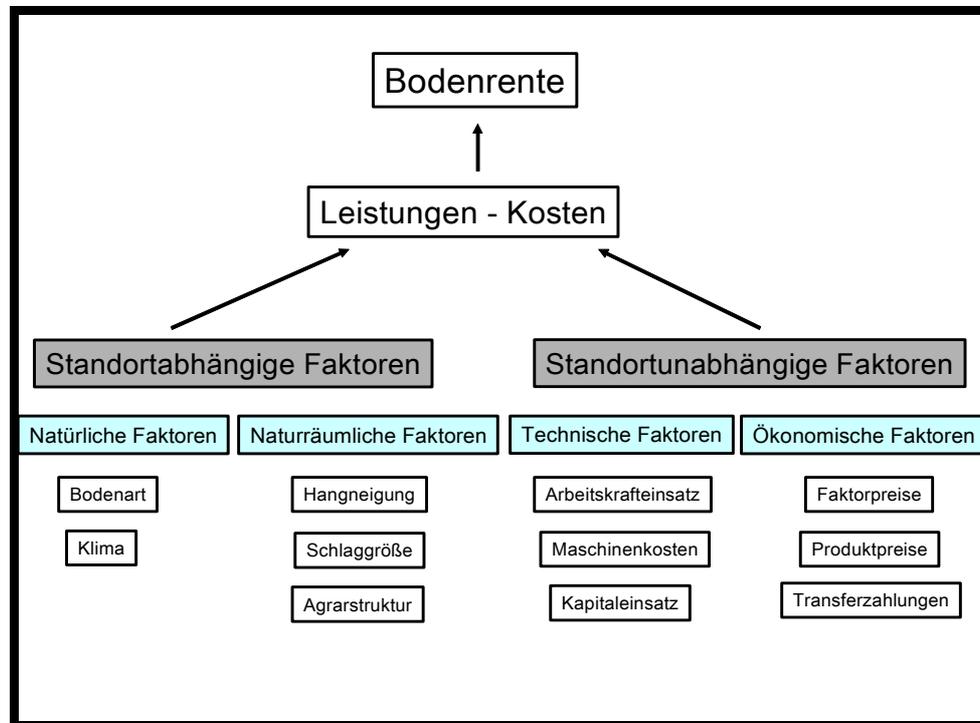
Darin sind:

- $KS_{pj}$  = Produktionsstückkosten des Produktionsverfahrens  $P$  auf Feldstück  $j$  in €/dt
- $y_{kj}$  = Ertrag der Kulturpflanze  $k$  auf Feldstück  $j$  in dt
- $SK_{pj}$  = Sachkosten des Produktionsverfahrens  $P$  auf Feldstück  $j$  in €
- $LA_{pj}$  = Lohnansatz des Produktionsverfahrens  $P$  auf Feldstück  $j$  in €
- $ZA_{pj}$  = Zinsansatz des Produktionsverfahrens  $P$  auf Feldstück  $j$  für den Wert des eingesetzten Kapitals ohne Berücksichtigung des Bodenwertes in €

Entsprechen die Produktionsstückkosten auf Standort  $j$  exakt dem Marktpreis, wird lediglich der Arbeits- und Kapitaleinsatz entlohnt.

Um den ökonomischen Wert eines Standorts anhand der Kennzahl Bodenrente zu bewerten, müssen deshalb sämtliche leistungs- und stückkostenrelevanten Eigenschaften Berücksichtigung finden. Einen Überblick über die leistungs- und

stückkostenrelevanten standortabhängigen und standortunabhängigen Faktoren gibt Abbildung 2.



**Abbildung 2 Kategorisierung der Einflussfaktoren auf die Bodenrente eines landwirtschaftlich genutzten Standortes**

(Quelle: Eigene Darstellung)

### 2.1.2 Grenzstandort

In der Literatur findet sich eine große Zahl von Definitionen zu den Begriffen Grenzertragsboden, Grenzboden und Grenzstandort (vgl. GABR, M., 1972, S. 42).

NIGGEMANN definiert den Begriff ‚Grenzertragsboden‘ wie folgt:

*„**Grenzertragsboden** ist Boden von meist geringer natürlicher Ertragskraft, auf dem durch Wirtschafterschwernisse, insbesondere durch hohen Arbeitsaufwand, die Erträge so niedrig sind, dass sie die Produktionskosten nicht oder nur geringfügig überschreiten.“* (NIGGEMANN, J., 1972, S. 254)

SEUSTER et al. definieren den Begriff ‚Grenzboden‘ wie folgt:

*„**Grenzböden** sind landwirtschaftlich genutzte Flächen, die lediglich die Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital zu dem marginaltheoretischen Mindestniveau entlohnen, die aber keine Grundrente mehr abwerfen. Da sie keine Rente erbringen, ist ihr ökonomischer Wert Null.“* (SEUSTER, H. et al., 1973, S.434)

Im Lexikon der Landwirtschaft (ALSING (Hrsg.), 1992; S. 274) wird der Begriff ‚Grenzstandort‘ folgendermaßen definiert:

„Mit **Grenzstandort** (Grenzertragsboden) bezeichnet man eine Fläche, auf der wegen nachteiliger natürlicher oder agrarstruktureller Standortfaktoren unter den gegebenen Preis:Kosten-Verhältnissen eine rentable Nutzung nicht möglich ist.“

Alle drei Definitionen beinhalten die wichtigen Aspekte, die bei der Bewertung landwirtschaftlicher Flächen relevant sind: die natürliche Ertragskraft, die vorherrschenden Wirtschafterschwernisse und deren Effekte auf den bewerteten Faktoreinsatz, also die Produktionskosten. Da die Wirtschafterschwernisse nur zum Teil von der Bodenart herrühren, sondern häufig durch die vorherrschende Landschafts- und Flächenstruktur und das Geländere relief bedingt sind, kann eine Bewertung des Bodens nicht isoliert von den umgebenden naturräumlichen Standortbedingungen erfolgen.

Der Begriff Standort umfasst zusätzlich zu den Bodenverhältnissen weitere Eigenschaften, die sich auf die Kosten der Produktion und des Transports auswirken. Diese Definition trägt dem Umstand Rechnung, dass es sowohl sehr ertragsfähige Böden gibt, die aber aufgrund von Bewirtschaftungerschwernissen keine positive Bodenrente abwerfen und es ebenso ertragsschwache Böden gibt, die bei angepasstem Landnutzungssystem, rentabel bewirtschaftet werden können. Als Beispiel sei hier die Rindfleischproduktion in den, bezogen auf die Biomasseproduktion je Flächeneinheit, unproduktiven Gegenden auf dem amerikanischen Kontinent genannt.

Da die Ertragsfähigkeit des Bodens nur ein Faktor unter vielen ist, der durch andere Standorteigenschaften überlagert werden kann, eignet sich der Begriff ‚Grenzstandort‘ besser als der Begriff ‚Grenzertragsboden‘, wenn man das landwirtschaftliche Nutzungspotenzial von Landschaften untersucht.

NIGGEMANN (1972) unterscheidet vor diesem Hintergrund *absolute* von *relativen* Grenzertragsböden.

Um einen *absoluten* Grenzertragsboden handelt es sich, wenn auch durch Meliorationen und Strukturverbesserungen oder eine Änderung des landwirtschaftlichen Produktionssystems langfristig keine kostendeckende Bewirtschaftung möglich ist.

*Relative* Grenzertragsböden können durch eine Verbesserung der Produktionsbedingungen oder eine alternative Nutzung rentabel bewirtschaftet werden (NIGGEMANN, 1972, S.481).

Unter eine Verbesserung der Produktionsbedingungen fallen sowohl Maßnahmen, die direkt ertragssteigernd auf den Boden einwirken, etwa Be- und Entwässerung, als auch strukturverbessernde Maßnahmen, die das Nutzungspotenzial durch Produktionskostensenkungen erhöhen.

Aus genannten Gründen soll im Rahmen der vorliegenden Arbeit der Begriff ‚Landwirtschaftlicher Grenzstandort‘ in Anlehnung an die Definition des LEXIKONS DER LANDWIRTSCHAFT (ALSING (Hrsg.), 1992; S. 274) wie folgt definiert werden:

Ein landwirtschaftlicher Grenzstandort zeichnet sich dadurch aus, dass unter den gegebenen produktionstechnischen, agrarpolitischen, makroökonomischen und rechtlichen Rahmenbedingungen durch kein landwirtschaftliches Landnutzungssystem, das der nachhaltigen Gewinnerwirtschaftung dient, eine positive Bodenrente erwirtschaftet werden kann.

### 2.1.3 Sozialbrache

RUPPERT (1958 zitiert in NIGGEMANN, 1972) definiert den Begriff Sozialbrache wie folgt:

*„Unter Sozialbrache versteht man das Brachfallen landwirtschaftlich genutzter Flächen infolge einer sozialen Differenzierung. Diese resultiert aus dem Zusammentreffen verschiedenster Faktorenkomplexe und ist das entscheidende Stadium innerhalb einer Kausalkette. Sie ist begleitet von einer wirklichen oder scheinbaren Hebung des Lebensstandards der früheren Bewirtschafteter und keinesfalls durch eine Verminderung der Bevölkerungszahl bedingt.“*

Ein reduzierter Einsatz des Faktors Boden entspricht einem Schrumpfen der Betriebe.

*„Betriebe schrumpfen, wenn das erzielbare Wertgrenzprodukt niedriger als der Entlohnungssatz bei nichtlandwirtschaftlicher Beschäftigung ist.“* (HENRICHSMEYER, W.,1988, S.181) Dies, so HENRICHSMEYER weiter, sei vor allem unter ungünstigen natürlichen Bedingungen in der Nähe von gewerblichen Ballungszentren gegeben.

Eine Hebung des Lebensstandards geht mit steigenden Ansprüchen an die Faktorentlohnung einher. Weitere Aspekte des Lebensstandards, etwa steigende

Ansprüche an Freizeit oder eine Präferenz für geregelte Arbeitszeiten und Einkommen, können nur schwer quantifiziert werden, spielen jedoch bei der Nutzungsaufgabe landwirtschaftlicher Flächen ebenfalls eine Rolle.

Tritt nun das Phänomen der Sozialbrache in bestimmten Gebieten großflächig auf, beeinflusst diese Entwicklung das Erscheinungsbild der Kulturlandschaft. Ehemals landwirtschaftlich genutzte Flächen, die bislang einer „nutzenden Pflege“ unterworfen waren, sind der natürlichen Sukzession der Verbuschung und Bewaldung ausgesetzt.

Wenn bei gegebener Produktionstechnik die Relation von Produkt- zu Faktorpreisen eine kostendeckende landwirtschaftliche Produktion auf bestimmten Standorten nicht mehr ermöglicht, reichen dort die finanziellen Anreize nicht aus, um die Landnutzer zur gesellschaftlich gewünschten Weiterbewirtschaftung und Pflege der Flächen zu motivieren. Besteht jedoch auf gesellschaftlicher Ebene eine Nachfrage hinsichtlich eines bestimmten Erscheinungsbildes der Kulturlandschaft oder nach den „ökologischen Leistungen der Landwirtschaft“ (Dachverband Agrarforschung, 1995), so erhält diese einen Wert an sich.

Die Kulturlandschaft, die bislang ein kostenloses Koppelprodukt der unter den gegebenen Verhältnissen betriebenen Landwirtschaft war, muss nun explizit produziert werden. Diese Produktion bedingt, wie jede andere flächengebundene Produktion auch, den Einsatz der Faktoren Arbeit und Kapital.

Die Landschaft erfüllt zahlreiche Funktionen und Leistungen für die sich keine Marktpreise bilden (MÜLLER, M. et al., 2001, S.19). Da der Lenkungsmechanismus der privaten Gütermärkte fehlt, müssen Überlegungen angestellt werden, wie auf anderem Weg der Preis für die Umwelt, hier die Vermeidung großflächiger Brachen und den Erhalt der bestehenden Kulturlandschaft, zu finden ist.

Der Entscheidung der Landnutzer zur Einstellung der flächengebundenen Produktion kann entweder durch die Honorierung der erbrachten Leistung „Flächenpflege“ oder, wo dies möglich ist, durch produktionskostensenkende Maßnahmen der Flurneuordnung entgegengewirkt werden.

Um die ökonomischen Effekte einer Neuordnung der Feldstücke quantifizieren zu können, müssen zunächst die funktionalen Zusammenhänge zwischen den natürlichen und naturräumlichen Gegebenheiten und den Verfahrenskosten in der landwirtschaftlichen Produktion bekannt sein. Diese Zusammenhänge werden im folgenden Punkt 2.2 hergeleitet.

## 2.2 Natürliche und naturräumliche Standortbedingungen der flächengebundenen Nahrungsmittelproduktion

Die natürliche Produktivität eines Standortes wird von BOGUSLAWSKI durch folgende Formel beschrieben (BOGUSLAWSKI, 1966, S.24):

$$\text{Ertrag}(t) = \text{Klima}(t), \text{Boden}(t), \text{Pflanze}(t), \text{Bewirtschaftung}(t)$$

Der Index  $t$  bringt dabei zum Ausdruck, dass der Faktor Zeit zu berücksichtigen ist. Unter ‚Bewirtschaftung‘ werden Maßnahmen der Bodenbearbeitung, der Düngung und des Pflanzenschutzes zusammengefasst.

Ein landwirtschaftlicher Produktionsstandort wird nach HENRICHSMEYER primär durch folgende unveränderliche, natürliche Standortverhältnisse charakterisiert (HENRICHSMEYER, W., 1988, S. 173):

- Qualität des Bodens
- Klimatische Verhältnisse (Temperatur, Niederschlag, Dauer der Vegetationsperiode)
- Oberflächengestalt (Hangneigung, Relief)

Von diesen grundlegenden natürlichen Standortbedingungen leitet sich die im Laufe der Siedlungsgeschichte entstandene naturräumliche Ausgestaltung der Kulturlandschaft ab. Ein landwirtschaftlicher Produktionsstandort wird, zusätzlich zu den natürlichen Standortverhältnissen, durch folgende durch menschliches Wirtschaften entstandene und damit veränderliche Merkmale charakterisiert:

- Landschaftsstruktur (Verteilung von landwirtschaftlicher Nutzfläche, Forst, Hecken, Bäumen, Siedlungen usw.)
- Feldstücksstruktur der landwirtschaftlichen Nutzfläche
- Wege- und Straßennetz

Alle genannten natürlichen und naturräumlichen Charakteristika einer landwirtschaftlich genutzten Landschaft wirken sich auf die Produktionskosten und damit überregional auf die Wettbewerbsfähigkeit der Produktionsstandorte und regional auf die räumliche Allokation von Landnutzungssystemen aus. Welche funktionalen Zusammenhänge zwischen den genannten natürlichen und naturräumlichen Standortcharakteristika und der ökonomischen Bewertung

landwirtschaftlich genutzter Standorte bestehen, soll in den folgenden Punkten 2.2.1 bis 2.2.3 hergeleitet werden.

### 2.2.1 Boden und Klima

*„Eine Charakterisierung des Bodens als Standortfaktor landwirtschaftlicher Produktion kann (...) nur unter Beachtung des Standortklimas und der Standortansprüche der anzubauenden Pflanzen vorgenommen werden.“* (SCHEFFER, 1966, S.41)

Die Bonität eines Standorts resultiert nach HARRACH, T. (2003) aus dem Zusammenspiel folgender Faktoren:

- dem Ertragspotenzial (Ertragsfähigkeit) des Bodens
- dem Ertragspotenzial des Standort unter Berücksichtigung des Klimaeinflusses
- den Bewirtschaftungskosten, die im Falle von Bewirtschaftungerschwernissen zu berücksichtigen sind

In der Pflanzenbauwissenschaft unterscheidet man zwischen Wachstumsfaktoren deren Angebotsmenge unmittelbar verändert werden kann und Wachstumsfaktoren, die in ihrer Angebotshöhe nicht zu beeinflussen sind (GEISLER, G., 1988, S.79).

Sieht man von der kapital- und arbeitsintensiven Produktion von Sonderkulturen wie zum Beispiel Gemüse und Zierpflanzen ab, gehören die Wachstumsfaktoren Wasser und Temperatur in den meisten flächenintensiven Pflanzenproduktionsverfahren zu den nicht-kontrollierbaren Wachstumsfaktoren.

Der Boden dient der Kulturpflanze als Wuchsort und Vermittler des nicht-kontrollierbaren Wachstumsfaktors Wasser. Der Bewertung des Bodens liegt also grundsätzlich seine Eignung zugrunde, als Transformator *„Aufwendungen irgendwelcher Art“* in Ertrag umzuwandeln (SCHEFFER, F., 1966, S.41). Daher kommt es beim Boden als Standort für Kulturpflanzen vor allem auf die Durchwurzelbarkeit und die Verfügbarkeit von Nährstoffen und Wasser an (BOGUSLAWSKI, E. VON, 1981, S.127).

Das pflanzenverfügbare Wasser auf einem Standort wird neben dem Wasserhaltevermögen des Bodens durch die regionale Niederschlagshöhe und die Niederschlagsverteilung im Jahresablauf bestimmt.

Die Solarenergiezufuhr und damit die Temperatursumme als zweiter wichtiger nicht-kontrollierbarer Wachstumsfaktor hängt großräumig von der Klimazone ab. Auch die Lage des Standorts auf kleinräumiger Ebene beeinflusst die Versorgung der Pflanze mit Wärme. So ist die Exposition des Standorts für die Wärmeversorgung entscheidend (vgl. HEYLAND, K.U., 1990, S.75).

Da sich die nicht-kontrollierbaren Wachstumsfaktoren der Kulturpflanzen komplementär zu den kontrollierbaren Wachstumsfaktoren Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel verhalten, begrenzen die nicht-kontrollierbaren Wachstumsfaktoren in der Regel die Ertragsfähigkeit des Standorts.

Die klimatischen Bedingungen eines Standortes wirken sich neben der Produktivität im Pflanzenbau auch auf die Produktionskosten der Veredelungsverfahren aus. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn bei länger andauernden, regelmäßigen Frostperioden für frostsichere Tränkesysteme in Kaltställen oder in Verfahren der Winteraußenhaltung gesorgt werden muss. Im Bereich der flächengebundenen Tierhaltung zwingt das Klima der gemäßigten Breiten mit einer mehrmonatigen Vegetationspause zur vergleichsweise teuren Produktion von Winterfutter.

#### 2.2.1.1 Leistungsfaktor Ertrag

Die Produktionskosten landwirtschaftlicher Produktionsverfahren lassen sich in ertragsabhängige und ertragsunabhängige Kosten untergliedern (vgl. KUHLMANN et al., 2002, S. 366). Zu den ertragsunabhängigen Kosten zählen alle Kostenbestandteile, welche unabhängig vom realisierten Ertrag in gleicher Höhe entstehen. Dazu zählen die Verfahrenskosten der Flächenbearbeitung (Pflügen, Mähen, usw.) und des Zaunbaus, der Saatguteinsatz und die Kosten der Unkrautbekämpfung.

Unter der Berücksichtigung dieses Sachverhaltes erweitert sich Gleichung 5 zu Gleichung 6.

**Gleichung 6 Produktionsstückkosten des Produktionsverfahren  $P$  auf Standort  $j$  unter Berücksichtigung ertragsabhängiger Sachkosten**

$$KS_{pj} = \frac{(SKf_{pj} + LA_{pj} + ZA_{pj})}{y_{kj}} + SKe_{p,dt}$$

Darin sind:

$KS_{pj}$	=	Produktionsstückkosten des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €/dt
$SKf_{pj}$	=	Ertragsunabhängige Sachkosten des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$LA_{pj}$	=	Lohnansatz des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$ZA_{pj}$	=	Zinsansatz des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ für den Wert des eingesetzten Kapitals ohne Berücksichtigung des Bodenwertes in €
$y_{kj}$	=	Ertrag der Kulturpflanze $k$ auf Feldstück $j$ in dt
$SKe, dj$	=	Ertragsabhängige Sachkosten des Produktionsverfahrens $P$ je dt Ertrag in €

Durch einen höheren Flächenertrag verteilen sich die ertragsunabhängigen Produktionskosten auf eine größere Anzahl produzierter Einheiten.

Mit steigender Ertragsfähigkeit des Standorts sinken die Produktionsstückkosten und die Bodenrente steigt.

### 2.2.1.2 Kostenfaktor Ertrag

In Gleichung 6 wurde die vereinfachte Annahme getroffen, dass die Lohn- und Kapitalkosten ertragsunabhängig anfallen und die ertragsabhängigen Sachkosten durch den Einsatz kontrollierbarer Wachstumsfaktoren entstehen. In der Realität hängen jedoch auch die Verfahrenskosten der Außenwirtschaft, bestehend aus dem Arbeitszeitbedarf, den Maschinenkosten und dem Kapitalbedarf je Flächeneinheit, vom Ertrag des Standorts ab.

Nach FRÖBA, N. (1994, zitiert in BERNHARDT, H., 2002) entfallen bis zu 50 % des Arbeitszeitbedarfs der Außenwirtschaft auf den Bereich Transport, Logistik und Lager.

Landwirtschaftliche Produktionsverfahren der Außenwirtschaft  $P$  (z.B. Weizenanbau) bestehen in der Regel aus mehreren Elementarprozessen  $N$  (z.B. Pflügen, Düngung, Korntransport). Siehe Gleichung 7.

**Gleichung 7 Produktionsverfahren und Elementarprozesse**

$$P = \sum_n N_{np}$$

Darin sind:

$$\begin{aligned} P &= \text{Produktionsverfahren } P \\ N_{np} &= \text{Elementarprozesse } N \text{ im Produktionsverfahrens } P \end{aligned}$$

Um den Einfluss des Ertrags auf die Verfahrenskosten eines Produktionsverfahrens  $P$  zu quantifizieren, bedarf es einer weiteren Unterteilung der Elementarprozesse.

Die Elementarprozesse  $N$  werden in die Elementarprozesse des Typs Flächenbearbeitung ( $N_f$ ), Versorgung ( $N_v$ ) und Ernte ( $N_e$ ) unterteilt.

Elementarprozesse des Prozesstyps Ernte zeichnen sich dadurch aus, dass mit steigendem Ertrag je Flächeneinheit höhere Maschinen-, Lohn- und Zinskosten entstehen. Höhere Maschinenkosten entstehen, wenn die im Elementarprozess  $N_e$  eingesetzten Maschinen  $Me_{ne}$ , zum Beispiel Ladewagen, Kipper oder Rundballenpresse, je Ertrags- bzw. Masseinheit bewertet werden und somit im Elementarprozess  $N_e$  ertragsabhängige Maschinenkosten  $MKe_{ne}$  entstehen. Die ertragsabhängigen Kosten der je Masseinheit bewerteten Maschinen im Produktionsverfahren  $P$  auf Feldstück  $j$  berechnen sich nach Gleichung 8.

**Gleichung 8 Ertragsabhängige Maschinenkosten im Produktionsverfahren  $P$  auf Feldstück  $j$** 

$$MKe_{pj} = y_{kj} \times \sum_{ne} MKe_{ne,dt}$$

Darin sind:

$$\begin{aligned} MKe_{pj} &= \text{Kosten der masseabhängig bewerteten Maschinen im} \\ &\quad \text{Produktionsverfahren } P \text{ auf Standort } j \text{ in } \text{€} \\ y_{kj} &= \text{Ertrag der Kulturpflanze } k \text{ auf Standort } j \text{ in } \text{€/dt} \\ MKe_{ne,dt} &= \text{Kosten der masseabhängig bewerteten Maschinen im} \\ &\quad \text{Elementarprozess } Ne \text{ in } \text{€/dt} \end{aligned}$$

Dementsprechend berechnet sich der ertragsabhängige Kapitalbedarf der masseabhängig bewerteten Maschinen nach Gleichung 9.

**Gleichung 9 Ertragsabhängiger Kapitalbedarf im Produktionsverfahren  $P$  auf Feldstück  $j$** 

$$KBe_{pj} = y_{kj} \times \sum_{ne} KBe_{ne,dt}$$

Darin sind:

$KBe_{pj}$	=	Kapitalbedarf der masseabhängig bewerteten Maschinen im Produktionsverfahren $P$ auf Standort $j$ in €
$y_{kj}$	=	Ertrag der Kulturpflanze $k$ auf Standort $j$ in €/dt
$KBe_{ne,dt}$	=	Kapitalbedarf der masseabhängig bewerteten Maschinen im Elementarprozess $Ne$ auf in €/dt

Da in Elementarprozessen des Prozesstyps Ernte die Anzahl der zum Transport notwendigen Fahrten zum Feldstück durch die Ladekapazität des Transportwagens und den Flächenertrag bestimmt wird, entsteht mit steigendem Ertrag zusätzlicher Arbeitskraftbedarf, der sich auch auf die Maschinenkosten und den Kapitalbedarf der im Elementarprozess  $Ne$  eingesetzten zeitabhängig bewerteten Maschinen auswirkt. Die Anzahl der Anfahrten je Hektar in Elementarprozessen des Typs Ernte berechnet sich in Abhängigkeit der Nutzmasse der masseabhängig bewerteten Maschine und dem Flächenertrag nach Gleichung 10.

**Gleichung 10 Anzahl der Fahrten pro Hektar im Prozesstyp  $Ne$  auf Feldstück  $j$** 

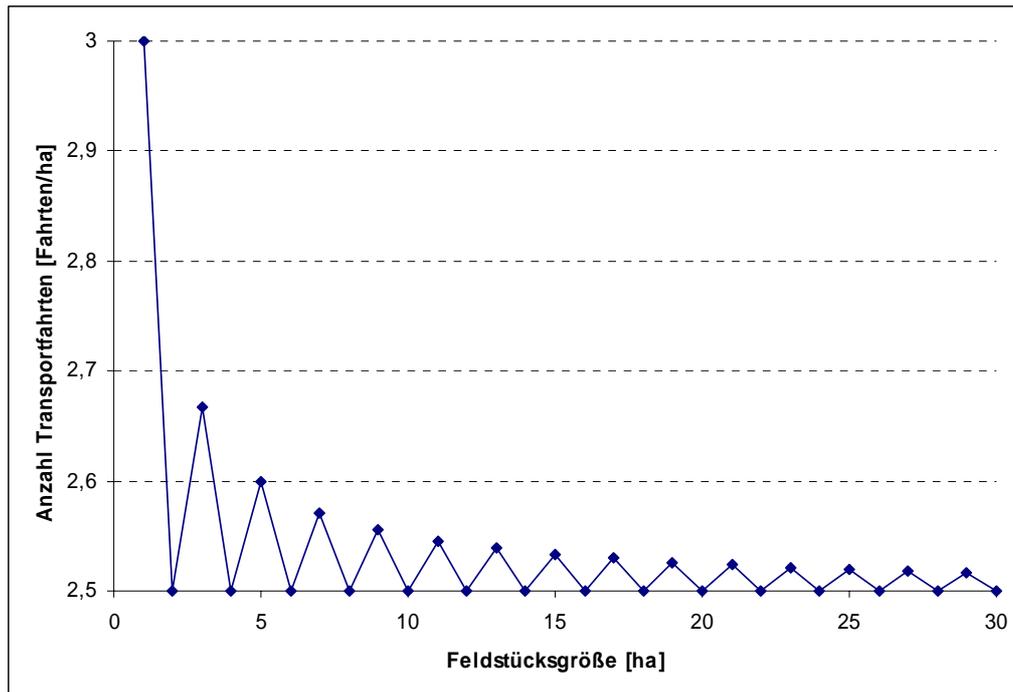
$$ANZ_{nej,ha} = \left[ \text{ceiling} \left[ \left( \frac{y_{kj,ha}}{NM_{ne,Me}} \right) \times FSg_j \right] \right] \times \frac{1}{FSg_j}$$

Darin sind:

$ANZ_{nej,ha}$	=	Anzahl der Anfahrten zum Feldstück $j$ im Elementarprozess $Ne$ je Hektar
$y_{kj,ha}$	=	Ertrag der Kulturpflanze $k$ auf Feldstück $j$ in dt/ha
$FSg_j$	=	Größe des Feldstücks $j$ in ha
$NM_{ne,Me}$	=	Nutzmasse der im Elementarprozess $Ne$ eingesetzten Maschine $Me$ in dt

Der Befehl 'ceiling' in Gleichung 10 steht für das Aufrunden auf die nächst größere ganze Zahl. Dies ist notwendig, da in der Realität die Anzahl der Transportfahrten je Feldstück nur ganzzahlig sein kann.

In Abbildung 3 wird die Wirkung der Feldstücksgröße auf die notwendigen Transportfahrten je Hektar in einem Elementarprozess des Typs ‚Ernte‘ bei konstantem Ertrag von 50 Dezitonen und einer Nutzmasse von 20 Dezitonen pro Fahrt dargestellt.



**Abbildung 3 Anzahl der Transportfahrten je Hektar im Elementarprozess  $Ne$  in Abhängigkeit der Feldstücksgrößen**

(Quelle: Eigene Darstellung; Annahmen: [Ertrag  $y_{ha} = 50$  dt/ha ; Nutzmasse  $NM = 20$  dt])

Auf einem Feldstück von einem Hektar Größe mit 50 Dezitonnen Ertrag werden drei Transportfahrten notwendig, wobei bei einer der drei Transportfahrten nur 10 Dezitonnen transportiert werden. Auf einem zwei Hektar großen Feldstück müssen 100 Dezitonnen Ertrag transportiert werden. Bei voller Auslastung der Nutzmasse entspricht dies 5 Fahrten insgesamt und 2,5 Fahrten pro Hektar.

Bei größeren Feldstücken reduziert sich der Anteil der Fahrten mit suboptimaler Auslastung der Transportmaschine und die Anzahl der Fahrten nähert sich asymptotisch  $ANZ_{Nej,gross}$  an, wie in Abbildung 3 zu sehen. Die Anzahl der notwendigen Transportfahrten für die Ernteprodukte auf großen Feldstücken berechnet sich nach Gleichung 11.

**Gleichung 11 Anzahl der Fahrten pro Hektar im Prozesstyp Ernte bei großen Feldstücken**

$$ANZ_{ne,j,gross,ha} = \frac{y_{kj,ha}}{NM_{ne,Me}}$$

Darin sind:

$ANZ_{ne,j,gross,ha}$	=	Anzahl der Transportfahrten je Hektar im Elementarprozess $Ne$ auf Feldstück $j$
$y_{kj,ha}$	=	Ertrag der Kulturpflanze $k$ auf Feldstück $j$ in dt/ha
$NM_{ne,Me}$	=	Nutzmasse der Maschine $Me$ im Elementarprozess $Ne$ in dt

Der Zeitbedarf für die Transportfahrten in einem Elementarprozess  $Ne$  je km Hof-Feld-Entfernung  $TwegE_{ne,km}$  berechnet sich in Abhängigkeit des Ertrags, der Nutzmasse der Maschine  $Me$  und der Transportgeschwindigkeit nach Gleichung 12.

Hierbei werden Fahrten mit suboptimaler Beladung nicht berücksichtigt.

**Gleichung 12 Zeitbedarf für die Transportfahrten im Elementarprozess  $Ne$  pro km Hof-Feld-Entfernung auf Feldstück  $j$** 

$$TwegE_{nej,km} = \frac{ANZ_{ne,j}}{Ga_{ne}} = \frac{y_{kj}}{NM_{ne,Me} \times Ga_{ne}}$$

Darin sind:

$TwegE_{nej,km}$	=	Zeitbedarf für den Transport des Ernteguts je km im Elementarprozess $Ne$ auf Feldstück $j$ in h/km
$NM_{ne,Me}$	=	Nutzmasse der Maschine $Me$ in dt im Elementarprozess $Ne$
$ANZ_{ne,j}$	=	Anzahl der Transportfahrten im Elementarprozess $Ne$ auf Feldstück $j$
$Y_{kj}$	=	Ertrag der Kulturpflanze $k$ auf Feldstück $j$
$Ga_{ne}$	=	Transportgeschwindigkeit im Elementarprozess $Ne$

Die gesamten zeitabhängigen Kosten des Produktionsverfahrens  $P$  für die Transportfahrten der Elementarprozesse des Typs Ernte auf Feldstück  $j$  der Größe  $FSg_j$  der Hof-Feld-Entfernung  $D_j$  und dem Hektarertrag  $y_{kj,ha}$  berechnen sich nach Gleichung 13.

**Gleichung 13 Kosten für die ertragsabhängigen Transportfahrten im Produktionsverfahren  $P$  auf Feldstück  $j$**

$$\begin{aligned}
 KwegE_{pj} &= FSg_j \times y_{kj,ha} \times D_j \times p_L \times \sum_{ne,p} \frac{1}{NM_{ne,Me} \times Ga_{ne}} \\
 &+ FSg_j \times y_{kj,ha} \times D_j \times \sum_{ne,p} \frac{MKt_{ne,h}}{NM_{ne,Me} \times Ga_{ne}} \\
 &+ FSg_j \times y_{kj,ha} \times D_j \times i \times \sum_{ne,p} \frac{KBt_{ne,h}}{NM_{ne,Me} \times Ga_{ne}}
 \end{aligned}$$

Darin sind:

$KwegE_{pj}$	=	Kosten für den Transport des Ernteguts des Feldstücks $j$ in €
$y_{kj,ha}$	=	Ertrag der Kulturpflanze $k$ auf Feldstück $j$ in dt/ha
$FSg_j$	=	Größe des Feldstücks $j$ in ha
$D_j$	=	Hof-Feld-Entfernung des Feldstücks $j$ in km
$NM_{ne,Me}$	=	Nutzmasse der Maschine $Me$ in dt im Elementarprozess $Ne$
$MKt_{ne,h}$	=	Kosten der zeitabhängig bewerteten Maschine des Elementarprozesses $Ne$ in €/h
$KBt_{ne,h}$	=	Kapitalbedarf der zeitabhängig bewerteten Maschine des Elementarprozesses $Ne$ in €/h
$p_L$	=	Lohnsatz in €/h
$i$	=	Zinssatz in %

Neben den Kosten für den Transport des Ernteguts und die je Masseinheit bewerteten Erntemaschinen entstehen mit steigendem Ertrag Kosten für die kontrollierbaren Wachstumsfaktoren. Um das Ertragspotenzial des Standorts als Funktion der nicht-kontrollierbaren Wachstumsfaktoren Wasser und Temperatur auszuschöpfen, müssen entsprechende Mengen an komplementären kontrollierbaren Wachstumsfaktoren zur Verfügung gestellt werden. Unter der Annahme einer linearen Beziehung zwischen Nährstoffbedarf und Ertrag berechnen sich die Kosten für die kontrollierbaren Wachstumsfaktoren nach Gleichung 14 (vgl. KUHLMANN, F. et al., 2002, S. 378).

**Gleichung 14 Berechnung der Kosten für kontrollierbare Wachstumsfaktoren**

$$fSKe_k = fNKe_k \times p_N + fPKe_k \times p_P + fKKe_k \times p_K + z_k \times fPSMKe_k$$

$$z = \begin{cases} 0 & y < y_{PSM \min} \\ 1 & y \geq y_{PSM \min} \end{cases}$$

Darin sind:

$fSKe_k$	=	Ertragsabhängige Kosten der Kulturpflanze $k$ in €/dt
$fNKe_k$	=	Stickstoffbedarf der Kulturpflanze $k$ in kg/dt
$fPKe_k$	=	Phosphorbedarf der Kulturpflanze $k$ in kg/dt
$fKKe_k$	=	Kaliumbedarf der Kulturpflanze $k$ in kg/dt
$fPSMKe_k$	=	Ertragsabhängiger Kostenfaktor für Pflanzenschutzmittelkosten in €/dt Ertrag
$z_k$	=	Ertragsabhängiger Korrekturfaktor der Kulturpflanze $k$ für Pflanzenschutzmittelkosten
$p_N$	=	Stickstoffpreis in €/kg
$p_P$	=	Phosphorpreis in €/kg
$p_K$	=	Kaliumpreis in €/kg

Der gesamte ertragsabhängige Bestandteil der Verfahrenskosten des Produktionsverfahrens  $P$  berechnet sich nach Gleichung 15.

**Gleichung 15 Ertragsabhängiger Teil der Verfahrenskosten des Produktionsverfahrens  $P$  auf Standort  $j$** 

$$Kve_{pj} = y_{kj} \times D_j \times p_L \times \left( \sum_{ne,p} \frac{1}{NM_{ne;mt}} \times Ga_{ne} \right)$$

$$+ y_{kj} \times D_j \times \sum_{ne,p} \frac{MKt_{ne,h}}{NM_{ne;mt}} \times Ga_{ne}$$

$$+ y_{kj} \times D_j \times i \times \sum_{ne,p} \frac{KBt_{ne,h}}{NM_{ne;mt}} \times Ga_{ne}$$

$$+ y_{kj} \times \sum_{ne} MKe_{ne}$$

$$+ y_{kj} \times \sum_{ne} KBe_{ne} \times i$$

$$+ y_{kj} \times fNKe_k \times p_N + y_{kj} \times fPKe_k \times p_P + y_{kj} \times fKKe_k \times p_K + y_{kj} \times z \times fPSMKe_k$$

$$z = \begin{cases} 0 & y < y_{PSM \min} \\ 1 & y \geq y_{PSM \min} \end{cases}$$

Darin sind:

$Kve_{pj}$	=	Ertragsabhängiger Teil der Verfahrenskosten im Produktionsverfahren $P$ auf Standort $j$
$y_{kj}$	=	Ertrag der Kulturpflanze $k$ auf Standort $j$ in dt

Alle weiteren Variablen sind in vorhergehenden Legenden definiert.

Bei der Bewertung landwirtschaftlich genutzter Standorte in Abhängigkeit der Ertragsfähigkeit muss zusätzlich die Hof-Feld-Entfernung berücksichtigt werden, da

diese als Faktor in die Berechnung der Kosten der Elementarprozesse des Typs ‚Ernte‘ eingeht. Vor allem in transportintensiven Verfahren, wie dem Silomaisanbau oder der Grassilagebereitung, können mit dem Transport des Ernteguts Kosten in nicht zu vernachlässigender Höhe verbunden sein (vgl. BERNHARDT, H., 2002).

### 2.2.1.3 Kostenfaktor Bodenart

Die Bodenart eines Standortes wirkt sich bei ackerbaulichen Verfahren mit durchmischender und wendender Bodenbearbeitung neben dem Ertrag auch auf die Verfahrenskosten aus. Der Arbeitszeitbedarf pro Flächeneinheit steigt mit zunehmendem Tongehalt des Bodens an und nimmt ab, je sandiger der Boden ist (vgl. MÖSER, J., 1996, S.109).

Die durch die Bodenart  $B$  auf Feldstück  $j$  hervorgerufenen Bewirtschaftungerschwernisse können bei der Berechnung des Zeitbedarfs für die Flächenbearbeitung  $Tfläche_n$  als elementarprozessspezifischer Korrekturfaktor  $fBt_n$  einbezogen werden. Für Elementarprozesse, deren Zeitbedarf von der Bodenart unabhängig ist, z.B. Gras mähen, nimmt der Korrekturfaktor den Wert 1 an.

Die zeitabhängigen Maschinenkosten für die Flächenbearbeitung  $MKtfläche_n$  und der zeitabhängige Kapitalbedarf für die Flächenbearbeitung  $KBtfläche_n$  werden dann dementsprechend ebenfalls über den Korrekturfaktor  $fBt_n$  an die Bodenverhältnisse angepasst.

Der Arbeitszeitbedarf für die Flächenbearbeitung in einem Elementarprozess  $N$  pro Hektar berechnet sich nach Gleichung 16.

#### **Gleichung 16** Zeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Elementarprozess $N$ pro Hektar

$$Tfläche_{n,ha} = \left( \frac{10}{AB_n \times Gf_n} \right)$$

Darin sind:

$Tfläche_{n,ha}$	=	Arbeitszeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Elementarprozess $N$ in h/ha
$AB_n$	=	Arbeitsbreite im Elementarprozess $N$ in m
$Gf_n$	=	Arbeitsgeschwindigkeit im Elementarprozess $N$ in km/h

Der Arbeitszeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren  $P$  unter Einbeziehung des Korrekturfaktors der Bodenart berechnet sich nach Gleichung 17.

**Gleichung 17 Zeitbedarf der Flächenbearbeitung im Produktionsprozess  $P$  unter Berücksichtigung der Bodenart  $B$  auf Feldstück  $j$**

$$Tfl\ddot{a}che_{pj} = FSg_j \times \sum_n B_j \times fBt_{bn} \times Tfl\ddot{a}che_{n,ha}$$

$$= FSg_j \times B_j \times fBt_{bp} \times Tfl\ddot{a}che_{p,ha}$$

Darin sind:

$Tfl\ddot{a}che_{pj}$	=	Arbeitszeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in h
$B_j$	=	Bodenart auf Feldstück $j$
$fBt_{bn}$	=	Bodenartabhängiger Korrekturfaktor für den Zeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Elementarprozess $N$ für die Bodenart $B$ auf Feldstück $j$
$fBt_{bp}$	=	Bodenartabhängiger Korrekturfaktor für den Zeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren $P$ für Bodenart $B$ auf Feldstück $j$
$Tfl\ddot{a}che_{n,ha}$	=	Arbeitszeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Elementarprozess $N$ bei mittleren Bodenverhältnissen in h/ha
$Tfl\ddot{a}che_{p,ha}$	=	Arbeitszeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren $P$ bei mittleren Bodenverhältnissen in h/ha

Die Kosten der Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren  $P$  unter Berücksichtigung der Bodenart in Form eines verfahrensspezifischen Korrekturfaktors berechnet sich nach Gleichung 18.

### Gleichung 18 Verfahrenskosten für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren $P$ unter Berücksichtigung der Bodenart $B$

$$\begin{aligned}
 K_{\text{fläche}}_{pj} &= FSg_j \times p_L \times \sum_n B_j \times fBt_{bn} \times T_{\text{fläche}}_{np,ha} \\
 &+ FSg_j \times \sum_n B_j \times fBt_n \times MK_{\text{tfläche}}_{np,ha} \\
 &+ FSg_j \times i \times \sum_n B_j \times fBt_n \times KB_{\text{tfläche}}_{np,ha} \\
 &+ FSg_j \times \sum_n MKf_{np,ha} \\
 &+ FSg_j \times i \times \sum_n KBf_{np,ha}
 \end{aligned}$$

Darin sind:

$K_{\text{fläche}}_{pj}$	=	Kosten der Flächenbearbeitung des Produktionsverfahrens $P$ auf Standort $j$ in €
$T_{\text{fläche}}_{np,ha}$	=	Zeitbedarf des Elementarprozesse $N$ für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahrens $P$ in Akh/ha
$MK_{\text{tfläche}}_{np,ha}$	=	Zeitabhängige Maschinenkosten der Elementarprozesse $N$ des Produktionsverfahrens $P$ in €/ha
$KB_{\text{tfläche}}_{np,ha}$	=	Kapitalbedarf der zeitabhängig bewerteten Maschinen für die Flächenbearbeitung im Elementarprozess $N$ in €/ha
$B_j$	=	Bodenart auf Feldstück $j$
$fBt_n$	=	Bodenartabhängiger Korrekturfaktor für den Zeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Elementarprozess $N$
$MKf_{np}$	=	Kosten der flächenabhängig bewerteten Maschinen der Elementarprozesse $n$ des Produktionsverfahrens $P$ in €/ha
$KBf_{np}$	=	Kapitalbedarf der flächenabhängig bewerteten Maschinen der Elementarprozesse $n$ des Produktionsverfahrens $P$ in €/ha
$p_L$	=	Lohnsatz in €/h
$i$	=	Zinssatz in %
$fBt_p$	=	Bodenartabhängiger Korrekturfaktor für den Zeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren $P$

#### 2.2.2 Hangneigung

Während sich die Bodenart im Allgemeinen nur auf die Kosten von Produktionsverfahren mit wendender und durchmischender Bodenbearbeitung auswirkt, hat die Hangneigung der Feldstücke auch Einfluss auf die Kosten der Flächenbearbeitung in der Grünlandbewirtschaftung.

Durch die Bewirtschaftung hängiger Flächen entsteht ein erhöhter Arbeitszeit- und Zugkraftbedarf und die Arbeitsqualität wird gemindert (SCHMIDT, F., 2000, S.259; PFAHLER, K., 1986, S.128).

Bei der Bewirtschaftung von Hanglagen unterscheidet man die Fahrt in Hangrichtung („entlang der Falllinie“) und die Fahrt parallel zum Hang („entlang der Schichtlinie“). Die Einsatzgrenzen einzelner Elementarprozesse liegen bei Fahrt entlang der

Schichtlinie unterhalb Einsatzgrenzen bei der Bearbeitung entlang der Falllinie, da die Gefahr des Umkippens der Maschinen dort geringer ist. Aus Sicht des Schutzes vor Bodenerosion empfiehlt sich trotzdem die Bodenbearbeitung entlang der Schichtlinie (PFAHLER, K., 1986, S.125).

PFAHLER (1986) liefert für ackerbauliche Produktionsverfahren Anbaugrenzen in Abhängigkeit der Hangneigung. Er unterscheidet dabei die Kategorien „Maschinentechnisch beherrschbar“, „Maschinentechnisch erschwert beherrschbar“ und „Maschinentechnisch nicht mehr beherrschbar“. Er unterscheidet dabei das Arbeiten an der Schicht- und Falllinie.

Das KTBL (2002c, S.81) liefert für einzelne Elementarprozesse ackerbaulicher Produktionsverfahren in Abhängigkeit der Hangneigung Zuschläge für den Arbeitskraftbedarf und Einsatzgrenzen.

JACOB (2003, S.89) liefert Korrekturfaktoren für den Arbeitszeitbedarf, die Maschinenspezialkosten und Maschinenkapital für die Grünland-Produktionsverfahren Silagebereitung, Heubergung und Weidebetrieb.

Die Berechnung des Einflusses der Hangneigung des Feldstücks  $j$  auf die Verfahrenskosten kann anhand der genannten Korrekturfaktoren erfolgen. Um den Faktorbedarf der einzelnen Elementarprozesse Abhängigkeit der Hangneigung abzubilden, werden die Korrekturfaktoren für drei Geltungsbereiche definiert. Grundlage der Einteilung für jeden Elementarprozess sind die oben genannten Hangbereiche von PFAHLER (1986): „beherrschbar“, „erschwert beherrschbar“ und „nicht mehr beherrschbar“.

Der Arbeitszeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren  $P$  unter Berücksichtigung der Bodenart und der Hangneigung berechnet sich nach Gleichung 19.

**Gleichung 19 Arbeitszeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren  $P$  unter Berücksichtigung der Bodenart und der Hangneigung**

$$Tfl\ddot{a}che_{pj} = \sum B_j \times fBt_n \times H_{hj} \times fHt_{hm} \times Tfl\ddot{a}che_{nj}$$

$$= B_j^n \times fBt_p \times H_{hj} \times fHt_{hp} \times Tfl\ddot{a}che_{pj}$$

Darin sind:

$Tfl\ddot{a}che_{pj}$	=	Arbeitszeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in h
$B_j$	=	Bodenart auf Feldstück $j$
$fBt_n$	=	Bodenartabhängiger Korrekturfaktor für den Zeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Elementarprozess $N$
$fBt_p$	=	Bodenartabhängiger Korrekturfaktor für den Zeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren $P$
$H_{hj}$	=	Hangneigung auf Feldstück $j$
$fHt_{hm}$	=	Korrekturfaktor für den Zeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Elementarprozess $N$ für den Hangneigungsbereich $H$
$fHt_{hp}$	=	Korrekturfaktor für den Zeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren $P$ für den Hangneigungsbereich $H$
$Tfl\ddot{a}che_n$	=	Zeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Elementarprozess $N$ auf Feldstück $j$ bei ebener Fläche und mittleren Bodenverhältnissen in h
$Tfl\ddot{a}che_p$	=	Zeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren $P$ auf Feldstück $j$ bei ebener Fläche und mittleren Bodenverhältnissen in h

Die Verfahrenskosten der Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren  $P$  berechnen sich unter Berücksichtigung der Bodenart und der Hangneigung in Form von elementarprozessspezifischen Korrekturfaktoren nach Gleichung 20.

### Gleichung 20 Gesamtkosten der Flächenbearbeitung eines Produktionsverfahrens $P$ unter Berücksichtigung der Bodenart und der Hangneigung

$$\begin{aligned}
 Kfläche_{pj} &= B_j \times fBt_p \times H_{hj} \times fHt_{hp} \times Tfläche_{pj} \times p_L \\
 &+ B_j \times fBt_p \times H_{hj} \times fHt_{hp} \times MKtfläche_{pj} + MKf_p \\
 &+ (B_j \times fBt_p \times H_{hj} \times fHt_{hp} \times KBtfläche_p + KBf_p) \times i
 \end{aligned}$$

Darin sind:

$Kfläche_{pj}$	=	Kosten der Flächenbearbeitung im Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$Tfläche_{pj}$	=	Zeitbedarf Produktionsverfahren $P$ auf Feldstück $j$ in h
$MKtfläche_{pj}$	=	Kosten der flächenabhängig bewerteten Maschinen im Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$KBtfläche_{pj}$	=	Kapitalbedarf der flächenabhängig bewerteten Maschinen im Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$MKf_p$	=	Maschinenkosten der flächenabhängig bewerteten Maschinen auf Feldstück $j$ in €
$KBf_p$	=	Kapitalbedarf der flächenabhängig bewerteten Maschinen auf Feldstück $j$ in €
$B_j$	=	Bodenart auf Feldstück $j$
$fBt_p$	=	Korrekturfaktor für die Bodenart $B$ im Produktionsverfahren $P$
$H_{hj}$	=	Hangneigung auf Feldstück $j$
$fHt_p$	=	Korrekturfaktor für den Zeitbedarf für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren $P$ für den Hangneigungsbereich $H$
$p_L$	=	Lohnsatz in €/h
$i$	=	Zinssatz in %

Die Standortfaktoren Bodenart und Hangneigung beeinflussen die Kosten der Flächenbearbeitung. In Verfahren der Grünlandbewirtschaftung reduzieren sich die Bewirtschaftungserschwerisse auf den Standortparameter Hangneigung.

#### 2.2.3 Landschafts- und Feldstücksstruktur

Die Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege definiert Landschaft als einen durch die Struktur, den Landschaftsaufbau und die Funktion, den Landschaftshaushalt, geprägten, als Einheit aufzufassenden Ausschnitt der Erdoberfläche. Die Landschaft besteht dabei aus einem Gefüge von verschiedenen Ökotypen bzw. Ökosystemen (AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE, 1994, S. 65).

Die Landschaftsstruktur wird demnach durch die Geländetopografie und die räumliche Verteilung von natürlichen und baulichen Strukturelementen wie Gebirgen, Flüssen, Straßen, Wegen, Siedlungs- und Nutzflächen, Wäldern und Hecken bestimmt.

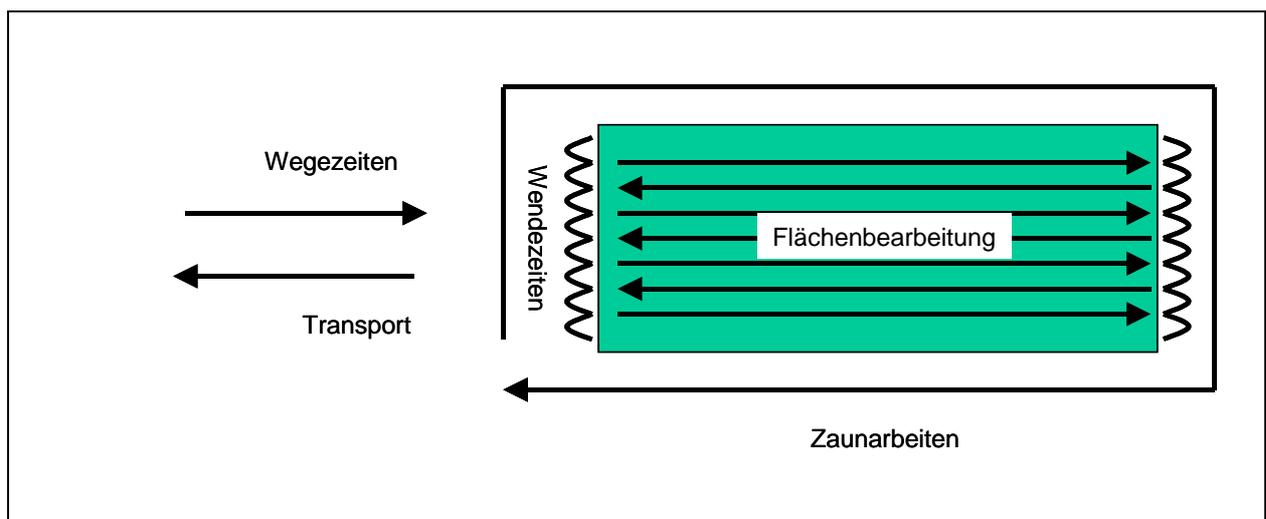
Die Feldstücksstruktur in einer Landschaft bezieht sich auf die Größe und Form der landwirtschaftlich genutzten Bewirtschaftungseinheiten innerhalb einer Landschaft. Sie ist Teil der Landschaftsstruktur. Ein Feldstück kann dabei von benachbarten Bewirtschaftungseinheiten oder durch landschaftliche Strukturelemente begrenzt werden. Die Begrenzungen sind entweder von der Natur vorgegeben und nicht veränderbar oder anthropogen bedingt und unter Aufwand zu entfernen.

Die Landschaft bildet zusammen mit der Feldstücksstruktur die naturräumlichen Gegebenheiten der flächengebundenen landwirtschaftlichen Produktion.

Um das Nutzungspotenzial einer Landschaft ökonomisch zu bewerten, muss der funktionale Zusammenhang zwischen Landschafts- und Feldstücksstruktur und den Produktionskosten landwirtschaftlicher Systeme analysiert werden.

Bei einer Analyse der Produktionskosten nach der Teilzeitmethode werden einzelne Arbeitsabläufe eines Verfahrens als eigenständige Zeitabschnitte ermittelt (KREHER et al., 1969).

Landwirtschaftliche Verfahren der Außenwirtschaft können zu diesem Zweck folgendermaßen schematisiert und in einzelne Zeitabschnitte unterteilt werden. Siehe Abbildung 4. Einzelne Zeitabschnitte können in einem Produktionsverfahren in Abhängigkeit der zugeordneten Elementarprozesse mehrfach auftreten oder ganz entfallen.



**Abbildung 4** Schema eines landwirtschaftlichen Produktionsverfahrens der Außenwirtschaft

(Quelle: Eigene Darstellung)

Der gesamte Arbeitskraftbedarf  $T_{nj}$  für einen Elementarprozess setzt sich aus der Zeit für An- und Abfahrt  $T_{weg_{nj}}$ , den Wendezeiten  $T_{wen_{nj}}$ , je nach Produktionsverfahren der Zeit für Zaunkontrolle und -reparatur  $T_{zaun_{nj}}$  und der Zeit für die Flächenbearbeitung  $T_{fläche_{nj}}$  zusammen und berechnet sich wie folgt:

**Gleichung 21 Gesamtarbeitszeitbedarf für einen Elementarprozess  $N$**

$$T_{nj} = T_{weg_{nj}} + T_{wen_{nj}} + T_{fläche_{nj}} + T_{zaun_{nj}}$$

Darin sind:

$T_{nj}$	=	Zeitbedarf für Elementarprozess $N$ auf Feldstück $j$ in h
$T_{weg_{nj}}$	=	Zeitbedarf für Transport, An- und Abfahrt im Elementarprozess $N$ auf Feldstück $j$ in h
$T_{wen_{nj}}$	=	Zeitbedarf für Wendevorgänge am Vorgewende im Elementarprozess $N$ auf Feldstück $j$ in h
$T_{fläche_{nj}}$	=	Zeitbedarf für Flächenbearbeitung im Elementarprozess $N$ auf Feldstück $j$ in h
$T_{zaun_{nj}}$	=	Zeitbedarf für Zaunarbeiten im Elementarprozess $N$ auf Feldstück $j$ in h

Die Verfahrenskosten eines Produktionsverfahrens  $P$  werden, wie bereits in den vorhergehenden Punkten erläutert, von den natürlichen Standortbedingungen Bodenart, Hangneigung und Ertrag beeinflusst.

In Abhängigkeit der Landschafts- und Feldstücksstruktur entstehen Kosten für Wege-, Transport- und Wendezeiten am Vorgewende in unterschiedlicher Höhe. Eine Vergrößerung der Feldstücke führt tendenziell zu einer Verminderung des Anteils der Wege-, Transport- und Wendezeiten am gesamten Arbeitszeitbedarf je Flächeneinheit.

Um kulturtechnische Maßnahmen, die der Strukturvergrößerung von landwirtschaftlichen genutzten Landschaften dienen und eventuell mit finanziellem Aufwand und der Reduzierung außerlandwirtschaftlicher Landschaftsfunktionen verbunden sind, mittels einer Kosten-Nutzen-Analyse bewerten zu können, müssen die Einsparpotenziale im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion gemessen werden.

Zu den kulturtechnischen Maßnahmen gehören die Begradigung und Verrohrung von Gewässern, der Rückbau von befestigten und unbefestigten Wegen und das Roden von Gehölz und Hecken.

JÄGER nennt vier vom Feldstück abhängige Einflussgrößen auf den Zeitbedarf eines Produktionsverfahrens (JÄGER, P., 1991, S.69):

- Hangneigung
- Bodenart
- Feldstücksgröße
- Hof-Feld-Entfernung

Der funktionale Zusammenhang zwischen Bodenart und Hangneigung und den Verfahrenskosten wurde in Gleichung 20 dargestellt.

In den folgenden Punkten soll der Einfluss der Standorteigenschaften Hof-Feld-Entfernung und Feldstücksgröße auf die Kosten landwirtschaftlicher Produktionsverfahren anhand funktionaler Zusammenhänge erläutert werden.

#### 2.2.3.1 Kostenfaktor Hof-Feld-Entfernung

Der Einfluss der Hof-Feld-Entfernung auf die Verfahrenskosten eines Produktionsverfahrens hängt vom Anteil der Elementarprozessstypen ‚Flächenbearbeitung‘, ‚Versorgung‘ und ‚Ernte‘ im Produktionsverfahren  $P$  ab.

Der funktionale Zusammenhang zwischen der Standorteigenschaft Hof-Feld-Entfernung und den Kosten der Elementarprozesse des Typs ‚Ernte‘ ist in Gleichung 13 beschrieben.

Im Folgenden wird der Einfluss der Hof-Feld-Entfernung auf die Verfahrenskosten der Elementarprozesse des Typs ‚Flächenbearbeitung‘ und ‚Versorgung‘ untersucht. Zum Typ ‚Flächenbearbeitung‘ gehören Elementarprozesse, bei denen, im Gegensatz zu den Elementarprozessen der Kategorien ‚Versorgung‘ und ‚Ernte‘, die Anzahl der Fahrten zum Feldstück weder durch den Ertrag, noch durch die Ladekapazität einer masseabhängig bewerteten Maschine bestimmt wird. Die Anzahl der Fahrten zum Feldstück entspricht der Anzahl der Elementarprozesse zu unterschiedlichen Zeitpunkten je Produktionsverfahren. Dies gilt zum Beispiel für die Elementarprozesse ‚Stoppelbearbeitung‘ und ‚Mähen von Grünland‘.

Der Zeitbedarf für die Wegstrecken der Elementarprozesse des Typs ‚Flächenbearbeitung‘ im Produktionsverfahrens  $P$  berechnen sich nach Gleichung 22.

**Gleichung 22** Zeitbedarf je Hektar für An- und Abfahrt in Elementarprozessen des Typs ‚Flächenbearbeitung‘ im Produktionsverfahren  $P$  auf Feldstück  $j$

$$T_{wegF_{pj,ha}} = \frac{2D_j}{FSg_j} \times \sum_{nfp} \frac{ANZ_{nfp}}{Ga_{nfp}}$$

Darin sind:

$T_{wegF_{pj,ha}}$	=	Zeitbedarf für An- und Abfahrt für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren $P$ auf Feldstück $j$ in h/ha
$Ga_{nfp}$	=	Anfahrtsgeschwindigkeit im Elementarprozess $N$ des Prozesstyps Flächenbearbeitung in km/h
$D_j$	=	Hof-Feld-Entfernung des Feldstücks $j$ in km
$FSg_j$	=	Größe des Feldstücks $j$ in ha
$ANZ_{nfp}$	=	Häufigkeit des Elementarprozesses $N$ des Prozesstyps Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren $P$

In Elementarprozessen des Typs ‚Flächenbearbeitung‘ verteilt sich der Arbeitszeitbedarf für die An- und Abfahrt auf die Feldstücksgröße. Mit zunehmender Feldstücksgröße reduziert sich der Anteil der Wegezeiten  $T_{wegF_p}$  am Gesamtarbeitszeitbedarf  $T_p$  des Produktionsverfahrens  $P$ .

Die gesamten Kosten für die Wegstrecken der Elementarprozesse des Typs ‚Flächenbearbeitung‘ im Produktionsverfahren  $P$  je Hektar berechnen sich nach Gleichung 23.

**Gleichung 23 Verfahrenskosten pro Hektar für An- und Abfahrt der Elementarprozesse des Typs Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren  $P$  auf Feldstück  $j$**

$$\begin{aligned}
 KwegF_{pj,ha} &= \frac{2 \times D_j}{FSg_j} \times p_L \times \sum_{nfp} \frac{ANZ_{nfp}}{Ga_{nfp}} \\
 &+ \frac{2 \times D_j}{FSg_j} \times \sum_{nfp} \frac{ANZ_{nfp} \times MKt_{nfp,h}}{Ga_{nfp}} \\
 &+ \frac{2 \times D_j}{FSg_j} \times i \sum_{nfp} \frac{ANZ_{nfp} \times KBt_{nfp,h}}{Ga_{nfp}}
 \end{aligned}$$

Darin sind:

$KwegF_{pj,ha}$	=	Verfahrenskosten für An- und Abfahrt für die Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren $P$ auf Feldstück $j$ in €/ha
$Ga_{nfp}$	=	Anfahrtsgeschwindigkeit im Elementarprozess $N$ des Prozesstyps Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren $P$ in km/h
$MKt_{nfp,h}$	=	Kosten der zeitabhängig bewerteten Maschinen im Elementarprozess $N$ des Typs Flächenbearbeitung des Produktionsverfahrens $P$ in €/h
$KBt_{nfp,h}$	=	Kapitalbedarf der zeitabhängig bewerteten Maschinen im Elementarprozess $N$ des Typs Flächenbearbeitung des Produktionsverfahrens $P$ in €/h
$p_L$	=	Lohnsatz in €/h
$i$	=	Zinssatz in %
$D_j$	=	Hof-Feld-Entfernung des Feldstücks $j$ in km
$FSg_j$	=	Größe des Feldstücks $j$ in ha
$ANZ_{nfp}$	=	Häufigkeit des Elementarprozesses $N$ des Prozesstyps Flächenbearbeitung im Produktionsverfahren $P$

Die Kosten für An- und Abfahrt je Hektar für die Elementarprozesse des Typs ‚Flächenbearbeitung‘ ist demnach neben der Hof-Feld-Entfernung auch von der Feldstücksgröße abhängig.

Elementarprozesse des Typs ‚Versorgung‘ dienen der Versorgung der Fläche mit Betriebsmitteln, zum Beispiel Wirtschaftsdüngern. Die Anzahl der Fahrten zum Feldstück wird durch die Ladekapazität der Maschine  $M_{V_{nv}}$  und die Ausbringmenge  $AW_{nv}$  im jeweiligen Elementarprozess  $N_V$  bestimmt. Zum Prozesstyp ‚Versorgung‘ gehören zum Beispiel die Elementarprozesse Dünger streuen ab Hof, Pflanzenschutz ab Hof oder Saatguttransport zum Feld. Der Transport des jeweiligen Betriebsmittels kann dabei mit der Maschine erfolgen, die das Betriebsmittel auf der Fläche verteilt (Güllefass, Düngerstreuer, Sämaschine, Pflanzenschutzspritze) oder in einem gesonderten Transportprozess mit speziellen Maschinen (Kipper, Frontladerschaufel, Tankwagen). In diesem Fall werden die Elementarprozesse des Prozesstyps ‚Versorgung‘ (z.B. Dünger streuen ab Hof) zu Elementarprozessen des Prozesstyps ‚Flächenbearbeitung‘ (z.B. Dünger streuen ab Feldrand) mit einem

gesonderten Elementarprozess des Prozesstyps ‚Versorgung‘ (z.B. Düngertransport zum Feldrand).

Die Anzahl der Anfahrten je Hektar im Elementarprozess  $N_v$  berechnen sich nach Gleichung 24.

**Gleichung 24 Anzahl der Fahrten pro Hektar im Elementarprozess  $N$  des Prozesstyps Versorgung auf Feldstück  $j$**

$$ANZ_{nvj,ha} = \left[ \text{ceiling} \left[ \left( \frac{AW_{nv,ha}}{NM_{nv,Mt}} \right) \times FSg_j \right] \right] \times \frac{1}{FSg_j}$$

Darin sind:

$ANZ_{nvj,ha}$	=	Anzahl der Anfahrten zum Feldstück im Elementarprozess $N$ des Typs $v$ pro Hektar
$FSg_j$	=	Größe des Feldstücks $j$ in ha
$AW_{nv,ha}$	=	Betriebsmittelaufwand pro ha im Elementarprozess $N$ des Typs $v$ in dt
$NM_{mt}$	=	Nutzmasse der Maschine $Mt$ in dt

Die Funktion ceiling drückt aus, dass bei einem gegebenen nicht ganzzahligen Wert, die nächst größere ganze Zahl eingesetzt wird. Der Wert 1,1 wird durch zwei ersetzt, der Wert 1,0 bleibt 1. Der Effekt des Aufrundens geht bei großen Feldstücken gegen null, so dass die Feldstücksgröße bei steigender Feldstücksgröße an Einfluss auf die Anzahl der Fahrten pro Hektar verliert und sich dem Wert

$$ANZ_{nv,ha} = \left( \frac{AW_{nv,ha}}{NM_{nv,mt}} \right) \text{ annähert.}$$

Der Arbeitszeitbedarf in einem Produktionsverfahren  $P$  für die Flächenversorgung mit Betriebsmitteln berechnet sich ohne Berücksichtigung der Fahrten mit suboptimaler Beladung nach Gleichung 25.

**Gleichung 25 Zeitbedarf für Betriebsmitteltransporte im Produktionsverfahren  $P$  auf Feldstück  $j$** 

$$T_{weg}V_{pj} = FSg_j \times D_j \times \sum_{nv} \left( \frac{AW_{nv,ha}}{NM_{nv,Mt}} \right) = FSg_j \times D_j \times \sum_{nv} \frac{ANZ_{nv,ha}}{Ga_{nv}}$$

Darin sind:

$T_{weg}V_{pj}$	=	Zeitbedarf für Betriebsmitteltransporte im Produktionsverfahren $P$ auf Feldstück $j$ in h
$FSg_j$	=	Größe des Feldstücks $j$ in ha
$D_j$	=	Hof-Feld-Entfernung des Feldstücks $j$ in km
$AW_{nv,ha}$	=	Betriebsmittelaufwand pro ha im Elementarprozess $N$ des Prozesstyps $\nu$ in dt
$NM_{nv,Mt}$	=	Nutzmasse der Maschine $Mt$ in dt
$Ga_{nv}$	=	Anfahrtsgeschwindigkeit im Elementarprozess $N$ des Prozesstyps $\nu$ Flächenversorgung in km/h
$ANZ_{nv,ha}$	=	Häufigkeit des Elementarprozesses $N$ des Prozesstyps $\nu$ Flächenversorgung pro Hektar

Die Kosten für die Betriebsmitteltransporte über die Elementarprozesse des Typs ‚Versorgung‘ im Produktionsverfahren  $P$  berechnen sich nach Gleichung 26.

**Gleichung 26 Verfahrenskosten für die Betriebsmitteltransporte im Produktionsverfahren  $P$  auf Feldstück  $j$** 

$$\begin{aligned} K_{weg}V_{p,j} &= FSg_j \times D_j \times p_L \sum_{nv} \frac{ANZ_{nv,ha}}{Ga_{nv}} \\ &+ FSg_j \times D_j \times \sum_{nv} \frac{ANZ_{nv,ha} \times MKt_{nv,h}}{Ga_{nv}} \\ &+ FSg_j \times D_j \times i \sum_{nv} \frac{ANZ_{nv,ha} \times KBt_{nv,h}}{Ga_{nv}} \end{aligned}$$

Darin sind:

$K_{weg}V_{p,j}$	=	Kosten für die Betriebsmitteltransporte im Produktionsverfahren $P$ auf Feldstück $j$ in €
$FSg_j$	=	Größe des Feldstücks $j$ in ha
$D_j$	=	Hof-Feld-Entfernung des Feldstücks $j$ in km
$ANZ_{nv,ha}$	=	Häufigkeit des Elementarprozesses $N$ des Prozesstyps $\nu$ Flächenversorgung pro Hektar
$Ga_{nv}$	=	Anfahrtsgeschwindigkeit im Elementarprozess $N$ des Prozesstyps Flächenversorgung in km/h
$MKt_{nv,h}$	=	Kosten der zeitabhängig bewerteten Maschinen im Elementarprozess $N$ des Prozesstyps $\nu$ des Produktionsverfahrens $P$ in €/h
$KBt_{nv,h}$	=	Kapitalbedarf der zeitabhängig bewerteten Maschinen im Elementarprozess $N$ des Prozesstyps $\nu$ des Produktionsverfahrens $P$ in €/h
$p_L$	=	Lohnsatz in €/h
$i$	=	Zinssatz in %

In Elementarprozessen des Typs ‚Versorgung‘ bleiben die Kosten mit steigender Feldstücksgröße für die Transporte der Betriebsmittel je Hektar, abgesehen vom Anteil der Fahrten mit suboptimaler Beladung, konstant.

Sie ergeben sich vielmehr als Funktion der Hof-Feld-Entfernung, der Nutzmasse der eingesetzten Maschinen, der Aufwandmenge und der Anfahrtsgeschwindigkeit.

Die Hof-Feld-Entfernung wirkt sich demnach vor allem auf Produktionsverfahren mit hohem Transportbedarf für Erntegut und Betriebsmittel aus. In Elementarprozessen des Typs ‚Flächenbearbeitung‘ nimmt der Einfluss der Hof-Feld-Entfernung auf die Verfahrenskosten je Hektar mit steigender Feldstücksgröße ab.

### 2.2.3.2 Kostenfaktor Feldstücksgröße

Neben der in Gleichung 23 beschriebenen kostensenkenden Wirkung großer Feldstücke bezüglich der Wegekosten je Hektar in Elementarprozessen des Typs ‚Flächenbearbeitung‘ reduzieren sich mit steigender Feldstücksgröße die Kosten für Wendevorgänge am Vorgewende und die Arbeits-, Kapital- und Sachkosten in Elementarprozessen des Typs ‚Weide‘.

Mit steigender Feldstücksgröße sinkt bei gegebenem Längen-Breiten-Verhältnis das Verhältnis der Feldstücksbreite  $FSb_j$  zur Feldstücksgröße  $FSg_j$  ab.

Der Arbeitszeitbedarf für das Wenden am Vorgewende errechnet sich aus der Feldstücksbreite  $FSb_j$  und dem Arbeitszeitbedarf je Meter Vorgewende. Der Zeitbedarf fürs Wenden  $T_{wen_{nj}}$  im Elementarprozess  $N$  auf Feldstück  $j$  ist von der Arbeitsbreite  $AB_n$  und dem Arbeitszeitbedarf je Wendevorgang  $T_{wv_n}$  abhängig. Der Zeitbedarf für die Wendevorgänge in einem Elementarprozess  $N$  je Meter Vorgewende berechnet sich nach Gleichung 27.

**Gleichung 27 Arbeitszeitbedarf für Wendevorgänge je Meter Feldstücksbreite im Elementarprozess  $N$**

$$T_{wen_{n,m}} = \frac{T_{wv_n}}{AB_n}$$

Darin sind:

$T_{wen_{n,m}}$	=	Zeitbedarf für einen Wendevorgang im Elementarprozess $N$ in h/m
$T_{wv_n}$	=	Arbeitszeitbedarf für einen Wendevorgang am Vorgewende im Elementarprozess $N$ in h
$AB_n$	=	Arbeitsbreite des Elementarprozesses $N$ in m

Von dem Arbeitszeitbedarf für das Wenden je Meter Vorgewende leiten sich die Gesamtkosten der Wendevorgänge in einem Produktionsverfahren  $P$  auf Feldstück  $j$  pro Hektar ab. Siehe Gleichung 28.

**Gleichung 28** Verfahrenskosten für die Wendevorgänge im Produktionsverfahren  $P$  auf Feldstück  $j$  pro Hektar

$$\begin{aligned}
 Kwen_{pj,ha} &= \frac{FSb_j}{FSg_j} \times p_L \times \sum_n \frac{Twv_{n,p}}{AB_{n,p}} \\
 &+ \frac{FSb_j}{FSg_j} \times \sum_n \frac{Twv_{n,p} \times MKt_{n,p,h}}{AB_{n,p}} \\
 &+ \frac{FSb_j}{FSg_j} \times i \times \sum_n \frac{Twv_{n,p} \times KBt_{n,p,h}}{AB_{n,p}}
 \end{aligned}$$

Darin sind:

$Kwen_{pj,ha}$	=	Verfahrenskosten für die Wendevorgänge im Produktionsverfahren $P$ auf Feldstück $j$ in €/ha
$FSb_j$	=	Breite des Feldstücks $j$ in m
$FSg_j$	=	Größe des Feldstücks $j$ in ha
$Twv_{np}$	=	Arbeitszeitbedarf für einen Wendevorgang am Vorgewende im Elementarprozess $N$ des Produktionsverfahrens $P$ in h/m
$MKt_{nph}$	=	Kosten der zeitabhängig bewerteten Maschinen des Elementarprozesses $N$ des Produktionsverfahrens $P$ in €/h
$KBt_{nph}$	=	Kapitalbedarf der zeitabhängig bewerteten Maschinen des Elementarprozesses $N$ des Produktionsverfahrens $P$ in €/h
$AB_{np}$	=	Arbeitsbreite des Elementarprozesses $N$ des Produktionsverfahrens $P$ in m
$p_L$	=	Lohnsatz in €/h
$i$	=	Zinssatz in %

Mit steigender Feldstückgröße und gegebenem Längen-Breiten-Verhältnis sinkt das Verhältnis von Feldstücksbreite  $FSb$  zur Feldstückgröße  $FSg$  und entsprechend die damit verbundenen Kosten für Wendevorgänge am Vorgewende.

Der Arbeitszeitbedarf für Zaunkontrolle, Zaunbau und Zaunreparatur leitet sich vom Feldstückumfang und der Arbeitsgeschwindigkeit bei den Zaunarbeiten ab. Siehe hierzu Gleichung 29.

**Gleichung 29** Arbeitszeitbedarf für Zaunkontrolle und -reparatur je km Zaun im Elementarprozess  $N_z$

$$Tz_{aun}_{nz} = \frac{ANZ_{nz}}{Gz_{nz}}$$

Darin sind:

$Kz_{aun}_{nz}$	=	Zeitbedarf für Zaunkontrolle und -reparatur im Elementarprozess $N$ des Prozesstyps ‚Weide‘ in h/km
$ANZ_{nz}$	=	Häufigkeit des Elementarprozesses $N$ des Prozesstyps ‚Weide‘
$Gz_{nz}$	=	Arbeitsgeschwindigkeit bei Zaunkontrolle und -reparatur im Elementarprozess $N_z$ in km/h

Die Kosten für das Zaunmaterial pro Hektar entsprechen dem Zinsansatz und der Abschreibung für Abnutzung. Sie leiten sich vom Feldstücksumfang, den Sachkosten je Meter und dem Nutzungspotenzial in Jahren ab.

Die Gesamtkosten je Hektar für den Zaun im Produktionsverfahren  $P$  berechnet sich nach Gleichung 30.

**Gleichung 30 Zaunkosten je Hektar im Produktionsverfahren  $P$  auf Feldstück  $j$**

$$K_{zaun_{pj,ha}} = \frac{FSu_j}{FSg_j} \times \frac{ANZ_{nz,p}}{Gz_{nz,p}} \times p_L + \frac{FSu_j}{FSg_j} \times \frac{Kzm}{NP_z} + 0,5 \times \frac{FSu_j \times Kzm}{FSg_j} \times i$$

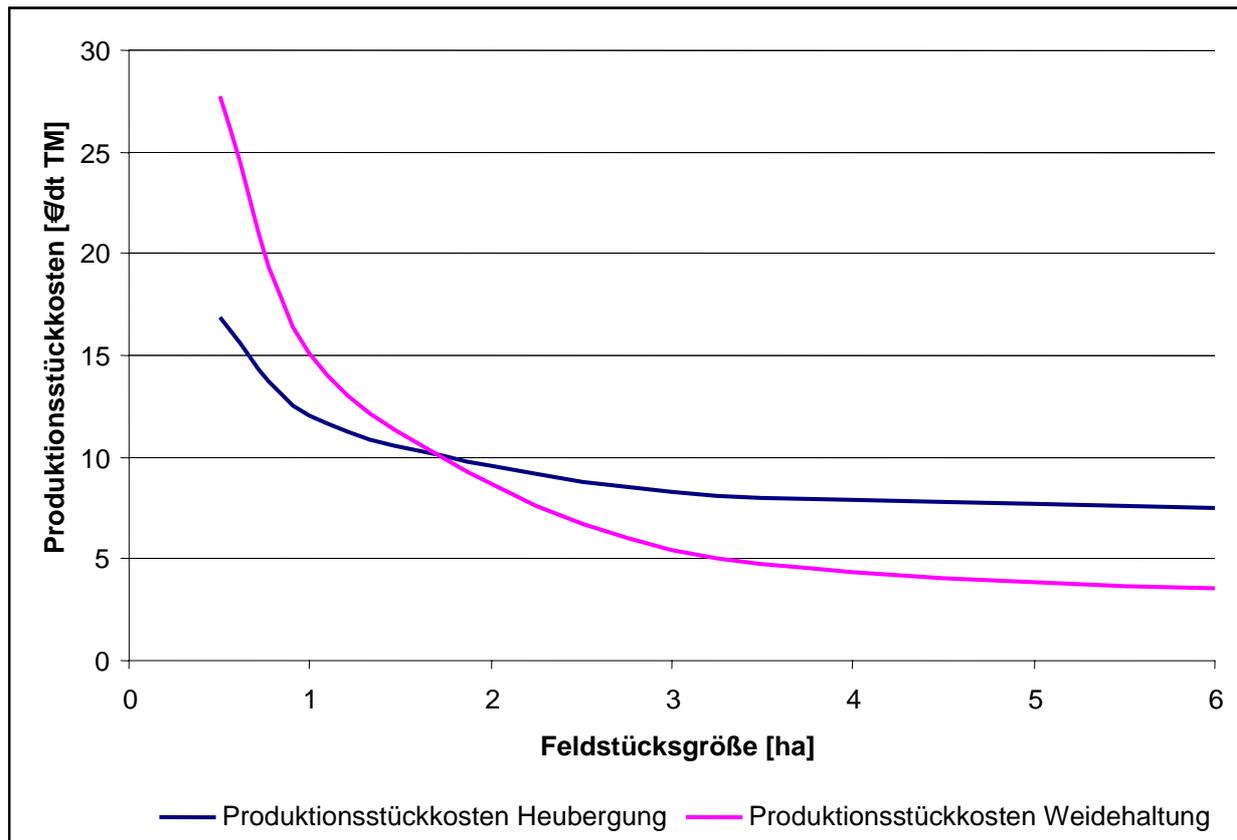
Darin sind:

$K_{zaun_{pj}}$	=	Zaunkosten im Produktionsverfahren $P$ auf Feldstück $j$ in €/ha
$FSu_j$	=	Umfang des Feldstücks $j$ in km
$FSg_j$	=	Größe des Feldstücks $j$ in ha
$ANZ_{nz,p}$	=	Häufigkeit des Elementarprozesses $N_z$ im Produktionsverfahren $P$
$i$	=	Zinssatz in %
$p_L$	=	Lohnsatz in €/h
$Kzm$	=	Kosten des Zaunmaterials in €/km
$NP_z$	=	Nutzungspotenzial des Zauns in Jahren
$Gz_{nz,p}$	=	Arbeitsgeschwindigkeit bei Zaunkontrolle und -reparatur im Elementarprozess $N_z$ in km/h

Die Lohn- und Sachkosten je Hektar in Elementarprozessen des Typs ‚Zaun‘ sinken mit steigender Feldstücksgröße.

Die Verfahrenskosten der Außenwirtschaft sinken durch größere Feldstücke vor allem in Produktionsverfahren mit einem hohen Anteil an Elementarprozessen des Typs ‚Flächenbearbeitung‘ und ‚Weide‘, da sich die notwendigen Wegezeiten auf eine größere Fläche verteilen.

In besonderem Maße hängt die Wirtschaftlichkeit von Weidehaltungssystemen von großen Feldstücken ab, da die Kosten für regelmäßige Versorgungs- und Kontrollfahrten je Flächeneinheit mit zunehmender Feldstücksgröße abnehmen (vgl. KUHLMANN, F. et al., 2005, S. 18). In Abbildung 5 werden die Produktionsstückkosten des Grundfutters über die Verfahren ‚Weidehaltung‘ und ‚Heubergung‘ in Abhängigkeit der Feldstücksgröße dargestellt. Es wurde eine Hof-Feld-Entfernung von 2 Kilometern und ein Bruttoertrag von 50 dt Trockenmasse unterstellt.



**Abbildung 5 Produktionsstückkosten der Grundfutterbereitstellung in den Verfahren Heubergung und Weidehaltung in Abhängigkeit der Feldstückgröße**

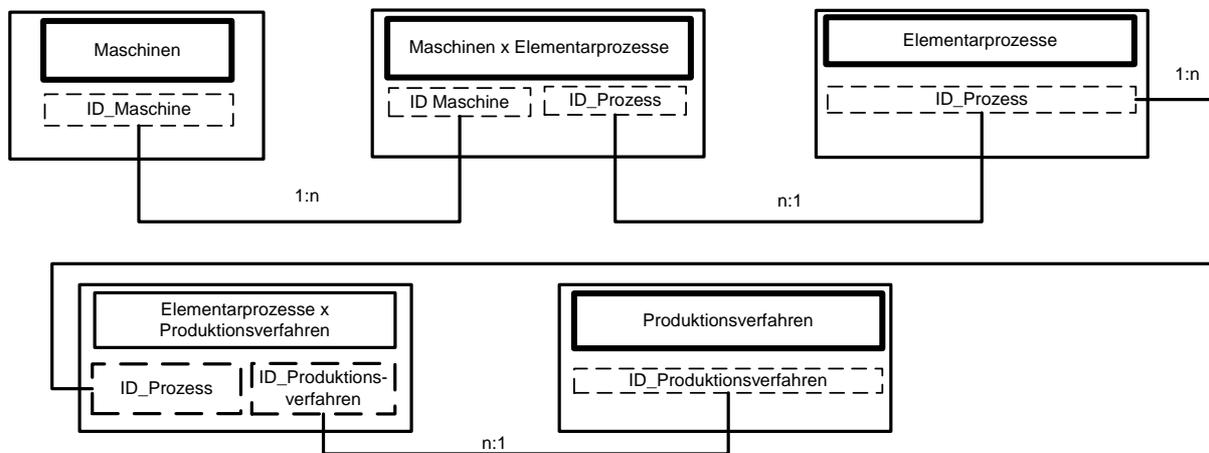
(Quelle: Eigene Darstellung; Berechnungen in REVA auf der Basis von KTBL MaKost 3.1, 2002)

Die Kosten der Grundfutterbereitstellung über das Verfahren ‚Weidehaltung‘ werden stärker von der Feldstückgröße beeinflusst, als das im Verfahren ‚Heubergung‘ der Fall ist. Erst ab einer Feldstückgröße von etwa 2 Hektar ist es günstiger, das Futter über das Verfahren Weidehaltung bereitzustellen.

#### 2.2.4 Räumlich explizite Verfahrenskosten der Außenwirtschaft: Die Datenbank REVA

Die Datenbank REVA wurde erstellt, um für landwirtschaftliche Produktionsverfahren die Kennzahlen zu ermitteln, die notwendig sind, um unter Berücksichtigung der kostenrelevanten Standortattribute anhand der in den Punkten 2.2.1, 2.2.2, und 2.2.3 hergeleiteten Rechenalgorithmen räumlich explizit die Verfahrenskosten zu ermitteln. Die verfahrensspezifischen Kennzahlen, die unter Einbeziehung von Daten des Maschinenkostenkalkulationsprogramms Makost 3.1 des KTBL (2002b) berechnet werden, gehen in die Bodenrentenberechnung des Modells ProLand ein.

In Abbildung 6 ist die Struktur der Datenbank REVA dargestellt.



**Abbildung 6 Datenstruktur in REVA**

In der Datenbank REVA sind in der Entität *Maschinen* die Attribute der Maschinen hinterlegt, die zur Ermittlung der Kosten je Standardnutzungseinheit (ST\_N\_E) notwendig sind. Die Daten entsprechen der Datenbasis des Maschinenkostenkalkulationsprogramms MAKOST 3.1 (KTBL, 2002b).

**Tabelle 1 Attribute der Entität *Maschinen***

Attribut	Abkürzung	Einheit	Quelle
ID_Maschine	$ID_{M_m}$		-
Name_Maschine	$Name_m$		-
Standardnutzungseinheit	$STNE_m$	Text	KTBL MaKost Version 3.1
Anschaffungspreis	$P_m$	€	KTBL MaKost Version 3.1
Versicherung	$Versich_m$	€/ST_N_E	KTBL MaKost Version 3.1
Nutzungsdauer nach Jahren	$N_m$	Jahre	KTBL MaKost Version 3.1
Auslastung	$N_{Leistung_m}$	ST_N_E/Jahr	KTBL MaKost Version 3.1
Betriebsstoffkosten	$BS_{Kost_m}$	€/ST_N_E	KTBL MaKost Version 3.1
Reparaturkosten	$Rep_{Kost_m}$	€/ST_N_E	KTBL MaKost Version 3.1

Anhand der Attribute der Maschinen werden die Kosten je Standardnutzungseinheit nach Gleichung 31 berechnet. Die Standardnutzungseinheit stellt die Bewertungsgrundlage der Maschinen dar. Je nach Maschine werden die Kosten und der Kapitalbedarf je Stunde, je Hektar oder je Masseinheit ermittelt.

Die Maschinenkosten und der Kapitalbedarf je Standardnutzungseinheit berechnen sich nach Gleichung 31 und Gleichung 32.

**Gleichung 31 Maschinenkosten je Standardnutzungseinheit**

$$MK_{m,STNE} = \frac{P_m}{N_{m,STNE} \times N\_Leistung_{m,STNE}} + BS\_Kost_{m,STNE} + R\_Kost_{m,STNE}$$

**Gleichung 32 Kapitalbedarf je Standardnutzungseinheit**

$$KB_{m,STNE} = \frac{0,5 \times P_m}{N\_Leistung_{m,STNE}}$$

Darin sind:

*Beschreibung der Variablen der Gleichungen 31 und 32 in Tabelle 1.*

Die einzelnen Maschinen werden über die Entität ‚Maschinen\_Elementarprozesse‘ den jeweiligen Elementarprozessen zugeordnet.

**Tabelle 2 Attribute der Entität *Maschinen\_Elementarprozesse***

Attribut	Abkürzung
ID_Maschine	<i>ID_M<sub>m</sub></i>
ID_Elementarprozess	<i>ID_P<sub>n</sub></i>
Prozesstyp	<i>P<sub>t</sub></i>

Die Entität Prozesse enthält, aufgegliedert in die einzelnen Elementarprozesstypen ‚Flächenbearbeitung‘, ‚Versorgung‘ und ‚Ernte‘, alle Attribute, die zur Berechnung der Einsatzzeiten in Abhängigkeit der natürlichen und naturräumlichen Standorteigenschaften notwendig sind. Die Attribute Arbeitsgeschwindigkeit, Anfahrtsgeschwindigkeit und Wendezeiten am Vorgewende sind der Datenbank des Programms AVOR Win 2.0 des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft entnommen (KTBL, 2002a).

**Tabelle 3 Attribute der Entität *Elementarprozesse***

Attribut	Abkürzung	Einheit	Quelle
ID_Elementarprozess	$ID_{P_n}$	-	-
Name_Elementarprozess	$Name_{P_n}$	-	-
Arbeitsbreite	$AB_n$	m	KTBL MaKost Version 3.1
Arbeitsgeschwindigkeit	$Ga_n$	Km/h	KTBL AVOR Win Version 2.0
Anfahrtsgeschwindigkeit	$Gf_n$	Km/h	KTBL AVOR Win Version 2.0
Wendezeit am Vorgewende	$WZ_n$	min/Vorgang	KTBL AVOR Win Version 2.0
Nutzmasse	$NM_n$	dt oder m <sup>3</sup>	KTBL AVOR Win Version 2.0
Ausbringmenge	$AM_n$	dt	-
Prozesstyp	$PT_n$	-	-

Durch die Verknüpfung der Attribute der Entität ‚Maschinen‘ mit der Entität ‚Elementarprozesse‘ über Abfragen, werden die elementarprozessspezifischen Kennzahlen ermittelt, die zur Berechnung der räumlich expliziten Prozesskosten über die in den vorhergehenden Punkten hergeleiteten Rechenalgorithmen notwendig sind.

Die Elementarprozesse werden über die Entität ‚Elementarprozesse\_Produktionsverfahren‘ den Produktionsverfahren zugewiesen.

**Tabelle 4 Attribute der Entität *Elementarprozesse\_Produktionsverfahren***

Attribut	Abkürzung
ID_Elementarprozess	$ID_{P_n}$
ID_Produktionsverfahren	$ID_{PV_p}$
Anzahl des Prozesses je Produktionsverfahren	$ANZ_n$

Durch die Verknüpfung der Attribute der Entität ‚Elementarprozesse‘ und der Entität ‚Produktionsverfahren‘ ergeben sich die Attribute der Produktionsverfahren, die in die Berechnung der räumlich expliziten Verfahrenskosten eingehen.

Sieh hierzu Tabelle 5.

**Tabelle 5 Kennzahlen der Produktionsverfahren**

Attribut	Abkürzung	Einheit
ID_Produktionsverfahren	$ID_p$	
Zeitbedarf für Flächenbearbeitung	$T_{fläche,p,ha}$	h/ha
Zeitbedarf für Anfahrt zur Flächenbearbeitung	$T_{weg}F_p$	h/km
Zeitbedarf für Anfahrt zur Flächenversorgung	$T_{weg}V_{p,ha}$	h/km*ha
Zeitbedarf für Anfahrt zur Ernte	$T_{weg}E_{p, km dt}$	h/km*dt
Zeitbedarf für Wendevorgänge	$T_{wen}_{p,m}$	h/m
Zeitbedarf für Zaunkontrolle und -reparatur	$T_{zaun}_{p,m}$	h/m
Zeitabhängige Maschinenkosten für Flächenbearbeitung	$MKtF_{p,ha}$	€/ha
Zeitabhängige Maschinenkosten für Anfahrt zur Flächenbearbeitung	$MKt_{weg}F_{p,km}$	€/km
Zeitabhängige Maschinenkosten für Anfahrt zur Flächenversorgung	$MKt_{weg}V_{p,km ha}$	€/km*ha
Zeitabhängige Maschinenkosten für Anfahrt zur Ernte	$MKt_{weg}E_{p, km dt}$	€/km*dt
Zeitabhängige Maschinenkosten für Wendevorgänge	$MKt_{wen}_{p, m}$	€/m
Flächenabhängige Maschinenkosten	$Mkf_{p,ha}$	€/ha
Ertragsabhängige Maschinenkosten	$Mke_{p,dt}$	€/dt
Masseabhängige Maschinenkosten	$MKm_{p,ha}$	€/ha
Zaunkosten	$K_{zaun}_{p,m}$	€/m FSu
Zeitabhängiger Kapitalbedarf für Flächenbearbeitung	$KBtF_{p,ha}$	€/ha
Zeitabhängiger Kapitalbedarf für Anfahrt zur Flächenbearbeitung	$KBt_{weg}F_{p,km}$	€/Km
Zeitabhängiger Kapitalbedarf für Anfahrt zur Flächenversorgung	$KBt_{weg}V_{p,km ha}$	€/km*ha
Zeitabhängiger Kapitalbedarf für Anfahrt zur Ernte	$KBt_{weg}E_{p, km dt}$	€/km*dt
Kapitalbedarf für Wendevorgänge	$KBt_{wen}_{p,m}$	€/m
Kapitalbedarf der flächenabhängig bewerteten Maschinen je Hektar	$KBf_{p,ha}$	€/ha
Kapitalbedarf je Masseeinheit	$KBm_{p,dt}$	€/dt
Kapitalbedarf je Ertragseinheit	$KBe_{p,dt}$	€/dt TM
Bodenartabhängiger Zeitbedarfsfaktor für Bodenart B	$fTb_{bp}$	-
Hangneigungsabhängiger Zeitbedarfsfaktor für Hangneigungsbereich H	$fTh_{hp}$	-

Durch die in der Tabelle ‚Attribute der Produktionsverfahren‘ hinterlegten Kennzahlen können in Abhängigkeit der Standortparameter Ertrag, Feldstücksgröße, Feldstücksbreite, Feldstücksumfang, Hof-Feld-Entfernung, Bodenart und

Hangneigung und in Abhängigkeit der Faktorpreise räumlich explizit die Verfahrenskosten sämtlicher in der Datenbank integrierter Produktionsverfahren ermittelt werden. Die standardisierte Form der Datenverwaltung in der Datenbank ‚REVA‘ bietet die Möglichkeit einer Veränderung und Anpassung der in ProLand integrierten Produktionsverfahren im Bereich der eingesetzten Maschinen und der Elementarprozesse.

Siehe hierzu Gleichung 33.

### Gleichung 33 Standortabhängige Verfahrenskosten der Außenwirtschaft

$$\begin{aligned}
KV_{pj} &= FSg_j \times Tfläche_{p,ha} \times B_j \times fBT_{bp} \times H_j \times fHT_{hp} \times p_L \\
&+ \frac{D_j}{FSg_j} \times TwegF_{p,km} \times p_L + y_{kj} \times D_j \times TwegE_{p,dt,km} \times p_L + D_j \times TwegV_{p,km,ha} \times p_L \\
&+ FSb_j \times Twen_{p,meter} \times p_L + FSu_j \times Tzaun_{p,km} \times p_L \\
&+ FSg_j \times MKtf_{p,ha} \times B_j \times fBT_{bp} \times H_j \times fHT_{hp} \\
&+ \frac{D_j}{FSg_j} \times MKtwegF_{p,km} + y_{kj} \times D_j \times MKtwegE_{p,km} + D_j \times MKtwegV_{p,km,ha} \\
&+ FSb_j \times MKtwn_{p,m} + y_{kj} \times MKe_p + FSg_j \times MKm_{p,ha} + FSg_j \times MKf_{p,ha} \\
&+ FSu_j \times Kzaun_{p,ha} + FSg_j \times KBtfläche_{p,ha} \times B_j \times fBT_p \times H_j \times fHT_{hp} \times i \\
&+ \frac{D_j}{FSg_j} \times KBtwegF_{p,km} \times i + y_{kj} \times D_j \times KBtwegE_{p,dt,km} \times i \\
&+ D_j \times KBtwegV_{p,km,ha} \times i + FSb_j \times KBtwn_{p,m} \times i \\
&+ y_{kj} \times D_j \times KBe_{p,dt} \times i + FSg_j \times KBm_{p,ha} \times i + FSg_j \times KBf_p \times i \\
&+ FSu_j \times KBzaun_p \times i + y_{kj} \times SKe_{kp}
\end{aligned}$$

Darin sind:

$KV_{pj}$	=	Verfahrenskosten des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$D_j$	=	Hof-Feld-Entfernung des Feldstücks $j$ in km
$FSg_j$	=	Größe des Feldstücks $j$ in ha
$FSb_j$	=	Breite des Feldstücks $j$ in m
$FSu_j$	=	Umfang des Feldstücks $j$ in km
$SKe_k$	=	Kosten für Nährstoffe und PSM der Kulturpflanze $k$ in in €/dt Ertrag
$p_L$	=	Lohnsatz in €/h
$i$	=	Zinssatz in %

Fehlende Variablen sind in Tabelle 5 definiert.

Die Bodenrente des Produktionsverfahrens  $P$  berechnet sich nach Ermittlung der räumlich expliziten Verfahrenskosten als Differenz der Erlöse und der gesamten Verfahrenskosten. Siehe hierzu Gleichung 34.

**Gleichung 34 Bodenrente des Produktionsverfahren  $P$  auf Standort  $j$  III**

$$BR_{pj} = y_{kj} \times p_k - SK_{pj} - LA_{pj} - ZA_{pj}$$

$$= y_{kj} \times p_k - KV_{pj}$$

Darin sind:

$BR_{pj}$	=	Bodenrente des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €
$y_{kj}$	=	Ertrag der Kulturpflanze $k$ auf Feldstück $j$
$SK_{pj}$	=	Sachkosten des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €/ha
$LA_{pj}$	=	Lohnansatz des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €/ha
$ZA_{pj}$	=	Zinsansatz des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €/ha
$KV_{pj}$	=	Standortabhängige Verfahrenskosten des Produktionsverfahrens $P$ auf Feldstück $j$ in €/ha

### 2.2.5 Bewertung von landwirtschaftlichen Produktionsstandorten mit Isobodenrentenfunktionen

Aus den produktionstechnischen Analysen der vorausgegangenen Punkte ergibt sich der funktionale Zusammenhang zwischen natürlichen und naturräumlichen Einflussfaktoren und den Produktionskosten landwirtschaftlicher Produktionsverfahren.

Durch die Herleitung verfahrensspezifischer Kennzahlen werden in Abhängigkeit der natürlichen und naturräumlichen Standorteigenschaften die Produktionskosten berechnet.

Zur ökonomischen Analyse von landwirtschaftlich genutzten Landschaften mit dem Ziel, Grenzstandorte zu bestimmen, ist eine grafische Darstellung hilfreich, welche den Bezug zwischen den raumvarianten Standortbedingungen und den notwendigen Leistungen herstellt, die zur Erwirtschaftung einer positiven Bodenrente in einem definierten Landnutzungssystem führen.

Um den funktionalen Zusammenhang zwischen dem Ertrag, der zur Erwirtschaftung einer Bodenrente von Null erzielt werden muss, und der Feldstücksgröße abzubilden, werden zunächst die ertragsabhängigen Kostenbestandteile der Gleichung 33 von den ertragsunabhängigen Kostenbestandteilen getrennt.

Dadurch ergibt sich vereinfacht Gleichung 35.

### Gleichung 35 Bodenrente des Produktionsverfahrens $P$ auf Standort $j$ unter Berücksichtigung ertragsabhängiger Lohn-, Sach- und Zinskosten

$$BR_{pj} = y_{kj} \times p_k - SKf_{pj} - y_{kj} \times SKe_p - LAf_{pj} - y_{kj} \times LAe_p - ZAf_{pj} - y_{kj} \times Z Ae_p$$

Darin sind:

$BR_{pj}$	=	Bodenrente des Produktionsverfahrens $P$ auf Standort $j$ in €
$y_{kj}$	=	Ertrag der Kulturpflanze $k$ auf Standort $j$ pro Hektar in dt
$p_k$	=	Marktpreis der Kulturpflanze $k$ in €/dt
$SKf_{pj}$	=	Ertragsunabhängige Sachkosten des Produktionsverfahrens $P$ auf Standort $j$ in €
$SKe_p$	=	Ertragsabhängige Sachkosten des Produktionsverfahrens $P$ in €/dt Ertrag
$LAf_{pj}$	=	Ertragsunabhängige Lohnkosten des Produktionsverfahrens $P$ auf Standort $j$ in €
$LAe_p$	=	Ertragsabhängige Lohnkosten des Produktionsverfahrens $P$ in €/dt Ertrag
$ZAf_{pj}$	=	Ertragsunabhängige Zinskosten des Produktionsverfahrens $P$ auf Standort $j$ in €
$Z Ae_p$	=	Ertragsabhängige Zinskosten des Produktionsverfahrens $P$ in €/dt Ertrag

Wenn man in Gleichung 35 für die Bodenrente den Wert Null einsetzt und die Gleichung nach dem Ertrag  $y_{kj}$  auflöst erhält man Gleichung 36.

### Gleichung 36 Isobodenrentenfunktion des Produktionsverfahrens $P$

$$y_{kj=BR0} = \frac{(SKf_p + LAf_{pj} + ZAf_{pj})}{(p_k - SKe_p - LAe_p - Z Ae_p)}$$

$y_{kj=BR0}$  = Ertrag  $y_{kj}$  bei dem die Bodenrente des Produktionsverfahrens  $P$  genau Null ist  
Alle weiteren Variablen sind unter Gleichung 35 erläutert.

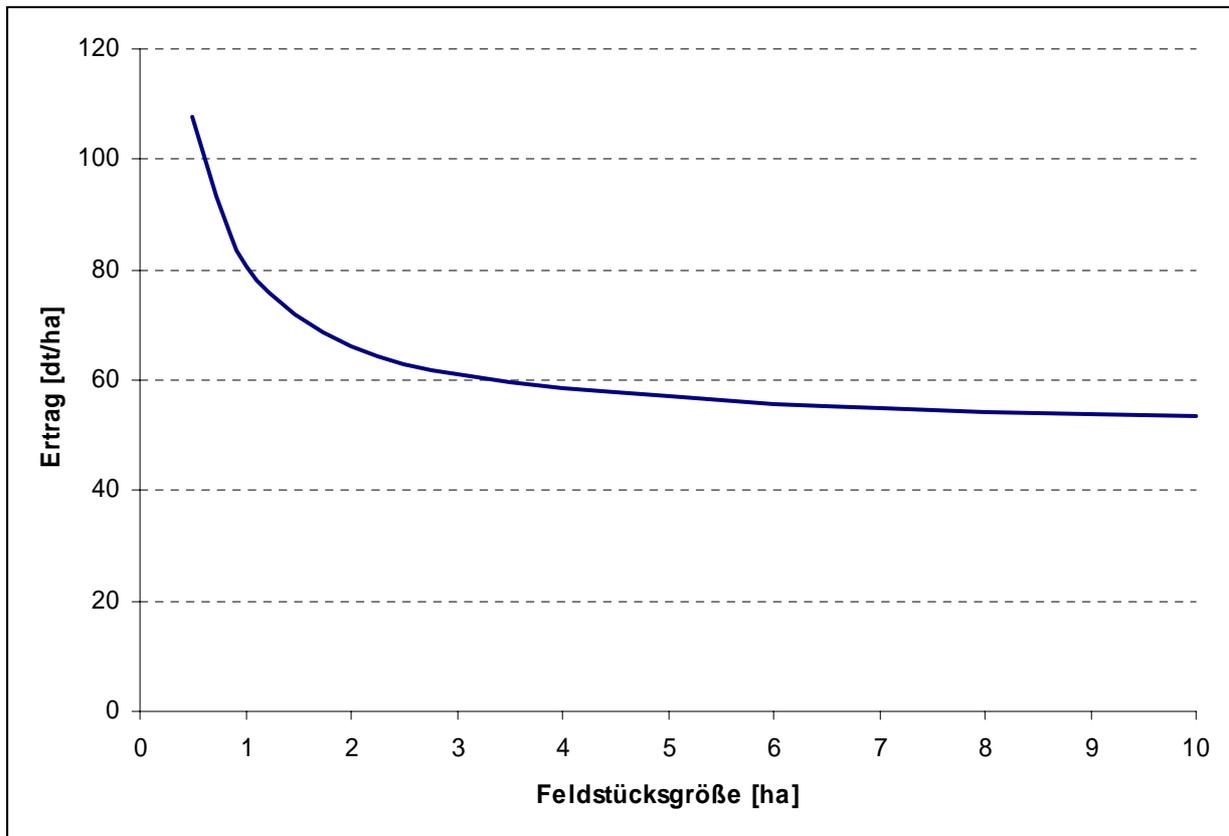
Die Isobodenrentenfunktion bildet alle Kombinationen von Verfahrenskosten, Marktpreis und Ertrag ab, bei der in Verfahren  $P$  gerade eine Bodenrente von Null erwirtschaftet wird.

Steigen die ertragsunabhängigen Verfahrenskosten an, steigt auch der Ertrag  $y_{kj=BR0}$  an, ab dem die Bodenrente positiv wird.

Der Verlauf einer typischen Isobodenrentenfunktion in Abhängigkeit der produktionstechnischen und standörtlichen Einflussfaktoren soll im Folgenden anhand eines Produktionsverfahrens ‚Winterweizen‘ gezeigt werden.

Die ertragsunabhängigen und die ertragsabhängigen Kosten wurden mittels verfahrensspezifischer Kennzahlen auf der Datenbasis REVA in Abhängigkeit der Feldstücksgröße ermittelt.

Unter der Annahme eines Marktpreises für Winterweizen von 10 €/dt, einer Hof-Feld-Entfernung von 2 Kilometern, einem Längen-Breiten- Verhältnis von 2:1, einem Lohnsatz von 15 €/Akh und einem Zinssatz von 4% ergibt sich folgende Isobodenrentenkurve für die Bodenrente gleich Null. Siehe Abbildung 7.

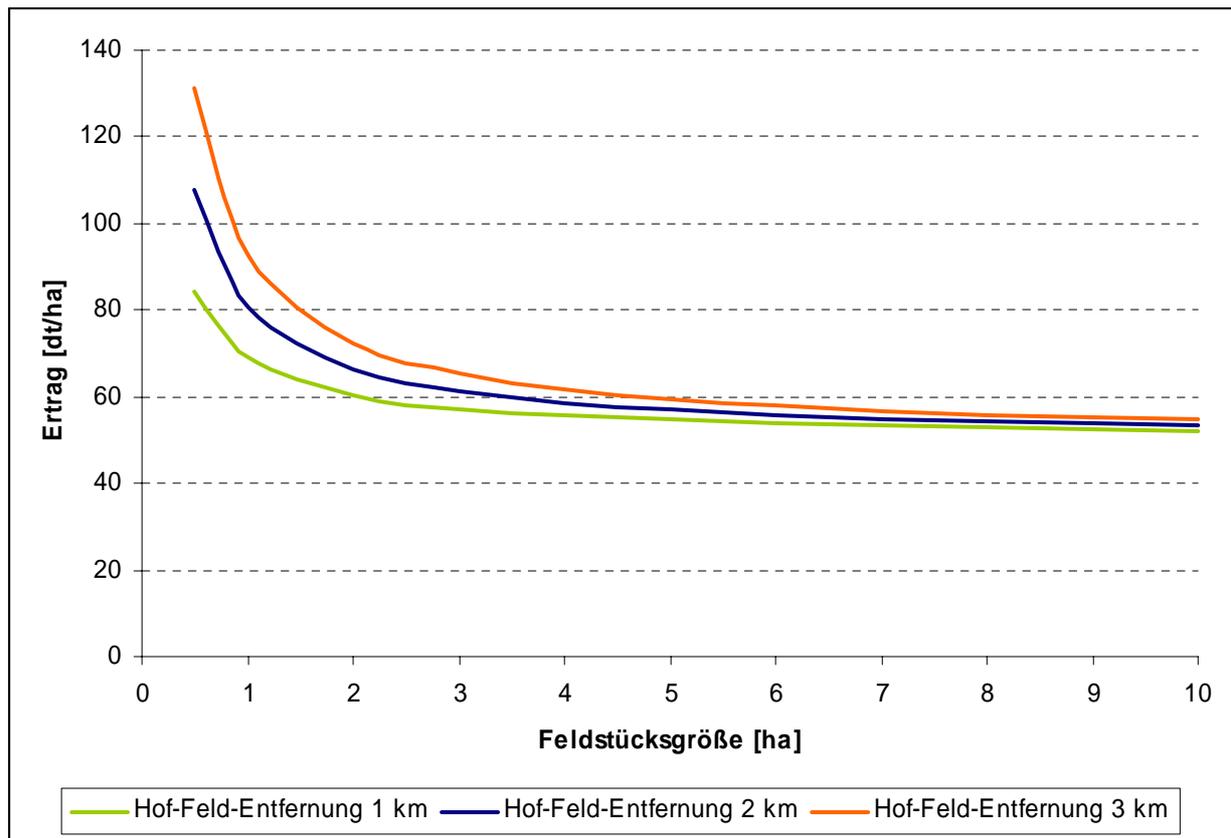


**Abbildung 7 Isobodenrentenfunktion der Weizenproduktion**

(Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage von REVA und KTBL Makost 3.1, 2002)

Alle Standorte, deren Kombination von Ertrag und Feldstücksgröße unterhalb der Isobodenrentenfunktion liegen, stellen bei der unterstellten technischen Ausstattung und gegebenen Produkt- und Faktorpreisen landwirtschaftliche Grenzstandorte dar. Durch die Variation einer weiteren Variablen, lässt sich deren Einfluss auf die Allokation landwirtschaftlicher Grenzstandorte darstellen.

Im folgenden Beispiel wurde der Einfluss der Hof-Feld-Entfernung auf die Lage der Isobodenrentenfunktion untersucht. Siehe Abbildung 8.



**Abbildung 8 Einfluss der Hof-Feld-Entfernung auf die Lage der Isobodenrentenfunktion**

(Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von REVA und KTBL Makost 3.1)

In Abbildung 8 lässt sich der mit zunehmender Feldstücksgröße abnehmende Einfluss der Hof-Feld-Entfernung auf die im definierten Verfahren zu erzielenden Bodenrente erkennen.

Weiterhin wird deutlich, dass vor allem kleine Feldstücke durch eine Zunahme der Hof-Feld-Entfernung in den Bereich negativer Bodenrenten übergehen.

### 2.2.6 Landschaftsstruktur und flächengebundene Veredelungswirtschaft

Neben der Erzeugung von Marktfrüchten werden in landwirtschaftlich genutzten Landschaften Grobfutterpflanzen erzeugt, die in der Regel in einem anschließenden Veredelungsverfahren zu marktgängigen Produkten wie Milch und Fleisch weiterverarbeitet werden.

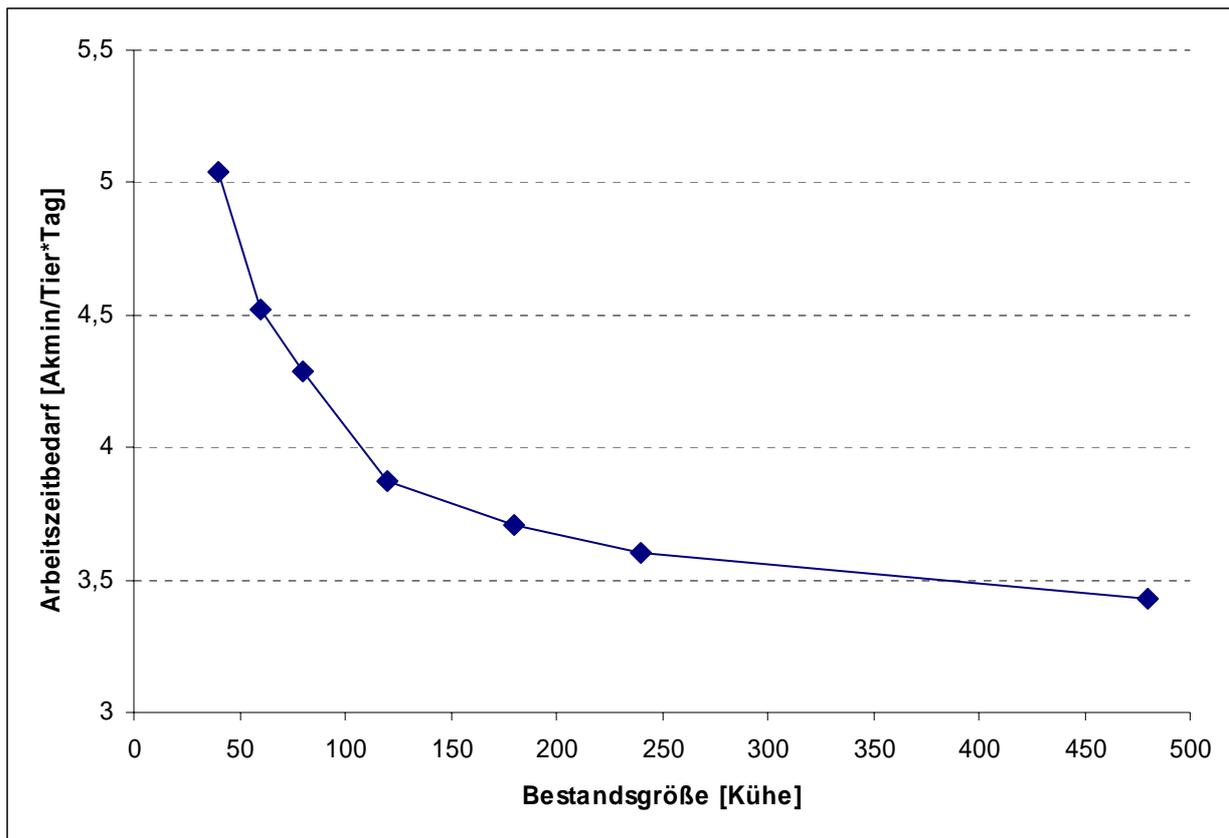
Da diese Veredelungsverfahren hauptsächlich auf Grobfutter basieren, das im Vergleich zu Kraftfutter wie Getreide- und Sojaschrot je Energie- oder Masseinheit

eine geringe Transportwürdigkeit aufweist, spricht man im Gegensatz zu hauptsächlich krafftutterbasierten Verfahren wie der Eier- und Schweinefleischproduktion von flächengebundenen Veredelungsverfahren. Das impliziert, dass die flächengebundenen Veredelungsverfahren in räumlichem Bezug zur Futtererzeugung stehen.

Die Futterpflanzen werden in unterschiedlichen Verfahren der Außenwirtschaft auf Acker- oder Grünland angebaut, geerntet und den Tieren bereitgestellt. Die Futterpflanzen können auf zwei Wegen an den Ort ihrer Veredelung, den Tierorganismus, gelangen. Entweder durch Beweidung der Anbaufläche oder den Transport an den Ort einer zentralen Fütterung, meist Stallanlagen.

Die Wirtschaftlichkeit der Erzeugung von in flächenabhängigen Veredelungsverfahren hergestellten Produkten wie Milch und Rindfleisch ist von der effizienten Ausgestaltung der Veredelungsprozesse im Bereich der Innenwirtschaft und der kostengünstigen Futterbereitstellung im Bereich der Außenwirtschaft abhängig.

Beide Prozesse sind miteinander verknüpft. Die Produktionskosten in der Innenwirtschaft sinken mit einer steigenden Herdengröße durch niedrigere Gebäude- und Lohnkosten. Die Datensammlung des KTBL (2004) weist für das Verfahren Milchproduktion in Liegboxenlaufställen in Abhängigkeit der Bestandsgröße und einer daran angepassten Melk- und Fütterungstechnik folgenden Arbeitszeitbedarf pro Kuh aus. Siehe Abbildung 9.



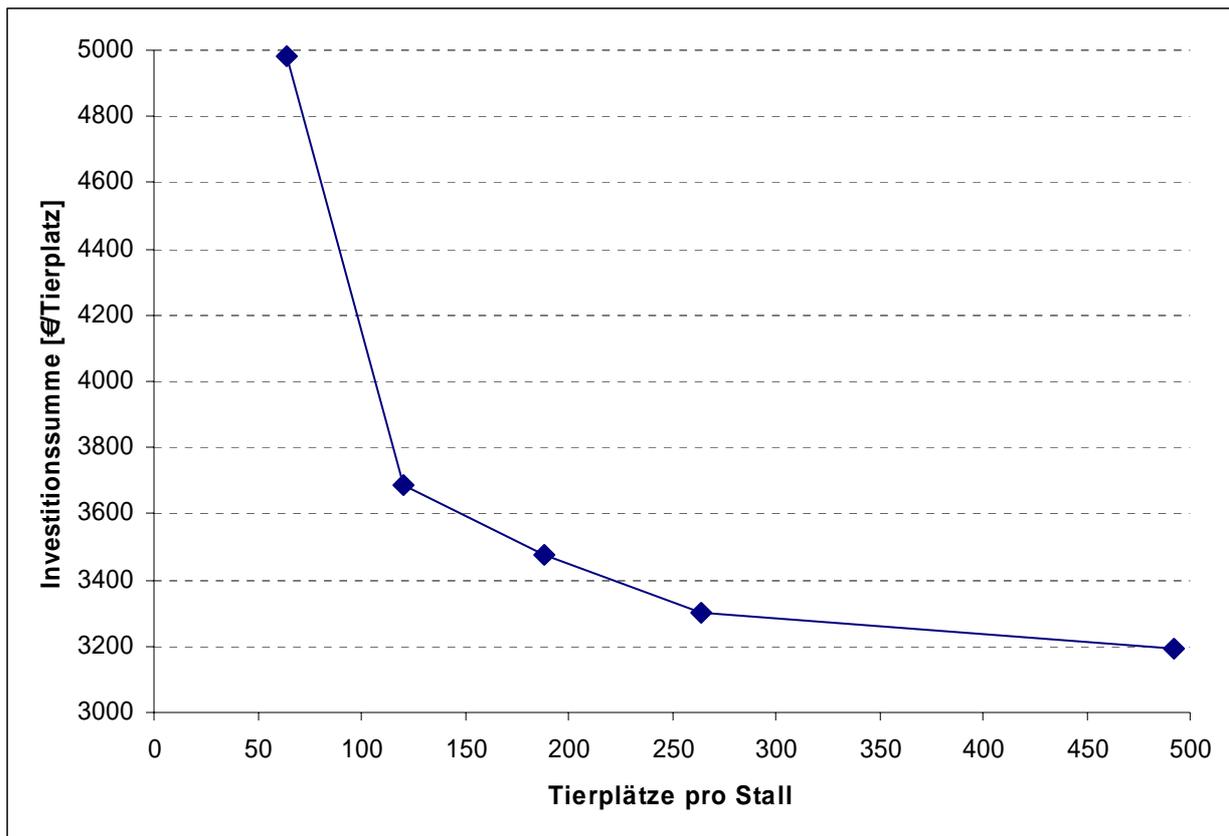
**Abbildung 9 Arbeitszeitbedarf je Kuh und Tag in Abhängigkeit der Bestandsgröße**

(Quelle: Eigene Berechnungen nach KTBL, 2004)

Der Arbeitszeitbedarf pro Kuh sinkt aufgrund einem geringeren Anteil an Rüstarbeiten und leistungsfähigen Melkanlagen, die in großen Beständen eingesetzt werden.

Für einen Boxenlaufstall mit Flüssigmistverfahren gibt das KTBL (2004) folgenden Investitionsbedarf je Stallplatz in Abhängigkeit der Anzahl der Stallplätze an.

Siehe Abbildung 10.



**Abbildung 10 Investitionssumme pro Tierplatz in einem Boxenlaufstall in Abhängigkeit der Bestandsgröße**

(Quelle: KTBL, 2004)

Eine steigende Bestandsgröße bedingt eine Ausdehnung der Grundfutterfläche, was mit zusätzlichen Transportkosten einhergeht.

In kleinstrukturierten Landschaften mit ungünstiger innerer Verkehrslage steigen die Wege- und Transportkosten im Bereich der Grobfutterbereitstellung je weiterer Einheit Futterfläche stärker an, als in Landschaften mit großer Feldstücksstruktur und einem hohen Anteil landwirtschaftlicher Nutzfläche. Da die Wege- und Transportkosten bei den Futterbergungs- und Futterbereitstellungskosten einen hohen Anteil einnehmen, können sie das betriebliche Wachstum begrenzen. Die Grenze des Wachstums ist erreicht, wenn die Stückkostenprogression der Futterbergung die Stückkostenreduktion durch Skaleneffekte größerer Herden im Bereich der Innenwirtschaft kompensiert oder übersteigt.

Die Bewertung des Grobfutters in Veredelungsverfahren erfolgt über den Veredelungswert je eingesetzter Masseinheit Futter.

Der Veredelungswert in einem Veredelungsverfahren  $V$  berechnet sich nach Gleichung 37. Um die unterschiedliche Dauer der Produktionszyklen sachgerecht abzubilden, müssen sich alle Kennzahlen auf ein Jahr bzw. einen Tierplatz beziehen.

### Gleichung 37 Veredelungswert des Veredelungsverfahrens $V$

$$P_{vg} = \left[ \left( \sum_n y_{vn} \times p_{vn} \right) - SK_{vg} - LA_{vg} - ZA_{vg} \right] \times \frac{1}{Rb_v}$$

Darin sind:

- $p_{vg}$  = Veredelungswert der Futterpflanze  $k$  im Veredelungsverfahren  $V$  der technischen Ausprägung  $g$  in €/dt TM
- $y_{vn}$  = Ertrag des Produktes  $n$  im Veredelungsverfahren  $V$  in Produkteinheiten/Tierplatz
- $p_{vn}$  = Preis des Produktes  $n$  im Veredelungsverfahren  $V$  in €/Produkteinheit
- $SK_{vg}$  = Sachkosten im Veredelungsverfahren  $V$  der technischen Ausprägung  $g$  in €/Tierplatz
- $LA_{vg}$  = Lohnansatz im Veredelungsverfahren  $V$  der technischen Ausprägung  $g$  in €/Tierplatz
- $ZA_{vg}$  = Zinsansatz im Veredelungsverfahren  $V$  der technischen Ausprägung  $g$  in €/Tierplatz
- $Rb_v$  = Grobfutterbedarf im Veredelungsverfahren  $V$  in dt TM/Tierplatz

Die Sachkosten eines flächenabhängigen Veredelungsverfahrens  $V$  setzen sich aus folgenden Kostenpositionen zusammen (vgl. KTBL, 2004). Siehe Gleichung 38.

### Gleichung 38 Sachkosten des Veredelungsverfahrens $V$

$$SK_{vg} = AfAg_{vg} + BE_v + KFB_v \times pKF_v + MFB_v \times pMF_v + EW_v + STROH_{vg} \times pstro + TA_v + SEU_v + VERS_v + Mk_{vg}$$

Darin sind:

- $SK_{vg}$  = Sachkosten des Veredelungsverfahrens  $V$  in der technischen Ausstattung  $g$  in €/Tierplatz
- $AfAg_{vg}$  = Abschreibung für Abnutzung der Gebäude des Veredelungsverfahrens  $V$  in der technischen Ausstattung  $g$  in €/Tierplatz
- $BE_v$  = Bestandsergänzung des Veredelungsverfahrens  $V$  in €/Tierplatz
- $KFB_v$  = Kraftfutterbedarf des Veredelungsverfahrens  $V$  in dt/Tierplatz
- $pKF_v$  = Kraftfutterpreis des Veredelungsverfahrens  $V$  in €/dt
- $MFB_v$  = Mineralfutterbedarf des Veredelungsverfahrens  $V$  in dt/Tierplatz
- $pMF_v$  = Preis je dt Mineralfutter im Veredelungsverfahren  $V$  in €/dt
- $EW_v$  = Energie und Wasser des Veredelungsverfahrens  $V$  in in €/dt
- $Stroh_{vg}$  = Strohbedarf des Veredelungsverfahrens  $V$  in der technischen Ausstattung  $g$  in dt/Tierplatz
- $pstro$  = Strohkosten in €/dt
- $TA_v$  = Tierarztkosten des Veredelungsverfahrens  $V$  in in €/Tierplatz
- $SEU_v$  = Beitrag zur Seuchenkasse des Veredelungsverfahrens  $V$  in €/Tierplatz
- $Vers_v$  = Versicherungsbeitrag des Veredelungsverfahrens  $V$  in €/Tierplatz
- $MK_{vg}$  = Kosten für Maschinen und Geräte des Veredelungsverfahrens  $V$  in der technischen Ausstattung  $g$  in €/Tierplatz

Der Lohnansatz  $LA_{vg}$  eines Veredelungsverfahrens berechnet sich nach Gleichung 39.

**Gleichung 39 Lohnansatz im Veredelungsverfahrens  $V$**

$$LA_{vg} = T_{vg} \times p_L$$

$$= \sum Tt_{vg} \times p_L$$

Darin sind:

- $LA_{vg}$  = Lohnansatz des Veredelungsverfahrens  $V$  in der technischen Ausstattung  $g$  in €/Tierplatz  
 $T_{vg}$  = Arbeitszeitbedarf des Veredelungsverfahrens  $V$  in der technischen Ausstattung  $g$  in Akh/Tierplatz  
 $p_L$  = Lohnsatz in €/Akh  
 $Tt_{vg}$  = Arbeitszeitbedarf eines Elementarprozesses des Veredelungsverfahrens  $V$  in der technischen Ausstattung  $g$  in Akh/Tierplatz

Der Arbeitszeitbedarf eines Veredelungsverfahrens entspricht der Summe der benötigten Arbeitsstunden in den Elementarprozessen Melken, Misten, Füttern und Sonderarbeiten.

Die Kosten einer Grobfuttereinheit berechnen sich nach Gleichung 5.

**Gleichung 5: Produktionsstückkosten im Produktionsverfahren  $P$  auf Standort  $j$**

$$KS_{pj} = \frac{(SK_{pj} + LA_{pj} + ZA_{pj})}{y_{kj}}$$

Übersteigt der Veredelungswert  $p_{vg}$  die Produktionsstückkosten der Grobfuttereinheit  $KS_{pj}$ , ist die Bodenrente auf Feldstück  $j$  positiv. Liegen die Produktionskosten der Grobfuttereinheit über dem Veredelungswert, ergibt sich eine negative Bodenrente.

Die Bodenrente eines zum Grobfutteranbau genutzten Feldstücks berechnet sich wie folgt.

**Gleichung 40 Bodenrente von Futterflächen im Produktionsverfahren  $P$  und dem Veredelungsverfahren  $V$  auf Standort  $j$**

$$BR_{pj} = y_{kj} \times p_{vg} - SK_{pj} - LA_{pj} - ZA_{pj}$$

Darin sind:

- $BR_{pj}$  = Bodenrente des Produktionsverfahrens  $P$  auf Feldstück  $j$  in €  
 $y_{kj}$  = Ertrag der Kulturpflanze  $k$  auf Feldstück  $j$  in dt/TM  
 $p_{vg}$  = Veredelungswert je eingesetzter Grobfuttereinheit im Veredelungsverfahren  $v$  der technischen Ausprägung  $g$  €/dt TM  
 $SK_{pj}$  = Sachkosten des Produktionsverfahrens  $P$  auf Feldstück  $j$  in €  
 $LA_{pj}$  = Lohnansatz des Produktionsverfahrens  $P$  auf Feldstück  $j$  in €  
 $ZA_{pj}$  = Zinsansatz des Produktionsverfahrens  $P$  auf Feldstück  $j$  für den Wert des eingesetzten Kapitals ohne Berücksichtigung des Bodenwertes in €

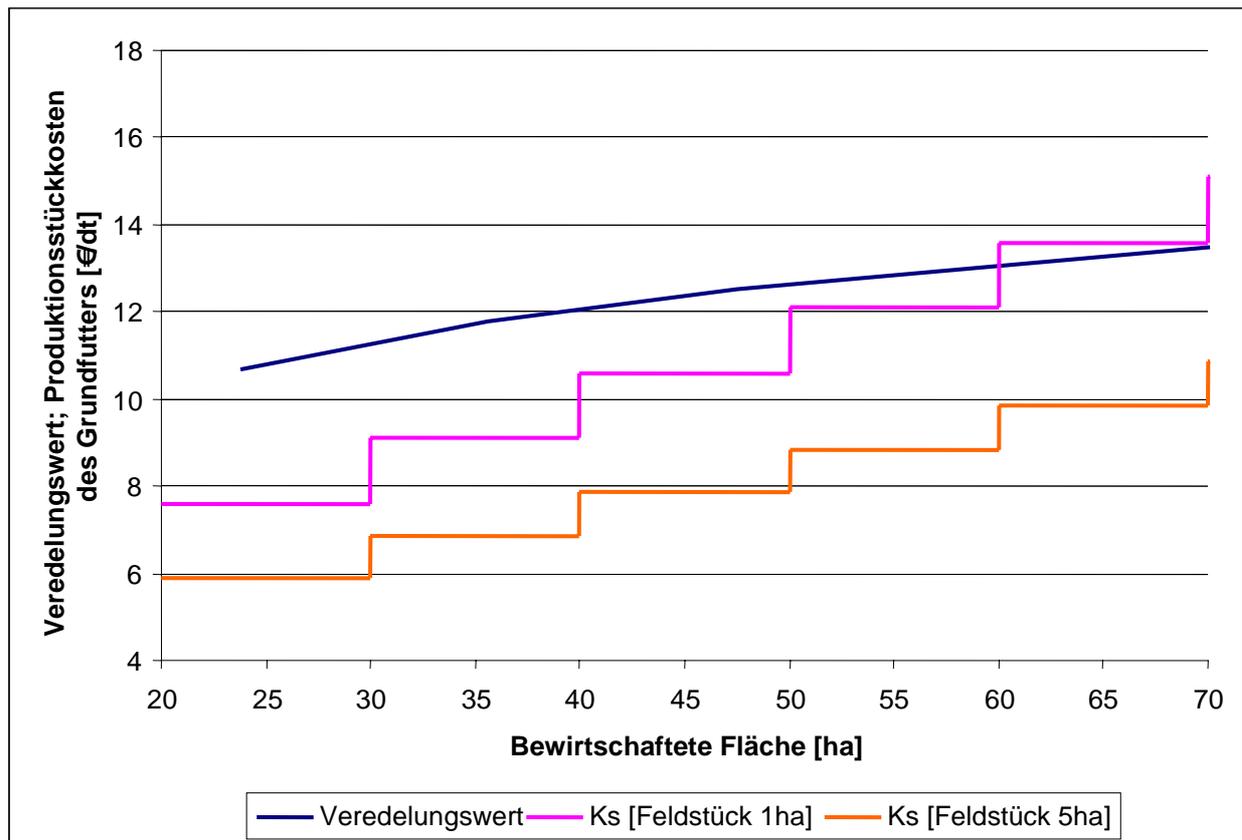
Der Verlauf der Produktionsstückkostenfunktion, bezogen auf eine Grobfuttereinheit bei einer Ausdehnung der bewirtschafteten Futterfläche, ist durch die Hof-Feld-Entfernung und die Feldstücksstruktur bestimmt.

Der Verlauf des Veredelungswertes in Veredelungsverfahren ist aufgrund der beschriebenen Kostendegression von der Herdengröße abhängig.

Es wurde anhand der in der Datenbank REVA ermittelten Kennzahlen untersucht, welchen Einfluss die Feldstücksgröße auf die optimale Herdengröße hat, die unter Berücksichtigung der Grundfutterkosten in einer Region angestrebt werden sollte. Dazu wurde die Entwicklung des Veredelungswerts mit der Entwicklung der Kosten der Grundfutterbereitstellung verglichen. Es wurde unterstellt, dass die Erweiterung der Futterfläche um 10 Hektar mit einem zusätzlichen Kilometer Hof-Feld-Entfernung verbunden ist.

In der ersten Region sind die Feldstücke 1 Hektar groß in einer weiteren Modellregion 5 Hektar groß. Dabei wurde in beiden Fällen ein Bruttoertrag von 50 Dezitonnen Trockenmasse je Hektar und ein Futterbedarf je Milchkuh von 47 Dezitonnen Trockenmasse pro Jahr unterstellt.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Abbildung 11 dargestellt.



**Abbildung 11 Entwicklung der Produktionsstückkosten der Rohfutterproduktion und des Veredelungswerts der Milchproduktion in Abhängigkeit der bewirtschafteten Fläche und der Feldstücksstruktur**

(Eigene Darstellung, Berechnungen auf der Grundlage von REVA und Daten des KTBL, 2004)

Anhand von Abbildung 11 lässt sich der Zusammenhang zwischen der Landschaftsstruktur und der Rentabilität der flächengebundenen Veredelung erkennen. In der klein strukturierten Landschaft begrenzen die Produktionskosten des Grundfutters eine Ausdehnung der Milchproduktion ab einer bewirtschafteten Fläche von ca. 60 Hektar.

Großstrukturierte Landschaften mit einem hohen Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche bieten landwirtschaftlichen Unternehmen der Veredelungswirtschaft bessere Möglichkeiten zum Wachstum, da die Kosten der Außenwirtschaft, bedingt durch einen geringeren Anteil an Wege- und Transportkosten, bei einer Steigerung der Herdengröße wesentlich langsamer ansteigen als in kleinstrukturierten Landschaften mit einem geringen Anteil landwirtschaftlicher Nutzfläche.

Ein ähnlicher Effekt, wenn auch in abgeschwächter Form, lässt sich auch für die flächengebundenen Produktionszweige ohne Veredelung herleiten. Eine

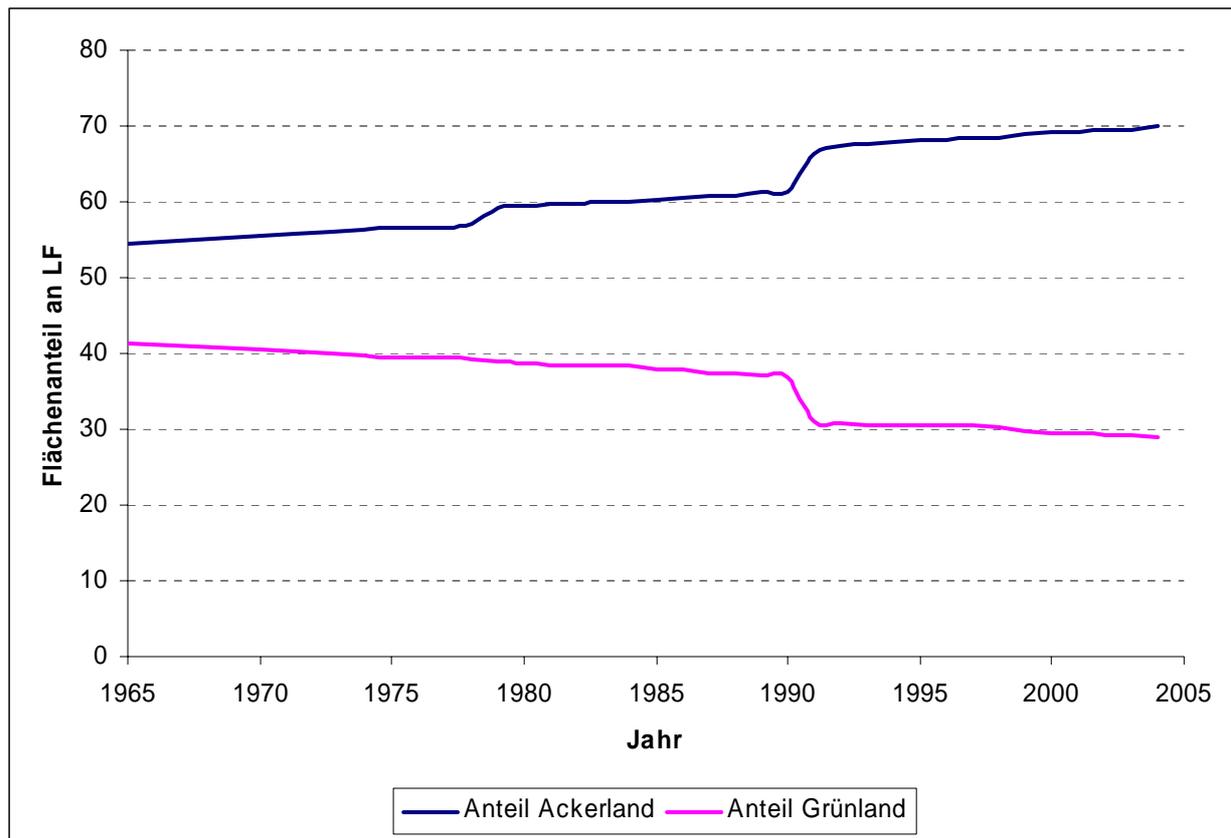
Kostendegression durch eine steigende Auslastung der Maschinen geht immer mit einer Kostenprogression im Bereich der Transport- und Wegekosten einher.

Eine der Technik angemessene Hektarleistung kann in kleinstrukturierten Regionen in den entscheidenden Jahresperioden aufgrund eines hohen Anteils an Wege- und Transportzeiten nicht erreicht werden.

Eine kleinstrukturierte Landschaft wirkt sich deshalb in zwei Bereichen treibend auf die Produktionskosten flächengebundener Veredelungsverfahrens aus. Zum einen steigen die Kosten der Flächenbewirtschaftung im Bereich der Außenwirtschaft an, zum anderen können Skaleneffekte im Bereich der Innenwirtschaft aufgrund stark ansteigender Futterbereitstellungskosten nicht realisiert werden.

### 2.3 Volkswirtschaftliche, produktionstechnische und agrarpolitische Rahmenbedingungen der flächengebundenen Nahrungsmittelproduktion

Die Verteilung von Landnutzungssystemen weist neben der räumlichen Variabilität eine zeitliche Variabilität auf (KUHLMANN et al., 2002, S.351). In Abbildung 12 wird die Veränderung des Anteils von Acker- und Grünland an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum von 1965 bis 2005 aufgezeigt.

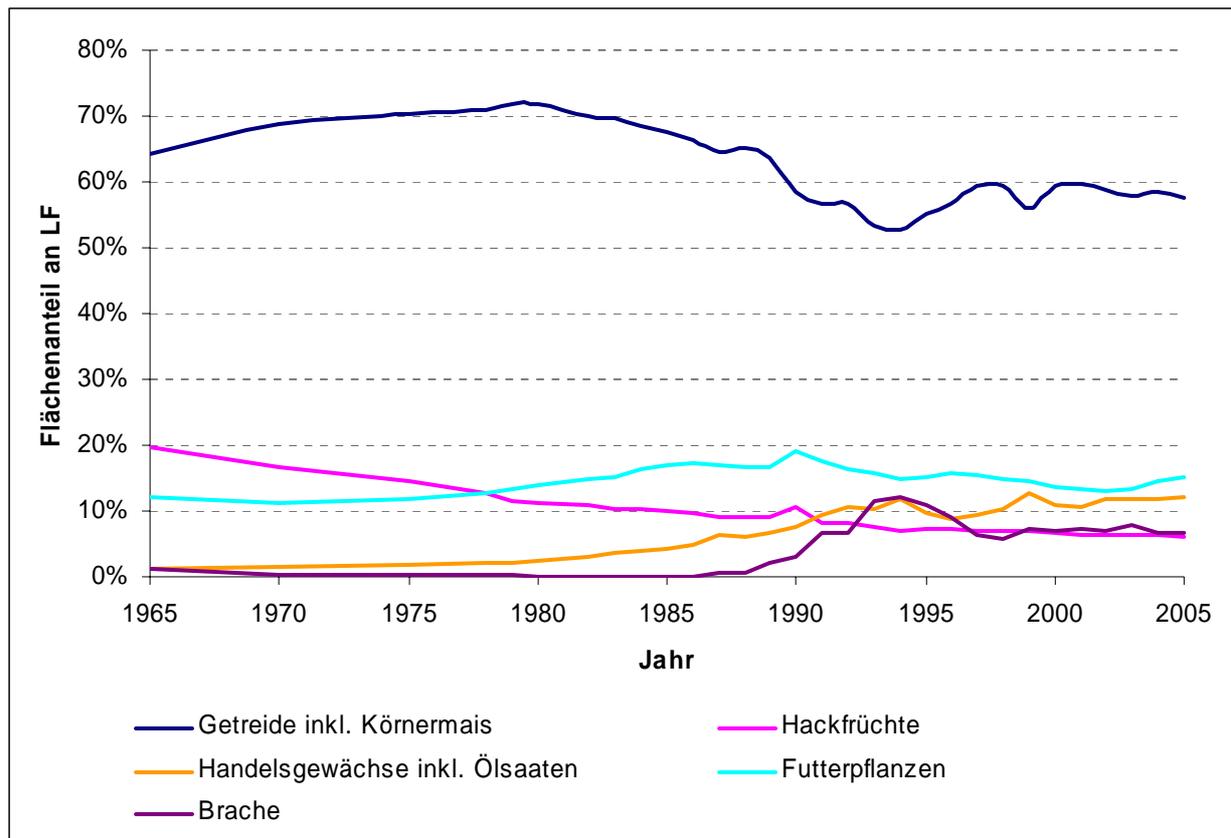


**Abbildung 12 Anteil des Acker- und Grünlands an der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Bundesrepublik Deutschland**

(Quelle: Stat. Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, mehrere Jahrgänge)

Bis zum Jahr 1990 beziehen sich die Daten auf das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vor der Wiedervereinigung und danach auf das gesamte Gebiet inklusive Ostdeutschland. Der Anteil des Ackerlands steigt zwischen 1965 und 2004 kontinuierlich an. Der sprunghafte Anstieg des Ackerlandanteils im Jahre 1978 ist auf die Änderung der Erfassungsgrenze zurückzuführen, nach der relativ mehr Grünland als Ackerland nicht mehr erfasst wurde (BMELF, Stat. Jahrbuch über ELF 1980, S. 72).

Auch die Nutzung des Ackerlandes hat sich in dem betrachteten Zeitraum verändert. Den prozentualen Anteil ausgewählter Hauptgruppen des Anbaus am gesamten Ackerland zeigt Abbildung 13.

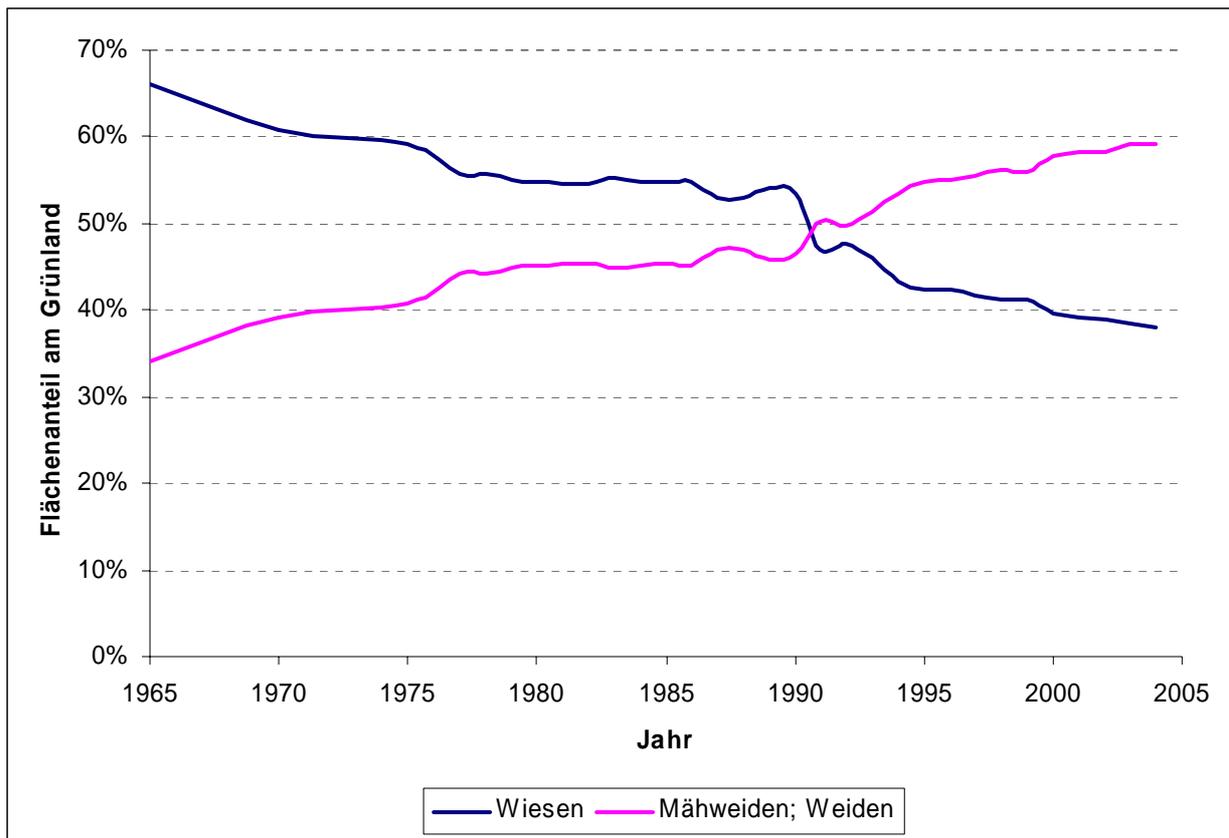


**Abbildung 13 Anteil der Kulturartengruppen an der gesamten ackerbaulich genutzten Fläche der Bundesrepublik Deutschland**

(Quelle: Stat. Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, mehrere Jahrgänge)

Seit 1965 geht der Anteil der Hackfrüchte kontinuierlich zurück. Ab dem Jahr 1990 zeigt sich ein Rückgang der Getreidefläche und ein Anstieg der Ölsaaten und der Brache, zu der die obligatorische Flächenstilllegung zählt, die mit der Agrarreform von 1992 eingeführt wurde (BMELF, 1994, S.23).

Das Dauergrünland wird in der amtlichen Statistik in Wiesen und Mähweiden/Weiden unterteilt. Die Entwicklung der Anteile der Nutzungsarten am Gesamtgrünland wird in Abbildung 14 gezeigt.



**Abbildung 14 Anteil von Wiesen und Weiden am gesamten Grünland**

(Quelle: Stat. Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, mehrere Jahrgänge)

Es liegt bei Betrachtung der Abbildungen nahe, dass es Einflussfaktoren auf die Allokation von Landnutzungssystemen gibt, die im Zeitablauf einer Veränderung unterliegen.

KUHLMANN ET AL. (2002, S. 354) benennen folgende Standortfaktoren, bei denen in der Realität zeitliche Variabilität vorliegt. Siehe Tabelle 6.

**Tabelle 6 Standortfaktoren mit zeitlicher Variabilität**

Standortfaktor	Ausprägung
Persönlichkeit des Betriebsleiters	Art der Ziele Befähigung zur Realisierung technischer und ökonomischer Effizienz Risiko- und Zeitpräferenzverhalten
Natürliche Verhältnisse	Niederschlagshöhe Niederschlagsverteilung Solarenergiezufuhr
Stand der landwirtschaftlichen Produktionstechnik	Genetisches Potenzial der Nutzpflanzen Genetisches Potenzial der Nutztiere Mengengerüste der Produktionsverfahren > Preis-Angebotsfunktion
Agrarstrukturpolitische Maßnahmen	Innere Verkehrslage Größe und Form der Feldstücke Investitionsförderung Förderung benachteiligter Gebiete
Umweltpolitische Maßnahmen	Cross-Compliance Begrenzungen des Produktionsmöglichkeitenfeldes Agrarumweltprogramme
Agrarmarktpolitische Maßnahmen	Marktpreisstützung Flächenzahlungen Angebotskontingentierung Flächenstilllegung
Stand der volkswirtschaftlichen Entwicklung	Nachfrage nach Agrargütern Marktpreise für Produktionsfaktoren Transport- und Kommunikationskosten
Quelle: nach KUHLMANN ET AL. (2002, S. 354)	

Die natürlichen Standortfaktoren Wasserhaltevermögen des Bodens, die Bodenart und das Geländere relief zählen zu den räumlich variablen und zeitlich invariablen Standortfaktoren. Die Niederschlagshöhe, die Niederschlagsverteilung und die Solarenergiezufuhr ändern sich von Jahr zu Jahr. Sie sind daher kurzfristig zeitvariabel, jedoch planen Landnutzer ihren Faktoreinsatz anhand von Erwartungswerten bezüglich des Klimas. Mit einer Veränderung der natürlichen Standortbedingungen kann die zeitliche Varianz der Allokation nicht begründet werden.

Die Realität weicht von den vorherrschenden Annahmen in Modellen bezüglich der Standortfaktoren mit zeitlicher Variabilität vor allem in dem Punkt Persönlichkeit des Betriebsleiters ab. Obwohl die Ziele der Landnutzer sowohl räumlich als auch zeitlich variieren, wird in nahezu allen Landnutzungsmodellen eine einheitliche Zielfunktion unterstellt (KUHLMANN ET AL, 2002, S. 354). Die Gründe dafür liegen in den begrenzten Möglichkeiten der räumlichen und zeitlichen Zuordnung unterschiedlicher Zielfunktionen.

Zur Erklärung der zeitlichen Varianz der Allokation von Landnutzungssystemen mit bioökonomischen Modellen bleiben die unabhängigen Standortfaktoren ‚Stand der landwirtschaftlichen Produktionstechnik‘, ‚Agrarstruktur-, agrarmarkt- und umweltpolitische Maßnahmen‘ und der ‚Stand der volkswirtschaftlichen Entwicklung‘. In den folgenden Punkten werden die Ausprägungen der genannten sozioökonomischen und politischen Standortfaktoren hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Allokation landwirtschaftlicher Grenzstandorte untersucht.

### 2.3.1 Volkswirtschaftliche Rahmenbedingungen

Im Folgenden werden zunächst die Auswirkungen und Zusammenhänge zwischen Erzeuger- und Faktorpreisen auf die Allokation von Landnutzungssystemen untersucht.

#### 2.3.1.1 Erzeugerpreise für landwirtschaftliche Produkte

Die Produktpreisentwicklung im landwirtschaftlichen Bereich resultiert aus dem Zusammenwirken von technischem Fortschritt, der Entwicklung der Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten und dem Ausmaß staatlicher Einflussnahme (HEISSENHUBER et al., 1990, S.241).

Technischer Fortschritt im Agrarsektor und die Entwicklung der Faktorpreise bestimmen den Verlauf der Preis-Angebotsfunktion für Agrargüter. Die Entwicklung der Nachfrage resultiert aus der nominellen Bevölkerungsentwicklung und Änderungen der Konsumgewohnheiten. Sie determinieren den Verlauf der Nachfragefunktion nach Agrargütern.

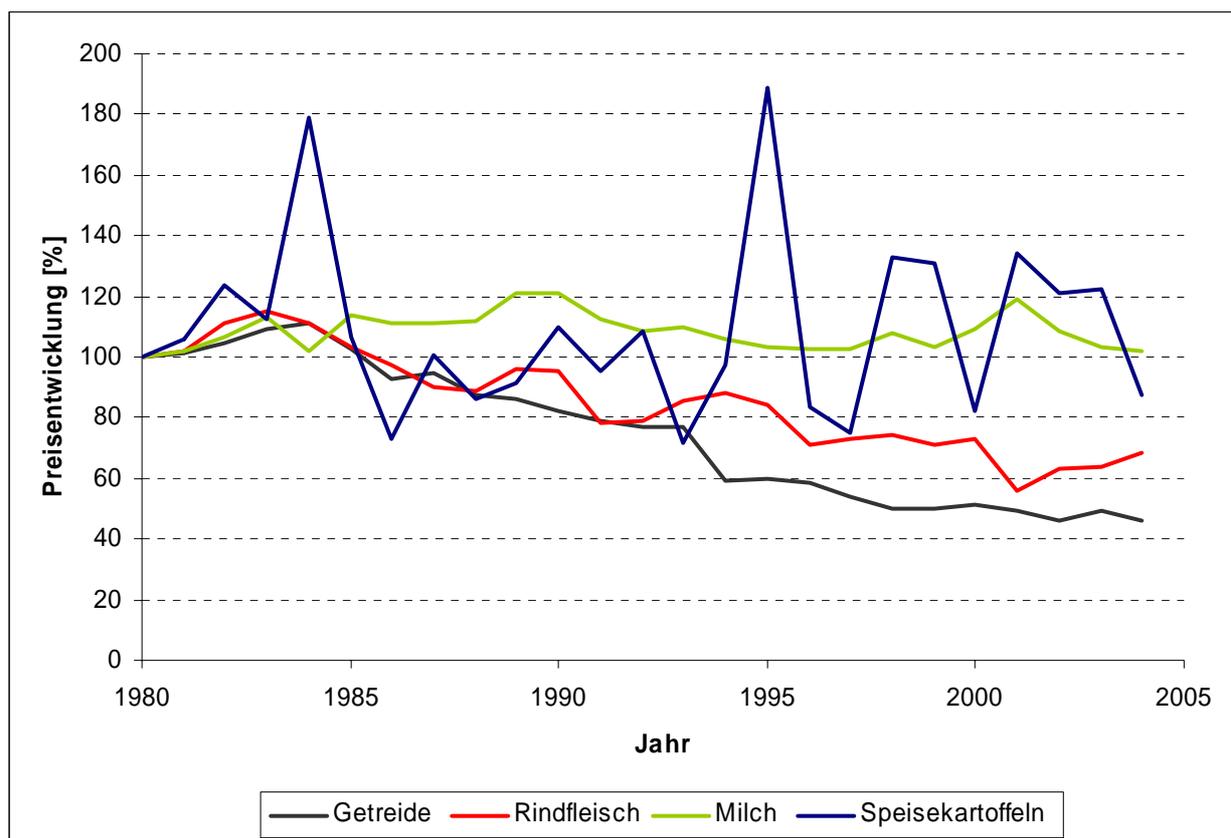
Die Erzeugerpreise werden bei freien Wettbewerbsbedingungen durch den Verlauf der agrarsektoralen Preis-Angebotsfunktion und den Verlauf der gesamtwirtschaftlichen Nachfragefunktion nach Agrarprodukten bestimmt. Man spricht vom Gleichgewichtspreis, wenn die bei einem bestimmten Preis angebotene Menge der zum gleichen Preis nachgefragten Menge entspricht (HENRICHSMEYER et al., 1991, S.313).

Dies harmoniert mit der in Punkt 2.1.1 vorgestellten Theorie RICARDOS von der Differenzialrente, nach der die Gesellschaft soweit Boden von abnehmender Güte in Bewirtschaftung nimmt, bis die Produktionsstückkosten auf der zusätzlich in Bewirtschaftung genommenen Flächeneinheit dem Nutzen einer zusätzlich konsumierten Einheit entsprechen. Die Grenzkosten entsprechen im ökonomischen

Gleichgewicht dem Grenznutzen und finden ihren Ausdruck im Marktpreis (Siehe hierzu Punkt 2.1.1).

Der Verlauf der agrarsektoralen Angebotsfunktion wird durch technischen Fortschritt und Veränderungen der Faktorpreise bestimmt. Steigende Faktorpreise führen zu einem verminderten Faktoreinsatz und die Angebotsfunktion verschiebt sich nach links. Wird dieser Effekt durch technischen Fortschritt überkompensiert, verschiebt sich die Angebotsfunktion wieder nach rechts. Die Nachfragefunktion für Agrarprodukte ist in Industrieländern vergleichsweise preisunelastisch. Daher sinken die Agrarpreise ceteris paribus durch technischen Fortschritt tendenziell ab (vgl. HENRICHSMAYER ET AL, 1991, S.327).

Abbildung 15 stellt die relative Entwicklung der Erzeugerpreise auf der Basis des Preisniveaus des Jahres 1980 dar.



**Abbildung 15 Prozentuale Preisentwicklung ausgewählter Agrarprodukte**

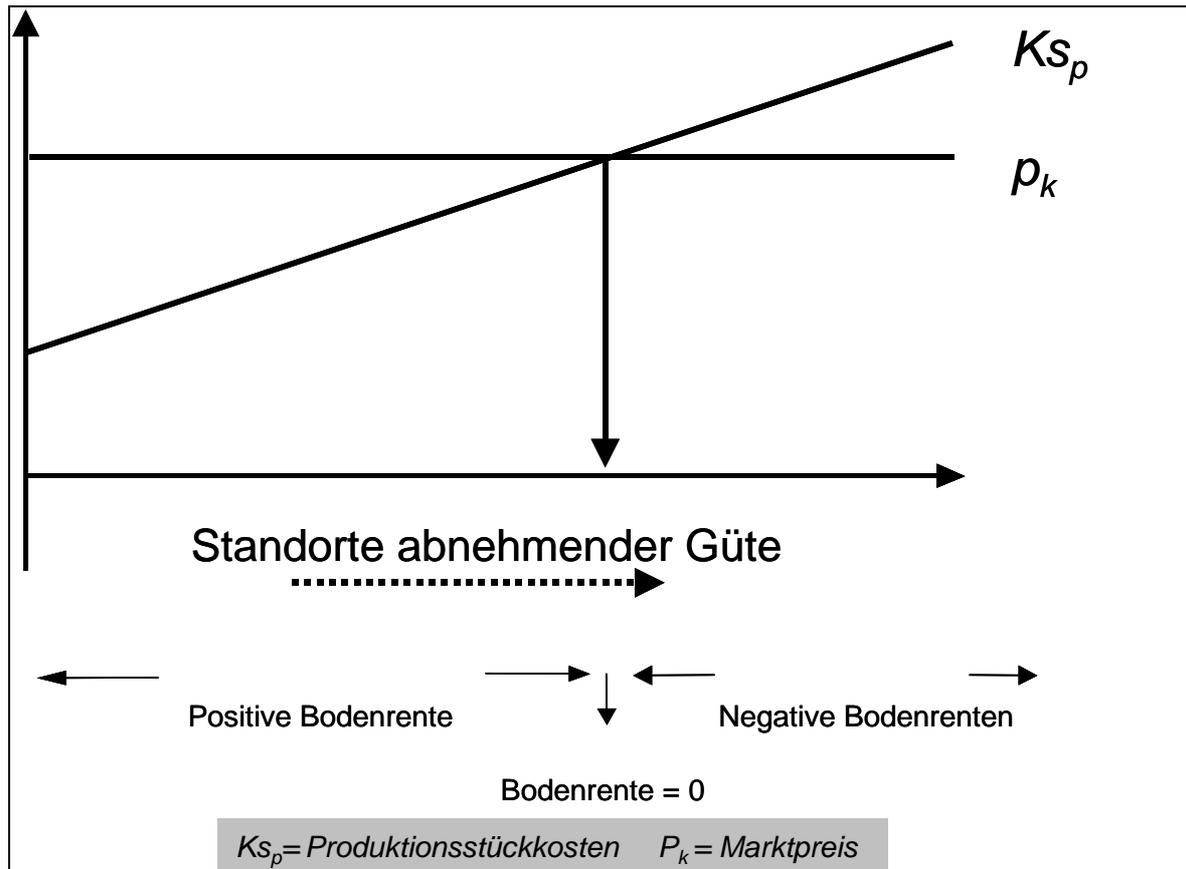
(Quelle: Stat. Jahrbuch über ELF, mehrere Jahrgänge; Eigene Berechnungen)

Die Preise der Agrarprodukte Milch, Rindfleisch und Getreide, die einer staatlichen Marktordnung unterliegen, weisen im Vergleich zu den Kartoffelpreisen geringere

Schwankungen auf und sind, mit Ausnahme des Milchpreises, in der Tendenz fallend. Durch die Angebotskontingentierung auf dem Milchmarkt kann eine Quotenrente beim Erzeuger entstehen, da die durch technischen Fortschritt induzierten Produktionskostensenkungen bei fixiertem Preis keinen Einfluss auf die Marktpreise haben (vgl. HEIßENHUBER et al., 1990). Wenn die von staatlicher Stelle vergebenen Lieferrechte interregional nicht handelbar sind, haben sie einen strukturerhaltenden Charakter und die Realisierung von technischem Fortschritt wird behindert (vgl. HENRICHSMEYER et al., 1994, S. 211 ff).

In Bezug auf die modellhafte Untersuchung der Allokation von Landnutzungssystemen können die Erzeugerpreise den Charakter einer endogenen Variablen als auch den Charakter einer exogen vorgegebenen Variablen annehmen (vgl. KUHLMANN et al., 2002, S. 375). Bei der Wirkungsanalyse auf großräumiger Skalenebene muss der Einfluss einer Änderung der Angebotsmenge auf den Gleichgewichtspreis berücksichtigt werden. Der Erzeugerpreis muss dann als abhängige Variable der Landnutzungsverteilung behandelt werden.

Wird die Landnutzung auf kleiner bis mittlerer Raumskala untersucht, können die Erzeugerpreise als exogene Variable behandelt werden, da der Einfluss einer regionalen Veränderung der Produktionsmenge auf die Erzeugerpreise nur gering ist. Um die Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Produktion einer bestimmten Region zu ermitteln, müssen die Produktionsstückkosten mit dem Erzeugerpreis verglichen werden. Liegen die Produktionsstückkosten in der Region über dem Erzeugerpreisniveau, kann keine positive Bodenrente in dem definierten Verfahren erwirtschaftet werden. Siehe hierzu Abbildung 16.



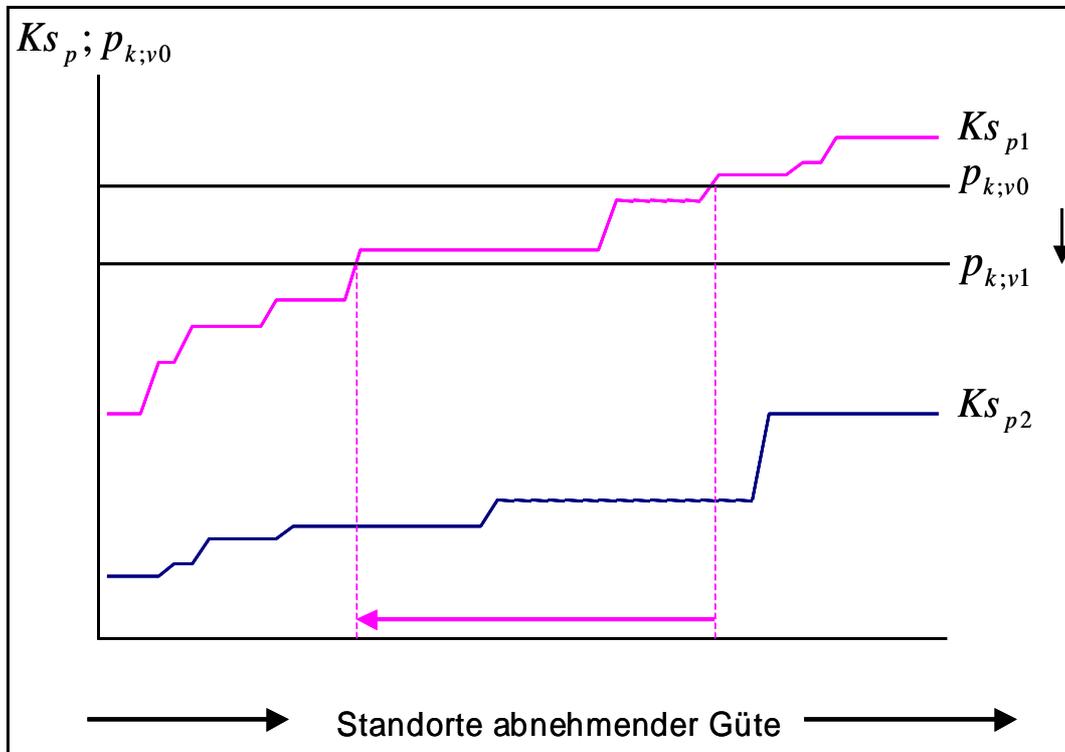
**Abbildung 16 Erzeugerpreis, Produktionsstückkosten und Bodenrente**

(Quelle: Eigene Darstellung)

In der Produktionsstückkostenfunktion  $K_{Sp}$  spiegeln sich die kostenrelevanten Standortparameter und die produktionstechnischen Kenngrößen, also das Mengengerüst des Faktorverbrauchs im Produktionsverfahren  $P$  und die Faktorpreise wider. Die in Abbildung 16 abgebildete Funktion stellt einen idealisierten Verlauf dar, bei dem eine gleichmäßige Verteilung der Produktionsstückkosten im Raum angenommen wird.

Angewendet auf konkrete Landschaften, nimmt diese Funktion im Allgemeinen einen unstetigen, nichtlinearen Verlauf an, weil die nach den Produktionsstückkosten eines Produktionsverfahrens  $P$  je Hektar angeordneten Feldstücke in unterschiedlicher Anzahl und Größe vorhanden sind. Der Verlauf spiegelt bei Berücksichtigung dieses Zusammenhangs die Heterogenität der zu untersuchenden Landschaft wider. Je heterogener eine Region ist, desto „steiler“ der Verlauf der Funktion. Je homogener eine Region ist, desto „flacher“ der Verlauf der Funktion. Abbildung 17 zeigt beispielhaft den Verlauf der Produktionskosten unterschiedlicher Landschaften mit den Stückkostenverläufen  $K_{Sp1}$  und  $K_{Sp2}$  und den Effekt einer Produktpreissenkung

von  $p_{kv0}$  zu  $p_{kv1}$ . Es wird angenommen, dass in der Region nur das Produktionsverfahren  $P$  zur Flächennutzung zur Auswahl steht.

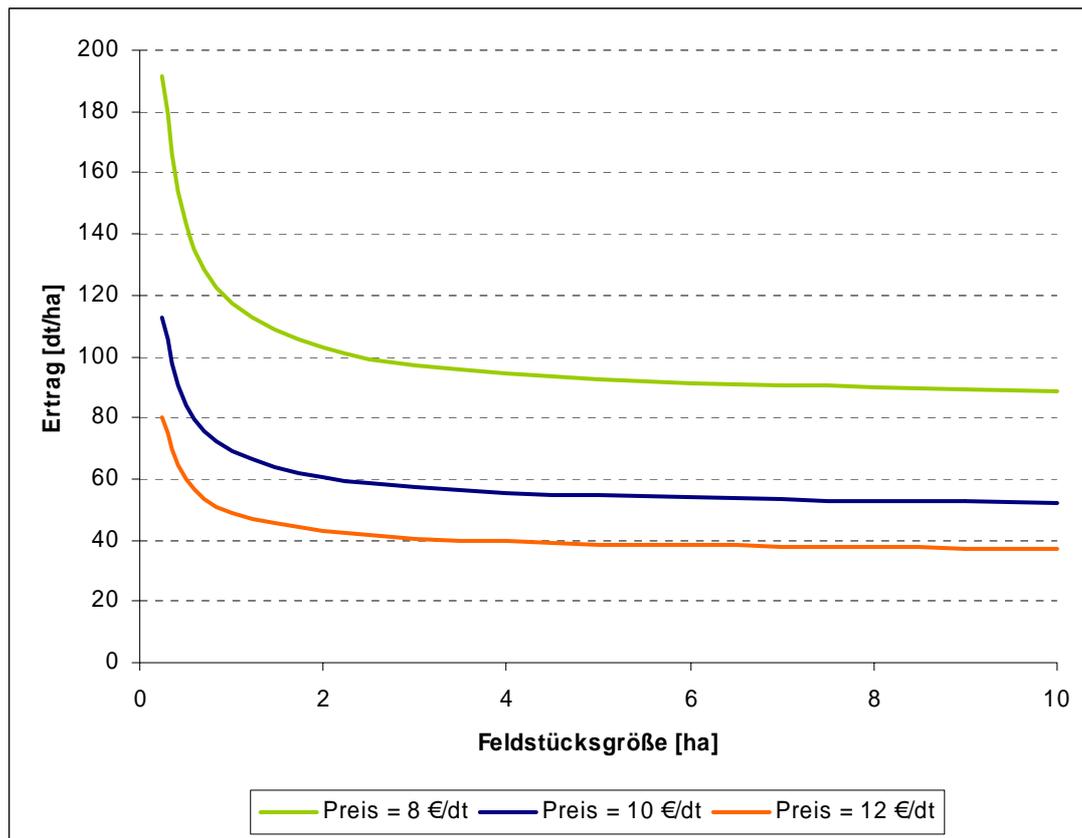


**Abbildung 17 Einfluss einer Preissenkung auf die Allokation des Produktionsverfahrens P in Landschaften mit unterschiedlicher Produktionsstückkostenstruktur**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Sinkende Erzeugerpreise verursachen je nach Produktionsstückkostenstruktur der Landschaften unterschiedliche Effekte. Im Falle der Landschaft mit den Produktionskosten  $Ks1$  führt der Erzeugerpreisrückgang zu einer Reduktion der in Produktionsverfahren  $P$  genutzten Fläche entsprechend des roten Pfeils. Aufgrund der niedrigen Produktionsstückkosten in Landschaft 2 mit  $Ks2$  führt der Rückgang der Erzeugerpreise zwar zu sinkenden Bodenrenten, jedoch nicht zu einem Rückgang der über Produktionsverfahren  $P$  genutzten Fläche.

Der Einfluss des Erzeugerpreises für Weizen auf den Verlauf der Isobodenrentenfunktion des unter Punkt 2.2.5 untersuchten Produktionsverfahrens wird in Abbildung 18 dargestellt.



**Abbildung 18** Isobodenrentenfunktion des Produktionsverfahrens Winterweizen in Abhängigkeit des Erzeugerpreises

Der Abstand der Funktionen entspricht dem zusätzlichen Ertrag, der in Abhängigkeit der Feldstücksgröße notwendig ist, um bei variierenden Erzeugerpreisen und gegebener Produktionstechnik gerade eine Bodenrente in Höhe von Null zu erwirtschaften. Mit sinkendem Erzeugerpreisniveau steigt der Abstand der Isobodenrentenfunktionen zueinander, da in diesem Fall eine zusätzlich erzeugte Ertragseinheit einen geringeren Einfluss auf die Höhe der Bodenrente hat.

In der Realität bestehen neben der Entscheidung zur Aufgabe der Flächennutzung als Reaktion auf sinkende Produktpreise Möglichkeiten zur Übernahme von Produktionsverfahren mit anderer Preis-Kostenstruktur.

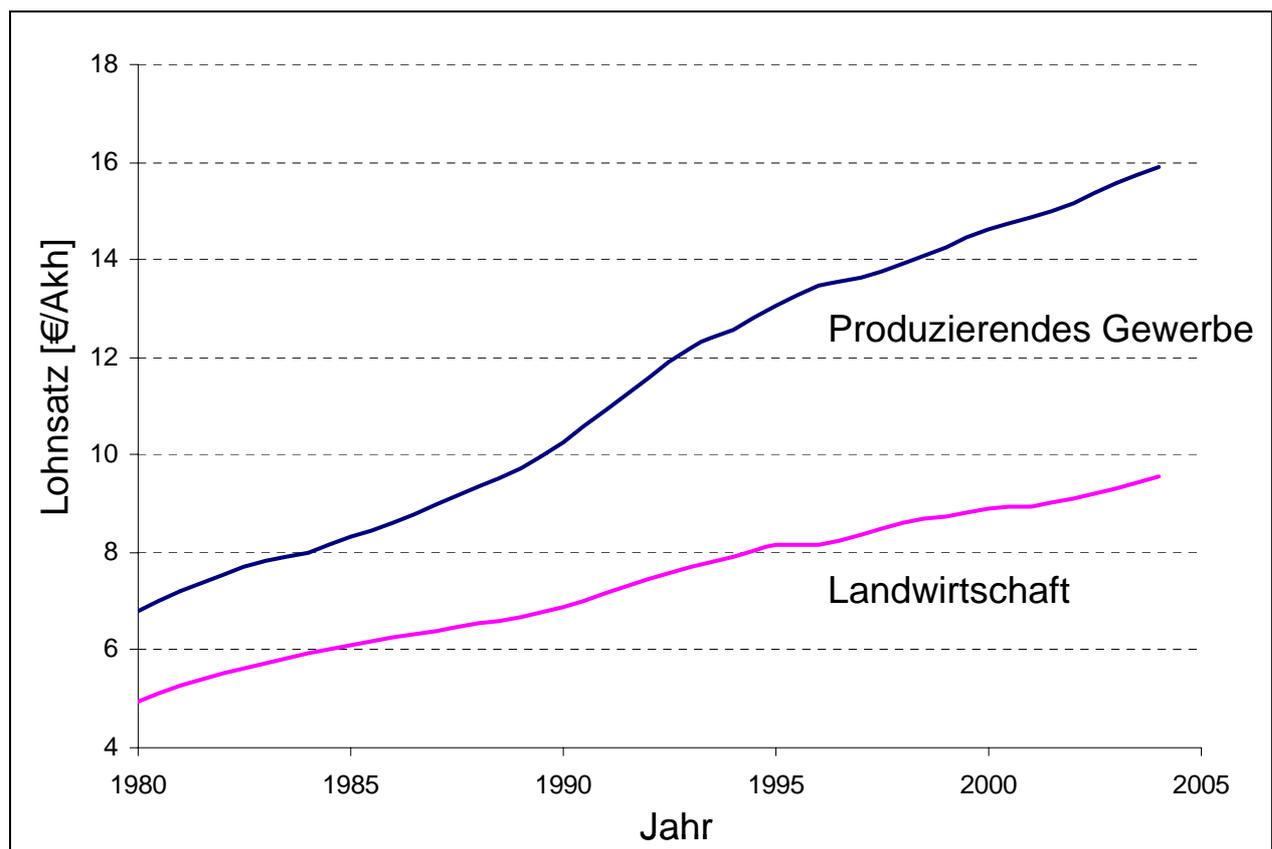
### 2.3.1.2 Preise für landwirtschaftliche Produktionsfaktoren

Landwirtschaftliche Produkte werden durch den Einsatz der Produktionsfaktoren Boden, Arbeit und Kapital erstellt.

Produktionsfaktoren gehen als Werkstoffe, Betriebsmittel inklusive der Nutzflächen, menschliche Arbeit und Dienste in die Produktionsprozesse ein (KUHLMANN, F., 2003,

S.329). Die Kosten eines Produktionsprozesses entsprechen dem zu Faktorpreisen bewerteten Faktorverbrauch und werden in Sach-, Arbeits- und Zinskosten unterteilt. Die Bereitstellungskosten der Nutzflächen entsprechen den Opportunitätskosten der Nutzung. Bei der Berechnung der Bodenrente werden die Nutzungskosten des Bodens explizit nicht berücksichtigt (KUHLMANN, F., 2003, S.238).

Die Bewertung einer im agrarischen Produktionsprozess eingesetzten Arbeitskraftstunde wird stark von der gesamten volkswirtschaftlichen Entwicklung, also den Löhnen im außerlandwirtschaftlichen Bereich bestimmt, da es letztlich die Entscheidung des Landnutzers ist, ob er seine Arbeitskraft in der Landwirtschaft oder im außerlandwirtschaftlichen Bereich einsetzt (vgl. Kuhlmann, F. et al., 2002, S. 380). In Abbildung 19 wird die Entwicklung des Lohnsatzes im produzierenden Gewerbe und in der Landwirtschaft im Zeitraum von 1985 bis 2005 dargestellt.



**Abbildung 19 Entwicklung der Lohnsätze für einen Facharbeiter im produzierenden Gewerbe und in der Landwirtschaft**

(Quelle: Statistisches Bundesamt unter <http://www.destatis.de/indicators/d/lrver07ad.htm>; Statistisches Jahrbuch über ELF, mehrere Jahrgänge)

Aus Abbildung 19 geht hervor, dass die Lohnsätze für Facharbeiter in der Landwirtschaft hinter den Lohnsätzen im produzierenden Gewerbe zurückbleiben.

Sachkosten entstehen im Produktionsprozess durch den Verbrauch von Betriebsmitteln und Werkstoffen. Dies sind zum Beispiel Kosten für Betriebsstoffe, Dünger, Saatgut und die Abschreibungen für Anlagen und Maschinen.

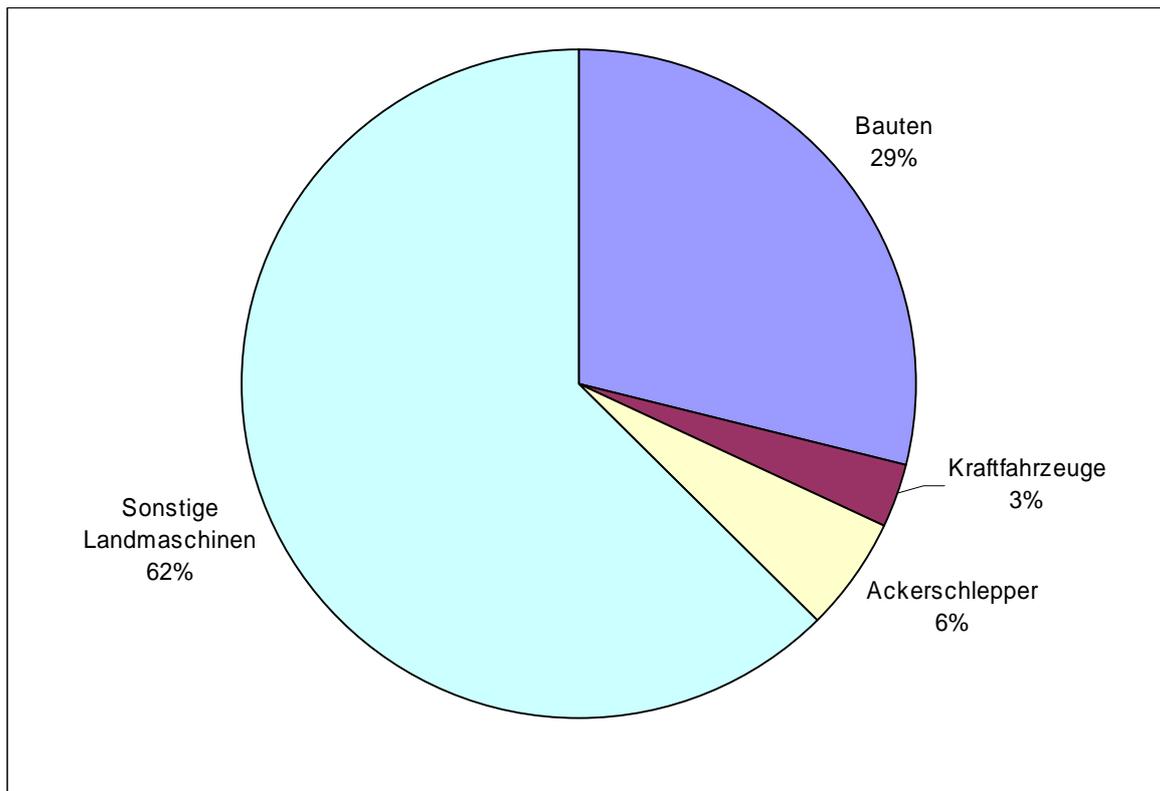
Im Jahr 2004 bezog die Landwirtschaft Vorleistungen aus anderen Wirtschaftsbereichen im Wert von 24,7 Milliarden € und erzielte eine Bruttowertschöpfung von 23,4 Milliarden €.

Im Jahr 1960 bezog die Landwirtschaft Vorleistungen aus anderen Wirtschaftsbereichen Wert von 11,1 Milliarden DM und erzielte eine Bruttowertschöpfung von 19 Milliarden DM.

Im Zeitraum von 1960 bis 2004 ist demnach das Verhältnis von Vorleistungen an der Bruttowertschöpfung von 58 % auf 105 % angestiegen (BMELF, 1980, Tabelle 190; BMVEL, 2005, Tabelle 178).

Investitionsgüter wie Maschinen und Bauten verursachen Zinskosten entsprechend den Opportunitätskosten des durchschnittlich gebundenen Kapitals. Weiterhin entstehen für Investitionsgüter Kosten durch die Abschreibung für Abnutzung.

Im Jahr 2004 wurden in der deutschen Landwirtschaft Nettoinvestitionen für die Ausstattung in Höhe von 5,1 Milliarden € getätigt (BMVEL, 2005, Tabelle 184). Die Ausstattung besteht dabei aus Bauten, Kraftfahrzeugen, Ackerschleppern und sonstigen Landmaschinen. Zur Aufteilung der Investitionssumme siehe Abbildung 20.

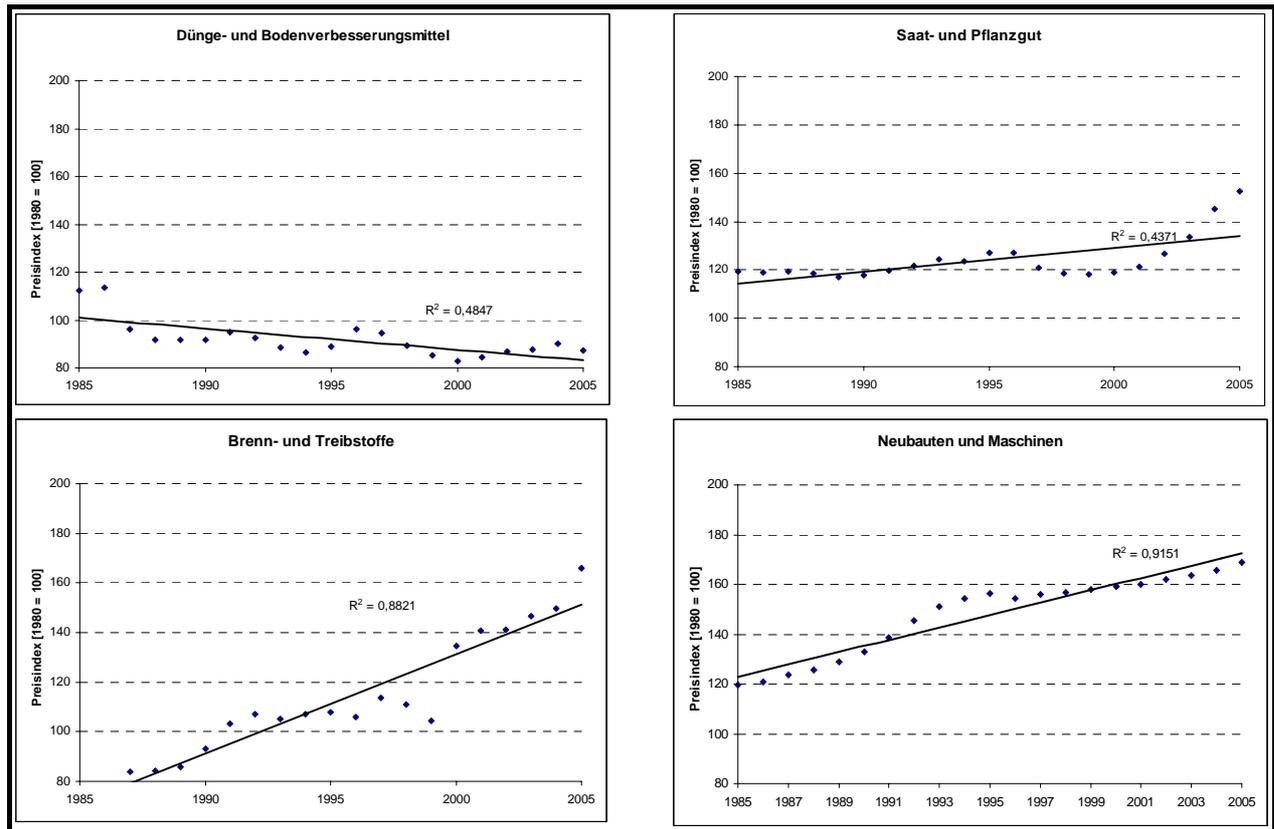


**Abbildung 20 Aufteilung der Investitionssumme für Ausstattung in der Landwirtschaft im Jahr 2004**

(Quelle: Stat. Jahrbuch über Ernährung Landwirtschaft und Forsten, 2005, Tabelle 179)

Aus Abbildung 20 geht hervor, dass annähernd 70 % der Investitionssumme auf Landmaschinen und Ackerschlepper entfällt. Etwa ein Drittel der Investitionssumme wird für Gebäude ausgegeben.

In Abbildung 21 ist die Preisentwicklung ausgewählter Produktionsfaktoren der landwirtschaftlichen Produktion im Zeitraum von 1985 bis 2005 dargestellt. Basis der Preisindizes ist jeweils das Jahr 1980.



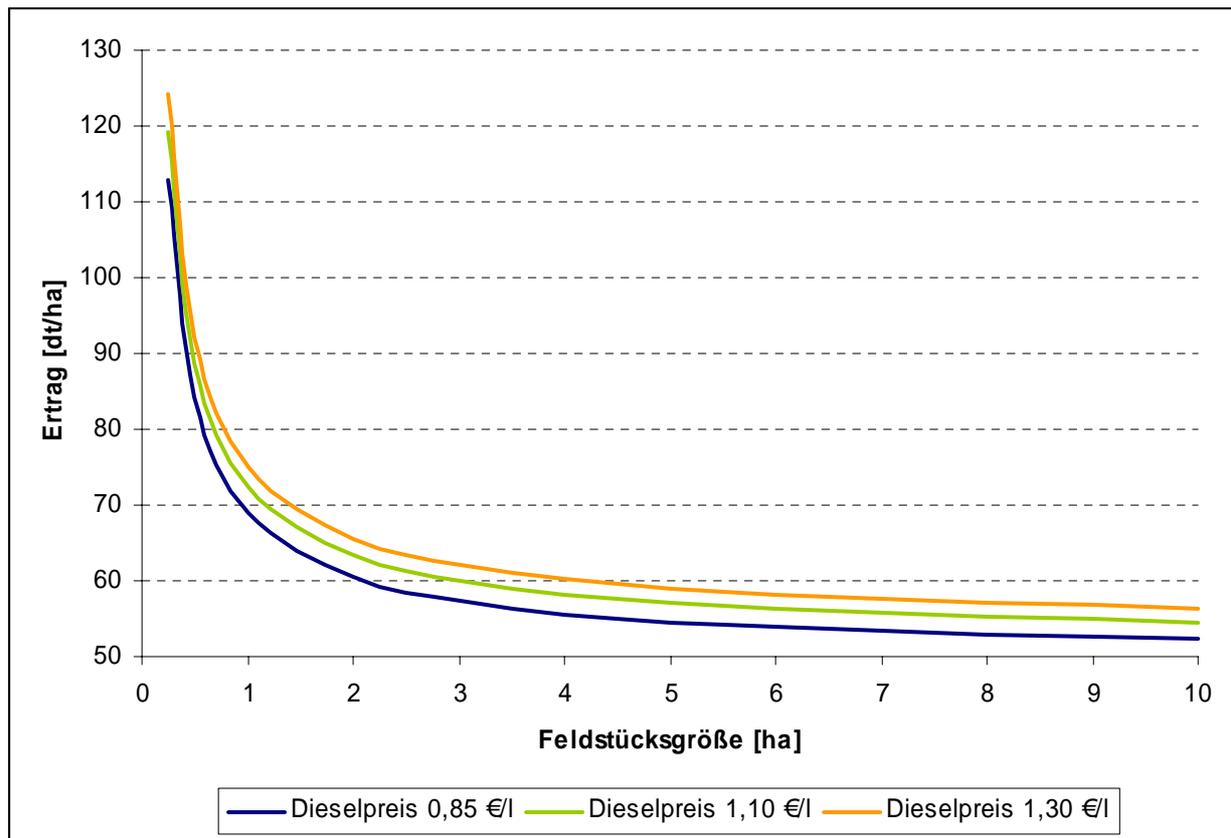
**Abbildung 21 Preisentwicklung wichtiger Produktionsfaktoren**

(Quelle: Stat. Jahrbuch über Ernährung Landwirtschaft und Forsten, mehrere Jahrgänge)

Vor allem für Bauten, Maschinen, Brenn- und Treibstoffe sind im betrachteten Zeitraum die Preise gestiegen. Die Preise für Düngemittel und Saatgut blieben nahezu konstant.

Wenn höhere Faktorpreise nicht durch Effizienzsteigerungen, Intensitätsanpassungen oder durch höhere Erzeugerpreise kompensiert werden können, sinkt die Bodenrente. Wenn die Kosten, also der zu Marktpreisen bewertete Faktoreinsatz auf einem betrachteten Flächenelement, nicht von den Erlösen des jeweiligen Produktionsverfahrens gedeckt werden können, so stellt dieser einen Grenzstandort für das jeweilige Landnutzungssystem dar.

In Abbildung 22 wird der Einfluss eines steigenden Dieselpreises auf den Verlauf der Isobodenrentenfunktion des Produktionsverfahrens Winterweizen dargestellt. Der Berechnung liegen die Verbrauchskennzahlen des Maschinenkostenkalkulationsprogramms Makost 3.1 (KTBL, 2002b) zugrunde.



**Abbildung 22 Isobodenrentenfunktion [BR=0] des Produktionsverfahrens Winterweizen in Abhängigkeit des Dieselpreises**

(Quelle: Eigene Berechnungen in REVA nach Verbrauchskennzahlen aus KTBL Makost 3.1)

Durch einen steigenden Dieselpreis von 0,85 €/l auf 1,30 €/l können die Verfahrenskosten auf vergleichsweise ertragsschwachen Standorten nicht mehr gedeckt werden. Sie werden zu Grenzstandorten der Weizenproduktion.

### 2.3.2 Produktionstechnische Rahmenbedingungen

*„Jeder Fortschritt in der landwirtschaftlichen Technik wirkt unmittelbar entweder steigernd auf den Rohertrag oder vermindern auf die Produktionskosten ein.“*

(BRINKMANN, T., 1922, S.50)

Nach BRINKMANN (1922) hat der volkswirtschaftliche Fortschritt einen „komplizierten Charakter“. Im Bezug auf die Landwirtschaft drückt er sich zum einen in der Nachfrageentwicklung nach landwirtschaftlichen Gütern und zum anderen in der „Vervollkommnung der Technik“ aus. Der Fortschritt übt nach BRINKMANN (1922) keine einheitliche Wirkung auf den landwirtschaftlichen Sektor aus, sondern bedingt sowohl Extensivierungs- als auch Intensivierungstendenzen.

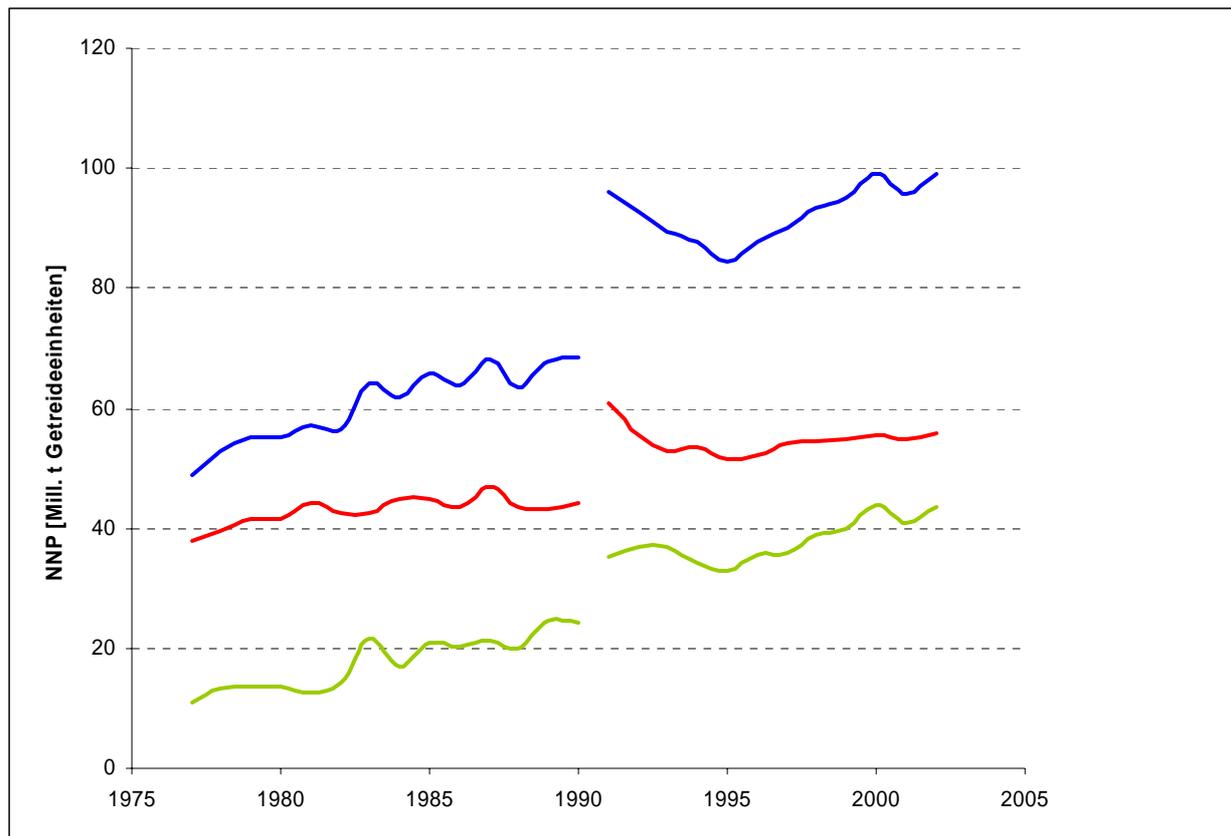
Durch technischen Fortschritt wird die Produktivität der eingesetzten Faktoren Kapital, Arbeit und Boden beeinflusst. Technischer Fortschritt bedeutet, dass bei einer fixen Menge eingesetzter Faktoren ein der Produktivitätssteigerung entsprechend höherer Output erzielt wird oder für die Erzeugung eines fixen Outputs weniger Faktoreinheiten notwendig sind (BROCKHOFF, K., 1988, S. 583 ff). Der technische Fortschritt kann deshalb Produktionssteigerungen, Kostensenkungen oder Kapazitätserweiterungen bewirken (REISCH et al., 1977, S.26).

Technischer Fortschritt wird im Allgemeinen in folgende Kategorien unterteilt (WILLER, H., 1967):

- biologisch-technischer Fortschritt
- mechanisch-technischer Fortschritt
- organisatorischer-technischer Fortschritt

Neuerungen der eingesetzten Verfahrenstechnik der Innen- und Außenwirtschaft wirken sich, neben einer Steigerung der Arbeits- und Kapitalproduktivität, auch steigernd auf den Ertrag je Flächen- oder Tiereinheit aus. Zum Beispiel durch den Einsatz einer verbesserten Bodenbearbeitungs- oder Melktechnik. Deshalb schlägt HEADY anstatt des Begriffs „mechanisch-technischer Fortschritt“ den Begriff „biologisch-mechanische Neuerungen“ vor (HEADY, E.O, 1952, S. 818 ff).

Die Steigerung der landwirtschaftlichen Bodenproduktivität drückt sich in der Netto-Nahrungsmittelproduktion aus. In Abbildung 23 wird die Entwicklung der Netto-Nahrungsmittelproduktion in Getreideeinheiten auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1977 bis 2004 aufgezeigt. Eine Getreideeinheit entspricht dabei der nach einem Getreideeinheitenschlüssel bewerteten gesamten Produktmenge (BMVEL, Statistisches Jahrbuch über ELF, 2005, S.147). Eine Dezitonne Schweinefleisch entspricht nach diesem Schlüssel zum Beispiel 3,5 Getreideeinheiten. Auf diese Weise wird die tierische und pflanzliche Produktion zu einer Kennzahl zusammengefasst.

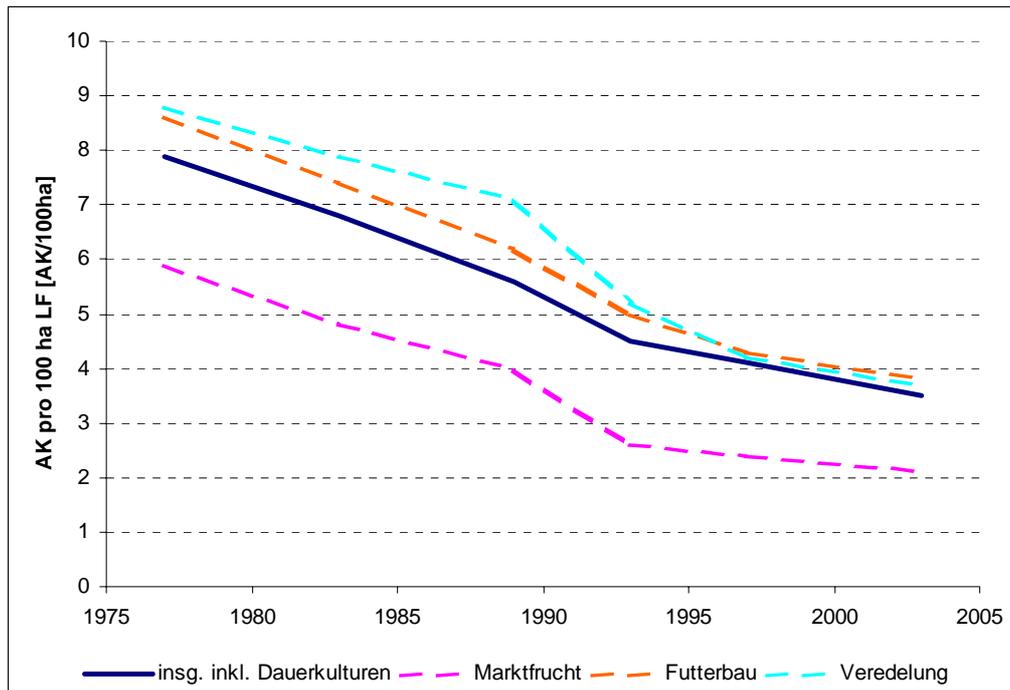


**Abbildung 23 Netto-Nahrungsmittelproduktion in Mill. t Getreideeinheiten auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland, ab 1990 inklusive Ostdeutschland**

(Quelle: Stat. Jahrbuch über ELF, mehrere Jahrgänge)

Im Zeitraum von 1977 bis 1990 wurde auf dem Gebiet der alten Bundesrepublik die Nettonahrungsmittelproduktion um 39 % gesteigert. Im Zeitraum von 1994 bis 2002 wurde auf dem Gebiet der alten Bundesrepublik inklusive Ostdeutschland die Nettonahrungsmittelproduktion um 12 % gesteigert (BMELV, STAT. JAHRBUCH ÜBER ELF, mehrere Jahrgänge).

Der Anstieg der Arbeitsproduktivität im Bereich der Außen- und der Innenwirtschaft drückt sich im Rückgang des Arbeitskräftebesatzes auf der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Zeitraum 1975 bis 2005 aus. Siehe Abbildung 24. Da sich die Produktion von Nahrungsmitteln gleichzeitig erhöht hat, konnte durch die Steigerung der Arbeitsproduktivität der Arbeitszeitbedarf je erzeugter Getreideinheit gesenkt werden.



**Abbildung 24 Arbeitskräfte je 100 Hektar LF in der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1977 – 2003**

(Quelle: Stat. Jahrbuch über ELF, mehrere Jahrgänge)

Im Folgenden wird die Wirkung des biologisch-technischen Leistungspotenzials und des mechanisch-technischen Leistungspotenzials auf die Herausbildung von landwirtschaftlichen Grenzstandorten untersucht.

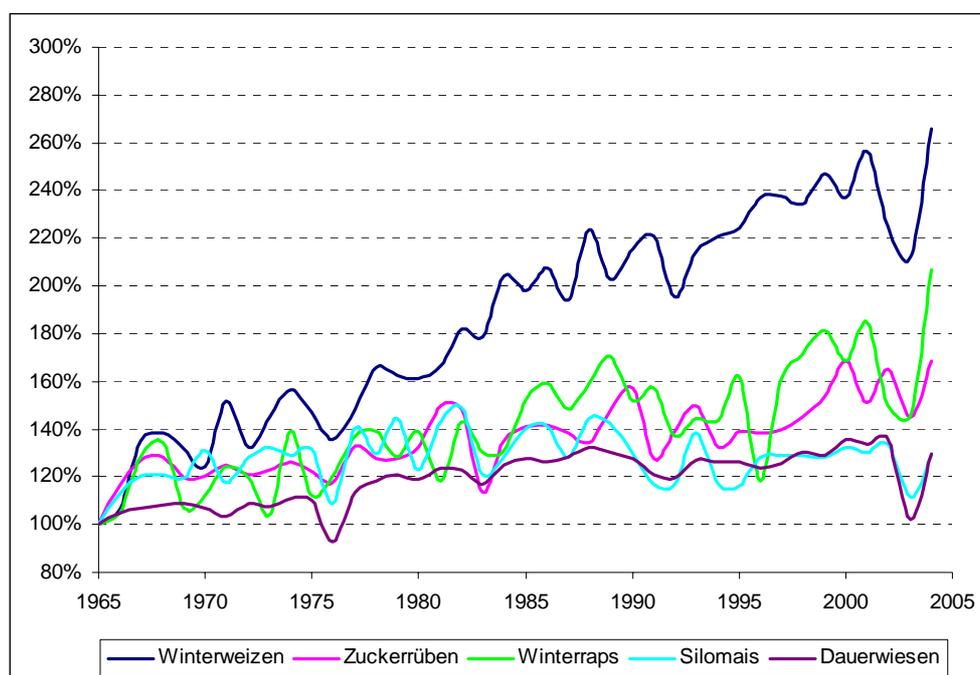
### 2.3.2.1 Biologisch-technisches Leistungspotenzial

Der biologisch-technische Fortschritt zielt in der Regel auf eine Erhöhung des Ertrages oder der Ertragsstabilität je Flächeneinheit oder je Tier ab und hat in der Regel eine intensivierende Wirkung (WILLER, H., 1967, S.101). Durch die Einführung leistungsfähigerer Sorten und Tiere steigt der Einsatz ertragsteigernder Betriebsmittel pro Tier oder Fläche an. Nur durch eine entsprechende Bereitstellung von Nährstoffen kann das genetische Leistungspotenzial der Organismen ausgeschöpft werden.

Auf die Produkteinheit bezogen, sinkt der Faktorbedarf bei steigendem Ertragspotenzial ab, da sich die ertragsunabhängigen Kosten auf einen größeren Output verteilen (vgl. Gleichung 6). In der Tierhaltung entsprechen die Kosten für den Erhaltungsbedarf den ertragsunabhängigen Kosten.

Im Landwirtschaftssektor spricht man von bodensparendem technischem Fortschritt, wenn sich die Grenzproduktivitäten der Arbeit und des Kapitals stärker erhöhen als die des Bodens (WILLER, H., 1967, S.106). Dies ist der Fall, wenn es bei gegebenen Faktorpreisen vorzüglich ist, durch den Einsatz von Arbeit und Kapital die Flächenbewirtschaftung zu intensivieren, anstatt die bewirtschaftete Fläche auszuweiten.

Abbildung 25 zeigt die Entwicklung der Hektarerträge ausgewählter landwirtschaftlicher Kulturpflanzen in Relation zum Ertrag des Jahres 1965.



**Abbildung 25 Ertragsentwicklung ausgewählter Kulturpflanzen 1965 – 2004**

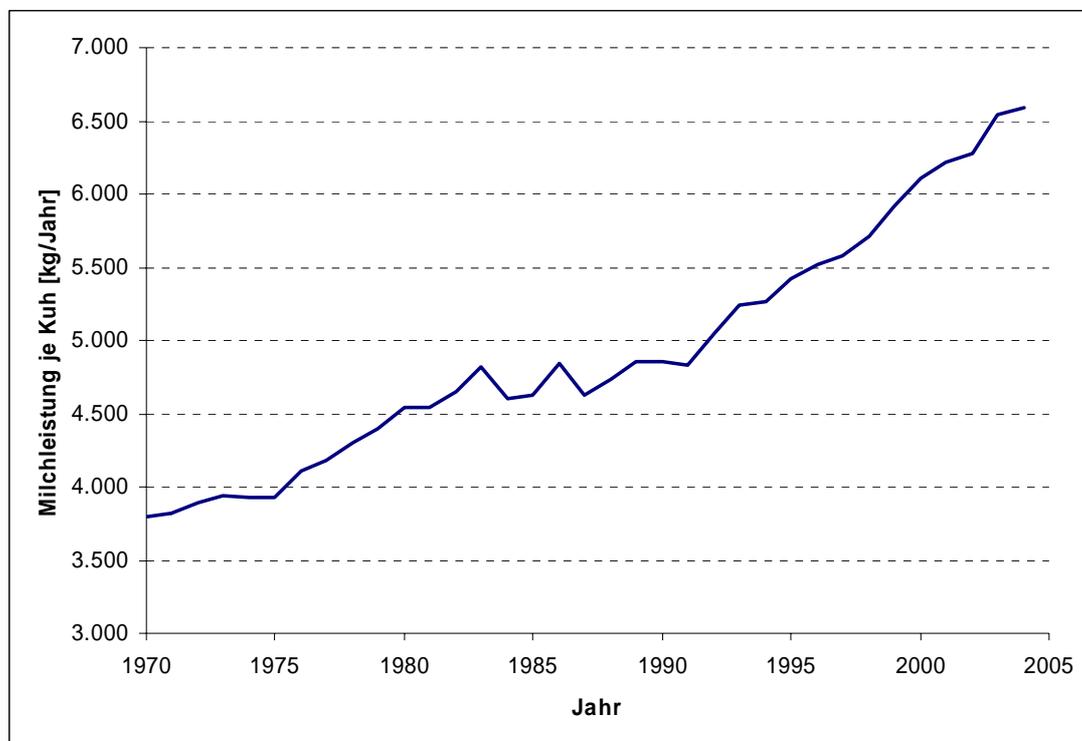
(Quelle: Stat.Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, mehrere Jahrgänge)

Die größte Ertragssteigerung konnte bei der Kulturpflanze Winterweizen erzielt werden, gefolgt von Winterraps und Zuckerrüben. Die Ertragssteigerungen der Futterpflanze Silomais und der Dauerwiesen sind als vergleichsweise gering zu bezeichnen.

Die Flächenproduktivität konnte im Futterbau vor allem durch die Steigerung der biologischen Produktivität in den Veredelungsverfahren je eingesetzter Grundfuttereinheit realisiert werden.

Die Leistungssteigerung in der tierischen Produktion, etwa die Milchleistung pro Kuh, zählt zum bodensparenden technischen Fortschritt, da mit steigender Leistung der

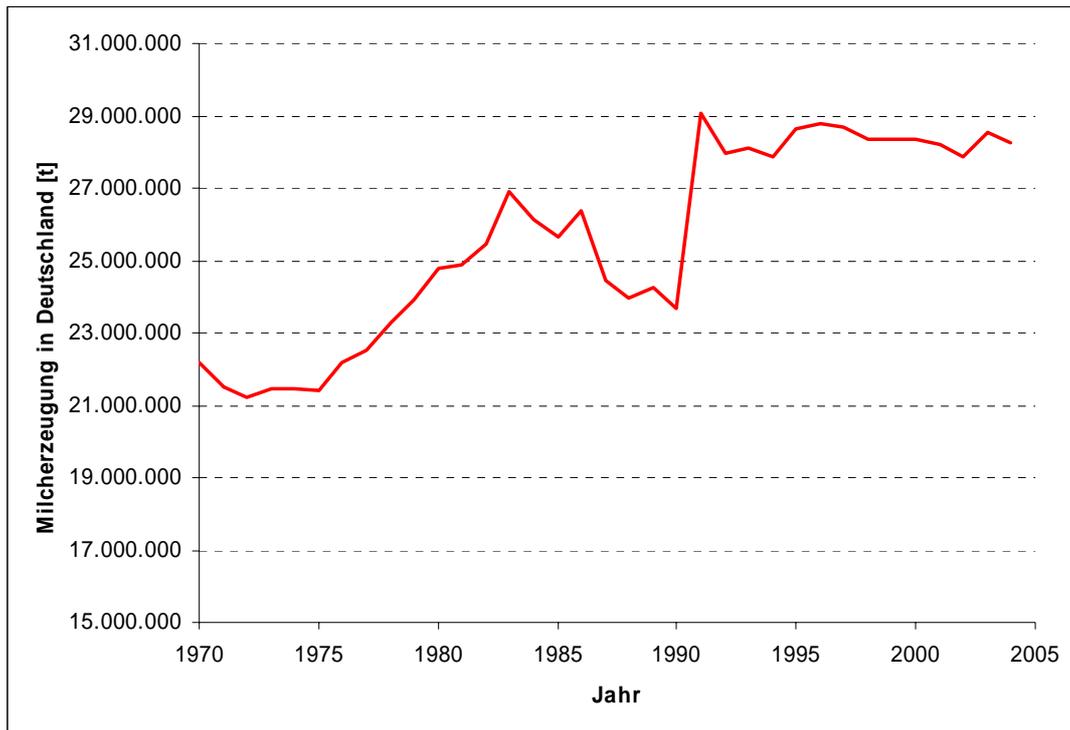
Anteil der Erhaltungsenergie je Produkteinheit sinkt. Der Erhaltungsbedarf ist eine Funktion der Lebendmasse, während der Produktionsbedarf von der produzierten Leistung abhängt (KIRCHGEßNER, M., 1997, S. 306). Es kann daher, je nach Faktorpreisrelation, relativ vorzüglich sein, die Milchleistung je Tier in Form von Kraftfutter und Investitionen in das genetische Leistungspotenzial zu steigern, anstatt die Futterfläche samt Milchviehherde aufzustocken. In diesem Fall ist die Grenzproduktivität des Kapitals höher als die Grenzproduktivität des Bodens. Die Milchleistungssteigerung je Milchkuh im Zeitraum 1965 bis 2004 wird in Abbildung 26 gezeigt.



**Abbildung 26 Durchschnittliche Milchleistung je Kuh in der Bundesrepublik Deutschland**

(Quelle: Stat. Jahrbuch über ELF, mehrere Jahrgänge)

Die Milcherzeugung pro Jahr in der Bundesrepublik, ab 1990 inklusive Ostdeutschland, wird in Abbildung 27 dargestellt.

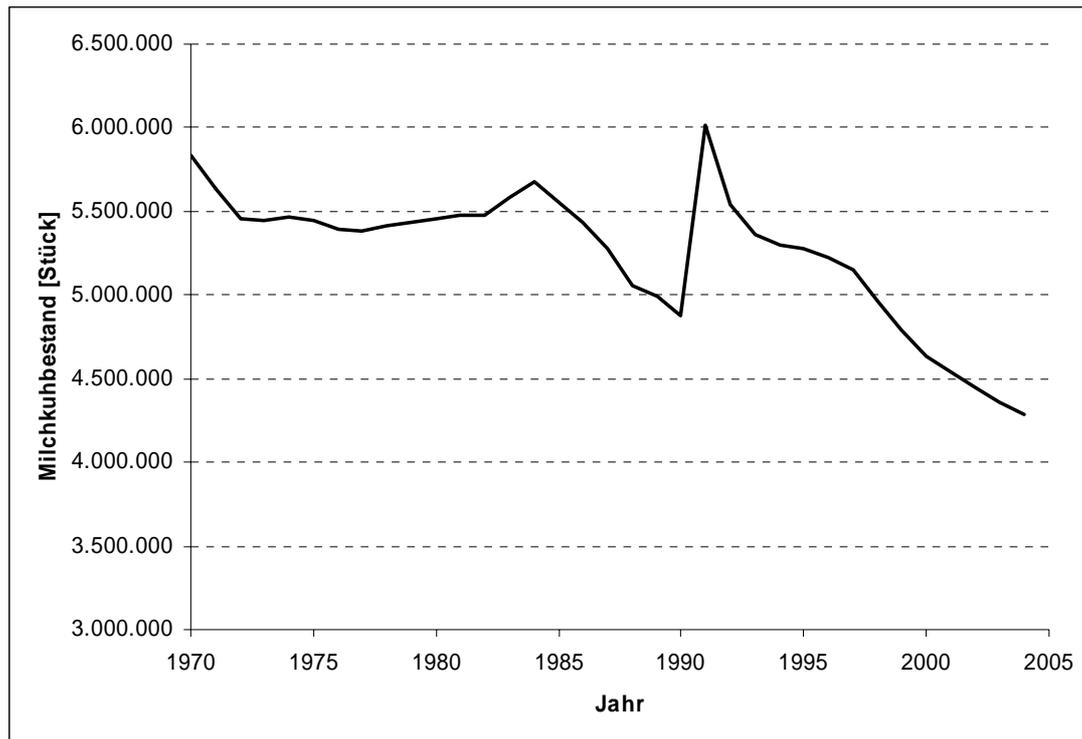


**Abbildung 27 Milcherzeugung in Deutschland 1970 – 2004**

(Quelle: Stat. Jahrbuch über ELF, mehrerer Jahrgänge)

Da die Milchproduktion in der Europäischen Union durch eine Quotierung der Angebotsmenge geregelt und begrenzt wird, geht eine Milchleistungssteigerung mit einem Rückgang der Milchviehbestände einher.

Die Entwicklung des Milchkuhbestands in der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1970 bis 2004 wird in Abbildung 28 dargestellt.



**Abbildung 28 Milchkuhbestand in Deutschland 1970 – 2004**

(Quelle: Stat. Jahrbuch über ELF, mehrerer Jahrgänge)

Biologisch-technischer Fortschritt wirkt sich senkend auf die Produktionsstückkosten und bei konstanten Produktpreisen steigernd auf den Gewinn der Erzeuger aus (vgl. HEISSENHUBER, A. et al., 1990, S.241).

Im Bereich der tierischen Produktion wirkt sich der biologisch-technische Fortschritt unter der Annahme konstanter Produktpreise steigernd auf den Veredelungswert und damit die Bodenrente aus.

Eine Steigerung der Flächenproduktivität durch produktionstechnischen und züchterischen Fortschritt im pflanzlichen und tierischen Bereich hat, unter der Annahme einer konstanten Nachfrage nach Lebensmitteln, zur Folge, dass weniger Flächen zur Produktion der nachgefragten Menge zu bebauen sind (vgl. JACOB, M., 2003, S.1).

Um nochmals auf RICARDOS Standorttheorie zurückzukommen: Eine steigende Flächenproduktivität durch biologisch-technischen Fortschritt zeitigt ähnliche Effekte auf die Allokation von Landnutzungssystemen wie eine Abnahme der Bevölkerung: Zur Befriedigung einer konstanten Nachfrage wird weniger „Boden von geringerer Qualität“ in Kultur gehalten.

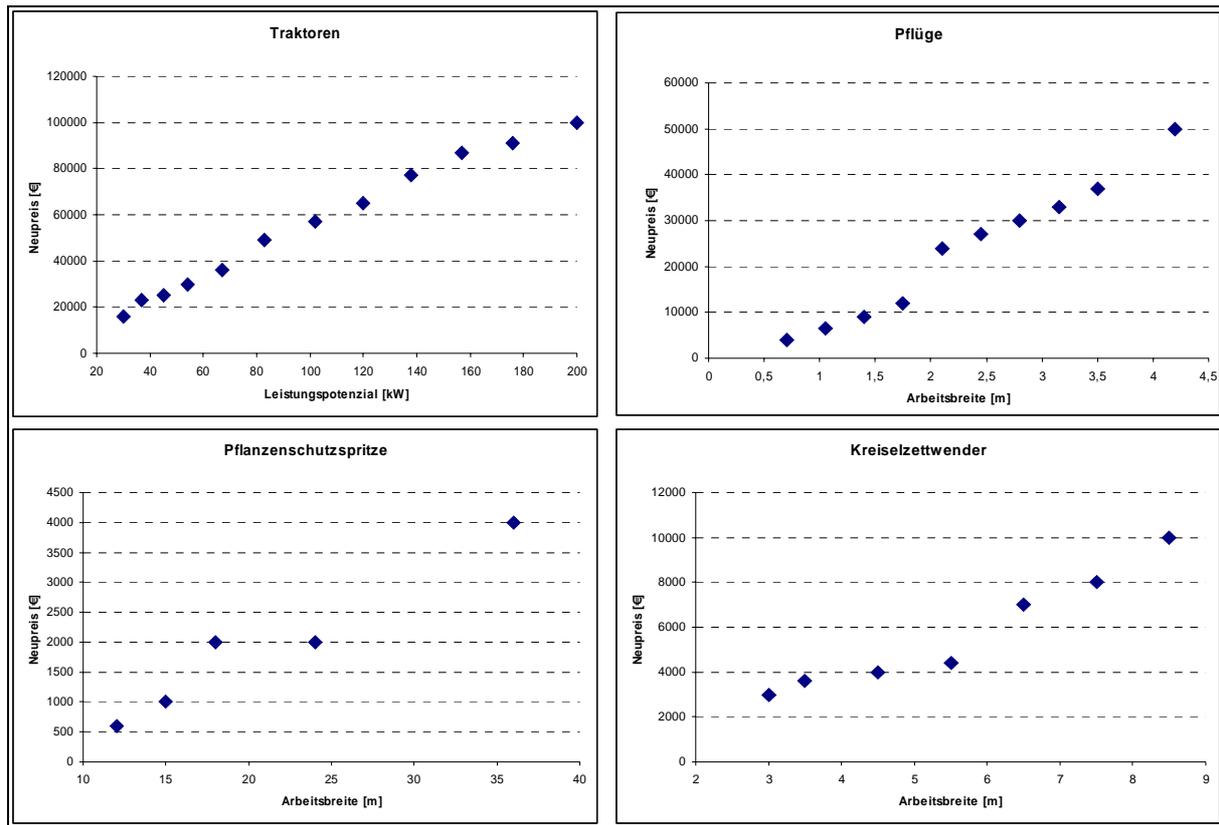
### 2.3.2.2 Mechanisch-technisches Leistungspotenzial

Die Leistung ist in der Physik und der Arbeitslehre definiert als der Quotient aus Arbeit und Zeit.

Das mechanisch-technische Leistungspotenzial landwirtschaftlicher Elementarprozesse wirkt sich auf das Faktor-Mengengerüst der Produktionsverfahren aus.

Der Zeitbedarf, die Maschinenkosten und der Kapitalbedarf verhalten sich innerhalb eines landwirtschaftlichen Elementarprozesses mit bestimmtem Leistungspotenzial komplementär. Zwischen landwirtschaftlichen Elementarprozessen mit unterschiedlichem mechanisch-technischen Leistungspotenzial verhalten sie sich substitutiv, da sich die in den Elementarprozessen eingesetzten Mechanisierungsvarianten in der Flächenleistung, dem Kapitalbedarf und den Maschinenkosten unterscheiden.

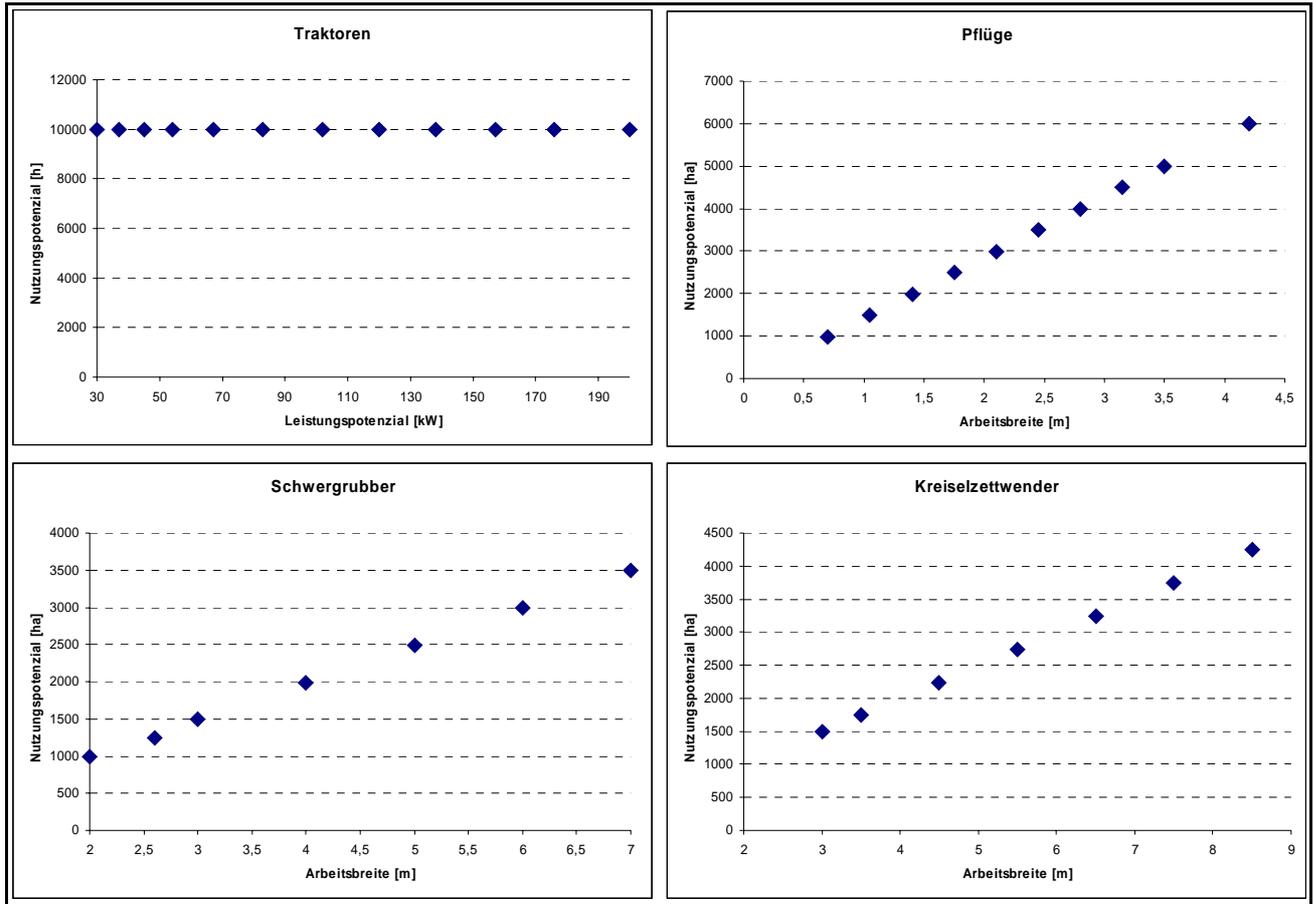
Der Neupreis von Traktoren unterschiedlicher Leistung und der Neupreis ausgewählter Maschinen mit unterschiedlicher Arbeitsbreite ist in Abbildung 29 dargestellt.



**Abbildung 29 Neupreis ausgewählter Maschinen unterschiedlichen Leistungspotenzials**

(Quelle: KTBL Makost.3.1)

Nach Daten des KTBL (KTBL, 2002, Makost 3.1) steigt das Nutzungspotenzial flächen- und masseabhängig bewerteter Maschinen mit zunehmendem Leistungspotenzial an. Das Nutzungspotenzial in Standardnutzungseinheiten zeitabhängig bewerteter Maschinen, etwa Traktoren, ergibt sich aus der Auslastung in Standardnutzungseinheiten pro Jahr und der Nutzungsdauer in Jahren. Unabhängig von der Motorleistung wird das Nutzungspotenzial eines Traktors mit 10.000 Betriebsstunden angegeben. Die vom KTBL angegebenen Nutzungspotenziale ausgewählter Maschinen sind in Abbildung 30 dargestellt.



**Abbildung 30 Nutzungspotenzial ausgewählter Maschinen in Abhängigkeit der Arbeitsbreite**

(Quelle: KTBL Makost 3.1, 2002, Eigene Darstellung)

Die leistungsabhängige Abschreibung für Abnutzung ergibt sich aus dem Neupreis der Maschine abzüglich des Restwertes geteilt durch das Nutzungspotenzial.

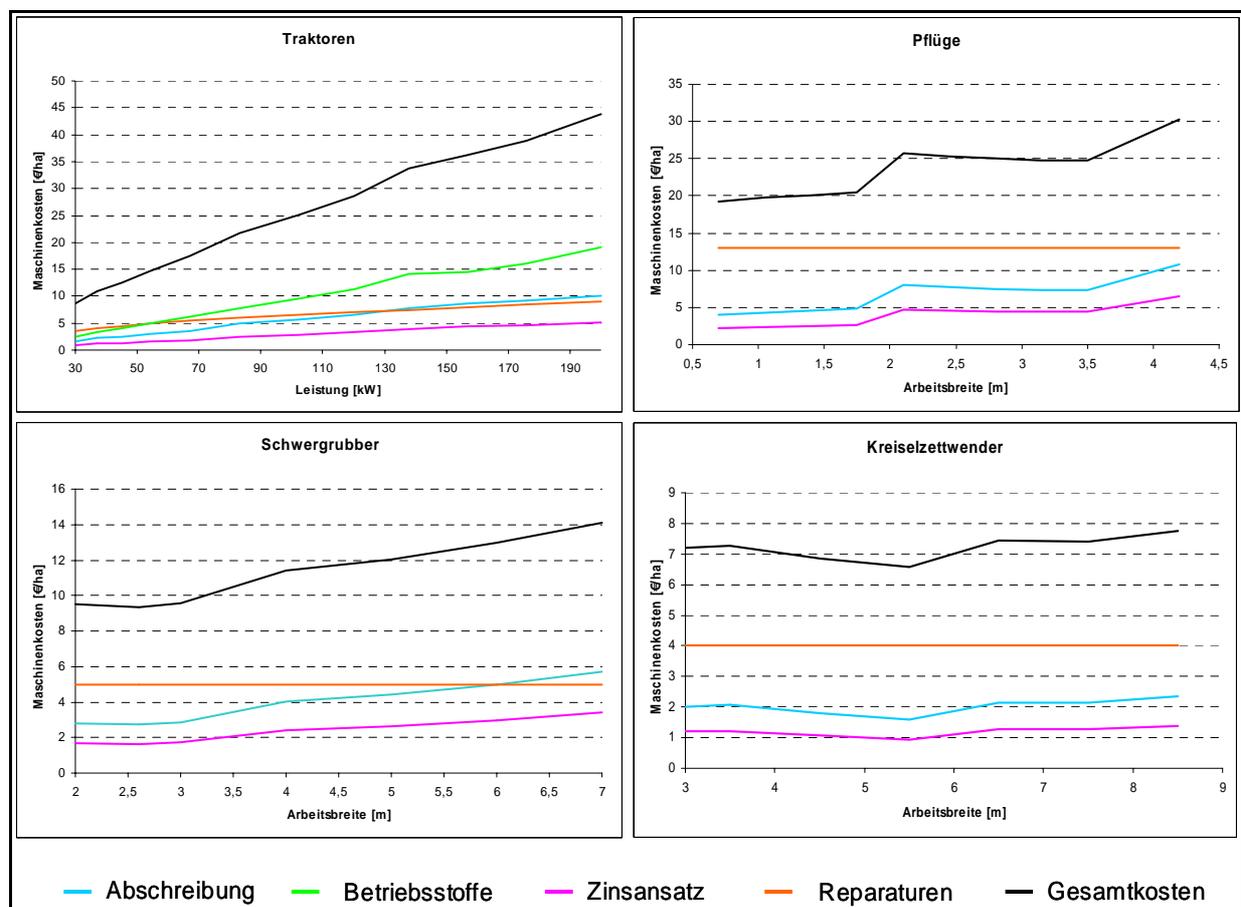
Die Kosten für die Abschreibung für Abnutzung steigen mit zunehmender Leistung des Traktors, da der Neupreis ansteigt und das Nutzungspotenzial als konstant angegeben wird. Die Kosten für die Abnutzung angehängter Landmaschinen je Standardnutzungseinheit steigen nur dann mit zunehmender Arbeitsbreite, wenn die Preissteigerung im Vergleich zu einer kleineren Maschine höher ist als der Zuwachs des Nutzungspotenzials in Standardnutzungseinheiten.

Weiterhin bestehen die Maschinenkosten aus Reparatur- und Betriebsstoffkosten, die vor allem bei Traktoren mit zunehmender Leistung ansteigen. Bei Maschinen die je Masse- oder Volumeneinheit bewertet werden, gibt das KTBL (2002b) unabhängig von deren Nutzmasse einheitliche Werte für die Reparaturkosten an.

Der Kapitalbedarf eines Produktionsverfahrens leitet sich vom Neupreis und der durchschnittlichen jährlichen Auslastung ab.

Der Kapitalbedarf je Stunde steigt bei Traktoren mit zunehmender Leistung an, da die Auslastung der Traktoren unabhängig von deren Leistung mit 833 Stunden pro Jahr angegeben wird. Bei Maschinen, die je Masse- oder Volumeneinheit bewertet werden, lässt sich anhand der KTBL-Daten bezüglich des Kapitalbedarfs keine Regelmäßigkeit feststellen.

In Abbildung 31 sind die vom KTBL (2002b) im Programm MaKost 3.1 angegebenen Maschinenkostenbestandteile ausgewählter Maschinen unterschiedlicher Leistung dargestellt.



**Abbildung 31 Bestandteile der Maschinenkosten ausgewählter Maschinen mit unterschiedlichem Leistungspotenzial**

(Quelle: Eigene Darstellung nach KTBL Makost 3.1)

Die Maschinenkosten je Stunde steigen mit zunehmendem Leistungspotenzial der Traktoren an. Die Maschinenkosten je Hektar der flächenabhängig bewerteten Maschinen steigen nur geringfügig an.

Die Mechanisierung landwirtschaftlicher Elementarprozesse der Außenwirtschaft besteht in der Regel aus einem Gespann einer zeitabhängig bewerteten Maschine

und einer flächen- oder masseabhängig bewerteten Maschine. Ausnahmen stellen hier Elementarprozesse dar, in denen selbstfahrende Arbeitsmaschinen wie Mähdrescher, Feldhäcksler, Rübenroder oder Kartoffelroder eingesetzt werden. Mit zunehmender Arbeitsbreite oder Ladevolumen der angehängten Maschinen steigt der Leistungsbedarf der Zugmaschine (vgl. KTBL, 2004). Da mit zunehmender Leistung der Zugmaschine die Kosten pro Stunde ansteigen (vgl. Abbildung 31) muss der Zeitbedarf für einen Elementarprozess mit steigender Leistung sinken oder die Verfahrenskosten steigen.

Das Einsparpotenzial der Arbeitszeit beim Übergang von einem kleinmechanisierten Elementarprozess  $N_{klein}$  auf einen großmechanisierten Elementarprozess  $N_{gross}$  berechnet sich nach Gleichung 41:

**Gleichung 41 Veränderung des Arbeitszeitbedarfs im Elementarprozess  $N$  auf Feldstück  $j$  beim Übergang auf eine größere Mechanisierung  $N_{groß}$**

$$\lambda T_{ngroß,j} = T_{ngroß,j} - T_{nklein,j}$$

Darin sind:

$\lambda T_{ngroß,j}$	=	Differenz des Zeitbedarfs zwischen großer und kleiner Mechanisierung im Elementarprozess $N$
$T_{ngroß,j}$	=	Zeitbedarf im Elementarprozess $N_{groß}$ auf Feldstück $j$
$T_{nklein,j}$	=	Zeitbedarf im Elementarprozess $N_{groß}$ auf Feldstück $j$

Zur Berechnung des Zeitbedarfs eines Elementarprozesses siehe Gleichung 33.

Die Arbeitsbreite, die Anfahrtsgeschwindigkeit, die Arbeitsgeschwindigkeit und der Zeitbedarf je Wendevorgang stellen die technischen Einflussgrößen des Elementarprozesses  $N$  auf den Zeitbedarf dar.

Die Feldstückgröße, die Hof-Feld-Entfernung und die Feldstücksbreite stellen die naturräumlichen Einflussgrößen des Feldstücks  $j$  auf den Zeitbedarf dar. Der Zeitbedarf je Hektar wirkt sich auf die Lohnkosten und die zeitabhängigen Maschinenkosten aus. Die flächen- und ertragsbezogenen Maschinenkosten sind von der Feldstücksstruktur unabhängig.

Die Veränderung der Maschinenkosten beim Übergang auf eine große Mechanisierung berechnet sich nach Gleichung 42:

### Gleichung 42 Veränderung der Maschinenkosten im Elementarprozess $N$ auf Feldstück $j$ beim Übergang auf eine große Mechanisierung

$$\begin{aligned} \lambda MK_{ngro\beta} &= (T_{ngro\beta,j} \times MKt_{ngro\beta} - T_{nklein,j} \times MKt_{nklein}) \\ &+ (MKf_{ngro\beta} - MKf_{nklein}) \\ &+ y_{kj} \times (MKe_{ngro\beta} - MKe_{nklein}) \\ &+ (MKm_{ngro\beta} - MKm_{nklein}) \end{aligned}$$

Darin sind:

$\lambda MK_{ngro\beta}$	=	Differenz der Maschinenkosten zwischen großer und kleiner Mechanisierung im Elementarprozess $N$ in €
$T_{ngro\beta,j}$	=	Zeitbedarf im Elementarprozess $N_{gross}$ auf Feldstück $j$ in h
$T_{nklein,j}$	=	Zeitbedarf im Elementarprozess $N_{klein}$ auf Feldstück $j$ in h
$MKt_{ngro\beta}$	=	Zeitabhängige Maschinenkosten im Elementarprozess $N_{gross}$ auf Feldstück $j$ in €/h
$MKt_{nklein}$	=	Zeitabhängige Maschinenkosten im Elementarprozess $N_{klein}$ auf Feldstück $j$ in €/h
$MKf_{ngro\beta}$	=	Flächenabhängige Maschinenkosten im Elementarprozess $N_{gross}$ in €
$MKf_{nklein}$	=	Flächenabhängige Maschinenkosten im Elementarprozess $N_{klein}$ in €
$y_{kj}$	=	Ertrag der Kulturpflanze $k$ auf Feldstück $j$ in dt
$MKe_{ngro\beta}$	=	Kosten der je Dezitonne Ertrag bewerteten Maschine im Elementarprozess $N_{gross}$ in €/dt
$MKe_{nklein}$	=	Kosten der je Dezitonne Ertrag bewerteten Maschine im Elementarprozess $N_{klein}$ in €/dt
$MKm_{ngro\beta}$	=	Kosten der je Masseinheit bewerteten Maschine im Elementarprozess $N_{gross}$ in €
$MKm_{nklein}$	=	Kosten der je Masseinheit Ertrag bewerteten Maschine im Elementarprozess $N_{klein}$ in €

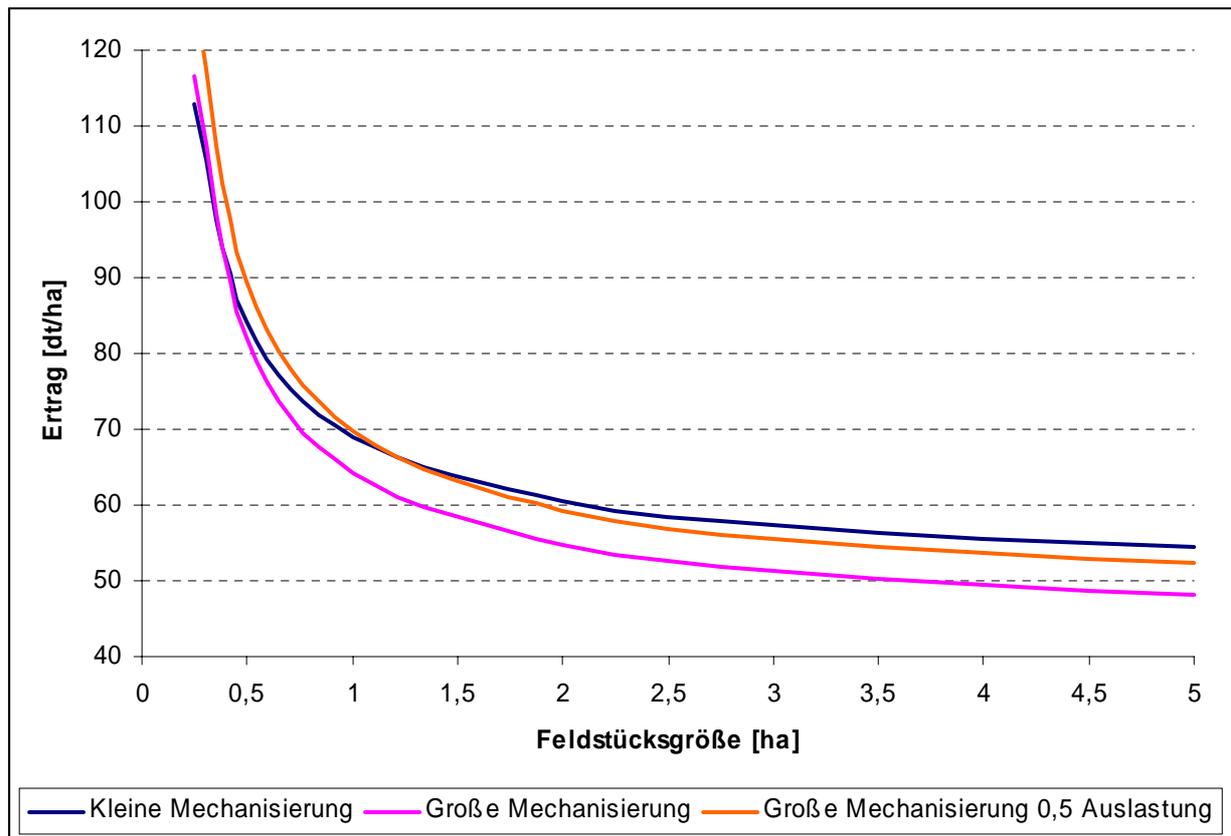
Die Veränderung des Kapitalbedarfs beim Übergang auf eine große Mechanisierung berechnet sich analog zu Gleichung 42.

Unter Berücksichtigung der Standortattribute Feldstücksgröße, Hof-Feld-Entfernung und Längen-Breiten-Verhältnis von  $j$  berechnen sich die Veränderungen der Verfahrenskosten bei gegebenem Lohn- und Zinssatz wie in Gleichung 43.

### Gleichung 43 Veränderung der Verfahrenskosten im Elementarprozess $N$ auf Feldstück $j$ beim Übergang auf eine größere Mechanisierung $N_{gross}$

$$\begin{aligned} \lambda Kverf_{ngross,j} &= \lambda T_{ngro\beta,j} \times p_L + \lambda T_{ngro\beta,j} \times \lambda MKt_{ngross} + \lambda MKf_{ngross} + y_{kj} \times \lambda MKe_{ngross} \\ &+ \lambda T_{ngro\beta,j} \times \lambda KBt_{ngross} \times i + \lambda KBf_{ngross} \times i + y_{kj} \times \lambda Kbe_{ngross} \end{aligned}$$

In Abbildung 32 wird der Einfluss der Mechanisierung und der Auslastung auf den Verlauf der Isobodenrentenfunktion des Produktionsverfahrens Winterweizen dargestellt. Die kleine und große Mechanisierungsvariante wird anhand der in der Datenbank REVA ermittelten Kennzahlen charakterisiert.



**Abbildung 32 Verlauf der Isobodenrentenfunktion [BR=0] des Produktionsverfahrens Winterweizen in Abhängigkeit der Mechanisierungsvariante und der Auslastung**

(Quelle: Eigene Berechnungen in REVA nach Kennzahlen aus KTBL Makost 3.1)

Abbildung 32 macht deutlich, dass eine große Mechanisierung auf kleinen Feldstücken keine Einsparungen im Bereich der Verfahrenskosten ermöglicht, da die höheren zeitabhängigen Kosten für Wege- und Wendezeiten nicht durch die steigende Produktivität bei der Flächenbearbeitung kompensiert werden können. Mit zunehmender Feldstücksgröße lassen sich die Einsparungen in Höhe von ca. 10 Ertragseinheiten realisieren, was bei dem unterstellten Weizenpreis von 10 €/dt ca. 100 €/ha entspricht.

Wenn die Maschinen, die in der großmechanisierten Variante eingesetzt werden, nur zu 50 % ausgelastet werden, reduzieren sich die Kosteneinsparungen. Der Verlauf der Isobodenrentenfunktion ‚Große Mechanisierung bei 50 % Auslastung‘ nähert sich der Isobodenrentenfunktion ‚Kleine Mechanisierung‘ an und selbst auf größeren Feldstücken bis ein Hektar stellt die ‚Kleine Mechanisierung‘ das kostenminimale Verfahren dar.

Aufgrund dieser funktionalen Zusammenhänge kann eine Großmechanisierung allenfalls große Feldstücke in den Bereich positiver Bodenrenten „hinüberretten“.

Kleinere Feldstücke bleiben auch bei einer Bewirtschaftung mittels einer Großmechanisierung im Bereich negativer Bodenrenten.

In klein strukturierten Landschaften, die zudem einen niedrigen Anteil landwirtschaftlicher Nutzfläche aufweisen, ist eine dem Leistungspotenzial der Großmechanisierung entsprechende Auslastung mit vergleichsweise hohen zusätzlichen Wege- und damit Leerzeiten verbunden. Diese Kosten begrenzen die Möglichkeiten einer Kostensenkung und damit den effizienten Einsatz einer Großmechanisierung.

### 2.3.3 Agrarpolitische Rahmenbedingungen

Die Ziele der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union sind im Artikel 33, Absatz 1 des EG-Vertrags von Rom festgelegt (EUROPÄISCHE UNION, 2004). Diese sind:

- Steigerung der Produktivität durch Förderung des technischen Fortschritts
- Gewährung einer angemessenen Lebenshaltung der landwirtschaftlichen Bevölkerung durch Erhöhung des Pro-Kopf-Einkommens
- Stabilisierung der Märkte
- Sicherstellung der Versorgung
- Belieferung der Verbraucher zu angemessenen Preisen

In Absatz 2 des Artikels 33 wird darauf verwiesen, dass bei der Gestaltung der Agrarpolitik „die besondere Eigenart der landwirtschaftlichen Tätigkeit, die sich aus ... den strukturellen und naturbedingten Unterschieden der verschiedenen landwirtschaftlichen Gebiete ergibt“, zu berücksichtigen ist.

Im agrarpolitischen Bericht der Bundesregierung 2006 wird die „zentrale Bedeutung“ der Landwirtschaft für die Pflege und den Erhalt der Kulturlandschaft, den Erhalt der biologischen Vielfalt sowie für die Stabilisierung des ländlichen Wirtschaftsraums hervorgehoben (BMELV, 2006). Es wird in diesem Zusammenhang betont, dass die Wettbewerbsfähigkeit die wichtigste Voraussetzung für die Erfüllung dieser Funktionen ist.

An anderer Stelle des Agrarberichts steht:

„Der Schutz und die Erhaltung von Natur und Landschaft sind ein wesentliches Element einer nachhaltigen Entwicklung und besitzen als Dienstleistung wirtschaftliche Perspektiven.“ (BMELV, 2006)

Inwieweit agrarpolitische Veränderungen Einfluss auf die Allokation produktiver und rein landschaftspflegerischer Produktionssysteme nehmen können und welche makroökonomischen Effekte damit verbunden sind, wird im folgenden Punkt 2.3.3.1 behandelt.

### 2.3.3.1 Ge- und entkoppelte Prämien

Die Ausgangslage für die Einführung von Flächenzahlungen im Rahmen der MacSherry-Reform 1992 wird im Agrarbericht der Bundesregierung von 1993 beschrieben (BMELF, 1993, S. 100):

„Durch die produktgebundene Agrarpreisstützung und technischen Fortschritt sind bei nahezu allen wichtigen Agrarprodukten Überschüsse entstanden, die auf die Erzeugerpreise und das Einkommen der Landwirte im In- und Ausland drücken, zu hohen Kosten für Exporterstattungen und Lagerung führen und die Landwirtschaft und die Agrarpolitik in die öffentliche Kritik rückt.“

Die staatlich gestützten Preise für Getreide und Rindfleisch wurden im Rahmen der Agrarreform des Jahres 1992 gesenkt und Flächenzahlungen für den Anbau bestimmter Kulturpflanzen eingeführt. Durch diese ‚Preisausgleichszahlungen‘ und die Einführung von Tierprämien sollten die Einkommenseinbußen kompensiert werden. Der Erhalt der produktgebundenen Flächenzahlungen war an die Verpflichtung zur Flächenstillegung in bestimmtem Umfang gebunden. Die Höhe der Zahlung richtete sich nach regionalen Durchschnittserträgen (BMELF, 1994, S.25).

Im Bereich der Tierhaltung wurden die bestehenden Tierprämien, zum Beispiel die Sonderprämie männliche Rinder, erhöht und an bestimmte Besatzdichten gekoppelt (BMELF, 1994, S.6 ff).

Die im Jahr 1999 beschlossene Agenda 2000 war eine „Fortsetzung und Vertiefung“ der Agrarreform von 1992 (BMVEL, 2002a, S. 5). Es wurden weitere Stützpreissenkungen beschlossen und die Stilllegungsverpflichtung beibehalten.

Ein Wechsel in der Förderungspraxis wurde mit der Reform der gemeinsamen Agrarpolitik im Jahr 2003 durch die Entkopplung der Förderung von der Produktion beschlossen. Der Erhalt der Flächenzahlung ist seitdem an die Einhaltung von Standards in den Bereichen Umwelt- und Tierschutz sowie Lebens- und Futtermittelsicherheit gebunden (BMVEL, 2005, S.13).

Bis zu diesem Zeitpunkt war der Erhalt der Flächenzahlung an bestimmte Produktionsverfahren gebunden. Unter Einbeziehung von Flächenzahlungen  $FZ_p$ , die an das Produktionsverfahren  $P$  gebunden sind, berechnet sich die Bodenrente des Landnutzungssystems  $P$  nach Gleichung 44.

**Gleichung 44 Bodenrente mit an Produktionsverfahren  $P$  gekoppelter Prämie**

$$BR_p = E_p + FZ_p - SK_p - LA_p - ZA_p$$

Darin sind:

$BR_p$	=	Bodenrente des Produktionsverfahrens $P$
$E_p$	=	Markterlöse des Produktionsverfahrens $P$
$FZ_p$	=	an das Produktionsverfahren $P$ gekoppelte Flächenzahlungen
$SK_p$	=	Sachkosten des Produktionsverfahrens $P$
$LA_p$	=	Lohnansatz des Produktionsverfahrens $P$
$ZA_p$	=	Zinsansatz des Produktionsverfahrens $P$

Gekoppelte Prämien haben faktisch eine produktionsstückkostensenkende Wirkung (vgl. KUHLMANN, F. et al., 2005, S. 11). Dieser Sachverhalt drückt sich in Gleichung 45 und Abbildung 33 aus.

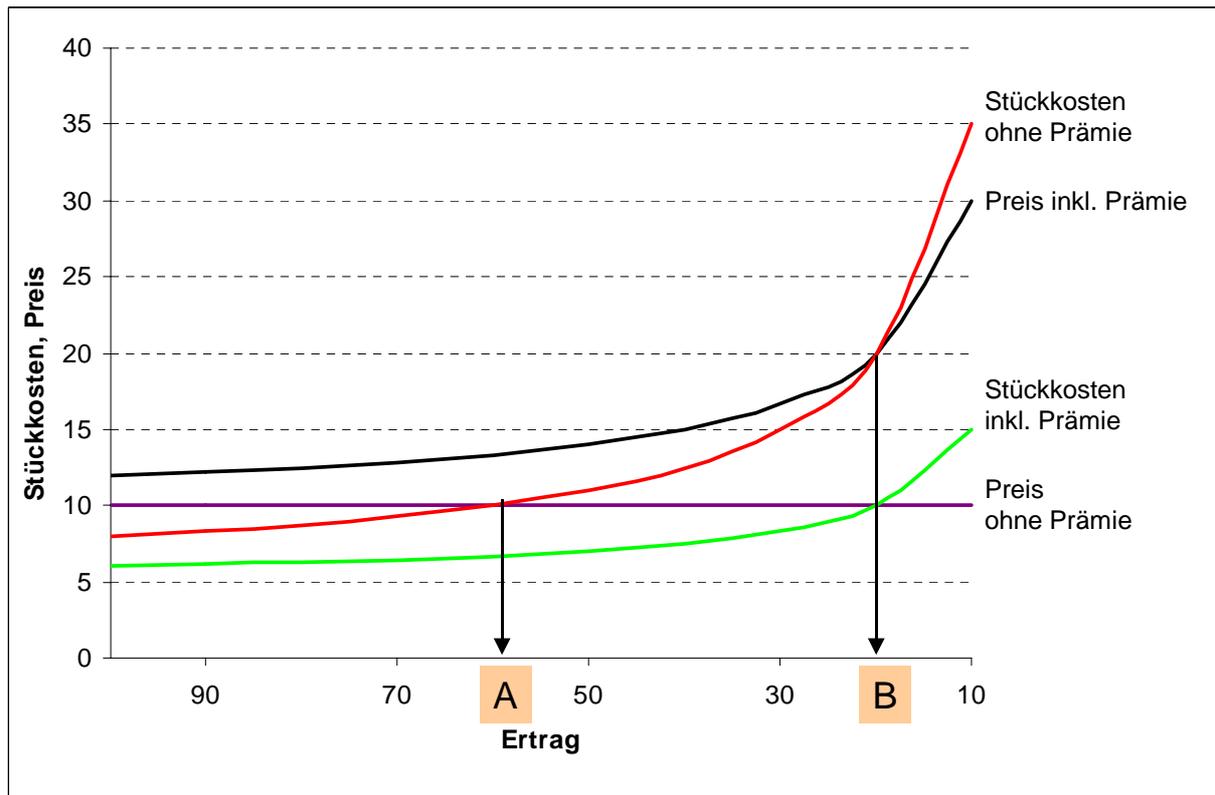
**Gleichung 45 Produktionsstückkostensenkende Wirkung einer an Produktionsverfahren  $P$  gekoppelten Prämie**

$$KS_p = \frac{SK_p + LA_p + ZA_p - FZ_p}{y_{kp}}$$

Darin sind:

$KS_p$	=	Stückkosten des Produktionsverfahrens $P$
$Y_{kp}$	=	Ertrag der Kulturpflanze $k$ im Produktionsverfahren $P$
$FZ_p$	=	an das Produktionsverfahren $P$ gekoppelte Flächenzahlungen
$SK_p$	=	Sachkosten des Produktionsverfahrens $P$
$LA_p$	=	Lohnansatz des Produktionsverfahrens $P$
$ZA_p$	=	Zinsansatz des Produktionsverfahrens $P$

Die produktionskostensenkende Wirkung gekoppelter Prämien wird schematisch in Abbildung 33 dargestellt.



**Abbildung 33 Stückkostensenkende und preiserhöhende Wirkung gekoppelter Flächenprämien**  
(Quelle: Eigene Darstellung)

In der Darstellung wird zum einen die Flächenprämie auf den Produktpreis umgelegt und zum anderen von den Stückkosten abgezogen. Daher steigt die Funktion ‚Preis inklusive Prämie‘ mit sinkendem Ertragsniveau an. Der ‚Preis ohne Prämie‘ liegt unabhängig vom Ertragsniveau bei 10.

Die Stückgewinne ergeben sich wahlweise als Differenz der ‚Stückkosten ohne Prämie‘ und dem ‚Preis inklusive Prämie‘ oder als Differenz der ‚Stückkosten inklusive Prämie‘ und dem ‚Preis ohne Prämie‘.

Die betriebswirtschaftlichen Effekte gekoppelter Prämien, seien es nun Tier- oder Flächenprämien, können demnach in ihrer Wirkung entweder als Preissteigerung oder als Produktionskostensenkung betrachtet werden. Zusätzliche Erlöse entsprechen negativen Kosten.

Gekoppelte Prämien verschieben deshalb den Schnittpunkt von Stückkosten und Erlösen von hohem Ertragsniveau (Punkt A in Abbildung 33) zu Standorten mit niedrigem Ertragsniveau (Punkt B in Abbildung 33). Sie geben daher einen Produktionsanreiz auf Standorten mit vergleichsweise hohen Stückkosten.

Die Impulse, die vom Markt für Agrargüter in Form niedriger Produktpreise ausgehen und grundsätzlich in Richtung einer Desinvestition in landwirtschaftliche Nutzfläche wirken, werden je nach Auszahlungshöhe der gekoppelten Transferleistungen in den Agrarsektor abgeschwächt, kompensiert oder überkompensiert. Standorte, die unter der Bedingung gegebener Marktpreise keine positive Bodenrente liefern, werden mittels an die Produktion gekoppelter flächen- oder tiergebundener Transferzahlungen aufgewertet.

Durch die Entkopplung einer Prämie vom Produktionsverfahren  $P$  wird die produktionskostensenkende Wirkung der Prämie aufgehoben. Die Entkopplung der Prämie wirkt sich zunächst nicht auf die Erlöse je Flächeneinheit im Produktionsverfahren  $P$  aus, da sie weiterhin zusätzlich zu den Markterlösen gezahlt wird.

Durch die Beschlüsse der Agrarreform des Jahres 2003 wurde die Kopplung der Prämien an Produktion eines bestimmten Produkts durch die Kopplung an eine definierte Mindestbewirtschaftung durch Produktionsverfahren  $P_{min}$  ersetzt.

Vergleiche hierzu Gleichung 44 mit Gleichung 46.

**Gleichung 46 Bodenrente des Produktionsverfahrens  $P$  unter Einbeziehung einer an das Minimalverfahren  $P_{min}$  gekoppelten Prämie**

$$BR_p = E_p + FZ_{p_{min}} - SK_p - LA_p - ZA_p$$

Darin sind:

$BR_p$	=	Bodenrente des Produktionsverfahrens $P$
$E_p$	=	Markterlöse im Produktionsverfahren $P$
$FZ_{p_{min}}$	=	An Produktionsverfahren $P_{min}$ gekoppelte Flächenzahlungen
$SK_p$	=	Sachkosten des Produktionsverfahrens $P$
$LA_p$	=	Lohnansatz des Produktionsverfahrens $P$
$ZA_p$	=	Zinsansatz des Produktionsverfahrens $P$

Das Minimalverfahren  $P_{min}$  soll den Erhalt der landwirtschaftlichen Nutzfläche in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand gewährleisten. In der Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung (DirektZahlVerpflV) § 4 ; Absatz 1.2 vom 4. November 2004 sind die Anforderungen an das Minimalverfahren geregelt. Darin heißt es (BUNDESGESETZBLATT, 2004):

Auf Ackerflächen „ist der Aufwuchs zu zerkleinern und ganzflächig zu verteilen (Mulchen oder Häckseln). Im Falle von freiwillig aus der landwirtschaftlichen Erzeugung genommenen Flächen kann alternativ auch gemäht und das Mähgut abgefahren werden.“

Weiterhin heißt es:

„Auf nicht mehr genutzten Dauergrünlandflächen ist der Aufwuchs mindestens einmal jährlich zu zerkleinern und ganzflächig zu verteilen (Mulchen oder Häckseln) oder mindestens alle zwei Jahre zu mähen, wobei das Mähgut von der Fläche alle zwei Jahre abgefahren werden muss.“

Die in der Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung festgelegten Minimalverfahren, Mulchen oder Abtransport des Aufwuchses, stellen die vom Gesetzgeber definierten Minimalverfahren dar, die zum Bezug der entkoppelten Flächenprämie berechtigen.

Ein solches Verfahren  $P_{min}$  muss weder das kostenminimale Verfahren der Flächenpflege noch das bodenrentenmaximale Verfahren auf Feldstück  $j$  sein, stellt aber immer eine Option der Flächenbewirtschaftung dar, das zur Aktivierung bestehender Zahlungsansprüche auf die Flächenprämie berechtigt. Alle anderen Produktionsverfahren müssen demnach auch mit dem gesetzlich festgeschriebenen Verfahren der Minimalbewirtschaftung, unter den beschriebenen Rahmenbedingungen dem Mulchen, konkurrieren. Durch die Kopplung an das Minimalverfahren wirkt die Prämie auf dieses Verfahren produktionskostensenkend. Wenn die entkoppelte Prämie höher ist als die Verfahrenskosten des Minimalverfahrens  $P_{min}$ , sind die Produktionsstückkosten des Minimalverfahrens negativ. Sie entsprechen dann der kostenfreien Leistung aus den Prämien je Ertragseinheit. Siehe Gleichung 47.

#### **Gleichung 47 Produktionsstückkosten des Minimalverfahrens $P_{min}$**

$$KS_{pmin} = \frac{SK_{pmin} + LA_{pmin} + ZA_{pmin} - FZ_{pmin}}{y_{kp}}$$

Darin sind:

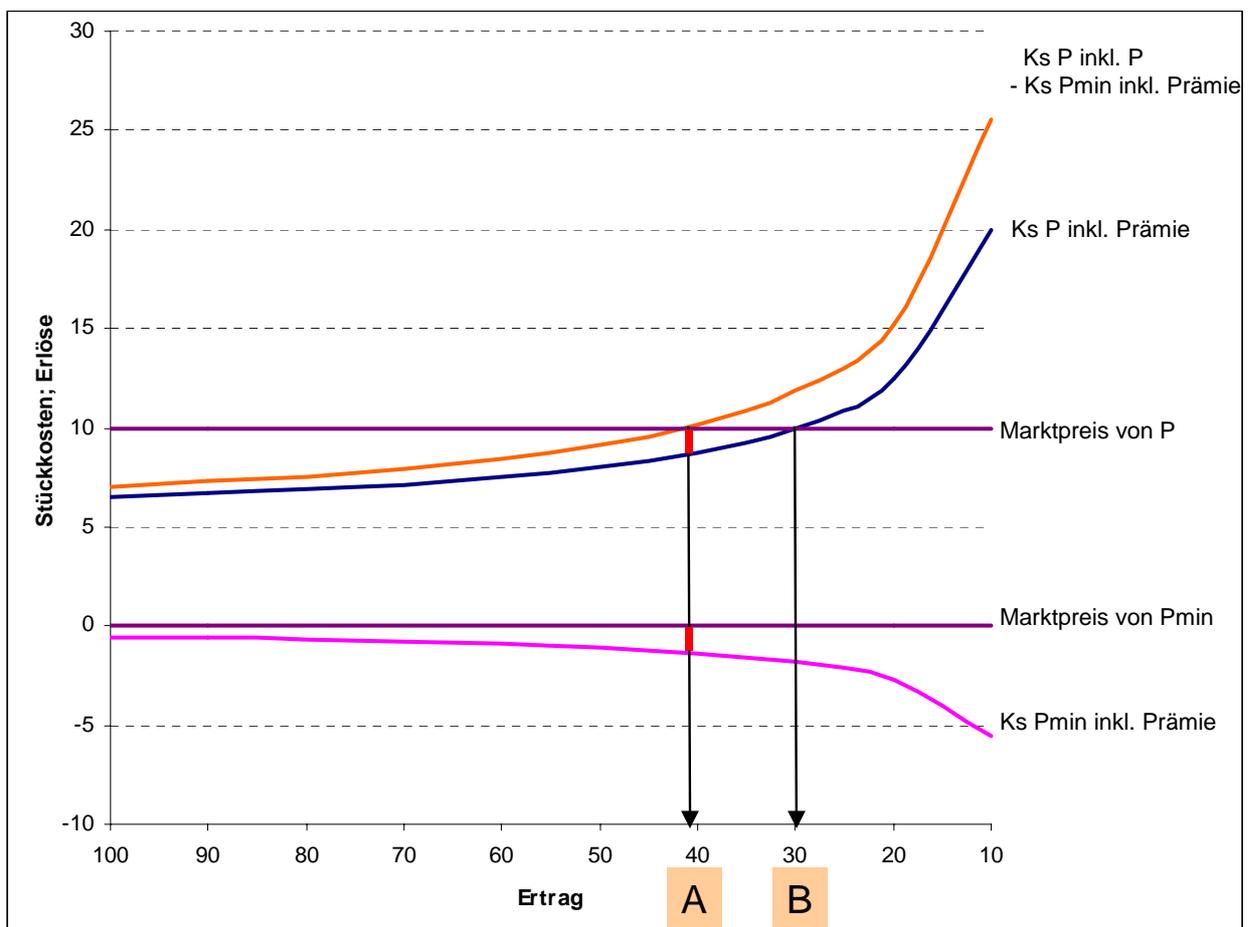
$KS_{pmin}$	=	Stückkosten des Produktionsverfahrens $P_{min}$
$y_{kp}$	=	Ertrag der Kulturpflanze $k$ im Produktionsverfahren $P_{min}$
$FZ_{pmin}$	=	An das Produktionsverfahren $P_{min}$ gekoppelte Flächenzahlungen
$SK_{pmin}$	=	Sachkosten des Produktionsverfahrens $P_{min}$
$LA_{pmin}$	=	Lohnansatz des Produktionsverfahrens $P_{min}$
$ZA_{pmin}$	=	Zinsansatz des Produktionsverfahrens $P_{min}$

Die Wirkung der Produktionsstückkosten des Minimalverfahrens  $P_{min}$  auf die Wettbewerbsfähigkeit des Verfahrens  $P$  berechnet sich als Differenz aus den Produktionsstückkosten des Verfahrens  $P$  und den Produktionsstückkosten des

Verfahrens  $P_{min}$ . Im Falle positiver Produktionsstückkosten entspricht dies den eingesparten Kosten für Produktionsverfahren  $P_{min}$  je Ertragseinheit im Produktionsverfahren  $P$ , da die Durchführung von Produktionsverfahren  $P_{min}$  die Voraussetzung für den Erhalt der Flächenprämie  $FZ_{pmin}$  ist. Im Falle negativer Produktionsstückkosten des Produktionsverfahrens  $P_{min}$  entsprechen diese den entgangenen Erlösen im Produktionsverfahren  $P$  je Ertragseinheit.

Negative Produktionsstückkosten, die unter Einbeziehung der an das Minimalverfahren  $P_{min}$  gekoppelten Flächenprämie entstehen, wirken hinsichtlich der Wettbewerbsfähigkeit faktisch erhöhend auf die Produktionsstückkosten von Verfahren  $P$ .

Dieser Zusammenhang wird in Abbildung 34 dargestellt.

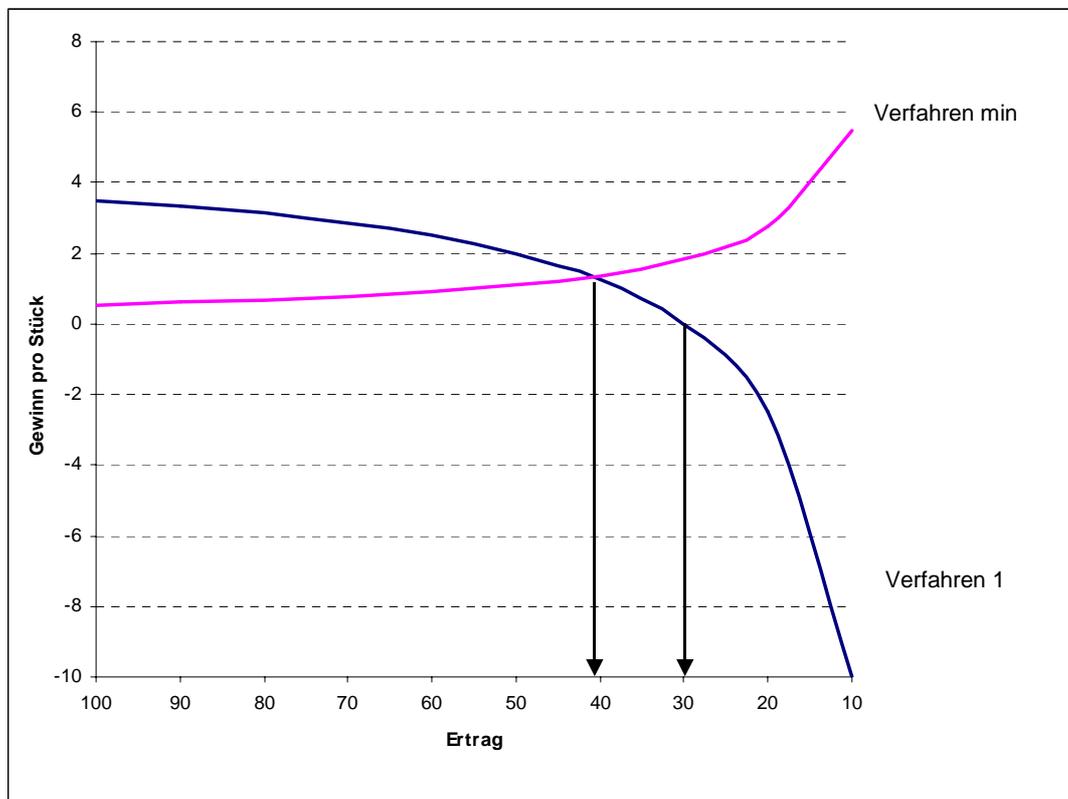


**Abbildung 34** Auswirkungen an Produktionsverfahren  $P_{min}$  gekoppelter Prämien auf die Wettbewerbsfähigkeit des Produktionsverfahren  $P$

Werden die negativen Produktionsstückkosten des Minimalverfahrens ‚Ks  $P_{min}$  inkl. Prämie‘, von den Kosten des Produktionsverfahren  $P$  subtrahiert, verschiebt sich

die Produktionsstückkostengerade von Verfahren  $P$  ‚ $K_s P$  inkl. Prämie‘ nach ‚ $K_s P$  inkl. Prämie -  $K_s P_{min}$  inkl. Prämie‘. Dadurch verschiebt sich der Schnittpunkt mit der Erlösgeraden ‚Marktpreis von  $P$ ‘ von Punkt B nach Punkt A.

In Punkt A, also bei einem Ertrag von etwa 42 Einheiten, sind die Stückgewinne, dargestellt als rote senkrechte Linie, der Verfahren  $P$  und  $P_{min}$  gleich hoch. Unter Einbeziehung der entkoppelten Prämie erbringt das Produktionssystem ab einem Ertragsniveau von 30 Einheiten zwar eine positive Bodenrente, erbringt aber erst ab einem Ertragsniveau von etwa 42 Ertragseinheiten eine höhere Bodenrente als  $P_{min}$ . Die Stückgewinne des Produktionsverfahrens  $P$  und des Produktionsverfahrens  $P_{min}$  sind in Abbildung 35 dargestellt.



**Abbildung 35** Entwicklung der Stückgewinne des Produktionsverfahrens  $P$  und des Produktionsverfahrens  $P_{min}$  in Abhängigkeit des Ertrags

Je niedriger die gesetzlichen Anforderungen an eine Mindestbewirtschaftung, die zum Erhalt der Flächenprämie berechtigt, desto stärker stehen die „produzierenden“ Verfahren im Wettbewerb zu Minimalverfahren  $P_{min}$ .

Durch die Entkopplung der Flächenprämien von der Produktion werden Standorte mit vergleichsweise hohen Produktionskosten zugunsten des Minimalverfahrens aus der Produktion genommen.

### 2.3.3.2 Agrarumweltmaßnahmen

Agrarumweltprogramme wurden im Rahmen der Agrarreform der Europäischen Union im Jahre 1992 als Element der „Flankierenden Maßnahmen“ durch die Umsetzung der EG-Verordnung 2078/92 in die Gemeinsame Agrarpolitik eingeführt. Seit der Umsetzung der Agenda 2000 bildet die Verordnung (EG) Nr. 1257/1999 des Rates vom 17. Mai 1999 über die „Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums“ die Grundlage der „Beihilfen für landwirtschaftliche Produktionsverfahren, die auf den Schutz der Umwelt und die Erhaltung des ländlichen Lebensraums ausgerichtet sind.“ (BMVEL, 2002a, S. 24)

Die Ziele, die im Rahmen der Agrarumweltmaßnahmen laut EU-Verordnung 1257/1999 verfolgt werden, sind in Kapitel VI, Artikel 22 formuliert (AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 1999):

- Förderung der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen, die mit dem Schutz und der Verbesserung der Umwelt, der Landschaft und ihrer Merkmale, der natürlichen Ressourcen, der Böden und der genetischen Vielfalt vereinbar ist
- Förderung einer umweltfreundlichen Extensivierung und einer Weidewirtschaft geringer Intensität
- Erhalt bedrohter, besonders wertvoller landwirtschaftlich genutzter Kulturlandschaften
- Einbeziehung der Umweltplanung in die landwirtschaftliche Praxis

Die Finanzierung der Agrarumweltmaßnahmen erfolgt durch die Länder unter Beteiligung des Bundes und der EU. Der Kofinanzierungsanteil der EU beträgt in den westlichen Bundesländern 50% und 75% in den östlichen Bundesländern. Der nationale Anteil der Finanzierung wird zu 60% aus Bundesmitteln und zu 40% aus Landesmitteln finanziert, sofern die Länder die Bedingungen der GAK beachten (LUICK, R. et al., 2001, S.5).

Der Bund (BMVEL, 2005, S.96) beteiligt sich im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ an der Förderung

- ökologischer Anbauverfahren
- umweltfreundlicher Anbauverfahren auf Acker- und Grünland
- umweltfreundlicher Anbauverfahren bei Dauer- und Baumschulkulturen
- der mehrjährigen Stilllegung von Flächen zu Umweltzwecken

Die Maßnahmen werden durch länderspezifische Agrarumwelt- und Tierschutzprogramme umgesetzt, die sich an den Vorgaben der Verordnung 1257/99 orientieren. Die Ausgestaltung der von den einzelnen Bundesländern angebotenen Programme unterscheidet sich beträchtlich voneinander (HARTMANN, E. et al., 2003, S.2).

Die Kriterien, nach denen sich die Berechnung der Beihilfe orientiert, sind in Artikel 24 des Kapitel IV der Verordnung 1257/1999 aufgeführt. Demnach richtet sich die Höhe der Zahlungen nach den Einkommensverlusten und den zusätzlichen Kosten infolge der eingegangenen Verpflichtung. Weiterhin wird auf die Notwendigkeit hingewiesen, einen finanziellen Anreiz zur Teilnahme an den Programmen zu bieten. Die angebotenen Maßnahmen lassen sich jedoch grundsätzlich in zwei Kategorien unterteilen:

1. „Überwiegend produktionsbezogene Maßnahmen“ (HARTMANN et al. 2003)  
oder  
„Allgemeine Extensivierungsmaßnahmen“ (OSTERBURG, 2002, S.217)

und

2. „Überwiegend naturschutzbezogene Maßnahmen“ (HARTMANN et al. 2003)  
oder  
„Spezielle Naturschutzmaßnahmen“ (OSTERBURG, 2002, S. 217)

In den folgenden Punkten werden die Maßnahmen der Kategorie 1 unter der Bezeichnung „Förderung extensiver Produktionsverfahren“ und die Maßnahmen der Kategorie 2 unter der Bezeichnung „Vertragsnaturschutz“ hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Flächennutzung behandelt. Die Maßnahmen entsprechen dabei den Agrarumweltprogrammen, die im Bundesland Hessen angeboten werden.

#### 2.3.3.3 Förderung extensiver Produktionsverfahren

Das Hessische Kulturlandschaftsprogramm (HEKUL) beinhaltet folgende Förderverfahren (HMULV, 2004, Hekul-Richtlinie):

- Ökologischer Landbau
- Extensive Grünlandnutzung
- Mulch-, Direktsaat- bzw. Mulchpflanzverfahren im Ackerbau
- Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten in Betrieben des ökologischen Landbaus

Die Maßnahmen verfolgen unter andern Zielen auch explizit das Ziel, „bedrohte, besonders wertvolle landwirtschaftlich genutzte Landschaften zu erhalten.“

Die einzelnen Förderverfahren, die damit verbundenen Verpflichtungen der Landnutzer und die Höhe der Förderung sind in Tabelle 7 aufgeführt.

**Tabelle 7 Förderungsvoraussetzungen und Höhe der Förderung der Förderverfahren im Hessischen Kulturlandschaftsprogramm HEKUL**

<b>Förderverfahren</b>	<b>Fördervoraussetzungen</b>	<b>Höhe der Förderung</b>	
Ökologischer Landbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anwendung der ökologischen Wirtschaftsweise nach EG-Öko-Verordnung im gesamten Betrieb</li> <li>- Verpflichtung zur Kontrolle nach EG-Öko-Verordnung</li> <li>- Angemessene Nutzungsintensität der Weideflächen</li> </ul>	Ackerland	190 €/ha
		Dauergrünland Feldgemüsebau, mehrjährige Kulturen sowie Heil- und Gewürzpflanzen Dauerkulturen und Baumschulen	190 €/ha 350 €/ha     670 €/ha
Extensive Grünlandnutzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Führen einer Schlagkartei</li> <li>- Viehbesatz je Hektar Hauptfutterfläche &gt;0,3 RGV und &lt;1,4 RGV</li> <li>- Max. Wirtschaftsdüngerausbringung entsprechend 1,4 GV/ha</li> <li>- Max. 60 kg synthetischen Stickstoff pro Hektar</li> <li>- Keine Pflanzenschutzmittelanwendung, Beregnung, Meliorationsmaßnahmen</li> <li>- Mindestens eine Nutzung jährlich</li> </ul>	Dauergrünland	90 €/ha
Mulch- oder Direktsaat- oder Mulchpflanzverfahren im Ackerbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mindestens auf 5% bzw. 2 Hektar in Hessen gelegener Ackerfläche ohne wendende Bodenbearbeitung anzubauen</li> </ul>	Ackerland	60 €/ha
Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten in Öko-Betrieben	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mindestens auf 5 % bzw. 2 Hektar in Hessen gelegener, ökologisch bewirtschafteter Ackerfläche Zwischenfrüchte anzubauen oder Untersaaten beizubehalten</li> <li>- Umbruchverbot bis 15. Januar</li> </ul>	Ackerland	70 €/ha
Quelle: HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ (HMULV), 2004, (Stand: 10. Dezember 2004)			

Die Förderungsvoraussetzung ist entweder eine Reduzierung der Intensität, hinsichtlich Viehbesatz, Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatz, oder die Anwendung bestimmter Produktionsverfahren. Zum Beispiel Verfahren des ökologischen Landbaus, Mulchsaat oder Zwischenfruchtanbau.

Die ökonomische Wirkung einer Teilnahme am Förderverfahren „Ökologischer Landbau“ stellt einen komplexen Sachverhalt dar, der nicht durch den Vergleich

einzelner Produktionsverfahren in konventioneller und ökologischer Variante abgebildet werden kann (vgl. NIEBERG, H., 1997). Hierbei spielen jenseits einer Reduzierung der Intensität produktionstechnische Unterschiede und der Eintritt in ein anderes Marktsegment eine Rolle.

Die Entwicklung des Grünland-Bruttoertrags in Dezitonnen Trockenmasse durch eine Verminderung des Stickstoffeinsatzes hängt stark vom Standort ab. Fettwiesen weisen 14 Jahre nach Einstellung der Düngung einen Ertragsrückgang zwischen 0 und 33% aus, während Magerrasen einen Ertragsrückgang von maximal 10 % aufweisen (vgl. MÄHRLEIN, 1993, S. 29).

Weiterhin beeinflusst das Stickstoffangebot das Muster und die Konzentration pflanzlicher Inhaltsstoffe, was sich auf die Akzeptanz des Futters, die Futterqualität und die Konservierungseigenschaften auswirkt (OPITZ, 1994, S. 154).

Die Produktionsstückkosten einer Grundfuttereinheit berechnen sich nach einer Teilnahme am Programm „Extensive Grünlandnutzung“ nach Gleichung 48.

**Gleichung 48 Produktionsstückkosten einer Grundfuttereinheit bei einer Teilnahme am Programm zur Grünlandextensivierung**

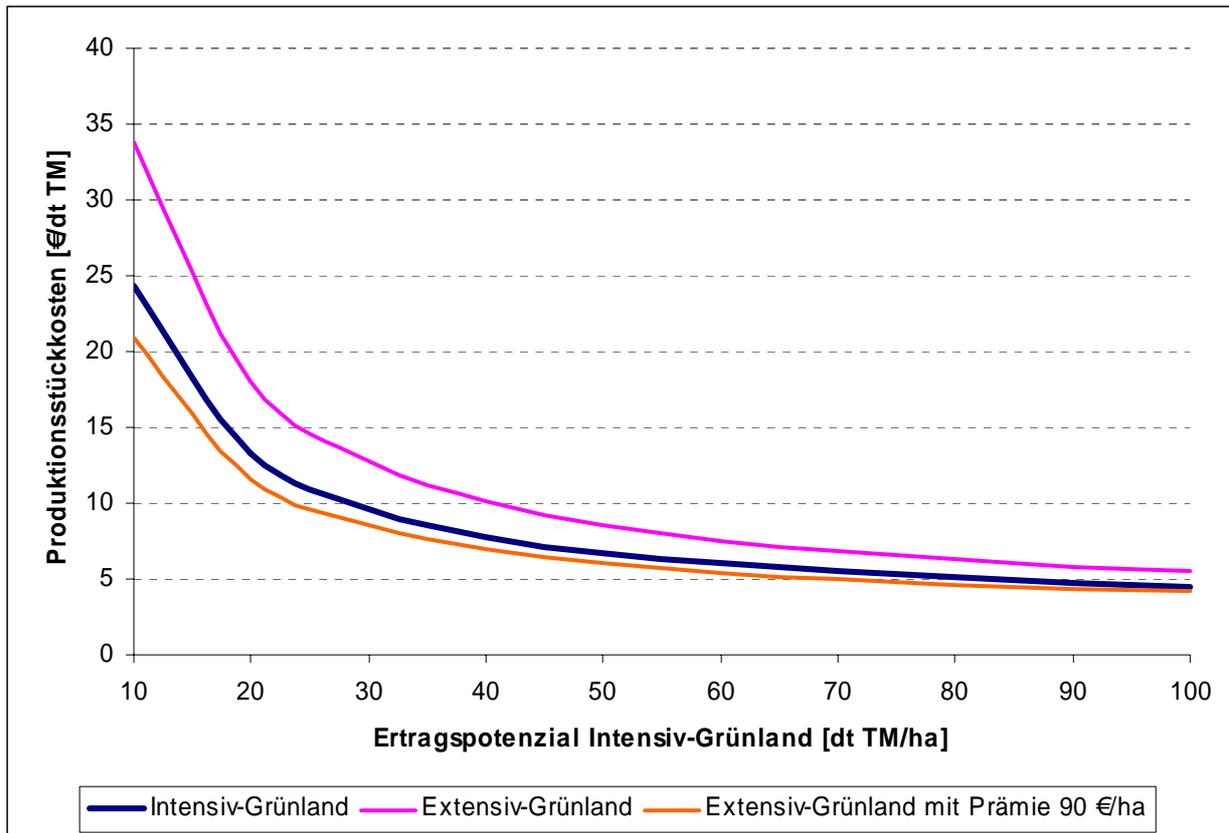
$$KS_{P_{ex}} = \left( \frac{Tf_p \times (MKt_p + KBt_p \times i + p_L) + MKf_p + KBf_p \times i - prä_{p_{ex}}}{fex_{k,p} \times y_{kint}} \right) + fex_{k,p} \times y_{kint} \times Te_p \times p_L + fex_{k,p} \times y_{kint} \times NKe_k + fex_{k,p} \times y_{kint} \times MKe_p + fex_{k,p} \times y_{kint} \times KBe_p \times i$$

Darin sind:

$KS_{G_{ex}}$	=	Stückkosten im Produktionsverfahren $P_{ex}$ in €/dt TM
$fex_{k,p}$	=	Ertragsfaktor für die Kulturpflanze $k$ im Produktionsverfahren $P_{ex}$
$y_{kint}$	=	Ertrag der Kulturpflanze $k$ in dt TM bei intensiver Bestandesführung
$prä_{p_{ex}}$	=	Extensivierungsprämie in €/ha
$MKt_p$	=	Kosten der zeitabhängig bewerteten Maschinen in €/h
$KBt_p$	=	Kapitalbedarf der zeitabhängig bewerteten in €/h
$MKf_p$	=	Kosten der flächenabhängig bewerteten Maschinen in €/ha
$KBf_p$	=	Kapitalbedarf der flächenabhängig bewerteten Maschinen in €/ha
$Tf_p$	=	Zeitbedarf für die Flächenbearbeitung in h
$Te_p$	=	Ertragsabhängiger Zeitbedarf $P$ in h
$MKe_p$	=	Ertragsabhängige Maschinenkosten des Produktionsverfahrens $P$ in €/dt
$KBe_p$	=	Ertragsabhängiger Kapitalbedarf des Produktionsverfahrens $P$ in €/dt
$NKe_k$	=	Nährstoffkosten der Kulturpflanze $k$ in €/dt
$p_L$	=	Lohnsatz in €/h
$i$	=	Zinssatz in %

Abbildung 36 zeigt die stückkostensenkende Wirkung von Extensivierungsprämien auf die Grundfutterproduktion im Vergleich zu den Grundfutterkosten bei intensiver Bestandsführung.

Dabei wurde eine Ertragsdepression von 30% durch Extensivierungsmaßnahmen, ertragsabhängige Kosten für Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel in Höhe von 1,2 €/dt TM und eine Extensivierungsprämie von 90 €/ha unterstellt.



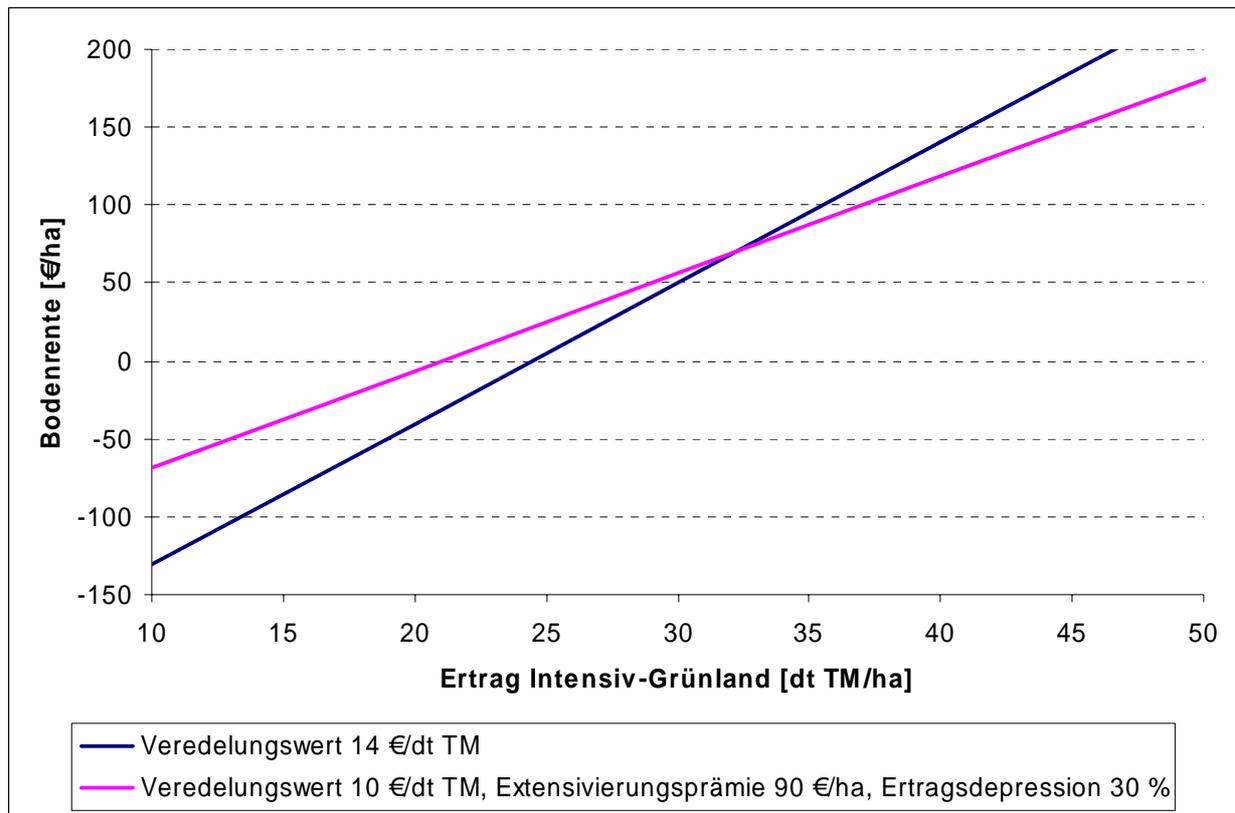
**Abbildung 36 Wirkung einer Grünlandextensivierung und einer Extensivierungsprämie auf die Stückkosten der Grundfutterbergung in Abhängigkeit der Ertragsfähigkeit des Standorts**

(Quelle: Eigene Berechnungen in REVA auf Basis von Kennzahlen des KTBL MaKost 3.1 (2002b))

Es wird deutlich, dass die Wirkung einer flächenbezogenen Extensivierungsprämie hinsichtlich der produktionsstückkostensenkenden Wirkung auf ertragsschwachen Standorten stärker ausfällt, als auf ertragsstarkem Grünland.

Die Teilnahme an Agrarumweltprogrammen ist freiwillig. Ob eine Extensivierung der Landnutzung mit einer steigenden Bodenrente verbunden ist, hängt vom Ertragspotenzial des Standorts, dem Veredelungswert des Futters, der erwarteten Ertragsdepression und der Höhe der Extensivierungsprämie ab.

Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 37 dargestellt.



**Abbildung 37 Einfluss einer Extensivierungsmaßnahme auf die Bodenrente der Grünlandnutzung in Abhängigkeit des Veredelungswerts, der erwarteten Ertragsdepression, dem Ertragspotenzial und der Höhe der Extensivierungsprämie**

(Quelle: Eigene Berechnungen in REVA auf Basis von Kennzahlen des KTBL MaKost 3.1 (2002b))

Ein vergleichsweise niedriger Veredelungswert je Dezitonne Trockenmasse steigert die relative Vorzüglichkeit einer Teilnahme an Extensivierungsmaßnahmen, wenn diese mit der Gewährung einer Extensivierungsprämie verbunden sind. Die flächengebundene Extensivierungsprämie kann in diesem Fall den Rückgang der veredelungskostenfreien Erlöse, die durch die Ertragsdepression hervorgerufen werden, vor allem auf ertragsschwächeren Standorten überkompensieren. Dies führt auf diesen Standorten zu einer Steigerung der Bodenrente.

Der in Abbildung 37 dargestellte Zusammenhang gilt auch dann, wenn sich der Veredelungswert und die Produktionskosten des Futters auf andere Ertragsmesszahlen als den Bruttoertrag in Dezitonnen Trockenmasse, zum Beispiel den verwertbaren Energieertrag, beziehen.

#### 2.3.3.4 Vertragsnaturschutz

Die Vorgaben der Verordnung (EG) Nr. 1257/1999 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums werden im Bundesland Hessen durch die Richtlinien des Hessischen Kulturlandschaftsprogramms (HEKUL) und die Richtlinien für die Durchführung des Hessischen Landschaftspflegeprogramms (HELP 2000) umgesetzt.

Die Teilnahme am Landschaftspflegeprogramm ist freiwillig und es besteht kein Rechtsanspruch auf die Teilnahme.

Ziel der angebotenen Verträge ist es, eine den Zielen des Naturschutzes und der Landschaftspflege entsprechende Bewirtschaftung umzusetzen und zu sichern. Eine den Zielen entgegenstehende Landbewirtschaftung soll reduziert werden (HMULV, 2000).

Auf der Grundlage der von den Regierungspräsidien aufgestellten Landschaftsrahmenplänen, den kommunalen Landschaftsplänen, den ausgewiesenen Flora-Fauna-Habitat-Gebieten (FFH-Gebiete) sowie fachlicher Gutachten werden Flächen akquiriert,

- die für Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege besonders geeignet sind
- auf denen eine extensive Nutzung sichergestellt werden soll, um den spezifischen Lebensraum zu erhalten
- auf denen spezielle Maßnahmen zur Förderung spezifischer Lebensgemeinschaften notwendig sind,
- die zur Offenhaltung der Landschaft und zur Erhaltung historischer Landschaftsbilder genutzt werden sollen.

Die von den Landwirten zu erbringenden Leistungen und Vergütungen sind in einem festgelegten Leistungspaket festgelegt, das für die Vertragsvereinbarung verbindlich ist. Die Vertragsleistungen im Rahmen der EU-Verordnung (EG) 1257/1999 werden für 5 Jahre vereinbart. Die Teilnahme einer Fläche am HELP 2000 schließt die Teilnahme am HEKUL aus (HMULV, 2000).

Für die Vergabe von Landschaftspflegemaßnahmen sind Naturschutzbehörden, Wasserwirtschaftsämter, Gemeinden, Landschaftspflege- und Naturschutzverbände zuständig. Die Form der Vergabe kann dabei eine öffentliche oder beschränkte Ausschreibung und die freihändige Vergabe sein (KTBL, 2006, S.8).

**Tabelle 8 Leistungs- und Zusatzpakete des HELP 2000**

**(Außer den Leistungspaketen ‚Ackerschonstreifen‘, ‚Besondere Bewirtschaftungsformen‘ und ‚Zusatzpaket Streuobst‘)**

Leistungspakete	Jährliche Vergütung	Zusatzpaket (zu 1., 2., 3.)	Zusätzliche jährliche Vergütung
1. Einschürige Mahd oder Beweidung*; keine Anwendung von Dünge- oder Pflanzenschutzmitteln	153,40 €/ha	Terminvorgaben	51,13 €/ha bis 102,26 €/ha
2. Mehrschürige Mahd oder Beweidung; keine Anwendung von Dünge- oder Pflanzenschutzmitteln	230,08 €/ha	Erschwerte Bedingungen*	51,13 €/ha bis 102,26 €/ha
3. Mehrschürige Mahd oder Beweidung landwirtschaftlicher Flächen mit hoheitlichen Beschränkungen der Dünge- und Pflanzenschutzmitteleintensität	102,26 €/ha	Technik **	51,13 €/ha bis 102,26 €/ha
* Erschwerte Bedingungen: hängiges Gelände, Nassstellen, kleine Parzellen			
** Technik: Spezialmaschineneinsatz, Handarbeit, besondere Beweidungstechnik			

Quelle: HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ (HMULV), 2000

Die Landschaftspflege unterscheidet sich von landwirtschaftlichen Produktionsverfahren dadurch, dass sie häufig unter erschwerten Bedingungen stattfindet (vgl. KTBL, 2006, S.12). Jenseits der Nutzungsabsicht des Aufwuchses stellt der Erhalt der Flächen in einem bestimmten Zustand das Hauptziel der Landschaftspflege dar. Die Aktivitäten werden als Dienstleistung für den Auftraggeber verstanden und dienen nicht der Erwirtschaftung einer Bodenrente.

#### 2.3.4 Förderung benachteiligter Gebiete

In Kapitel V Artikel 13 der EU-Verordnung 1257/1999 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums werden die Ziele genannt, die mit der Gewährung von Beihilfen für benachteiligte Gebiete mit umweltspezifischen Einschränkungen verfolgt werden. Mit der Förderung landwirtschaftlicher Betriebe in benachteiligten Gebieten soll der „Fortbestand der landwirtschaftlichen Bodennutzung“ gewährleistet und eine „lebensfähige Gesellschaftsstruktur“, der „ländliche Lebensraum“ und „nachhaltige Bewirtschaftungsformen“ erhalten werden. Die Höhe der Zahlung ist so festzulegen, dass sie „ausreicht, um effektiv zum Ausgleich der bestehenden Nachteile beizutragen, und eine Überkompensation vermieden wird.“ (AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 1999).

Dabei soll „das Ausmaß der beständigen natürlichen Nachteile, die landwirtschaftliche Tätigkeiten beeinträchtigen“, Berücksichtigung finden.

Für das Bundesland Hessen gilt die Richtlinie für die Förderung landwirtschaftlicher Betriebe in benachteiligten Gebieten aus dem Jahr 2004 (HMULV, 2004).

Förderungsvoraussetzung ist die Bewirtschaftung von mindestens 3 Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche, die Verpflichtung des Unternehmers die landwirtschaftliche Tätigkeit noch mindestens 5 Jahre nach der erstmaligen Zahlung der Ausgleichszulage auszuüben und die Einhaltung der guten landwirtschaftlichen Praxis.

Von der Förderung sind Flächen ausgeschlossen, die zum Anbau von Weizen, Mais, Zuckerrüben, Gemüse, Obst, Hopfen, Tabak, Blumen und Baumschulerzeugnissen genutzt werden. Der jährliche Zuschuss wird anhand der Landwirtschaftlichen Vergleichszahl der Gemarkung berechnet.

Die Ausgleichszulage kann in Hessen deshalb bei Grünlandnutzung und Ackerfutterbau zwischen 25 und 146 €/ha und bei Ackernutzung zwischen 25 und 73 €/ha schwanken.

Die Ausgleichszulage darf 12.000 €/je Unternehmer und Jahr nicht übersteigen.

Die Ausgleichszulage ist eine Gemeinleistung, da sie den erzeugten Leistungen und einzelnen Produktionszweigen nicht unmittelbar zurechenbar ist (vgl. DLG, 2004, S.45).

### 2.3.5 Auflagen, Gesetze und Bürokratie

Die landwirtschaftliche Produktion bewegt sich, wie jedes wirtschaftliche Handeln, im Rahmen gesetzlicher Grenzen. Die Gesetze, die sich auf die Landwirtschaft beziehen, werden in der Regel aus Motiven des Umweltschutzes und des Verbraucher- und Tierschutzes heraus erlassen. Sie beschränken das Produktionsmöglichkeitenfeld der Landnutzer und/oder sind mit Kosten für Dokumentation und Durchführung der gestellten Anforderungen verbunden.

Mit der Umsetzung der Beschlüsse, die im Rahmen der Agrarreform des Jahres 2003 gefasst wurden, ist der Erhalt der Flächenzahlungen an bestimmte Bewirtschaftungsauflagen und Dokumentationspflichten gekoppelt (BMVEL, 2005, S.14).

Die einzuhaltenden Verpflichtungen umfassen Regelungen aus 19 EG-Verordnungen und Richtlinien der Bereiche Umweltschutz, Lebensmittel- und Futtermittelsicherheit, tierische Gesundheit und Tierschutz. Weiterhin werden von den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union länderspezifische Auflagen bezüglich des Bodenschutzes, der Mindestinstandhaltung von Flächen und des Erhalts von Dauergrünland festgelegt.

Als ein Beispiel für die unmittelbare Kostenwirksamkeit staatlicher Regelungen sei hier die Viehverkehrsverordnung genannt, die eine Kennzeichnung und Meldung aller geborenen Kälber innerhalb der ersten sieben Tage vorschreibt. Dies kann vor allem in Mutterkuhbetrieben, welche die Tiere im Sommer abkalben lassen, zu einem erheblichen Arbeitsaufwand führen.

Die „Auswirkungen agrarordnungs- und finanzpolitischer Maßnahmen auf die regionale Landnutzung“ werden im Rahmen des SFB 299 in der Dissertation von KRUMPHOLZ untersucht (KRUMPHOLZ, M., 2006, Dissertation in Vorbereitung).

### 3 Das Simulationsmodell ProLand als relationale Datenbank

Das Modell ProLand (Prognosis of Landuse) ist im Rahmen der ersten drei Projektphasen (1997-2005) des SFB 299 „Landnutzungskonzepte für periphere Regionen“ vom Teilprojekt A1 erstellt und weiterentwickelt worden (vgl. MÖLLER, D., 1998; MÖLLER, D. et al., 1999; KUHLMANN, F. et al., 2002; WEINMANN, B., 2002; Weinmann, B. et al., 2005).

Das Modell ProLand dient der Erstellung von räumlich expliziten Landnutzungsprognosen nach Maßgabe von raumvarianten, natürlichen Produktionsgegebenheiten sowie unter Berücksichtigung der produktionstechnologischen und politökonomischen Rahmenbedingungen (SFB, 2005, S.87).

Das Modell simuliert mittels Szenarienbildung die Auswirkungen von sich ändernden Rahmenbedingungen in den Bereichen Markt, Produktionstechnik, Agrarpolitik und Feldstücksstruktur auf die räumliche Allokation von Landnutzungssystemen.

Ein Landnutzungssystem besteht im Kern aus einer Kulturpflanze, einem Anbauverfahren und eventuell aus einem zugeordneten Veredelungsverfahren.

Zur Abbildung und Zusammenführung der Einflussfaktoren auf die landwirtschaftliche Flächennutzung ist eine strukturierte Speicherung sämtlicher Daten aus den Bereichen Produktionstechnik, Standort, Markt und Agrarpolitik und deren sachlogischer Beziehungen zueinander notwendig. In relationalen Datenbanken werden die Daten geordnet nach Themenkreisen, in der Sprache der Datenbanktheorie Entitäten genannt, in Form von Tabellen abgelegt (STEINER, R., 1994, S.16). Zwischen den einzelnen Entitäten bestehen definierte Beziehungen. Die

Information zur Art der Beziehung zwischen den einzelnen Entitäten ist ein grundlegender Bestandteil der Datenbank.

Ein Landnutzungssystem ist dann vollständig beschrieben, wenn der Datensatz mit dem Primärschlüssel des Landnutzungssystems mit mindestens einem Datensatz aller anderen Entitäten verknüpft ist.

Die relationale Geodatenbank des Modells ProLand spiegelt die Komplexität von Landnutzungssystemen und ihrer vielfältigen Beziehungen zur Umwelt inhaltlich wider, entspricht der Normalform, vermeidet dadurch Datenredundanz, liefert einen Standard zur Definition neuer Landnutzungssysteme, bildet die Grundlage zur Dokumentation der Datengrundlage und ermöglicht die Szenarienbildung zur Bearbeitung unterschiedlicher Fragestellungen hinsichtlich der räumlichen Verteilung landwirtschaftlicher Produktionssysteme.

Durch den relationalen, modularen Aufbau können einzelne Entitäten erneuert, erweitert und ausgetauscht werden, ohne an der zugrundeliegenden Struktur der Datenbank Änderungen vornehmen zu müssen.

In den Entitäten und Beziehungen der Datenbank sind die Informationen hinterlegt, die zur Erstellung der Mengen- und Preisgerüste kombiniert werden und damit unter Einbeziehung der in den unter den Punkten 2.2 und 2.3 hergeleiteten funktionalen Zusammenhänge zur standortbezogenen Berechnung der Bodenrente einzelner Landnutzungssysteme genutzt werden.

Die zentralen Entitäten des Modells ProLand werden in den folgenden Punkten 3.1 bis 3.8 anhand der enthaltenen Attribute und deren Beziehungen zu anderen Entitäten als Ausschnitte der Datenbank dargestellt und erläutert. Im Punkt 3.9 wird der Prozess der Bodenrentenberechnung zur räumlich expliziten Modellierung von flächengebundenen Landnutzungssystemen mit ProLand vorgestellt.

### 3.1 Die Entität ‚Standort‘

In der Entität ‚Standort‘ sind alle kosten- und leistungsrelevanten Standortparameter, die in die Bodenrentenberechnungen des Modells ProLand eingehen, mit räumlichem Bezug hinterlegt. Sie dienen der Beschreibung und kartografischen Darstellung der natürlichen und naturräumlichen Gegebenheiten in der Untersuchungsregion und werden deshalb als „Personal Geodatabase“ in der GIS-Software Arc View 9.1 (ESRI, 2005) verwaltet.

### 3.1.1 Attribute der Entität ‚Standort‘

Leistungsrelevant sind die natürlichen Standortparameter, welche in die Ertragspotenzialschätzung für die in ProLand implementierten Kulturarten eingehen. Das kulturartenbezogene Ertragspotenzial eines Standorts wird im Modell ProLand anhand linear-limitationaler Ertragsfunktionen bestimmt und durch die Verfügbarkeit der nicht-kontrollierbaren Wachstumsfaktoren, pflanzenverfügbares Wasser und Solarenergie, begrenzt (vgl. KUHLMANN et al., 2002, S.364; WEINMANN, B., 2002, S. 46 ff). Das pflanzenverfügbare Wasser eines Standorts leitet sich im Modell ProLand aus den natürlichen Standortparametern Nutzbare Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum und dem Niederschlag in der Vegetationsperiode ab (WEINMANN, B., 2002, S. 52). Die durchschnittliche Temperatursumme in der Vegetationsperiode als Kenngröße der Solarenergie, liegt für die Untersuchungsregion flächendeckend als digitale Karte vor. Zur Herleitung der Temperatursumme aus den Standortparametern Höhe über N.N. und der durchschnittlichen Tagestemperatur über einen Regressionsansatz siehe WEINMANN (2002, S. 51).

Kostenrelevant sind alle natürlichen und naturräumlichen Standortparameter, die sich auf die Verfahrenskosten im Bereich der Außenwirtschaft und den ertragsabhängigen Einsatz der kontrollierbaren Wachstumsfaktoren Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel auswirken.

Auf die Verfahrenskosten der Außenwirtschaft wirken sich die naturräumlichen Standortparameter Feldstücksgröße, Bodenart, Hangneigung und Hof-Feld-Entfernung aus. Die datenbankbasierte Methode zur Ermittlung der verfahrensspezifischen Kennzahlen, die der Berechnung der räumlich expliziten Verfahrenskosten dienen, ist unter Punkt 2.2.4 beschrieben.

In der folgenden Tabelle 9 sind alle Standortparameter aufgeführt, die, hinterlegt in einer Geodatenbank, der räumlich expliziten Beschreibung der natürlichen und naturräumlichen Gegebenheiten der Standorte dienen.

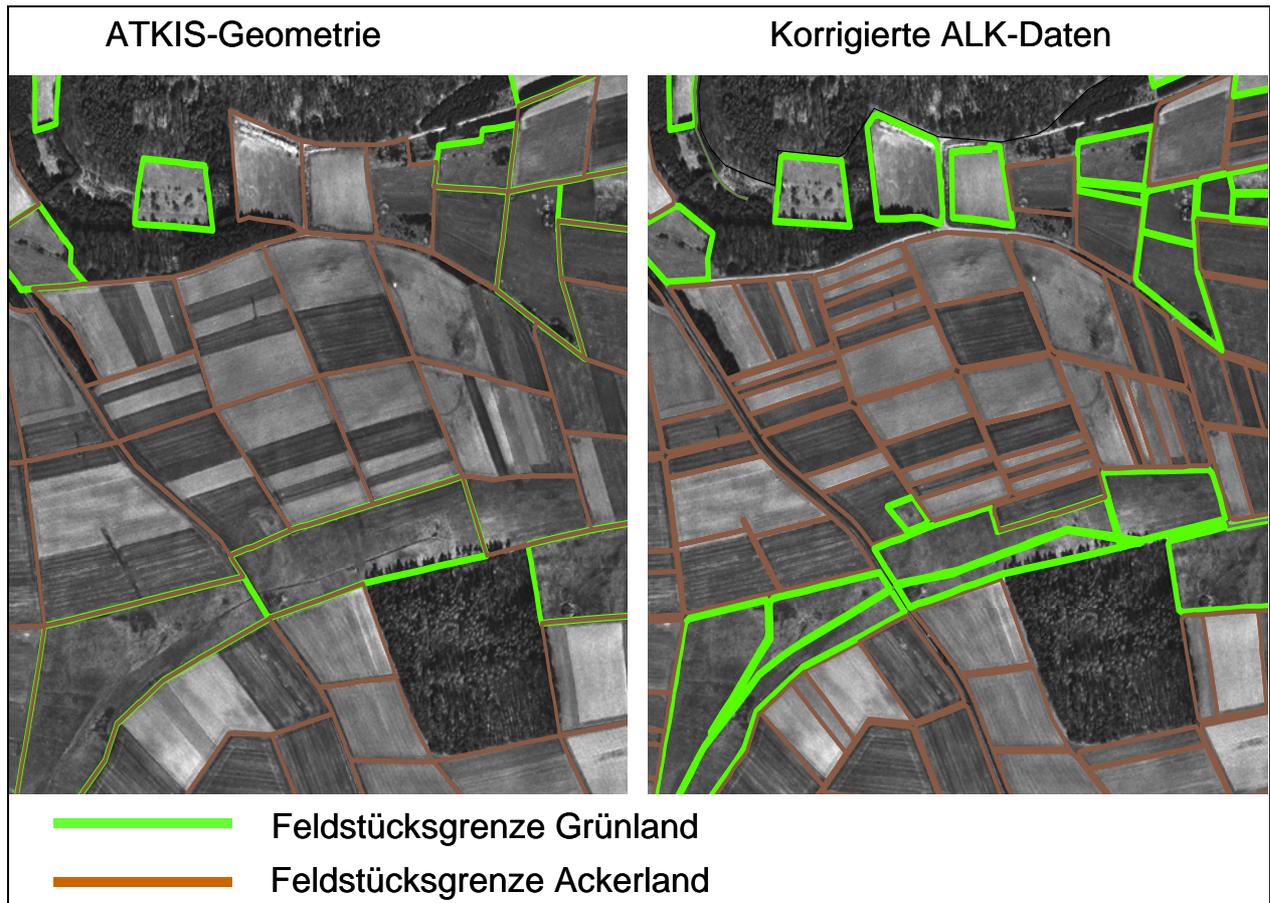
**Tabelle 9 Attribute der Entität ‚Standort‘**

Attribut	Abkürzung	Einheit	Anmerkung/Quelle
ID Standort	<i>ID_S</i>	-	-
Feldstücksgröße	<i>FSg</i>	[ha]	ATKIS, ALK, ALB oder Orthophotos
Feldstücksumfang	<i>FSu</i>	[m]	ATKIS, ALK, ALB oder Orthophotos
Feldstücksbreite	<i>FSb</i>	[m]	Abgeleitet aus FSg und FSu
Hangneigung	<i>HN</i>	[%]	Abgeleitet aus digitalem Höhenmodell
Temperatursumme	<i>TempSum</i>	[C°]	Regression aus digitalem Höhenmodell und punktuellen Messungen der regionalen Wetterstationen; (WEINMANN, 2002)
Nutzbare Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum	<i>NFK</i>	[mm]	Bodenkarte des SFB; (FRIEDRICH, C., 2001)
Niederschlag	<i>Niederschl</i>	[mm]	Regression aus digitalem Höhenmodell und punktuellen Messungen der regionalen Wetterstationen; WEINMANN, 2002
Pflanzenverfügbares Wasser	<i>Wverf</i>	[mm]	Abgeleitet aus NFK und Niederschlag
Hof-Feld-Entfernung	<i>D</i>	[km]	Szenarienabhängige Annahmen bzw. Zuordnungen im GIS
Höhe über NN	<i>Hoehe</i>	[m]	Digitales Höhenmodell des SFB
ID Ist-Nutzungsart	<i>LN_Code</i>	-	ATKIS, ALB oder Orthophotos (HVBG, 2006)
Ist-Nutzungsart	<i>LN</i>	-	ATKIS, ALB oder Orthophotos (HVBG, 2006)

In der Untersuchungsregion „Lahn-Dill-Bergland“ werden die Feldstücksgrößen und Nutzungsformen anhand von ATKIS-Geodaten der HESSISCHEN VERWALTUNG FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION (HVBG, 2006) ermittelt.

Die Feldstücksgrößen und Nutzungsformen in der Subregion „Hohenahr-Erda“ werden auf der Grundlage von Daten der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK-Daten) und des Automatisierten Liegenschaftsbuchs (ALB-Daten) ermittelt und anhand von georeferenzierten, digitalen Orthophotos der HESSISCHEN VERWALTUNG FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION (HVBG, 2006) im Geografischen Informationssystem korrigiert.

Ein Vergleich der Karten zeigt, dass der Einsatz der ATKIS-Geometrie zur Bestimmung der Feldstücksstruktur tendenziell zu einer Überschätzung der Feldstücksgrößen führt, da Teilflächen mit gleicher Nutzungsform zusammengefasst werden. Siehe hierzu Abbildung 38.



**Abbildung 38 Vergleich der ATKIS-Geometrie mit anhand von digitalen Orthophotos korrigierten ALK-Daten**

(Quelle: Eigene Darstellung anhand von Geodaten der HESSISCHEN VERWALTUNG FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION, HVBG, 2006)

Die anhand von digitalen Orthophotos korrigierten ALK-Daten beinhalten Strassen und Wege als Flächenpolygone, während die ATKIS-Geometrie Strassen und Wege als Linien ohne Flächengröße abbildet. Daher liegen in der Abbildung der ATKIS-Geometrie die Grenzen der Feldstücke übereinander und in der Darstellung der ALK-Daten nebeneinander. Dies ist beim Vergleich der Kartenausschnitte in Abbildung 38 zu sehen, wenn Grünland an einen Acker grenzt.

Durch die nicht ausgewiesenen Wege- und Straßenflächen wird in der ATKIS-Geometrie der Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Untersuchungsregion tendenziell überschätzt.

Weiterhin sind anhand der digitalen Orthophotos Korrekturen an den in den ALB-Daten für die Gemarkung Hohenahr-Erda ausgewiesenen Nutzungsformen der Feldstücke notwendig gewesen. Die über Luftbilder ermittelten Nutzungsformen unterscheiden sich zum Teil auch von den in der ATKIS-Geometrie ausgewiesenen

Nutzungsformen. Die Ergebnisse der kartografischen Analyse sind in Tabelle 10 dargestellt.

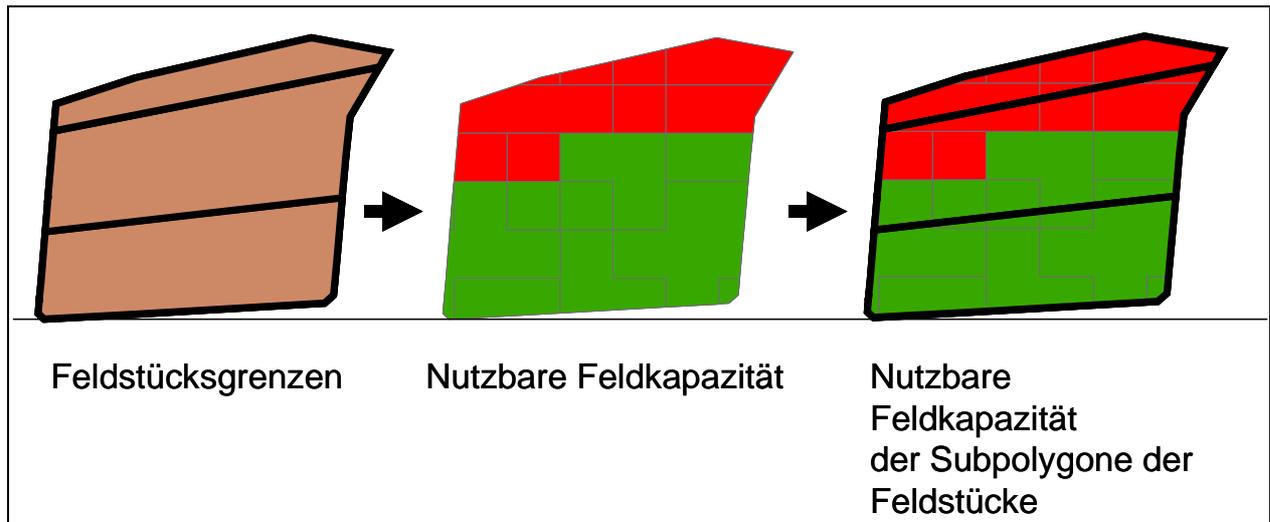
**Tabelle 10 Vergleich der in den verschiedenen Kartengrundlagen ausgewiesenen Landnutzungsformen für die Gemarkung Hohenahr-Erda**

Nutzungsform	Datengrundlage		
	ALB	ATKIS	ALB korrigiert anhand dig. Orthophotos
Ackerland	371 ha 38,9%	339 ha 35,5%	313 ha 32,8%
Grünland	207 ha 21,7%	235 ha 24,6%	231 ha 24,2%
Wald	376 ha 39,4%	381 ha 39,9%	411 ha 43,0%

Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage von Geodaten der HESSISCHEN VERWALTUNG FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION, HVBG (2006)

Die Standortparameter Höhe über NN, die nutzbare Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum, die durchschnittliche Temperatursumme während der Vegetationsperiode, die Bodenart, der durchschnittliche jährliche Niederschlag, das pflanzenverfügbare Wasser und die Hangneigung liegen als Polygonkarte für die gesamte Untersuchungsregion vor. Die im Teilprojekt A1 des SFB 299 verwendete Bodenkarte basiert auf Arbeiten von FRIEDRICH, C. (2001).

Grundlage der Standortkarte bilden einzelne Rasterkarten im 25m x 25m Maßstab zu den jeweiligen Standortparametern, die zu einer Polygonkarte zusammengefasst wurden. Ein Polygon besteht darin aus einem oder mehreren Rasterzellen gleicher Werteausprägung für alle Standortparameter. Diese Polygonkarte wurde mit den verschiedenen Karten der Raumstruktur (ATKIS usw.) verschnitten, so dass jedem Feldstück die natürlichen Standortparameter der Subpolygone zugewiesen werden. Zur Veranschaulichung dieser Methodik dient Abbildung 39.



**Abbildung 39 Zuordnung der Standortparameter zu den Feldstücken am Beispiel der nutzbaren Feldkapazität**

(Quelle: Eigene Darstellung)

In Landnutzungsmodellen, die vom Betrieb abstrahieren, kann die in der Realität vorliegende durchschnittliche Hof-Feld- und Feld-Feld-Entfernung nicht ermittelt werden. Die Methode der Zuordnung des Standortparameters Hof-Feld-Entfernung und Feld-Feld-Entfernung leitet sich von der zu untersuchenden Fragestellung ab. Wenn allen Feldstücken eine einheitliche, aber variable Hof-Feld-Entfernung zugewiesen wird, kann im Modell quantifiziert werden, welchen Einfluss eine Verbesserung der innerbetrieblichen Verkehrslage der Betriebe auf die Allokation der Landnutzungssysteme hätte.

Für den Standortparameter Hangneigung werden die in der Standortkarte ausgewiesenen Hangneigungen der Subpolygone zu den Klassen 0-5 %, 5-10 %, 10-15 % und >15 % zusammengefasst. Für jedes Feldstück werden die prozentualen Flächenanteile der Hangneigungsklassen ermittelt, um den Effekt der Hangneigung auf die Verfahrenskosten abzubilden.

Die Nutzungsform in der ATKIS-Geometrie unterscheidet die Standorte zwischen Ackerland, Grünland, Wald, Siedlungs- und Verkehrsfläche, verbuschter Brache und Gewässern.

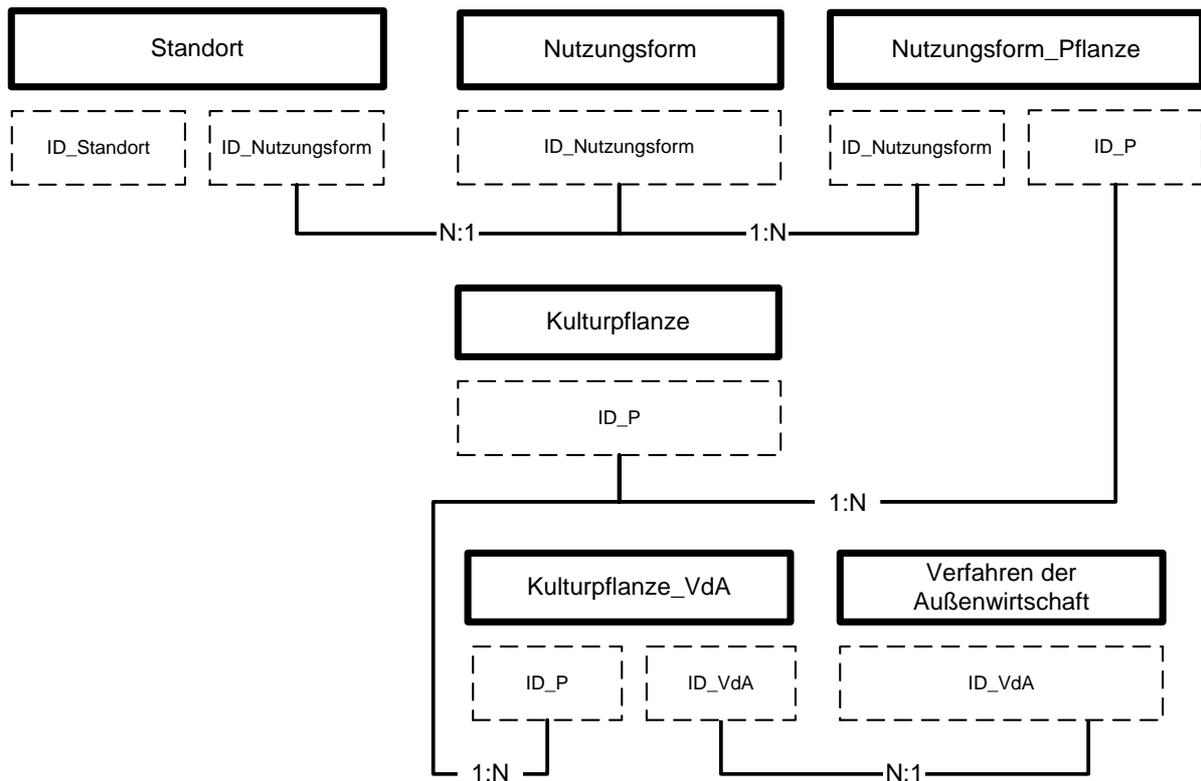
Durch die räumlich explizite Ausweisung des Attributs Nutzungsform können rechtliche Bestimmungen, die eine Einschränkung des Produktionsmöglichkeitenfelds auf dem Standort bewirken, abgebildet werden. Dies ist zum Beispiel in Naturschutzgebieten oder im Fall eines regionalen Umnutzungsverbots von Grünland der Fall.

### 3.1.2 Beziehungen der Entität ‚Standort‘

Die Entität ‚Standort‘ steht mit denjenigen Entitäten des Modells in Beziehung, deren Attribute in Verbindung mit den natürlichen und naturräumlichen Standortparametern in die Kosten-Leistungsrechnung der Landnutzungssysteme eingehen.

Jeder Kulturpflanze und jedem Standort ist das Attribut Nutzungsform zugeordnet. Die Beziehung der Nutzungsform zu den dazugehörigen Kulturpflanzen schränkt, je nach Szenario, die für eine bestimmte Kulturpflanze in Frage kommenden Standorte ein.

Die m:n-Beziehung zwischen der Kulturpflanze und den Verfahren der Außenwirtschaft reduziert die Verfahrenskostenberechnungen auf die produktionstechnisch relevanten Kombinationen, wobei einer Kulturpflanze mehrere Verfahren und einem Verfahren mehrere Kulturpflanzen zugeordnet werden können. Siehe Abbildung 40.



**Abbildung 40 Beziehungen der Entität ‚Standort‘ zu anderen Entitäten des Modells ProLand**

(Quelle: Eigene Darstellung)

## 3.2 Die Entität ‚Kulturpflanzen‘

Die Entität ‚Kulturpflanzen‘ umfasst kulturartenspezifisch die leistungs- und kostenrelevanten Attribute der im Modell ProLand implementierten Kulturpflanzen.

### 3.2.1 Attribute der Entität ‚Kulturpflanzen‘

Leistungsrelevant sind die Parameter der Kulturpflanze, welche die Ertragsbildung in Abhängigkeit der nicht-kontrollierbaren Wachstumsfaktoren pflanzenverfügbares Wasser und durchschnittliche jährliche Temperatursumme in der Vegetationsperiode beschreiben.

Kostenrelevant sind die Parameter der Kulturpflanze, welche den Bedarf der Kulturpflanze an kontrollierbaren Wachstumsfaktoren Dünge- und Pflanzenschutzmittel je Dezitonne Ertrag beschreiben. Es wird im Modell unterstellt, dass alle kontrollierbaren Wachstumsfaktoren, wie Saatgut, Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel in einer Menge zur Verfügung gestellt werden, die das Erreichen des standortabhängigen Ertragspotenzials der jeweiligen Kulturpflanze ermöglicht. Die in ProLand implementierte Methode zur Berechnung des pflanzenverfügbaren Wassers, die Berechnungsweise der Temperatursumme und das Verfahren der Ertragspotenzialschätzung mittels linear-limitationaler Ertragsfunktionen ist in der Dissertation von WEINMANN beschrieben (WEINMANN, B., 2002).

In der folgenden Tabelle 11 sind die Attribute der Kulturpflanzen enthalten, die in die räumlich explizite Kosten- und Leistungsrechnung des Modells ProLand eingehen.

**Tabelle 11 Attribute der Entität ‚Kulturpflanzen‘**

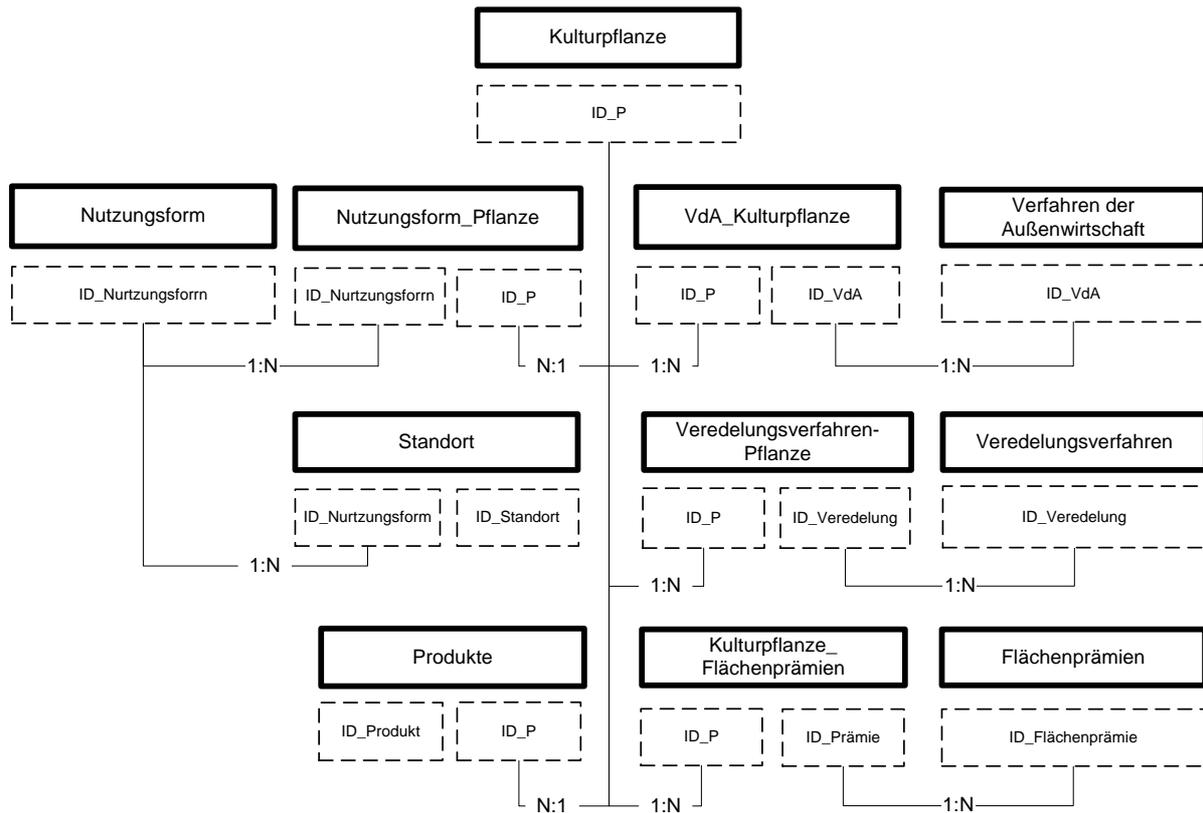
Attribut	Abkürzung	Einheit	Anmerkung/Quelle
ID Pflanze	$ID P$	-	-
Name der Kulturpflanze	$Name P$	-	-
Grundbedarf pflanzenverfügbares Wasser	$W_{min}$	[mm]	Berechnungsmethode siehe WEINMANN, 2002
Wachstumsfaktor Wasser	$fW$	[dt /mm]	Berechnungsmethode siehe WEINMANN, 2002
Grundbedarf Temperatursumme	$T$	[°C]	Berechnungsmethode siehe WEINMANN, 2002
Wachstumsfaktor Temperatur	$fT$	[dt / °C]	Berechnungsmethode siehe WEINMANN, 2002
Saatgutkosten	$K_{saat}$	[€/ha]	KTBL-Datensammlung 2004/2005 ,2004
Stickstoffbedarf	$fN$	[kg/dt]	KTBL-Datensammlung 2004/2005 ,2004
Phosphorbedarf	$fP$	[kg/dt]	KTBL-Datensammlung 2004/2005 ,2004
Kaliumbedarf	$fK$	[kg/dt]	KTBL-Datensammlung 2004/2005 ,2004
Basiskosten Pflanzenschutz	$PSM_{basis}$	[€/ha]	LWK Hannover, FachlicherInformationsdienst, Richtwertdeckungsbeiträge 2002
Ertragsabhängige Pflanzenschutzkosten	$PSM_{ertrag}$	[€/dt]	Eigene Berechnungen nach LWK Hannover, FachlicherInformationsdienst, Richtwertdeckungsbeiträge 2002
Basis Ertrag für Pflanzenschutz	$PSM_{Steigungab}$	[dt/ha]	LWK Hannover, FachlicherInformationsdienst, Richtwertdeckungsbeiträge 2002

### 3.2.2 Beziehungen der Entität ‚Kulturpflanzen‘

Die Entität ‚Kulturpflanzen‘ steht mit denjenigen Entitäten des Modells in Beziehung, deren Attribute in Verbindung mit den Attributen der Kulturpflanze in die räumlich explizite Kosten- und Leistungsrechnung eingehen.

Die Entität ‚Kulturpflanzen‘ ist daher über m:n-Beziehungen mit den Entitäten ‚Nutzungsform‘, ‚Verfahren der Außenwirtschaft‘, ‚Veredelungsverfahren‘, ‚Flächenprämien‘ und über eine 1:n-Beziehung mit der Entität ‚Produkte‘ verknüpft.

Siehe Abbildung 41.



**Abbildung 41 Beziehungen der Entität ‚Kulturpflanzen‘ im Modell ProLand**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Einer Kulturart werden im Modell alle produktionstechnisch in Frage kommenden Verfahren der Außenwirtschaft zugeordnet. Dabei können sich einzelne Verfahren der Außenwirtschaft auf mehrere Kulturarten beziehen. Grünland kann sowohl über das Verfahren Silagebereitung, als auch über das Verfahren Sommerweide genutzt werden. Andererseits kann das Verfahren der Außenwirtschaft Silagebereitung auf die Kulturarten Grünland und Klee gras Bezug nehmen.

In gleicher Weise kann eine Kulturpflanze in mehreren geeigneten Veredelungsverfahren eingesetzt und mehrere Veredelungsverfahren auf der Basis ein und derselben Kulturpflanze betrieben werden.

Die Entität ‚Flächenprämien‘ ist mit der Kulturpflanze über eine m:n-Beziehung verknüpft, da eine Kulturart mehrere Flächenprämien beziehen kann, zum Beispiel eine allgemeine Flächenzahlung und eine Zahlung aus einer Agrarumweltmaßnahme. Andererseits kann eine allgemeine Flächenprämie für den Anbau verschiedener Kulturarten gezahlt werden.

Jeder Kulturpflanze sind über eine 1:n-Beziehung ein oder mehrere Produkte zugewiesen. Als Beispiel sei die Kulturpflanze Winterweizen mit den Produkten Weizen oder Ganzpflanzensilage genannt. In der Entität ‚Produkte‘ ist jedem marktgängigen Produkt das Attribut Marktpreis zugeordnet.

### 3.3 Die Entität ‚Produktionsverfahren der Außenwirtschaft‘

In der Entität ‚Produktionsverfahren der Außenwirtschaft‘ sind alle Parameter hinterlegt, welche zur Berechnung des verfahrensspezifischen Faktorbedarfs in Abhängigkeit der natürlichen und naturräumlichen Standortparameter relevant sind.

#### 3.3.1 Attribute der Entität ‚Verfahren der Außenwirtschaft‘

Die Attribute der Verfahren der Außenwirtschaft basieren auf datenbankbasierten Berechnungen zur Ermittlung von verfahrensspezifischen Kennzahlen, die der Quantifizierung des Einflusses der Schlaggröße, der Hangneigung, der Bodenart, der Hof-Feld-Entfernung und des Ertrags auf die Faktoransprüche einzelner Produktionsverfahren dienen. Die Methodik der Kennzahlenberechnung auf Grundlage der Datenbank REVA ist in Punkt 2.2.4 erläutert.

Die produktionsverfahrensspezifischen Kennzahlen gehen in Verbindung mit den exogen vorgegebenen bzw. szenarienabhängig definierten Faktorpreisen in die Berechnung der räumlich expliziten Verfahrenskosten in der Außenwirtschaft nach Gleichung 33 ein.

Die Elementarprozesse der Verfahren der Außenwirtschaft grenzen sich von den Elementarprozessen der Veredelungsverfahren durch ihren vom Standort abhängigen Faktorbedarf ab. So wird zum Beispiel der Elementarprozess ‚Kontroll- und Versorgungsfahrt zur Weide‘ aufgrund der Abhängigkeit des Arbeitszeitbedarfs von der Feldstücksgröße und der Hof-Feld-Entfernung nicht dem Arbeitszeitbedarf des jeweiligen Veredelungsverfahrens zugeordnet, sondern ist ein Elementarprozess des Verfahrens der Außenwirtschaft ‚Sommerweide‘.

### 3.3.2 Beziehungen der Entität ‚Verfahren der Außenwirtschaft‘

Die Entität ‚Verfahren der Außenwirtschaft‘ steht mit allen Entitäten des Modells in Beziehung, deren Attribute in Verbindung mit den Attributen der Entität ‚Verfahren der Außenwirtschaft‘ den verfahrens- und standortspezifischen Faktorbedarf bestimmen.

Die natürlichen und naturräumlichen Eingangsparameter zur Berechnung des Faktorbedarfs eines Verfahrens der Außenwirtschaft Feldstücksgröße, Feldstücksbreite, Feldstücksumfang, Bodenart, Hangneigung und Hof-Feld-Entfernung sind in der Entität ‚Standort‘ hinterlegt. Der Ertrag einer Kulturpflanze als Kostenfaktor in der Außenwirtschaft wird über die Verknüpfung der Attribute der Entitäten ‚Standort‘ und ‚Kulturpflanze‘ ermittelt. Siehe Abbildung 42.

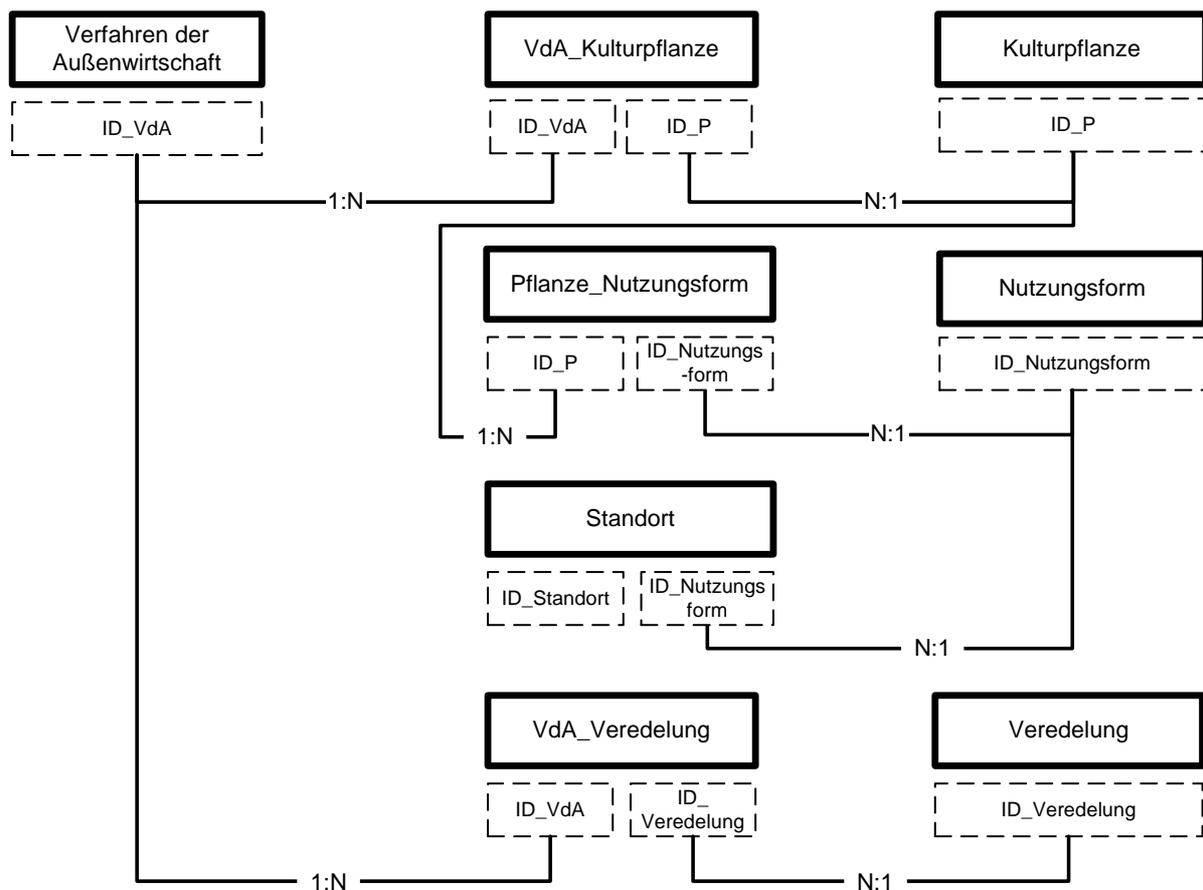


Abbildung 42 Beziehungen der Entität ‚Verfahren der Außenwirtschaft‘ im Modell ProLand

(Quelle: Eigene Darstellung)

Die Entität Verfahren der Außenwirtschaft ist mit der Entität Kulturpflanze über eine m:n-Beziehung verknüpft, weil ein Verfahren der Außenwirtschaft auf mehrere Kulturarten Bezug nehmen kann und eine Kulturpflanze über verschiedene Verfahren der Außenwirtschaft angebaut werden kann.

Über die Entität ‚Nutzungsform‘ sind die Verfahren der Außenwirtschaft nur mit Standorten verbunden, auf denen das entsprechende Landnutzungssystem in dem definierten Landnutzungsszenario auch zugelassen ist.

Die Verbindung mit der Entität ‚Veredelung‘ über m:n-Beziehungen ist notwendig, da bestimmte Verfahren der Außenwirtschaft nur in Verbindung mit bestimmten Veredelungsverfahren auftreten. Dadurch werden unnötige Berechnungen vermieden. So steht das Verfahren der Außenwirtschaft Weidebetrieb sachlogisch nicht in Verbindung mit Veredelungsverfahren, die, wie die intensive Bullenmast, ganzjährige Stallhaltung betreiben.

### 3.4 Die Entität ‚Veredelungsverfahren‘

Die Entität Veredelungsverfahren beinhaltet alle kosten- und leistungsrelevanten Attribute, die zur Berechnung des verfahrensspezifischen Veredelungswerts des eingesetzten Grobfutters notwendig sind. Im Modell ProLand sind verschiedene flächengebundene Veredelungsverfahren der Rinder- und Schafhaltung implementiert. In flächengebundenen Veredelungsverfahren werden Futtermittel veredelt, die in der Regel werden bzw. nur in Ausnahmefällen direkt zu einem bestimmten Marktpreis gehandelt werden. Die in der flächengebundenen Veredelungswirtschaft eingesetzten Grobfuttermittel, wie Grünfutter, Heu und Silagen, werden im Modell ProLand über ihren verfahrensspezifischen Veredelungswert bewertet. Der Veredelungswert entspricht dem Verkaufswert der je Futtereinheit erzeugten Veredelungsprodukte eines bestimmten Veredelungsverfahrens abzüglich sämtlicher Veredelungskosten je Futtereinheit (siehe Gleichung 37) .

#### 3.4.1 Attribute der Entität ‚Veredelungsverfahren‘

Die leistungsrelevanten Attribute der Entität Veredelungsverfahren dienen der veredelungsverfahrensspezifischen Beschreibung der biologischen Produktivität einer Tiereinheit bezogen auf eine Grundfuttereinheit.

Die kostenrelevanten Attribute der Entität Veredelungsverfahren dienen der veredelungsverfahrensspezifischen Quantifizierung des Faktorverbrauchs bezogen auf eine Grundfuttereinheit.

Die Produktivität eines Veredelungsverfahrens je Grundfuttereinheit wird ermittelt, indem ein verfahrensspezifisches Mengengerüst der Produkte und tiergebundenen Prämien je Tiereinheit und Jahr erstellt wird. Die monetäre Leistung je Grundfuttereinheit wird durch Division der mit Marktpreisen bewerteten Produktmengen je Tier und Jahr durch den Grundfutterbedarf je Tier und Jahr ermittelt.

In Abgrenzung zu den Verfahren der Außenwirtschaft werden den Veredelungsverfahren alle Kosten zugeordnet, die unabhängig von den natürlichen und naturräumlichen Standortbedingungen entstehen. Der Faktorbedarf je Tiereinheit leitet sich in Veredelungsverfahren von der im Szenario angenommenen technischen Ausstattung und dem genetischen Leistungspotenzial der Herde ab.

Der veredelungsverfahrensspezifische Faktorverbrauch je Grundfuttereinheit wird ermittelt, indem der Faktorverbrauch je Tier und Jahr durch den Grobfutterbedarf je Tier und Jahr dividiert wird. Werden die Faktormengen mit den Marktpreisen bewertet, ergeben sich die veredelungsverfahrensspezifischen Kosten je Grobfuttereinheit. Der leistungsabhängige Faktorverbrauch eines Veredelungsverfahrens wird berechnet, indem das Produkt, das sich als Kostenträger eignet (z.B. Milch), ein Attribut zugeordnet bekommt, welches den Faktorverbrauch (z.B. Kraftfutter) je Produkteinheit beschreibt. Dies ist sachlogisch notwendig, da in bestimmten Veredelungsverfahren ertragsabhängige Kosten in nicht zu vernachlässigender Höhe entstehen.

In Tabelle 12 sind alle Attribute der Entität Veredelungsverfahren aufgeführt, die der Ermittlung des verfahrensspezifischen Veredelungswerts je eingesetzter Masseinheit Grundfutter dienen.

**Tabelle 12 Attribute der Entität ‚Veredelungsverfahren‘**

Attribut	Abkürzung	Einheit
ID Veredelungsverfahren	ID_VV	-
Name Veredelungsverfahren	Name_VV	-
Arbeitszeitbedarf	T <sub>vv</sub>	[Akh/Tier]
Futterbedarf	BF <sub>vv</sub>	[dt/Tier*Jahr]
Nutzungsdauer	ND <sub>vv</sub>	[Jahre]
Bestandsergänzung	BE <sub>vv</sub>	[€/Tier]
Vermarktungskosten	KV <sub>vv</sub>	[€/Tier*Jahr]
Kraftfutterbedarf	BKF <sub>vv</sub>	[dt/Tier*Jahr]
Mineralfutterbedarf	BMF <sub>vv</sub>	[dt/Tier*Jahr]
Strohbedarf	BStr <sub>vv</sub>	[dt/Tier*Jahr]
Strom; Wasser	BEW <sub>vv</sub>	[€/Tier*Jahr]
Tierarztkosten	KTz <sub>vv</sub>	[€/Tier*Jahr]
Tierseuchenkasse	KTsk <sub>vv</sub>	[€/Tier*Jahr]
Maschinen-, Gerätekosten	KMG <sub>vv</sub>	[€/Tier*Jahr]
Abschreibung Gebäude	KGeb <sub>vv</sub>	[€/Tier*Jahr]
Kapitalbedarf Tier	KBtier <sub>vv</sub>	[€/Tier*Jahr]
Kapitalbedarf Gebäude, Maschinen, Geräte	KBgmg <sub>vv</sub>	[€/Tier*Jahr]
Kapitalbedarf Lieferrechte/Quote	KBq <sub>vv</sub>	[€/Tier*Jahr]
Tiergebundene Prämie	P <sub>vv</sub>	[€/Tier*Jahr]

### 3.4.2 Beziehungen der Entität ‚Veredelungsverfahren‘

Die Entität ‚Veredelungsverfahren‘ steht mit denjenigen Entitäten des Modells in Beziehung, deren Attribute in Verbindung mit den Attributen der Entität ‚Veredelungsverfahren‘ in die räumlich explizite Kosten- und Leistungsrechnung eingehen.

Die Entität Veredelungsverfahren ist daher über m:n-Beziehungen mit den Entitäten ‚Kulturpflanzen‘, ‚Verfahren der Außenwirtschaft‘, ‚Standort‘ und ‚Produkte‘ verknüpft. Die Beziehungen werden in Beziehungsentitäten definiert, die mit den Kernentitäten über n:1-Beziehungen verknüpft sind. Diese Entitäten enthalten die Informationen, welche Kulturpflanze in welchem Veredelungsverfahren verfüttert wird, über welches

Außenwirtschaftsverfahren das Grundfutter bereitgestellt wird und welche Produkte in dem Veredelungsverfahren erzeugt werden.

Die Differenz der Veredelungskosten und der Leistungen je Grundfuttoreinheit entspricht dem Veredelungswert. Der Veredelungswert der Grundfuttoreinheit wird mit dem Futterertrag des Standorts multipliziert. Daraus resultiert der veredelungskostenfreie Erlös je Flächeneinheit.

Über die Entität ‚Nutzungsform‘, die in Bezug zur Entität ‚Kulturpflanzen‘ steht, können einzelne Veredelungsverfahren für Standorte mit bestimmter Nutzungsform ausgewählt oder ausgeschlossen werden. Dies kann auf Standorten mit hoheitlichen Bewirtschaftungsauflagen relevant sein, etwa wenn in bestimmten Naturschutzgebieten eine Beweidung mit Schafen vorgesehen ist.

Die Beziehungen der Entität ‚Veredelungsverfahren‘ zu anderen Entitäten des Modells ist in Abbildung 43 dargestellt.

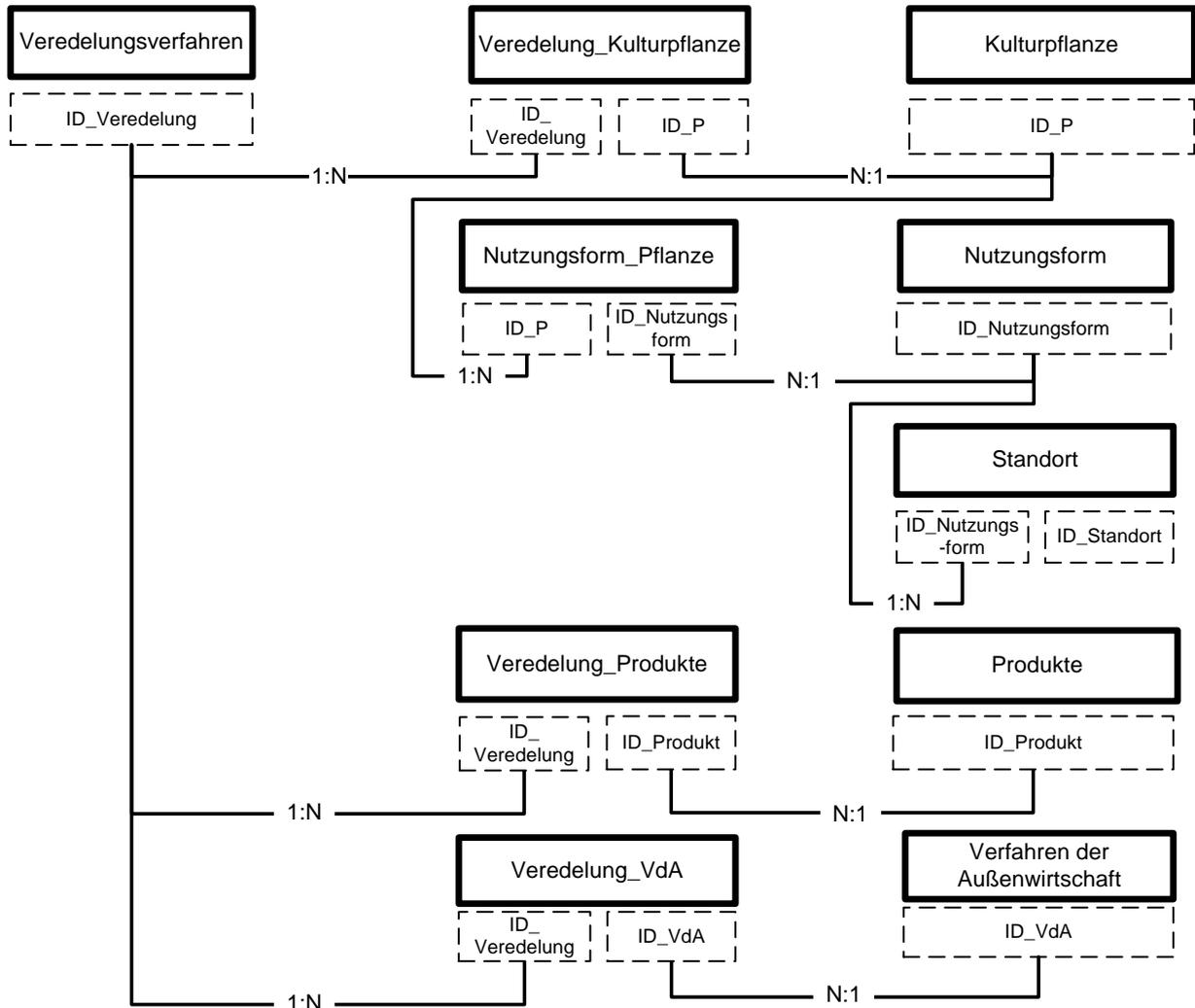


Abbildung 43 Beziehungen der Entität ‚Veredelungsverfahren‘ im Modell ProLand

(Quelle: Eigene Darstellung)

### 3.5 Die Entität ‚Flächenprämien‘

Die Entität ‚Flächenprämien‘ dient der Abbildung der agrarpolitischen Rahmenbedingungen in Bezug auf allgemeine Flächenzahlungen und spezielle Zahlungen im Rahmen von Agrarumweltprogrammen. Durch die Variation der Werte kann die Wirkung einer veränderten Förderpraxis auf die Allokation und Wirtschaftlichkeit von Landnutzungssystemen untersucht werden.

### 3.5.1 Attribute der Entität ‚Flächenprämien‘

Die Entität ‚Flächenprämien‘ enthält einen Primärschlüssel, den Namen der Flächenprämie (z.B. HEKUL-Prämie) und die Höhe des jährlichen Auszahlungsbetrags pro Hektar.

### 3.5.2 Beziehungen der Entität ‚Flächenprämien‘

Die Entität Flächenprämien steht mit denjenigen Entitäten in Beziehung, deren Attribute in Verbindung mit den Attributen der Entität ‚Flächenprämien‘ in die räumlich explizite Kosten- und Leistungsrechnung des Modells ProLand eingehen.

Flächenprämien sind in der Regel an die Realisierung eines Landnutzungssystems gekoppelt. In dem Landnutzungssystem kann das Kriterium, das zum Bezug der Flächenprämie berechtigt die Kulturpflanze, das Verfahren der Außenwirtschaft, das Veredelungsverfahren oder das Produktionsprogramm sein.

Die Extensivierungsprämie, die im Rahmen des Hessischen Kulturlandschaftsprogramms gezahlt wird, ist an die Kulturpflanze Extensivgrünland gekoppelt. Ein Beispiel für die Koppelung an ein bestimmtes Verfahren der Außenwirtschaft ist die HEKUL-Prämie für Mulchsaatverfahren (HMULV, 2003).

Im Rahmen des Hessischen Landschaftspflegeprogramms HELP 2000 werden bestimmte Verträge angeboten, welche eine bestimmte Art der Beweidung der Fläche vorschreiben (vgl. HMULV, 2000, S.7). Damit sind diese Zahlungen an ein bestimmtes Veredelungsverfahren gekoppelt.

Ein weiteres Beispiel für die Koppelung einer Flächenprämie an ein Veredelungsverfahren ist die Energiepflanzenbeihilfe, die zum Beispiel gezahlt wird, wenn Silomais zur Stromerzeugung in einer Biogasanlage angebaut wird (BMVEL, 2004, S.64).

Durch die Cross-Compliance-Regelungen, die im Zuge der Agrarreform des Jahres 2003 beschlossen wurden, ist der Erhalt der Flächenzahlungen an die „Erhaltung der Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand“ gekoppelt. Im Rahmen der Regelungen wird im Zeitraum vom 1. Dezember bis zum 15. Februar eine Bedeckung von 40 % der Ackerflächen mit Pflanzen oder Pflanzenresten vorgeschrieben (BMVEL, 2004, S. 76). Dadurch sind die Flächenzahlungen an ein bestimmtes Produktionsprogramm gekoppelt.

Die Beziehungen der Entität ‚Flächenprämien‘ zu anderen Entitäten des Modells sind in Abbildung 44 dargestellt.

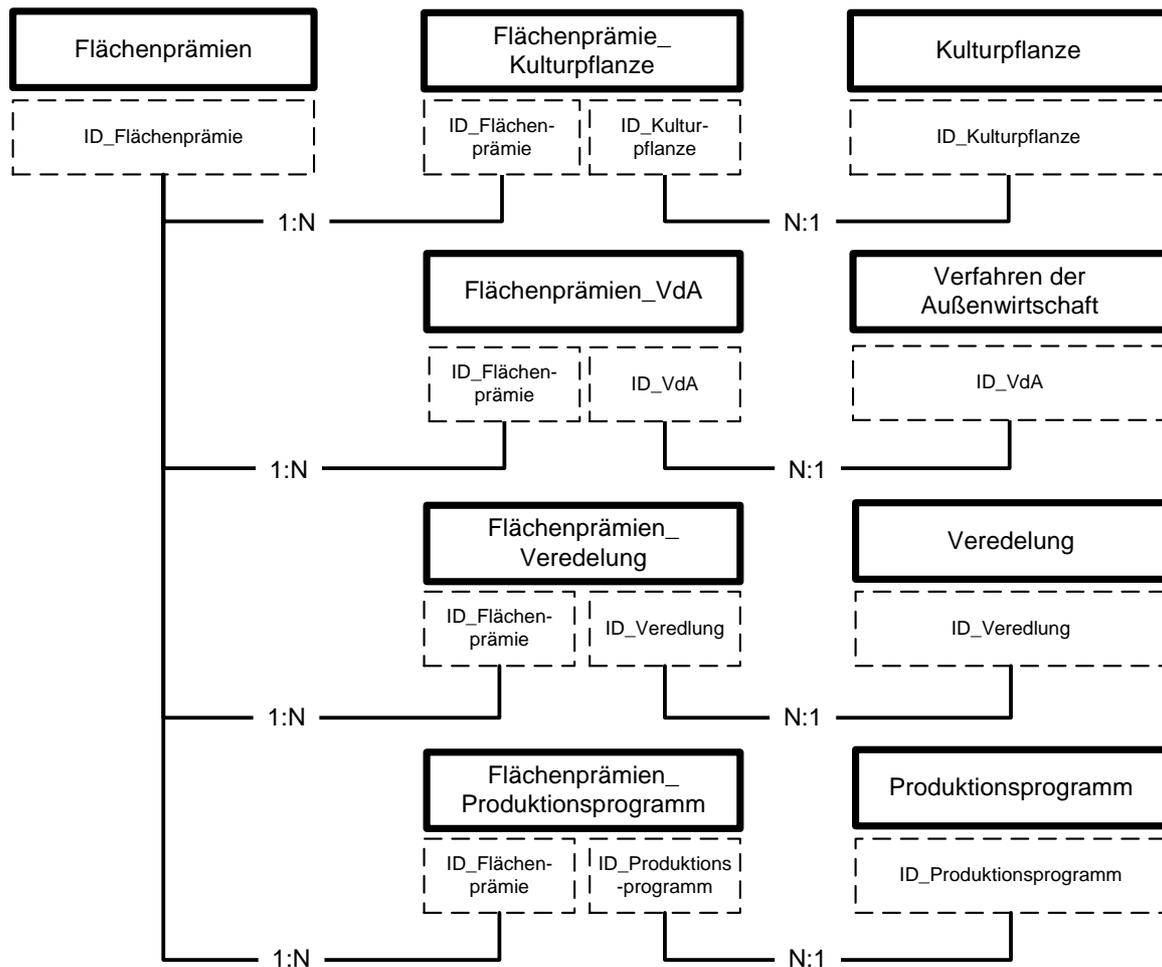


Abbildung 44 Beziehungen der Entität ‚Flächenprämien‘ im Modell ProLand

(Quelle: Eigene Darstellung)

### 3.6 Die Entität ‚Produkte‘

Die Entität ‚Produkte‘ enthält einen Primärschlüssel und die Attribute Namen des Produktes und den Preis der marktgängigen Produkte.

Die Entität ‚Produkte‘ ist für die pflanzlichen Produkte mit dem Modul ‚Kulturpflanzen‘ über 1:n-Beziehungen verknüpft. Für die tierischen Produkte ist die Entität ‚Produkte‘ mit der Entität ‚Veredelungsverfahren‘ über m:n-Beziehungen verknüpft, da verschiedene oder gleiche Veredelungsverfahren unterschiedlicher technischer Ausstattung dieselben Produkte erzeugen können. Zudem werden in einigen Veredelungsverfahren mehrere Produkte erzeugt. So entstehen zum Beispiel in Verfahren der Milchproduktion neben dem Hauptprodukt Milch die Nebenprodukte Kalb und Rindfleisch der Altkühe.

Die Beziehungen der Entität Produkte sind in Abbildung 41 und Abbildung 43 dargestellt, daher soll auf eine weitere Darstellung an dieser Stelle verzichtet werden.

### 3.7 Die Entität ‚Faktorpreise‘

Die Entität ‚Faktorpreise‘ enthält die Preise für die Faktoren Arbeit als Lohnsatz, den Faktor Kapital als Zinssatz und die Preise für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium. Über den Primärschlüssel können für die einzelnen Szenarien verschiedene Faktorpreiskombinationen als Datensätze ausgewählt werden.

Da die Faktorpreise als exogene Variablen des Modells in den einzelnen Szenarien vorgegeben sind, stehen sie nicht in Beziehung zu anderen Entitäten des Modells.

### 3.8 Die Entität ‚Produktionsprogramm‘

Ein Produktionsverfahren setzt sich im Kern aus einer Kulturpflanze, einem Verfahren der Außenwirtschaft und einem Veredelungsverfahren zusammen. Ein Produktionsverfahren ist dann vollständig definiert, wenn dem Primärschlüssel der Entität ‚Produktionsverfahren‘ mindestens ein Wert aller anderen Entitäten zugewiesen ist.

Ackerkulturen werden in der Regel nicht in Monokultur angebaut und die Grundfüttererzeugung auf Grünland kann in einem Jahr über verschiedene Produktionsverfahren erfolgen, die wiederum in unterschiedlichem Umfang durchgeführt werden.

Um den prozentualen Anteil einzelner Produktionsverfahren zu beschreiben, wird ein Landnutzungssystem daher zusätzlich durch die Entität ‚Produktionsprogramm‘ definiert.

Ein Produktionsprogramm setzt sich aus einem oder mehreren Produktionsverfahren der Außenwirtschaft zusammen, über die, mit unterschiedlichem Flächenanteil, eine oder mehrere Kulturpflanzen erzeugt werden, die in den jeweiligen Veredelungsverfahren eingesetzt werden.

In der Entität ‚Produktionsprogramm‘ werden einzelne Produktionsverfahren eines Landnutzungssystems, die in der Realität in zeitlicher Abfolge oder auf verschiedenen Feldstücken realisiert werden, entsprechend ihres Flächenanteils definiert.

Die Entität ‚Produktionsprogramm‘ dient in Landnutzungssystemen des Grünlands der Definition des Anteils einzelner Verfahren der Grundfütterbereitstellung. So kann

z.B. über die Definition des Produktionsprogramms in verschiedenen Varianten des Veredelungsverfahrens Mutterkuhhaltung der Anteil des Außenwirtschaftsverfahrens Weidehaltung variiert werden. In ackerbaulichen Landnutzungssystemen wird in der Entität ‚Produktionsprogramm‘ der Flächenanteil der Kulturarten und der zugeordneten Anbau- und Veredelungsverfahren definiert.

### 3.8.1 Attribute der Entität ‚Produktionsprogramm‘

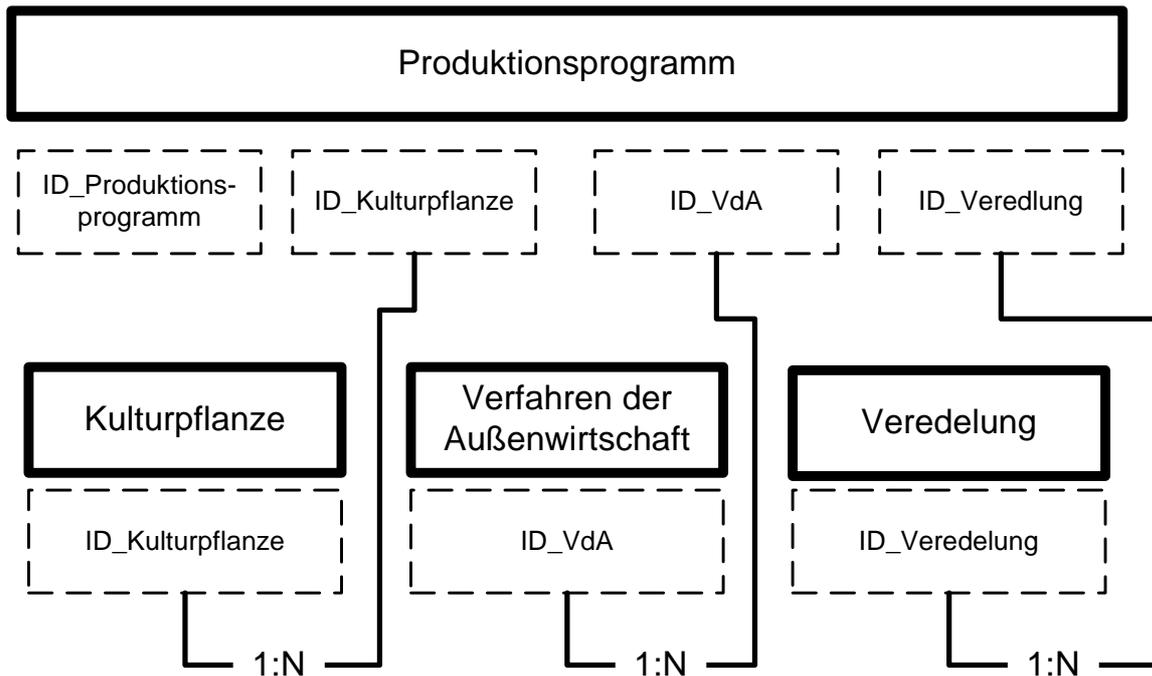
Die Attribute der Entität ‚Produktionsprogramm‘ sind die Primärschlüssel der Entitäten ‚Kulturpflanze‘, ‚Verfahren der Außenwirtschaft‘ und ‚Veredelungsverfahren‘. Der Primärschlüssel eines Produktionsprogramms tritt entsprechend der Anzahl der Produktionsverfahren eines Landnutzungssystems auf.

### 3.8.2 Beziehungen der Entität ‚Produktionsprogramm‘

Die Entität ‚Produktionsprogramm‘ steht mit den Entitäten in Beziehung, deren Primärschlüssel in Verbindung mit dem Primärschlüssel des Produktionsprogramms das Landnutzungssystem definieren.

Die Beziehungen zwischen den Entitäten ‚Kulturpflanzen‘, ‚Verfahren der Außenwirtschaft‘ und ‚Veredelungsverfahren‘ einerseits und der Entität ‚Produktionsprogramm‘ andererseits sind vom Typ 1:n, da sowohl die Kulturpflanzen als auch die Verfahren der Außenwirtschaft und die Veredelungsverfahren in einem oder verschiedenen Produktionsprogrammen mehrfach auftreten können.

Zur Veranschaulichung der Beziehungen siehe Abbildung 45.



**Abbildung 45 Beziehungen der Entität 'Produktionsprogramm'**

(Quelle: Eigene Darstellung)

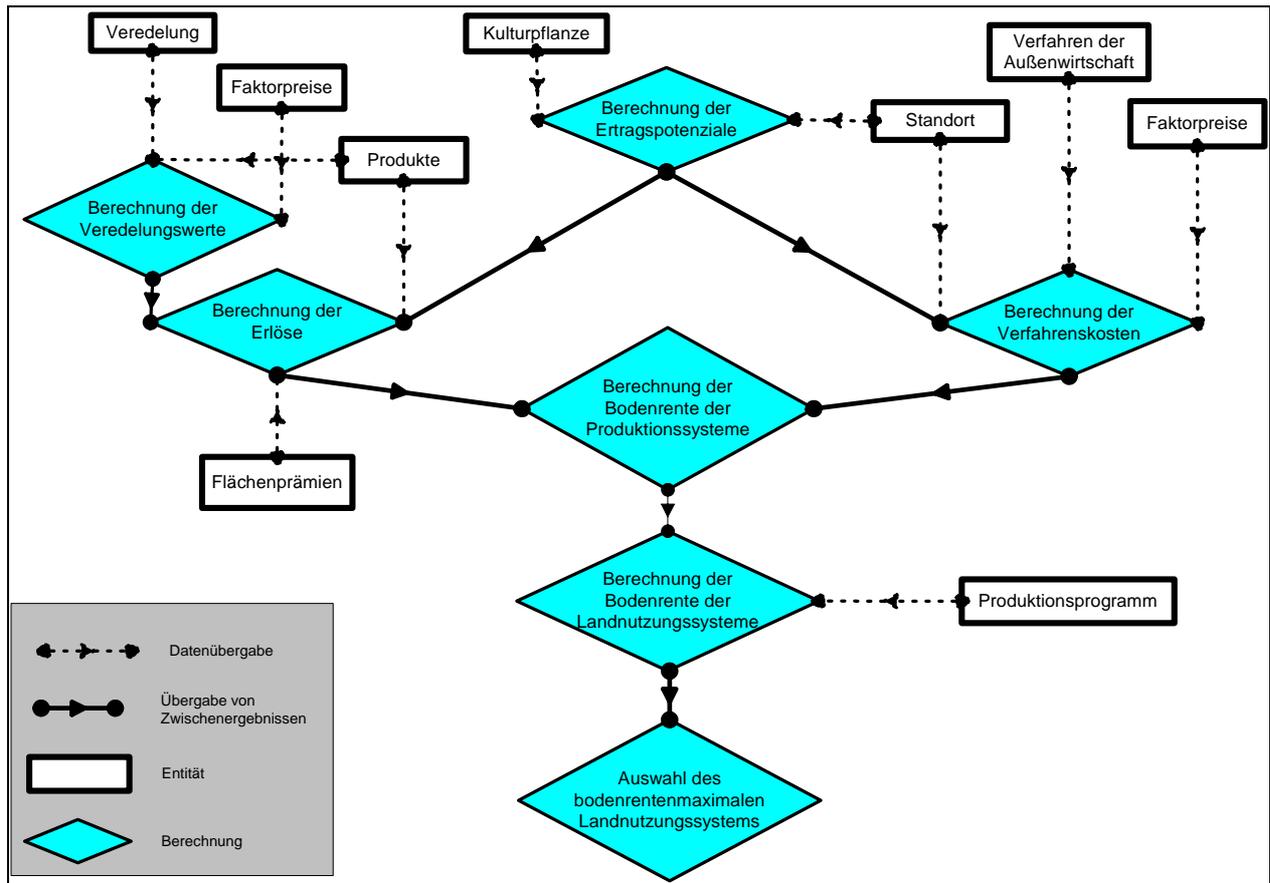
### 3.9 Der Prozess der Bodenrentenberechnung

Zur räumlich expliziten Berechnung der Bodenrente von landwirtschaftlichen und forstlichen Landnutzungssystemen werden die Daten aus den Entitäten der Datenbank unter Berücksichtigung der definierten Beziehungen ausgelesen und mittels mathematischer Algorithmen zu Zwischenergebnissen verarbeitet. Die Zwischenergebnisse werden mit räumlichem Bezug, das heißt mit dem Primärschlüssel des Standorts abgespeichert. Alle Zwischenergebnisse können somit als digitale Karte ausgegeben werden.

Dem eigentlichen Prozess der Bodenrentenberechnung sind die Berechnungen der Erträge und der verfahrensspezifischen Veredelungswerte vorgeschaltet. Anhand der dadurch generierten Zwischenergebnisse erfolgt die räumlich explizite Kosten-Leistungsrechnung der Landnutzungssysteme.

Zur Veranschaulichung des Berechnungsprozesses dient Abbildung 46.

Einen umfassenden Überblick über den Informationsfluss und den Prozess der Bodenrentenberechnung im Modell ProLand liefert die Dissertation von WEINMANN (2002, S.64 ff).



**Abbildung 46 Datenübergabe und Berechnungsschritte bei der Bodenrentenberechnung in ProLand**

(Quelle: Eigene Darstellung; vgl. WEINMANN 2002)

Die Ergebnisse der Bodenrentenberechnungen und die Ergebnisse der Zwischenberechnungen können aufgrund der Mitführung des Primärschlüssels des Standorts durch den gesamten Berechnungsprozess je nach Fragestellung über Abfragen analysiert und in Form von digitalen Karten ausgegeben werden.

## 4 Modellanwendung: Szenarienbildung mit ProLand – Entwicklungsperspektiven der Kulturlandschaft im Lahn-Dill- Bergland

Die vorliegende Arbeit liefert aus der Perspektive der experimentellen landwirtschaftlichen Standortwirkungslehre einen Beitrag zum Thema Kulturlandschaftsentwicklung. Das Werkzeug der Untersuchung stellt das Landnutzungsmodell ProLand dar.

Die landwirtschaftliche Standortwirkungslehre beschäftigt sich mit den Ursachen der räumlichen und zeitlichen Varianz von Landnutzungsintensitäten (KUHLMANN et al.; 2002, S. 351).

Nach BRINKMANN ist die Landnutzungsintensität als Verhältnis der Produktionskosten zur landwirtschaftlichen Nutzfläche definiert (BRINKMANN, 1922, S. 30). Die Produktionskosten enthalten die Sachkosten, den mit dem Lohnsatz bewerteten Arbeitseinsatz und den mit dem Zinssatz bewerteten Kapitaleinsatz.

Siehe Gleichung 49.

### Gleichung 49 Landnutzungsintensität nach BRINKMANN

$$I = \frac{A + K + Z}{F}$$

darin sind:

$I$	=	Landnutzungsintensität
$A$	=	Arbeitskosten
$K$	=	Sachkosten
$Z$	=	Zinskosten

Im Naturschutz werden zwei Leitbilder diskutiert: „Wildnis“ oder „Kulturlandschaft“ (HAMPICKE, 1991, S.269). Die „Wildnis“ stellt dabei die denkbar extensivste Form der Landnutzung dar. Der natürlichen Sukzession wird nicht durch den Einsatz von Arbeit und Kapital entgegengewirkt.

Die Entwicklung der Kulturlandschaft zur „Wildnis“ stellt sich ein, wenn landwirtschaftlich genutzte Flächen aufgrund der Entscheidung des Landnutzers mit der Intensität von  $I = 0$  bewirtschaftet werden. Dies betrifft in der ökonomischen Theorie landwirtschaftlich genutzte Standorte, die keine positive Bodenrente

abwerfen und dadurch keine angemessene Entlohnung der Faktoren Arbeit und Kapital ermöglichen (vgl. Punkt 2.1.1 und 2.1.2).

Die Kulturlandschaft unterscheidet sich von der flächendeckenden Wildnis also durch die Einsatzmengen der Faktoren Arbeit und Kapital je Flächeneinheit. Sollen landwirtschaftliche Flächen, die aufgrund einer mangelnden Wettbewerbsfähigkeit im Bereich der Nahrungsmittel- und Rohstoffproduktion zu Grenzstandorten und damit langfristig zur „Wildnis“ werden, in Bewirtschaftung gehalten werden, so kann entweder deren Wettbewerbsfähigkeit gesteigert oder finanzielle Anreize zur Steigerung der Landnutzungsintensität geschaffen werden. Diese Anreize können durch direkte Eingriffe in die Preisbildung (zum Beispiel Mengengrenzungen durch Angebotskontingentierung), die Einführung produktionskostensenkender, an die Produktion gebundener Prämien oder einer direkten Entlohnung landschaftspflegerischer Leistungen geschaffen werden (vgl. Punkte 2.3.1 bis 2.3.3).

Die Erreichung eines gesellschaftlich gewünschten Ziels bezüglich der landwirtschaftlichen Produktion in der Kulturlandschaft ist, sofern der Soll- vom Ist-Zustand abweicht, immer mit einer Änderung der vom Landnutzer aus ökonomischem Kalkül gewählten Landnutzungsintensität verbunden.

Aus den genannten Leitbildern des Naturschutzes ergeben sich zwei grundsätzliche Zielrichtungen des Kulturlandschaftsschutzes:

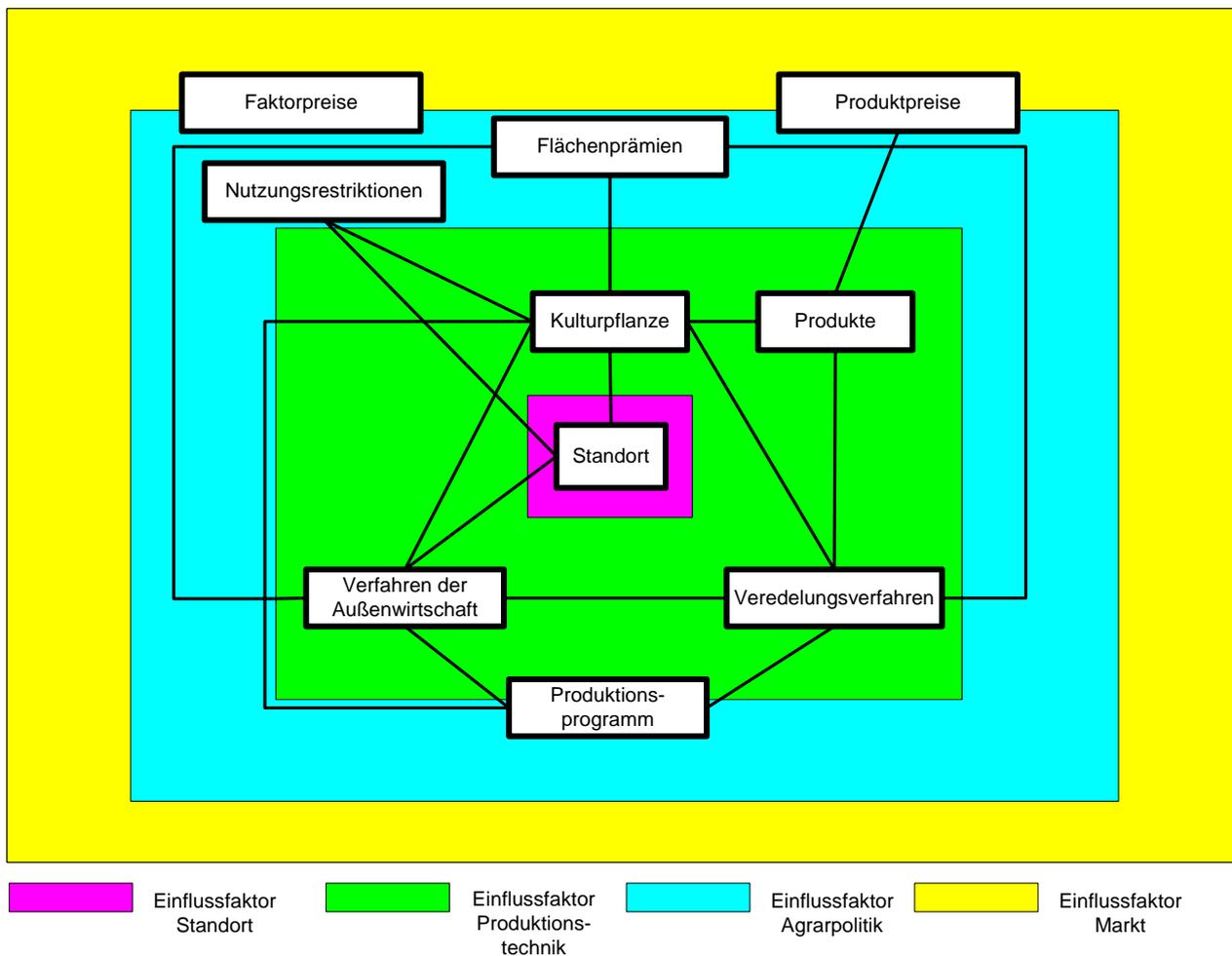
1. Die Intensität der Landnutzung wird als zu intensiv betrachtet. Es müssen Anreize zur Extensivierung geschaffen werden.
2. Die Intensität ist zu niedrig, die Flächen verbuschen und verbrachen. Es müssen Anreize zur Intensivierung geschaffen werden.

Auf landwirtschaftliche Grenzstandorte, deren Weiterbewirtschaftung auf gesellschaftlicher Ebene aus ökonomischen, ökologischen oder ästhetischen Gründen ein gewisser Wert beigemessen wird, trifft Punkt 2 zu.

Die aus betriebswirtschaftlicher Sicht optimale Intensität, mit der ein landwirtschaftlicher Standort bewirtschaftet wird, hängt von dem in unterschiedlichen Landnutzungssystemen realisierbaren Verhältnis von Leistungen und Kosten ab.

In der folgenden Abbildung 47 werden die Einflussbereiche aufgezeigt, die sich auf das Verhältnis von Kosten und Leistungen landwirtschaftlicher Produktionssysteme und damit auf die zu erwartende Allokation von Landnutzungssystemen unterschiedlicher Intensität auswirken. Es werden dabei die Einflussbereiche Standort, Produktionstechnik, Agrarpolitik und Markt unterschieden.

In die farbigen Felder der Einflussbereiche sind die konkreten Entscheidungsfelder als weiße Kästen mit schwarzer Umrandung eingefügt. Entscheidungsfelder, die in mehreren Einflussbereichen liegen, können keinem Einflussbereich vollständig zugeordnet werden. So wird zum Beispiel die Preisbildung für landwirtschaftliche Produkte sowohl durch den Markt als auch in unterschiedlich starkem Maße durch agrarpolitische Entscheidungen bestimmt. Das Produktionsprogramm wird ebenfalls nicht allein durch das produktionstechnische Optimum bestimmt, sondern auch durch den Gesetzgeber beeinflusst. Ein Beispiel dafür sind die Cross-Compliance-Regelungen bezüglich der Gestaltung des Produktionsprogramms.



**Abbildung 47 Schematische Darstellung der Einflussfaktoren auf die Allokation von Landnutzungssystemen**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Jede Veränderung der Parameter in einem Entscheidungsfeld wirkt sich auf die Allokation landwirtschaftlicher Landnutzungssysteme aus.

Mit Hilfe der Szenarienbildung im Modell ProLand sollen die Effekte bestimmter Handlungsalternativen in Entscheidungsfeldern der Einflussbereiche Standort, Produktionstechnik und Agrarpolitik auf die Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion in der Untersuchungsregion Lahn-Dill-Bergland ermittelt werden.

#### 4.1 Die Untersuchungsregion ‚Lahn-Dill-Bergland‘

Die Untersuchungsregion ‚Lahn-Dill-Bergland‘ des Sonderforschungsbereichs 299 wurde im Rahmen der Forschungsarbeiten auf das Einzugsgebiet der Dill eingegrenzt. Über weite Bereiche erstreckt es sich über das Lahn-Dill-Bergland und in geringerem Umfang über die südöstlichen Ausläufer des Rothaargebirges und den östlichen Teil des Westerwalds (vgl. FRIEDRICH, C., 2001, S. 48).

Die Region umfasst eine Gesamtfläche von ca. 64. 500 Hektar. Die Aufteilung der Fläche auf die verschiedenen Nutzungsformen laut ATKIS-Geodaten ist in Tabelle 13 dargestellt.

**Tabelle 13 Flächenanteile der Landnutzungsformen in der Untersuchungsregion**

Nutzungsart	Fläche [ha]	Flächenanteil
Ackerland	4898	8%
Grüenland	14735	23%
Verbuschte Brache	2451	4%
Wald	35734	55%
Gewaesser	254	0%
Siedlung und Verkehr	6228	10%
Sonstiges	146	0%
Quelle: HESSISCHE VERWALTUNG FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION, HVBG (2006), Atkis-Geometrie, Eigene Berechnungen		

Das Gebiet weist einen Waldanteil von 55% auf. Die 19.633 Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche wird zu 25 % als Ackerland und zu 75 % als Grünland genutzt. 965 Hektar Grünland und 150 Hektar Ackerland weisen eine Hangneigung von über 10 % auf. 829 Hektar der landwirtschaftlichen Nutzflächen liegen laut ATKIS-Geometrie in Feldstücken kleiner 0,5 Hektar und 3.495 Hektar in Feldstücken kleiner einem Hektar.

Eine ausführliche Analyse der Strukturdaten des Lahn-Dill-Berglands liefert der im Rahmen des SFB 299 erstellte Bericht der von HUMMELSHEIM et al. (1998).

## 4.2 Szenarienbildung und Einordnung der Modellergebnisse

Modelle sind zweckgerichtete, ausschnittshafte Abbilder der jeweils untersuchten realen Systeme, welche die relevanten Aspekte der Systeme auf eine solche Weise abbilden sollen, dass damit Aussagen über die zu erwartenden Zielbeiträge der untersuchten Handlungsalternative gemacht werden können (KUHLMANN, F., 2003, S.71).

Das Landnutzungsmodell ProLand verfolgt einen komparativ-statischen Ansatz. Im Gegensatz zu dynamischen Modellen findet in komparativ-statischen Modellen der Faktor Zeit keine Berücksichtigung. Im Landnutzungsmodell ProLand wird in Abhängigkeit der in Szenarien definierten Rahmenbedingungen ein Landnutzungsmuster ausgewiesen, welches die Erfüllung der Zielfunktion ‚Bodenrentenmaximierung‘ am besten realisiert.

GESCHKA beschreibt Szenarien als systematisch und nachvollziehbar aus der gegenwärtigen Situation heraus entwickelte mögliche Zukunftsbilder (GESCHKA, H. 1999, S. 521).

Plausible und in sich konsistente Annahmen über die zukünftige Entwicklung systembeeinflussender exogener Größen werden als Szenarien bezeichnet. Die Nutzung der Aussagemöglichkeiten großer Simulationsmodelle wird erst über die Szenarienbildung möglich (BOSSEL, H., 1992, S.220).

Nach GÖTZE sind folgende 5 Merkmale für Szenarien charakteristisch (GÖTZE, 1991, S.38):

1. Ein Szenario stellt ein hypothetisches Zukunftsbild eines sozioökonomischen Bereichs dar.
2. Ein Szenario gibt in Verbindung mit weiteren Szenarien einen Raum möglicher zukünftiger Entwicklungen des untersuchten Bereichs an.
3. Ein Szenario wird systematisch und transparent sowie unter Berücksichtigung der Entwicklungen mehrerer Faktoren und der Zusammenhänge zwischen diesen erarbeitet und ist daher plausibel und widerspruchsfrei.
4. Ein Szenario enthält quantitative und qualitative Aussagen, die einen ausformulierten Text bilden.
5. Ein Szenario dient der Orientierung über zukünftige Entwicklungen und/oder der Entscheidungsvorbereitung.

Bezogen auf die szenarienbasierte Modellierung der Allokation von Landnutzungssystemen in der Untersuchungsregion Lahn-Dill-Bergland müssen die Einflussgrößen erkannt und als Inputparameter im Modell variiert werden.

Die Vorhersage bezüglich der zukünftigen Entwicklung der Rahmenbedingungen ist mit Unsicherheit belegt. Welche Produktivitätssteigerungen sich realisieren lassen und welche wirtschaftliche Entwicklung sich im außerlandwirtschaftlichen Bereich vollzieht, lässt sich nicht exakt vorhersagen. In diesem Bereich muss auf plausible Annahmen, basierend auf Expertenwissen, zurückgegriffen werden. SHERIDAN (2006) befasst sich näher mit der Unsicherheit der Landnutzungsmodellierung mit dem Modell ProLand.

Da das Landnutzungsmodell ProLand räumlich explizit die bodenrentenmaximale Verteilung von Landnutzungssystemen berechnet, wir aber deren derzeitige reale flächenscharfe Verteilung nicht kennen, ist die Definition eines Basis-Szenarios notwendig. Auf der Grundlage der Simulationsergebnisse des Basis-Szenarios werden weitere Analysen angestellt, um die Effekte sich ändernder Rahmenbedingungen als Änderungsraten in Bezug auf die Kennzahlen der simulierten Ausgangssituation zu quantifizieren.

Im Folgenden sind die Rahmenbedingungen aufgeführt, die Grundlage bei der Erstellung der Preis-Mengen-Gerüste des Basis-Szenarios waren.

### 4.3 Erstellung des Basis-Szenarios

Die Annahmen und Parameterwertkombinationen hinsichtlich der produktionstechnischen, agrarpolitischen und makroökonomischen Rahmenbedingungen im Basis-Szenario determinieren die simulierte Ausgangssituation in der Untersuchungsregion. Diese bildet die Grundlage für die Messung der Effekte veränderter Rahmenbedingungen der landwirtschaftlichen Produktion in den folgenden Simulationsrechnungen.

Die Eingangsparameter des Basis-Szenarios sind in den Entitäten der Datenbank des Modells hinterlegt und werden im Folgenden aufgeführt und erläutert.

#### 4.3.1 Produktionstechnik im Basis-Szenario

Die Produktionstechnik der Landnutzungssysteme wird durch die Werte der Attribute der Entitäten ‚Verfahren der Außenwirtschaft‘ und ‚Veredelungsverfahren‘ definiert.

#### 4.3.1.1 Produktionstechnik in der Außenwirtschaft

Im Basis-Szenario wird für die Außenwirtschaftsverfahren und die Veredelungsverfahren eine Produktionstechnik mit mittlerem Leistungsniveau angenommen (vgl. KTBL, 2004; KTBL, 2002b). In Verfahren der Außenwirtschaft drückt sich das technische Leistungspotenzial in der Motorleistung und Arbeitsbreite der eingesetzten Maschinen aus.

Im Basisszenario stehen folgende Verfahren der Außenwirtschaft zur Auswahl.

**Tabelle 14 Verfahren der Außenwirtschaft im Basis-Szenario**

Verfahren der Außenwirtschaft
Wintergetreide_ mit Pflug
Sommergetreide_ mit Pflug
Winterraps_ mit Pflug
Silomais_ mit Pflug
Zuckerrübe_ mit Pflug_Selbstfahrender Köpfbrecher
Körnerleguminose_ mit Pflug
Körnermais_ mit Pflug
Sommerweide
Kleegrassilage_2Schnitte_Ladewagen
Heu_1Schnitt_Rundballen
Heu_2Schnitte_Rundballen
Silage_3Schnitte_Ladewagen
Silage_2Schnitte_Wickeln
Silage_3Schnitte_Wickeln

In den einzelnen Verfahren werden in der Variante Standardmechanisierung folgende Maschinen eingesetzt. Die Maschinen werden in Abhängigkeit der abgegebenen Hektar- oder Stundenleistung beschrieben. Das Nutzungspotenzial und die jährliche Auslastung entspricht den Vorgaben des KTBL in der Maschinenkostenkalkulationssoftware Makost 3.1 (KTBL, 2002b).

**Tabelle 15 In den Verfahren der Außenwirtschaft eingesetzte Maschinen**

Maschinen	
Hinterradtraktor, 34- 40 kW	Düngerstreuer, 800 l, 1,2 t, 18 m
Hinterradtraktor, 41- 48 kW	Pumpentankwagen, 7000 l, 2500 Liter/min
Hinterradtraktor, 49- 55 kW	Sämaschine, 3,0 m
Allradtraktor, 41- 48 kW	Einzelkornsämaschine, für Rüben 12-reihig, 6,0 m
Allradtraktor, 49- 59 kW	Einzelkornsämaschine, für Mais 8-reihig, 6,0 m
Allradtraktor, 60- 74 kW	Hackmaschine, für Zuckerrüben 7-reihig
Allradtraktor, 75- 92 kW	Hackmaschine, für Mais 8-reihig
Zuckerrüben-Köpfrödebunker, 6-reihig, 15 t, Selbstfahrer 250 kW	Pflanzenschutzspritze, angebaut, 1000 l, 15 m
Frontlader, für 30 kW, 600 kg	Kreiselmähwerk, gezogen 2,5 m
Dreiseitenkipper bis 25 km/h, 6 t (4,6 t)	Kreiseltzettwender, 4,5 m
Dreiseitenkipper bis 25 km/h, 6 t (4,6 t)	Kreiselschwader, 6,5 m
Dreiseitenkipper bis 25 km/h, 8 t (6 t)	Rundballenpresse, Ballendurchm. max. 1,5 m
Dreiseitenkipper bis 25 km/h, 10 t (7,4 t)	Ladewagen, mit Dosierwalzen 8,0 t (3,5 t) / 25 m <sup>3</sup>
Drehpflug, angebaut, 4 - Schare, 140 cm	Spezialmaishäcksler, 2-reihig
Schwergrubber, 4,0 m	Mähdrescher, 175 kW, 6,0 m, 7000 l, 5,2 t
Federzinkenegge (Feingrubber), 6,0 m	Maispflückvorsatz, für Mähdrescher, 4 - reihig
Grünlandegge, 18,0 m	Rapsschneidwerk für Mähdrescher
Kreiselegge, 3,0 m	

#### 4.3.1.2 Produktionstechnik der Veredelungsverfahren

Die Produktivität der Veredelungsverfahren drückt sich im biologischen Leistungspotenzial der Tiere und der Arbeits- und Kapitalproduktivität der eingesetzten Technik aus. Die Arbeits- und Kapitalproduktivität der Veredelungsverfahren leitet sich von den baulichen und technischen Voraussetzungen ab.

Im Basis-Szenario stehen folgende Veredelungsverfahren in beschriebener technischer Ausstattung zur Auswahl. Die Veredelungsverfahren wurden anhand von Planungsdaten des KTBL (2004) erstellt.

**Tabelle 16 Technische Ausstattung der Veredelungsverfahren im Basisszenario**

Veredelungsverfahren	Stallgebäude	Entmistungstechnik	Fütterungstechnik	Herdengröße	Weide-tage	Akh/Tier*Ja hr
Milchproduktion (Fischgrätenmelkstand)	Liegeboxenlaufstall	Faltschieberentmistung	Futtermischwagen	64	0	32
Mutterkuhhaltung mit Absetzerproduktion	Tiefstreustall	Traktor mit Frontlader	Rundballen	25	230	9,5
Bullenmast	Liegeboxenlaufstall	Vollspalten/Flüssigmist	Siloblockschneider	60	0	8
Extensive Ochsenmast	Tretmiststall	Traktor mit Frontschild	Rundballen	30	230	8
Mutterschafhaltung	Tiefstreu	Traktor mit Frontlader	Rundballen	200	280	1,5

Pro Tiereinheit entstehen in den genannten Veredelungsverfahren Sachkosten in folgender Höhe und folgender Kapitalbedarf für Gebäude inklusive Technik, Tiervermögen und Lieferrechten. Siehe Tabelle 17. Die Daten wurden anhand von Angaben des KTBL (2004) und SEUFERT, H. et al. (1999) ausgewählt.

**Tabelle 17 Sachkosten und Kapitalbedarf der Veredelungsverfahren im Basis-Szenario**

Veredelungsverfahren	Sachkosten inkl. AfA Gebäude [€/Tier]	Kapitalbedarf [€/Tier]
Milchproduktion (Fischgrätenmelkstand)	720	4890
Mutterkuhhaltung mit Absetzerproduktion	491	3366
Bullenmast	620	1614
Extensive Ochsenmast	668	2161
Mutterschafhaltung	79	408

Quelle: Eigene Zusammenstellung nach KTBL, 2004; SEUFERT et al., 1999

Im Basisszenario wird folgendes biologische Leistungspotenzial der Tiere angesetzt. Siehe Tabelle 18.

Die Milchleistung wird anhand von Angaben im Statistischen Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten als gerundeter Mittelwert der Leistung der Kühe unter Milchkontrolle und der Kühe insgesamt im Jahr 2004 angesetzt. Weitere Datengrundlagen für die Ermittlung der tierischen Naturalleistungen stellen die Arbeiten von JACOB, M. (2003) und des KTBL (2004) dar.

**Tabelle 18 Biologische Produktivität der Tiere im Basisszenario**

Veredelungsverfahren	Produkt	Leistung
Milchproduktion (Fischgrätenmelkstand)	Milch	7000 kg/Jahr
	Altkuh (Rindfleisch)	55 kg/Jahr
	Kalb	1 Kalb/Jahr
Mutterkuhhaltung mit Absetzerproduktion	Absetzer	450 kg LG/Jahr
	Altkuh	70 kg/Jahr
Bullenmast	Jungbullenfleisch	300 kg/Jahr
Extensive Ochsenmast	Ochsenfleisch	250 kg/Jahr
Mutterschafhaltung	Lamm	1,2 Lämmer/Jahr
	Wolle	4,5 kg/Jahr

Quelle: Eigene Annahmen nach BMELV: Stat. Jahrbuchs über ELF, mehrere Jahrgänge; Jacob, M. (2003) und KTBL (2004)

#### 4.3.1.3 Landnutzungssysteme

Im Basis-Szenario stehen folgende Landnutzungssysteme auf Acker- und Grünland zur Auswahl. Siehe Tabelle 19.

**Tabelle 19 Ackerbauliche Landnutzungssysteme im Basis-Szenario**

Fruchtfolge	FFg 1	VV	FFg 2	VV	FFg3	VV
1	Winterraps	-	Winterweizen	-	Wintergerste	-
2	Zuckerrüben	-	Winterweizen	-	Wintergerste	-
3	Silomais	Milchproduktion	Winterweizen	-	Wintergerste	-
4	Silomais	Bullenmast	Winterweizen	-	Wintergerste	-
5	Kleegrass	Milchproduktion	Winterweizen	-	Wintergerste	-
6	Winterweizen	-	Erbsen	-	Sommergerste	-
7	Aufwuchs Mulchen	-	-	-	-	-

FFg = Fruchtfolglied; VV= Veredelungsverfahren

Im Basis-Szenario stehen folgende Landnutzungssysteme für die Grünlandbewirtschaftung zur Auswahl. Siehe Tabelle 20.

**Tabelle 20 Grünland-Landnutzungssysteme im Basis-Szenario**

Grünland Nutzungssystem	Kulturpflanze	Veredlungsverfahren	Verfahren der Außenwirtschaft	Flächenanteil
1	Ext. GL	Mutterkuhhaltung mit Absetzerproduktion	Heubergung	0,5
	Ext. GL	Mutterkuhhaltung mit Absetzerproduktion	Weide	0,5
2	Ext. GL	Mutterschafhaltung	Heubergung	0,2
	Ext. GL	Mutterschafhaltung	Weide	0,8
3	Ext. GL	Ochsenmast	Rundballensilage	0,3
	Ext. GL	Ochsenmast	Weide	0,7
4	Int. GL	Milchproduktion	Silagebereitung mit Ladewagen	1
5	Int. GL	Bullenmast	Silagebereitung mit Ladewagen	1
6	Aufwuchs	-	Mulchen	1

#### 4.3.2 Agrarpolitische Rahmenbedingungen

Die agrarpolitischen Rahmenbedingungen, die dem Basisszenario zugrunde liegen, entsprechen den Bedingungen der Agenda 2000 in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2002 für das Bundesland Hessen (vgl. BMVEL, 2002a und BMVEL, 2002b).

Für die Ackerkulturen Weizen, Gerste, Silomais und Raps wird eine einheitliche Flächenprämie in Höhe von 347 €/ha gewährt. Die Körnererbsen erhalten eine Eiweißpflanzenprämie in Höhe von 399 €/ha. Extensivgrünland erhält eine Flächenprämie entsprechend der Förderung im Rahmen des Hessischen Kulturlandschaftsprogramms HEKUL in Höhe von 90 €/ha (HMULV, 2003, S.16).

Im Basis-Szenario je Mutterkuheinheit eine Tierprämie in Höhe von 200 €/Tier gezahlt. Je Mastbulle wird eine Schlachtprämie für männliche Rinder in Höhe von 210 €/ Tier gezahlt. Je Mastochse wird eine Schlachtprämie von 150 €/Tier gewährt (BMVEL, 2002b, S.10 und 16).

#### 4.3.3 Einschränkungen des Produktionsmöglichkeitenfeldes

Im Basis-Szenario wird die Annahme getroffen, dass die in der Kartengrundlage ausgewiesenen Wald-, Grünland- und Ackerflächen keiner Umnutzung unterworfen werden und nur über Produktionssysteme der entsprechenden Landnutzungsform genutzt werden.

#### 4.3.4 Produktpreise

Im Basis-Szenario werden folgende Produktpreise unterstellt.

**Tabelle 21 Preisgerüst im Basis-Szenario**

Produkt	Preis	Einheit	Quellen
Brotweizen	10,7	€/dt	STJELF,2005 Jahr 2004
Futtergerste	10,3	€/dt	STJELF,2005 Jahr 2004
Zuckerrüben	3,8	€/dt	STJELF,2005 Jahr 2004
Körnermais	10,7	€/dt	STJELF,2005 Jahr 2004
Qualitätshafer	9,2	€/dt	STJELF,2005 Jahr 2004
Brotroggen	7,9	€/dt	STJELF,2005 Jahr 2004
Braugerste	11,3	€/dt	STJELF,2005 Jahr 2004
Futtererbsen	12,5	€/dt	Eigene Schätzung
Futterbohnen	12,5	€/dt	Eigene Schätzung
Raps	22	€/dt	nach Ldw. Wochenblatt, versch. Ausg.
Jungbullenfleisch	2,74	€/kg SG	STJELF,2005 Jahr 2004
Absetzer_Rind	2,59	€/kg LG	Fleischrinder Herdbuch Bonn, 2006
Milch 3,7% Fett; 3,4 Eiweiß	0,28	€/kg	STJELF,2005 Jahr 2004
Schafwolle	1	€/kg	Jacob, 2003
Lamm	60	€/Stück	Jacob, 2003
Kalb	180	€/Stück	nach Ldw. Wochenblatt Hessen, versch. Ausgaben
Ochsenfleisch	2,9	€/kg SG	Eigene Schätzung
Rindfleisch (Altkuh)	2	€/kg SG	STJELF,2005 Jahr 2004

#### 4.3.5 Faktorpreise

Im Basisszenario werden folgende Faktor- und Betriebsmittelpreise unterstellt.

**Tabelle 22 Faktor- und Betriebsmittelpreise im Basisszenario**

Faktor	Preis	Einheit
Arbeit	15	€/Akh
Kapital	3,5	%
Dieselpreis	0,85	€/l
Schmieröl	2	€/l
Stickstoff	0,6	€/kg N
Phosphor	0,6	€/kg P
Kalium	0,3	€/kg K
Stroh	0,05	€/kg
Mineralfutter	0,63	€/kg
Milchleistungsfutter, Energienstufe 3	0,15	€/kg

Quelle: Eigene Annahmen und Daten des KTBL (2004)

#### 4.3.6 Standort, Untersuchungsgebiet und Datengrundlage

Das Untersuchungsgebiet im Basis-Szenario ist das gesamte Lahn-Dill-Bergland. Die Datengrundlage der natürlichen Standortbedingungen pflanzenverfügbares Wasser, durchschnittliche Temperatursumme während der Vegetationsperiode, Bodenart und Hangneigung stellt die Polygonkarte dar, die im Rahmen der Arbeit des Teilprojekt A1 des SFB angefertigt wurde.

Die naturräumlichen Standortbedingungen Feldstücksgröße, Feldstückumfang, Feldstücksbreite und die Landnutzungsformen (Ackerland, Grünland und Wald) werden anhand der ATKIS-Geometrie (HVBG, 2006) ermittelt.

Es wird eine durchschnittliche Hof-Feld- bzw. Feld-Feld-Entfernung von 2 km angenommen.

#### 4.4 Analyse des Basisszenarios

Die Landnutzung in der Untersuchungsregion wird anhand der Kennzahlen prozentualer Anteil der Landnutzungssysteme an der landwirtschaftlichen Nutzfläche, den absoluten Flächen, der durchschnittlichen Bodenrente der ausgewiesenen Landnutzungssysteme pro Hektar, dem durchschnittlichen Arbeitskraftbedarf pro Hektar, den durchschnittlichen Sachkosten je Hektar und dem durchschnittlichen Kapitalbedarf je Hektar analysiert. Die Kennzahlen für die im Basis-Szenario ermittelte bodenrentenmaximale Verteilung der Landnutzungssysteme ist in Tabelle 23 dargestellt.

**Tabelle 23 Analyse der Landnutzung im Basis-Szenario**

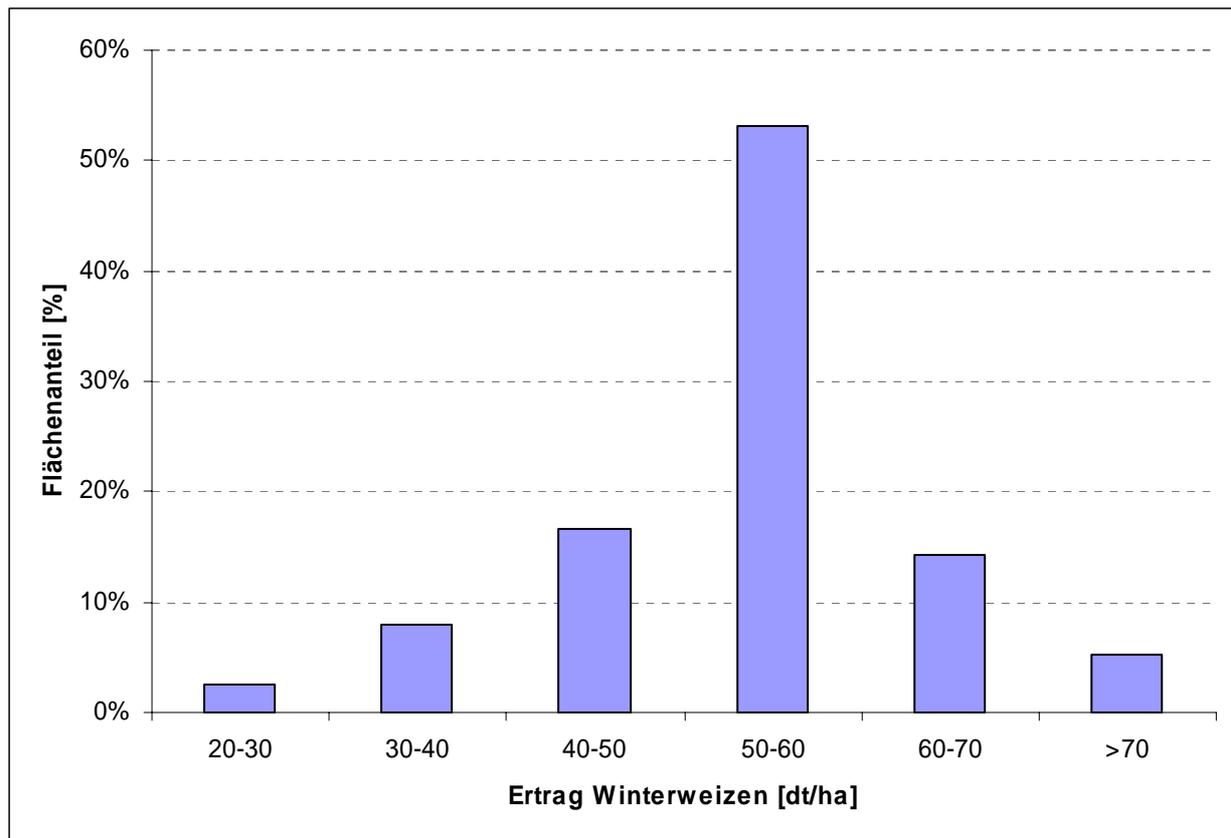
Landnutzungssystem	Flächenanteil an LF	Fläche [ha]	ØBR [€/ha]	ØAkh/ha	ØSachkosten [€/ha]	ØKapitalbedarf [€/ha]
Ackerbrache	0,8%	148	-84	7,6	419	445
Grünlandbrache	9,1%	1.769	-84	17,1	649	1.867
Intensivgrünland_Milch	6,0%	1.171	153	60,7	2370	8.320
Extensivgrünland_Mutterkühe	59,8%	11.636	351	20,8	837	2.437
Silomais(Milch)_Weizen_ Wintergerste	3,5%	690	488	32,7	1570	4.369
Winterraps_Weizen_ Wintergerste	20,3%	3.956	325	8,5	631	635
Zuckerrüben_Weizen_ Wintergerste	0,5%	95	424	5,7	806	616

Unter den beschriebenen Annahmen bezüglich der produktionstechnischen, agrarpolitischen und makroökonomischen Rahmenbedingungen wird die angegebene Allokation der Landnutzungssysteme als bodenrentenmaximal bestimmt. Im Basis-Szenario werden 11.636 Hektar, was ca. 60 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche und ca. 79 % des Grünlands entspricht, über das Landnutzungssystem Mutterkuhhaltung mit Absetzerproduktion genutzt. Milchproduktion auf Intensiv-Grünland wird auf 1.171 Hektar als das bodenrentenmaximale Landnutzungssystem bestimmt. Auf 1.769 Hektar Grünland, also 9 % der Gesamtfläche und 12 % des Grünlands, kann unter den im Basis-Szenario definierten Bedingungen keine positive Bodenrente erwirtschaftet werden. Diese Grenzstandorte werden als Grünlandbrache ausgewiesen.

Das Ackerland der Region wird zu 14 % über das Landnutzungssystem ‚Silomais(Milch)-Weizen-Wintergerste‘ genutzt. Die reinen Marktfrucht-Landnutzungssysteme ‚Zuckerrübe-Weizen-Wintergerste‘ und ‚Raps-Weizen-Wintergerste‘ werden auf 83 % des Ackerlands als bodenrentenmaximal ausgewiesen. Auf 148 Hektar, etwa 3 % des Ackerlands und 0,8 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche, konnte kein ackerbauliches Landnutzungssystem mit positiver Bodenrente bestimmt werden.

Im Basis-Szenario werden insgesamt 1.917 Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche, was 9,8 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche entspricht, als Grenzstandorte ausgewiesen.

Die Ergebnisse einer Analyse der Ertragsfähigkeit der im Basis-Szenario ausgewiesenen Grenzstandorte auf Ackerland ist in der folgenden Abbildung 48 dargestellt.

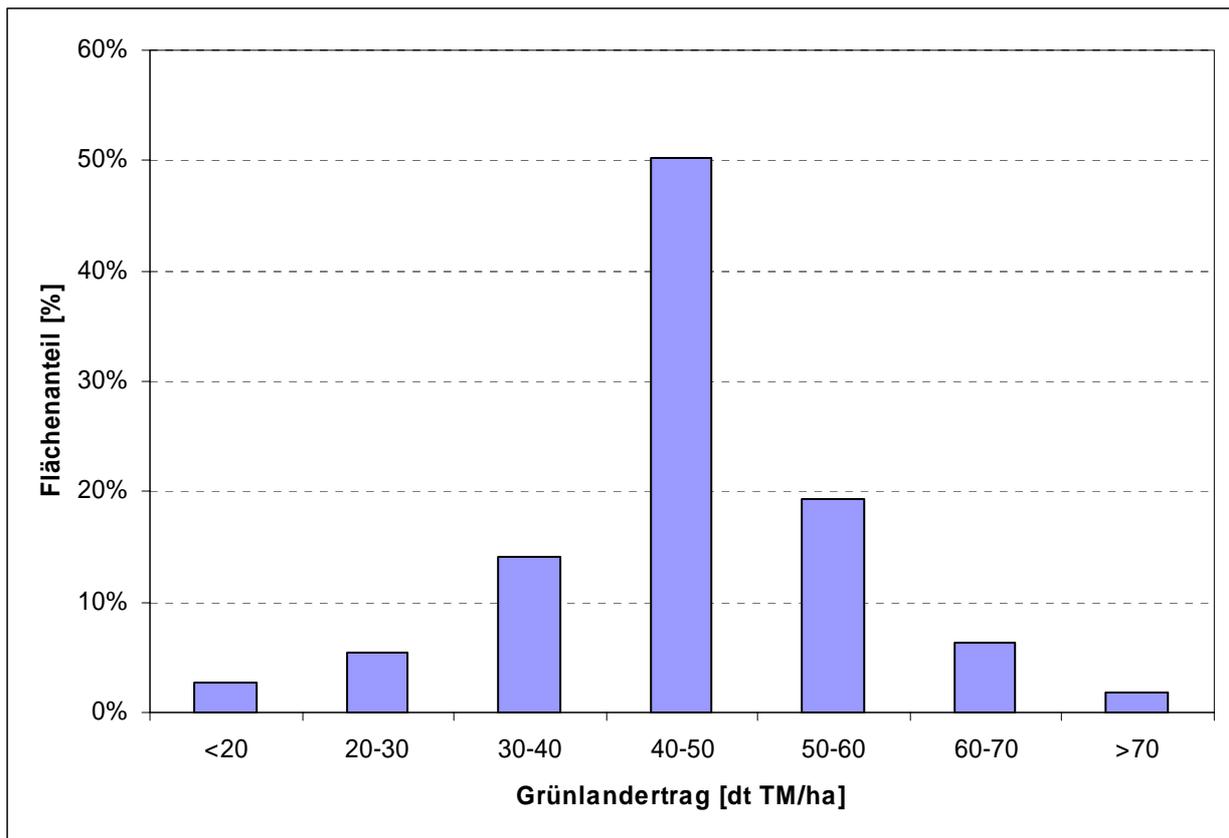


**Abbildung 48 Flächenanteil der mit ProLand berechneten Winterweizen-Ertragsklassen auf den Ackerbau-Grenzstandorten des Basis-Szenarios**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Der Anteil der Standorte mit für die Untersuchungsregion mittlerem oder hohem Ertragsniveau macht deutlich, dass die Ertragsfähigkeit der Ackerstandorte nur einen Teilbeitrag für Erklärung der negativen Bodenrenten liefert. Der Mittelwert des Weizenertrags liegt auf den ackerbaulich genutzten Standorten des Untersuchungsgebiets bei ca. 60 dt/ha.

In der folgenden Abbildung 49 ist die Ertragsfähigkeit der im Basis-Szenario ausgewiesenen Grünland-Grenzstandorte in Form der Bruttoerträge in Dezitonnen Trockenmasse dargestellt.

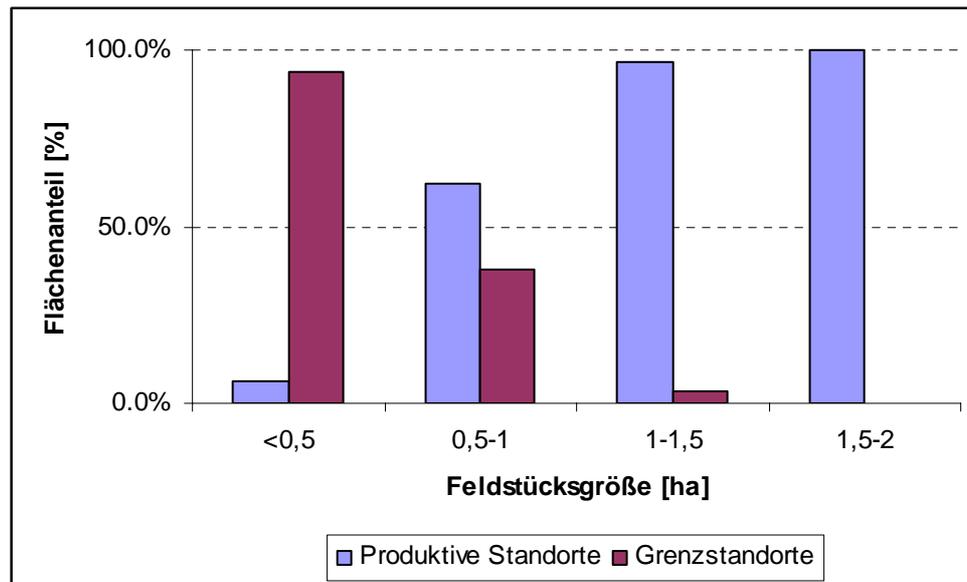


**Abbildung 49 Flächenanteil der mit ProLand berechneten Extensiv-Grünland-Ertragsklassen auf den Grünland-Grenzstandorten des Basis-Szenarios**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Der Mittelwert der geschätzten Grünland-Bruttoerträge liegt im Untersuchungsgebiet bei ca. 50 Dezitonnen Trockenmasse pro Hektar. Wie aus Abbildung 49 ersichtlich, liegen die Trockenmasseerträge der Grünland-Grenzstandorte zum großen Teil in diesem Bereich oder darüber.

Eine Analyse der Flächenanteile der im Basis-Szenario ausgewiesenen Grenzstandorte im Vergleich zu den produktiv genutzten Feldstücken in den Größenklassen von 0 bis 2 Hektar ist in Abbildung 50 zu sehen.



**Abbildung 50 Flächenanteil der im Basis-Szenario ausgewiesenen Grenzstandorte an den Feldstücken mit einer Größe von Null bis 2 Hektar**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Es wird deutlich, dass nahezu alle Standorte mit einer Feldstücksgröße von kleiner einem halben Hektar als Grenzstandorte ausgewiesen werden.

Die Kennzahlenanalyse, die im Rahmen der Szenarienanalyse durchgeführt wird, dient der Messung der Effekte veränderter Rahmenbedingungen auf die makroökonomischen Kennzahlen der Untersuchungsregion.

In der Kennzahlenanalyse wird die Summe der in der Untersuchungsregion erwirtschafteten Bodenrenten, die Summe der negativen Bodenrenten, die Summe der Flächen in Nutzung, die Fläche der ausgewiesenen Grenzstandorte, die Kosten für die Pflege der Grenzstandorte in zwei unterschiedlichen Verfahren, die durchschnittliche positive Bodenrente je Hektar genutzter Fläche, die durchschnittliche negative Bodenrente je Hektar der Grenzstandorte, die Summe der Erlöse aus dem Verkauf marktgängiger Produkte, die Wertschöpfung ohne Berücksichtigung der staatlichen Transferleistungen und die Summe der in der Region gezahlten Flächen- und Tierprämien ausgewiesen. Die Ergebnisse der Kennzahlenanalyse des Basis-Szenarios sind in Tabelle 24 dargestellt.

**Tabelle 24 Kennzahlenanalyse des Basisszenarios**

Kennzahl	Einheit	Wert
Summe pos. Bodenrente	[€]	5.924.323
Summe neg. Bodenrente	[€]	-161.008
Produktive Flächen	[ha]	17.548
Grenzstandorte	[ha]	1.916
Kosten Pflege (Bergung)	[€]	975.109
Kosten Pflege (Mulchen)	[€]	195.657
Durchschnittliche pos. Bodenrente	[€/ha]	338
Durchschnittliche neg. Bodenrente	[€/ha]	-84
Summe Markterlöse	[€]	21.069.058
Summe Flächenprämien	[€]	2.682.169
Summe Tierprämien	[€]	2.888.556
Summe Arbeitskrafteinsatz	[Akh]	370.232
Summe Sachkosten	[€]	13.414.714
Summe Kapitalbedarf	[€]	43.681.562
Wertschöpfung ohne Prämien	[€]	7.654.344

Im Basis-Szenario wird eine Bodenrentensumme von 5.924.323 € auf 17.548 Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche erwirtschaftet. Dies entspricht einer durchschnittlichen Bodenrente der produktiven Standorte von 338 €/ha.

Da im Modell ProLand auch für die Grenzstandorte das jeweils bodenrentenmaximale Verfahren ausgewiesen wird, entspricht die Summe der negativen Bodenrenten den Verlusten, die durch eine Aufrechterhaltung einer flächendeckenden Landbewirtschaftung entstehen würden. Als mögliches Landnutzungssystem steht hierbei auch die Flächenpflege über das Verfahren ‚Mulchen‘ zur Auswahl (vgl. Tabelle 19).

Die Kennzahl ‚Kosten der Pflege (Bergung)‘ weist die Kosten aus, die entstehen, wenn die ausgewiesenen Grenzstandorte einmal jährlich gemäht und der Aufwuchs in Form von Heurundballen abtransportiert wird. Sie betragen im Basis-Szenario 975.109 €. Die Kennzahl ‚Kosten der Pflege (Mulchen)‘ weist die Kosten für die Pflege der Grenzstandorte über das Verfahren ‚Abmulchen des Aufwuchses‘ aus. Sie betragen 195.657 €. Die Kosten für das Mulchen der Grenzstandorte liegen höher als die Summe der negativen Bodenrenten, da das Mulchen nicht auf allen Standorten das kostenminimale Verfahren der Flächenpflege ist. Das heißt, auf einigen Grenzstandorten stellt ein produktives Landnutzungssystem das kostenminimale Pflegeverfahren dar.

Die Kennzahl ‚Summe Markterlöse‘ entspricht den zu definierten Preisen erzielten Erlösen aus tierischer und pflanzlicher Produktion. Im Basis-Szenario werden in der Untersuchungsregion Produkte mit einem Marktwert von 21.069.058 € erzeugt.

Die Flächenprämien setzen sich im Basis-Szenario aus allgemeinen Flächenzahlungen und Zahlungen aus Agrarumweltprogrammen zusammen. Sie betragen im Basis-Szenario 2.682.169 €.

Aufgrund des hohen Grünlandanteils in der Region, welches wiederum zum größten Teil über das Landnutzungssystem Mutterkuhhaltung genutzt wird, liegt die Summe der gezahlten Tierprämien, im Basis-Szenario ausschließlich Mutterkuhprämien, bei 2.888.556 €.

Der Arbeitskraftbedarf für die Ausführung der im des Basis-Szenario ausgewiesenen Landnutzungssysteme beträgt 370.232 Arbeitskraftstunden.

Die Sachkosten setzen sich aus den Maschinenkosten, den Nährstoff- und Pflanzenschutzmittelkosten und den Sachkosten der Veredelungsverfahren zusammen. Die Summe der Sachkosten beträgt im Basis-Szenario 13.414.714 €.

Der Kapitalbedarf setzt sich aus dem Kapitalbedarf für Maschinen, Gebäude und dem Tiervermögen zusammen und beträgt im Basis-Szenario 43.681.562 €.

Die regionale Wertschöpfung wird ohne Berücksichtigung der staatlichen Transferzahlungen berechnet und ergibt sich somit aus der Differenz von Markterlösen und Sachkosten. Im Basis-Szenario beträgt die landwirtschaftliche Wertschöpfung ohne Berücksichtigung der staatlichen Transferleistungen 7.654.344 €.

#### 4.5 Szenario: ‚GAP-Reform 2013 - Entkopplung der Flächen- und Tierprämien‘

Mit der Reform der gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union im Jahre 2003 wurden die Flächen- und Tierprämien von der Produktion entkoppelt und in allgemeine Flächenprämien überführt. Gleichzeitig wurde ein bestimmtes Minimalverfahren definiert, das zum Erhalt der allgemeinen Flächenprämie berechtigt. Siehe hierzu auch Punkt 2.3.3.1.

Zu weiteren Wirkungsanalysen der Agrarreform des Jahres 2003 auf die Allokation von Landnutzungssystemen vergleiche WEINMANN et al. (2006) und KUHLMANN et al. (2005).

Die Höhe der entkoppelten Flächenprämien entspricht im Szenario ‚Gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Union im Jahr 2013‘, im Folgenden als ‚GAP 2013‘ bezeichnet, der geplanten Förderpraxis im Bundesland Hessen für das Jahr 2013. Sie liegt einheitlich bei 302 €/ha für Acker- und Grünland.

Die im Rahmen der Agenda beschlossene Interventionspreissenkung für Butter und Magermilchpulver von 15 % wird unter den Bedingungen der GAP-Reform des Jahres 2003 weitergeführt. Als Kompensation erhalten die Landwirte eine Milchprämie, die ab dem Jahr 2006 3,55 € Cent/kg Milchreferenzmenge beträgt und von der Milchproduktion entkoppelt ist (BMVEL, 2005, S.15).

Im Szenario ‚GAP-Reform 2013‘ wurde der Milchpreis in Höhe der Milchprämie von 3,55 € Cent/kg abgesenkt.

Die vom Modell ProLand berechneten Effekte der Entkopplung der staatlichen Prämien von der Produktion auf die bodenrentenmaximale Allokation der Landnutzungssysteme in der Untersuchungsregion sind in Tabelle 25 dargestellt. Die Zahlen in Klammern entsprechen den Ergebnissen der Simulationsrechnungen des Basis-Szenarios.

**Tabelle 25 Analyse der Landnutzung im Szenario ‚GAP-Reform 2013‘**

Landnutzungssystem	Flächenanteil an LF	Fläche [ha]	Ø BR [€/ha]	Ø Akh/ha	Ø Sachkosten [€/ha]	Ø Kapitalbedarf [€/ha]
Ackerbrache	0,0% [0,8%]	1 [148]	-381	20,8	683	471
Grünlandbrache	0,1% [9,1%]	15 [1.769]	-179	14,5	480	336
Mulchen auf Ackerland	7,9% [0,0%]	1.541 [0]	234	1,7	67	59
Mulchen auf Grünland	21,1% [0,0%]	4.106 [0]	224	2,0	77	66
Intensivgrünland_Milch	0,0% [6,0%]	0 [1.171]	-	-	-	-
Extensivgrünland_Mutterkühe	53,7% [59,8%]	10.455 [11.636]	429	20,2	295	2.460
Silomais(Milch)_Weizen_ Wintergerste	0,0% [3,5%]	0 [690]	-	-	-	-
Winterraps_Weizen_ Wintergerste	16,7% [20,3%]	3252 [3.956]	359	7,6	403	583
Zuckerrüben_Weizen_ Wintergerste	0,5% [0,5%]	95 [95]	379	5,7	383	616

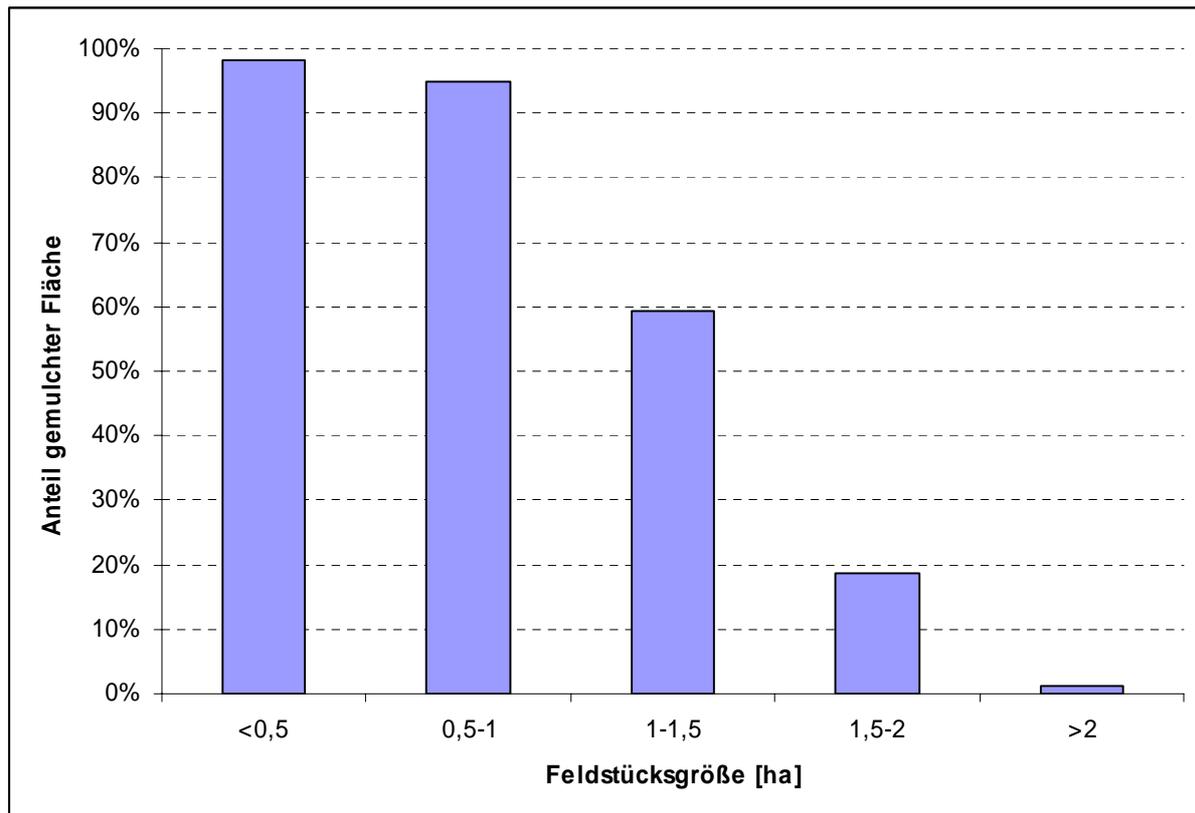
Durch die Absenkung des Milchpreises in Höhe der geplanten Milchprämie verliert das Landnutzungssystem Milchproduktion auf Intensivgrünland an

Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen Landnutzungssystemen und stellt auf keinem Standort der Untersuchungsregion das bodenrentenmaximale Verfahren dar. Das Landnutzungssystem Mutterkuhhaltung erweist sich auch ohne die Erlöse aus der Mutterkuhprämie auf 10.455 Hektar als bodenrentenmaximal. Verglichen mit den Ergebnissen des Basis-Szenarios, entspricht dies einem Rückgang von 1.181 Hektar. 28 % des Grünlands, etwa 4.106 Hektar, werden unter den Bedingungen der Entkopplung lediglich gemulcht. Die durchschnittliche Bodenrente dieses Landnutzungssystems liegt bei 224 €/ha.

Unter den Bedingungen der GAP-Reform wird auf 31 % des Ackerlands der Untersuchungsregion, entsprechend 1.541 Hektar, das Produktionsverfahren Mulchen als bodenrentenmaximal ermittelt. Dies ist mit einem gänzlichen Verschwinden des Landnutzungssystems ‚Silomais(Milch)-Weizen-Wintergerste‘ verbunden, das unter den agrarpolitischen Rahmenbedingungen des Basis-Szenarios auf 690 Hektar ausgewählt wurde. Das Landnutzungssystem ‚Raps-Weizen-Wintergerste‘ wird auf 704 Hektar durch das Produktionsverfahren Mulchen ersetzt.

Durch die Gewährung der Flächenprämie in Höhe von 302 €/ha für das Produktionsverfahren ‚Mulchen‘ verschwinden die ungenutzten Grenzstandorte, die im Basis-Szenario als Brache ausgewiesen werden, mit Ausnahme einiger Restflächen nahezu vollständig.

Eine Analyse der Feldstückgrößen der Acker- und Grünlandstandorte, auf denen unter den Bedingungen entkoppelter Flächenprämien das Minimalverfahren ‚Mulchen‘ als bodenrentenmaximal bestimmt wird, ist in Abbildung 51 dargestellt.



**Abbildung 51 Anteil der im Szenario ‚GAP 2013‘ gemulchten Acker- und Grünlandflächen an den Feldstücksgrößenklassen**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Es wird deutlich, dass sich das Minimalverfahren ‚Mulchen‘ vor allem auf kleinen Feldstücken gegenüber den produktiven Landnutzungssystemen als bodenrentenmaximal erweist.

Die mit ProLand berechneten Effekte einer Absenkung des Milchpreises und einer Entkopplung der Flächenzahlungen auf die makroökonomischen Kennzahlen der Untersuchungsregion sind in der folgenden Tabelle 26 dargestellt.

**Tabelle 26 Kennzahlenanalyse des Szenarios ‚GAP-Reform 2013‘**

Kennzahl	Einheit	Wert	Relative Änderung zum Basis-Szenario
Summe pos. Bodenrente	[€]	6.969.356	17,6%
Summe neg. Bodenrente	[€]	-3.028	-98,1%
Produktive Flächen	[ha]	19.449	10,8%
Grenzstandorte	[ha]	16	-99,2%
Kosten Pflege (Bergung)	[€]	40.270	-95,9%
Kosten Pflege (Mulchen)	[€]	8.047	-95,9%
Durchschnittliche pos. Bodenrente	[€/ha]	358	6,1%
Durchschnittliche neg. Bodenrente	[€/ha]	-193	129,6%
Summe Markterlöse	[€]	14.046.086	-33,3%
Summe Flächenprämien	[€]	6.773.879	152,6%
Summe Tierprämien	[€]	0	-100,0%
Summe Arbeitskrafteinsatz	[Akh]	247.924	-33,0%
Summe Sachkosten	[€]	9.010.388	-32,8%
Summe Kapitalbedarf	[€]	28.034.191	-35,8%
Wertschöpfung ohne Prämien	[€]	5.035.698	-34,2%

Durch die Ausweitung der allgemeinen Flächenzahlungen auf Grünland steigt die Summe der gezahlten Flächenprämien im Untersuchungsgebiet, das einen Grünlandanteil von 75 % aufweist, um 153 % an. Die Bodenrentensumme in der Untersuchungsregion steigt im Vergleich zum Basis-Szenario um 17,6% an.

Durch die Absenkung des Marktpreises für Milch und den Wegfall der Mutterkuhprämie verlieren die klassischen Grünland-Produktionsverfahren Milchproduktion und Mutterkuhhaltung ihre ökonomische Vorzüglichkeit gegenüber dem Minimalverfahren Mulchen.

Mit der prognostizierten Ausbreitung des Minimalverfahrens ‚Mulchen‘ ist ein Rückgang des regionalen Arbeitskraftbedarfs für die Flächenbewirtschaftung und die daran gekoppelten Veredelungsverfahren im Vergleich zum Basis-Szenario um 33 % verbunden. Die Markterlöse und die Wertschöpfung ohne Berücksichtigung der Flächenprämien sinken in gleichem Maße.

Ein weiterer Effekt der Entkopplung auf die simulierte Allokation der Landnutzung ist der nahezu vollständige Wegfall der Kosten, welche für die Pflege der im Basis-Szenario ausgewiesenen Grenzstandorte entstehen würden. Auf diesen Flächen besteht durch die entkoppelten Flächenprämien ein ökonomischer Anreiz zum Betreiben des Minimalverfahrens ‚Mulchen‘. Vorausgesetzt, auf den im Basis-Szenario ausgewiesenen Bracheflächen der Region sollte einer Verbuschung entgegengewirkt werden, würden in der Region durch die Einführung der

entkoppelten Flächenprämien Kosten in Höhe von etwa 195.000 € für Pflegemaßnahmen entfallen.

Unter den Bedingungen der Agenda 2000 werden für Bracheflächen keine Prämien gezahlt. Unter den Bedingungen der Agrarreform werden für die im Basis-Szenario ausgewiesenen Bracheflächen Prämien in Höhe von 578.632 € gezahlt.

Die Entkopplung würde unter den im Basis-Szenario definierten technischen und ökonomischen Rahmenbedingungen zu einem Rückgang der Wertschöpfung in der Region führen. Die allgemeine, einheitliche Flächenprämie stellt ein teures Instrument zur Pflege der im Basis-Szenario ausgewiesenen Bracheflächen dar.

#### 4.6 Szenario: ‚GAP-Reform 2013 und technischer Fortschritt in der Innenwirtschaft‘

Eine Möglichkeit, die Wettbewerbsfähigkeit der klassischen Produktionsverfahren Milchproduktion und Mutterkuhhaltung gegenüber dem Minimalverfahren ‚Mulchen‘ unter der Bedingung sinkender Auszahlungspreise für Milch und entkoppelter Tier- und Flächenprämien zu stärken, stellt eine Produktionskostensenkung durch verfahrenstechnische Verbesserungen im Bereich der Innenwirtschaft dar.

Für das Veredelungsverfahren Milchviehhaltung wurde im Szenario ‚GAP-Reform 2013 und technischer Fortschritt in der Innenwirtschaft‘ ein Boxenlaufstall für 188 Tiere anstatt eines im Basis-Szenario angenommenen Boxenlaufstalls für 64 Tiere angenommen. Dadurch kann der Gebäudekapitalbedarf von 4.980 € je Milchkuh um 1.526 € auf 3.454 € gesenkt werden (vgl. KTBL, 2004).

Durch den Einsatz eines 2 x 8 Fischgrätenmelkstands anstatt eines 2 x 4 Fischgrätenmelkstands, wie im Basis-Szenario angenommen, kann der Arbeitszeitbedarf für den Elementarprozess Melken von 3,35 Arbeitskraftminuten pro Tier und Tag auf 2,32 Arbeitskraftminuten je Tier und Tag gesenkt werden (vgl. KTBL, 2004).

Im Landnutzungssystem ‚Mutterkuhhaltung‘ kann der Kapitalbedarf für den im Basis-Szenario unterstellten Tiefstreustall für 64 Mutterkühe von 1.550 € auf den in diesem Szenario unterstellten Tretmiststall für 188 Tiere auf 1.400 € je Mutterkuheinheit gesenkt werden (vgl. SEUFERT, H. et al., 1999). Durch die Haltung der Tiere in einem Tretmiststall sinkt der Einstreubedarf während der Winterfutterperiode von 12 kg pro Tier und Tag auf 5 kg pro Tier und Tag (REDELBERGER, H., 2000, S. 141).

Durch die verfahrenstechnischen Veränderungen können Kosten von 148 € je Milchkuh und um 98 € je Mutterkuh eingespart werden.

Die sinkenden Kosten je Tier bewirken eine Erhöhung des Veredelungswerts je Grundfuttereinheit. In den Simulationsrechnungen des Modells ProLand führt dies zu einer verstärkten Nachfrage nach Grundfutterflächen, so dass ein ökonomischer Anreiz besteht auch Standorte, auf denen die Grundfutterbereitung vergleichsweise teurer ist, in Bewirtschaftung zu nehmen.

Die Effekte der Einführung technischen Fortschritts im Bereich der Innenwirtschaft auf die bodenrentenmaximale Landnutzung in der Untersuchungsregion unter der Bedingung einer reformierten Agrarpolitik sind in der folgenden Tabelle 27 dargestellt. Die klein gedruckten Zahlen entsprechen der Landnutzungsverteilung im Szenario ‚GAP 2013‘

**Tabelle 27 Effekte der Einführung technischen Fortschritts im Bereich der Innenwirtschaft unter den Bedingungen ‚GAP-Reform 2013‘ auf die simulierte Verteilung von Landnutzungssystemen in der Untersuchungsregion**

Landnutzungssystem	Flächenanteil an LF	Fläche [ha]
Ackerbrache	0,0%	1
	0,0%	1
Grünlandbrache	0,1%	15
	0,1%	15
Mulchen auf Ackerland	7,7%	1.505
	7,8%	1.541
Mulchen auf Grünland	11,7%	2.277
	20,9%	4.106
Intensivgrünland_Milch	3,0%	586
	0,0%	0
Extensivgrünland_Mutterkühe	60,1%	11.699
	53,3%	10.455
Kleegras(Milch)_Weizen_ Wintergerste	2,8%	546
	0,0%	0
Winterraps_Weizen_ Wintergerste	14,1%	2.742
	16,6%	3.252
Zuckerrüben_Weizen_ Wintergerste	0,5%	95
	0,5%	95

Durch die Steigerung des Veredelungswertes der Grundfutterpflanzen gewinnen die Veredelungsverfahren Milchproduktion und Mutterkuhhaltung ihre relative Vorzüglichkeit gegenüber dem Minimalverfahren ‚Mulchen‘ auf 1.830 Hektar zurück. Milchproduktion auf Intensivgrünland wird nun auf zusätzlichen 586 Hektar und Mutterkuhhaltung auf zusätzlichen 1.244 Hektar als bodenrentenmaximal ausgewiesen.

Auf 546 Hektar Ackerland wird aufgrund der verfahrenstechnischen Veränderungen das Landnutzungssystem ‚Kleegras(Milch)-Weizen-Wintergerste‘ als bodenrentenmaximal ausgewiesen. Das Landnutzungssystem ‚Mulchen auf Ackerland‘ verliert im Gegenzug auf 36 Hektar und das Landnutzungssystem ‚Raps-Weizen-Wintergerste‘ auf 509 Hektar seine relative Vorzüglichkeit.

Der Einfluss des technischen Fortschritts im Bereich der Innenwirtschaft auf die makroökonomischen Kennzahlen der simulierten Landnutzung ist in Tabelle 28 dargestellt. Die Ergebnisse des Szenarios ‚GAP 2013 und technischer Fortschritt im Bereich der Innenwirtschaft‘ werden mit den Simulationsergebnissen des Basis-Szenarios und des Szenarios ‚GAP 2013‘ verglichen.

**Tabelle 28 Kennzahlenanalyse des Szenarios ‚GAP 2013 und technischer Fortschritt im Bereich der Innenwirtschaft‘**

Kennzahl	Einheit	Wert	Relative Änderung zum Basis-Szenario	Relative Änderung zum Szenario ‚GAP 2013‘
Summe pos. Bodenrente	[€]	8.451.907	42,7%	21,3%
Summe neg. Bodenrente	[€]	-3.028	-98,1%	0,0%
Produktive Flächen	[ha]	19.449	10,8%	0,0%
Grenzstandorte	[ha]	16	-99,2%	0,0%
Kosten Pflege (Bergung)	[€]	40.270	-95,9%	0,0%
Kosten Pflege (Mulchen)	[€]	8.047	-95,9%	0,0%
Durchschnittliche pos. Bodenrente	[€/ha]	435	28,7%	21,3%
Durchschnittliche neg. Bodenrente	[€/ha]	-193	129,6%	0,0%
Summe Markterlöse	[€]	17.793.492	-15,5%	26,7%
Summe Flächenprämien	[€]	6.884.943	156,7%	1,6%
Summe Tierprämien	[€]	0	-100,0%	0,0%
Summe Arbeitskräfteeinsatz	[Akh]	318.374	-14,0%	28,4%
Summe Sachkosten	[€]	10.175.078	-24,1%	12,9%
Summe Kapitalbedarf	[€]	31.895.992	-27,0%	13,8%
Wertschöpfung ohne Prämien	[€]	7.618.414	-0,5%	51,3%

Durch die Steigerung der Arbeits- und Kapitalproduktivität der Veredelungsverfahren können die Effekte der Agrarreform hinsichtlich des Rückgangs der regionalen Wertschöpfung reduziert werden. Die Wertschöpfung erreicht nahezu das Niveau des Basis-Szenarios und steigt gegenüber dem Szenario ‚GAP-Reform 2013‘ um 51,3 % an.

#### 4.7 Szenario: ‚GAP 2013 und technischer Fortschritt in der Außenwirtschaft‘

Durch den Einsatz einer leistungsstarken Mechanisierung können bei entsprechender Feldstücksstruktur die Verfahrenskosten in der Außenwirtschaft gesenkt werden. Vergleiche hierzu Punkt 2.3.2.2.

Inwieweit sich die Feldstücksstruktur des Untersuchungsgebietes ‚Lahn-Dill-Bergland‘ für den Einsatz einer Großmechanisierung eignet, welche Produktionskostensenkungen erzielt werden können und welchen Einfluss dies auf die bodenrentenmaximale Landnutzungsverteilung unter den agrarpolitischen Bedingungen entkoppelter Prämien hat, soll durch das Szenario ‚GAP-Reform 2013 und technischer Fortschritt in der Außenwirtschaft‘ untersucht werden.

Die produktionstechnischen Kennzahlen der Großmechanisierung ergeben sich aus den datenbankbasierten Berechnungen in REVA. Siehe hierzu Punkt 2.2.4.

Auch für die Maschinen, die in den großmechanisierten Varianten der Verfahren der Außenwirtschaft eingesetzt werden, wird eine Auslastung nach Vorgaben des Maschinenkostenkalkulationsprogramms Makost 3.1 (KTBL, 2002b) angenommen. In den großmechanisierten Varianten werden folgende Maschinen eingesetzt.

**Tabelle 29 In den Verfahren der Außenwirtschaft des Szenarios ‚GAP 2013 und technischer Fortschritt in der Außenwirtschaft‘ eingesetzte Maschinen**

Maschinen	
Allradtraktor, > 185 kW	Hackmaschine, für Zuckerrüben 18 - reihig
Allradtraktor, 112-129 kW	Kreiselegge, 6,0 m
Allradtraktor, 168-184 kW	Kreiselmähwerk, Frontanbau 2,1 m
Allradtraktor, 148-167 kW	Kreiselmähwerk, Heckanbau 3,7 m
Allradtraktor, 75- 92 kW	Kreiselschwader, 8,5 m
Allradtraktor, 93-111 kW	Kreiseltzettwender, 7,5 m
Allradtraktor, 49- 59 kW	Ladewagen, mit Dosierwalzen 12,0 t (6,8 t) /
Drehpflug, aufgesattelt, 12 - Schare, 420 cm	Mähdrescher, 275 kW, 9 m, 9500 l, 7,1 t
Dreiseitenkipper bis 25 km/h, zweiachsig, 16 t	Maisgebiss, für Häcksler, 6 - reihig
Dreiseitenkipper bis 25 km/h, zweiachsig, 18 t	Maispflückvorsatz, für Mähdrescher, 6 - reihig
Dreiseitenkipper bis 25 km/h, zweiachsig, 6 t	Pflanzenschutzspritze, angehängt, 3000 l, 24
Düngerstreuer, 1200 l, 1,8 t, 24 m	Pumpentankwagen, 12000 l, 4000 Liter/min
Einzelkornsämaschine, 18 - reihig, 9,0 m	Rundballenpresse, Ballendurchmesser max.
Federzinkenegge (Feingrubber), mit	Sämaschine, 6,0 m
Feldhäcksler, Selbstfahrer, 250 kW	Schlegelmulcher, 6,4 m
Frontlader, vollhydraulisch, für 30 kW, 600 kg	Schwergrubber, 6,0 m
Grünlandegge, 18,0 m	Silobreitverteiler, angebaut
Hackmaschine, für Mais 8-reihig	Zuckerrüben-Köpfrodelader, 6-reihig, 230 kW

Die Ergebnisse der Simulationsrechnungen sind in Tabelle 30 dargestellt. Der Anteil der Flächen, auf denen in der Untersuchungsregion die Großmechanisierung als das kostenminimale Verfahren der Außenwirtschaft gewählt wurde, ist in der Spalte ‚Anteil Mechanisierung‘ aufgeführt. Die Abkürzung ‚g‘ in der Spalte ‚Mechanisierung‘ steht dabei für die Großmechanisierung und ‚s‘ für die im Basis-Szenario eingesetzte Standardmechanisierung. Die klein gedruckten Zahlen in Tabelle 30 beziehen sich auf die Ergebnisse des Szenarios ‚GAP-Reform 2013‘.

**Tabelle 30 Effekte der Einführung technischen Fortschritts im Bereich der Außenwirtschaft unter den Bedingungen ‚GAP 2013‘ auf die simulierte Verteilung der Landnutzungssysteme in der Untersuchungsregion ‚Lahn-Dill-Bergland‘**

Landnutzungssystem	Flächenanteil an LF	Fläche [ha]	Mech.	Anteil Mech.
Ackerbrache	0,0% 0,0%	1 1	-	-
Grünlandbrache	0,1% 0,1%	15 15	-	-
Mulchen auf Ackerland	7,3% 7,9%	1.427 1.541	g s	15,1% 84,9%
Mulchen auf Grünland	20,5% 21,1%	3.983 4.106	g s	2,8% 97,2%
Intensivgrünland_Milch	0,0% 0,0%	0 0	-	-
Extensivgrünland_Mutterkühe	54,3% 53,7%	10.578 10.455	g s	99,2% 0,8%
Winterraps_Weizen_ Wintergerste	17,3% 16,7%	3.372 3.252	s g	11,0% 89,0%
Winterraps_Weizen_ Wintergerste	0,5% 0,5%	89 95	g s	84,6% 15,4%

Die Effekte der optionalen Einführung einer Großmechanisierung auf die Allokation der Landnutzungssysteme können als marginal bezeichnet werden.

Auf den Ackerflächen der Untersuchungsregion reduziert sich die Mulchfläche um 114 Hektar, die Fläche des Landnutzungssystems ‚Zuckerrübe-Weizen-Wintergerste‘ um 6 Hektar, während sich die Fläche des Landnutzungssystems ‚Raps-Weizen-Wintergerste‘ um 120 Hektar ausdehnt.

Auf dem Grünland der Region reduziert sich durch die Möglichkeit, eine Großmechanisierung einzusetzen, der Anteil der Mulchfläche zugunsten des Landnutzungssystems ‚Mutterkuhhaltung‘ um 120 Hektar.

In Tabelle 31 ist der prozentuale Anteil der Groß- und Kleinmechanisierung auf Feldstücken unterschiedlicher Größenklassen angegeben.

**Tabelle 31 Verteilung der klein- und großmechanisierten Varianten auf Feldstücken unterschiedlicher Größe**

Feldstücksgröße [ha]	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	>2,5
Flächenanteil der Kleinmechanisierung	96%	22%	2%	1%	0%
Flächenanteil der Großmechanisierung	4%	78%	98%	99%	100%

Es wird dabei deutlich, dass auf Feldstücken, die kleiner als ein Hektar sind, die Standardmechanisierung fast immer als das kostenminimale Verfahren ausgewählt wird.

Die Effekte eines optionalen Einsatzes von Großtechnik im Bereich der Außenwirtschaft auf die makroökonomischen Kennzahlen der Untersuchungsregion sind in Tabelle 32 dargestellt. In der Tabelle sind die Änderungen in Relation zum Basis-Szenario und dem Szenario ‚GAP 2013‘ aufgeführt.

**Tabelle 32 Kennzahlenanalyse des Szenarios ‚GAP 2013 und technischer Fortschritt in der Außenwirtschaft‘**

Kennzahl	Einheit	Wert	Relative Änderung zum Basis-Szenario	Relative Änderung zum Szenario ‚GAP 2013‘
Summe pos. Bodenrente	[€]	7.215.475	21,8%	3,5%
Summe neg. Bodenrente	[€]	-3.028	-98,1%	0,0%
Produktive Flächen	[ha]	19.449	10,8%	0,0%
Grenzstandorte	[ha]	16	-99,2%	0,0%
Kosten Pflege (Bergung)	[€]	40.270	-95,9%	0,0%
Kosten Pflege (Mulchen)	[€]	8.047	-95,9%	0,0%
Durchschnittliche pos. Bodenrente	[€/ha]	371	9,9%	3,5%
Durchschnittliche neg. Bodenrente	[€/ha]	-193	129,6%	0,0%
Summe Markterlöse	[€]	14.237.644	-32,4%	1,4%
Summe Flächenprämien	[€]	6.785.594	153,0%	0,2%
Summe Tierprämien	[€]	0	-100,0%	0,0%
Summe Arbeitskrafteinsatz	[Akh]	231.839	-37,4%	-6,5%
Summe Sachkosten	[€]	9.184.553	-31,5%	1,9%
Summe Kapitalbedarf	[€]	28.640.478	-34,4%	2,2%
Wertschöpfung ohne Prämien	[€]	5.053.091	-34,0%	0,3%

Der optionale Einsatz der Großtechnik in der Untersuchungsregion führt zu einem Anstieg der Summe der Bodenrenten um 3,5%.

Der Arbeitskraftbedarf im Bereich der Außenwirtschaft (in Tabelle 32 nicht aufgeführt) kann durch die Großmechanisierung um 14,9 % gesenkt werden. Unter

Einbeziehung des zusätzlichen Arbeitskrafteinsatzes in der Innenwirtschaft reduziert sich der regionale Arbeitskraftbedarf um 6,5%.

Die Maschinenkosten steigen um 3,3% und der Kapitalbedarf für die Verfahren der Außenwirtschaft erhöht sich um 6,9%.

Bei einem Lohnsatz von 15 €/Arbeitskraftstunde reduzieren sich die Lohnkosten um 262.000 €, während die Maschinenkosten um 93.890 € steigen. Die Kapitalkosten erhöhen sich um 14.070 €.

#### 4.8 Szenario: ‚GAP 2013 und technischer Fortschritt in der Innen- und Außenwirtschaft‘

Im Szenario ‚Entkopplung und technischer Fortschritt in der Innen- und Außenwirtschaft‘ sollen die in den vorhergehenden Szenarien eingeführten verfahrenstechnischer Veränderungen zusammengeführt werden, um deren Effekte auf die Allokation der Landnutzungssysteme im Untersuchungsgebiet zu analysieren. Die klein gedruckten Zahlen entsprechen den Ergebnissen des Szenarios ‚GAP 2013‘.

**Tabelle 33 Effekte einer Einführung technischen Fortschritts im Bereich der Innen- und Außenwirtschaft unter den Bedingungen ‚GAP 2013‘ auf die simulierte Verteilung von Landnutzungssystemen in der Untersuchungsregion**

Landnutzungssystem	Flächenanteil an LF	Fläche [ha]
Ackerbrache	0,0% 0,0%	1 1
Grünlandbrache	0,1% 0,1%	15 15
Mulchen auf Ackerland	7,1% 7,9%	1.389 1.541
Mulchen auf Grünland	11,5% 21,1%	2.237 4.106
Intensivgrünland_Milch	4,3% 0,0%	830 0
Extensivgrünland_Mutterkühe	59,1% 53,7%	11.495 10.455
Kleegras(Milch)_Weizen_ Wintergerste	3,5% 0,0%	676 0
Winterraps_Weizen_ Wintergerste	14,0% 16,7%	2.734 3.252
Zuckerrüben_Weizen_ Wintergerste	0,5% 0,5%	89 95

Durch die Einführung technischen Fortschritts im Bereich der Innen- und Außenwirtschaft werden im Vergleich zum Szenario ‚GAP 2013‘ und der technischen

Ausstattung des Basis-Szenarios zusätzliche 830 Hektar Grünland zur Milchproduktion genutzt. Zusätzliche 1040 Hektar Grünland werden aufgrund der produktionstechnischen Veränderungen für die Mutterkuhhaltung genutzt. Dadurch reduziert sich der Anteil des Grünlands, das über das Minimalverfahren ‚Mulchen‘ genutzt wird, um 1870 Hektar.

Die Ackerfläche, die unter den Bedingungen des Szenarios ‚GAP 2013‘ gemulcht wird, reduziert sich um 152 Hektar.

Die Auswirkungen der Einführung technischen Fortschritts in der Innen- und Außenwirtschaft auf die makroökonomischen Kennzahlen der Untersuchungsregion unter den agrarpolitischen Rahmenbedingungen, die für das Jahr 2013 geplant sind, sind in Tabelle 34 aufgeführt.

**Tabelle 34 Kennzahlenanalyse des Szenarios ‚GAP 2013 und technischer Fortschritt in der Innen- und Außenwirtschaft‘**

Kennzahl	Einheit	Wert	Relative Änderung zum Basis-Szenario	Relative Änderung zum Szenario ‚GAP 2013‘
Summe pos. Bodenrente	[€]	8.716.698	47,1%	25,1%
Summe neg. Bodenrente	[€]	-3.028	-98,1%	0,0%
Produktive Flächen inkl. Mulchen	[ha]	19.449	10,8%	0,0%
Grenzstandorte	[ha]	16	-99,2%	0,0%
Kosten Pflege (Bergung)	[€]	40.270	-95,9%	0,0%
Kosten Pflege (Mulchen)	[€]	8.047	-95,9%	0,0%
Durchschnittliche pos. Bodenrente	[€/ha]	448	32,8%	25,1%
Durchschnittliche neg. Bodenrente	[€/ha]	-193	129,6%	0,0%
Summe Markterlöse	[€]	18.476.963	-12,3%	31,5%
Summe Flächenprämien	[€]	6.865.537	156,0%	1,4%
Summe Tierprämien	[€]	0	-100,0%	0,0%
Summe Arbeitskräfteeinsatz	[Akh]	305.125	-17,6%	23,1%
Summe Sachkosten	[€]	10.698.189	-20,3%	18,7%
Summe Kapitalbedarf	[€]	33.768.514	-22,7%	20,5%
Wertschöpfung ohne Prämien	[€]	7.778.774	1,6%	54,5%

Die produktionskostensenkende Wirkung des technischen Fortschritts steigert die Wettbewerbsfähigkeit der produktiven Landnutzungssysteme gegenüber dem Minimalverfahren ‚Mulchen‘. Vergleiche hierzu Tabelle 33.

Dadurch kann die Wertschöpfung ohne Berücksichtigung der gezahlten Prämien in der Region auf dem Niveau des Basis-Szenarios unter den Bedingungen der Agenda 2000 gehalten werden. Im Vergleich zur regionalen Wertschöpfung, die im Szenario ‚GAP 2013‘ ermittelt wurde, entspricht dies einer Steigerung von über 50 %.

#### 4.9 Szenario: ‚GAP-Reform 2013, technischer Fortschritt in der Innen- und Außenwirtschaft bei einer durchschnittlichen Hof-Feld-Entfernung von 3 Kilometern‘

Die Einführung technischen Fortschritts ist im Bereich der Außenwirtschaft an leistungsstärkere Maschinen gebunden, deren wirtschaftliche Nutzung eine im Vergleich zur Standardmechanisierung höhere jährliche Auslastung bedingt (vgl. Punkt 2.3.2.2).

Ebenso ist die wirtschaftliche Nutzung technischen Fortschritts im Bereich der flächengebundenen Veredelung an große Herden und damit an eine Ausdehnung der betrieblichen Futterflächen gebunden.

Dadurch ist die Einführung technischen Fortschritts unweigerlich mit zusätzlichen Wege- und Transportarbeiten verbunden.

Es soll nun untersucht werden, welchen Einfluss eine Erhöhung der angenommenen durchschnittlichen Hof-Feld-Entfernung von 2 auf 3 km hinsichtlich der Allokation der Landnutzungssysteme in der Untersuchungsregion hat. Dabei wurde die technische Ausstattung des vorhergehenden Szenarios ‚GAP 2013 und technischer Fortschritt in der Innen- und Außenwirtschaft‘ beibehalten.

Siehe hierzu Tabelle 35.

**Tabelle 35 Effekte der Einführung technischen Fortschritts in der Innen- und Außenwirtschaft unter den Bedingungen ‚GAP-Reform 2013‘ auf die simulierte Verteilung von Landnutzungssystemen in der Untersuchungsregion und gleichzeitiger Erhöhung der Hof-Feld-Entfernung auf 3 km**

Landnutzungssystem	Flächenanteil an LF	Fläche [ha]
Ackerbrache	0,0%	3
	0,0%	1
Grünlandbrache	0,2%	38
	0,1%	15
Mulchen auf Ackerland	12,6%	2.474
	7,1%	1.389
Mulchen auf Grünland	20,2%	3.961
	11,5%	2.237
Intensivgrünland_Milch	6,1%	1.202
	4,3%	830
Extensivgrünland_Mutterkühe	47,7%	9.374
	59,1%	11.495
Kleegras(Milch)_Weizen_Wintergerste	2,5%	499
	3,5%	676
Winterraps_Weizen_Wintergerste	9,4%	1.849
	14,0%	2.734
Zuckerrüben_Weizen_Wintergerste	0,3%	63
	0,5%	89

Durch die Erhöhung der durchschnittlichen Hof-Feld-Entfernung von 2 auf 3 Kilometer erhöht sich der Anteil des zur Milchproduktion genutzten Grünlands um 372 Hektar. Aufgrund des hohen Zeitbedarfs für die Zurücklegung der Wegstrecken für Kontroll- und Versorgungsfahrten während der Sommerweideperiode und der damit im Vergleich zur Silagebereitung stärker ansteigenden Grobfutterkosten reduziert sich das Extensivgrünland, das über Mutterkühe genutzt wird, um 2.121 Hektar.

Die Grünlandfläche, die über das Minimalverfahren ‚Mulchen‘ genutzt wird, steigt aufgrund der vergleichsweise niedrigen Kostenprogression, die sich in diesem Verfahren durch die gestiegene Hof-Feld-Entfernung ergibt, um 1.724 Hektar.

Das Ackerland, das über das Minimalverfahren ‚Mulchen‘ genutzt wird, erhöht sich um 1085 Hektar, was mit einem Rückgang des produktiven Landnutzungssystems ‚Kleegras(Milch)-Weizen-Gerste‘ um 177 Hektar, des Landnutzungssystems ‚Raps-Weizen-Gerste‘ um 885 Hektar und des Landnutzungssystems ‚Zuckerrübe-Weizen-Wintergerste‘ um 26 Hektar zusammenhängt.

Die Effekte einer durch die gestiegene Hof-Feld-Entfernung veränderten Allokation der Landnutzungssysteme auf die makroökonomischen Kennzahlen der Untersuchungsregion ist in Tabelle 36 dargestellt.

**Tabelle 36 Kennzahlenanalyse des Szenarios ‚GAP-Reform 2013, technischer Fortschritt in der Innen- und Außenwirtschaft bei einer durchschnittlichen Hof-Feld-Entfernung von 3 km‘**

Kennzahl	Einheit	Wert	Relative Änderung zum Szenario ‚GAP 2013-2 km HF und techn. FS i.d. Innen- und Außenwirtschaft‘	Relative Änderung zum Szenario ‚GAP2013‘
Summe pos. Bodenrente	[€]	7.514.790	-13,8%	7,8%
Summe neg. Bodenrente	[€]	-7.814	158,1%	158,1%
Produktive Flächen	[ha]	19.424	-0,1%	-0,1%
Grenzstandorte	[ha]	41	161,3%	161,3%
Kosten Pflege (Bergung)	[€]	72.274	79,5%	79,5%
Kosten Pflege (Mulchen)	[€]	14.450	79,6%	79,6%
Durchschnittliche pos. Bodenrente	[€/ha]	387	-13,7%	8,0%
Durchschnittliche neg. Bodenrente	[€/ha]	-190	-1,2%	-1,2%
Summe Markterlöse	[€]	16.502.077	-10,7%	17,5%
Summe Flächenprämien	[€]	6.666.778	-2,9%	-1,6%
Summe Tierprämien	[€]	0	0,0%	0,0%
Summe Arbeitskräfteeinsatz	[Akh]	295.263	-3,2%	19,1%
Summe Sachkosten	[€]	9.963.184	-6,9%	10,6%
Summe Kapitalbedarf	[€]	31.548.308	-6,6%	12,5%
Wertschöpfung ohne Prämien	[€]	6.538.893	-15,9%	29,9%

Durch die Erhöhung der durchschnittlichen Hof-Feld-Entfernung um einen Kilometer sinkt die Bodenrentensumme um 13,8 % gegenüber einer durchschnittlichen Hof-Feld-Entfernung von 2 Kilometern ab. Durch den höheren Anteil der über das Minimalverfahren ‚Mulchen‘ genutzten Acker- und Grünlandflächen sinkt die regionale Wertschöpfung ohne Berücksichtigung der Prämien um 15,9 % ab. Der Arbeitskrachteinsatz geht in der Region durch die gestiegene Hof-Feld-Entfernung nur um 3% zurück, da der Flächenanteil der im Bereich der Innenwirtschaft arbeitsintensiven Milchproduktion auf Grünland ansteigt.

Im Vergleich zum Szenario mit einer Standardtechnisierung in der Innen- und Außenwirtschaft steigt auch bei einer Hof-Feld-Entfernung von 3 Kilometern sowohl die Summe der positiven Bodenrenten, als auch der Arbeitskraftbedarf und die Wertschöpfung.

#### 4.10 Entwicklung der Landnutzung im Lahn-Dill-Bergland:

##### Zusammenfassung der Modellergebnisse

Unter den Bedingungen des Basis-Szenarios (Agenda 2000, Standardtechnisierung) und den unterstellten Produkt- und Faktorpreisen werden 1.916 Hektar, also ca. 10 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche als Grenzstandorte ausgewiesen.

Durch die Entkopplung der Flächen- und Tierprämien und die Einführung eines Minimalverfahrens, das zur Aktivierung der Prämien berechtigt, geht der Anteil der „klassischen“ landwirtschaftlichen Grenzstandorte, auf denen eine Verbuschung zu erwarten wäre, zurück. Durch die allgemeinen Flächenzahlungen besteht, bis auf vereinzelte Restflächen, nahezu auf allen Flächen ein ökonomischer Anreiz, das Minimalverfahren ‚Mulchen‘ zu betreiben, welches den Anforderungen der Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung entspricht.

Durch den im Szenario ‚GAP 2013‘ prognostizierten Rückgang der „produktiven“ Landnutzungssysteme zugunsten des Minimalverfahrens ‚Mulchen‘ gehen der Arbeitskrachteinsatz, die Markterlöse und die Wertschöpfung ohne Prämien um ca. 33 % zurück. Gleichzeitig steigen die Transferzahlungen, die in die Region fließen, um ca. 1.200.000 € an.

Durch technischen Fortschritt, der in den entsprechenden Szenarien für die Milch- und Rindfleischproduktion simuliert wurde, gewinnen diese Produktionszweige ihre Wettbewerbsfähigkeit gegenüber dem Minimalverfahren Mulchen zurück.

Dementsprechend steigt die regionale Wertschöpfung wieder an und erreicht nahezu das Niveau des Basis-Szenarios. Der Umfang der staatlichen Transferzahlungen bleibt unverändert und der Arbeitskräfteeinsatz steigt unter den veränderten produktionstechnischen Bedingungen um ca. 70.450 Arbeitskraftstunden an. Die Summe der positiven Bodenrenten steigt dadurch im Vergleich zum Szenario ‚GAP 2013‘ um 21,3 %.

Durch die optionale Einführung einer Großmechanisierung in der Außenwirtschaft kann trotz einer Abnahme der gemulchten Flächen in einem Umfang von 237 Hektar der Arbeitskraftbedarf um 16.085 Arbeitskraftstunden gesenkt werden. Da durch die kleine Strukturierung der Feldstücke die Einsparungen im Bereich der Lohnkosten durch höhere Maschinenkosten für Wege- und Wendearbeiten kompensiert werden, erhöht sich die Summe der positiven Bodenrenten durch die große Mechanisierung nur um 3,5 %.

Bei gegebener Flächenstruktur der Untersuchungsregion trägt der technische Fortschritt in der Innenwirtschaft zum Erhalt der Flächenbewirtschaftung und der Wertschöpfung stärker bei als der technische Fortschritt in der Außenwirtschaft.

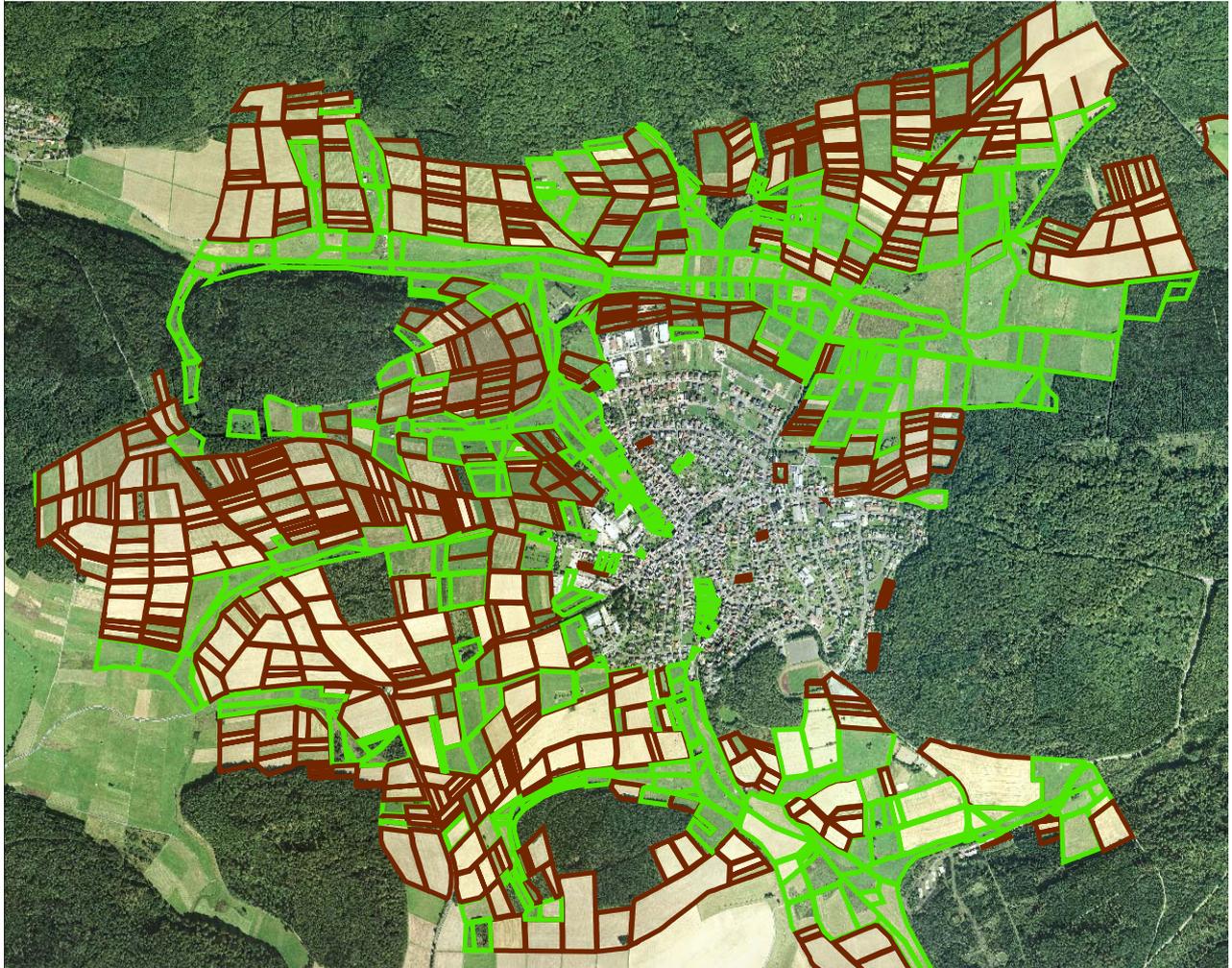
Um den in Punkt 2.2.6 erläuterten Zusammenhang zwischen einer Vergrößerung der Tierbestände und steigenden Wege- und Transportkosten modellhaft abzubilden, wurde in einem weiteren Szenario eine Hof-Feld-Entfernung von 3 Kilometern angenommen. Im Vergleich zum Szenario ‚GAP 2013‘ mit einer Standardtechnisierung in der Innen- und Außenwirtschaft steigt die Summe der positiven Bodenrenten auch bei einem zusätzlichen Kilometer Hof-Feld-Entfernung um 7,8 %, der Arbeitskraftbedarf um 19,1 % und die Wertschöpfung ohne Transferzahlungen um 30 % an. Durch die größeren Hof-Feld-Entfernungen wird der positive Effekt des technischen Fortschritts nur zum Teil kompensiert.

#### 4.11 Szenario: ‚Feldstückszusammenlegung in der Gemarkung Hohenahr-Erda‘

Die Gemarkung Hohenahr-Erda liegt im Südosten der Untersuchungsregion des SFB 299. Die landwirtschaftliche Nutzfläche der Subregion wird zu 64 % als Ackerland und zu 36 % als Grünland genutzt.

In der Gemarkung Hohenahr-Erda wird anhand einer mit der GIS-Software ArcView 9.1 durchgeführten virtuellen Flurbereinigung der Einfluss einer verbesserten Feldstücksstruktur auf die Allokation der Landnutzungssysteme in unterschiedlicher Mechanisierung und die ökonomischen Kennzahlen der Untersuchungsregion quantifiziert.

Die derzeitige Feldstücksstruktur wurde zunächst anhand digitaler Orthofotos und den Geodaten des Allgemeinen Liegenschaftskatasters (ALK-Daten) ermittelt und als digitale Polygonkarte im GIS umgesetzt. Diese Feldstückstruktur wird im Folgenden als ‚Status Quo‘ bezeichnet. Siehe hierzu Abbildung 52.



**Abbildung 52 Feldstücksstruktur der Gemarkung Hohenahr-Erda zum ‚Status Quo‘**  
(Quelle: Eigene Darstellung nach HVBG, 2006: Digitale Orthophotos und Geodaten der Automatisierten Liegenschaftskarte)

Die braun umrandeten Feldstücke in Abbildung 52 werden als Ackerland, die grün umrandeten Feldstücke als Grünland genutzt.

In zwei weiteren Schritten wurden einzelne Feldstücke sukzessive zusammengefasst. Im ersten Schritt, im Folgenden ‚Kleine Zusammenlegung‘ genannt, wurden die Feldstücke, die innerhalb von unbefestigten Wegen liegen, zusammengelegt. Diese Struktur entspricht in etwa der in der ATKIS-Geometrie abgebildeten Feldstücksstruktur (vgl. Abbildung 38).

Die Feldstücksstruktur der Gemarkung Hohenahr-Erda nach der virtuellen ‚Kleinen Zusammenlegung‘ ist in der folgenden Abbildung 53 dargestellt.

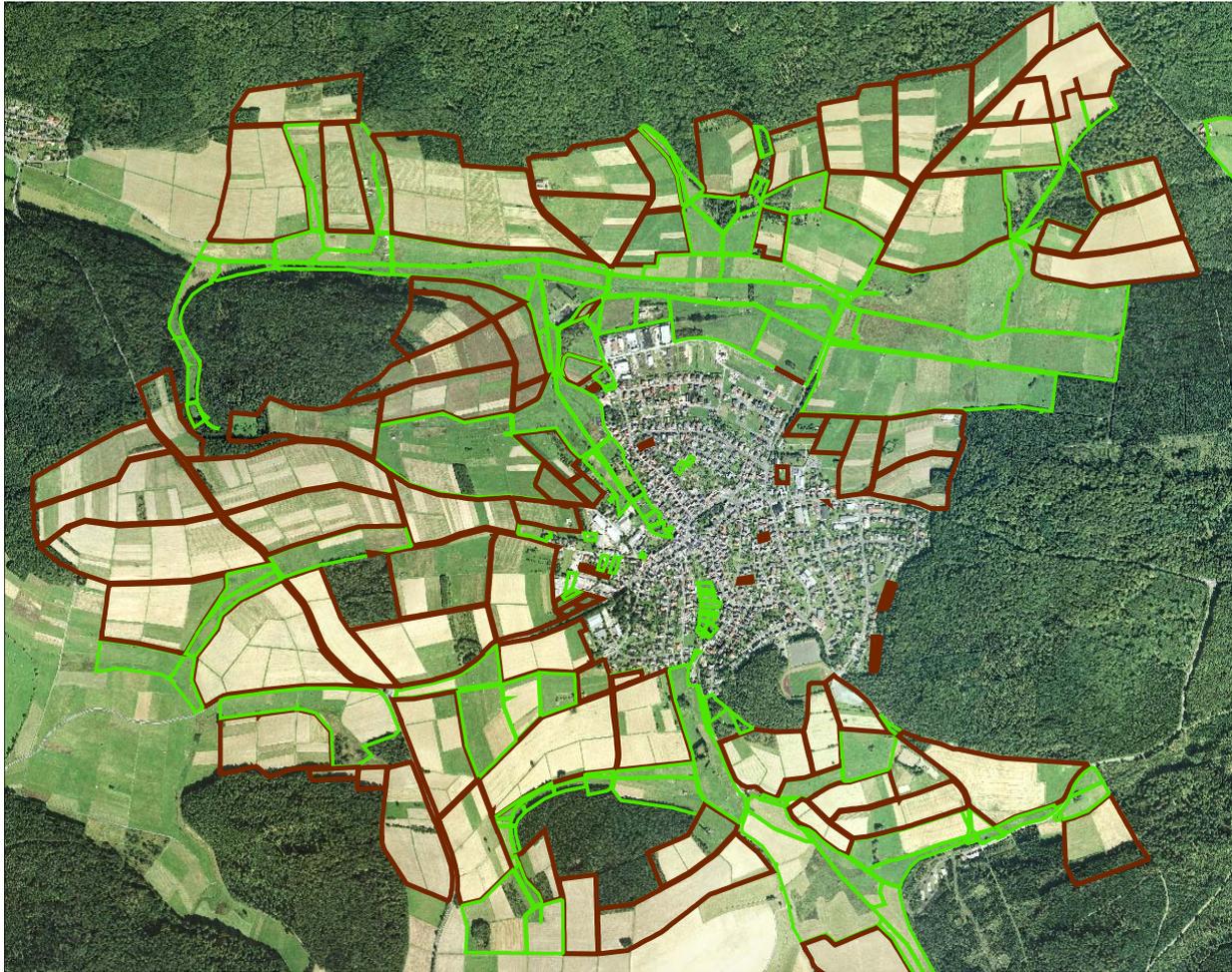


**Abbildung 53 Feldstücksstruktur in der Gemarkung Hohenahr-Erda nach der 'Kleinen Zusammenlegung'**

(Quelle: Eigene Darstellung nach HVBG, 2006: Digitale Orthophotos und Geodaten der Automatisierten Liegenschaftskarte)

In einem weiteren Schritt, im Folgenden ‚Große Zusammenlegung‘ genannt, wurden auch befestigte Wege entfernt, die bei der Bildung großer Feldstücke mit aus arbeitswirtschaftlicher Sicht günstiger Form hinderten.

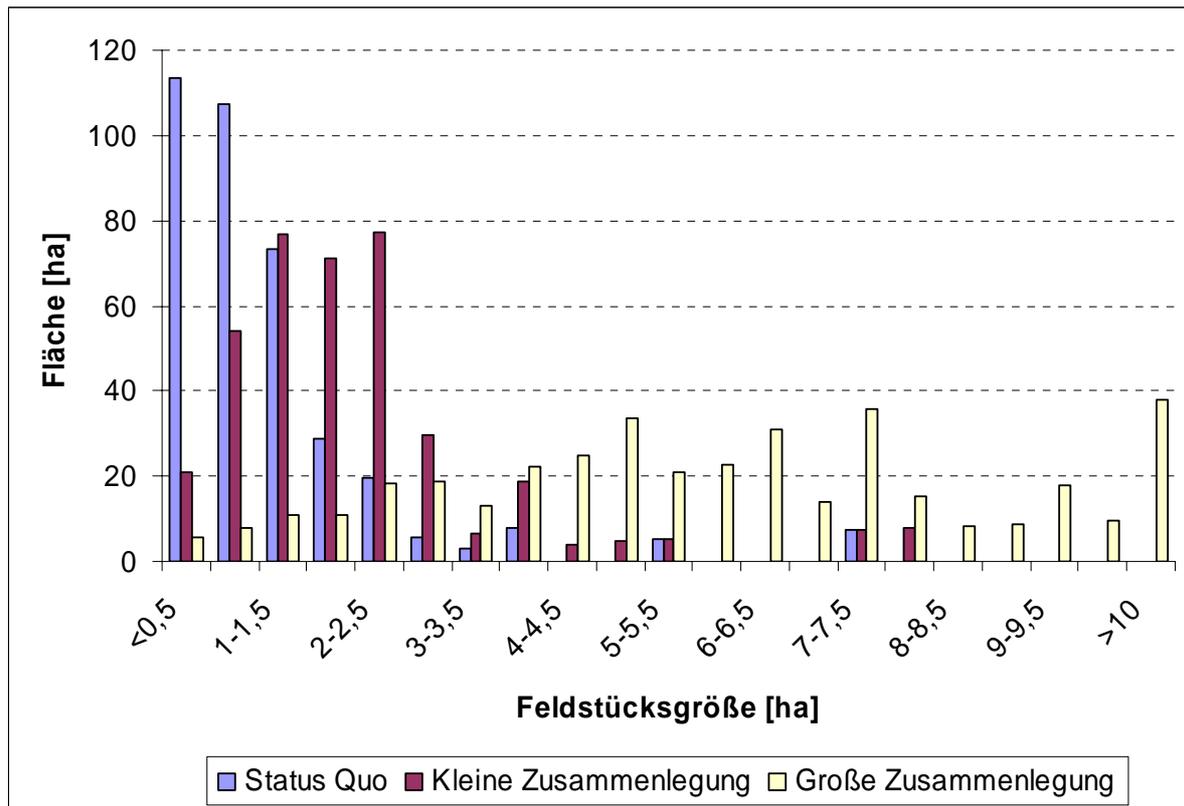
Dabei wurde neben der Berücksichtigung der entstehenden Feldstücksform auch auf den Verlauf und die Funktionalität des Wege- und Straßennetzes geachtet. Wichtige Zufahrtsstraßen zur Ortslage und zu in der Peripherie liegenden Feldstücken blieben erhalten. Auf einigen Feldstücken wurde eine Umnutzung von Ackerland zu Grünland und umgekehrt vorgenommen. Dabei wurde das Acker-Grünland Verhältnis der Untersuchungsregion beibehalten. Die Feldstücksstruktur, die durch die virtuelle ‚Große Zusammenlegung‘ entstanden ist, wird in Abbildung 54 dargestellt.



**Abbildung 54 Feldstücksstruktur in der Gemarkung Hohenahr-Erda nach der 'Großen Zusammenlegung'**

(Quelle: Eigene Darstellung nach HVBG, 2006: Digitale Orthophotos und Geodaten der Automatisierten Liegenschaftskarte)

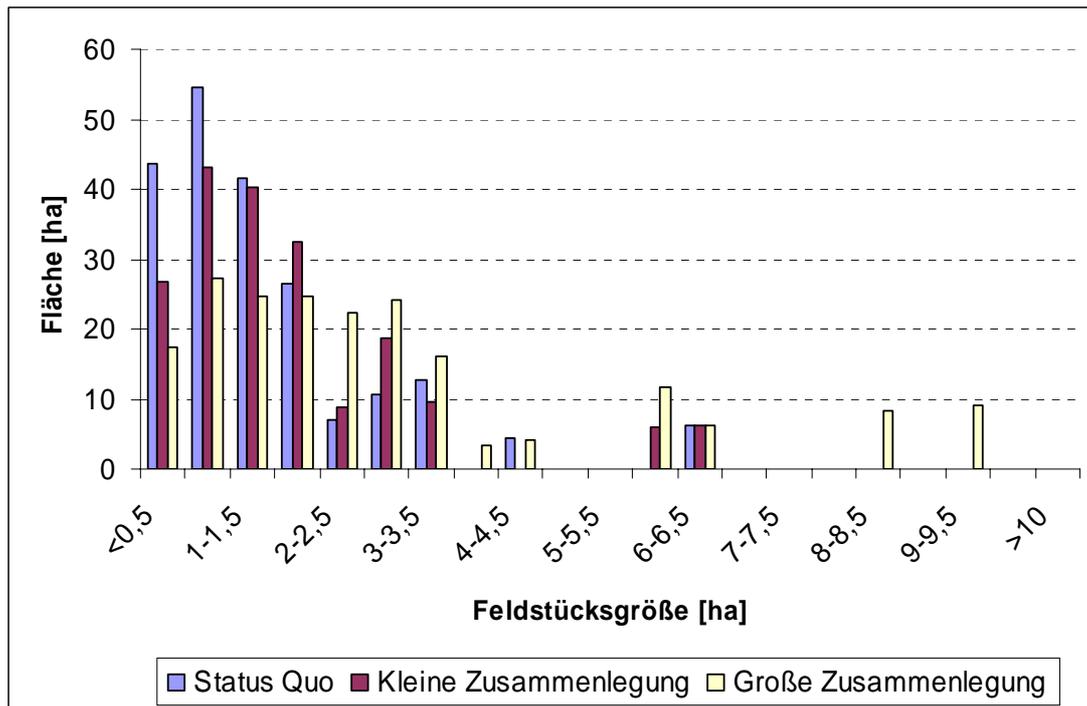
Die Effekte der ‚kleinen‘ und ‚großen‘ Zusammenlegung auf die Verteilung der Feldstücksgrößenklassen des Ackerlands in der Untersuchungsregion sind in der folgenden Abbildung 55 dargestellt.



**Abbildung 55** Effekte der Feldstückszusammenlegung auf die Verteilung der Feldstücksgößen des Ackerlands in der Untersuchungsregion Hohenahr-Erda

(Quelle: Eigene Darstellung)

Die Effekte der ‚kleinen‘ und ‚großen‘ Zusammenlegung auf die Verteilung der Feldstücksgößenklassen des Grünlands in der Untersuchungsregion sind in Abbildung 56 dargestellt.



**Abbildung 56** Effekte der Feldstückszusammenlegung auf die Verteilung der Feldstücksgößen des Grünlands in der Untersuchungsregion Hohenahr-Erda

(Quelle: Eigene Darstellung)

Aufgrund der landschaftsstrukturellen Gegebenheiten konnten durch die Zusammenlegung größere Acker- als Grünlandflächen erzielt werden. Im Bereich des Grünlands wurde vor allem der Anteil der Flächen unter 2 Hektar deutlich reduziert.

Um die Effekte der Feldstückszusammenlegung auf die Allokation von Landnutzungssystemen und den damit zusammenhängenden Kennzahlen zu quantifizieren, wurden die in Szenarien definierten agrarpolitischen und technischen Rahmenbedingungen, die auf das gesamte Untersuchungsgebiet Lahn-Dill-Bergland angewendet wurden, auf die Subregion Hohenahr-Erda übertragen.

In Tabelle 37 sind die Auswirkungen der Feldstückszusammenlegung auf die Allokation der Landnutzungssysteme unter den Rahmenbedingungen des Basis-Szenarios (Agenda 2000 und Standardtechnisierung in der Innen- und Außenwirtschaft) dargestellt.

**Tabelle 37 Auswirkungen der Feldstückszusammenlegung auf die simulierte Allokation der Landnutzungssysteme in der Untersuchungsregion ‚Hohenahr-Erda‘**

	Flächenanteile		
	Status Quo	Kleine Zusammenlegung	Große Zusammenlegung
Ackerbrache	21,6%	4,8%	1,6%
Grünlandbrache	9,6%	6,3%	3,6%
Extensivgrünland_Mutterkuhhaltung	26,2%	27,0%	30,3%
Winterraps_Weizen_Wintergerste	42,6%	61,9%	64,5%

Durch die Feldstückszusammenlegung reduziert sich der Anteil der Grenzstandorte, die als Acker- und Grünlandbrache ausgewiesen werden, ausgehend vom ‚Status Quo‘, von insgesamt 31,2 % auf 5,2 % der Fläche. Entsprechend steigt der Anteil der Flächen, die über die Landnutzungssysteme Mutterkuhhaltung und Marktfruchtbau genutzt werden.

In der folgenden Tabelle 38 sind die berechneten Effekte der Feldstückszusammenlegung auf die makroökonomischen Kennzahlen der Untersuchungsregion Hohenahr-Erda aufgeführt.

**Tabelle 38 Effekte der Feldstückszusammenlegung in der Gemarkung ‚Hohenahr-Erda‘ auf die makroökonomischen Kennzahlen unter den produktionstechnischen und agrarpolitischen Rahmenbedingungen des Basis-Szenarios**

Kennzahl	Einheit	Status Quo	Kleine Zusammenlegung	Relative Veränderung zum Status Quo	Große Zusammenlegung	Relative Veränderung zum Status Quo
Summe pos. Bodenrente	[€]	115.429	173.394	50,2%	238.713	106,8%
Summe neg. Bodenrente	[€]	-24.182	-9.167	-62,1%	-5.646	-76,7%
Produktive Flächen	[ha]	399	513	28,8%	557	39,8%
Grenzstandorte	[ha]	180	64	-64,7%	30	-83,2%
Durchschnittliche pos. Bodenrente	[€/ha]	290	338	16,6%	428	47,9%
Durchschnittliche neg. Bodenrente	[€/ha]	-134	-144	7,3%	-187	39,1%
Summe Markterlöse	[€]	321.251	392.562	22,2%	428.148	33,3%
Summe Flächenprämien	[€]	99.252	138.065	39,1%	147.622	48,7%
Summe Tierprämien	[€]	38.322	39.573	3,3%	44.783	16,9%
Summe Arbeitskrafteinsatz	[Akh]	7.050	7.636	8,3%	7.086	0,5%
Summe Sachkosten	[€]	252.868	297.435	17,6%	293.372	16,0%
Summe Kapitalbedarf	[€]	577.631	609.975	5,6%	674.143	16,7%
Wertschöpfung ohne Prämien	[€]	68.383	95.127	39,1%	134.775	97,1%

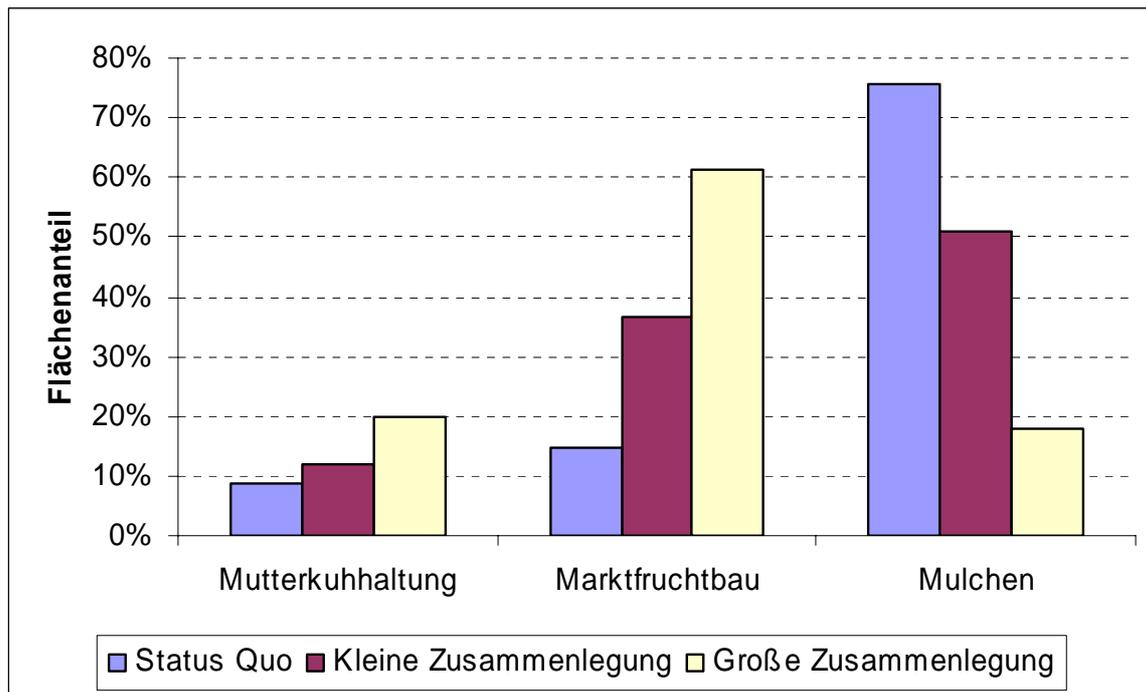
Durch die ‚Kleine Zusammenlegung‘ der Feldstücke in der Gemarkung Hohenahr-Erda kann die Summe der Bodenrente gegenüber der derzeitigen Feldstücksstruktur

um 50 % gesteigert werden. Dies ist zum einen auf die 114 Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche zurückzuführen, die im Vergleich zur Feldstücksstruktur des ‚Status Quo‘ zusätzlich in Bewirtschaftung genommen werden, und zum anderen auf die Kostendegression auf den Feldstücken, die auch bei gegebener Feldstücksstruktur in Bewirtschaftung sind.

Durch die ‚Große Zusammenlegung‘ werden im Vergleich zum Szenario ‚Status Quo‘ zusätzliche 158 Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche in Bewirtschaftung genommen. Dadurch verdoppelt sich die Summe der Bodenrenten in der Gemarkung Hohenahr-Erda.

Die durchschnittliche Bodenrente je Hektar kann durch die ‚Kleine Zusammenlegung‘ um 16,6 % (48 €/ha) und durch die ‚Große Zusammenlegung‘ um 47,9 % (138 €/ha) gesteigert werden. Durch die ‚Kleine Zusammenlegung‘ kann die Wertschöpfung in der Region um etwa 40 % und durch die ‚Große Zusammenlegung‘ um etwa 100 % gesteigert werden.

In einem weiteren Szenario werden die Effekte der Feldstückszusammenlegung unter den agrarpolitischen Rahmenbedingungen entkoppelter Flächen-, Milch- und Tierprämien („GAP 2013“) auf die Allokation der Landnutzungssysteme in der Untersuchungsregion analysiert. Die Flächenanteile der Landnutzungssysteme in diesem Szenario sind in Abbildung 57 dargestellt.



**Abbildung 57 Allokation der Landnutzungssysteme in der Gemarkung Hohenahr-Erda unter den agrarpolitischen Rahmenbedingungen GAP 2013 bei variabler Feldstücksstruktur**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Der erwartete Rückgang des Landnutzungssystems ‚Mulchen‘ aufgrund der steigenden Vorzüglichkeit der Landnutzungssysteme ‚Mutterkuhhaltung‘ und ‚Marktfruchtbau‘, der mit einer Vergrößerung der Feldstücksstruktur einhergeht, wirkt sich auf die makroökonomischen Kennzahlen der Untersuchungsregion folgendermaßen aus. Siehe hierzu Tabelle 39.

**Tabelle 39 Effekte der Feldstückszusammenlegung in der Gemarkung ‚Hohenahr-Erda‘ auf die makroökonomischen Kennzahlen unter den agrarpolitischen Rahmenbedingungen GAP 2013**

Kennzahl	Einheit	Status Quo	Kleine Zusammenlegung	Relative Veränderung zum Status Quo	Große Zusammenlegung	Relative Veränderung zum Status Quo
Summe pos. Bodenrente	[€]	136.131	158.947	16,8%	199.534	46,6%
Summe neg. Bodenrente	[€]	-1.696	-1.292	-23,9%	-1.257	-25,9%
Produktive Flächen	[ha]	573	573	0,0%	584	1,9%
Grenzstandorte	[ha]	6	4	-30,5%	4	-38,6%
Durchschnittliche pos. Bodenrente	[€/ha]	238	277	16,7%	342	43,8%
Durchschnittliche neg. Bodenrente	[€/ha]	-288	-315	9,5%	-347	20,6%
Summe Markterlöse	[€]	113.131	211.182	86,7%	347.241	206,9%
Summe Flächenprämien	[€]	177.690	179.231	0,9%	186.940	5,2%
Summe Tierprämien	[€]	0	0	0,0%	0	0,0%
Summe Arbeitskräfteeinsatz	[Akh]	3.004	3.896	29,7%	5.165	72,0%
Summe Sachkosten	[€]	101.015	161.118	59,5%	237.265	134,9%
Summe Kapitalbedarf	[€]	215.493	297.850	38,2%	497.659	130,9%
Wertschöpfung ohne Prämien	[€]	12.116	50.063	313,2%	109.976	807,7%

Durch die Zunahme der Landnutzungssysteme Mutterkuhhaltung und Marktfruchtbau und den Rückgang des Minimalverfahrens ‚Mulchen‘ steigt die berechnete Wertschöpfung aus Markterlösen in der Region um etwa 300 %, durch die ‚Kleine Zusammenlegung‘ und um etwa 800 % durch die ‚Große Zusammenlegung‘. Der Arbeitskraftbedarf erhöht sich dadurch um 30 % bzw. 72 %.

In einem weiteren Szenario werden die Effekte einer optionalen Einführung von Großtechnik im Bereich der Außenwirtschaft in der Untersuchungsregion der Gemeinde Hohenahr untersucht.

Durch die Feldstückszusammenlegung geht der Anteil der Flächen, auf denen im Landnutzungssystem ‚Winterraps-Weizen-Wintergerste‘ die Verfahren der Außenwirtschaft als Standardmechanisierung als kostenminimal ausgewählt wurden, von 16 % bei der Feldstücksstruktur des ‚Status Quo‘ auf 0,7 % in der Feldstücksstruktur nach der ‚Großen Zusammenlegung‘ zurück.

Der durchschnittliche Arbeitszeitbedarf kann in diesem Landnutzungssystem durch die ‚Große Zusammenlegung‘ von 5 Akh/ha auf 3,7 Akh/ha und die durchschnittlichen Maschinenkosten von 281 €/ha auf 226 €/ha gesenkt werden.

Die Effekte des technischen Fortschritts im Bereich der Außenwirtschaft auf die Allokation der Landnutzungssysteme und die makroökonomischen Kennzahlen der

Region werden in einem weiteren Szenario analysiert. Die agrarpolitischen Rahmenbedingungen entsprechen dabei der geplanten Förderungspraxis des Jahres 2013. Die klein gedruckten Zahlen entsprechen den Ergebnissen der Simulationsrechnungen des Szenarios ‚GAP 2013‘ unter den produktionstechnischen Bedingungen des Basis-Szenarios.

**Tabelle 40 Simulierte Effekte technischen Fortschritts im Bereich Außenwirtschaft auf die Allokation der Landnutzungssysteme in der Gemarkung Hohenahr-Erda unter den agrarpolitischen Rahmenbedingungen GAP 2013**

	Status Quo	Kleine Zusammenlegung	Große Zusammenlegung
Mutterkuhhaltung	11,1% [8,9%]	14,2% [11,9%]	22,3% [20,0%]
Marktfruchtbau	15,9% [14,6%]	40,2% [36,5%]	62,7% [61,5%]
Mulchen	73,0% [75,5%]	45,6% [50,9%]	15,0% [17,9%]

Die Einführung technischen Fortschritts im Bereich der Außenwirtschaft in Form einer optionalen Großmechanisierung hat bezogen auf die Allokation der Landnutzungssysteme, die sich durch die Feldstückszusammenlegung einstellt, nur verstärkenden Charakter.

Durch die Analyse der makroökonomischen Kennzahlen lassen sich in Abhängigkeit der Feldstücksstruktur unterschiedlich starke Effekte erkennen, die der Einsatz großer Maschinen mit sich bringt. Siehe Tabelle 41.

**Tabelle 41 Effekte der Feldstückszusammenlegung in der Gemarkung ‚Hohenahr-Erda‘ auf die makroökonomischen Kennzahlen unter den agrarpolitischen Rahmenbedingungen GAP 2013 und technischem Fortschritt in der Außenwirtschaft**

Kennzahl	Einheit	Status Quo	Relative Veränderung zur Standardtechnik	Kleine Zusammenlegung	Relative Veränderung zur Standardtechnik	Große Zusammenlegung	Relative Veränderung zur Standardtechnik
Summe pos. Bodenrente	[€]	139.714	2,6%	166.913	4,8%	216.767	8,0%
Summe neg. Bodenrente	[€]	-1.696	0,0%	-1.292	0,0%	-1.257	0,0%
Produktive Flächen	[ha]	573	0,0%	573	0,0%	584	0,0%
Grenzstandorte	[ha]	6	0,0%	4	0,0%	4	0,0%
Durchschnittliche pos. Bodenrente	[€/ha]	244	2,6%	291	4,8%	371	8,0%
Durchschnittliche neg. Bodenrente	[€/ha]	-288	0,0%	-315	0,0%	-347	0,0%
Summe Markterlöse	[€]	129.427	12,6%	236.268	10,6%	364.096	4,6%
Summe Flächenprämien	[€]	178.772	0,6%	180.360	0,6%	188.088	0,6%
Summe Tierprämien	[€]	0	0	0	0	0	0
Summe Arbeitskräfteeinsatz	[Akh]	3.000	-0,1%	3.570	-9,1%	4.299	-20,2%
Summe Maschinenkosten	[€]	62.437	9,1%	94.428	13,0%	112.461	3,3%
Summe Sachkosten	[€]	113.269	10,8%	182.087	11,5%	248.340	4,5%
Summe Kapitalbedarf	[€]	255.307	15,6%	352.137	15,4%	564.949	11,9%
Wertschöpfung ohne Prämien	[€]	16.158	25,0%	54.181	7,6%	115.756	5,0%

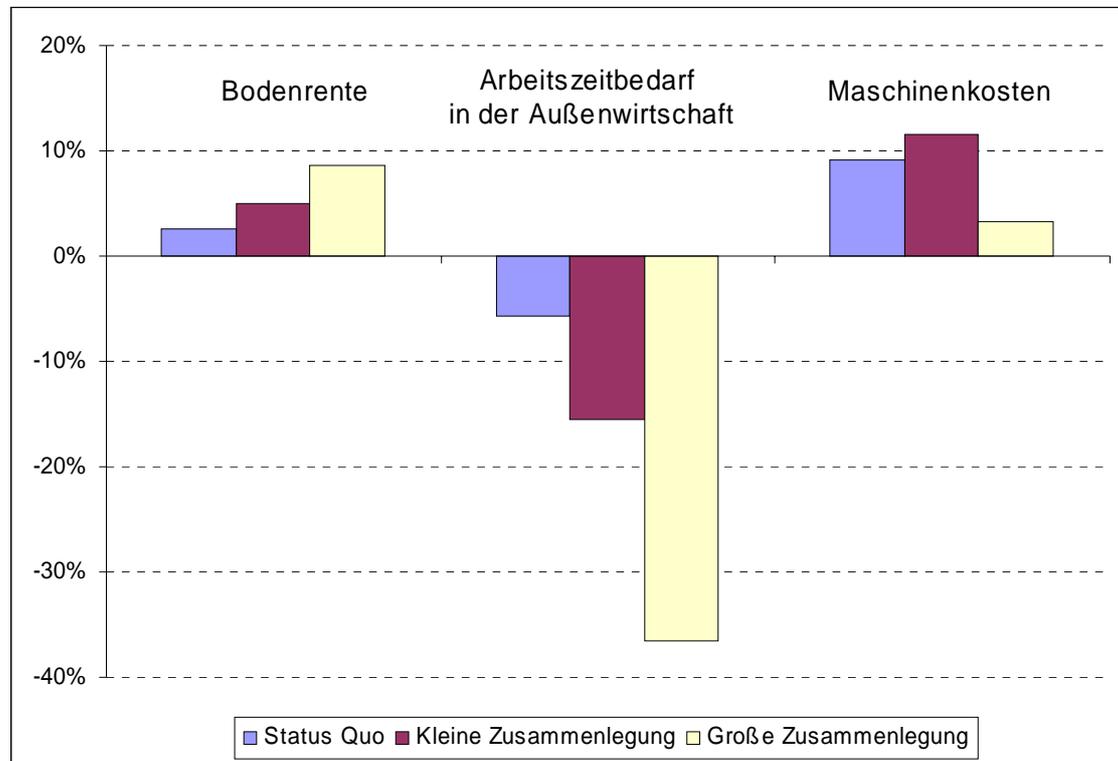
Die Großmechanisierung führt unter den Bedingungen der Feldstücksstruktur des ‚Status Quo‘ zur Umnutzung von Flächen, die unter den technischen Bedingungen einer Standardmechanisierung über das Minimalverfahren Mulchen genutzt wurden (vgl. Tabelle 40). Durch die Arbeitszeiteinsparungen bei der Flächenbearbeitung bleibt der regionale Arbeitszeitbedarf jedoch konstant. Die Maschinenkosten steigen um 9%, die Wertschöpfung ohne Prämien steigt um etwa 4.000 € (25%) an und die Summe der Bodenrenten kann um ca. 3.000 € (2,6 %) gesteigert werden.

Die Summe der Bodenrente steigt bei einer Einführung großmechanisierter Verfahren der Außenwirtschaft in der Feldstücksstruktur der ‚Kleinen Zusammenlegung‘ um ca. 7.000 € (5 %) und in der Feldstücksstruktur nach der ‚Großen Zusammenlegung‘ um ca. 17.000 € (8 %) an.

Bei Betrachtung der Kennzahlen in

Tabelle 41 wird deutlich, dass mit zunehmend großen Feldstücken trotz zusätzlich bewirtschafteter Flächen über die Verfahren Marktfruchtbau und Mutterkuhhaltung das Einsparpotenzial im Bereich des Gesamtarbeitskraftbedarfs wächst (9 % bei ‚Kleiner Zusammenlegung‘ und 20 % bei ‚Großer Zusammenlegung‘).

In der folgenden Abbildung 58 werden die Effekte der Großmechanisierung auf die Bodenrente, den Arbeitszeitbedarf in der Außenwirtschaft und die Maschinenkosten unter den verschiedenen feldstücksstrukturellen Bedingungen dargestellt.



**Abbildung 58** Ökonomische Effekte der Einführung einer Großmechanisierung in der Untersuchungsregion ‚Hohenahr-Erda‘ unter den verschiedenen feldstücksstrukturellen Gegebenheiten

(Quelle: Eigene Darstellung)

Mit einer Verbesserung der Feldstücksstruktur steigt das Einsparpotenzial im Bereich des Arbeitszeitbedarfs in der Außenwirtschaft an.

Da gleichzeitig die damit verbundenen zusätzlichen Maschinenkosten von 13 % bei der ‚Kleinen Zusammenlegung‘ auf 3,3 % bei der großen Zusammenlegung zurückgehen, steigt die Bodenrente in der Feldstücksstruktur der ‚Großen Zusammenlegung‘ durch die Einführung einer Großmechanisierung stärker an als in der kleinstrukturierten Landschaft.

Durch die Einführung großmechanisierter Verfahren kann die durchschnittliche Bodenrente in der Feldstücksstruktur um 2,6 %, in der Feldstücksstruktur nach der virtuellen ‚Kleinen Zusammenlegung‘ um 4,8 % und nach der ‚Großen Zusammenlegung‘ um 8 % gesteigert werden.

## 4.12 Entwicklung der Landnutzung in Hohenahr-Erda:

### Zusammenfassung der Modellergebnisse

Die Modellrechnungen mit ProLand zeigen, dass die Feldstücksstruktur in der Gemarkung Hohenahr-Erda entscheidenden Einfluss auf bodenrentenmaximale Verteilung der Landnutzungssysteme und die damit verbundenen makroökonomischen Kennzahlen der landwirtschaftlichen Produktion hat.

Unter den agrarpolitischen Bedingungen der Reform der gemeinsamen Agrarpolitik des Jahres 2003 weist das Modell ProLand eine, durch die ‚große‘ Feldstückszusammenlegung induzierte, Steigerung der Summe der positiven Bodenrenten von 46 %, einen Rückgang der lediglich gemulchten Flächen um 334 Hektar, eine Steigerung des Arbeitskraftbedarfs um 2.160 Arbeitskraftstunden und eine zusätzliche Wertschöpfung von 97.860 € aus.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen zeigen, dass durch eine Feldstückszusammenlegung die Wettbewerbsfähigkeit der produktiven Landnutzungssysteme gegenüber dem Minimalverfahren ‚Mulchen‘ gesteigert wird, da die Kosten für Wege-, Wende- und Transportarbeiten gesenkt werden.

Weiterhin wird durch das Szenario, das den optionalen Einsatz einer Großmechanisierung beinhaltet, aufgezeigt, dass eine wirtschaftliche Nutzung großer Maschinen einer entsprechenden Feldstücksstruktur bedarf. Während in der Feldstücksstruktur des Status Quo durch die Großmechanisierung in der Außenwirtschaft die Wertschöpfung je Arbeitskraftstunde um 1,4 € je Akh gesteigert werden kann, kann in der Feldstücksstruktur der kleinen Zusammenlegung die Wertschöpfung je Akh um 2,34 € und in der Feldstücksstruktur der großen Zusammenlegung um 5,6 € je Akh gesteigert werden.

## 5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Nach RICARDO findet landwirtschaftliche Produktion auf Grenzstandorten nicht statt, da aufgrund der dort vorzufindenden „Böden geringerer Qualität“ die Produktionsstückkosten höher sind als der Marktpreis. Eine angemessene Entlohnung der Faktoren Arbeit und Kapital ist auf solchen Standorten nicht möglich. Im Rahmen dieser Arbeit wurde hergeleitet, dass neben der Qualität des Bodens weitere naturräumliche Standortfaktoren die Produktionsstückkosten und damit die Allokation von Grenzstandorten bestimmen. Während in RICARDOS Theorie die Arbeitskraft den Hauptbestandteil der Produktionskosten bildet, wird seit Beginn der Industrialisierung in landwirtschaftlichen Produktionssystemen Arbeitskraft durch Maschinen ersetzt. Regionale Nachteile im Bereich der Produktionsstückkosten resultieren neben der unterschiedlichen Produktivität der Flächen aus eingeschränkten Möglichkeiten, die am Markt verfügbare Technik effizient einzusetzen. Dies gilt für Verfahren der Außenwirtschaft, in denen hohe Wege- und sonstige Leerzeiten die Arbeitserledigungskosten in die Höhe treiben können, als auch für die Verfahrenstechnik der flächengebundenen Veredelungswirtschaft. Die Einführung von technischem Fortschritt ist mit regional unterschiedlich stark ansteigenden Transport- und Wegekosten verbunden.

Mit der Datenbank REVA wurde eine Methodik entwickelt, die es ermöglicht, die Verfahrenskosten der Außenwirtschaft unterschiedlicher Mechanisierungsvarianten räumlich explizit in Abhängigkeit der relevanten Standortbedingungen im Modell ProLand abzubilden. Dadurch können die funktionalen Zusammenhänge zwischen den natürlichen und naturräumlichen Standortgegebenheiten und den Produktionskosten landwirtschaftlicher Güter auf konkrete Landschaften und Landschaftsausschnitte übertragen werden. Die Wirkung von Ricardos „Böden geringer Qualität“ kann mittels verfahrensspezifischer Kennzahlen auf die produktionstechnischen Bedingungen der Gegenwart Anwendung finden.

So wie sich die Produktionsstückkosten nicht ausschließlich von der Ertragsfähigkeit des Bodens ableiten, leiten sich auch die Produktpreise, wie von RICARDO damals richtigerweise unterstellt, nicht ausschließlich von der Bevölkerungsentwicklung und deren Nachfrage nach Lebensmitteln ab.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Einfluss der Agrarpolitik auf die Allokation von Landnutzungssystemen durch die Mittel gekoppelter Prämien hergeleitet. Die im

Rahmen der Agrarreform des Jahres 2003 beschlossene und mittlerweile umgesetzte Entkopplung der Prämienzahlungen führt zu einer neuen Wettbewerbssituation, der sich die landwirtschaftliche Produktion stellen muss. Die Einstellung der landwirtschaftlichen Produktion führt durch die neuen agrarpolitischen Bedingungen nicht mehr zum Verlust des flächenabhängigen Einkommens. Durch die neue Förderungspraxis kann eine Bodenrente auf landwirtschaftlichen Nutzflächen auch ohne Güterproduktion erwirtschaftet werden.

Im Jahr 2013 ist im Bundesland Hessen eine einheitliche, allgemeine Flächenprämie für Acker- und Grünland von 302 €/ha vorgesehen.

Da die Kosten des definierten Minimalverfahrens ‚Mulchen‘ im Vergleich zu den Verfahrenskosten produktiver Landnutzungssysteme nahezu standortunabhängig entstehen, gewinnen vor allem die relativ schlechteren Standorte, die unter den agrarpolitischen Rahmenbedingungen der Agenda 2000 landwirtschaftliche Grenzstandorte waren, an ökonomischer Attraktivität. Um in Landschaften wie der Lahn-Dill-Region auch künftig Wertschöpfung aus landwirtschaftlicher Produktion generieren zu können, müssen die Möglichkeiten der Strukturverbesserung genutzt werden.

Das ökonomische Potenzial einer Veränderung der Feldstücksstruktur ist durch eine ‚virtuelle Flurbereinigung‘ bestimmt worden, die exemplarisch in einer Subregion des Lahn-Dill-Berglands, der Gemarkung Hohenahr-Erda, durchgeführt wurde.

Die Veränderungen der Feldstücksstruktur können mit einer Reduzierung der außerlandwirtschaftlichen Landschaftsfunktionen verbunden sein, wenn sie mit einer ‚Ausräumung der Feldflur‘ einhergehen. Ob aber letztlich der Erhalt sämtlicher Feldwege oder ein im Rahmen der Flurneuordnung angelegtes Verbundsystem aus Hecken entlang großer Feldstücke im Sinne der Biodiversität Vorteile bringt, kann letztlich nur von fachlicher Stelle bewertet werden. An diesem Punkt setzt die Bewertung der Kulturlandschaft unter dem Aspekt der Multifunktionalität an. Dieser Aufgabe hat sich der Sonderforschungsbereich 299 der Deutschen Forschungsgemeinschaft ‚Landnutzungskonzepte für periphere Regionen‘ gestellt und dafür den Modellverbund ‚ITE<sup>2</sup>M‘ (Integrated Tools for Ecological and Economic Modelling) entwickelt.

Die methodischen Möglichkeiten einer Landschaftsanalyse unter dem Gesichtspunkt der Multifunktionalität wurden im Rahmen der Arbeiten in der 3. Phase des SFB 299 erheblich erweitert und konkretisiert. Einen entscheidenden Beitrag liefern dazu die

Weiterentwicklung des Modells ProLand zu einem vektorbasierten Ansatz, die Erstellung einer relationalen Datenbank und die Weiterentwicklung der Produktionskostenberechnung, die sich von der Verwendung von Korrekturfaktoren gelöst hat und die Standortparameter mit verfahrensspezifischen Kennzahlen kombiniert. Damit wurde der Übergang von einem „strategischen“ zu einem „taktischen“ Landnutzungsmodell (KUHLMANN, 2003) geschafft, das es ermöglicht, für konkrete Landschaftsausschnitte ein ‚Landnutzungskonzept‘ zu entwickeln.

## 6 Zusammenfassung der Arbeit

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Umfang landwirtschaftlicher Grenzstandorte in der Untersuchungsregion ‚Lahn-Dill-Bergland‘ mit dem Landnutzungsmodell ProLand zu ermitteln. Landnutzungsmodelle machen die realen und komplexen Systeme Landschaft und Landwirtschaft in ihren vielfältigen Verbindungen zur Systemumwelt handhabbar und verfolgen damit das Ziel, mögliche Entwicklungen zu prognostizieren und funktionale Zusammenhänge darzustellen und anhand konkreter Landschaftsausschnitte zu quantifizieren.

Anhand der Theorien RICARDOS und THÜNENS zur Bodenrente landwirtschaftlich genutzter Standorte wurde deutlich gemacht, dass bei gegebenen Marktpreisen für landwirtschaftliche Produkte die Produktionsstückkosten den Umfang der Nachfrage nach landwirtschaftlicher Nutzfläche in einer Region bestimmen.

Vor diesem Hintergrund wurden zunächst raumvariante Einflussfaktoren auf die Kosten und Leistungen der flächengebundener Produktionsverfahren erfasst und systematisiert.

Mit dem Ziel, der Komplexität von Landschaften und landwirtschaftlichen Produktionsprozessen in dem Modell gerecht zu werden und die Leistungen und Produktionskosten einzelnen Landschaftsausschnitten, die als digitale Vektorkarten vorliegen, räumlich explizit und verfahrensspezifisch zuordnen zu können, wurden allgemeingültige, verfahrensunspezifische Rechenalgorithmen für die Kostenrechnung entwickelt.

Die 25 produktionstechnischen Kennzahlen (vgl. Tabelle 5), welche die Kostenelemente der landwirtschaftlichen Produktionsprozesse auf Elementarprozess- und Verfahrensebene beschreiben, gehen als Inputvariablen in die feldstücksbezogenen Kostenrechnungen in ProLand ein. Mit der Datenbank

REVA wurde eine Struktur geschaffen, die es ermöglicht, von der Maschine über einzelne Elementarprozesse unterschiedlicher Subtypen hin zu gesamten Produktionsverfahren der Außenwirtschaft diese Kennzahlen in strukturierter Form verfahrensspezifisch, variabel und reproduzierbar abzurufen.

Die kosten- und leistungsrelevanten Standortparameter werden dabei aus einer Geodatenbank ausgelesen.

Um den Einfluss der natürlichen und naturräumlichen Standortparameter auf die Bodenrente landwirtschaftlicher Produktionsverfahren grafisch darzustellen, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit das Konzept der Isobodenrentenfunktion entwickelt. Die Isobodenrentenfunktionen stellen jeweils die Kombination von zwei Standortparametern (z.B. Ertrag und Feldstücksgröße) dar, die unter exakt definierten Rahmenbedingungen der Produktion (Produktpreise, Flächenprämien, Technik etc.) eine Bodenrente von genau Null erzielen.

Da Grobfutterpflanzen in der Regel erst durch ein verbundenes Tierhaltungsverfahren zu einem marktgängigen Produkt veredelt werden, erfolgt deren Bewertung über den Veredlungswert in einem definierten Veredelungsverfahren. Die Bodenrente im Futterbau errechnet sich daher aus den Produktionskosten des Grobfutters und der Leistungen und Kosten des jeweiligen Veredelungsverfahrens. Unter Punkt 2.2.6 wurde anhand einer Beispielskalkulation für die Milchproduktion hergeleitet, dass in kleinstrukturierten Landschaften Produktionskostennachteile im Bereich der flächengebundenen Veredelung aus hohen Grundfutterkosten und einem durch stark ansteigende Transportkosten begrenzten Standortpotenzial zur Realisierung von technischem Fortschritt im Bereich der Innenwirtschaft resultieren.

Der Einfluss der zeitvarianten volkswirtschaftlichen, produktionstechnischen und agrarpolitischen Rahmenbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Produktion wurde in Kapitel 2.3 systematisiert und in Rechenalgorithmen übersetzt. Im Detail wurde dabei auf die Erzeuger- und Faktorpreise, die Bedingungen für den wirtschaftlichen Einsatz einer Großmechanisierung, ge- und entkoppelte Flächenzahlungen und Agrarumweltmaßnahmen eingegangen.

Um anhand von möglichen Zuständen der genannten Subsysteme das Ausmaß der Verbrachung und Nutzungsaufgabe ermitteln zu können, wurde das Landnutzungsmodell ProLand auf die Basis einer relationalen Datenbank gestellt.

Die Datenbankstruktur des Modells wurde in Kapitel 3 anhand der integrierten Entitäten, den enthaltenen Attributen und deren Verbindungen erläutert.

Im Punkt 4 wurde das Modell auf konkrete Landschaftsausschnitte angewendet, um mögliche Landschaftsentwicklungen in der Untersuchungsregion aufzuzeigen. Als Kartengrundlage wurden Vektorkarten und digitale Orthophotos der Hessischen Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation eingesetzt.

Anhand verschiedener Szenarien, welche die Bedingungen der reformierten Agrarpolitik und technischen Fortschritt abbilden, wurde für die Untersuchungsregion ‚Lahn-Dill-Bergland‘ die bodenrentenmaximale Verteilung der Landnutzungssysteme bestimmt.

Für die Subregion ‚Hohenahr-Erda‘ wurde zusätzlich zu den genannten Szenarien die Feldstücksstruktur durch eine „virtuelle Flurbereinigung“ variiert.

Durch die Analyse der berechneten Verteilung der Landnutzungssysteme und die Ermittlung makroökonomischer Kennzahlen wurden mögliche Entwicklungen der landwirtschaftlichen Produktion in der Untersuchungsregion aufgezeigt.

## 7 Quellenverzeichnis

Abel, W. (1958):

Agrarpolitik. 2. Auflage, Göttingen

Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (1994):

Begriffe aus Ökologie, Landnutzung und Umweltschutz. Frankfurt/Main

Alsing, I. (Hrsg.) (1992):

Lexikon der Landwirtschaft. 3. Aufl. München

Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften (1999):

Verordnung (EG) Nr. 1257/1999 des Rates vom 17. Mai 1999 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Ausrichtungs- und Garantiefonds für die Landwirtschaft (EAGFL). Brüssel

Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften (2000):

Verordnung (EG) Nr. 1760/2000 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juli 2000 zur Einführung eines Systems zur Kennzeichnung und Registrierung von Rindern. Brüssel

Bauer, S. und Trötschler, P. (1999):

Ökonomische Ansätze für eine nachhaltige Landwirtschaft. In: Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft – Landwirtschaft im Spannungsfeld zwischen Ökologie, Ökonomie und Sozialwissenschaften. Berlin

Bernhardt, H. (2002):

Schüttguttransport in landwirtschaftlichen Betrieben Deutschlands.

Dissertation Universität Gießen

BMELF Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1993):

Agrar- und ernährungspolitischer Bericht der Bundesregierung 1993, Bonn

BMELF Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1994):

Die europäische Agrarreform. Bonn

BMELF Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1980):

Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 1980. Münster

BMELV Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2006):

Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2006. Berlin

BMELV Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz:

Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland. Mehrere Jahrgänge

BMVEL Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (2002a): Agenda 2000 - Pflanzlicher Bereich, Agrarumweltmaßnahmen. Bonn

BMVEL Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (2002b): Agenda 2000 - Tierprämien. Bonn

BMVEL Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (2005):

Meilensteine der Agrarpolitik – Umsetzung der europäischen Agrarreform in Deutschland. Berlin

Boguslawski, E. (1966):

Standortforschung. In: Schriftenreihe des Forschungsrates für Ernährung Landwirtschaft und Forsten Heft 1, Bad Godesberg

Boguslawski, E. (1981):

Ackerbau – Grundlagen der Pflanzenproduktion. Frankfurt/Main

Bossel, H. (1992):

Modellbildung und Simulation. Braunschweig/Wiesbaden

Brinkmann, T. (1922):

Die Ökonomik des landwirtschaftlichen Betriebes. In Grundriss der Sozialökonomik, Drittes Buch, Abteilung VII. Tübingen

Brockhoff, K. (1988):

Technischer Fortschritt II: im Betrieb. In: Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaften, Band 7 Soz-Tech. Stuttgart

Bundesgesetzblatt (1955):

Landwirtschaftsgesetz.

<http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/lwg/gesamt.pdf>

Bundesgesetzblatt (2004):

Verordnung über die Grundsätze der Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (DirektZahlVerpflV). Bonn

Dachverband Agrarforschung (DAF) (1995):

Ökologische Leistungen der Landwirtschaft – Definition, Beurteilung und ökonomische Bewertung -, Schriftenreihe Agrarspectrum Band 24. Frankfurt/Main

DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e.V.) (2004):

Die neue Betriebszweigabrechnung. Arbeiten der DLG Band 197. Frankfurt/Main

ESRI (2005):

GIS -Software Arc View 9.1

Europäische Union (2004):

Konsolidierte Fassung des Vertrags zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft. Amtsblatt Nr. C 235 vom 24. Dezember 2002.

<http://eur-lex.europa.eu/de/treaties/dat/12002E/htm/12002E.html>

Fleischrinderherdbuch Bonn (2006):

Auktionsergebnisse der Auktion Krefeld am 24.5.2006. Absetzer Fleischrinder und Kreuzungen.

<http://www.fhb-bonn.de/>

Friedrich, Christian (2001):

GIS-basierte Regionalisierung und Quantifizierung unscharfer Bodeninformationen mit Hilfe der Fuzzy-Set-Theorie. Dissertation Universität Gießen

Fröba, N. (1994):

Landwirtschaftliches Transportwesen. In: Landtechnik 5/1994. S. 264-266

Gabr, M. (1972):

Modelle zur Charakterisierung der Grenzertragsböden bei landwirtschaftlicher Nutzung. Dissertation Universität Gießen

Geisler, G. (1988):

Pflanzenbau – Ein Lehrbuch – Biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion. Berlin und Hamburg

Geschka, H. (1999):

Die Szenariotechnik in der strategischen Unternehmensplanung. In: Strategische Unternehmensplanung – Strategische Unternehmensführung. Heidelberg

Götze, U. (1991): Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung. Wiesbaden

Hampicke, U. (1991):

Naturschutz-Ökonomie, Stuttgart

Harrach, T. (2003):

Standortkundliche Bodenbeurteilung. Fortbildungsveranstaltung der Oberfinanzdirektion Frankfurt am Main am 08.12. 2003 in Gießen. Schriftliche Fassung des Vortrags. Gießen

Hartmann, E., Frieder, T., Luick, R., Bierer, J. und Poppinga, O. (2003):

Kurzfassungen der nach der Verordnung (EG) 1257/1999 kofinanzierten Agrarumweltprogramme der Bundesländer. In: Bundesamt für Naturschutz (BfN) Skripten 87

Heady, E.O. (1952):

Economics of Agricultural Production and Resource Use, New York

Heißenhuber, A. und Pahl, H. (1990):

Technischer Fortschritt im Widerstreit zwischen ökonomischen, ökologischen und ethischen Zielen - aus der Sicht von Mikroökonomern. In Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. Band 26 S. 241-249. Münster

Henrichsmeyer, W. (1988):

Agrarwirtschaft: räumliche Verteilung. In: Handwörterbuch der  
Wirtschaftswissenschaft, Band 1 A-Bil. Stuttgart

Henrichsmeyer, W. und Witzke, H.P. (1991):

Agrarpolitik - Band 1 - Agrarökonomische Grundlagen. Stuttgart

Heyland, K.U. (1990) :

Integrierte Pflanzenproduktion. Stuttgart

HMULV (Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum  
und Verbraucherschutz) (2000):

Hessisches Landschaftspflegeprogramm 2000 (HELP 2000) – Richtlinien für  
die Durchführung des Hessischen Landschaftspflegeprogramms. Wiesbaden

HMULV (Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum  
und Verbraucherschutz) (2003):

Hessisches Kulturlandschaftsprogramm - HEKUL-Richtlinien vom 22.  
Dezember 2003. Wiesbaden

HMULV (Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum  
und Verbraucherschutz) (2004):

Richtlinien für die Förderung landwirtschaftlicher Betriebe in benachteiligten  
Gebieten 2004 (RL-AGZ 2004), Wiesbaden

Hummelsheim, S. und Krell, R. (1998):

Das Lahn-Dill-Bergland – Deskriptive Analyse des Gebietes und der  
umliegenden Gemeinden. SFB 299, Teilprojekt D 3, Forschungsbericht Nr.2.  
Gießen

HVBG (Hessische Verwaltung für Bodenmanagement  
und Geoinformation) (2006):

Digitale Orthophotos. Wiesbaden

HVBG (Hessische Verwaltung für Bodenmanagement  
und Geoinformation) (2006):

Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK-Daten). Wiesbaden

Jacob, M. (2003):

Ökonomische Analyse extensiver Verfahren der Mutterkuh- und Schafhaltung auf der Basis von Plankostenleistungsrechnungen. Dissertation Universität Gießen

Jäger, P. (1991):

Zeitbedarf von Feldarbeiten. In: Landtechnik 1/ 2 – 1991, S. 69-71, Darmstadt

Kirchgeßner, M. (1997):

Tierernährung – Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. Frankfurt/Main

Kreher, R. und Hesselbach, J. (1969):

Arbeits- und Zugkraftbedarfszahlen. In: KTBL-Kalkulationsunterlagen für Betriebswirtschaft, Band 1, Teil III. Frankfurt/Main

Krumpholz, M. (2006):

Auswirkungen agrarordnungs- und finanzpolitischer Maßnahmen auf die regionale Landnutzung. Dissertation in Vorbereitung, Universität Gießen

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.)

(2002a):

AVOR Win 2.0. Kapazitätsplanung in der Außenwirtschaft. Darmstadt

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.)

(2002b):

Makost 3.1. Darmstadt

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.)

(2002c):

Taschenbuch Landwirtschaft 2002/03. 21. Auflage. Münster

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.)

(2004):

Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/05. Darmstadt

Kuhlmann, F. (2003):

Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft. Frankfurt/Main

Kuhlmann, F. , Schroers, J.O. und Weinmann, B. (2005):  
Nutzungspotenziale der extensiven Fleischrinderhaltung: Chancen durch neue Technologien und die Reform der Agrarpolitik? - Analysen mit dem GIS-basierten Modell ProLand. In: Deutscher Grünlandverband e.V., Schriftenreihe 2/2005. Berlin

Kuhlmann, F., Möller, D. und Weinmann, B. (2002):  
Modellierung der Landnutzung - Regionshöfe oder Rasterlandschaft ? In: Berichte über Landwirtschaft, Band 80, S. 351 – 392. Münster

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2006):  
Landschaftspflege 2005. 5. überarbeitete Auflage. Darmstadt

Landwirtschaftliches Wochenblatt Hessen, Rheinland-Pfalz:  
Verschiedene Ausgaben, Jahrgänge 2005 und 2006. Friedrichsdorf

Landwirtschaftskammer Hannover (2002):  
Richtwertdeckungsbeiträge 2002. Fachlicher Informationsdienst. Sonderheft B/2002. Hannover

Luick, R., Hartmann, E., Frieder, T. und Poppinga, O. (2001):  
Abschlussbericht des F+E Vorhabens ‚Agrarumweltmaßnahmen in der Bundesrepublik Deutschland – Analyse der Umsetzung aus der Sicht des Natur-, Umwelt- und Ressourcenschutzes: Effektivität, Schwachstellen und Weiterentwicklung‘.  
[http://www.fh-rottenburg.de/lehre/daten/luick\\_agrarumweltprog.pdf](http://www.fh-rottenburg.de/lehre/daten/luick_agrarumweltprog.pdf)

Mährlein, A. (1993):  
Kalkulationsdaten für die Grünlandbewirtschaftung unter Naturschutzaufgaben. KTBL Arbeitspapier 179. Darmstadt

Möller, D. (1998):  
ProLand: Von der Standortbewertung zur regionalen Landnutzungsplanung: das Modellsystem ProLand. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 88, S. 349-352

Möller, D., Weinmann, B., Kirschner, M. und Kuhlmann, F. (1999):  
GIS-basierte Simulation regionaler Landnutzungsprogramme. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus, Band 35, S. 183- 190

Möser, J. (1996):

Zur Wirtschaftlichkeit der gemeinschaftlichen Flächennutzung in zersplitterten Feldfluren, Dissertation Univ. Gießen

Müller, M., Schmitz, P.M., Thiele, H. und Wronka, T. (2001):

Integrierte ökonomische und ökologische Bewertung der Landnutzung in peripheren Regionen. In: Berichte über Landwirtschaft, Band 79 Heft 1. Münster

Nieberg, H. (1997):

Produktionstechnische und wirtschaftliche Folgen der Umstellung auf ökologischen Landbau – empirische Ergebnisse aus fünf Jahren ökonomischer Begleitforschung zum Extensivierungsprogramm. Arbeitsbericht 1/97. FAL Braunschweig-Völkenrode

Niggemann, J. (1970):

Zum Begriff Grenzertragsboden. In: Innere Kolonisation, 19. Jahrgang. Bonn

Niggemann, J. (1972):

Das Problem der landwirtschaftlichen Grenzertragsböden. In: Berichte über Landwirtschaft. Band XLIX, Heft 3. S. 473 – 549. Hamburg und Berlin

OECD (2001):

Multifunktionalität: Auf dem Weg zu einem analytischen Rahmen. Paris

Opitz von Boberfeld, W. (1994):

Grünlandlehre: biologische und ökologische Grundlagen. Stuttgart

Osterburg, B. (2002):

Agrarumweltprogramme in Deutschland und ihre Bedeutung für den Natur- und Artenschutz. In: Schriftenreihe des BMELV, Heft 494, S. 215 - 220. Münster

Pfahler, K. (1986):

Einfluss der Hangneigung auf die Verfahrenstechnik am Beispiel des Anbaus von Getreide und Körnermais - eine Grundlage für die Bewertung hängiger Flurstücke. In: Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG), Nr. 119, Dissertation Universität München-Weihenstephan

- Redelberger, H. (2000):  
Betriebsplanung im ökologischen Landbau. Handbuch für Beratung und Praxis.  
Mainz
- Reisch, E. und Zeddies, J. (1977):  
Einführung in die landwirtschaftliche Betriebslehre – Spezieller Teil. Stuttgart
- Ricardo, D. (1922):  
Grundsätze der politischen Ökonomie und der Besteuerung. In: Neumark, F.  
(Hrsg.) (1972): David Ricardo. Frankfurt/Main
- Ruppert, K. (1958):  
Zur Definition des Begriffs Sozialbrache. Erdkunde 12.  
Zitiert bei Niggemann (1972)
- Scheffer, F. (1966):  
Charakterisierung des Bodens als Standortfaktor landwirtschaftlicher  
Produktion. In Schriftenreihe des Forschungsrates für Ernährung  
Landwirtschaft und Forsten, Heft 1. Bad Godesberg
- Schmidt, F. (2000):  
Nutzung von digitalen Geländemodellen (DGM) im Modell preagro. In:  
Landtechnik 3/2000, S. 259; Münster
- Seufert, H., Schwarz, H.P. (1999):  
Betriebsgebäudesysteme für Grünlandbewirtschaftung mit Tierhaltung in  
peripheren Regionen. Sonderforschungsbereich 299 der DFG. Arbeits- und  
Ergebnisbericht 1997-1999. Universität Gießen
- Seuster, H. und Gabr, M. (1973):  
Landwirtschaftliche Grenzböden und Grenzbetriebe unter dynamischen  
Aspekten. In: Berichte über Landwirtschaft, Band 51, S. 425 – 451. Münster
- Sheridan, P. (2006):  
Experimentelle Standortwirkungsforschung – Raumbezogene  
Sensitivitätsanalysen im Landnutzungsmodell ProLand. Dissertation in  
Vorbereitung, Universität Gießen.

- Sonderforschungsbereich 299 der DFG (Hrsg.) (1999):  
Landnutzungskonzepte für periphere Regionen. Fortsetzungsantrag 2000-2002. Universität Gießen
- Sonderforschungsbereich 299 der DFG (Hrsg.) (2005):  
Landnutzungskonzepte für periphere Regionen. Fortsetzungsantrag 2006-2008  
Band 1. Universität Gießen
- Stackelberg, H. von (1951):  
Grundlagen der theoretischen Volkswirtschaftslehre. 2. Aufl. Tübingen.
- Statistisches Bundesamt (2006):  
Durchschnittliche Bruttoverdienste der Arbeiter/-innen im Produzierenden  
Gewerbe.  
<http://www.destatis.de/indicators/d/lrver07ad.htm>
- Steiner, R. (1994):  
Theorie und Praxis relationaler Datenbanken. 3. Auflage. Braunschweig
- Thünen, J.H. von (1875):  
Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie. 3.  
Aufl. Berlin
- Weinmann, B. (2002):  
Mathematische Konzeption und Implementierung eines Modells zur Simulation  
regionaler Landnutzungsprogramme. Agrarwirtschaft Sonderheft 174. Bergen
- Weinmann, B., Schroers, J.O. und Sheridan, P. (2005):  
Spatially explicit land-use modeling as basis for multifunctional land-use  
evaluation – The land use model ProLand. International Conference:  
Multifunctionality of landscapes – Analysis, evaluation and decision support.  
Gießen
- Weinmann, B., Schroers, J.O. und Sheridan, P. (2006):  
Simulating the effects of decoupled transfer payments using the land use  
model ProLand. In: Agrarwirtschaft Heft 5/6. Jahrgang 55. Frankfurt/Main

Weinschenk, G. und Henrichsmeyer, W. (1966):

Zur Theorie und Ermittlung des räumlichen Gleichgewichts der landwirtschaftlichen Produktion. In Berichte über Landwirtschaft, Band XLIV. Hamburg und Berlin

Willer, H. (1967):

Technischer Fortschritt und Landwirtschaft. Hamburg