

Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues  
der Technischen Universität München

**Entwicklung und Anwendung eines agentenbasierten  
Landnutzungsmodells unter besonderer Berücksichtigung der  
Betriebsleitereinstellung**

Norbert Röder

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Agrarwissenschaften (Dr. agr.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. Alois Heißenhuber

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. Helmut Hoffmann
2. Univ.-Prof. Dr. Klaus Salhofer

Die Dissertation wurde am 12.07.2007 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 15.10.2007 angenommen.

*"Remember that all models are wrong; the practical question is how wrong do they  
have to be to not be useful."*

(BOX & DRAPER, 1987, S. 424)

## **Danksagung**

Nach Abschluss meiner Dissertation möchte ich allen herzlich danken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben:

Herrn apl. Prof. Dr. Helmut Hoffmann für die Überlassung des Themas und die Betreuung der Arbeit als Doktorvater, für seine Hinweise und Anregungen, aber vor allem für seine Förderung und Unterstützung und den gewährten Freiraum, Herrn Prof. Dr. Klaus Salhofer für die Übernahme des Koreferats, und Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. Alois Heißenhuber für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes.

Herrn Dr. Jochen Kantelhardt für die freundschaftliche Betreuung, Unterstützung und Motivation während der gesamten Zeit meiner Promotion.

Herrn Dr. Martin Kapfer für die Überlassung des Datensatzes mit den wirtschaftlichen Koeffizienten der Produktionsverfahren und Betriebstypen und insbesondere für die anregenden Diskussionen.

Frau Niemeyer und Frau Gueydon für die gute Zusammenarbeit im Rahmen des EU-Forschungsprojektes LACOPE.

Des Weiteren möchte ich allen Landwirten, die an der Betriebserhebung teilgenommen haben und ihre InVeKoS-Daten zur Verfügung stellten meinen besonderen Dank aussprechen.

Danken möchte ich auch allen Kolleginnen und Kollegen am Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues für eine erlebnisreiche und bereichernde Zeit.

Ferner möchte ich mich insbesondere bei meinen Mitbewohnern für ihre Langmut und Toleranz danken, die sie zeigten, wenn ich nach weniger erfolgreichen Tagen im Büro zu Hause meine Saxophone malträtierte. Nicht zuletzt gehört mein außerordentlicher Dank meinen Eltern.

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
1.1	Problemstellung .....	1
1.2	Zielsetzung.....	2
1.3	Aufbau der Arbeit .....	2
2.	Vergleich bestehender Ansätze zur Modellierung der Landnutzung.....	4
2.1	Ausgewählte Ansätze.....	5
2.2	Einordnung in bestehende Klassifizierungssysteme.....	7
2.2.1	Klassifizierungssysteme ausgehend vom Ziel der Modellierung und der angewendeten Methodik .....	7
2.2.2	Klassifizierungssysteme ausgehend von der Komplexität der Abbildung der Modellgegenstände .....	9
2.2.2.1	Abbildung des Raumes.....	11
2.2.2.2	Abbildung der Zeit .....	15
2.2.2.3	Abbildung menschlicher Entscheidungsprozesse .....	17
2.2.3	Überlegungen zur Dynamik von Landnutzungsmodellen mit ökonomischer Komponente.....	18
2.2.4	Verwendete Indikatoren zum Vergleich von agrarökonomischen Landnutzungsmodellen.....	20
2.3	Ergebnisse des Modellvergleichs.....	22
2.3.1	Abbildung des Raumes .....	25
2.3.2	Abbildung der Zeit.....	28
2.3.3	Abbildung der Agenten.....	29
2.4	Konsequenzen für die eigene Modellentwicklung.....	34
3.	Grundkonzept des Modells und formale Modellstruktur.....	38
3.1	Modellbetrieb.....	38
3.2	Betriebstyp .....	41
3.2.1	Module .....	41
3.2.2	Ermittlung der Kosten von Investitions- und Desinvestitionsentscheidungen .....	45
3.3	Flächen und räumliche Lage.....	48
3.4	Produktionsverfahren.....	49
3.4.1	Pflanzenbau.....	50
3.4.2	Tierhaltung.....	51

3.5	Märkte.....	53
3.6	Abbildung zeitlicher Aspekte im Modell.....	53
4.	Betriebsleitereinstellung .....	56
4.1	Ableitung der Betriebsleitereinstellung .....	56
4.2	Abbildung der Betriebsleitereinstellung im Modellbetrieb .....	59
4.2.1	Arbeitsumfang und Lohnansatz .....	60
4.2.2	Gewichtung kalkulatorischer Kosten vorhandener Investitionsgüter.....	62
4.2.3	Unternehmergewinn.....	64
4.3	Verwendung der Betriebsleitereinstellung zur Justierung der Landnutzung des Agenten.....	65
4.3.1	Schritt 1: Festlegung der Arbeitskraftkapazität .....	69
4.3.2	Schritt 2: Festlegung der Opportunitätskosten der Arbeit .....	70
4.3.3	Schritt 3: Festlegung der Höhe des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten für Investitionsgüter.....	72
4.3.4	Schritt 4: Festlegung der Höhe des Unternehmergewinns.....	73
4.4	Implikationen bestimmter Initialisierungen einzelner Stellgrößen auf das Verhalten der Agenten im Rahmen der Modellierung .....	75
4.4.1	Besonderheiten bei der Implementierung einzelner Stellgröße.....	76
4.4.2	Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Stellgrößen im Justierungsprozess.....	77
4.4.2.1	Wechselwirkung zwischen der Höhe des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter und dem Mindestgewinn .....	77
4.4.2.2	Wechselwirkung zwischen der Höhe des Lohnansatzes und dem Mindestgewinn.....	79
4.4.2.3	Wechselwirkung zwischen der Höhe des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter und dem Lohnansatz.....	82
4.4.3	Abschließende Anmerkungen.....	84
5.	Entwicklung eines Marktmodells für Produktionsfaktoren .....	86
5.1	Nelder-Mead-Simplex-Algorithmus .....	92
5.2	Erweiterungen des Nelder-Mead-Algorithmus.....	96
5.2.1	Gewährleistung der Regularität der Matrizen.....	97
5.2.2	Kombination mit zielgerichteten Optimierungsschritten.....	98
5.2.3	Entwicklung einer Fitnessfunktion .....	104
5.2.3.1	Modellierung nur eines Marktes .....	105
5.2.3.2	Ordinale Reihung von Preiskombinationen bei Markträumung .....	107

5.2.3.3	Berücksichtigung negativer Pachtpreise .....	108
5.2.3.4	Erweiterung auf mehrere Märkte .....	110
5.3	Implementierung und Parametrisierung der Fitnessfunktion.....	113
6.	Technische Aspekte .....	117
6.1	Aufbau des Programms.....	117
6.1	Strukturierung der Datenbank.....	118
6.2	Einzelbetriebliche lineare Optimierung .....	119
6.3	Benutzeroberfläche des Modells.....	124
6.3.1	Datenverwaltung .....	125
6.3.2	Dateneingabe .....	125
6.3.3	Rechenvorschriften .....	127
6.3.4	Kalkulationen.....	128
6.3.5	Datenauswertung .....	128
7.	Fallbeispiel „Weidegemeinschaft Garmisch e. G.“ .....	130
7.1	Material und Methoden.....	131
7.1.1	Untersuchungsgebiet.....	131
7.1.2	Struktur der Landwirtschaft in Garmisch-Partenkirchen.....	131
7.1.3	Weidegemeinschaft Garmisch e. G. ....	133
7.1.4	Betriebe der Weidegemeinschaft Garmisch e. G.....	134
7.1.5	Produktionsverfahren und Betriebstypen.....	135
7.2	Methodik.....	140
7.3	Szenarien.....	142
7.4	Implementierung und Justierung der Modellbetriebe.....	145
7.5	Ergebnisse.....	150
7.5.1	Szenarien mit einer aktiven Betriebsleitereinstellung und ohne Investitionsmöglichkeit .....	151
7.5.2	Szenarien mit einer passiven Betriebsleitereinstellung und ohne Investitionsmöglichkeit .....	157
7.5.3	Szenarien mit der Möglichkeit der Investition .....	162
7.6	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse der Modellrechnungen.....	169
7.7	Schlussfolgerungen und Empfehlungen .....	177
8.	Beurteilung und Weiterentwicklung des Modellansatzes.....	181
9.	Zusammenfassung .....	185
10.	Summary.....	189
11.	Literatur .....	193

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Methodologisches Konzept zur Klassifikation von Landnutzungsmodellen anhand der Komplexität der Abbildung verschiedener Aspekte .....	11
Abb. 2: Mögliche Wechselwirkungen zwischen der Landnutzung von einzelnen Flächeneinheiten.....	14
Abb. 3: Schematische Abbildung zwischen den Landnutzern und der Flächennutzung .....	15
Abb. 4: Prinzipieller Ursache-Wirkungszusammenhang von Landnutzungsmodellen mit einer ökonomisch fundierten Entscheidungseinheit.....	19
Abb. 5: Zentrale Einheiten des Modells und ihre wesentlichen Eigenschaften.....	39
Abb. 6: Beziehung der einzelnen Elemente eines Modellbetriebes .....	50
Abb. 7: Vereinfachtes Schema eines Regelkreises zur Implementierung der Betriebsleiter-einstellung .....	65
Abb. 8: Sequentielles Schema für die Implementierung der Betriebsleitereinstellung.....	68
Abb. 9: Mögliche Verhältnisse des geforderten Mindestgewinns ( $profit_{MIN}$ ) zum prozentualen Ansatz der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter ( $ankk$ ) für einen gegebenen Agenten .....	78
Abb. 10: Höhe des geforderten Mindestarbeitsertrages ( $ae_{MIN}$ ) in Abhängigkeit vom geleisteten Arbeitszeitaufwand ( $l_{TOT}$ ).....	81
Abb. 11: Verlauf der aggregierten Nachfragefunktion in Abhängigkeit vom Pachtpreis.....	90
Abb. 12: Ablaufschema des Nelder-Mead-Simplex-Algorithmus (NMA) im zweidimensio-nalen Raum.....	95
Abb. 13: Einbettung des NMA in den übergeordneten Programmfluss .....	99
Abb. 14: Ablaufskizze der zielgerichteten Optimierung.....	100
Abb. 15: Ableitung des Korrekturvektors $k$ .....	101
Abb. 16: Mehrdimensionale zielgerichtete Optimierung.....	102
Abb. 17: Eindimensionale zielgerichtete Optimierung.....	103
Abb. 18: Veränderung des Umfanges der nachgefragten Fläche bei steigendem Pachtpreis .....	106
Abb. 19: Komponenten des Modells.....	117
Abb. 20: Übersicht über die Gliederung der Daten der einzelbetrieblichen LP-Matrix .....	123
Abb. 21: Benutzeroberfläche zur Datenverwaltung.....	125
Abb. 22: Benutzeroberfläche zur Festlegung der Pflanzenbauverfahren.....	127
Abb. 23: Benutzeroberfläche zur Festlegung der Rechenvorschriften .....	128
Abb. 24: Übersicht über die aufbereiten einzelbetrieblichen Informationen.....	129

Abb. 25: Betriebsgrößenstruktur in Garmisch-Partenkirchen im Jahr 2003 .....	132
Abb. 26: Vergleich der Güte der Abbildung der Ist-Situation für verschieden Varianten mit und ohne betriebliche Differenzierung der Justierungsgrößen basierend auf dem Szenario <i>Ref</i> .....	149
Abb. 27: Deckungsbeitrag, Höhe der staatlichen Zahlungen und gewichteter Pachtpreis für Neupachtflächen unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und aktiver Justierung der Agenten .....	152
Abb. 28: Strukturwandel unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Inves- titionsmöglichkeiten und aktiver Justierung der Agenten.....	153
Abb. 29: Verteilung der Flächenausstattung der Betriebe unter verschiedenen Rahmen- bedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und aktiver Justierung der Agenten .....	154
Abb. 30: Art der Flächenbewirtschaftung unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und aktiver Justierung der Agenten .....	155
Abb. 31: Verteilung der Flächen entsprechend der betrieblichen Besatzdichten unter verschie- denen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und aktiver Justierung der Agenten.....	156
Abb. 32: Deckungsbeitrag, Höhe der staatlichen Zahlungen und gewichteter Pachtpreis für Neupachtflächen unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investi- tionsmöglichkeiten und passiver Justierung der Agenten .....	158
Abb. 33: Strukturwandel unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und passiver Justierung der Agenten .....	159
Abb. 34: Verteilung der Flächenausstattung der Betriebe unter verschiedenen Rahmen- bedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und passiver Justierung der Agenten .....	160
Abb. 35: Art der Flächenbewirtschaftung unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und passiver Justierung der Agenten .....	161
Abb. 36: Verteilung der Flächen entsprechend der betrieblichen Besatzdichten unter verschie- denen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und passiver Justierung der Agenten.....	162
Abb. 37: Deckungsbeitrag, Höhe der staatlichen Zahlungen und gewichteter Pachtpreis für Neupachtflächen unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Zulassung von baulichen Investitionen .....	163



---

Abb. 38: Strukturwandel unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Zulassung von baulichen Investitionen .....	165
Abb. 39: Flächenausstattung der Modellbetriebe unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Zulassung von baulichen Investitionen .....	166
Abb. 40: Art der Flächenbewirtschaftung unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Zulassung von baulichen Investitionen .....	167
Abb. 41: Verteilung der Flächen entsprechend der betrieblichen Besatzdichten unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Zulassung von baulichen Investitionen.....	168

## Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
Abb.	Abbildung
AKh	Arbeitskraftstunde
ASNL	Agrarsektormodell Neue Länder
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
AZ	Ausgleichszulage
BGBI.	Bundesgesetzblatt
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
CAP	common agricultural policy
CORINE	Coordination of Information on the Environment
CP	Compromise Programming
d. h.	das heißt
e. G.	eingetragene Genossenschaft
EU	Europäische Union
EUR	Euro
EVOP	Evolutionäre Optimierung
evtl.	eventuell
f.	folgend
ff.	folgende
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GHz	Gigahertz
GUI	Graphische Benutzeroberfläche (graphical user interface)
GV	Großvieheinheit
GV <sub>korr</sub>	Viehbestand in GV korrigiert um die Dauer der Alpungsperiode
ha	Hektar
incl.	inklusive
InVeKoS	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
KuLaP	Kulturlandschaftsprogramm
Kap.	Kapitel
l	Liter
LF	landwirtschaftlich genutzte Fläche

---

LP	Lineare Programmierung / Lineare Optimierung
LPG	Lexicographic Programming
m ü. NN	Meter über Normalnull
m	Meter
MB	Megabyte
mm	Millimeter
MoDAM	Multi-Objective Decision support tool for Agro-ecosystem Management
MS	Microsoft
NMA	Nelder-Mead-Simplex-Algorithmus
o. J.	ohne Jahr
PMP	Positive mathematische Programmierung
PriModell	Agrarsektormodell im Rahmen des Projektes PrimAlp
Proland	Prognosis of land use
RAUMIS	Regionalisiertes Agrar- und Umweltinformationssystem
S.	Seite
s.	siehe
SFarMod	Silsoe Farm model
SG	Schlachtgewicht
Tab.	Tabelle
u. a.	unter anderem
v. a.	vor allem
VBA	Visual Basic for Application
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht über die untersuchten Modelle .....	6
Tab. 2: Klassifikation von Modellen zur Simulation von anthropogenen und natürlichen Landschaftsänderungen, ausgehend von den Zielen und der zeitlichen Perspektive des Modells.....	8
Tab. 3: Stufen der Integration des menschlichen Einflusses in Landnutzungsmodelle .....	17
Tab. 4: Für den Vergleich der Landnutzungsmodelle ausgewählte Gruppen von Indikatoren.....	21
Tab. 5: Referenzgebiete der Modelle und Zeithorizont für die Modellierung .....	23
Tab. 6: Ziele der Modellentwicklung.....	24
Tab. 7: Funktionale Basiselemente der Modelle.....	25
Tab. 8: Strukturelle Aspekte bei der Abbildung des Raumes im Rahmen der ökonomischen Kalkulationen in den einzelnen Modellen.....	26
Tab. 9: Implementierung des Raumes im Rahmen der ökonomischen Kalkulationen in den einzelnen Modellen .....	27
Tab. 10: Differenzierung der Flächen in den Modellen hinsichtlich qualitativer Eigenschaften (intrinsische Flächeneigenschaften) .....	28
Tab. 11: Abbildung der zeitlichen Variabilität von Preisen und Erträgen in den Modellen.....	29
Tab. 12: Referenz, Zahl und Zielgröße der abgebildeten Agenten in den Modellen.....	30
Tab. 13: Unterschiedliche Möglichkeiten der Initialisierung der Agenten hinsichtlich ausgewählter physikalischer Eigenschaften .....	31
Tab. 14: Differenzierung der Agenten in den Modellen hinsichtlich ihrer Fähigkeiten und Ziele.....	32
Tab. 15: „Entscheidungsspielraum“ der Agenten in den Modellen .....	33
Tab. 16: Zahl der kurz- und langfristigen Anpassungsstrategien bzw. Reaktionsmöglichkeiten der Agenten .....	33
Tab. 17: Interaktionsmöglichkeiten der Agenten.....	34
Tab. 18: Verhalten des Agenten in Abhängigkeit von seiner Zufriedenheit und seiner Einschätzung der Zukunft.....	37
Tab. 19: Auszug aus der Grundlagentabelle mit den Kapazitäten und Fixkosten der Module.....	41
Tab. 20: Auszug aus der Grundlagentabelle mit den variablen Kosten, Arbeitsansprüchen und sonstigen Merkmalen der Produktionsverfahren.....	42
Tab. 21: Überblick über die im Modell verwendeten Modulklassen.....	43

Tab. 22: Relative Verfügbarkeit von Arbeit und Kapital im Betrieb in Abhängigkeit von der Lebensphase der Familie des Betriebsleiters .....	58
Tab. 23: Überblick über die im Rahmen der Justierung der Betriebsleitereinstellung verwendeten Sollwerte, Regel- und Stellgrößen .....	66
Tab. 24: Überblick über die im Rahmen der Justierung verwendete Optimierungsmodelle und -größen .....	69
Tab. 25: Auswirkung der Festlegung des Lohnansatzes ( $la$ ) und des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten ( $ankk$ ) auf den Mindestgewinn ( $profit_{MIN}$ ) bei gegebenem Betriebstyp und konstantem Gesamtdeckungsbeitrag .....	76
Tab. 26: Auswirkung der unterschiedlichen Parametrisierung der Stellgrößen auf das Verhalten des Agenten in den Simulationsrechnungen unter der Bedingung einer gegebenen Wirtschaftlichkeit des Modellbetriebes in der Initialisierung .....	83
Tab. 27: Überblick über die im einzelbetrieblichen LP verwendeten Gruppen von Restriktionen und Aktivitäten .....	121
Tab. 28: Kennzahlen zur Agrarstruktur in Garmisch-Partenkirchen .....	132
Tab. 29: Kennzahlen der im Modell abgebildeten Betriebe für das Jahr 2004 .....	135
Tab. 30: Differenzierung der im Modell abgebildeten Verfahren der Flächennutzung basierend auf den Angaben der Betriebsleiter .....	137
Tab. 31: Differenzierung der im Modell abgebildeten Tierhaltungsverfahren hinsichtlich tierischer Leistung, Zusammensetzung der Futtermittel und der Nutzung der Flächen der Gemeinschaftsweiden .....	138
Tab. 32: Zuordnung der Tierhaltungsverfahren zu den Stalltypen .....	139
Tab. 33: Verwendete Datengrundlagen .....	139
Tab. 34: Überblick über die im Rahmen der Szenarien veränderten Preise und Förderungen ....	144
Tab. 35: Übersicht über die berechneten Varianten .....	145
Tab. 36: Messgenauigkeit, mit der die Stellgrößen bei der Justierung festgelegt werden .....	146
Tab. 37: Pachtpreise für Neupachtflächen in Abhängigkeit von der Betriebsleitereinstellung und den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen .....	170
Tab. 38: Cash-Flow, Kapitalkosten und Abschreibungen pro geleisteter Arbeitsstunde im Durchschnitt der Betriebe in Abhängigkeit von der Betriebsleitereinstellung und den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen .....	171
Tab. 39: Wahrscheinlichkeit der Hofnachfolge in Abhängigkeit von der Bedeutung der Landwirtschaft für das Haushaltseinkommen von Betrieben im bayerischen Alpenraum .....	173

---

Tab. 40: Milch- und Fleischerzeugung pro ha in Abhängigkeit von der Betriebsleiter- einstellung und den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.....	175
--	-----

## Glossar

**Landnutzungsmodell:** Computerprogramm, das basierend auf Algorithmen den Umfang und / oder die Verteilung von verschiedenen Arten der Flächennutzung ermittelt.

**Agent:** ein Computer System, welches die Fähigkeit besitzt, zum Erreichen seiner Ziele autonom Aktionen auszuführen. Ein Agent überprüft über Sensoren seine Umgebung und kann diese über Aktionen verändern. Ein Agent hat dabei allerdings nicht notwendigerweise die totale Kontrolle über seine Umgebung (nach HARE & DEADMAN, 2004).

**Basiselement:** kleinste Einheit im Modell in räumlicher oder funktionaler Hinsicht, die nicht weiter aufgelöst werden kann. Ein Basiselement hat eine oder mehrere Eigenschaften. Die Ausprägung seiner Eigenschaften kann entweder durch andere Modellelemente beeinflusst werden, und / oder beeinflusst selbst den Zustand anderer Elemente.

**Betriebstyp:** im Rahmen der Modelle exogen vorgegebene Kombination aus verschiedenen Investitionsgütern (Maschinen und Wirtschaftsgebäude).

**Betriebsleitereinstellung:** im Rahmen der Modellierung verwendeter Sammelbegriff für mehrere Stellgrößen, die für eine zwischen den Agenten unterschiedliche Gewichtung einzelner Komponenten innerhalb der einzelbetrieblichen Rentabilitätsrechnung sorgen. Dies führt dazu, dass sich die Agenten hinsichtlich der Art und des Umfangs der von ihnen ausgewählten Produktionstechniken, ihrer Neigung, Investitionen zu tätigen und ihrer Bereitschaft, die landwirtschaftliche Tätigkeit einzustellen, unterscheiden.

**Strukturtyp:** kleinste gemeinsame Flächengeometrie, die durch die Kombination ihres Standortpotentials und der Flächenstruktur eindeutig definiert ist.

# 1. Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Die Landnutzung einer Region wird von zahlreichen wirtschaftlichen, sozialen, biotischen und abiotischen Faktoren beeinflusst. Die Art und Weise der Landnutzung ihrerseits hat zahlreiche Auswirkungen auf den Zustand dieser Faktoren sowie auf die Bereitstellung von wirtschaftlichen Gütern. Insbesondere die landwirtschaftliche Flächennutzung verdient hier besonderes Augenmerk. Zum einen beansprucht die Landwirtschaft einen Großteil der Landfläche vieler Staaten. 2001 nutzte die Landwirtschaft 53,5 % der Landfläche Deutschlands (Statistisches Bundesamt, 2004). Aus dem großen Flächenanspruch der Landwirtschaft ergibt sich unmittelbar, dass die Landbewirtschaftung signifikante Auswirkungen auf den Zustand abiotischer, biotischer und ästhetischer Ressourcen hat.

Die Landnutzung einer Region ist nicht statisch, sondern reagiert auf äußere Einflussfaktoren. So kann ein Wandel der Landnutzung auf Veränderungen des Klimas, der Handelsvereinbarungen (z. B. Liberalisierung von Märkten), der Lebensgewohnheiten (z. B. Zersiedelung der Landschaft) oder der gesetzlichen Auflagen zurückzuführen sein. Insbesondere politische Entscheidungen spielen im Bereich der Landwirtschaft eine große Rolle. So steht die Landwirtschaft aufgrund aktueller agrarpolitischer Entwicklungen wie der Liberalisierung der Agrarmärkte und der Entkoppelung der Förderung unter starkem Anpassungsdruck, sodass zumindest in einzelnen Regionen Anpassungen der Landbewirtschaftung zu erwarten sind. Ferner ist selbst eine hochmoderne Landwirtschaft stark von den natürlichen Standortgegebenheiten abhängig. In diesem Zusammenhang ist es wahrscheinlich, dass mögliche Veränderungen der Wachstumsbedingungen im Rahmen des globalen Klimawandels unmittelbare und gravierende Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Landnutzung haben können. Die Anpassungsmaßnahmen der Landbewirtschaftung beeinflussen ihrerseits den Zustand der Umwelt. Änderungen im Bereich der Landbewirtschaftung gelten seit langem als die maßgebliche Ursache für die zunehmende Gefährdung vieler ehemals häufiger Arten in Europa (z. B. DONALD *et al.*, 2001).

Insbesondere in Grenzertragslagen wird die Landwirtschaft nicht nur aus betriebswirtschaftlichen Gründen aufrechterhalten (LEHNER-HILMER, 1999, S. 316 ff.; DAX *et al.*, 1995, S. 98). So bewirt-



schaften 38 % der Betriebe im Agrargebiet Alpen weniger als 10 ha (BayStaD, 2006). In diesen Grenzertragslagen wird der Landbewirtschaftung ein hoher Stellenwert beigemessen, da sie vielfach die Grundlage für die touristische Nutzung dieser Gegenden ist. Gleichzeitig trägt die oftmals traditionelle Landbewirtschaftung maßgeblich zur Erhaltung der hohen Biodiversität in diesen Regionen bei (SRU, 2002, S. 312, EEA 2004, S. 15).

## *1.2 Zielsetzung*

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ein Modell zu entwickeln, mit dem die Auswirkungen von Veränderungen der ökonomischen Rahmenbedingungen auf die Landnutzung einer Region abgeschätzt werden können. Dieses Modell soll insbesondere zur *ex-ante* Analyse und zur ökonomischen Bewertung von unterschiedlichen Politikoptionen dienen und damit eine Hilfe für politische Entscheidungsträger bieten. Die Landnutzung ist neben globalen und nationalen Einflussgrößen auch stark von den lokalen Gegebenheiten geprägt. Dazu gehören die Agrarstruktur, die natürlichen Standortbedingungen, die Verfügbarkeit von außerlandwirtschaftlichen Beschäftigungsmöglichkeiten oder die Relevanz von ordnungsrechtlichen Vorgaben durch Schutzgebiete. Aus diesem Grund setzt das Modell auf der lokalen Ebene an. Um Aussagen für größere räumliche Einheiten (wie z. B. Bundesländer) abzuleiten, müssen für mehrere typische Kleinregionen dieselben Szenarien berechnet und anschließend zusammengefasst werden. Dies setzt eine einfache Übertragbarkeit des Modellansatzes voraus und erfordert eine Modellstruktur, die sehr flexibel ist und möglichst geringe Anforderungen an die Quantität und Qualität der erforderten Daten stellt. Ein vorrangiges Ziel der Modellentwicklung ist die Berücksichtigung von unterschiedlichen Zielen der Betriebsleiter in einem solchen Modellansatz. Darüber hinaus soll das Modell Kenngrößen liefern, auf deren Basis eine naturschutzfachliche Bewertung der Alternativen vorgenommen werden kann.

## *1.3 Aufbau der Arbeit*

Im Anschluss an die Einleitung wird im zweiten Kapitel ein Überblick über bestehende agrarökonomische Ansätze zur Landnutzungsmodellierung gegeben. Der Schwerpunkt dieses Kapitels liegt auf der Darstellung, wie die verschiedenen Modelltypen ihren Untersuchungsgegenstand abbilden. Hierzu wird ein Satz von Indikatoren entwickelt, um einzelne typische Modellansätze

näher zu beschreiben.

Im anschließenden Kapitel 3 wird der eigene Modellansatz vorgestellt. Es wird insbesondere dargelegt, wie das betriebliche Investitionsverhalten, die Faktorausstattung der Betriebe und verschiedene Produktionsverfahren in das Modell eingebettet werden. Der Schwerpunkt von Kapitel 4 ist der methodischen Erfassung der Betriebsleitereinstellung und seiner Verwendung im Rahmen der Modelljustierung gewidmet. Die Entwicklung eines Algorithmus zur Verknüpfung von einzelbetrieblichen Optimierungsmodellen über ein Marktmodell für mehrere Produktionsfaktoren steht im Mittelpunkt von Kapitel 5. Hierzu wird der Nelder-Mead-Algorithmus verwendet und eine Fitnessfunktion implementiert, die auf Verfahren der Mehrzieloptimierung beruht. In Kapitel 6 werden einige technische Aspekte des Modells erläutert. Hierzu zählen das Datenmanagement und der Aufbau der graphischen Benutzeroberfläche.

Die Ergebnisse einer ersten Anwendung des Modells werden in Kapitel 7 vorgestellt. Hierzu werden verschiedene agrarpolitische Szenarien auf ein Fallbeispiel in den bayerischen Alpen angewendet.

Die Arbeit schließt mit einer Diskussion und der Zusammenfassung der Ergebnisse und gibt Anregungen für die Weiterentwicklung des Modellansatzes.

## 2. Vergleich bestehender Ansätze zur Modellierung der Landnutzung

In der empirischen Wissenschaft dienen Modelle dazu, beobachtete Sachverhalte zu strukturieren und diese nach Möglichkeit in einen kausalen Bezug zu setzen, um schließlich Prognosen über das Verhalten des betrachteten Objektes zu ermöglichen. Modelle werden immer aufgrund eines konkreten Anlasses für einen bestimmten Anwender erstellt, der eine definierte Fragestellung klären will (STACHOWIAK, 1973, S. 131-133). Hierbei ist zu beachten, dass Modelle immer ein vereinfachtes Abbild eines Originals sind. Das bedeutet, der Modellentwickler beschränkt sich auf die Abbildung jener Aspekte des Originals, die seiner Meinung nach für die Lösung der Fragestellung wesentlich sind bzw. die er mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen berücksichtigen kann. Die Abbildung im Modell verkürzt notwendigerweise die „real“-weltlichen Phänomene. Ferner wird es immer unter pragmatischen Gesichtspunkten entworfen. Hieraus ergibt sich zwingend, dass die Modellergebnisse im Hinblick auf die jeweilige Fragestellung unter Berücksichtigung der Datengrundlage und der Annahmen interpretiert werden müssen.

Im Folgenden werden als Landnutzungsmodelle Computerprogramme bezeichnet, die mithilfe von Algorithmen den Umfang und / oder die Verteilung von verschiedenen Arten der Flächennutzung ermitteln. Modelle, die ausschließlich die Art und Weise der Landnutzung anhand von Kriterien bewerten, werden im Rahmen der nachfolgenden Auswertung nicht berücksichtigt.

Für den Vergleich verschiedener agrarwirtschaftlicher Modellansätze wird zunächst ein Satz von Kriterien entwickelt. Zu diesen Kriterien gehört beispielsweise die Art und Weise, wie die Modelle die genutzte Fläche abbilden. Diese Kriterien basieren im Wesentlichen auf den Klassifizierungsansätzen von AGRARWAL et al. (2002) und LAMBIN et al. (2000). Das Ziel dieses Kapitels ist es weniger die Modelle zu klassifizieren. Vielmehr soll die Spannbreite der Möglichkeiten aufgezeigt werden, aus denen ein Modellentwickler wählen kann. Ausgehend von diesen Betrachtungen werden Ansatzpunkte für eine weitere Modellentwicklung abgeleitet.

Ein zentraler Begriff für die folgende Arbeit ist der Begriff des Agenten. Unter einem Agenten wird ein Computersystem verstanden, welches die Fähigkeit besitzt, zum Erreichen seiner Ziele autonom Aktionen auszuführen. Das bedeutet im Einzelnen, dass ein Agent über Sensoren seine Umgebung überprüfen und diese über Aktionen verändern kann. Ein Agent hat da-

bei allerdings nicht notwendigerweise die absolute Kontrolle über seine Umgebung, da weitere Komponenten auf die Umgebung einwirken können (nach HARE & DEADMAN, 2004).

## 2.1 Ausgewählte Ansätze

In der vorliegenden Arbeit werden zehn agrarökonomische Prognosemodelle miteinander verglichen (Tab. 1). Diese Modelle sind stark an empirische Daten angelehnt und haben alle den Charakter von Fallstudien. Neben diesen beiden Kriterien spielen bei der Auswahl folgende Überlegungen eine Rolle:

- Jedes Modell unterscheidet sich zumindest in einem Aspekt seines Ansatzes oder seiner Implementierung deutlich von den anderen.
- Die Modelle sind hinsichtlich der im Rahmen dieser Auswertung untersuchten Eigenschaften in der dem Autor zugänglichen Literatur hinreichend detailliert beschrieben.
- Ferner sind die Modelle dadurch gekennzeichnet, dass diskrete Entscheidungseinheiten (Agenten), basierend auf individuellen Kosten-Nutzen Überlegungen, Landnutzungsalternativen bewerten und die Landnutzung verändern können.

Neben den methodischen Gemeinsamkeiten haben die behandelten Modelle einen ähnlichen Adressaten. Ihre Ergebnisse sollen explizit in die Beratung der ökonomischen und politischen Entscheidungsträger einfließen und nicht nur zu einem Erkenntnisgewinn innerhalb der „scientific community“ beitragen. Bei den meisten Modellen ist daher das vorrangige Ziel eher die möglichst korrekte Abschätzung des Ausmaßes und der Richtung von Veränderungen und weniger das Testen von neuen Hypothesen. Diese Abschätzungen basieren auf allgemein akzeptierten Annahmen. Ferner ist bei den besprochenen Modellen eine Übertragbarkeit auf andere Regionen eher hinsichtlich der verwendeten Methoden als in Bezug auf die Ergebnisse angestrebt und möglich. Im Gegensatz zu rein abstrakten Modellen oder „Gedankenexperimenten“ müssen sich Fallstudien oft auf die Abbildung weniger Komponenten und Wechselwirkungen beschränken, da die für die Berücksichtigung zusätzlicher Aspekte benötigten Daten oft nicht in ausreichender Quantität und Qualität zur Verfügung stehen. Insbesondere die Beschaffung von empirischen Daten zur Heuristik von Landnutzern ist oft problematisch.

Neben den bereits erwähnten allgemeinen Übersichtsartikeln zu Landnutzungsmodellen (AGRARWAL et al., 2002; LAMBIN et. al., 2000), bieten HARE & DEADMAN (2004) sowie PARKER et al. (2003) einen guten Überblick über den Einsatzbereich agentenbasierter Landnutzungsmodelle. Weitere Modelle, die den oben genannten Aspekten nicht entsprechen, aber andere Ideen einführen, werden im Rahmen der Diskussion angesprochen.

**Tab. 1: Übersicht über die untersuchten Modelle**

Modellname	Quelle
<i>Agrarsektormodell Neue Länder (ASNL)</i>	BALMANN et al. (1998a, b)
<i>Agripolis</i>	BALMANN et. al (2002), HAPPE & BALMANN (2002), HAPPE 2004, HAPPE et. al (2004)
<i>Chile</i>	BERGER (2000)
<i>KarooGrazing</i>	BEUKES et al. (2002)
<i>Kraichgau</i>	DABBERT et. al (1999)
<i>MoDAM</i>	ZANDER (2003); KÄCHELE (1999)
<i>PriModell</i>	FLURY (2002)
<i>Proland</i>	WEINMANN (2002); WEINMANN et al. (2006)
<i>Raumis</i>	CYPRIS (2000)
<i>SFarmMod</i>	ROUNSEVELL et. al (2003); SRI (2004)

Quelle: eigene Darstellung

BALMANN et al. (1998a, b) untersuchen mit dem Agrarsektormodell neue Länder (*ASNL*) die Folgen verschiedener Optionen für die Umsetzung der Agenda 2000 für die Landwirtschaft in den ostdeutschen Ländern. Das Modell *Agripolis* wird verwendet, um unter anderem die Konsequenzen der Agenda 2000 bzw. der Reformbeschlüsse von 2003 für die Region Hohenlohe abzuschätzen (BALMANN et al., 2001; HAPPE & BALMANN, 2002; HAPPE, 2004; HAPPE et al. 2004). BERGER (2000) analysiert in seinem Modell die Auswirkungen des MERCOSUR-Abkommens auf die Landwirtschaft im *chilenischen* Zentraltal. Im Gegensatz zu den anderen Modellen sucht das von BEUKES et al. (2002) entwickelte Modell (*KarooGrazing*) nach einer möglichst optimalen Betriebsorganisation in Abhängigkeit vom Wettergeschehen und nicht in Abhängigkeit von sich ändernden agrarpolitischen Rahmenbedingungen. Am Beispiel des *Kraichgaus* beschäftigen sich DABBERT et al. (1999) vorrangig mit der Analyse und Visualisierung von Änderungen der Landnutzung durch die Einführung ausgewählter Agrarumweltmaßnahmen. Mit *MoDam* schätzen KÄCHELE (1999) und ZANDER (2003) die kurzfristigen Auswirkungen unterschiedlichster Politikoptionen für brandenburgische Großbetriebe ab. FLURY (2002) untersucht mit dem Programm *PriModell* die Auswirkung einer stärkeren Liberalisierung der Agrarpolitik auf die Landnutzung im Schweizer Alpenraum. Das agrarökonomische Modell *Proland* ist in einen umfangreichen Modellverbund eingebettet, mit dessen Hilfe Politikoptionen zusätzlich anhand von Veränderungen der Stoffströme in der Landschaft und der Habitateignung der Flächen bewertet werden können (WEINMANN, 2002; WEINMANN et al., 2006). Die folgenden Ausführungen zu *Proland* beziehen sich, wenn nicht ausdrücklich anders angegeben, auf WEINMANN (2002). CYPRIS (2000) entwickelt mit *Raumis* ein Modell, das die Abschätzung der Auswirkungen von Politikenszenarien auf Ebene der deutschen Landkreise gestattet. *SFarmMod* legt einen besonderen Schwerpunkt auf die Arbeitswirtschaft

(ROUNSEVELL et al., 2003; SRI, 2004). *Agripolis*, *Chile*, *Kraichgau* und *Proland* setzen zur Abbildung des Raumes zelluläre Automaten ein.

## *2.2 Einordnung in bestehende Klassifizierungssysteme*

Bevor auf die einzelnen Modelle eingegangen wird, sind einige grundlegende Aspekte zu erörtern. Dies betrifft insbesondere die Möglichkeit, verschiedene Modelle anhand ihrer Fragestellung und der Art und Weise, wie sie Zeit und Raum sowie Wechselwirkungen zwischen Modellkomponenten abbilden, systematisch zu vergleichen.

### ***2.2.1 Klassifizierungssysteme ausgehend vom Ziel der Modellierung und der angewendeten Methodik***

Ausgehend von der Überlegung, dass Modelle für einen bestimmten Zweck mit einer spezifischen Datengrundlage entwickelt werden, vergleichen LAMBIN et. al (2000) Landnutzungsmodelle, die stark in der agrarwissenschaftlichen und speziell agrarökonomischen Forschung verankert sind. Sie klassifizieren diese Modelle anhand des Archetypus ihrer zentralen Fragestellung und des Zeithorizontes, für den diese Fragestellung beantwortet werden soll (Tab. 2). Jedem der so definierten Typen weisen sie in einem zweiten Schritt eine bestimmte Modellkategorie zu. Sie unterscheiden stochastische, empirische, prozessbasierte und analytische Landnutzungsmodelle.

**Tab. 2: Klassifikation von Modellen zur Simulation von anthropogenen und natürlichen Landschaftsänderungen<sup>1)</sup>, ausgehend von den Zielen und der zeitlichen Perspektive des Modells**

Fragestellung <sup>2)</sup>				zeitliche Perspektive der Modelle			zugeordnete Modellkategorie	zugeordneter Modellansatz	Informationen über bisherige Landschaftsänderungen			
Art	Zeit	Ort	Ursache	Vergangenheit	Zukunft				Art	Zeit	Ort	Ursache
					kurzfristig	langfristig						
X	X				X		Stochastisch	Modelle basierend auf Übergangswahrscheinlichkeiten	X	X	X	
			X <sup>3)</sup>	X			Empirisch, statistisch	Multivariate statistische Modelle	X	X	X	
X		X			X			Geostatistische Modelle	X	X	X	
X	X					X	Prozessbasiert, mechanistisch	Verhaltensbasierte und dynamische Simulationsmodelle	X	X	X	X
X	X	X				X		Dynamische räumliche Simulationsmodelle	X	X	X	X
X			X <sup>4)</sup>		X	X	Analytisch, agentenbasiert, ökonomisch (Optimierung)	Verallgemeinerte von Thünensche Modelle	X	X	X	X
X <sup>5)</sup>			X <sup>5)</sup>		X	X		Deterministische und stochastische Optimierungsmodelle	X	X	X	X

Quelle: eigene Darstellung verändert nach LAMBIN et al. (2000)

1) Im Sinne von "land use and land cover change"

2) lies:

Art: Wie ändert sich die Landschaft?

Zeit: Zu welchem Zeitpunkt erfolgt die Änderung?

Ort: Welche Orte sind von der Änderung betroffen?

Ursache: Warum ändert sich die Landschaft?

3) Suche nach der wahrscheinlichen Ursache

4) Suche nach der zugrunde liegenden Ursache

5) Suche nach der zugrunde liegenden Ursache und zusätzlich Szenariorechnungen

Das wesentliche Kennzeichen stochastischer Modelle ist, dass diskrete Entscheidungen mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit von einem Agenten getroffen werden. Diese Wahrscheinlichkeit ist meist abhängig vom Zustand des Agenten zum Zeitpunkt der Entscheidung. Solche Modelle werden beispielsweise zur Simulation der räumlichen Diffusion von Innovationen angewendet (z. B. HÄGERSTRAND, 1968). Bei empirisch statistischen Modellen wird basierend auf einer empirischen Datenbasis versucht, mittels verschiedener statistischer Verfahren den Einfluss ausgewählter Faktoren abzuschätzen. So führen EVANS & KELLEY (2004) mithilfe multivariater Analysemethoden die durch die einzelnen Haushalte vorgenommenen Änderungen der Landnutzung auf verschiedene globale und haushaltsspezifische Variablen zurück (Marktpreis, Arbeitsmöglichkeiten außerhalb der Landwirtschaft, persönliche Einstellungen, ...). Bei prozessbasierten Ansätzen wird die Entwicklung der Landnutzung über mehrere Perioden betrachtet. Im Gegensatz zu den beiden erstgenannten Ansätzen muss hier vor der Modellierung ein analytisches Modell entwickelt werden, das die

Wirkungen der einzelnen Variablen beschreibt und quantifiziert. Die Auswahl der Nutzungsalternativen muss nicht notwendigerweise auf einem Optimierungsprozess beruhen. Dies unterscheidet dynamische Modelle von den Optimierungsmodellen. Eine Optimierung der Landnutzung in Hinblick auf ein exogen definiertes Ziel kann auf der Ebene der gesamten Region, der Flächeneinheit oder des Landnutzers beruhen. In den letzten beiden Fällen können Wechselwirkungen zwischen den optimierenden Einheiten berücksichtigt werden. Die Modelle dieser Kategorie sind oft komparativ-statisch.

Viele neuere Modelle lassen sich nicht ausschließlich einer dieser vier Kategorien zuordnen. Es handelt sich um Hybridmodelle. Bei diesem Ansatz werden die einzelnen Teilaspekte des Modells mit dem jeweils am besten geeigneten Ansatz bearbeitet. So stufen LAMBIN et al. (2000) den Ansatz von THORNTON & JONES (1998) als stochastisch ein. Allerdings trifft diese Aussage nur auf die Abbildung des abschließenden Entscheidungsprozesses des Landnutzers zu. Die Ermittlung der Parameter für die Ableitung der bedingten Wahrscheinlichkeiten für die einzelnen Landnutzungen auf betrieblicher Ebene erfolgt mittels eines analytischen Teilmodells. Dem gegenüber wird die Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit mit einem dynamischen Teilmodell simuliert. Somit ist es im Hinblick auf die genannten Kategorien sinnvoller, von Aspekten der Modellierung zu sprechen, da die Kategorien sich nicht logisch ausschließen und viele neue Landnutzungsmodelle in den einzelnen Schritten der Modellierung unterschiedliche Ansätze verwenden.

Bei allen besprochenen Modellen handelt es sich im Sinne von LAMBIN et al. (2000) um deterministische und stochastische Optimierungsmodelle.

### ***2.2.2 Klassifizierungssysteme ausgehend von der Komplexität der Abbildung der Modellgegenstände***

Die Landnutzung einer Region ist die Folge von physikalischen, biologischen und sozialen Prozessen, die sich zum Teil gegenseitig beeinflussen. Diese Vielfalt an Prozessen und Einflussgrößen bedingt eine Mannigfaltigkeit hinsichtlich der tatsächlichen und möglichen Ursachen einer Änderung der Landnutzung. Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit und Handhabbarkeit eines Modells ergibt sich zwangsläufig, dass in einem Landnutzungsmodell nicht alle Ebenen mit der gleichen Detailschärfe abgebildet werden können. So legen die Modelle in Abhängigkeit von der jeweiligen Fragestellung den Schwerpunkt auf die Abbildung von physikalischen, biologischen oder sozialen Aspekten. AGRARWAL et al. (2002) ziehen zur Klassifizierung von Landnutzungsmodellen insbesondere die Art und Weise der Strukturierung und



Implementierung der räumlichen, zeitlichen und sozialen Komponenten heran (Abb. 1). Dabei steht bei jeder Komponente eine für das Modelldesign zentrale Fragestellung im Zentrum der Überlegungen:

- Raum: Wenn die Landnutzung sich verändert, welche Objekte ändern sich dann hinsichtlich der Art der Nutzung?
- Zeit: In welchen Schritten ändert sich die Landnutzung oder ändern sich die Prozesse, die die Landnutzung beeinflussen können?
- Menschliche Entscheidungsprozesse: Basierend auf welchem Kalkül erfolgen Änderungen der Landnutzung?

Die Abbildung dieser Komponenten erfolgt bei den einzelnen Modellen mit unterschiedlicher Komplexität. Mit zunehmender Differenzierung und Diskretisierung der einzelnen Basiselemente (Flächeneinheit, Simulationsperiode, Agent) steigt die Komplexität der Abbildung eines Modells. Hierbei beinhaltet das Konzept der Komplexität neben quantitativen Komponenten wie der Zahl der Flächeneinheiten, mit denen eine Region abgebildet wird, der Zahl der Simulationsperioden die durchlaufen werden, oder der Zahl der Agenten, die in der Modellwelt „handeln“, zusätzlich qualitative Aspekte. Die qualitativen Aspekte betreffen die Eigenschaften der Basiselemente, die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Basiselementen und die Behandlung von Ereignissen im Rahmen des Modells. In vielen Modellen können die qualitativen Eigenschaften bei den einzelnen Basiselementen unterschiedlich ausgeprägt sein. Beispielsweise können im Rahmen eines Modells einzelne Flächeneinheiten eine hohe, mittlere oder niedrige Ertragsfähigkeit haben. Eine Wechselwirkung zwischen zwei Basiselementen liegt dann vor, wenn der Zustand des ersten Basiselements Auswirkungen auf den Zustand des Zweiten hat. So erhöht der Maisanbau auf einer Fläche den Nährstoffeintrag auf einer am Unterhang benachbart gelegenen Fläche. Werden Ereignisse als diskret betrachtet, muss dem Aspekt der Stochastizität Rechnung getragen werden. Ein einzelnes bestimmtes Ereignis ist durch seine Art, seine Stärke, seinen Ort und seinen Zeitpunkt eindeutig bestimmt, und alle diese Komponenten können nicht notwendigerweise hinreichend exakt prognostiziert werden. Die Berücksichtigung von Einzelereignissen ist vor allem dann wichtig, wenn die Ereignisse Pfadabhängigkeiten hervorrufen können oder irreversible Konsequenzen haben. So wird ein Betrieb, der in Konkurs gegangen ist, nicht die Bewirtschaftung in der Folgeperiode wiederaufnehmen. Somit scheidet er als Mitbieter aus dem Landmarkt aus. Im Folgenden wird auf die einzelnen Dimensionen näher eingegangen, um zu verdeutlichen, was im Einzelnen mit Komplexität gemeint ist. Ausgehend von dieser Betrachtung wird ein Satz von Indikatoren entwickelt, um die Modelle zu vergleichen.

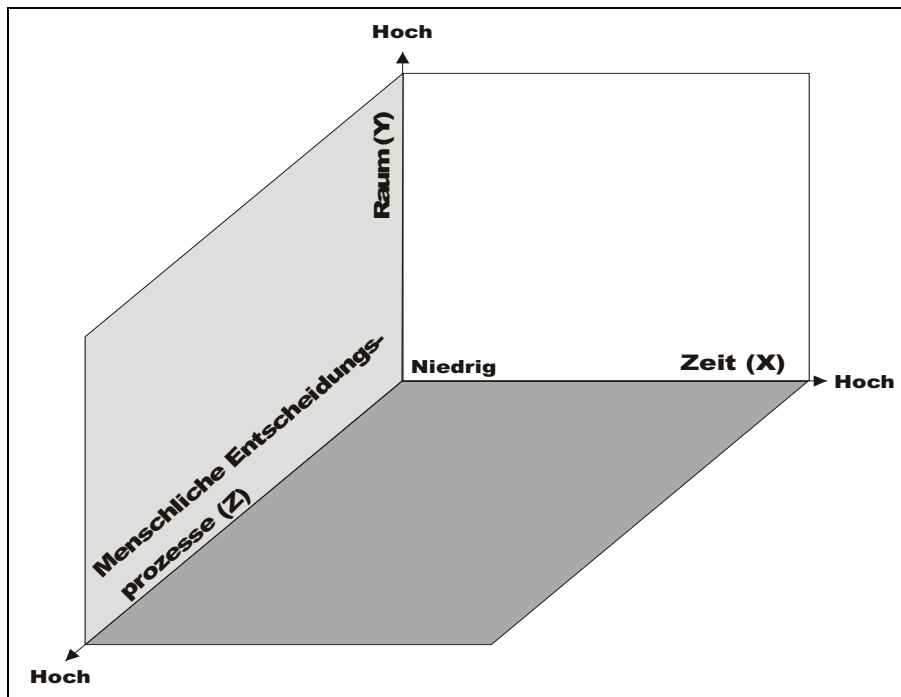


Abb. 1: Methodologisches Konzept zur Klassifikation von Landnutzungsmodellen anhand der Komplexität der Abbildung verschiedener Aspekte

Quelle: eigene Darstellung; verändert nach AGARWAL et al., 2002, S. 2

### 2.2.2.1 Abbildung des Raumes

Zuerst wird auf die räumliche Dimension dieses Klassifizierungsansatzes verwiesen. In einer Landschaft verändern sich viele der für Landnutzung wesentlichen natürlichen Standortfaktoren fließend. So ist die mittlere Jahrestemperatur einer konkreten Parzelle abhängig von ihrer räumlichen Lage, Höhenlage und Exposition. Neben diesen oft fließenden Übergängen finden sich in einer Landschaft scharfe Grenzen. Diese Grenzen sind meist durch die menschliche Nutzung geschaffen, aber sie sind häufig in der Zeit nicht stabil wie z. B. die Grenzen von Baugebieten.

Aus Gründen der Informationsreduktion ist bei der Implementierung von räumlichen Sachverhalten in Modelle eine Abstraktion von der Realität notwendig. Oft erfolgt die Abstraktion dadurch, dass eine einzelne Fläche mit ähnlichen Flächen zu einer diskreten Flächeneinheit zusammengefasst wird. Die Ähnlichkeit basiert meist auf der räumlichen Nachbarschaft und / oder einer ähnlichen Merkmalsausprägung der klassifizierten Flächen. Die Flächeneinheit stellt im Rahmen der weiteren Modellschritte die kleinste in sich homogene Modellierungseinheit dar. Die Größe der Flächeneinheit gibt somit die räumliche Auflösung des Modells vor. Flächen innerhalb einer Flächeneinheit können nicht anhand ihrer Ausprägung von für

die Modellbildung wichtigen Flächeneigenschaften unterschieden werden (AGRARWAL et al., 2002, S. 2). Die Größe einer Flächeneinheit hängt maßgeblich von der Fragestellung ab und kann vom Quadratmeter bis zu mehreren tausend Quadratkilometern reichen.

Die räumliche Abbildungsgüte kann allerdings nicht ausschließlich anhand der Auflösung und der Zahl der räumlichen Elemente beurteilt werden, da die Abbildungsgüte auch von der gewählten Art der Abbildung abhängt. Wird der Raum durch Rasterzellen abgebildet, haben alle modellierten Flächeneinheiten die gleiche Größe und Form. Verwendet man hingegen Polygone, können die einzelnen Flächeneinheiten sich in Bezug auf ihre Größe und Form unterscheiden. Für dieselbe Abbildungsgüte benötigt man meist deutlich mehr Rasterzellen als Polygone. Die Ursache hierfür ist die Tatsache, dass die Größe der Rasterzelle so klein gewählt werden muss, dass relevante Strukturen, die eine andere Ausrichtung haben als diejenige der Rasterzellen noch abgebildet werden können. Ist dies nicht der Fall, wird die Fläche insbesondere von linearen Strukturen wie Verkehrswegen und Fließgewässern massiv unterschätzt. So ist beispielsweise die Nutzung der CORINE Landnutzungskartierung für die Ermittlung der durch Fließgewässer oder Verkehrswege beanspruchten Fläche nicht sinnvoll, da der dieser Kartierung zugrunde liegende Rasterdatensatz eine Kantenlänge von 250 m hat und die meisten dieser Strukturen deutlich schmaler sind. Wird ein feineres Raster gewählt, unterscheiden sich viele Rasterzellen meist nur durch ihre Position und nicht hinsichtlich ihrer qualitativen Merkmale. Flächeneinheiten, die benachbart sind und sich nicht durch qualitative Merkmale unterscheiden, können allerdings zu einem Polygon zusammengefasst werden. Bei Landnutzungsmodellen variiert nicht nur die gewählte räumliche Auflösung, sondern zusätzlich die Größe der Modellregion. Hier ist zu berücksichtigen, dass der Rechenaufwand mit einer zunehmenden Zahl von modellierten Flächeneinheiten steigt. Deren Zahl nimmt mit zunehmender Gesamtgröße der Modellregion und / oder der abnehmenden mittleren Größe der Flächeneinheit zu.

Im Zusammenhang mit der Komplexität des räumlichen Modells können Landnutzungsmodelle dahingehend verglichen werden, wie stark die Flächeneinheiten hinsichtlich der Ausprägung ihrer qualitativen Merkmale differenziert sind. Bei einem einfachen Modell unterscheiden sich die einzelnen Flächeneinheiten nur durch die räumliche Lage, während bei komplexeren Modellen die Flächeneinheiten z. B. eine unterschiedliche Ertragsfähigkeit oder Erosionsgefährdung besitzen.

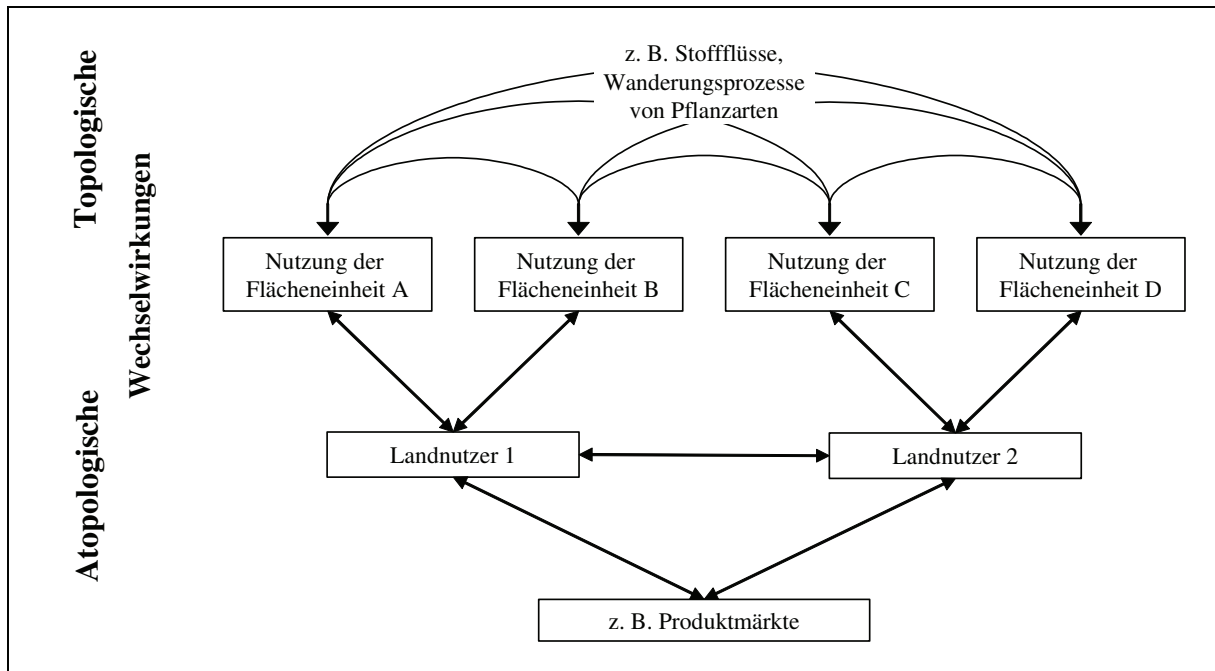
Bei der Implementierung von Flächeneinheiten unterscheiden sich die Modelle nicht nur hinsichtlich der Zahl der Einheiten und der zugewiesenen Eigenschaften. Ferner behandeln die Modelle die Flächeneinheiten im Modellierungsprozess auch unterschiedlich. Hierbei sind

zwei prinzipielle Aspekte voneinander zu trennen. Dies sind der Gesichtspunkt der Teilbarkeit von Flächeneinheiten und die Wechselwirkungen zwischen den Flächeneinheiten. Flächeneinheiten können als kontinuierlich teilbare Einheiten oder als diskrete unteilbare Einheiten modelliert werden. Werden Flächeneinheiten als kontinuierlich teilbar modelliert, kann die Fläche einer Flächeneinheit auf mehrere Nutzer und Produktionsverfahren verteilt werden. Dies hat zur Folge, dass eine Flächeneinheit zwischen verschiedenen Landnutzern aufgeteilt sein kann oder mehrere Produktionsverfahren nebeneinander durchgeführt werden. Eine genaue Zuweisung, welche Fläche von wem wie genutzt wird, ist nicht möglich. Stattdessen können nur Wahrscheinlichkeiten angegeben. Im Gegensatz dazu basieren viele geographisch ausgerichtete Landnutzungsmodelle auf nicht teilbaren Flächeneinheiten (AGRARWAL et al., 2002 S. 5). Als Konsequenz davon wird eine Flächeneinheit immer nur von einem Nutzer mit nur einem Produktionsverfahren genutzt. Bei einer atomaren Betrachtung der Flächeneinheiten unterscheiden sich viele Flächeneinheiten oft nicht hinsichtlich ihrer Nutzung<sup>1</sup>, wenn von der räumlichen Lage der Flächeneinheit abgesehen wird. Analoge Überlegungen wie beim Vergleich von rasterzellen- und polygonbasierten Ansätzen führen zu dem Schluss, dass ein Modell für dieselbe Abbildungsgüte bei einer diskreten Auffassung von Flächeneinheiten mehr Einheiten benötigt, als wenn die Flächeneinheiten als kontinuierlich teilbar aufgefasst werden.

Bei der Modellierung von Landnutzungsmodellen stellt sich die Frage, wie Wechselwirkungen zwischen den Flächeneinheiten behandelt werden. Hierbei sind nun zwei Typen von Wechselwirkungen zu unterscheiden. Bei ersteren, im Folgenden als topologische Wechselwirkungen bezeichnet, hängt die Stärke der Wechselwirkung von der räumlichen Entfernung der zwei Flächeneinheiten ab (Abb. 2). Dies ist typischerweise kennzeichnend für Wechselwirkungen, die mit Transportphänomenen verbunden sind, z. B. laterale Stoffflüsse im Grundwasser. Diese werden im Allgemeinen derart modelliert, dass der Stoffeintrag in die Senke umgekehrt proportional zur Distanz zwischen Stoffquelle und Senke ist.

---

<sup>1</sup> So erfolgt auf den Flächen die gleiche Nutzung, oder eine Bewirtschaftungsmaßnahme hat auf allen Flächen dieselben Auswirkungen auf die Umwelt.



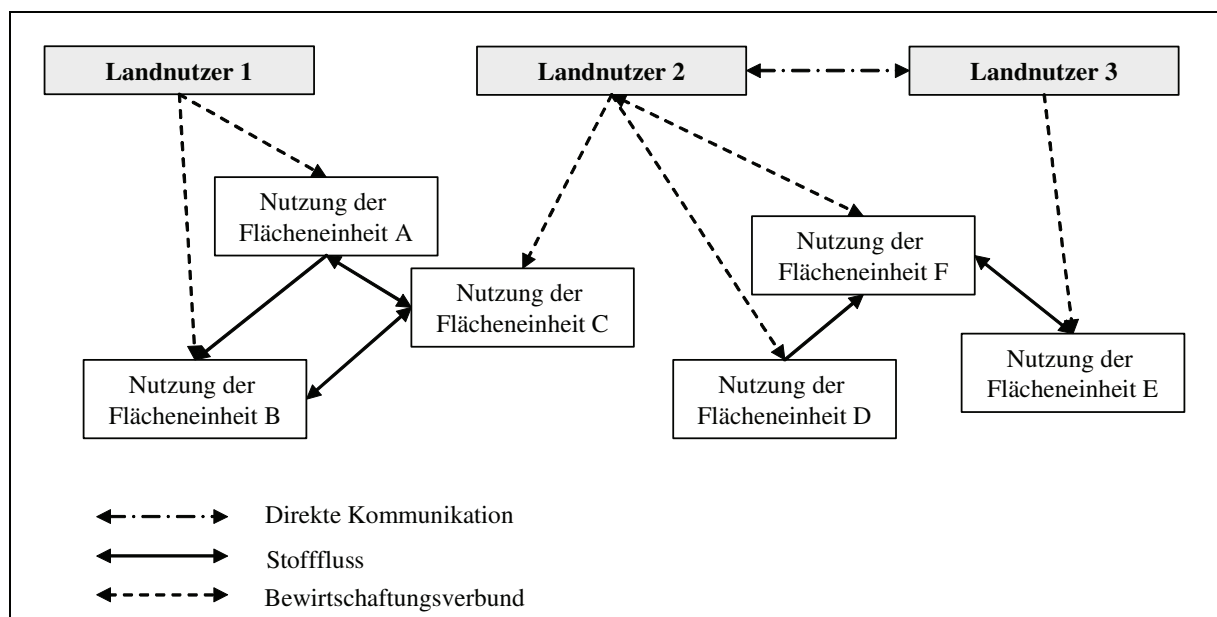
**Abb. 2: Mögliche Wechselwirkungen zwischen der Landnutzung von einzelnen Flächeneinheiten**

Quelle: eigene Darstellung

Im Gegensatz dazu werden Wechselwirkungen als atopologische Wechselwirkungen bezeichnet, wenn die Stärke der Interaktion zwischen zwei Flächeneinheiten unabhängig von ihrer räumlichen Entfernung voneinander und ihrer Lage zueinander ist. Diese Wechselwirkungen werden über ein Medium vermittelt, bei dem die Entfernung nur von nachgeordneter Bedeutung ist. Märkte für landwirtschaftliche Produkte sind ein solches Medium, da eine mehr oder weniger distanzunabhängige Übermittlung von Wechselwirkungen erfolgt. Folgendes Beispiel verdeutlicht den Wirkungsmechanismus: In einem globalen Landnutzungsmodell sei die USA eine Flächeneinheit. In den USA erfolgt ein Großteil der weltweiten Produktion von Körnermais. Somit hat der Anbauumfang in den USA einen starken Einfluss auf den Weltmarktpreis. In Abhängigkeit vom Weltmarktpreis ändert sich nun beispielsweise der Anbauumfang von Körnermais in Europa. Hingegen ist vermutlich der Einfluss des Weinanbaus in Europa auf den Umfang des Körnermaisbaus gering, selbst wenn beides in denselben geographischen Regionen erfolgt wie z. B. dem Elsass oder dem Burgenland. In diesem Sinne ist die Wechselwirkung unabhängig von der Entfernung der Standorte zueinander. Ferner können indirekte Wechselwirkungen auftreten, wenn Landnutzer mehrere Flächeneinheiten bewirtschaften und durch ihre jeweiligen Bewirtschaftungskapazitäten beschränkt sind.

Die Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen den Landnutzungseinheiten ist kein konstitutives Merkmal von Landnutzungsmodellen. Die Relevanz einzelner Wechselwirkungen hängt von der Größe der Modellregion und dem Betrachtungszeitraum ab. Es ist nicht notwendig, dass jedes Element von jedem anderen beeinflusst wird. Dies illustriert folgendes

Beispiel mit drei Landnutzern und sechs Wiesenflächen (Abb. 3). Landnutzer 1 bewirtschaftet die Flächen A und B. Fläche A liegt an einem Fluss oberhalb von B und ist von dieser räumlich getrennt. Ein Samentransport zwischen beiden Flächen ist nur über das fließende Wasser möglich. In diesem Fall hängt die Menge der von A nach B transportierten Samen maßgeblich von der Nutzung der Fläche A ab. Im Gegensatz dazu liegen die Flächen B und C unmittelbar nebeneinander und ein Samentransport ist in beide Richtungen möglich. Neben der Fläche C bewirtschaftet der Landnutzer 2 die Flächen D und F in einem zweiten Flusstal des Untersuchungsgebietes, und ein Transport von Samen ist zwischen den beiden Tälern nicht möglich. Die Bewirtschaftung der Fläche C ist nun insoweit mit der der anderen Flächen verknüpft, als dass Landnutzer 2 mit dem auf allen Teilflächen gewonnenen Futter seine Rinderherde füttern will. Dies bedeutet, einen konstanten Rinderbestand vorausgesetzt, dass eine Extensivierung der Nutzung von C zu einer Intensivierung von D und / oder F führt, und umgekehrt. Ein Beispiel für eine unmittelbare Wechselwirkung zwischen den Landbewirtschaftern ist der Erfahrungsaustausch (z. B. zwischen Landnutzer 2 und 3). Daneben kommunizieren die Landbewirtschaftler noch indirekt über die Produkt- und Faktormärkte.



**Abb. 3: Schematische Abbildung zwischen den Landnutzern und der Flächennutzung**

Quelle: eigene Darstellung

### 2.2.2.2 Abbildung der Zeit

Auf der zeitlichen Achse des dargestellten Klassifikationsschemas (Abb. 1) unterscheiden sich Landnutzungsmodelle in quantitativer und qualitativer Hinsicht. Zu den quantifizierbaren

Aspekten gehören die Anzahl der simulierten Perioden und die Dauer einer einzelnen Periode. Die Dauer einer Simulationsperiode, als der kleinsten modellierten Zeiteinheit, in der eine Änderung erfolgen kann, reicht von wenigen Stunden bis zu Jahrzehnten (AGRARWAL et. al, 2002, S. 19 ff.). Genauso stark schwankt die Zahl der Simulationsperioden, die im Laufe der Modellierung insgesamt durchlaufen werden. Aus der Länge einer Simulationsperiode und ihrer Zahl ergibt sich der Modellierungszeitraum.

Zusätzlich zu diesem rein quantitativen Aspekt bilden Landnutzungsmodelle die Zeit in einer Vielzahl von qualitativ unterschiedlichen Varianten ab. Hierzu sollte man sich kurz vergegenwärtigen, was die Aussage bedeutet, dass Zeit in einem System vergehe. Man kann nur dann sagen, dass in einem System Zeit vergangen ist, wenn sich bei mindestens einem Objekt, das in Wechselwirkung mit dem System tritt, die Ausprägung mindestens einer Eigenschaft verändert hat (z. B. die Position des Sekundenzeigers). In klassischen naturwissenschaftlichen Modellen lässt sich jede Veränderung auf eine vorausgegangene Ursache zurückführen. Allerdings ist die Wirkung mit einer gewissen Zeitverzögerung beobachtbar. Die Berücksichtigung einer dem jeweiligen Prozess adäquaten Zeitverzögerung ist ein erster qualitativer Aspekt, der die Komplexität von Landnutzungsmodellen erhöhen kann (AGRARWAL et al, 2002, S. 5).

Der Umgang mit der Frage, wie vorhersehbar die Konsequenzen seiner Entscheidungen für den Modellagenten sind, ist ein weiterer Aspekt, der starke Auswirkungen auf die Komplexität der vom modellierten Landnutzer zu treffenden Planungsentscheidungen hat. Planungsprobleme werden erheblich schwieriger, wenn die damit verbundenen Entscheidungen unter Unsicherheit getroffen werden müssen. Unsicherheit entsteht dann, wenn die Änderungen wichtiger Einflussgrößen der Entscheidung für den modellierten Landnutzer nicht vorhersehbar sind oder Ereignischarakter haben. Die Änderung der Einflussgrößen kann hinsichtlich ihres Ausmaßes, ihres Zeitpunktes, ihres Ortes oder aller genannten Aspekte nicht abschätzbar sein. Unsicherheit ist insbesondere dann ein Problem, wenn der Landnutzer einmal getroffene Entscheidungen in den folgenden Perioden nicht oder nur mit hohem Aufwand ändern kann. Ähnliche Probleme spielen bei der Betrachtung von biologischen Systemen eine große Rolle, wenn Einzelereignisse irreversible Folgen haben. So kann z. B. eine Art durch ein Hochwasser ausgerottet werden, wenn sie von diesem Ereignis zu einem für sie „ungünstigen“ Zeitpunkt betroffen ist, wie nach einem natürlichen Populationszusammenbruch, z. B. aufgrund eines Nahrungsmangels.

### 2.2.2.3 Abbildung menschlicher Entscheidungsprozesse

AGRARWAL et al. (2002) subsummieren unter dem Schlagwort „menschliche Entscheidungsprozesse“ den Bereich von Landnutzungsmodellen, der sich mit der Interaktion von Menschen und der Flächennutzung beschäftigt. Diesem Bereich ordnen sie auch Ansätze zu, die nichts mit dem klassischen Verständnis von Entscheidung zu tun haben (Tab. 3). Die Spannweite der Integration von „menschlichen Entscheidungen“ reicht von der Ausblendung dieses Einflusses bis zur agentenbasierten Modellierung mit unterschiedlichen Präferenzfunktionen für jeden einzelnen Agenten. Diese Klassifikation versucht, mehrere qualitativ unterschiedliche Aspekte der Art der Modellierung des menschlichen Einflusses zu integrieren. Hier ist zum einen die Zahl der modellierten „Entscheidungsträger“ (Landnutzer) zu nennen. Ihre Zahl reicht von null, wenn der menschliche Einfluss nicht berücksichtigt wird, über einen Landnutzer, wenn z. B. der menschliche Einfluss über eine Dichtefunktionen abgebildet wird, bis zu vielen Landnutzern bei agentenbasierten Ansätzen. Ein weiterer Aspekt der Komplexität menschlichen Handelns besteht darin, wie viele Handlungsoptionen überhaupt zur Wahl stehen. Einen Extremfall stellt die Situation dar, dass nur eine Handlungsalternative zur Verfügung steht, deren Umfang funktional von der Menge der Landnutzer abhängt. Beispielsweise könnte man die Trinkwasserentnahme einer Region als Funktion der Bevölkerung betrachten, wenn man davon ausgeht, dass der pro Kopf Verbrauch konstant ist. In vielen Modellen kann der Landnutzer sowohl den Umfang als auch die Art der Landnutzung festlegen.

**Tab. 3: Stufen der Integration des menschlichen Einflusses in Landnutzungsmodelle**

Stufe	Beschreibung
1	Keine Berücksichtigung des menschlichen Einflusses – im Modell werden nur biophysikalische Variablen berücksichtigt.
2	Der menschliche Einfluss auf die Landnutzung hängt deterministisch von der Größe der Bevölkerung, ihrer Wachstumsrate oder ihrer Dichte ab (z. B. Lotka-Volterra-Modelle).
3	Der menschliche Einfluss wird über eine Dichtefunktion abgebildet. Zu deren Parametern gehören neben Bevölkerungskenngrößen biophysikalische und sozioökonomische Variablen. Die Form der Präferenzfunktion ist aber unabhängig von dem Zustand der Umwelt, d. h. beispielsweise, dass der Wert knapper Güter nicht steigt.
4	Wie 3, aber es erfolgt eine Rückkoppelung zwischen der Präferenzfunktion und dem Zustand der Umwelt.
5	Agentenbasierte Modelle, bei denen die Entscheidung für eine Landnutzung auf Optimierungsentscheidungen des Agenten und nicht auf vergangenen Umwandlungswahrscheinlichkeiten zwischen zwei Landnutzungen beruht. Alle Agenten verfolgen dieselben Ziele und nutzen dasselbe Optimierungsmodell.
6	Wie 5, das Modell beinhaltet mehrere Typen von Agenten. Die Agenten können unterschiedliche Ziele verfolgen oder unterschiedliche Optimierungsmodelle nutzen. Die Agenten können im Laufe des Modellierungsprozesses ihren Wirkungsbereich verändern (z. B. durch Zupachten von Flächen) oder die Agenten interagieren auf verschiedenen Entscheidungsebenen miteinander.

Quelle: eigene Darstellung nach AGRARWAL et al., 2002, S. 6



Insbesondere bei agentenbasierten Modellansätzen<sup>2</sup> kann durch weitere Komponenten Komplexität eingeführt werden. Auf den Aspekt der Planungssicherheit wurde bereits eingegangen. Agenten können auf zwei verschiedene Arten mit anderen Agenten in Beziehung treten. Sie können mit ihnen konkurrieren oder kooperieren. Die Implementierung von Kooperationsstrategien setzt höhere kognitive Fähigkeiten seitens der Agenten voraus. In diesem Fall muss ein Agent beurteilen, ob ihm die Aufrechterhaltung bzw. das Aufnehmen einer Kooperation Vorteile bringt. Zweitens muss er über Algorithmen verfügen, um ein Kooperationsangebot abzugeben, anzunehmen oder abzulehnen<sup>3</sup>. Schließlich können sich die einzelnen Agenten eines Modells noch hinsichtlich ihrer Fähigkeiten, Kapazitäten, Ziele und der von ihnen verwendeten Planungsalgorithmen voneinander unterscheiden.

Vereinfacht gesagt, kann man die Stufen 2 bis 4 den stochastischen, empirischen und mechanistischen Modellen im Sinne von LAMBIN et al. (2000) zuordnen, während die Stufen 5 und 6 den analytischen Modellen zuzuweisen sind.

### ***2.2.3 Überlegungen zur Dynamik von Landnutzungsmodellen mit ökonomischer Komponente***

Landnutzungsmodelle, bei denen mindestens ein ökonomisch handelnder Agent implementiert ist, müssen hinsichtlich des methodischen Ansatzes und der möglichen Systemdynamik zwei Haupttypen unterschieden werden. Dies sind die Gleichgewichtsmodelle und die dynamischen Modelle.

Bei Gleichgewichtsmodellen wird davon ausgegangen, dass sich das betrachtete System in der Ausgangssituation im Gleichgewicht befindet. Ohne eine Veränderung der Rahmenbedingungen verändert sich das System nicht. Eine Veränderung der Landnutzung kann nur durch einen externen Schock verursacht werden, z. B. eine Preisänderung. Das System reagiert derart auf die veränderten Bedingungen, dass sich ein neuer Gleichgewichtszustand ergibt. Im Gegensatz dazu sind dynamische Modelle in der Ausgangssituation nicht notwendigerweise im Gleichgewicht, sodass Veränderungen der Landnutzung nicht unbedingt auf externe Schocks zurückzuführen sind. Oft reichen in dynamischen Modellen die internen Rückkoppelungsprozesse allein aus, um Veränderungen zu bewirken. Die Ursache für eine fortlaufende Änderung des Modellsystems kann unter anderem darin liegen, dass

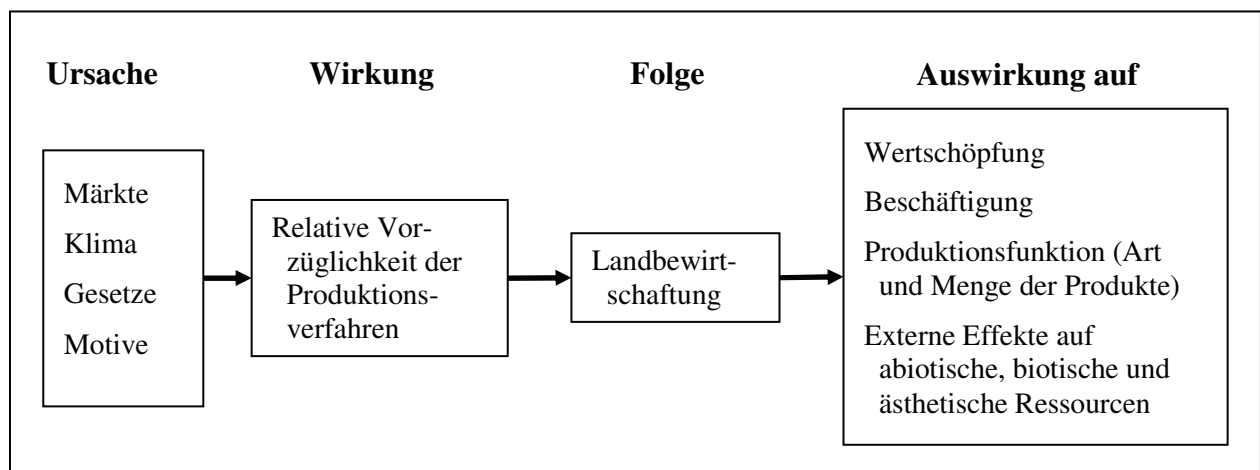
---

<sup>2</sup> Dies gilt nur, wenn mehr als ein Entscheidungsträger (Agent) im Modell abgebildet wird.

<sup>3</sup> Durch Zusammenfassung mehrerer Agenten zu einer Einheit kann die Kooperation zwischen Agenten auf einfache Weise exogen erzwungen werden.

- die einzelnen Teilsysteme des Modells nur mit zeitlicher Verzögerung aufeinander reagieren,
- sich die Anpassungsgeschwindigkeiten der einzelnen Teilsysteme unterscheiden,
- suboptimale Entscheidungen getroffen werden, da die Teilsysteme die (längerfristigen) Konsequenzen ihres Handelns nicht oder nur unvollständig abschätzen können (handeln unter unvollständiger Information).

Das im Folgenden skizzierte Konzept hinsichtlich der wesentlichen kausalen Zusammenhänge liegt den meisten Landnutzungsmodellen zugrunde, die auf dem Gleichgewichtsparadigma beruhen. Bei dieser Gruppe von Modellen werden exogen die Rahmenbedingungen geändert, wie z. B. Preise, Gesetze, Klima oder die Motive des Landnutzers. Diese Ursachen können eine geänderte Bewertung der Produktionsalternativen zur Folge haben (Abb. 4). Die Neubewertung der relativen Vorzüglichkeit der einzelnen Produktionsverfahren führt ihrerseits zu Anpassungen der Bewirtschaftung und damit der Landnutzung. Mit der Art und Weise der Landbewirtschaftung sind unmittelbar die Wertschöpfung, das Arbeitsplatzpotential der Landwirtschaft und die Quantität und Qualität der erzeugten Produkte verbunden. Auch hat die Landbewirtschaftung unmittelbare Auswirkungen auf den Zustand der abiotischen, biotischen und ästhetischen Ressourcen.



**Abb. 4: Prinzipieller Ursache-Wirkungszusammenhang von Landnutzungsmodellen mit einer ökonomisch fundierten Entscheidungseinheit**

*Quelle: eigene Darstellung*

Bei dynamischen Modellen erfolgt nun eine Rückkopplung, da diese Auswirkungen zu Veränderungen der Rahmenbedingungen in den nächsten Perioden führen können. Bei dynamischen Modellen kann im Gegensatz zu Gleichgewichtsmodellen zusätzlich berücksichtigt werden, dass die verschiedenen Anpassungsprozesse mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ablaufen. Diese verschiedenen Reaktionsgeschwindigkeiten der einzelnen Komponenten

können nun ihrerseits die Ursache für neuerliche Veränderungen des Systems sein. Der Grund dafür ist, dass das betrachtete System, aufgrund der im Vergleich zur Vorperiode veränderten Ausgangsbedingungen für die nachfolgenden Perioden, eventuell zu einem anderen Gleichgewicht strebt.

Allerdings ist zu beachten, dass die dargestellte Argumentationskette nicht in allen Fällen vollständig durchlaufen werden muss. Zum einen können Änderungen der Preise zu einer Änderung der Wertschöpfung führen, ohne dass sich die Landbewirtschaftung verändern muss. Zum anderen hat ein Wandel des Klimas auch ohne Änderung der Landbewirtschaftung direkte Auswirkungen auf den Zustand zumindest einiger abiotischer und biotischer Ressourcen.

#### ***2.2.4 Verwendete Indikatoren zum Vergleich von agrarökonomischen Landnutzungsmodellen***

Aus den vorgestellten Klassifizierungssystemen werden die nachfolgenden Indikatoren abgeleitet. Mithilfe dieser Indikatoren werden die ausgewählten Fallstudien systematisch verglichen. Insbesondere wird der Umgang der Modelle mit den drei Achsen Raum, Zeit und menschliche Entscheidungsprozesse näher beleuchtet und ihre allgemeine Modellphilosophie herausgearbeitet. Tab. 4 gibt einen Überblick über die verwendeten Indikatoren bzw. Indikatorgruppen. Ein Teil der verwendeten Indikatoren wird direkt aus den beiden vorgestellten Klassifizierungsansätzen (AGARWAL et al., 2002; LAMBIN et al., 2000) übernommen, wie z. B. Anzahl der Flächeneinheiten. Basierend auf den in Kap. 2.2 dargelegten Überlegungen, operationalisiert eine zweite Gruppe von Indikatoren weitere Kriterien. Dazu gehören z. B. die Indikatoren zur Beurteilung der Heterogenität der Agenten.

**Tab. 4: Für den Vergleich der Landnutzungsmodelle ausgewählte Gruppen von Indikatoren**

<b>Behandelte Indikatorengruppen</b>	<b>Bemerkungen<sup>1)</sup></b>
<b>Allgemeines</b>	
Referenzgebiet	
Zeithorizont	Indikatoren basieren auf Kriterien von LAMBIN et al. (2000)
Modelldynamik	
behandelter Fragenkomplex	Indikatoren basieren auf Kriterien von LAMBIN et al. (2000)
<i>Landnutzung</i>	
<i>Wirtschaftlichkeit</i>	
<i>Agrarstruktur</i>	
<i>Umweltgüter</i>	
<b>Betrachtete Ebene</b>	
Fläche	
Betrieb	
<b>Abbildung des Raumes</b>	
Quantitative Aspekte	Indikatoren von AGARWAL et al. (2002)
Qualitative Aspekte	Indikatoren von AGARWAL et al. (2002), erweitert um Indikatoren zur Beurteilung der qualitativen Unterschiede der Flächen, der Art der Unterteilung des Raumes und der Art der räumlichen Wechselbeziehung
<b>Abbildung der Zeit</b>	
Quantitative Aspekte	Indikatoren von AGARWAL et al. (2002)
Qualitative Aspekte	Indikatoren basieren auf Kriterien von AGARWAL et al. (2002)
<b>Abbildung der Agenten</b>	
Quantitative Aspekte	Indikatoren von AGARWAL et al. (2002)
Qualitative Aspekte	Indikatoren basieren auf Kriterien von AGARWAL et al. (2002)
<i>Referenz</i>	
<i>Art der Zielfunktion</i>	
<i>Heterogenität der Agenten</i>	
- <i>Zielfunktion</i>	
- <i>Faktorausstattung</i>	
- <i>Handlungsoptionen</i>	
- <i>Fähigkeiten</i>	

Quelle: eigene Darstellung

1) Falls nicht anders erwähnt, basieren die Indikatoren auf eigenen Überlegungen.

Die Indikatoren vergleichen die Modelle auf verschiedenen für die Modellentwicklung und -anpassung relevanten Ebenen. Diese Ebenen zeigen die Probleme auf, das Modell an veränderte Rahmenbedingungen oder Fragestellungen anzupassen. Hier sind insbesondere die Modellstruktur und die Modellimplementierung zu unterscheiden. Mit einem hohen Aufwand sind meist Anpassungen der logischen Modellstruktur verbunden. Dies betrifft vor allem:

- die Integration neuer Aspekte, z. B. Erweiterung des Modells um ein Bodenabtragsmodell,
- die Anpassung bestehender funktioneller Zusammenhänge, z. B. die geänderte Berechnung der Zielfunktion aufgrund einer veränderten Gewichtung der bisherigen Einflussgrößen,
- oder die Änderung der Datenstrukturen, z. B. der Bodenabtrag wird nicht mehr nur in Abhängigkeit von der Kultur modelliert, sondern auch der Standort und die Vorfrucht fließen ein.

Diese Anpassungen müssen meist vom Modellentwickler durchgeführt werden. Den Gegenpol bilden Indikatoren, die auf der Implementierungsebene ansetzen. Hier können Änderungen oft einfach vorgenommen werden. Die einfachste Änderung ist meist die Anpassung der Koeffizienten der Basiselemente (z. B. Deckungsbeitrag einer Kultur). Zusätzlich kann der Anwender die Zahl der abgebildeten Basiselemente oft mit geringem Aufwand an seine Bedürfnisse anpassen. Dazu zählt z. B. die Definition weiterer Verfahren der Bodennutzung<sup>4</sup>. Im Schwierigkeitsgrad dazwischen liegt die Erweiterung um zusätzliche Eigenschaften. Ein Beispiel ist die Einführung einer zusätzlichen Kenngröße für die Flächennutzungsverfahren, die die Methanemissionen des Verfahrens abbildet. Solange diese zusätzlichen Indikatoren nicht in das Entscheidungskalkül des Agenten einfließen, können die Änderungen der Modellstruktur ohne größeren Aufwand durch den Entwickler durchgeführt werden. Als Konsequenz des unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades der Modellanpassung unterscheiden sich die verschiedenen Anwendungen oder Versionen desselben strukturellen Modells vorwiegend auf der Implementierungsebene.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Aussage, ein Modell ist „komplexer“ als ein anderes Modell, nicht äquivalent mit der Aussage ist, dass dieses Modell „besser“ sei. Prinzipiell ist ein Modell bei gleicher Güte der Ergebnisse umso besser, je einfacher es ist. Der Grund hierfür ist, dass mit zunehmender Komplexität eines Modells seine Nachvollziehbarkeit abnimmt. Daraus ergibt sich, dass die Güte eines Modells davon abhängig ist, ob durch die höhere Komplexität des Modelldesigns bessere Ergebnisse erzielt werden können. Die Qualität der Ergebnisse schließlich kann nur unter der Berücksichtigung der Fragestellung angemessen beurteilt werden.

### 2.3 Ergebnisse des Modellvergleichs

Die meisten ausgewählten Ansätze beschäftigen sich mit der Landwirtschaft in Mittel- und Westeuropa. Mit Ausnahme von *PriModell* werden dabei die für diese Großregion im Allgemeinen typischen Produktionsbedingungen betrachtet (Tab. 5). Nur unter Berücksichtigung des Referenzgebietes kann beurteilt werden, inwieweit die jeweils gewählte Auflösung der einzelnen Aspekte der Fragestellung angemessen ist. So bestehen für Landwirte in der Karoo-Halbwüste nur wenige Optionen, sich an veränderte klimatische Bedingungen anzupassen, sodass eine stark eingeschränkte Palette an landwirtschaftlichen Produktionsverfahren

---

<sup>4</sup> Unter der Voraussetzung, dass die gewählte Modellstruktur auf dieser Ebene mehrere Basiselemente (z. B. mehrere Produktionsverfahren) verwalten kann.

gerechtfertigt erscheint. Auf der anderen Seite zeigen insbesondere in der Schweiz die Flächen große Unterschiede in der Produktivität, sodass eine Zonierung zumindest in Abhängigkeit von der Höhenlage vorzunehmen ist, wenn man plausible Ergebnisse für die Gesamtregion erhalten will. Der Zeithorizont der Modelle reicht von einem bis fünf Jahren (kurzfristig) bis maximal 20 Jahren (langfristig). Je länger der betrachtete Zeithorizont, desto wichtiger ist im Modell die betriebliche Anpassung der Kapazitäten im Zuge von Investitionen.

Dynamische Aspekte spielen bei vier der betrachteten Modelle eine Rolle. In *Agripolis* und *Chile* verändern sich über die simulierten Perioden z. B. die Bodenpreise modellendogen, während die Produktpreise sich aufgrund exogener Vorgaben ändern. Bei *KarooGrazing* und *SFarmMod* spielt die Variabilität des Witterungsgeschehens eine entscheidende Rolle.

**Tab. 5: Referenzgebiete der Modelle und Zeithorizont für die Modellierung**

Modellname	Referenzgebiet	Zeithorizont	Modelldynamik
<i>ASNL</i>	Ostdeutschland	mittel - langfristig	komparativ statisch
<i>Agripolis</i>	Hohenlohe	langfristig	dynamisch
<i>Chile</i>	Chilenisches Zentraltal	langfristig	dynamisch
<i>KarooGrazing</i>	Einzelbetrieb in der südafrikanischen Halbwüste	mittelfristig	(dynamisch)
<i>Kraichgau</i>	Kraichgau	kurzfristig	komparativ statisch
<i>MoDAM</i>	Einzelne ostdeutsche Großbetriebe	kurz- bis mittelfristig	komparativ statisch
<i>PriModell</i>	Alpenraum der Schweiz	mittel - langfristig	komparativ statisch
<i>Proland</i>	Lahn-Dill Kreis	langfristig	komparativ statisch
<i>Raumis</i>	Deutschland	kurz- bis mittelfristig	komparativ statisch
<i>SFarmMod</i>	Nordwest- und Ostengland	kurz- bis mittelfristig	(komparativ statisch)

Quelle: eigene Darstellung

Mit Ausnahme von *KarooGrazing* ist das vorrangige Ziel der Modelle die detaillierte Folgenabschätzung von Änderungen der Agrarpolitik auf die Art und Wirtschaftlichkeit der Landnutzung (Tab. 6). Nur vier Modelle sind in der Lage, Aussagen zu Änderungen der Agrarstruktur zu machen. Bei *ASNL* und *PriModell* werden diese über Verschiebungen des relativen Anteils der einzelnen Betriebstypen abgebildet. Die meisten Modelle können Aussagen über die Auswirkungen der Landnutzung auf die Umweltgüter treffen. Allerdings steht die exakte quantifizierte Bewertung meist nicht im Zentrum der Überlegungen. Drei Modelle beurteilen die Umweltwirkungen anhand sehr detaillierter Aussagen hinsichtlich der eingesetzten Verfahren und der bewirtschafteten Standorte. Zwei Modelle sind jeweils in einen Modellverbund eingebettet, bei denen andere Teilmodelle diese Bewertung vornehmen.

Tab. 6: Ziele der Modellentwicklung

Modellname	Ziel des Modells			
	Prognose der Auswirkung von Änderungen der Agrar(markt)politik auf die Landnutzung	Wirtschaftlichkeit	Agrarstruktur	Umweltgüter
<i>ASNL</i>	+++ <sup>1)</sup>	+++	++	-
<i>Agripolis</i>	+++	+++	+++	+
<i>Chile</i>	+++	+++	+++	+
<i>KarooGrazing</i> <sup>2)</sup>	++	++	-	++
<i>Kraichgau</i>	+++	+++	-	- <sup>3)</sup>
<i>MoDAM</i>	+++	+++	-	+++
<i>PriModell</i>	+++	+++	+++	+++
<i>Proland</i>	+++	++	-	- <sup>3)</sup>
<i>Raumis</i>	+++	+++	-	+
<i>SFarmMod</i>	+++	+++	-	+

Quelle: eigene Darstellung

- 1) +++ detaillierte Aussagen möglich  
 ++ Aussagen beruhen auf im Vergleich zu den anderen Modellen starken Vereinfachungen  
 + Aussagen erfolgen nur zu ausgewählten Teilbereichen  
 - keine Aussagen
- 2) Prognose der Auswirkung von Klimaänderungen
- 3) Teil eines Modellverbundes; entsprechende Aussagen werden von einem anderen Modul geliefert

Geht man davon aus, dass die Modellbetriebe bzw. die Flächen kleinste unteilbare Einheit des Landnutzungsmodells sein können, lassen sich bei den untersuchten Modellen drei Gruppen unterscheiden (Tab. 7). Bei *Proland* ist die Fläche die atomare Einheit. Das Konzept eines Betriebes oder die Berücksichtigung von Restriktionen durch fixe Kapazitätsgrenzen ist nicht vorgesehen. Bei knapp der Hälfte der Modelle (*KarooGrazing*, *Kraichgau*, *Raumis*, *SFarmMod*) ist die Flächenebene fest mit der Betriebsebene<sup>5</sup> verknüpft. Eine Zupacht oder Verpacht von Flächen durch den Betrieb ist damit nicht möglich<sup>6</sup>. Die übrigen Modelle verwalten die Betriebe und Flächen auf zwei verschiedenen logischen Ebenen. Damit können die einzelnen Modellbetriebe im Rahmen von Markttransaktionen ihre Kapazitäten durch Zupacht und Verpacht anpassen. Bei *MoDAM*<sup>7</sup> und *PriModell* erfolgen die Transaktionen auf dem Bodenmarkt zu exogen festgelegten Preisen, während die drei übrigen Modelle intern Marktpreise bilden.

<sup>5</sup> Bei *Kraichgau* und *Raumis* spiegelt diese Ebene keine Einzelbetriebe sondern Betriebsaggregate (Nahbereichs-, bzw. Regionshöfe) wieder.

<sup>6</sup> *Raumis* berechnet zwar Pachtpreise; es gibt aber im strengen Sinn keinen Handel mit Flächen, sodass mit diesem „Flächenmarkt“ keine Markttransaktionen und Kapazitätsveränderungen verbunden sind.

<sup>7</sup> Ob eine Zupacht oder Verpacht möglich ist, hängt von der konkreten Implementierung von *MoDam* ab.

**Tab. 7: Funktionale Basiselemente der Modelle**

Modellname	Fläche	Betrieb	Statisches Aggregat aus Betrieb und Fläche
ASNL	✓ <sup>1)</sup>	✓	-
Agropolis	✓	✓	-
Chile	✓	✓	-
KarooGrazing	-	-	✓
Kraichgau	-	-	✓
MoDAM	✓	✓	-
PriModell	✓	✓	-
Proland	✓	-	-
Raumis	-	-	✓ <sup>2)</sup>
SFarmMod	-	-	✓ <sup>2)</sup>

Quelle: eigene Darstellung

1) ✓ Basiselement des Modells

- kein Basiselement des Modells

2) Standortliche Differenzierung der Flächen innerhalb eines Betriebes möglich

### 2.3.1 Abbildung des Raumes

Bei den meisten Modellen spielt im Rahmen der ökonomischen Kalkulationen die exakte räumliche Lage der Flächeneinheiten keine Rolle (Tab. 8). Stattdessen werden bei ihnen die Flächen im Untersuchungsgebiet anhand von qualitativen Merkmalen zu einer Flächeneinheit (Flächentyp) zusammengefasst. Die Ertragsfähigkeit, die aktuelle Art der Nutzung<sup>8</sup> oder die räumliche Lage<sup>9</sup> werden oft als Kriterien verwendet. Diese Ansätze sind insoweit räumlich repräsentativ, als der abgebildete Flächentyp seinem „realweltlichen“ Original hinsichtlich der qualitativen Eigenschaften und der Gesamtfläche entspricht. Die Agenten können die Flächen eines Typs kontinuierlich aufteilen und diese Teilflächen bestimmten Nutzungen zuweisen. Etwas andere Ansätze wählen *MoDAM* und *SFarmMod*. Bei *MoDAM* entspricht jeder Schlag in der Realität einer Flächeneinheit im Modell und jede Flächeneinheit muss einheitlich bewirtschaftet werden. Die einzelnen Schläge sind nur durch die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Betrieb miteinander verknüpft und die Lage der Schläge zueinander spielt keine Rolle. Bei *SFarmMod* wird die Untersuchungsregion in ein Raster aufgeteilt, bei dem jede Rasterzelle einem Betrieb mit Flächen entspricht. Dieser Betrieb kann nun die Anteile der einzelnen Produktionsverfahren stufenlos verändern<sup>10</sup>. *Agropolis* und *Chile* sind die einzigen Modelle, bei denen Flächeneinheiten topologisch im Rahmen der ökonomischen Kalkulationen behandelt werden. D. h., für die wirtschaftliche Beurteilung einer bestimmten Flächennutzung auf einer Flächeneinheit zieht das Modell Daten zur räumlichen Anordnung heran,

<sup>8</sup> Z. B. Acker – oder Grünland

<sup>9</sup> Z. B. in *Raumis* der Landkreis, in dem sich die Fläche befindet

<sup>10</sup> Als Konsequenz haben alle Betriebe dieselbe Flächenausstattung.



unter anderem die Entfernung zu den weiteren Flächeneinheiten desselben Agenten oder die Entfernung zur Hofstelle. Somit können in diesen Modellen die Agenten Kosten sparen, wenn sie die von ihnen genutzten Flächeneinheiten arrondieren. Bei *Kraichgau* und *Proland* spielt die räumliche Anordnung der Flächennutzung nur bei der ökologischen Bewertung der Landnutzung einer Region eine Rolle. Bei *MoDAM* und *PriModell* werden die Feld-Hof-Distanzen basierend auf der konkreten Lage der Hofstelle zu den Nutzflächen zueinander abgeleitet.

**Tab. 8: Strukturelle Aspekte bei der Abbildung des Raumes im Rahmen der ökonomischen Kalkulationen in den einzelnen Modellen**

Modellname	Art der Flächeneinheiten	Unterteilung des Raumes in ..... Einheiten	Räumliche Abbildung der Flächen	
			Repräsentativ <sup>1)</sup>	Topologisch <sup>2)</sup>
<i>ASNL</i>	unräumlich <sup>3)</sup>	kontinuierliche	++ <sup>6)</sup>	-
<i>Agripolis</i>	Raster	diskrete	+++	+++
<i>Chile</i>	Raster	diskrete	+++	+++
<i>KarooGrazing</i>	unräumlich	kontinuierliche	-	-
<i>Kraichgau</i>	unräumlich <sup>4)</sup>	kontinuierliche	+++	+ <sup>7)</sup>
<i>MoDAM</i>	unräumlich	diskrete	+++	+ <sup>8)</sup>
<i>PriModell</i>	unräumlich	kontinuierliche	++	+ <sup>8)</sup>
<i>Proland</i>	Raster / Polygone <sup>5)</sup>	diskrete	+++	+ <sup>7)</sup>
<i>Raumis</i>	unräumlich	kontinuierliche	+++	-
<i>SFarmMod</i>	Raster	kontinuierliche	+++	-

Quelle: eigene Darstellung

- 1) Die qualitativen Eigenschaften einer Fläche (z. B. Ertragsfähigkeit, Größe, Lage im Raum) werden berücksichtigt.
- 2) Die exakte räumliche Lage jeder Fläche spielt eine Rolle, da die einzelnen Flächen über direkte Wechselwirkungen miteinander verbunden sind.
- 3) Flächen werden aufgrund ihrer qualitativen Eigenschaften zu einem Flächentyp zusammengefasst, bei dieser Aggregation spielt die räumliche Lage der Fläche meist nur eine untergeordnete Rolle.
- 4) Rasteransatz wird nur bei der abschließenden Verteilung der Flächennutzungen verwendet.
- 5) Abhängig von der Implementierung (Raster bei WEINMANN (2002); Polygone bei WEINMANN et al. (2006))
- 6) +++ exakte räumliche Zuordnung möglich  
 ++ exakte räumliche Zuordnung nicht möglich, aber ausgeprägte Differenzierung der Standorte aufgrund ihrer Eigenschaften  
 + räumliche Lage wird nur in ausgewählten Teilbereichen berücksichtigt  
 - keine Aussagen
- 7) Topologische Beziehungen spielen nur bei den ökologischen Bewertungen eine Rolle.
- 8) Topologische Beziehungen spielen nur bei der Ermittlung der Feld-Hofdistanzen eine Rolle.

Modelle, die auf einem Flächenraster aufbauen (*Agripolis*, *Chile*, *Proland*) verwalten eine bedeutend größere Zahl von Flächeneinheiten, als solche, die unräumliche Flächentypen verwenden (Tab. 9). Allerdings erfolgt auch bei den unräumlichen Ansätzen eine Differenzierung der Fläche in viele qualitativ unterschiedliche Typen (z. B. bei *PriModell*). Die strukturellen Merkmale einer Fläche beeinflussen insbesondere den Arbeitszeitaufwand, der zur Bewirtschaftung einer Fläche benötigt wird. Als strukturelle Merkmale fließen die Feld-Hof-Entfernung und die Schlaggröße ein. Bei *Proland* hängt der Arbeitszeitbedarf maßgeblich von der Hangneigung der jeweiligen Fläche ab. Bei *SFarmMod* unterscheiden sich die einzelnen

Rasterzellen<sup>11</sup> nicht in der Lage und Struktur, sondern in der Größe des Zeitfensters, das dem Agenten für die Erledigung bestimmter Feldarbeiten, z. B. Saat von Winterweizen, zur Verfügung steht. Die Länge des Zeitfensters hängt vom Klima und Bodentyp des Rasterfeldes ab.

**Tab. 9: Implementierung des Raumes im Rahmen der ökonomischen Kalkulationen in den einzelnen Modellen**

Modellname	Zahl der Flächeneinheiten	Größe der Modellregion (km <sup>2</sup> )	Unterschiedliche Flächenklassen hinsichtlich ihrer	
			Produktivität	Struktur
<i>ASNL</i>	~60	55.600	6	1
<i>Agropolis</i>	~300.000	720	2	> 20
<i>Chile</i>	~250.000	670	1	> 20
<i>KarooGrazing</i>	30-200	70	1	1
<i>Kraichgau</i>	~60	1.500	> 20	1
<i>MoDAM</i>	50-100	~50	> 20	> 20
<i>PriModell</i>	500	2.700	10 - 20	10 - 20
<i>Proland</i>	~250.000	150	> 20	> 20
<i>Raumis</i>	~650	170.000	2	1
<i>SFarmMod</i>	~800	10.000	> 20	> 20 <sup>1)</sup>

Quelle: eigene Darstellung

1) Strukturunterschiede der Flächen über unterschiedliche Zahl der Feldarbeitstage pro Rasterzelle

Allerdings sind die räumliche Lage und die Struktur der Flächen meist ohne Bedeutung für die ökonomischen Kalkulationen. Nur bei Modellen mit feiner Auflösung der Standorte (*PriModell*, *MoDAM*) oder Modellen, die auf zellulären Automaten basieren (*Agropolis*, *Chile*)<sup>12</sup>, werden diese Parameter berücksichtigt. Die anderen Modelle gehen von einem Normschlag mit einem Standardarbeitszeitbedarf aus. Die Betrachtung unterschiedlicher Flächenstrukturen ist im Rahmen von Szenarien möglich<sup>13</sup>. Bei *Kraichgau* spielt die Lage der Fläche nur bei den ökologischen Betrachtungen eine Rolle<sup>14</sup>.

Insbesondere bei Ansätzen mit Rasterdaten werden oft Geoinformationen, die auf der Auswertung von Karten oder Satellitenbildern beruhen, zur Initialisierung herangezogen.

Eine Differenzierung der Flächen oder Flächentypen aufgrund von legalen Nutzungsbeschränkungen, z. B. in Naturschutzgebieten, oder ihrer jeweiligen kleinräumigen Standortbedingungen erfolgt nur bei vier Modellen (*Kraichgau*, *MoDAM*, *PriModell*, *Proland*) (Tab. 10). Diese Modelle haben meist eine hohe räumliche Auflösung. Bei Ansätzen die auf zellulären Automaten basieren (*Agropolis*, *Chile*, *Kraichgau*, *Proland*), ist eine Differenzierung der einzelnen Flächeneinheiten hinsichtlich der intrinsischen Flächeneigenschaften im Prinzip relativ

<sup>11</sup> Darunter versteht man ein Aggregat aus dem Betrieb und seinen Flächen.

<sup>12</sup> Bei diesen Modellen kommen Transportwege vor.

<sup>13</sup> Hier unterscheidet sich dann die Größe des Normschlages.

<sup>14</sup> Hier nimmt beispielsweise die pro Flächeneinheit ausgebrachte Güllemenge mit zunehmender Distanz vom Nahbereichszentrum ab.

unproblematisch (vgl. BERGER, 2004). Insbesondere bei Modellen mit einer geringen räumlichen Auflösung muss die Frage kritisch beleuchtet werden, ob eine Differenzierung nach Nutzungsbeschränkungen oder Standorteignung zur Beantwortung der jeweiligen Fragestellung nötig ist, oder ob die Annahme mittlerer Bedingungen innerhalb einer Flächeneinheit zu große Abschätzungsfehler nach sich zieht.

**Tab. 10: Differenzierung der Flächen in den Modellen hinsichtlich qualitativer Eigenschaften (intrinsische Flächeneigenschaften)**

Modellname	Standorteignung	Lage im Raum (laterale Stoffflüsse)	Nutzungsbeschränkung
<i>ASNL</i>	-	-	-
<i>Agripolis</i>	P	P	P
<i>Chile</i>	P	✓	P
<i>KarooGrazing</i>	-	-	-
<i>Kraichgau</i>	✓	✓	✓
<i>MoDAM</i>	✓	-	✓
<i>PriModell</i>	✓	-	✓
<i>Proland</i>	✓	✓	✓
<i>Raumis</i>	-	-	-
<i>SFarmMod</i>	-	-	-

Quelle: eigene Darstellung

P) Prinzipiell ohne strukturelle Veränderung des Modells möglich, aber nicht implementiert

✓ Flächen haben bei der betrachteten Eigenschaft unterschiedliche Ausprägungen im Modell.

- keine Variabilität

### 2.3.2 Abbildung der Zeit

Die Hälfte der Modelle geht nicht nur von einem komparativ-statischen Modellansatz aus, sondern die Agenten treffen ihre Entscheidungen bei durchschnittlichen und konstanten Rahmenbedingungen (Tab. 24). Dass diese Verknüpfung nicht notwendig ist, zeigen *SFarmMod* und *KarooGrazing*. Bei *SFarmMod* optimiert der Agent seine Landnutzungen unter Berücksichtigung der in der Vergangenheit beobachteten Variabilität der klimatischen und ökonomischen Bedingungen. Insbesondere stellt er sein Anbauprogramm so zusammen, dass es in mindestens sieben von zehn Jahren ohne Abstriche durchgeführt werden kann. Bei *KarooGrazing* werden in einem ersten Schritt verschiedene Verläufe für das Witterungsgeschehen in den kommenden Jahren generiert. Im nächsten Schritt werden die Verläufe, die mithilfe derselben statistischen Parameter zur Niederschlagsverteilung generiert wurden, zu einem Szenario zusammengefasst. Im letzten Schritt wird die langfristige ökonomische Vorzüglichkeit verschiedener Bewirtschaftungsalternativen in Abhängigkeit vom Witterungsverlauf bewertet. Bei *ASNL* und *Raumis* werden innerhalb des Modells / Modellverbundes die Produktpreise für die Endperiode berechnet. Dabei werden Veränderungen hinsichtlich der Quantität und Qualität der erzeugten Güter berücksichtigt. Bei *Chile* und *Agripolis* wird die

Preisentwicklung für die einzelnen Produkte exogen vorgegeben. Ferner legt der Modellentwickler bei *Agripolis* die Rate des technischen Fortschritts fest. Bei beiden Modellen kann der einzelne Agent seine Ausstattung mit Investitionsgütern und Flächen in jeder Periode anpassen. Er reagiert hierbei auf die aktuellen Preise, seine bisher getätigten Investitionen, aber auch die Entwicklung der Nachbarbetriebe. Insbesondere kann er seine Flächenausstattung nur erhöhen, wenn seine Nachbarn vorher Flächen freisetzen.

**Tab. 11: Abbildung der zeitlichen Variabilität von Preisen und Erträgen in den Modellen**

Modellname	Klima / Erträge	Produktpreise	Faktorausstattung der Betriebe
<i>ASNL</i>	-	endogen	-
<i>Agripolis</i>	-	exogen	endogen
<i>Chile</i>	-	exogen	endogen
<i>KarooGrazing</i>	endogen	-	-
<i>Kraichgau</i>	-	-	-
<i>MoDAM</i>	-	-	-
<i>PriModell</i>	-	-	-
<i>Proland</i>	-	-	-
<i>Raumis</i>	-	endogen	-
<i>SFarmMod</i>	exogen	-	-

Quelle: eigene Darstellung

- keine Variabilität

### 2.3.3 Abbildung der Agenten

Die Referenz der meisten Modellagenten ist ein typischer Einzelbetrieb (Tab. 12). Hinsichtlich der Ausprägung seiner Eigenschaften<sup>15</sup> entspricht ein „typischer“ Betrieb im Gegensatz zum „realen“ Betrieb nicht notwendigerweise einem in der Realität vorkommenden Betrieb. Ein „typischer“ Betrieb repräsentiert eine Gruppe von Betrieben in der Region, mit einer nach Meinung des Modellentwicklers charakteristischen Kombination von Merkmalsausprägungen. Diese Kombination muss nicht statistisch abgesichert sein. Zwei Modelle verwenden Aggregate von Betrieben als Agenten, nämlich zum einen einen Nahbereichshof (*Kraichgau*) und zum anderen einen Regionshof (*Raumis*). Wie erwähnt verzichtet *Proland* auf die gesonderte Berücksichtigung der betrieblichen Ebene. Hier wird vielmehr angenommen, dass die sonstigen Produktionsfaktoren wie Stallplätze, Milchquoten, Arbeit etc. nicht limitierend sind. Es wird ausgehend von einem 1 ha Schlag und den gegebenen standörtlichen Bedingun-

<sup>15</sup> Z. B. die Zahl der Stallplätze oder der Umfang der bewirtschafteten Fläche.

gen das Verfahren mit der maximalen Bodenrente pro ha ermittelt<sup>16</sup>. Drei Modelle optimieren eine kurzfristige wirtschaftliche Zielfunktion (Deckungsbeitrag), während fünf Modelle auch längerfristige wirtschaftliche Überlegungen berücksichtigen (Agenteneinkommen). Bis auf **PriModell** optimieren die einzelnen Agenten die wirtschaftlichen Erfolgskenngrößen getrennt voneinander. **Agripolis**, **ASNL**, **PriModell** gewichten die einzelnen Betriebstypen so, dass ihre Art und Zahl im Modell den statistischen Angaben entsprechen.

**Tab. 12: Referenz, Zahl und Zielgröße der abgebildeten Agenten in den Modellen**

Modellname	Referenz der Agenten	Zahl der Agenten	Zielgröße des Agenten
<i>ASNL</i>	typischer Einzelbetrieb	viele	Deckungsbeitrag
<i>Agripolis</i>	typischer Einzelbetrieb	viele	Agenteneinkommen mit Zuerwerb
<i>Chile</i>	typischer Einzelbetrieb	viele	Agenteneinkommen mit Zuerwerb
<i>KarooGrazing</i>	realer Einzelbetrieb	1	Agenteneinkommen ohne Zuerwerb
<i>Kraichgau</i>	Aggregat von Betrieben	viele	Deckungsbeitrag
<i>MoDAM</i>	realer Einzelbetrieb	1 – viele <sup>1)</sup>	Deckungsbeitrag
<i>PriModell</i>	typischer Einzelbetrieb	viele	Sektoreinkommen
<i>Proland</i>	1 ha Nutzfläche <sup>2)</sup>	viele	Bodenrente pro ha
<i>Raumis</i>	Aggregat von Betrieben	viele	Agenteneinkommen mit Zuerwerb
<i>SFarmMod</i>	typischer Einzelbetrieb	viele	Agenteneinkommen ohne Zuerwerb

Quelle: eigene Darstellung

1) je nach Implementierung

2) WEINMANN (2002)

Bei den meisten Modellen wird die Zielgröße mittels eines LPs<sup>17</sup> optimiert. Um eine Über-spezialisierung zu vermeiden, erweitern die Modelle, die auf Betriebsaggregaten basieren, diesen zu einem PMP<sup>18</sup>-Ansatz.

Bis auf **KarooGrazing**, **Proland** und **SFarmMod** erlauben alle Modelle die Differenzierung der Agenten hinsichtlich „harter“ betrieblicher Daten wie der Ausstattung mit Arbeitskräften, Investitionsgütern, Produktionsrechten und Flächen (Tab. 13). Während **Proland** auf Betriebe ganz verzichtet und **KarooGrazing** von nur einem Betrieb die Landnutzung ermittelt, geht **SFarmMod** von einem Standardbetrieb aus.

<sup>16</sup> WEINMANN et al. (2006) bilden den Raum mit Polygonen unterschiedlicher Größe ab. Diese sind aus dem ATKIS Datensatz abgeleitet. Größere zusammenhängende landwirtschaftlich genutzte Flächen werden entsprechend des Verlaufes der Wirtschaftswege unterteilt.

<sup>17</sup> Lineare Programmierung

<sup>18</sup> Positive mathematische Programmierung

**Tab. 13: Unterschiedliche Möglichkeiten der Initialisierung der Agenten hinsichtlich ausgewählter physikalischer Eigenschaften**

Modellname	Ausstattung mit			
	Arbeit	Investitionsgüter	Produktionsrechten	Flächen
<i>ASNL</i>	✓	✓	✓	✓
<i>Agropolis</i>	✓	✓	✓	✓
<i>Chile</i>	✓	✓	✓	✓
<i>KarooGrazing</i>	-	-	-	-
<i>Kraichgau</i>	✓	✓	✓	✓
<i>MoDAM</i>	✓	✓	✓	✓
<i>PriModell</i>	✓	✓	✓	✓
<i>Proland</i>	-	-	-	✓ <sup>1)</sup>
<i>Raumis</i>	✓	✓	✓	✓
<i>SFarmMod</i>	-	-	-	✓ <sup>1)</sup>

Quelle: eigene Darstellung

1) nur die Qualität der Flächen variiert zwischen den Agenten nicht aber der Flächenumfang

✓ Agenten sind hinsichtlich der betrachteten Eigenschaft unterschiedlich ausgestattet.

- keine Variabilität

Die meisten Modelle variieren ihre Agenten stark hinsichtlich ihrer physikalischen Ausstattung; demgegenüber gehen sie davon aus, dass alle Agenten die gleichen Ziele und Fähigkeiten haben (Tab. 14). Eine Ausnahme stellen hier *Agropolis* und *Chile* dar. So kann bei *Chile* die Höhe des Mindestkonsums in Abhängigkeit vom Agenten verändert werden. Ferner differiert auf einzelbetrieblicher Ebene die Neigung, Innovationen umzusetzen. SCHREINEMACHERS (2006, S. 66 ff.) schätzt in einer Erweiterung des Ansatzes von BERGER (2000) für seine Untersuchungsregion die Größenordnung und die Verteilung vieler dieser Faktoren basierend auf empirischen Daten ab. Bei *Agropolis* hängt der Zeitaufwand, den die Agenten zur Durchführung der Produktionsverfahren benötigen, vom Agenten ab. Zusätzlich erhöht sich in diesem Modell mit jedem Generationenwechsel die durch den Agenten angestrebte Mindestentlohnung. Ferner unterscheiden sich in beiden Modellen die Betriebe der Agenten schon in der Initialisierung hinsichtlich des Alters der Investitionsgüter. Bei beiden Modellen hängt der Zeitpunkt, an dem Investitionsgüter ersetzt werden müssen, vom Alter des Gutes ab. Die Initialisierung dieser Parameter basiert sowohl in *Chile* als auch *Agropolis* auf ad hoc Annahmen und ist somit nicht empirisch abgesichert. *Raumis* verwendet regionspezifische Verfahrenskoeffizienten, z. B. den Arbeitszeitbedarf pro ha, um die Unterschiede zwischen den einzelnen Regionen hinsichtlich der Standorteignung und der mittleren Betriebsgröße abzubilden. Dies kann man als Analogon zu unterschiedlichen Fähigkeiten auf einzelbetrieblicher Ebene betrachten.

**Tab. 14: Differenzierung der Agenten in den Modellen hinsichtlich ihrer Fähigkeiten und Ziele**

Modellname	Betriebsleiter	
	Fähigkeiten	Zielfunktion
ASNL	-	-
Agropolis	✓	✓ <sup>3)</sup>
Chile	✓ <sup>1)</sup>	✓ <sup>4)</sup>
KarooGrazing	-	-
Kraichgau	-	-
MoDAM	-	-
PriModell	-	-
Proland	-	-
Raumis	✓ <sup>2)</sup>	-
SFarmMod	-	-

Quelle: eigene Darstellung

✓ Es erfolgt eine Differenzierung zwischen den Agenten.

- Es erfolgt keine Differenzierung zwischen den Agenten.

- 1) Die Agenten haben unterschiedliche Adaptionsschwellen, die überschritten werden müssen, bevor sie eine neue Technologie anwenden.
- 2) Die technischen Koeffizienten für die einzelnen Verfahren unterscheiden sich zwischen den einzelnen Regionen (z. B. Düngeraufwand pro ha, Ertrag pro ha).
- 3) Bei jeder Hofübergabe, diese ist abhängig vom Alter des Agenten, erhöht sich die vom Agenten geforderte Mindestentlohnung um einen festgelegten Betrag. Agenten, die das gleiche Alter haben, haben die gleiche Zielfunktion.
- 4) Die Höhe des Mindestkonsums unterscheidet sich zwischen den Agenten.

Die Größe des Pools an Produktionsverfahren, aus denen der Agent sein Produktionsprogramm zusammenstellen kann, hängt maßgeblich von der betrachteten Region ab (Tab. 15). So sind der mit dem Modell **KarooGrazing** abgebildeten Region nur Tierhaltungsverfahren von wirtschaftlichem Interesse. Allerdings ist die Zahl der Bewirtschaftungsoptionen durch die naturräumlichen Bedingungen stark eingeschränkt. Bei den wenigsten Modellen können die Agenten ihre Ausstattung mit Produktionsfaktoren (Flächen und Investitionsgüter) an sich ändernde Rahmenbedingungen anpassen, bzw. die Anpassung wird stark vereinfacht abgebildet. Nur in **Agropolis** und **Chile** haben die Agenten schwierige Planungsprobleme zu lösen. Die Probleme sind insoweit schwierig, als die Agenten zu dem Zeitpunkt, an dem sie Investitionsentscheidungen treffen, nicht wissen, wie sich ihre Nachbarn und unmittelbaren Konkurrenten verhalten werden. In den meisten Modellen werden die Verfahren im Pflanzenbau sehr viel differenzierter abgebildet, als die der Tierhaltung. Weiterhin ist die Zusammenfassung von Tierhaltungs- und Pflanzenbauverfahren zu einem festen „Komplexverfahren“, wie z. B. die Grünlandnutzung mit Mutterkühen bei **Agropolis**, nicht unüblich.

**Tab. 15:** „Entscheidungsspielraum“ der Agenten in den Modellen

Modellname	Handeln die Agenten unter vollständiger Information?	Können die Agenten investieren?	Können die Agenten pachten und verpachten?	Zahl der Produktionsverfahren	
				Pflanzenbau	Tierhaltung
ASNL	✓	(✓) <sup>1)</sup>	✓	21 – 100	
Agripolis	-	✓	✓	1 – 20	1 – 20
Chile	-	✓	✓	> 100	1 – 20
KarooGrazing	✓	(✓) <sup>2)</sup>	-	1 – 20	
Kraichgau	✓	-	-	1 – 20	1 – 20
MoDAM	✓	-	- <sup>4)</sup>	> 100	21 - 100
PriModell	✓	(✓) <sup>3)</sup>	✓	> 100	1 - 20
Proland	✓	-	-	1 – 20	
Raumis	✓	(✓) <sup>3)</sup>	✓	21 – 100	> 100
SFarmMod	✓	-	-	21 – 100	1

Quelle: eigene Darstellung

✓ berücksichtigt

(✓) im eingeschränkten Maße berücksichtigt

- nicht berücksichtigt

1) Erweiterung nur im Rahmen bestehender Kapazitäten

2) wenige Optionen

3) Investitionen sind linearisiert, d. h., die Investitionen sind beliebig teilbar.

4) je nach Implementierung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die meisten Modelle die kurzfristigen Anpassungsoptionen stärker gewichten und differenzieren als die langfristigen (Tab. 16). Dies wird auch durch die für die Agenten gewählten Zielgrößen deutlich.

**Tab. 16:** Zahl der kurz- und langfristigen Anpassungsstrategien bzw. Reaktionsmöglichkeiten der Agenten

Kurzfristig <sup>2)</sup> \ Langfristig <sup>1)</sup>	Keine	Wenige	Viele
	Keine	-	-
Wenige	SFarmMod	KarooGrazing, Kraichgau, ASNL	Agripolis
Viele	Proland, MoDAM	Raumis, PriModell	Chile

Quelle: eigene Darstellung

1) Investitions- und Desinvestitionsentscheidungen

2) Wahl der Produktionsverfahren und der Intensität

Nur bei wenigen Modellen werden Interaktionen zwischen den einzelnen Agenten berücksichtigt (Tab. 17). Bei den Produktmärkten wird im Allgemeinen davon ausgegangen, dass die Produktionsmenge im Untersuchungsgebiet keinen Einfluss auf den Marktpreis hat („small country assumptions“). Diese Annahme gilt auch für die meisten Märkte für Produktionsfaktoren mit Ausnahme des Landmarktes, für den verschiedene Modelle endogen einen Marktpreis ermitteln. Ferner verwenden die kleinmaßstäblichen Modellen *ASNL* und *Raumis* ein Marktmodul um den Handel mit u. a. Milchquoten und Zuckerrübenkontingenten abzubilden. *Chile* ist das einzige Modell, das eine Interaktion auf der sozialen Ebene zwischen den Agenten integriert. In diesem Modell ist die Anwendung von neuen Technologien neben dem



agentenspezifischen Schwellenwert<sup>19</sup> von der Verbreitung der Innovation<sup>20</sup> innerhalb der Agentenpopulation abhängig.

**Tab. 17: Interaktionsmöglichkeiten der Agenten**

Modellname	Zahl der Agenten	Interaktion auf Märkten für		Soziale Interaktion	Ökologische Wechselwirkung
		Produktionsfaktoren <sup>1)</sup>	Produkte		
<i>ASNL</i>	viele	✓	-	-	-
<i>Agropolis</i>	viele	✓	✓	-	-
<i>Chile</i>	viele	✓	-	✓	✓
<i>KarooGrazing</i>	1	-	-	-	-
<i>Kraichgau</i>	viele	-	-	-	✓
<i>MoDAM</i>	1 oder viele	-	-	-	-
<i>PriModell</i>	viele	-	-	-	-
<i>Proland</i>	viele	-	-	-	✓
<i>Raumis</i>	viele	✓	✓	-	-
<i>SFarmMod</i>	viele	-	-	-	-

Quelle: eigene Darstellung

1) meistens Landmärkte

✓ berücksichtigt

- nicht berücksichtigt

## 2.4 Konsequenzen für die eigene Modellentwicklung

Der Modellvergleich zeigt, dass der Modellentwickler aus einer Vielzahl von erprobten Möglichkeiten

- zur Abbildung der räumlichen Eigenschaften seines Untersuchungsgebietes,
- zur Gestaltung von Phänomenen im Zeitablauf
- sowie zur Ausstattung mit Investitionsgütern,

diejenige Kombination wählen kann, die zur Beantwortung seiner spezifischen Fragestellung am besten geeignet ist.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Landnutzungsmodell zu entwickeln, das die Abschätzung der Auswirkungen von Änderungen der Agrarpolitik auf der Ebene kleinerer Räume ermöglicht. Diese Ebene wird gewählt, da die Implikationen von politischen Entscheidungen auf die landwirtschaftliche Flächennutzung oft von den spezifischen regionalen und lokalen Gegebenheiten abhängen. Zu den Faktoren, die kleinräumig variieren, gehören das Standortpotential (vgl. *Proland*) und die Agrarstruktur (vgl. *Agropolis*, *Chile*). Insbesondere die Beurteilung der Umweltwirkungen der Landwirtschaft ist für viele Faktoren nur auf dieser

<sup>19</sup> Dieser dient als Schätzwert für die Innovationsfreudigkeit des Agenten.

<sup>20</sup> Dieser dient als Schätzwert für die dem Agenten zur Verfügung stehende Information über die Innovation.

Ebene möglich (vgl. *Proland, Kraichgau, MoDAM*). Das im nachfolgenden vorgestellte Modell soll es insbesondere ermöglichen, Aussagen über die Veränderung der Wirtschaftlichkeit und der Agrarstruktur zu treffen. Um Effekte, wie einzelbetriebliche Pfadabhängigkeiten aufgrund von Investitionsentscheidungen abzubilden, wird der einzelne reale Betrieb als Vorlage für einen Modellagenten gewählt (vgl. LAUBER, 2006; *MoDAM, KarooGrazing*). Die Agenten bewirtschaften einen Betrieb, der im Modell durch seine Ausstattung mit Investitionsfaktoren bestimmt ist (insbesondere Investitionsgüter, Flächen und Produktionsrechte). Die Agenten können Flächen und Produktionsrechte verpachten und pachten bzw. die Ausstattung des Modellbetriebes durch Investitionen verändern.

Da mithilfe des verwendeten Modells nur kleine Regionen modelliert werden sollen, kann davon ausgegangen werden, dass der Einfluss der jeweiligen Regionen auf die Märkte für landwirtschaftliche Produktionsfaktoren und Produkte vernachlässigbar ist („small country assumptions“). Eine Ausnahme bildet hier der Produktionsfaktor Boden. Hier tritt Konkurrenz nur lokal auf, da Transportzeiten und –kosten die Zahl der möglichen Konkurrenten begrenzen. Da hier die lokalen Gegebenheiten eine große Rolle spielen, werden die Pachtpreise im Modell nicht exogen vorgegeben, sondern unter Verwendung eines Pachtmarktmoduls endogen ermittelt (vgl. *ASNL, Agripolis, Chile*).

Im Zentrum der eigenen Modellentwicklung steht die Forderung, dass der Ansatz mit möglichst geringem Aufwand in andere Regionen übertragen werden kann. Dies ermöglicht es, die Simulation einer Politikoption für mehrere typische Regionen eines Landes gleichzeitig durchzuführen. Dies gestattet es, die Übertragung / Hochrechnung der Simulationsergebnisse auf andere und größere Gebiete besser abzusichern. Ferner erhält man Informationen über die Spannbreite der Konsequenzen auf regionaler Ebene. Die Anforderungen an eine einfache und schnelle Übertragbarkeit des Ansatzes erzwingen Abstriche bei der Präzision der Abbildung des jeweiligen Untersuchungsgebietes. So wird beim eigenen Modellansatz auf eine räumlich exakte und topologisch korrekte Repräsentation der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Modell im Gegensatz zu z. B. *Proland* und LAUBER (2006) verzichtet, da diese Art der Abbildung des Raumes sehr hohe Anforderungen an die Menge und Qualität der verfügbaren Daten stellt (z. B. ATKIS-, InVeKoS-Daten, digitales Höhenmodell, ...) und sehr arbeitsaufwändig ist. Ferner kann es bei einer räumlich exakten Abbildung des Raumes und bei einer exakten Zuweisung der Flächen zu den jeweiligen Betrieben zu Problemen mit der Gewährleistung eines ausreichenden Datenschutzes kommen. Insbesondere, wenn kleine Gebiete abgebildet werden, ist den Beteiligten vor Ort oft bekannt, welcher Landwirt welche Flächen bewirtschaftet, und es kann von einer Änderung der Flächenbewirtschaftung auf die

wirtschaftliche Situation des bewirtschafteten Betriebes zurückgeschlossen werden. Stattdessen wird die landwirtschaftliche Nutzfläche entsprechend von strukturellen und produktionstechnischen Parametern klassifiziert (vgl. *PriModell*).

Für die nachfolgende Modellierung wird ein komparativ statischer Ansatz gewählt, da ein dynamischer Ansatz neben einer Rentabilitäts- auch eine Liquiditätsrechnung erfordert. Die dafür zusätzlich notwendigen Informationen zur Liquiditäts- und Kapitalausstattung der landwirtschaftlichen Haushalte sind aber insbesondere für nicht-buchführungspflichtige Betriebe kaum zu erhalten.

Wie bei den anderen für mitteleuropäische Produktionsbedingungen entwickelten Landnutzungsmodellen wird für den eigenen Ansatz unterstellt, dass bei der Auswahl der Produktionsverfahren durch den Betriebsleiter die jährlichen klimatischen Schwankungen nur von untergeordneter Bedeutung sind und insbesondere keine Pfadabhängigkeiten verursachen, sodass für die Simulationsrechnung mittlere Produktionsbedingungen unterstellt werden können.

Die meisten Modelle definieren die Nutzenmaximierung des Agenten als eine kurz- oder langfristige Gewinnmaximierung. Bei dieser Gewinnmaximierung verwenden alle Agenten dieselbe Gewichtung für die auf dem Betrieb vorhandenen Investitionsfaktoren. Wie dargestellt, stellen hier *Agripolis* und *Chile* eine Ausnahme dar. Beim Ersten unterscheidet sich die Höhe des Lohnansatzes zwischen den Agenten, während beim Zweiten die Höhe der Privatentnahmen zwischen diesen differiert. Die ad hoc Definition der Verhaltensparameter ist jedoch wenig befriedigend.

Es stellt sich die Frage, ob die Ziele der Betriebsleiter in der Realität so einheitlich sind. Wenn diese Frage mit nein beantwortet wird, ist zu klären, wie man diese Unterschiede in einem agrarökonomischen Prognosemodell integrieren kann, das Aussagen zur zukünftigen Landnutzung macht.

Ein Blick auf abstrakte bzw. empirisch statistische Landnutzungsmodelle gibt hier Anregungen. JAGER et al. (2000) unterscheiden in ihrem abstrakten Modell die Agenten hinsichtlich vier verschiedener Optimierungsstrategien. Diese Strategien sind:

- die Wiederholung des bisherigen eigenen Verhaltens,
- die Auswahl des besten Verfahrens aufgrund von rationalen Überlegungen (Optimierung),
- die Nachahmung des Verhaltens von anderen Agenten, die als erfolgreich angesehen werden

- und die Ausrichtung an dem Verhalten von Agenten, die hinsichtlich der Ausstattung als ähnlich angesehen werden (Tab. 18).

**Tab. 18: Verhalten des Agenten in Abhängigkeit von seiner Zufriedenheit und seiner Einschätzung der Zukunft**

		Der Agent ist mit seiner Situation	
		zufrieden	unzufrieden
Der Agent schätzt die Zukunft als ___ ein	sicher	Wiederholen	Optimieren
	unsicher	Nachahmen	Sozialer Vergleich

Quelle: eigene Darstellung nach JAGER et al. (2000)

Nach Ansicht von JAGER et al. (2000) hängt die Gewichtung dieser Optimierungsstrategien davon ab, inwieweit die Agenten mit ihrem erreichten Nutzenniveau zufrieden sind und wie sicher sich die Agenten hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Rahmenbedingungen sind. Es stellt sich allerdings das Problem, wie die Kriterien Zufriedenheit und Sicherheit aus empirischen Daten abgeleitet werden können.

Einen anderen Ansatz stellen EVANS & KELLEY (2004) vor. Sie gehen davon aus, dass landwirtschaftliche Haushalte ihren Nutzen maximieren und dass sich dieser Nutzen aus monetären und nicht monetären Teilen<sup>21</sup> zusammensetzt. Mithilfe von historischen Daten schätzen sie die Koeffizienten für diese Teile auf einzelbetrieblicher Ebene für landwirtschaftliche Haushalte in ihrem Untersuchungsgebiet in Indiana. Die Abschätzung basiert auf den von den einzelnen Haushalten durchgeführten Änderungen der Flächennutzung, auf den beobachteten Preisen für verschiedene land- und forstwirtschaftliche Produkte und auf der beobachteten Höhe des gewerblichen Vergleichslohns im Zeitraum von 1940 bis Anfang der 1990er Jahre. In den folgenden Kapiteln wird ein Ansatz entwickelt, der es in Anlehnung an EVANS & KELLEY (2004) ermöglicht, die Gewichtung von Teilaspekten der Nutzenfunktion für die einzelnen Agenten zu bestimmen. Ferner wird gezeigt, wie Agenten mit unterschiedlichen Nutzenfunktionen in ein agentenbasiertes Landnutzungsmodell integriert werden können.

<sup>21</sup> Nicht monetär wäre z. B. die Präferenz für die Beibehaltung der Tätigkeit, oder die Präferenz für eine Landschaft mit einem höheren Waldanteil.

### 3. Grundkonzept des Modells und formale Modellstruktur

Im folgenden Abschnitt wird der formale Grundgedanke für die Beschreibung der landwirtschaftlichen Betriebe innerhalb des Modells dargelegt. Ferner werden einzelne zentrale Begriffe für die Modellbildung, die im vorigen Abschnitt angesprochen wurden, näher erläutert. Abschließend wird gezeigt, wie die einzelnen Modellbetriebe in ein Marktmodell eingebettet werden.

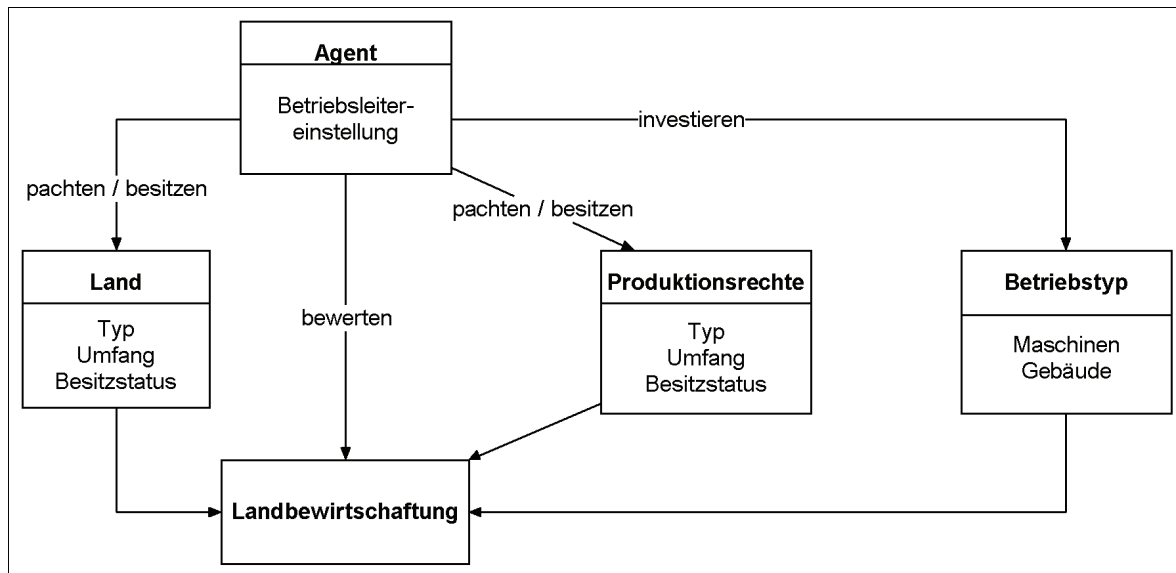
Das vorliegende komparativ statische Modell wurde entwickelt, um die Konsequenzen von Änderungen der landwirtschaftlichen Rahmenbedingungen, wie Marktpreise oder Förderungen, auf die Landnutzung abzuschätzen. Schwerpunkt der Abschätzung ist hierbei insbesondere die einzelbetriebliche und kleinräumliche Ebene. Im Mittelpunkt des Modells steht der landwirtschaftliche Betrieb. Im Rahmen des Modells werden reale Betriebe durch je einen Modellbetrieb abgebildet. Somit gehört der vorgestellte Ansatz zur Gruppe der „integrated farm-sample“ Modelle (HANF & NOELL, 1989). Diese Modellbetriebe versuchen ihren jeweiligen Nutzen zu maximieren. Dabei konkurrieren die Modellbetriebe auf Märkten um knappe Produktionsfaktoren, wie z. B. Boden. Die einzelnen Modellbetriebe können ihre Ausrichtung und ihre Nachfrage nach einzelnen Produktionsfaktoren verändern, um auf geänderte Rahmenbedingungen zu reagieren. Die Preise für einige knappe Produktionsfaktoren, wie Boden und Produktionsrechte, ergeben sich modellendogen aus dem Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage.

#### 3.1 Modellbetrieb

Im folgenden Modell basiert jeder Betrieb im Modell (Modellbetrieb) auf einem existierenden Betrieb (Realbetrieb). Die Daten der Realbetriebe werden im Rahmen von Betriebsbefragungen in verschiedenen bayerischen Gemeinden (Untersuchungsgebiete) erfasst. Zu den erhobenen Daten gehören beispielsweise die Ausstattung der Betriebe mit Arbeit, Maschinen, Produktionsrechten und Flächen (vgl. ROEDER et al., 2005, 2006a). Ferner wird ermittelt, welche Produktionsverfahren die Betriebe gegenwärtig durchführen. Schließlich werden die Betriebsleiter zu ihren mittel- und langfristigen Plänen befragt.

Im Rahmen der folgenden Betrachtungen wird jeder Modellbetrieb durch drei Komponenten definiert. Diese Komponenten sind der Betriebstyp, die Ausstattung mit Flächen und Produktionsrechten sowie die „Betriebsleitereinstellung“ (Abb. 5). Die Betriebsleitereinstellung ermöglicht

es, Informationen aus der Betriebsleiterbefragung in das Entscheidungskalkül des Agenten<sup>22</sup>, der den Modellbetrieb bewirtschaftet, einfließen zu lassen.



**Abb. 5: Zentrale Einheiten des Modells und ihre wesentlichen Eigenschaften**

Quelle: eigene Darstellung

Jeder reale Betrieb ist maßgeblich durch seine Ausstattung mit Investitionsgütern wie Maschinen und Gebäuden geprägt. Dem Modellbetrieb wird derjenige Betriebstyp zugewiesen, der in seiner Ausstattung mit Investitionsgütern am ehesten der des Realbetriebes entspricht. Beim Betriebstyp handelt es sich um eine exogen vorgegebene Kombination aus verschiedenen Investitionsgütern. Agenten tätigen Investitionen- und Desinvestitionen, in dem sie ihren Betriebstyp ändern.

Um die landwirtschaftliche Produktion aufzunehmen, benötigen die Betriebsleiter neben Maschinen und Gebäuden auch Flächen. Des Weiteren benötigen bestimmte Produktionsverfahren wie z. B. der Zuckerrübenanbau und die Milchproduktion weitere Produktionsrechte. In der Realität können Betriebsleiter ihre Ausstattung mit Produktionsrechten und Flächen durch Kauf- und Verkauf sowie Pacht und Verpacht anpassen. Innerhalb des Modells können die Agenten ihre

<sup>22</sup> Definition siehe S. 4

Ausstattung des Modellbetriebes mit Produktionsrechten und Flächen, unbenommen der Ausstattung des Modellbetriebes mit Investitionsgütern, nur durch Ver- und Zupacht verändern<sup>23</sup>.

Jeder Agent löst unabhängig von den anderen ein statisches Optimierungsproblem. Im Rahmen der einzelbetrieblichen Nutzenmaximierung sind die Produktpreise, die Erträge, die technischen Koeffizienten und die Preise der Produktionsfaktoren für alle Agenten gleich, konstant und bekannt. Die Agenten setzen zur einzelbetrieblichen Nutzenmaximierung eine gemischt – ganzzahlige lineare Programmierung (LP) ein. Die Nutzenmaximierung basiert im Wesentlichen auf einer Rentabilitätsrechnung. Auf den Märkten, für die modellendogen ein Gleichgewichtspreis ermittelt wird, verhalten sich die Agenten als Mengenanpasser. Basierend auf der Ausstattung mit Flächen, Produktionsrechten und Investitionsgütern bewertet der Agent seine Alternativen und realisiert die Kombination an Produktionsverfahren, die ihm das höchste Nutzenniveau stiftet.

Landwirtschaftliche Betriebe werden entscheidend durch die Persönlichkeit des Betriebsleiters geprägt. Hierzu gehört neben seiner Befähigung beispielsweise auch seine Präferenz für die Fortsetzung der landwirtschaftlichen Tätigkeit oder den Grad der Risikoaversion. Diesem Sachverhalt versucht das Modell mithilfe der Einführung des Begriffs „Einstellung des Betriebsleiters“ Rechnung zu tragen. Unter dem Begriff „Betriebsleitereinstellung“ werden mehrere Stellgrößen zusammengefasst, die innerhalb der Rentabilitätsrechnung eine zwischen den Agenten unterschiedliche Bewertung der einzelnen Kosten- und Ertragskomponenten bewirken. In Abhängigkeit vom jeweiligen Bewertungsschema ändern sich bei den Agenten die Art und der Umfangs der von ihnen jeweils ausgewählten Produktionstechniken, die Neigung, Investitionen zu tätigen und die Bereitschaft, die landwirtschaftliche Tätigkeit einzustellen. Im Gegensatz zur Ausstattung mit Investitionsgütern, Flächen und Produktionsrechten kann die Ausprägung dieser Eigenschaft durch die Agenten nicht endogen verändert werden. Um den Einfluss der Betriebsleitereinstellung herauszuarbeiten, wird davon ausgegangen, dass alle Agenten über gleiche Fähigkeiten verfügen und sich risikoneutral verhalten. Ihre Herleitung wird in Kap. 4 ausführlich dargestellt.

Das vorliegende Modell maximiert die Nutzenfunktion für jeden einzelnen Agenten und unterscheidet sich dadurch von Modellen, bei denen die Nutzenfunktion über den gesamten Agrarsektor maximiert z. B. FLURY (2002). Bei einem Sektormodell ergeben sich im Vergleich zu einem

---

<sup>23</sup> Da im Rahmen des Modells Liquiditätsaspekte keine Rolle spielen, stellt die Abbildung des Quotenhandels über eine Pacht in Höhe der Annuität des Kaufpreises eine zulässige Vereinfachung dar. In der Realität ist im Vergleich zur Flächenverpachtung der Flächenkauf von untergeordneter Bedeutung. Bei der Ermittlung des Kaufpreises spielen oft andere Aspekte als der Ertragswert des Grundstücks die entscheidende Rolle.

agenten-basierten Ansatz höhere Werte für die berechnete Flächenmobilität, da die Flächen dem Agenten zugeordnet, der die höchste Faktorverwertung hat. Im Gegensatz dazu bleibt bei dem vorliegenden Ansatz die Fläche solange im Besitz eines Agenten, wie diese Fläche ihm einen positiven Nutzen stiftet, unabhängig davon, ob diese Fläche von einem anderen Agenten besser verwertet werden könnte.

### 3.2 Betriebstyp

Ein Betriebstyp besteht aus verschiedenen Modulen. Jedes Modul stellt in einem festgelegten Umfang Kapazitäten für die Tierhaltung oder den Pflanzenbau bereit. In einem Modul sind alle diejenigen Maschinen und Gebäude zusammengefasst, die für eine bestimmte Gruppe von gleichartigen Produktionsverfahren benötigt werden. So umfasst beispielsweise eine „Grandes-Cultures“ Mechanisierung unter anderem Kipper, Walze, Pflug, anteilige Mährescher und Getreidesilos. Dem gegenüber sind einem Milchviehstall die Kosten des Stallgebäudes incl. Einrichtung, Melkanlage, Futtermittelsilos und Güllegruben zugewiesen.

#### 3.2.1 Module

Module können zu einem Modultyp zusammengefasst werden. Ein Modultyp besteht aus allen denjenigen Modulen, die dieselben Produktionsverfahren ermöglichen. Die einzelnen Module eines Modultypes unterscheiden sich aber in ihren jeweiligen Kapazitätsgrenzen, ihren fixen und variablen Kosten und ihrer Arbeitseffizienz (Tab. 19). Mit zunehmender Größe des Moduls – Kapazitäten – steigen sowohl die Fixkosten des Moduls als auch die Arbeitseffizienz. Diese Art der Implementierung ermöglicht die Berücksichtigung von Skaleneffekten im Modell.

**Tab. 19: Auszug aus der Grundlagentabelle mit den Kapazitäten und Fixkosten der Module**

Modultyp	Größenklasse	maximal bewirtschaftbare Fläche (ha)	Neuwert (€)	jährliche Abschreibung (€)
Grünland	klein	20	19.000	1.700
	mittel	35	30.000	2.800
	groß	70	46.000	4.800
	sehr groß	125	88.000	9.000
Getreidebau	klein	20	49.500	3.500
...				

Quelle: eigene Darstellung



Die fixen Kosten der einzelnen Module sowie die variablen Kosten und der jeweilige Arbeitsaufwand der einzelnen Produktionsverfahren werden anhand einschlägiger Datensammlungen ermittelt (KTBL, 2002a, b, c, d, e; KTBL, 2004; RegMFr, 2003). Zur Abschätzung des Arbeitszeitaufwandes eines Produktionsverfahrens werden neben der Art des Verfahrens Kriterien wie die Schlaggröße oder die mittlere Feld-Hof-Entfernung berücksichtigt (Tab. 20).

**Tab. 20: Auszug aus der Grundlagentabelle mit den variablen Kosten, Arbeitsansprüchen und sonstigen Merkmalen der Produktionsverfahren**

Modultyp	Größenklasse	Produktionsverfahren	Flächengröße	Feld-Hof-Entfernung	variable Kosten	AKh / ha
Grünland	klein	Grünland mit Silagebereitung (4-5 schürig)	2 ha	2 km	470 € / ha	32,3
	mittel					24,0
	groß					19,2
	sehr groß					11,4
	klein	Grünland mit Heubereitung (2-3 schürig)	8 ha	8 km	265 € / ha	23,8
	mittel					16,9

Quelle: eigene Darstellung

Die Fixkosten eines Betriebstyps sind die Summe der Fixkosten seiner Module. Die fixen Kosten eines Moduls lassen sich in drei Blöcke gliedern. Dies sind die pagatorischen Kosten, die Abschreibungen und der Zinsansatz<sup>24</sup>. Jeder Betriebstyp ist exogen definiert. Neben den Modulen und ihren Kosten benötigt der Betriebstyp einen gewissen Mindestarbeitszeitaufwand für allgemeine Verwaltungstätigkeiten. Diese sind in Abhängigkeit von Betriebsausrichtung und Größe festgelegt und basieren auf KTBL (2002b S. 257).

Eine Unterteilung der Ausstattung eines Betriebes in einzelne Module ist insbesondere deshalb notwendig, um Investitions- und Desinvestitionsvorgänge abzubilden. Dabei ist bei der Definition der Module darauf zu achten, dass die Maschinen und Gebäude und damit ihre entsprechenden Kosten exklusiv einem Modul zugeordnet werden können. Insbesondere im Pflanzenbau muss diese Zuordnung sorgfältig erfolgen, da hier bestimmte Gruppen von Geräten andere fakultativ ergänzen können.

Für die Modellanwendungen kann die in Tab. 21 dargestellte Liste an Modultypen für die Abbildung des Pflanzenbaus und der Tierhaltung verwendet werden (vgl. ROEDER et al., 2006a)<sup>25</sup>.

<sup>24</sup> Der Begriff Kapitalkosten wird im Folgenden im Sinne von Zinsansatz auf das eingesetzte Eigenkapital verwendet.

<sup>25</sup> Es werden im Rahmen des allgemeinen Modells nur Module definiert, die in Bayern eine gewisse Verbreitung besitzen und in vielen Gebieten für die Flächennutzung relevant sind. Aus diesem Grund werden keine Module für Obst-, Wein-, Gemüsebau und ähnliches entwickelt.

Der Block Basismechanisierung setzt sich v. a. aus den Kosten der Schlepper und der Maschinenhalle zusammen. Die Silomaismechanisierung enthält v. a. die anteiligen Kosten des Maishäcklers, während die Kosten der Grünlandmechanisierung überwiegend auf Ballenpresse, Ladewagen und Mähwerk zurückzuführen sind. Für die Hackfruchtmechanisierung basieren die Werte weitgehend auf einer Mischkalkulation der anteiligen Kosten von Zuckerrüben- und Kartoffelroder. Die Kosten für Futtermittelsilos werden den entsprechenden Tierhaltungsverfahren zugeordnet.

**Tab. 21: Überblick über die im Modell verwendeten Modulklassen**

Typ der Modulkategorie	Modulkategorie	Modultyp	Anzahl an Modulen
Konkrete Mechanisierung	Basis	Basis	4
	Pflanzenbau	Getreidebau	4 (+ 4 Lohn)
		Grünland	4
		Hackfruchtbau	4 (+ 4 Lohn)
		Silomais	4
	Tierhaltung	Bullenmast	3
		Ferkelerzeugung	4
		Mastschweine	4
		Milchvieh	7
		Mutterkuh	4
		Mutterschaf	4
Abstrakte Mechanisierung	Wirtschaftsweise	Konventionell	4
		Ökologisch	4
	Betriebsausrichtung	Futterbaubetrieb	4
		Gemischtbetrieb	4
		Marktfruchtbaubetrieb	4
		Veredelungsbetrieb	4

Quelle: eigene Darstellung

Folgendes Beispiel soll den modularen Aufbau der Mechanisierungen verdeutlichen. Für die Durchführung des Klee grasanbaus benötigt man sowohl einen Schlepper für die Traktion (Basis), einen Pflug für die Grundbodenbearbeitung (Getreidebau) als auch ein Mähwerk für die Grünlandbewirtschaftung (Grünland). Die einzelnen Gruppen werden unterschiedlichen Modultypen zugeordnet, da z. B. weder ein reiner Marktfruchtbaubetrieb Maschinen zur Grünlandbewirtschaftung benötigt, noch ein reiner Grünlandbetrieb Maschinen zur Grundbodenbearbeitung.

Eine Zuordnung der Kosten der Basismechanisierung zur Getreidebau- und / oder zur Grünlandmechanisierung ist nicht zulässig, da die Kosten der Basismechanisierung bei einem Ackerbaubetrieb, einem Grünlandbetrieb und einem Gemischtbetrieb in der gleichen Größenordnung anfallen.

Lassen Betriebe bestimmte Gruppen von Produktionsverfahren **ausschließlich** im Lohn durchführen, stehen ihnen eigene Modultypen zur Verfügung. Diese haben geringere Fixkosten<sup>26</sup> als die entsprechenden Module, die die Durchführung der jeweiligen Verfahren in Eigenregie vorsehen. Allerdings sind die variablen Kosten für diese Verfahren höher.

Auch für die Tierhaltung werden verschiedene Module festgelegt. Sie bilden in den meisten Fällen die für die Tierhaltung notwendigen baulichen Anlagen und deren Ausstattung ab. Sie werden deshalb im Folgenden vereinfacht als Ställe bezeichnet, obwohl sie zusätzlich noch Melkanlagen, Güllegruben, Futtersilos, etc. beinhalten können.

Module sind über Kapazitäten und Kosten definiert. Um betriebliche Investitionsprozesse abzubilden, werden zusätzlich zu den drei oben beschriebenen konkreten Modulklassen (Basis, Pflanzenbau, Tierhaltung) zwei abstrakte Modulklassen definiert. Diese stellen entweder nur Kapazitäten zur Verfügung oder verursachen nur Kosten. Zur ersten Klasse gehören Module, die den ökologischen bzw. konventionellen Landbau ermöglichen. Zur zweiten Klasse gehören Module, die die Ausrichtung des Betriebstyps charakterisieren.

Die Entscheidung über die Wirtschaftsweise eines Betriebes - ökologisch oder konventionell - wird im Modell auf der Ebene der Betriebstypen getroffen. Da sich bei gleicher Ausrichtung und Größe die Fixkosten von einem ökologischen und konventionellen Betrieb nur unwesentlich unterscheiden, wird im Rahmen des Modells angenommen, dass die entsprechenden Module dieser Klassen keine Kosten verursachen. Durch die Zuweisung des entsprechenden Moduls zu einem Betriebstyp kann sichergestellt werden, dass ein Betrieb entweder nur Verfahren des ökologischen oder nur des konventionellen Landbaus durchführen kann<sup>27</sup>. Die Unterschiede beim Arbeitsaufwand, den variablen Kosten und den Leistungen werden bei der Definition der entsprechenden Produktionsverfahren berücksichtigt.

Die zweite abstrakte Modulkategorie ermöglicht die Unterscheidung von typischen Betriebsausrichtungen wie dem Futterbau-, dem Marktfruchtbau- oder dem Gemischtbetrieb. Diese Module verursachen nur pagatorische Kosten wie z. B. die Betriebssteuern oder die nicht zuordenbaren Strom- und Heizkosten. Die Kosten basieren auf KTBL (2002b, S. 259). Diese Struktur der Mo-

---

<sup>26</sup> Die Lohnarbeitsmodule ziehen meist keine Fixkosten nach sich.

<sup>27</sup> Streng genommen gilt das nur für Verfahren der Außenwirtschaft. Bei der Tierhaltung wird die entsprechende Betriebsform über die Auswahl der Futtermittel sichergestellt. So können Tiere im ökologischen Landbau nur mit Futtermitteln gefüttert werden, die ihrerseits ökologisch erzeugt worden sind.

dule ermöglicht es, mit geringem Aufwand aus den vorhandenen Modulen neue Betriebstypen zu generieren und ihre Kosten zu ermitteln.

Bei der Erstellung von Betriebstypen gelten folgende Grundprinzipien:

- Jedem Betriebstyp können mehrere Pflanzenbaumechanisierungen, Ställe oder abstrakte Module zugeordnet werden.
- Die einzelnen Module können mehreren Betriebstypen zugeordnet werden.
- Aus jedem Modultyp kann höchstens ein Modul einem Betriebstyp zugewiesen werden.
- Aus den beiden abstrakten Modulklassen muss je genau ein Modul ausgewählt werden<sup>28</sup>.
- Jeder Betriebstyp verfügt über ein Basismodul<sup>28</sup>.
- Jeder Betriebstyp muss notwendigerweise über Module des Pflanzenbaus und / oder der Tierhaltung verfügen<sup>28</sup>.
- Zwei Betriebstypen müssen sich in ihrer Ausstattung mindestens in einem abstrakten oder konkreten Modul unterscheiden.

### **3.2.2 Ermittlung der Kosten von Investitions- und Desinvestitionsentscheidungen**

Wie in Kap. 3.1 dargestellt, können die Modellbetriebe ihre Ausstattung mit Investitionsgütern, also ihren Betriebstyp, verändern. Der folgende Abschnitt präsentiert die wesentlichen Annahmen zur Abbildung von Investitionsprozessen im vorliegenden Modell. Davon ausgehend wird der Algorithmus zur Ableitung der Fixkosten des neuen Betriebstyps dargelegt.

Im vorliegenden Modell werden einzelbetriebliche Investitionsentscheidungen dadurch abgebildet, dass der Betriebstyp des Modellbetriebes geändert wird. Im Modell werden drei prinzipielle Möglichkeiten unterschieden, wie sich ein Betriebstyp verändern kann. Erstens kann der bestehende Betriebstyp (Ausgangsbetriebstyp) um zusätzliche Module zum Zielbetriebstyp erweitert werden. Zweitens kann die Nutzung von Modulen des Ausgangsbetriebstyps vollständig eingestellt werden. Drittens können Module des Ausgangsbetriebstyps in andere Module umgewandelt werden. Der Umbau erfolgt über so genannte Investitionspfade. Ein Investitionspfad ist exogen definiert und liefert für ein definiertes Ausgangsmodul ein bestimmtes Zielmodul.

---

<sup>28</sup> Eine Ausnahme bildet lediglich der „Verpacht“-Betriebstyp.

Durch eine Investition / Desinvestition verändert sich der Betriebstyp des Modellbetriebes. Der folgende Abschnitt legt dar, wie die Fixkosten für diesen Zielbetriebstyp ermittelt werden. Es wird davon ausgegangen, dass es für die Höhe der pagatorischen Fixkosten unerheblich ist, wie der Betriebstyp entstanden ist. Im Gegensatz dazu ist es für die Quantifizierung der kalkulatorischen Fixkosten wichtig zu wissen, ob der Zielbetriebstyp als Folge einer Erweiterung, Schrumpfung oder eines Umbaus entstanden ist. Für jeden der drei Fälle werden die kalkulatorischen Kosten anders ermittelt.

Im Falle einer Erweiterungsinvestition, z. B. die Vergrößerung eines Milchviehstalles von 40 auf 60 Plätze, ergeben sich die Fixkosten des Zielbetriebstyps aus den Fixkosten der im Ausgangsbetriebstyp vorhandenen Investitionsgüter und den Normfixkosten der zusätzlich benötigten Module (Gleichung 1). Die vorhandenen Module werden mit dem betriebsleiterspezifischen Ansatz der kalkulatorischen Kosten<sup>29</sup> bewertet.

**Gleichung 1:**

$$c_{FIX}(bt_N) := c_{FIX\_PAGA}(bt_N) + c_{KALK}(bt_A) * ankk(bl) + \sum_i c_{KALK}(i); \quad i \in \{m(bt_N) \cap \neg m(bt_A)\}$$

$bt_N$  := Betriebstyp nach der Investition (Zielbetriebstyp)

$bt_A$  := Betriebstyp vor der Investition (Ausgangsbetriebstyp)

$c_{FIX}(bt)$  := Gesamtfixkosten eines Betriebstyps

$c_{FIX\_PAGA}(bt)$  := pagatorische Fixkosten eines Betriebstypes

$c_{KALK}()$  := kalkulatorische Kosten entsprechend einschlägiger Standardwerke (z. B. KTBL)  
(Standardfixkosten)

$bl$  := Agent (Betriebsleiter)

$ankk(bl)$  := Prozentsatz, mit dem der Betriebsleiter  $bl$  die kalkulatorischen Kosten von vorhandenen Investitionsgütern im Rahmen seiner Nutzenoptimierung berücksichtigt.<sup>29</sup>

$m(bt_N)$  := Module des neuen Zielbetriebstyps  $m(bt_N) \in Mod$

$m(bt_A)$  := Module des Ausgangsbetriebstyps  $m(bt_A) \in Mod$

$Mod$  := Menge der vorhandenen Module

$i$  := Kennung eines Moduls

---

<sup>29</sup> Die Ableitung dieser Variablen wird in Kap. 4.2.2 dargelegt.

Verkleinert sich der Modellbetrieb, z. B. durch Aufgabe des Hackfruchtbaus, verfügt der Zielbetriebstyp nur über Module, die auch im Ausgangsbetriebstyp schon genutzt worden sind. Aus diesem Grund kann für die Kosten aller Module des Zielbetriebstyps der betriebsleiterspezifische Ansatz der kalkulatorischen Kosten verwendet werden (Gleichung 2).

**Gleichung 2:**

$$c_{FIX}(bt_N) := c_{FIX\_PAGA}(bt_N) + c_{KALK}(bt_N) * ankk(bl)$$

Der dritte Fall ist der Umbau eines Moduls im Rahmen eines Investitionspfades zu einem anderen. Wird z. B. ein Milchkuhstall in einen Mutterkuhstall umgebaut, werden Teile des Ausgangsmoduls, wie die Bauhülle, weiter genutzt, während die Nutzung von anderen Gebäuden und Maschinen, wie dem Melkstand, aufgegeben wird. Ferner müssen im Rahmen eines Umbaus Maschinen oder Einrichtungsgegenstände ganz oder teilweise neu angeschafft werden. Die drei Teilschritte beeinflussen die kalkulatorischen Fixkosten des Zielbetriebstyps folgendermaßen:

- Die Kosten, die durch nicht mehr benötigte Gegenstände verursacht werden, fallen weg.
- Die Kosten, die durch neu angeschaffte Gegenstände verursacht werden, werden in Höhe ihres Normansatzes berücksichtigt.
- Die Kosten, die durch weiter genutzte Gegenstände verursacht werden, werden mit ihrem betriebsleiterspezifischen Ansatz berücksichtigt (Gleichung 3).

**Gleichung 3:**

$$c_{FIX}(bt_N) := c_{FIX\_PAGA}(bt_N) + c_{KALK\_UMBAU}(bt_A, bt_N) + \left( \sum_j c_{KALK}(j) \right) * ankk(bl); \quad j \in \{m(bt_A) \cap m(bt_N)\}$$

$c_{KALK\_UMBAU}(bt_A, bt_N) :=$  Kosten des Umbaus von Modulen des Ausgangsbetriebstyps in solche des Zielbetriebstyps

$j :=$  Kennung eines Moduls

Im Rahmen des Modells kann prinzipiell jeder Betriebstyp in jeden anderen Betriebstyp umgewandelt werden. Im Rahmen einer solchen Umwandlung kann sich die Betriebsorganisation vollständig verändern, so dass gleichzeitig:

- einzelne Module angeschafft werden,
- die Nutzung anderer Module eingestellt wird
- und drittens weitere Module umgebaut werden.

Um in einem solchen Fall die Fixkosten zu bestimmen, wird ein boolesches LP verwendet. Die Zielfunktion des LPs ist die Minimierung der Fixkosten des neuen Betriebstyps. Diese Fixkosten des Zielbetriebstyps werden wie folgt ermittelt:

- 1.) Bestimme die Module, die sowohl im Ausgangs- als auch im Zielbetriebstyp vorhanden sind. Die kalkulatorischen Fixkosten dieser Module werden mit dem betriebspezifischen Ansatz der kalkulatorischen Kosten gewichtet.
- 2.) Suche die kostengünstigste Kombination aus Investitionspfaden (Umbau) und Modulen (Neubau), die aus dem Ausgangsbetriebstyp den Zielbetriebstyp erzeugt. Hierbei werden die kalkulatorischen Kosten entsprechend der oben beschriebenen Grundsätze angesetzt.
- 3.) Addiere zu den ermittelten kalkulatorischen Kosten die pagatorischen Kosten des Zielbetriebstyps.

### *3.3 Flächen und räumliche Lage*

Landwirtschaftliche Produktion, insbesondere im Pflanzenbau, ist immer von der Fläche abhängig. Landwirtschaftliche Nutzflächen werden im Modell hinsichtlich zweier Eigenschaften klassifiziert. Die Erste ist das Standortpotential und bildet die Produktivität der Fläche ab. Die zweite Eigenschaft „Flächenstruktur“ beinhaltet Faktoren, die den Arbeitszeitbedarf für die Bewirtschaftung der Fläche maßgeblich beeinflussen. Dazu gehören unter anderem die Flächengröße und –form, die Feld-Feld und die Feld-Hof Entfernung.

Nicht jedes Pflanzenbauverfahren kann auf jeder Fläche durchgeführt werden. Ein Produktionsverfahren kann auf einer bestimmten Fläche nicht realisierbar sein, weil entweder der Standort aufgrund natürlicher oder gesetzlicher Restriktionen für das Verfahren ungeeignet ist, oder die Fläche eine ungünstige Flächenstruktur aufweist. So ist ein Zuckerrübenanbau auf einer flachgründigen Rendzina oder die Beweidung von hoffernden Flächen mit Milchkühen nicht möglich.

Im Modell ist die kleinste gemeinsame Flächengeometrie durch die Kombination von Standortpotential und Flächenstruktur eindeutig definiert und wird im Folgenden als Strukturtyp bezeichnet. Alle Flächen eines Strukturtyps einer Modellregion werden zu einem Flächenteilmarkt zusammengefasst. Für jeden Modellbetrieb gelten die Fruchtfolgerestriktionen auf der Ebene des Strukturtyps.

Für die Ermittlung der Feld-Feld und Feld-Hof-Entfernungen wird davon ausgegangen, dass sich alle Betriebe in einem zentralen Haufendorf befinden und eine identische Entfernung zu den Flächen einer Kategorie haben. Flächen, die zwei verschiedenen Flächenkategorien angehören, können sich hinsichtlich ihrer Distanz zu den Betriebsstätten unterscheiden. Eine einzelbetriebliche Flächenarrondierung durch gezielte Pacht von Flächen kann nicht modellendogen abgebildet werden.

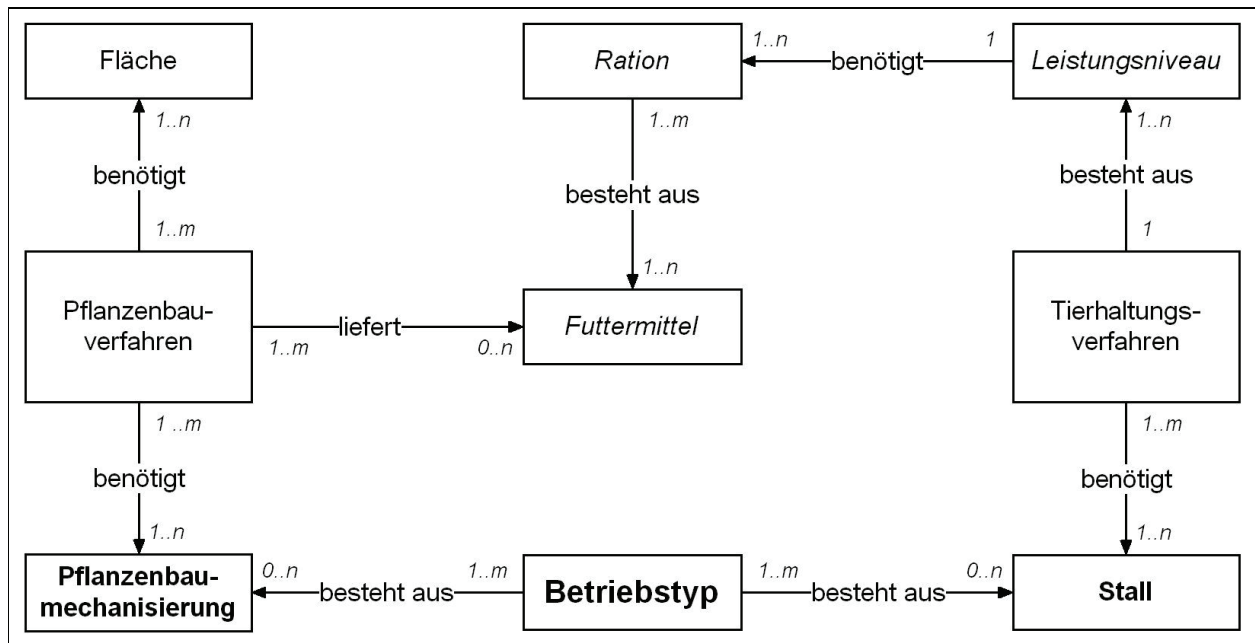
Die Folgen einer Arrondierung, z. B. im Rahmen einer Flurbereinigung, können über die Definition von geeigneten Szenarien ermittelt werden. Für diese Szenarien muss lediglich die Zuweisung der Flächen zu den Einheiten der kleinsten gemeinsamen Geometrie verändert werden.

### *3.4 Produktionsverfahren*

Mithilfe der Module ihres Betriebstyps können die Modellbetriebe Produktionsverfahren durchführen. Wie oben dargelegt, besteht ein Betriebstyp aus verschiedenen Modulen. Die meisten Betriebstypen verfügen über mindestens ein Modul mit Kapazitäten in der Außenwirtschaft. Dies sind die Modulklassen Basis und Pflanzenbau (vgl. Abb. 6 und Tab. 21). Im folgenden Kapitel werden als Pflanzenbaumechanisierung all diejenigen Module bezeichnet, die Kapazitäten bereitstellen, die die Bewirtschaftung von Flächen ermöglichen. Nur die Betriebstypen, die darüber hinaus über mindestens ein Modul zur Tierhaltung (Stall) verfügen, können Nutztiere halten. Nur einem Betriebstyp, dem „Verpacht“-Betriebstyp, ist weder eine Mechanisierung noch ein Stall zugeordnet. Unter dem Begriff Ställe werden die Module subsummiert, die die Haltung von Nutztieren ermöglichen. Diese Definition ist etwas weiter gefasst als die im allgemeinen Sprachgebrauch übliche. Folgendes Beispiel soll die Implikationen verdeutlichen. Im Sinne des Modells besitzt ein Wanderschäfer sowohl ein Modul für Flächenbewirtschaftung (Pflanzenbaumechanisierung) als auch eines für die Tierhaltung (Stall). Mit dem Stallmodul wird die Anzahl der Schafe festgelegt, die er maximal halten kann. Durch die Größe Pflanzenbaumechanisierung wird die Fläche bestimmt, die er maximal bewirtschaften kann. Die Unterscheidung in Pflanzen-



baumechanisierung und Stall ist notwendig, da sich die Produktionsverfahren des Pflanzenbaus und der Tierhaltung fundamental in der Art ihrer Beziehung zu den jeweiligen Modulen unterscheiden. Diesem Unterschied wird im Rahmen der Modellierung Rechnung getragen.



**Abb. 6: Beziehung der einzelnen Elemente eines Modellbetriebes<sup>1)</sup>**

Quelle: eigene Darstellung

1) Die Angaben

- Pflanzenbauverfahren (1..m) liefert Futtermittel (0..n) ist folgendermaßen zu lesen:
  - 1) Jedes Pflanzenbauverfahren liefert kein, ein oder mehrere Futtermittel.
  - 2) Ein Futtermittel kann von verschiedenen Pflanzenbauverfahren geliefert werden.
- Tierhaltungsverfahren (1) besteht aus Leistungsniveau (1..n) hat die Bedeutung:
  - 3) Jedem Tierhaltungsverfahren kann mindestens ein Leistungsniveau zugeordnet werden.
  - 4) Jedes Leistungsniveau kann genau einem Tierhaltungsverfahren zugeordnet werden.

### 3.4.1 Pflanzenbau

Im Modell benötigen Pflanzenbauverfahren zu ihrer Durchführung geeignete Flächen und Arbeitskraft. Zusätzlich beanspruchen sie die Kapazitäten der entsprechenden geeigneten Module. Die Untergliederung der Mechanisierung in Module (siehe Tab. 21) führt dazu, dass ein Pflanzenbauverfahren mehrere Module beanspruchen kann. So benötigt der Kartoffelanbau Geräte der Basismechanisierung (z. B. Schlepper), des Getreidebaus (z. B. Pflug) und Spezialmaschinen (z. B. Kartoffelroder). Für jedes Pflanzenbauverfahren können mehrere Produktivitäts-/ Intensitätsstufen festgelegt werden. In Abhängigkeit von der Produktivität ändern sich primär die variablen

Kosten, der Anspruch an vorhandene Module und die erzielbaren Leistungen. So wird einem mittleren Ackerstandort ein Produktionspotential von 85 dt / ha Winterweizen zugewiesen<sup>30</sup>. Einem Standort können mehrere Produktivitäts-/ Intensitätsstufen desselben Pflanzenbauverfahrens zu geordnet werden. Insbesondere in der Grünlandwirtschaft ist dies notwendig, um die Realität abzubilden. So kann eine Fläche als drei-, vier- oder fünfschürige Wiese genutzt werden. Im Pflanzenbau hängt der benötigte jährliche Arbeitszeitaufwand zur Bewirtschaftung eines Hektars von der Größe der Mechanisierung, der Art und der Produktivitätsstufe des ausgewählten Pflanzenbauverfahrens sowie den strukturellen Eigenschaften der bewirtschafteten Fläche ab.

Im Ackerbau ist der Anbauumfang der einzelnen Kulturen stark durch die Fruchtfolgerestriktionen eingeschränkt. Die maximalen Flächenanteile für die einzelnen Kulturarten und Kulturartengruppen können im Modell explizit definiert werden.

Die Wirtschaftlichkeit eines Pflanzenbauverfahrens hängt neben der Höhe der variablen Kosten nicht nur von der Höhe der Naturalerträge und somit von seinen Markterlösen ab, sondern wird auch stark durch staatliche Förderungen beeinflusst. Im Modell kann die Höhe der Förderung sowohl nach Standort als auch nach Produktionsverfahren differenziert werden. Im Rahmen von naturschutzfachlichen Fragestellungen ist es oft entscheidend, auf welchen Flächen ein Verfahren durchgeführt wird. Deshalb ist im Modell vorgesehen, die Höhe der Förderung entsprechend der Kombination aus Produktionsverfahren und Standort zu variieren.

### **3.4.2 Tierhaltung**

Die Produktionsverfahren in der Tierhaltung werden im Modell prinzipiell anders als die des Pflanzenbaus abgebildet. Jedes Tierhaltungsverfahren stellt Ansprüche an einen Stallplatz einer bestimmten Qualität (Milchkuhplatz, Bullenmastplatz, etc.). Stellt ein Stall die entsprechenden Kapazitäten bereit, kann das Tierhaltungsverfahren durchgeführt werden. In Abhängigkeit vom Tierhaltungsverfahren einerseits und Art und Größe des Stalls andererseits wird der für die Tierbetreuung nötige Arbeitszeitaufwand bestimmt. Dieser Arbeitszeitaufwand berücksichtigt nicht die Grundfuttergewinnung. Innerhalb eines Stalles können oft verschiedene Tierhaltungsverfahren gleichzeitig realisiert werden. So können in einem kleinen Milchkuhstall mit Anbindehaltung sowohl Milchkühe, Mutterkühe als auch Färsen gehalten werden.

---

<sup>30</sup> Diese Zuordnung erfolgt unter Berücksichtigung der entsprechenden Kosten und Faktoransprüche.

In der Realität treten innerhalb eines Tierhaltungsverfahrens große Unterschiede hinsichtlich der von den einzelnen Betrieben realisierten Naturalleistungen auf. Dies ist beispielsweise in der Milchviehhaltung besonders ausgeprägt. Aus diesem Grund können innerhalb des Modells jedem Tierhaltungsverfahren ein oder mehrere Leistungsniveaus zugewiesen werden. In Abhängigkeit vom Leistungsniveau eines Tierhaltungsverfahrens verändern sich die Daten zur tierischen Leistung, wie die jährlich produzierte Menge an Milch und Fleisch, oder die Ansprüche an tierische Vorprodukte, z. B. die Zahl der Kälber, die pro Jahr und Stallplatz in der Rindermast benötigt werden. Darüber hinaus hängen die Zusammensetzung der Rationen und die Höhe der variablen Kosten pro Stallplatz vom Leistungsniveau ab.

Grundsätzlich werden im Modell die Rationen sowohl nach der Art der verwendeten Futtermittel (z. B. Mais- oder Grassilage) als auch nach der verfütterten Qualität und Quantität der Futtermittel unterschieden. In der Realität hat ein Betriebsleiter eine unüberschaubare Anzahl von Kombinationsmöglichkeiten zwischen den einzelnen Futtermitteln, um ein gewünschtes Leistungsniveau zu realisieren. Im Rahmen des Modells wird vereinfacht davon ausgegangen, dass jedem Leistungsniveau nur eine begrenzte Anzahl an unterschiedlichen Rationen zugewiesen werden kann. Diese Rationen können sich allerdings beliebig substituieren, sodass Mischrationen abgebildet werden können.

Die Tierhaltungs- und die Pflanzenbauverfahren sind im Modell über zwei Schnittstellen miteinander verknüpft. Dies sind die Bereitstellung und der Verbrauch von Grundfuttermitteln einerseits und die Bereitstellung von Flächen für die Ausbringung von Wirtschaftsdünger andererseits. Innerhalb des Modells gibt es keinen Markt für Grundfuttermittel. Die jeweils für die Ernährung der Nutztiere benötigte Menge muss daher vom Modellbetrieb auf den eigenen Flächen erzeugt werden. Im Gegensatz dazu wird für Kraftfutter vereinfacht von einem Zukauf ausgegangen. Die Grundfuttergewinnung, mit ihren Kosten und Ansprüchen, wird getrennt von der Tierhaltung als Pflanzenbauverfahren abgebildet.

Im Modell wird die Beziehung zwischen der Flächenbewirtschaftung und somit den Produktionsverfahren des Pflanzenbaus zu den Tierhaltungsverfahren nur für die erzeugten Futtermittel explizit quantitativ bilanziert. Die Erzeugung der einzelnen Futtermittel darf ihren jeweiligen Verbrauch nicht übersteigen. Der Anfall und die Verwendung von Wirtschaftsdünger werden hingegen nicht über Massengleichungen im Datenmodell wiedergegeben. Stattdessen wird für

jedes Tierhaltungsverfahren die anfallende Wirtschaftsdünger<sup>31</sup> monetär bewertet und dem Verfahren als Ertrag gut geschrieben. Gleichzeitig berücksichtigen die Pflanzenbauverfahren die Düngerkosten, wobei vereinfacht immer von einer Verwendung von Mineraldünger ausgegangen wird. Somit müssen für die Pflanzenbauverfahren keine Bedarfsgleichungen für die einzelnen Nährstoffe erfüllt werden. Im Rahmen des Modells ist eine flächenlose Viehhaltung nicht möglich. Die Anforderungen der Düngeverordnung (BGBI., 2006) werden so interpretiert, dass eine exogen definierte Viehdichte pro Hektar nicht überschritten werden darf.

### *3.5 Märkte*

Für die Produktmärkte und die Märkte für Investitionsgüter und Arbeit wird von den „small-country“ Annahmen ausgegangen. Der Umfang der landwirtschaftlichen Produktion innerhalb des Projektgebietes hat keinen Einfluss auf die Produktpreise. In Süddeutschland spielt die Beschäftigung von Lohnarbeitskräften in landwirtschaftlichen Betrieben nur eine untergeordnete Rolle. Deswegen können die Modellbetriebe auf dem Arbeitsmarkt nur eingeschränkt aktiv werden. Die Modellbetriebe können Arbeitskraft über Lohnunternehmer zukaufen. Ihre eigene Arbeitskraft können sie zu einem festen Lohn auf dem lokalen Arbeitsmarkt anbieten. Allerdings können sie ihre Arbeitskraft nur dann bereitstellen, wenn sie ihre Betriebsziele nicht erreichen. Auch kann Arbeitskraft nicht kontinuierlich, sondern nur in diskreten Blöcken angeboten werden. Für Flächen und Produktionsrechte kann im Modell ein entsprechender Gleichgewichtsmarkt simuliert werden. Hierbei wird in allen Fällen von einem Pachtmarkt ausgegangen. Die Ausgestaltung des Marktes und Überlegungen zum implementierten Algorithmus sind in Kap. 5 detailliert ausgeführt.

### *3.6 Abbildung zeitlicher Aspekte im Modell*

Beim gewählten komparativ-statischen Modellansatz wird eine Anfangssituation mit einer Endsituation verglichen (zwei Zeitpunkte). Das bedeutet, dass das vorliegende Modell im eigent-

---

<sup>31</sup> Der Wirtschaftsdünger wird mit dem Substitutionswert der einzelnen Nährstoffe unter Berücksichtigung von Ausbringungs- und Lagerungsverluste bewertet. Ferner kann der Ertrag aus der Verwertung des Wirtschaftsdüngers den Gesamtaufwand für die Düngung nicht überschreiten.

lichen Sinne keine zeitliche Dimension hat. Denn Zeit ist für ein Modell<sup>32</sup> nur dadurch erfahrbar, dass sich der Zustand mindestens einer beobachtbaren Variablen ändert<sup>33</sup>. Trotzdem können im Modell unterschiedlich lange Zeithorizonte abgebildet werden, wenn entsprechende Anpassungen vorgenommen werden.

Ein Ansatzpunkt sind hier die bei der Implementierung der Betriebe verwendeten Stellgrößen. Je kürzer der gewählte Betrachtungszeitraum ist, desto unwahrscheinlicher ist es, dass ein Betriebsleiter Anpassungen an der Ausstattung seines Betriebes mit Investitionsgütern vornimmt. Somit wird sich seine Nutzenmaximierung weniger an einer Maximierung des Betriebsgewinns und mehr an einer Maximierung des Gesamtdeckungsbeitrages orientieren. Im Modell lässt sich so eine graduelle Verschiebung durch die Wahl eines erniedrigten Ansatzes für die kalkulatorischen Kosten von vorhandenen Anlagegütern erreichen<sup>34</sup>. Umgekehrt ist es möglich, durch eine Erhöhung des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten den Fokus auf längerfristige Stabilität des Systems zu verschieben.

Ferner ist es nicht nur im Rahmen der Implementierung der Agenten möglich, den Modellbetrieben gewisse Entscheidungsoptionen (z. B. Investitionen oder Flächenzupacht) vorzuenthalten, wenn derartige Entscheidungen im Betrachtungszeitraum nicht zu erwarten sind.

Ein dritter Ansatzpunkt für die Implementierung unterschiedlicher Betrachtungszeiträume bildet die Art und Weise, wie der Flächenmarkt im Modell berücksichtigt wird. Aus Sicht des Agenten lassen sich drei Besitzstände unterscheiden. Dies sind die Eigentumsflächen, die Altpachtflächen und die Neupachtflächen. Im Rahmen des Marktmodells wird unter anderem ein markträumender Pachtpreis für die landwirtschaftlichen Flächen einer Region gesucht (näheres siehe Kap. 5 ff.). Allerdings werden in der Realität nicht alle Pachtverträge jedes Jahr neu verhandelt. Im Modell wird diesem Umstand dadurch Rechnung getragen, dass solange ein Agent seine Altpachtflächen nicht freiwillig abgibt, er „nur“ einen vom Anwender festgelegten Anteil seiner Altpachtflächen abgeben muss. Diese Flächen bilden zusammen mit den freiwillig abgegebenen Flächen das Angebot auf dem Flächenmarkt. Je länger der gewählte Betrachtungszeitraum ist, desto höher sollte der Anteil der Pachtflächen gewählt werden, deren Pachtzins obligatorisch neu ermittelt wird.

---

<sup>32</sup> Unter Modell wird in diesem Satz nicht die formal-logische Struktur sondern der implementierte Rechenprozess verstanden.

<sup>33</sup> Die Aussage gilt nicht nur für Rechenprozesse, sondern für jeden allgemeinen Beobachter.

<sup>34</sup> Siehe hierzu insbesondere Kap. 4.2.2

Dynamische Aspekte bleiben bei dem gewählten Modellansatz allerdings vollständig unberücksichtigt.

## 4. Betriebsleitereinstellung

Im folgenden Kapitel wird die Behandlung der Betriebsleitereinstellung im Modell erläutert. Zuerst wird ihr Einfluss auf die Entscheidungen des Betriebsleiters anhand eines Literaturüberblicks aufgezeigt. Der anschließende Abschnitt führt aus wie die Betriebsleitereinstellung im Modell abgebildet und implementiert wird. Ferner wird gezeigt, wie die Betriebsleitereinstellung zur Justierung des Modells verwendet werden kann. Dieses Kapitel schließt mit einer Analyse der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Modellkomponenten, die die Betriebsleitereinstellung beschreiben, ihre Auswirkung auf das Verhalten des Agenten darstellt

### 4.1 *Ableitung der Betriebsleitereinstellung*

Neben der Ausstattung des Betriebes mit physikalischen Gütern wie Maschinen, Gebäuden, Flächen und Produktionsrechten hat die Einstellung des Betriebsleiters zu seiner Tätigkeit wesentlichen Einfluss auf die Gestaltung des landwirtschaftlichen Betriebes. Unter der Betriebsleitereinstellung wird in Anlehnung an VAN DER PLOEG (2003, S. 101 ff.) ein gedankliches Bewertungsschema verstanden, mit dessen Hilfe der Betriebsleiter Alternativen prüft und Entscheidungen trifft. Dieses Bewertungsschema lässt sich nicht immer direkt durch empirische Untersuchungen ermitteln, da die einzelnen Ziele, die herangezogenen Bewertungskriterien und ihre Gewichtung dem jeweiligen Betriebsleiter nicht explizit bekannt sein müssen. Allerdings verfügt man über detaillierte Informationen darüber, wie der Landwirt seinen Betrieb organisiert. Wird diese Organisation als das Ergebnis der Betriebsleitereinstellung bei gegebenen Rahmenbedingungen betrachtet, kann auf die zugrunde liegenden Bewertungskriterien und -schritte zurück geschlossen werden. VAN DER PLOEG (2003, S. 103 ff.) unterscheidet anhand der Untersuchung der Buchführungsergebnisse und der im Rahmen von Betriebsbefragungen gewonnenen Daten von 300 Milchviehbetrieben in der niederländischen Region Friesland sieben verschiedene Typen. Diese unterscheiden sich deutlich in der Art, wie sie ihren Betrieb bewirtschaften. Als Beispiel seien hier die „trekkerboeren“ (Maschinenlandwirte) und die „yntesive boeren“ (Intensivlandwirte) genannt. Die Landwirte, die zur erstgenannten Gruppe gehören, versuchen einen hohen Ertrag mit dem geringsten möglichen Arbeitseinsatz zu erzielen. Sie sind bereit, Arbeit durch Kapital zu ersetzen. Demgegenüber versuchen die Intensivbetriebe den Ertrag pro Flächeneinheit zu erhö-

hen, in dem sie den Einsatz der anderen Produktionsfaktoren steigern. An diesem Beispiel wird deutlich, dass die Mitglieder der einzelnen Gruppen z. B. die Faktoren Arbeit und Kapital unterschiedlich bewerten und gewichten.

Eine Situation, in der der Betriebsleiter verschiedene Optionen gegeneinander abwägen muss, ist die Umsetzung von Innovationen im Betrieb. So hängt der Zeitpunkt der Umsetzung, wie z. B. die Aufnahme neuer Produktionsverfahren (z. B. Verwendung von gentechnisch verändertem Saatgut) oder Betriebszweige (Erstellung einer Biogas-Anlage), außer von der Ausstattung des Betriebs mit Kapital und Arbeit noch von den spezifischen Fähigkeiten, der Erwartungsbildung, der Unternehmensstrategie, der Innovationsneigung und der Risikobereitschaft des Betriebsleiters ab (vgl. BERGER, 2000 S. 46)<sup>35</sup>. So wählt der Betriebsleiter beispielsweise entsprechend des Grades seiner persönlichen Risikoaversion zwischen Verfahren, die ihm vergleichsweise sichere (z. B. Getreidebau) oder hohe Erträge (z. B. Schweinemast) bringen.

Die Bewertung der Entscheidungsalternativen hängt nicht nur, wie im obigen Beispiel, von den Präferenzen der Landwirte für bestimmte Arten der Betriebsorganisation ab, sondern ändert sich auch in Abhängigkeit von der Lebensphase der Familie des Betriebsleiters, da sich mit der Lebensphase unter anderem die Verfügbarkeit einzelner Produktionsfaktoren verändert (Tab. 22). So verfügt der Betrieb bei seiner Gründung meist über eine sehr hohe Ausstattung mit Arbeitskräften, weil neben dem Betriebsleiter(ehepaar) oft die Altenteiler auf dem Betrieb mitarbeiten (LEHNER-HILMER, 1999, S. 42). Zusätzlich sind die Betriebsleiter am Höhepunkt ihrer Leistungsfähigkeit und die Altenteiler noch verhältnismäßig rüstig. In der Aufbauphase verringert sich die zur Verfügung stehende Arbeitskapazität, da die Betriebsleiter z. T. durch die Kindererziehung gebunden sind und die Mitarbeit der Altenteiler sukzessive zurückgeht. In der Stabilisierungsphase geht der Zeitaufwand für die Kinderbetreuung zurück, sodass die Arbeitskapazität steigt und so die Betriebszweige intensiviert werden können. In den letzten zwei Phasen nimmt die Leistungsfähigkeit mit zunehmendem Alter des Betriebsleiters ab. Die Kosten der Lebenshaltung steigen mit der zunehmenden Zahl der zu versorgenden Familienmitglieder von der Gründungs- bis zur Stabilisierungsphase und gehen mit dem Verlassen des Elternhauses durch die Kinder wieder zurück.

---

<sup>35</sup> BERGER (2000) implementiert unterschiedliche Geschwindigkeiten, mit denen die einzelnen Agenten Innovationen umsetzen.



**Tab. 22: Relative Verfügbarkeit von Arbeit und Kapital im Betrieb in Abhängigkeit von der Lebensphase der Familie des Betriebsleiters**

	<b>Gründung</b>	<b>Aufbau</b>	<b>Stabilisierung</b>	<b>Abbau</b>	<b>Auslauf</b>
<b>Arbeitskapazität</b>	hoch	mittel	hoch	mittel	niedrig
<b>Finanzieller Aufwand für die Lebenshaltung</b>	niedrig	mittel	hoch	mittel	mittel

*Quelle: in Anlehnung an LEHNER-HILMER (1999, S. 43)*

Betrachtet man den Faktor Arbeit näher, so unterscheiden sich landwirtschaftliche Betriebe nicht nur in ihrer Ausstattung mit diesem Faktor, sondern auch in ihrer Bewertung. So wird ein Betriebsleiter mit steigendem Lebensalter zunehmend bereit sein, seine landwirtschaftliche Tätigkeit beizubehalten, da ihm der Wechsel in den außerlandwirtschaftlichen Arbeitsmarkt zunehmend schwerer fällt (SCHMITT, 1988). Dies gilt selbst für den Fall, dass er sich bewusst ist, dass ihm die Fortführung des Betriebes nur eine geringe Entlohnung seiner eigenen Arbeitskraft ermöglicht. Die Betriebsleiter von Nebenerwerbsbetrieben sind einer Doppelbelastung ausgesetzt. Sie führen einerseits den landwirtschaftlichen Betrieb und gehen andererseits einer regulären Arbeitstätigkeit nach. Sie sind deshalb meistens nur dann bereit, die landwirtschaftliche Tätigkeit beizubehalten, wenn eine angemessene Entlohnung der Arbeitskraft sicher gestellt ist (HERMANN, 1993, S. 127 und 155).

Ein weiterer Gesichtspunkt, der die Entscheidungen des Betriebsleiters maßgeblich beeinflusst, ist die Perspektive des landwirtschaftlichen Betriebes. Je längerfristig der Betrieb in den Augen des Betriebsleiters gewährleistet ist, sei es durch die Bewirtschaftung durch den Betriebsleiter selbst oder eine gesicherte Hofnachfolge, desto eher wird der Betriebsleiter bereit sein, Erweiterungsinvestitionen zu tätigen (vgl. VOGEL et al., 2004 sowie LEHNER-HILMER, 1999, S. 87). Auch die sozioökonomische Situation hat einen wesentlichen Einfluss auf die Investitionstätigkeit des Betriebsleiters. So ist die Investitionsneigung von Nebenerwerbslandwirten oft geringer als die von Haupterwerbslandwirten (vgl. VOGEL et al., 2004). Betrachtet der Betriebsleiter den Nebenerwerb als den ersten Schritt in den Ausstieg aus der Landwirtschaft (vgl. hierzu HERMANN, 1993), wird der Betriebsleiter tendenziell auf Investitionen verzichten und versuchen, mit den vorhandenen Gebäuden, Maschinen und Flächen weiterzuwirtschaften. Allerdings erhöht eine außerlandwirtschaftliche Tätigkeit das Haushaltseinkommen und erleichtert so die Weiterbewirtschaftung des Betriebes (vgl. KIMHI, 2000). Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die Angaben widersprechen, ob Regionen mit einem hohen Anteil an Nebenerwerbslandwirten eher durch eine überdurchschnittlich hohe oder niedrige Rate des Strukturwandels gekennzeichnet sind (zur Diskussion hierzu siehe TIETJE, 2003). Dies ist wenig verwunderlich, wenn man be-

denkt, dass neben ökonomischen auch emotionale Gründe bei der Entscheidung über die Weiterführung der Landwirtschaft eine große Rolle spielen. So sind in Gegenden mit ungünstigen landwirtschaftlichen Standortbedingungen die Freude an der landwirtschaftlichen Arbeit und die Fortführung der Familientradition oft wesentliche Motive für die Weiterführung des Betriebes (LEHNER-HILMER, 1999, S. 316 ff.; DAX et al., 1995, S. 98). Mit diesen Motiven, Freude an der Arbeit und Motivation, lässt es sich teilweise erklären, dass Betriebsleiter bestimmte Verfahren gegenüber anderen bevorzugen.

#### *4.2 Abbildung der Betriebsleitereinstellung im Modellbetrieb*

Ausgangspunkt der Überlegungen ist die These, dass der Betriebsleiter seinen Betrieb im Rahmen seiner Möglichkeiten entsprechend seiner eigenen Vorstellungen und Ziele bestmöglich bewirtschaftet. Hieraus folgt, dass zum Status quo, unter Berücksichtigung der äußeren Rahmenbedingungen der Realbetrieb aus Sicht des Betriebsleiters optimal organisiert ist, da alle anderen Organisationsmöglichkeiten ihm einen geringeren Nutzen liefern. D. h. der Betriebsleiter verhält sich als Nutzenmaximierer. Zu den äußeren Rahmenbedingungen gehören z. B. die Höhe der Pachtpreise, der Umfang der in der Region verfügbaren Fläche, die Kosten von Investitionsgütern, etc. Der Betriebsleiter bestimmt die für ihn optimale Mischung der Produktionsverfahren nicht nur aufgrund allgemein gültiger Beschränkungen, z. B. Fruchtfolgerestriktionen, sondern zieht dazu ferner betriebs- und betriebsleiterspezifische Beschränkungen und Präferenzen heran. Zur ersten Gruppe gehört beispielsweise Ausstattung des Betriebes mit Maschinen, zur zweiten unter anderem die Bewertung seiner Arbeitszeit und die Motivation des Betriebsleiters. Im Gegensatz zu LAUBER (2006, S. 68 f.), der die nicht-monetären Ziele der Betriebsleiter über einzelbetriebliche Restriktionen in die Nutzenmaximierung seiner Agenten integriert, wird für die vorliegende Arbeit ein Teil dieser nicht-monetären Aspekte über einzelbetriebliche Gewichtungsfaktoren abgebildet.

Im vorliegenden Modell werden zur Abbildung der Betriebsleitereinstellung die folgenden vier Eigenschaften verwendet:

- der maximale Arbeitsumfang ( $I_{MAX}$ ),
- der Lohnansatz ( $la$ ),
- der prozentuale Ansatz, mit dem die kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter bei der Erfolgsrechnung berücksichtigt werden ( $ankk$ ),
- der geforderte betriebliche Unternehmergewinn ( $profit_{MIN}$ ).

Alle diese Größen haben den Vorteil, dass sie aus Normdaten<sup>36</sup> und aus Befragungen zur betrieblichen Ausstattung und zum Produktionsprogramm verhältnismäßig leicht berechnet werden können. Neben dieser pragmatischen Überlegung haben weitere Gründe zur Auswahl dieser Größen geführt. So können mithilfe des Arbeitsumfanges Haupt- und Nebenerwerbsbetriebe unterschieden und die Lebensphase berücksichtigt werden. Der Lohnansatz bewertet unmittelbar die vom Betriebsleiter geleistete Arbeitszeit, während der prozentuale Ansatz der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter sich unter anderem als Näherungsvariable für die wirtschaftliche Nachhaltigkeit der Betriebsführung eignet. Der geforderte Unternehmergewinn ist schließlich ein Maß dafür, ob der Betrieb weitergeführt wird. Meist wird der Lohnansatz für die Familienarbeitskräfte den kalkulatorischen Kosten zugeordnet. Im Rahmen des vorgestellten Ansatzes werden sie allerdings aus Gründen, die in den folgenden Kapiteln dargelegt werden, von den kalkulatorischen Kosten unterschieden.

Aufgrund der Verwendung eines komparativ statischen Modellansatzes wird bei der Abbildung der Betriebsleitereinstellung auf Aspekte verzichtet, bei denen die zeitliche Dynamik von Rahmengrößen eine Rolle spielt (z. B. Risikoaversion oder Innovationsdiffusion).

#### **4.2.1 Arbeitsumfang und Lohnansatz**

Ein wesentliches Kriterium, das den Umfang der landwirtschaftlichen Produktion beschränkt, ist die dem Betrieb zur Verfügung stehende Arbeitskraft. Die Erfassung der auf einem Realbetrieb geleisteten Arbeit ist im Rahmen einer Betriebsbefragung möglich. Hierbei können neben dem Gesamtarbeitsaufwand zusätzlich Informationen zu „Art“<sup>37</sup> und Alter der Arbeitskräfte erhoben

---

<sup>36</sup> Vgl. die in Kap. 3.2 aufgeführten Datensammlungen

<sup>37</sup> Handelt es sich um Lohn- oder Familienarbeitskräfte? Sind die Arbeitskräfte Vollzeit oder Teilzeit in der Landwirtschaft beschäftigt?

werden. Dies ermöglicht die Umrechnung der betrieblichen Arbeitszeitdaten in Arbeitskraftstunden. Eine wesentliche Ausdehnung des in der Landwirtschaft geleisteten Arbeitsumfanges dürfte meist nicht möglich sein. Zwei Fälle können hier unterschieden werden. In vielen Hauptidealbetrieben sind die Familienarbeitskräfte weitgehend ausgelastet, sodass zusätzliche Arbeitskapazitäten nur über die Einstellung von Lohnarbeitskräften bereitgestellt werden können. Bei Nebenerwerbsbetrieben kann in der Regel die Landwirtschaft nur in größerem Umfang ausgedehnt werden, wenn die außerlandwirtschaftliche Erwerbstätigkeit eingeschränkt oder aufgegeben wird. Beides ist in bayerischen Familienbetrieben selten zu beobachten. Deshalb wird die auf einem Betrieb geleistete Arbeit auf die Arbeitskraftkapazität dieses Betriebes beschränkt (Gleichung 4).

**Gleichung 4:**

$$\sum_{pv} (l(pv) * u(pv, b)) + l(bt) = l_{TOT}(b) \leq l_{MAX}(b)$$

$pv$  := Laufindex für die Produktionsverfahren

$l(pv)$  := Arbeitsaufwand zur Durchführung eines Produktionsverfahrens

$u(pv)$  := Umfang eines Produktionsverfahrens

$b$  := Laufindex für den Modellbetrieb

$l(bt)$  := Arbeitsaufwand für die „Nutzung“ eines Betriebstyps (z. B. für Verwaltungsaufgaben)

$bt$  := Laufindex für den Betriebstyp

$l_{TOT}(b)$  := in einem Betrieb insgesamt geleisteter Arbeitsaufwand

$l_{MAX}(b)$  := Arbeitskraftkapazität eines Betriebes

Ein Produktionsverfahren muss je eingesetzter Zeiteinheit mindestens den Lohnansatz erwirtschaften<sup>38</sup>, um ins Produktionsprogramm aufgenommen zu werden. In der Landwirtschaft zeichnen sich arbeitsintensive Verfahren oft durch vergleichsweise geringe Entlohnung pro Stunde bei einer gleichzeitig hohen Flächenentlohnung aus (z. B. Milchkühhaltung im Gegensatz zur Mutterkühhaltung oder der Kartoffelanbau im Vergleich mit dem Getreideanbau). Dies ermöglicht es, bei gegebenem Pachtpreis über den Lohnansatz die Selektion von arbeitsintensiven Verfahren einerseits und Verfahren mit einem hohen Flächenbedarf andererseits zu steuern.

---

<sup>38</sup> Die Erlöse des Verfahrens (Markterlöse und Prämien) sind größer als die Summe aus den variablen Kosten, der Pacht / dem Pachtansatz, und den angesetzten Lohnkosten.

Der Lohnansatz wird von den anderen kalkulatorischen Kosten unterschieden, da er insbesondere die Wahl der Produktionsverfahren durch den Agenten beeinflusst. Im Gegensatz dazu, hängt die Wahl des für den Agenten vorteilhaftesten Betriebstyps maßgeblich davon ab, wie stark der Agent die kalkulatorischen Kosten von schon vorhandenen Investitionsgütern in seiner Nutzenoptimierung berücksichtigen muss.

#### **4.2.2 Gewichtung kalkulatorischer Kosten vorhandener Investitionsgüter**

Die Höhe des betrieblichen Ansatzes der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter<sup>39</sup> (*anck*) bietet eine Möglichkeit, die wirtschaftliche Nachhaltigkeit<sup>40</sup> des Betriebes zu berücksichtigen. Im gewählten Modellansatz ist dem Betriebstyp die Ausstattung eines Betriebes mit langlebigen Produktionsfaktoren zugeordnet. Es wird davon ausgegangen, dass die Kosten des Betriebstyps unabhängig vom Nutzungsgrad der betrieblichen Kapazitäten sind. Es handelt es sich also um Fixkosten. Davon unterscheiden sich die variablen Kosten, die vom Umfang und der Art der Produktion abhängig sind. Diese sind den jeweiligen Produktionsverfahren zugewiesen. Zu den Fixkosten gehören Versicherungen, Zinsansatz für das Eigenkapital und die Abschreibung auf Investitionsgüter. Diese Kosten lassen sich in pagatorische und kalkulatorische Kosten gliedern. Die fixen pagatorischen Kosten müssen vom Betrieb in jeder Periode in voller Höhe bezahlt werden, dazu gehören z. B. Steuern, Versicherungen und Beiträge zur Berufsgenossenschaft. Daraus folgt, dass hier kein Bewertungsspielraum für den Betriebsleiter besteht. Im Gegensatz dazu ist mit den fixen kalkulatorischen Kosten kein unmittelbarer Geldfluss verbunden. Hierzu gehören z. B. der Zinsansatz für das eingesetzte Eigenkapital oder die Abschreibungen auf Investitionsgüter. Kalkulatorische Kosten sind also nicht liquiditätswirksam.

Die in den Normdaten ausgewiesenen Fixkosten sind aber nicht unbedingt auf den Einzelbetrieb übertragbar. So kann auf einzelbetrieblicher Ebene eine überdurchschnittlich lange Nutzungsdauer von Maschinen dazu führen, dass die wirtschaftliche Nachhaltigkeit eines Betriebes gesichert ist, selbst wenn die tatsächlich angesetzten Abschreibungen unter den durchschnittlichen Ansätzen liegen. Ferner können auslaufende Betriebe einen Großteil der Abschreibungen kon-

---

<sup>39</sup> Im Folgenden werden „Höhe des betrieblichen Ansatzes der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter“ und „Ansatz der kalkulatorischen Kosten“ als Synonyme verwendet.

<sup>40</sup> Für diese Arbeit wird wirtschaftlich nachhaltig wie folgt definiert: Ein Betrieb wirtschaftet nachhaltig, wenn die Produktionsfaktoren adäquat entlohnt sind und wenn Rücklagen in einem Umfang gebildet werden, der Ersatzinvestitionen ermöglicht.

sumieren, weil der Betrieb keine - oder nur in einem geringen Umfang - Ersatzinvestitionen durchführen wird. Schließlich sind insbesondere Familienbetriebe in der Lage, den Umfang des in Investitionsgüter gebundenen Kapitalstocks und damit die Kapitalkosten zu reduzieren, z. B. durch Eigenleistungen bei Neubauten. Ferner hat der Betriebsleiter einen Ermessensspielraum hinsichtlich der gewünschten Verzinsung des Eigenkapitals.

Die variable Höhe von *ankk* ermöglicht eine betriebspezifische Gewichtung der in den Normdaten ausgewiesenen fixen kalkulatorischen Kosten vorhandener Investitionsgüter. Erweiterungsinvestitionen werden im Modell anders als Ersatzinvestitionen behandelt. Es wird unterstellt, dass über die Abschreibung für die vorhandenen Investitionsgüter nur deren Ersatz finanziert werden kann. Ferner wird angenommen, dass Erweiterungsinvestitionen nicht aus dem Kapitalstock des Betriebes finanziert werden, sondern fremdfinanziert sind. Für diese Fremdfinanzierung wird unterstellt, dass kalkulatorische Kosten in Höhe der Normwerte (z. B. KTBL 2002c, 2004) anfallen. Hierbei ist es unerheblich, ob die Fremdfinanzierung mithilfe des Privatvermögens des Betriebsleiters oder eines Bankkredites erfolgt. Ferner wird angenommen, dass Nettoinvestitionen nur dann getätigt werden, wenn der Amortisierungszeitraum dieser Investitionen höchstens solange ist, wie die in den Standardwerken ausgewiesene maximale Lebensdauer des Investitionsguts. Eine Nettoinvestition wird also getätigt, wenn sie mindestens die in den Standards ausgewiesenen Abschreibungen erwirtschaftet. Dieser Modellansatz hat zur Folge, dass die Nutzungsdauer von neuen Investitionsgütern vorsichtiger angesetzt wird als von solchen, die schon auf dem Betrieb vorhanden sind.

Bei der Beurteilung der Höhe von *ankk* sind die folgenden Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Je niedriger ein Betriebsleiter die kalkulatorischen Kosten ansetzt, desto geringer sind der Umfang der gebildeten Rücklagen und die Belastung des Betriebes durch Abschreibungen und Kapitalkosten. In der Realität stiege damit die Gefahr, dass nötige Ersatzinvestitionen früher oder später nicht mehr getätigt werden können, ohne den Kapitalstock des Betriebsleiters anzugreifen. Prinzipiell gilt, dass je kleiner *ankk* ist, desto höher ist der komparative Kostenvorteil von vorhandenen Investitionsgütern im Vergleich zu Neuanschaffungen, da bei ersteren die kalkulatorischen Kosten nur zu einem geringen Teil angesetzt werden<sup>41</sup>. Dies führt dazu, dass Modellbetriebe mit

---

<sup>41</sup> Generell ist die Nutzung von Maschinen weit unterhalb ihrer Abschreibungsschwelle für süddeutsche Familienbetriebe nicht ungewöhnlich. In Modellkalkulationen wurde für die Schlepper kleiner Milchviehbetriebe eine jährliche Einsatzzeit von ungefähr 400 Stunden ermittelt. Berücksichtigt man, dass diese Betriebe über mindestens zwei Schlepper verfügen, ergibt sich eine Einsatzzeit von 200 Stunden pro Schlepper. Bei einer Gesamtbetriebsdauer von 8000 Stunden, ergibt sich eine technische Lebensdauer von 40 Jahren.

einem niedrigen Ansatz von  $ankk$  nur bei verhältnismäßig großen Änderungen in den Rahmenbedingungen<sup>42</sup> ihre Ausstattung mit Maschinen und Gebäuden verändern werden. Je kleiner  $ankk$  ist, desto strukturkonservativer verhält sich folglich der Agent.

$ankk$  kann im Extremfall sogar negativ sein. Dies kann man so interpretieren, als dass der Betriebsleiter dem bestehenden Betriebstyp, z. B. aus Gründen der Tradition, einen gewissen Wert zuweist.

### 4.2.3 Unternehmergewinn

Der Unternehmergewinn ( $profit_{MIN}$ ) stellt einen Ausgleich des Betriebsleiters für das eingegangene Risiko dar. Bei Vollerwerbsbetrieben sind die außerlandwirtschaftlichen Einkünfte vergleichsweise gering. Da Nebenerwerbslandwirte die Möglichkeit haben, eventuell auftretende Verluste in der Landwirtschaft mit Erlösen aus anderen Erwerbsquellen zu decken, muss ein Haupterwerbsbetrieb, bei sonst gleichen Bedingungen<sup>43</sup>, tendenziell einen höheren Unternehmergewinn erwirtschaften als ein vergleichbarer Nebenerwerbsbetrieb, wenn alle betrieblichen Faktoren gleich entlohnt werden sollen.

Da der Betrieb in der Ausgangssituation einer landwirtschaftlichen Tätigkeit nachgeht, muss davon ausgegangen werden, dass diese ihm einen höheren Nutzen stiftet als eine alternative Verwertung seiner Kapazitäten. Weist der entsprechende Modellbetrieb einen kalkulatorischen Verlust ( $profit_{MIN} < 0$ ) aus, bedeutet dies, dass der Betriebsleiter bereit ist, diesen zu tragen. So ein Verhalten kann z. B. bei Landwirten auftreten, die der Beibehaltung der Landwirtschaft einen sehr hohen persönlichen Wert zuweisen. Andererseits ist es auch denkbar, dass Betriebsleiter, bei denen die Beibehaltung der Landwirtschaft mit einem ökonomisch positiven externen Effekt auf anderen Betätigungsfeldern verbunden ist<sup>44</sup>, bereit sind, Verluste aus der Landbewirtschaftung in einer gewissen Größenordnung zu tragen. Als Beispiel sei hier die bessere Vermietbarkeit von Ferienzimmer oder –wohnungen genannt.

---

<sup>42</sup> Wie den Preisen für landwirtschaftliche Produkte oder der Höhe und Art der Förderung

<sup>43</sup> Lohnansatz, Höhe der kalkulatorischen Kosten, betriebliche Ausstattung, Lebensphase, ....

<sup>44</sup> Zu den Motiven für die Beibehaltung der Landwirtschaft in solchen Fällen siehe (LEHNER-HILMER, 1998, S. 74 ff.)

### 4.3 Verwendung der Betriebsleitereinstellung zur Justierung der Landnutzung des Agenten

Die Zahlenwerte für die einzelnen Parameter der Betriebsleitereinstellung werden nicht unmittelbar aus den Befragungsdaten generiert (vgl. Kap. 4.1 S. 56 ff.). Stattdessen werden für jeden Betrieb die entsprechenden Parameter basierend auf den Angaben zur Landnutzung und den Normdaten ermittelt. Dazu wird ein Parameter nach dem anderen festgelegt.

Der den Betriebsleiter repräsentierenden Agent verhält sich wie der Betriebsleiter als Nutzenmaximierer. Der Agent optimiert den Modellbetrieb u. a. basierend auf den externen Restriktionen und auf standardisierten Angaben bezüglich der variablen und fixen Kosten, der Erträge und des Arbeitszeitaufwandes. Diese standardisierten Angaben müssen nicht den Werten des Realbetriebes entsprechen. Aspekte wie die persönliche Präferenz für bestimmte Produktionsverfahren bleiben unberücksichtigt. Als Konsequenz kann die Landnutzung<sup>45</sup> des Modellbetriebes von der des Realbetriebes abweichen. Es stellt sich nun die Frage, wie durch Änderungen der Stellgrößen (Arbeitskraftkapazität, Lohnansatz, etc.) die Art und der Umfang der Landnutzung des Modellbetriebes (Regelgröße) auf die entsprechenden Werte des Realbetriebes (Sollwert) justiert werden kann (Abb. 7).

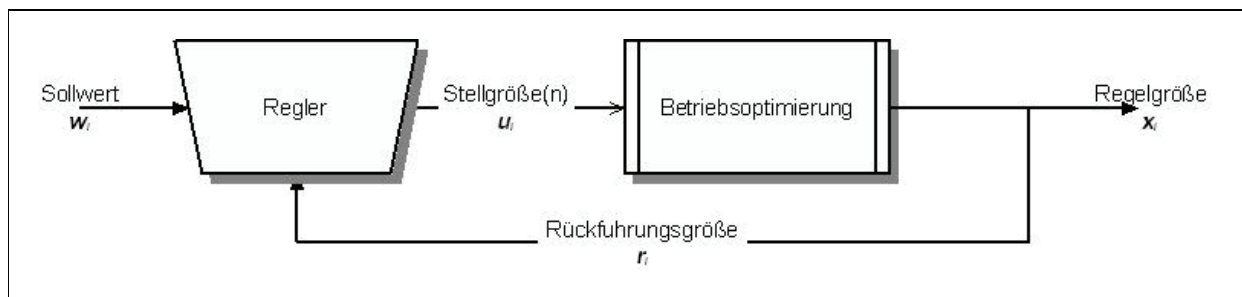


Abb. 7: Vereinfachtes Schema eines Regelkreises zur Implementierung der Betriebsleitereinstellung<sup>46</sup>

Quelle: eigene Darstellung

Bei der Interpretation des Lohnansatzes ( $la$ ), des prozentualen Ansatzes der kalkulatorischen Kosten ( $ankk$ ) und des Mindestgewinns  $profit_{MIN}$  sollte immer berücksichtigt werden, dass sie als Stellgrößen in einem mehrstufigen Justierungsprozess verwendet werden (Tab. 23). Daraus folgt,

<sup>45</sup> Die Landnutzung beinhaltet hier sowohl Art, Intensität und Umfang der durchgeführten Verfahren der Tierhaltung und des Ackerbaus als auch die Ausstattung mit Investitionsgütern (Betriebstyp).

<sup>46</sup> Im Rahmen des Modells entspricht die Regelgröße  $x_i$  der Rückführungsgröße  $r_i$



dass der ermittelte Lohnansatz, der ermittelte Ansatz der kalkulatorischen Kosten oder der ermittelte Mindestgewinn nicht notwendigerweise denen des Betriebsleiters des Realbetriebs entsprechen. Es wird lediglich behauptet, dass mit einer entsprechenden Setzung der Stellgrößen für jedes Paar aus Real- und Modellbetrieb eine Übereinstimmung zwischen Sollwert und Regelgröße erreicht werden kann. Dies kann im Extremfall bedeuten, dass die Werte für einzelne oder mehrere Variablen negativ sind.

**Tab. 23: Überblick über die im Rahmen der Justierung der Betriebsleitereinstellung verwendeten Sollwerte, Regel- und Stellgrößen**

Sollwert	Regelgröße	Stellgröße
Art und Umfang der Flächennutzung der <i>Realbetriebe</i>	Art und Umfang der Flächennutzung der <i>Modellbetriebe</i>	Lohnansatz der <i>Modellbetriebe</i> (Verfügbare Arbeitskraft) ( $la, l_{Max}$ )
Ausstattung der <i>Realbetriebe</i> mit Produktionsrechten und Gebäuden und Maschinen	Ausstattung der <i>Modellbetriebe</i> mit Produktionsrechten und Gebäuden und Maschinen	Prozentualer Ansatz der kalkulatorischen Kosten durch die <i>Modellbetriebe</i> ( $ankk$ )
<i>Beobachtetes</i> regionales Pachtpreinsniveau	Pachtpreinsniveau in der <i>Simulationsrechnung</i>	Durch die <i>Modellbetriebe</i> geforderter Mindestgewinn ( $profit_{MIN}$ )

Quelle: eigene Darstellung

Die Annahme, dass der Modellbetrieb sich in der Ausgangssituation aus Sicht des Betriebsleiters im Optimum befindet, lässt sich in vier Unterthesen gliedern. Mithilfe dieser Unterthesen können unmittelbar Aussagen über die Größe der Sollwerte abgeleitet werden. Bei den gegebenen Rahmenbedingungen ermöglichen:

- der vom Realbetrieb geleistete Arbeitsumfang,
- die im Realbetrieb verwirklichte Kombination der Produktionsverfahren,
- der vom Realbetrieb verwirklichte Umfang der Tierhaltung und der Außenwirtschaft,
- und die vom Realbetrieb genutzten Investitionsgüter

ein aus Sicht des Betriebsleiters optimales wirtschaftliches Ergebnis.

Auf diese vier Regelgrößen wird jeder Agent im Rahmen eines sequentiellen Implementierungsalgorithmus justiert (Abb. 8). Im Rahmen des Implementierungsprozesses werden sukzessive Restriktionen für die Sollwerte gelockert. Die Übereinstimmung zwischen Regelgröße und Sollwert wird nicht durch von außen wirkende Restriktionen sichergestellt, sondern die Übereinstimmung wird durch die geeignete Bestimmung einer Stellgröße innerhalb des Regelkreises erzielt. Es ist somit „nur“ noch die Frage nach der Reihenfolge der Justierung der Regelgrößen zu beantworten.

Im Rahmen der Implementierung wird auf die Regelgrößen, deren Größenordnung kurzfristig vom Betriebsleiter verändert werden kann, zuerst justiert. So können im Rahmen der betrieb-

lichen Kapazitäten die Fruchtfolgeanteile im Ackerbau jährlich bzw. der Umfang einzelner Tierhaltungsverfahren kontinuierlich angepasst werden. Dem gegenüber kann ein Betriebsleiter seine Ausstattung mit Flächen nur mittelfristig verändern, da die Pachtverträge meist über mehrere Jahre laufen. Am einschneidendsten wirken sich Änderungen der betrieblichen Ausstattung mit Investitionsgütern auf den Betrieb aus. Aufgrund ihres oft hohen Kapitalbedarfes, der meist begrenzten Reversibilität der Investitionsentscheidung<sup>47</sup> und der langen Abschreibungszeiträume setzen sie eine längerfristige Planung voraus.

---

<sup>47</sup> So können einmal gekaufte Gebäude und Maschinen, wenn überhaupt, nur mit einem hohen Abschlag weiterverkauft werden.

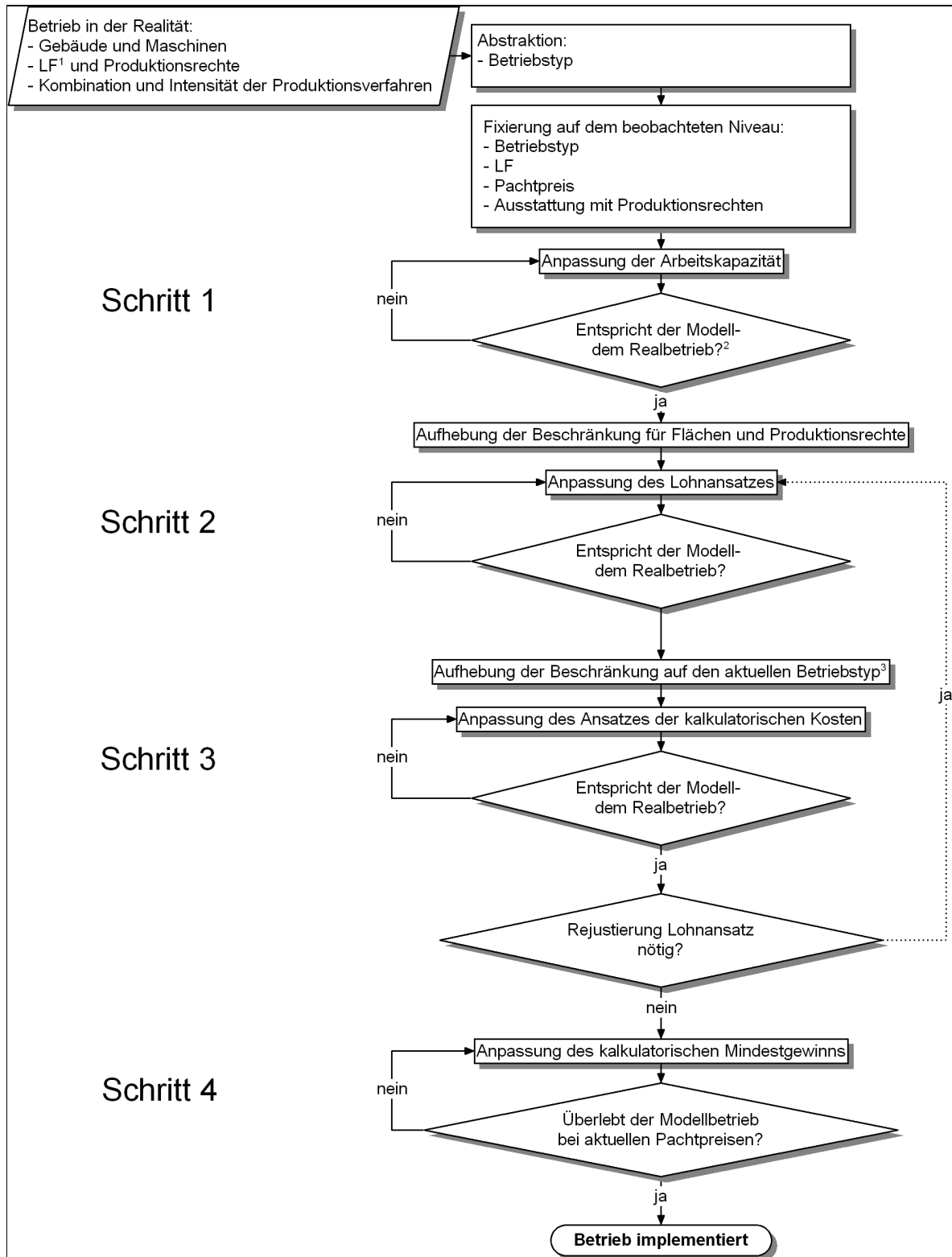


Abb. 8: Sequentielles Schema für die Implementierung der Betriebsleitereinstellung

Quelle: eigene Darstellung nach ROEDER et al. 2006a

1) LF := landwirtschaftlich genutzte Fläche

2) hinsichtlich der Landnutzung

3) zulassen von Investitionen und Desinvestitionen

Um die Größenordnung der einzelnen Stellgrößen zu ermitteln, werden schrittweise verschiedene Optimierungsprobleme gelöst (Tab. 24). Bei den ersten drei Schritten erfolgt eine Optimierung auf einzelbetrieblicher Ebene, während beim letzten Schritt die verschiedenen Agenten auf einem Pachtmarkt interagieren. Dabei wird sukzessive die Größe verändert, die aus einzelbetrieblicher Perspektive optimiert, d. h. maximiert werden soll.

**Tab. 24: Überblick über die im Rahmen der Justierung verwendete Optimierungsmodelle und -größen**

		Verwendetes Modell	Optimierungsgröße	Stellgröße
Justierungsschritt	1	Einzelbetriebliches LP	Gesamtdeckungsbeitrag abzgl. Pachtkosten abzgl. Quotenkosten	Verfügbare Arbeitskapazität ( $l_{Mac}$ )
	2		wie 1 zusätzlich abzgl. Lohnansatz	Lohnansatz ( $la$ )
	3		wie 2 zusätzlich abzgl. Zinsansatz und Abschreibungen	Prozentualer Ansatz der kalkulatorischen Kosten ( $ankk$ )
	4	Einzelbetriebliche LPs verknüpft über ein Marktmodell	wie 3	geforderter Mindestgewinn ( $profit_{MIN}$ )

Quelle: eigene Darstellung

Dieses Justierungsverfahren stellt eine Alternative zu anderen Justierungsverfahren wie der positiven mathematischen Programmierung (vgl. HECKELEI, 2005, S. 5) oder der Modifizierung der Koeffizientenmatrix des zugrunde liegenden Entscheidungsmodells dar (vgl. LAUBER, 2006, S. 78).

### 4.3.1 Schritt 1: Festlegung der Arbeitskraftkapazität

Die Arbeitskraftkapazität kann entweder aus Befragungsergebnissen abgeleitet werden, oder der Zeitaufwand in Arbeitskraftstunden kann für den Modellbetrieb direkt ermittelt werden. Ausgehend von den standardisierten Daten für die Produktionsverfahren wird diejenige Mindestarbeitskapazität ermittelt, die notwendig ist, um ein Produktionsprogramm durchzuführen, das mit dem des Realbetriebes vergleichbar ist (Abb. 8 Schritt 1). In diesem Schritt kann der einzelne Modellbetrieb seinen Betriebstyp nicht ändern. Ferner kann er weder Produktionsrechte noch Flächen erwerben oder veräußern. Der so ermittelte Arbeitszeitaufwand wird mit den empirisch ermittelten Daten auf Plausibilität überprüft.

Unterstellt man, dass reale Betriebe durch eine Verbesserung der Arbeitsorganisation Arbeit einsparen können, ist es wahrscheinlich, dass bei diesen Betrieben Arbeitsreserven in einem be-

schränkten Umfang vorhanden sind. Deshalb gibt man im Rahmen der Modellierung den Modellbetrieben einen geringen Aufschlag auf den ermittelten Mindestarbeitszeitbedarf. Dies ermöglicht es den Agenten, Wachstumsschritte durchzuführen, die mit einer gewissen Steigerung des Arbeitszeitaufwandes verbunden sind.

### **4.3.2 Schritt 2: Festlegung der Opportunitätskosten der Arbeit**

Lässt man im Zuge der Justierung der Betriebsleitereinstellung keine Änderung des Betriebstyps zu, und setzt man die Arbeitskapazität auf den im vorigen Justierungsschritt bestimmten Arbeitsbedarf, wird dasjenige Produktionsprogramm bestimmt, das den höchsten Gesamtdeckungsbeitrag erwirtschaftet. Bei gegebener Arbeitskapazität und gegebener Ausstattung mit Maschinen und Gebäuden (Betriebstyp) stehen für jeden Modellbetrieb die Deckungsbeiträge der vom jeweiligen Realbetrieb realisierten Produktionsverfahren in einem solchen Verhältnis zueinander, dass eine Änderung des Produktionsprogramms oder des Produktionsumfanges kein wirtschaftlich besseres Ergebnis ermöglicht<sup>48</sup>. Die Verwendung von Normdaten impliziert, dass die Erlöse der Verfahren und die Kosten für Betriebsmittel, sowie die Kosten für Flächen und Produktionsrechte für alle Modellbetriebe gleich sind. Folglich können nur die Opportunitätskosten für die Arbeit zur Justierung des Produktionsprogramms verwendet werden. Gesucht ist also der Lohnansatz, bei dem die beobachtete Landnutzung wirtschaftlich optimal und stabil ist. Der Lohnansatz bietet sich als Stellgröße an, da sich der Arbeitsumfang zwischen den einzelnen Produktionsverfahren unterscheidet und ferner vom Produktionsumfang abhängt (Abb. 8 Schritt 2). Im Zuge einer Anpassung des Lohnansatzes verändern sich insbesondere die folgenden Größen:

- der Einsatz an Betriebsmitteln,
- der Flächenumfang,
- und die Menge der genutzten Produktionsrechte.

Mit jeder dieser Änderungen ist oft eine Änderung des Arbeitsaufwandes verbunden. Da die Erlöse der Produktionsverfahren wie die Kosten für die Betriebsmittel, Flächen und Produktionsrechte bekannt sind, kann derjenige betriebliche Lohnansatz ( $la(b)$ ) abgeleitet werden, der sicherstellt, dass der Agent weder mit einer Ausdehnung der Produktion noch einer Abgabe von Flä-

---

<sup>48</sup> Dies folgt unmittelbar aus den Forderungen, dass die im Realbetrieb verwirklichte Kombination der Produktionsverfahren und der vom Realbetrieb verwirklichte Umfang der Tierhaltung und der Außenwirtschaft ein aus Sicht des Betriebsleiters optimales wirtschaftliches Ergebnis ermöglichen (vgl. Kap. 4.3, S. 66).

chen und Produktionsrechten ein höheres Nutzenniveau erzielt. Ein Produktionsverfahren wird nur dann ins Produktionsprogramm aufgenommen, wenn seine Arbeitsentlohnung den Lohnansatz übertrifft. Dies ist allerdings nur eine notwendige und noch keine hinreichende Bedingung. Insbesondere bei Betriebsleitern, die Landwirtschaft nur als Hobby betreiben, kann evtl. das beobachtete Produktionsprogramm nicht abgebildet werden, wenn ein positiver Lohnansatz vorausgesetzt wird. Folgendes Beispiel soll diesen Sachverhalt verdeutlichen:

- Ein Agent kann bei der Initialisierung seine Verfahren aus den Mengen der Produktionsverfahren  $PV_Q$  und  $PV_R$  wählen. Die Verfahren der beiden Teilmengen unterscheiden sich vor allem hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit (Gleichung 5).
- In der Initialisierung kann der Agent aufgrund von technischen Restriktionen<sup>49</sup> den realisierten Umfang von Verfahren aus  $PV_Q$  nicht soweit ausdehnen, dass sein Produktionsprogramm dem des Realbetriebes entspricht (bei  $la(b) \geq 0$ )<sup>50</sup>. Als Folge davon werden einige betriebliche Kapazitäten nicht vollständig genutzt. Nur wenn Verfahren aus  $PV_R$  ins Produktionsprogramm aufgenommen werden, kann die in der Realität beobachtete Auslastung der Kapazitäten erreicht werden.
- Verfahren aus  $PV_R$  sind nicht zwingend notwendig, um Verfahren aus  $PV_Q$  durchzuführen<sup>51</sup>.
- Für Verfahren aus  $PV_Q$  wird der mögliche Umfang nicht durch technische Restriktionen begrenzt.

---

<sup>49</sup> Z. B. Fruchtfolgerestriktionen, Fütterungsrestriktionen

<sup>50</sup> Im Extremfall ist  $PV_Q = \{\}$ .

<sup>51</sup> Davon ist der Fall zu unterscheiden, bei dem durch die Aufnahme von Verfahren mit einer negativen Wirtschaftlichkeit erst die Durchführung von profitablen Verfahren möglich wird. So leistet die Produktion von Grundfutter keinen positiven Beitrag zum Gesamtdeckungsbeitrag. Grundfutter muss aber vom Betrieb erzeugt werden, wenn Raufutterfresser gehalten werden sollen.

**Gleichung 5:**

$$wi(pv) := e(pv) - t - c_{VAR}(pv) - c_{LOHN}(pv) \begin{cases} \text{für } \forall pv \in PV_Q : wi(pv) > 0 \\ \text{für } \forall pv \in PV_R : wi(pv) \leq 0 \end{cases}$$

$wi(pv)$  := Wirtschaftlichkeit eines Produktionsverfahrens

$e(pv)$  := Erlöse eines Produktionsverfahrens

$t$  := Pacht/Pachtansatz

$c_{VAR}(pv)$  := variable Kosten eines Produktionsverfahrens

$c_{LOHN}(pv)$  := Lohnkosten eines Produktionsverfahrens;  $c_{LOHN}(pv) := l(pv) * la(bl)$ ;

$la(bl)$  := Lohnansatz eines Betriebsleiters

$bl$  := Laufindex für die Betriebsleiter

$PV$  := Menge aller Produktionsverfahren;  $PV := PV_Q \cup PV_R$

Wird in diesem Fall dem Agenten ein negativer Lohnansatz zugewiesen, verändert sich das Entscheidungskriterium  $wi(pv)$ . Die Lohnkosten werden nun nicht mehr abgezogen ( $la(b) > 0$ ) oder ignoriert ( $la(b) = 0$ ). Je kleiner  $la(b)$  gewählt wird, desto mehr Verfahren aus  $PV_R$  erfüllen das Auswahlkriterium  $wi(pv) > 0$ . Mithilfe dieser Verfahren kann das in der Realität beobachtete Produktionsprogramm abgebildet werden, da für sie im Gegensatz zu den Verfahren aus  $PV_R$  die oben erwähnten technischen Restriktionen nicht relevant sind.

Aufgrund der Verwendung eines LPs zur Optimierung der Betriebsorganisation ändert sich die vom Agenten ausgewählte Mischung an Produktionsverfahren nicht kontinuierlich mit der Änderung des Lohnansatzes. Dies hat zwei Konsequenzen. Erstens lässt sich meist keine vollständige Übereinstimmung zwischen der Betriebsorganisation des Modell- und des Realbetriebes erreichen. Zweitens ergibt sich somit eine Spanne für den gewählten Lohnansatz, in der dieser beliebig variiert werden kann, ohne dass sich die Betriebsorganisation verändert.

### **4.3.3 Schritt 3: Festlegung der Höhe des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten für Investitionsgüter**

In einem weiteren Schritt darf der Agent den Betriebstyp frei wählen. Allerdings kann er die Landbewirtschaftung nicht einstellen. Damit sind Investitionen und Desinvestitionen möglich. Um unter diesen Rahmenbedingungen das optimale Produktionsprogramm zusammenzustellen, müssen die Fixkosten und insbesondere die kalkulatorischen Fixkosten bei der Auswahl berück-

sichtigt werden. Der Parameter „Höhe des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter“ ( $anck$ ) verändert die vom Agenten berücksichtigten Kosten bereits vorhandener Investitionsgüter. Somit ändert sich die relative Vorzüglichkeit des vorhandenen Betriebstyps (Abb. 8 Schritt 3)<sup>52</sup>.

Da  $anck$  auch den Kostenansatz für die Flächen und Produktionsrechte verändert, die im Eigentum des Modellbetriebs sind, ist im Einzelfall eine Rejustierung des Lohnansatzes nötig (vgl. Gleichung 6). Umfangreicher ist dieser Rejustierungsschritt insbesondere dann, wenn sich der Agent bei der Freigabe der Investitions- bzw. Desinvestitionsentscheidung für eine Schrumpfung des Modellbetriebes entscheidet. Der Agent nutzt in diesem Fall nicht alle im Modellbetrieb vorhandenen Kapazitäten. Dies ist dann der Fall, wenn z. B. eine Verkleinerung des Stalles oder ein Umbau von Stallplätzen für Milchkühe zu solchen für Mutterkühe erfolgt. Hiermit ist oft eine erhebliche Reduzierung des im Betrieb geleisteten Arbeitsaufwandes verbunden. Eine korrekte Wahl des Betriebstyps durch den Agenten lässt sich deshalb meist durch eine Reduzierung des Lohnansatzes erreichen.

#### Gleichung 6:

$$c_{KALK}(b) := (c_{KALK}(bt_A) + c_{KALK}(fl_A) + c_{KALK}(pr_A)) * anck(bl)$$

$c_{KALK}(b)$  := angesetzte kalkulatorische Fixkosten eines Modellbetriebes

$fl_A$  := Flächenausstattung des Betriebes in der Ausgangssituation

$pr_A$  := Ausstattung des Betriebes in der Ausgangssituation mit Produktionsrechten

### 4.3.4 Schritt 4: Festlegung der Höhe des Unternehmergewinns

Mit den ersten drei Justierungsschritten ist sichergestellt, dass der Modellbetrieb dem Realbetrieb hinsichtlich seiner Landnutzung entspricht. Da der Betrieb in der Ausgangssituation einer landwirtschaftlichen Tätigkeit nachgeht, muss davon ausgegangen werden, dass diese ihm einen höheren Nutzen stiftet als eine alternative Verwertung seiner Kapazitäten. Das bedeutet, dass Gleichung 7 in jedem Fall erfüllt ist. Folglich kann es notwendig sein, dass dem Modellbetrieb ein negativer Wert für  $profit_{MIN}$  zugewiesen wird. Da die Gleichung immer erfüllt wird, wenn

---

<sup>52</sup> Um Betriebe abbilden zu können, die einen kalkulatorischen Verlust ( $profit_{MIN} < 0$ ) ausweisen, wird im Rahmen der Kalibrierung der „Verpacht-Betriebstyp“ nicht berücksichtigt.



ausreichend kleine Werte für  $profit_{MIN}$  gewählt werden, stellt sich die Frage, wann die Grenze erreicht ist, ab der ein Modellbetrieb aufgegeben werden soll. Auch für Modellbetriebe, die die Gleichung für positive Werte von  $profit_{MIN}$  erfüllen, ist die Festlegung der kalkulatorischen Gewinnschwelle<sup>53</sup> als Kriterium für das Ausscheiden wenig geeignet. Aufgrund der Modellierung des Bodenmarktes als Gleichgewichtsmarkt könnte die rechte Seite von Gleichung 7 vollständig für die Zupacht weiterer Flächen ausgegeben werden. Dies würde in vielen Fällen zu einer starken Abweichung der im Modell ermittelten Pachtpreise von den real beobachteten Werten führen.

**Gleichung 7:**

$$gdb(b) - c_{LOHN}(b) - c_{PAGA}(b, bt) - c_{KALK}(b) - profit_{MIN}(b) \geq 0$$

$gdb(b)$  := Gesamtdeckungsbeitrag eines Modellbetriebs

$c_{paga}(b, bt)$  := pagatorische Fixkosten eines Modellbetriebes (abhängig vom Betriebstyp)

$profit_{MIN}(b)$  := vom Agenten eines Modellbetriebes geforderter kalkulatorischer Gewinn

$profit_{MIN}$  wird so festgelegt, dass der Modellbetrieb bei den jetzigen Pachtpreisen nicht aus der Produktion ausscheidet (Abb. 8 Schritt 4) (Existenzschwelle). Bei veränderten Rahmenbedingungen scheiden die Modellbetriebe demzufolge nur dann aus der Produktion aus, wenn entweder ein Rückgang der Erlöse nicht durch den Rückgang der Pachtkosten oder ein Anstieg der Pachtkosten nicht durch einen gleichzeitigen Anstieg der Erlöse kompensiert wird.

Wird im Rahmen der Modellierung davon ausgegangen, dass die Betriebe in der Ausgangssituation unmittelbar an der betriebspezifischen Existenzschwelle operieren, können marginale Änderungen an der Ausgangssituation zu der Aufgabe einzelner Betriebe führen. Ist im Rahmen der Modellkalkulationen dieses Verhalten nicht erwünscht, wird die Existenzschwelle so festgelegt, dass der Agent die Bewirtschaftung beibehält, solange der im Rahmen einer Simulation festgestellte kalkulatorische Unternehmergewinn den im Rahmen der Justierung ermittelten Wert von  $profit_{MIN}$  abzüglich eines bestimmten Betrages ( $r$ ) nicht unterschreitet. Dieser Betrag entspricht z. B. 20 % des bei der Justierung ermittelten Cash-Flows des Betriebes<sup>54</sup>. Folglich verfügen umsatzstärkere Betriebe, absolut gemessen, über einen größeren finanziellen Puffer als umsatzschwächere Betriebe.

<sup>53</sup>  $profit_{MIN} := 0$ ;  $profit_{MIN}$  entspricht in seiner Höhe dem geforderten kalkulatorischen Gewinn

<sup>54</sup> In den bisher durchgeführten Simulationsläufen ist der prozentuale Abschlag für alle Betriebe identisch, allerdings werden z. T. zwischen den Simulationen Veränderungen des Ansatzes vorgenommen (vgl. ROEDER et. al, 2006).

#### 4.4 Implikationen bestimmter Initialisierungen einzelner Stellgrößen auf das Verhalten der Agenten im Rahmen der Modellierung

Aufgrund der Verwendung eines LPs zur Optimierung der Betriebsorganisation erfolgt die Anpassung der Betriebsorganisation durch den Agenten ruckartig. Die vom Agenten ermittelte Betriebsorganisation bleibt konstant, solange man sich bei der Wahl der Werte für die Variablen Lohnansatz ( $la$ ) und Ansatz der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter ( $ankk$ ) innerhalb eines bestimmten Wertebereichs bewegt. Somit ermöglicht mehr als eine Kombination von Werten für  $la$ ,  $ankk$  und  $profit_{MIN}$  eine korrekte Justierung des Modellbetriebes. Unbenommen davon gilt allerdings, dass Gleichung 8 für alle Kombinationen dieser Werte gilt. Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass per definitionem bei allen korrekten Justierungen eines Modellbetriebes sowohl der Deckungsbeitrag, der Cash-Flow, der ermittelte Arbeitsumfang und der gewählte Betriebstyp gleich sind, da die Landnutzung und die Ausstattung mit Investitionsgütern identisch sein müssen.

##### Gleichung 8:

$$\text{für } \forall \{c_{LOHN}(b), c_{KALK}(b), profit_{MIN}(b)\}: \\ gdb(b) - c_{LOHN}(b) - c_{PAGA}(b) - c_{KALK}(b) - profit_{MIN}(b) = r(b); \quad r(b) \in [0; +\infty[ \\ r(b) := \text{Residualgröße (gegeben)}$$

Im Rahmen der Justierung werden nur die Parameter  $la$ ,  $ankk$  und  $profit_{MIN}$  verändert, da  $r$  erst im Anschluss an die Justierung und vor der Modellanwendung festgelegt wird. Als rein additiver Term  $r$  beeinflusst ausschließlich die Größe von  $profit_{min}$  und hat keinen Einfluss auf die jeweilige Größe der beiden anderen Parameter  $la$  und  $ankk$ .

Da für jede korrekte Initialisierung eines Modellbetriebes der Gesamtdeckungsbeitrag ( $gdb$ ), die pagatorischen Fixkosten ( $c_{PAGA}$ ) und der Arbeitsumfang gleich sind und  $r$  vom Modellanwender für diesen Betrieb vorgegeben wird, folgt aus Gleichung 8 unmittelbar Gleichung 9.

##### Gleichung 9:

$$c_{LOHN}(b) + c_{KALK}(b) + profit_{MIN}(b) = const$$

Somit ergibt sich die in Tab. 25 dargestellte Abhängigkeit des Mindestgewinns ( $profit_{MIN}$ ) vom Lohnansatz ( $la$ ) und dem Ansatz der kalkulatorischen Kosten ( $ankk$ ). Wenn für diese zwei Vari-

ahlen jeweils ein Wert gewählt wird, der am oberen Ende des jeweiligen Bereiches liegt, der eine korrekte Justierung ermöglicht, ergibt sich ein vergleichsweise niedriger Wert für  $profit_{MIN}$  und damit eine niedrige Existenzschwelle<sup>55</sup>.

**Tab. 25: Auswirkung der Festlegung des Lohnansatzes ( $la$ ) und des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten ( $ankk$ ) auf den Mindestgewinn ( $profit_{MIN}$ ) bei gegebenem Betriebstyp und konstantem Gesamtdeckungsbeitrag**

		Ansatz der kalkulatorischen Kosten	
		hoch	niedrig
Lohnansatz	hoch	Mindestgewinn niedrig	Mindestgewinn mittel
	niedrig	Mindestgewinn mittel	Mindestgewinn hoch

Quelle: eigene Darstellung

Die Konsequenzen, die die Wahl einzelner Parameter und Parameterkombinationen auf das Verhalten des Agenten bei sich ändernden Rahmenbedingungen hat, sind der Schwerpunkt der folgenden Abschnitte.

#### 4.4.1 Besonderheiten bei der Implementierung einzelner Stellgröße

Ein Einzelaspekt, der eine nähere Betrachtung erfordert, ist die Abschätzung der maximalen Arbeitskraftkapazität ( $l_{MAX}$ ), die einem Modellbetrieb zur Verfügung steht. Hier stellt sich insbesondere die Frage, ob auf dem Realbetrieb nicht mehr Arbeit geleistet wird, weil mehr Arbeit physisch nicht geleistet werden kann (Restriktion), oder ob auf dem Realbetrieb nicht mehr Arbeit geleistet wird, weil die erzielbare Entlohnung einer zusätzlichen Stunde den Betriebsleiter nicht zufrieden stellt (Stellgröße). Die Beantwortung dieser Fragen hat gravierende Auswirkungen auf die für den Modellbetrieb möglichen Wachstumsschritte. So liegt beispielsweise in der Milchviehhaltung der minimal notwendige Arbeitsaufwand zur Erledigung aller Aufgaben in der Viehhaltung und der Außenwirtschaft<sup>56</sup> in größeren Betrieben weit über demjenigen, den Betriebsleiter kleinerer Betriebe in der Ausgangssituation leisten. Geht man davon aus, dass der Betriebsleiter physisch nicht in der Lage ist, mehr Arbeit zu leisten, sind diese Betriebstypen für ihn in jedem Fall nicht realisierbar. Begrenzt dem gegenüber die erzielbare Arbeitsentlohnung den geleisteten Arbeitsaufwand, wird der Betriebsleiter seinen Arbeitsaufwand erhöhen und wachsen, wenn sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ausreichend verbessern. Im Rahmen des

<sup>55</sup> Im Vergleich zu einer Variante, die denselben Modellbetrieb mit einem niedrigeren Lohnansatz und niedrigerem Ansatz der kalkulatorischen Kosten korrekt initialisiert.

<sup>56</sup> Bei einem Nutzungsgrad der Kapazitäten, der in einer realistischen Größenordnung liegt.

Modells können zwar die Tätigkeiten der Außenwirtschaft fast komplett ausgelagert werden. Diese machen aber insbesondere in der Milchviehhaltung<sup>57</sup> nur einen kleinen Teil des gesamten Arbeitszeitbedarfes aus<sup>58</sup>.

#### **4.4.2 Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Stellgrößen im Justierungsprozess**

Bei der exakten Festlegung der einzelnen Stellgrößen besteht ein gewisser Entscheidungsspielraum. In den folgenden Abschnitten werden zwei Fragestellungen diskutiert:

- Wie wirkt sich die Ausnutzung der Ermessensspielräume bei den einzelnen Stellgrößen auf die Festlegung der anderen Stellgrößen im Justierungsprozess aus?
- Hat eine solche Veränderung der Stellgrößen Auswirkungen auf das spätere Verhalten des Agenten im Rahmen des Simulationsprozesses (Reaktion unter veränderten Rahmenbedingungen)? Und wenn ja, welche?

##### **4.4.2.1 Wechselwirkung zwischen der Höhe des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter und dem Mindestgewinn**

Zuerst soll die Beziehung von  $ankk$  und  $profit_{MIN}$  näher beleuchtet werden. Im Rahmen dieser Analyse werden die restlichen Größen aus Gleichung 8 ( $gdb$ ,  $la$  und damit  $c_{LOHN}$ ,  $c_{PAGA}$  und  $r$ ) konstant gehalten. Ist selbst bei der Wahl eines relativ hohen Wertes für  $ankk$ <sup>59</sup> eine korrekte Justierung möglich, eröffnen sich bei der folgenden Justierung von  $profit_{MIN}$  gewisse Entscheidungsspielräume. Die Ursache ist der Umstand, dass je kleiner  $ankk$  ist, desto vorteilhafter ist der vorhandene Betriebstyp im Vergleich zu allen anderen. Ein geringerer Ansatz als der maximal mögliche führt immer dazu, dass der Agent denjenigen Betriebstyp wählt, der dem des Realbetriebes entspricht. Ferner ist bei gegebenem Betriebstyp die Summe aus den angesetzten kal-

---

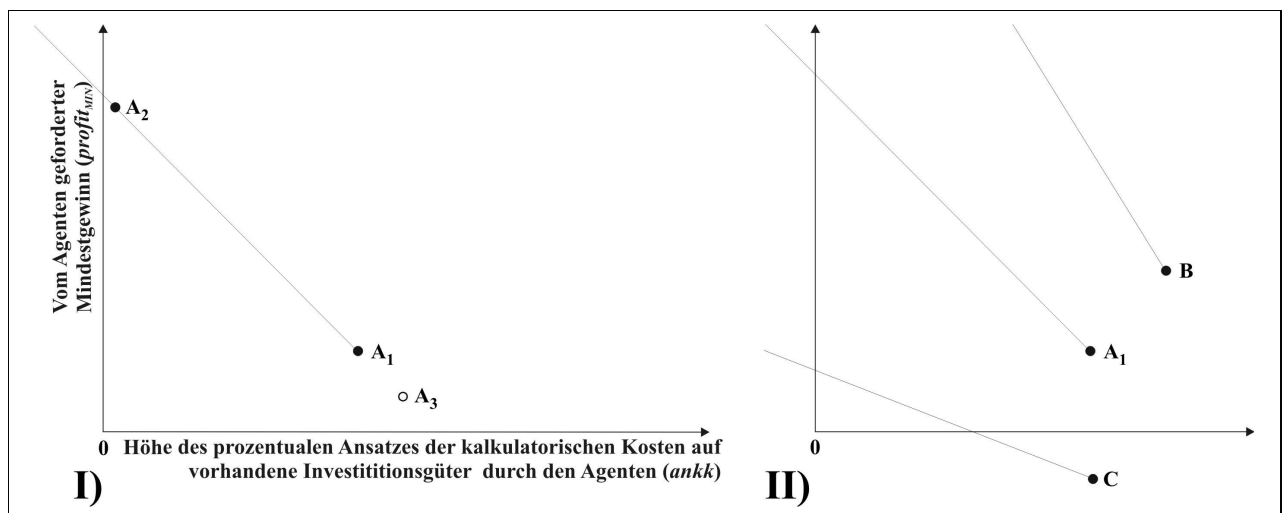
<sup>57</sup> Bei den Betriebstypen mit einem sehr hohen Arbeitskraftbedarf handelt es sich im Modell ausschließlich um sehr große Milchviehbetriebe.

<sup>58</sup> Prinzipiell kann im Modell die Neueinstellung von Lohnarbeitskräften integriert werden. In den bisherigen Modellanwendungen (incl. Kap. 7) wird davon abgesehen, da insbesondere für die abgebildeten Leiter von Kleinbetrieben die Kosten - z. B. zusätzlicher Verwaltungsaufwand, Kontroll- und Lohnkosten - für die Beschäftigung von Lohnarbeitskräften als zu hoch angesehen werden (vgl. hierzu LEHNER-HILMER, 1998, S. 87).

<sup>59</sup>  $ankk$  ist dann relativ groß, wenn er sich in der Nähe des höchstmöglichen Wertes befindet, der die korrekte Justierung eines gegebenen Modellbetriebes ermöglicht.

kulatorischen Kosten ( $c_{KALK}$ ) und  $profit_{MIN}$  immer konstant, weil  $profit_{MIN}$  nur eine Residualgröße darstellt.

Die Auswirkung einer unterschiedlichen Initialisierung auf das Verhalten des Betriebes in späteren Simulationsläufen werden anhand von Abb. 9 I) erläutert. Unter den gegebenen Ausgangsbedingungen führen alle Kombinationen von  $profit_{MIN}$  und  $ankk$ , die durch den Strahl  $\overline{A_1A_2}$  repräsentiert werden, zu einer korrekten Wahl des Betriebstyps durch den Agenten  $\alpha$ . Ein höherer Wert für  $ankk$ , wie im Punkt  $A_3$ , würde die Wahl eines anderen Betriebstyps zur Folge haben, weil ein anderer Betriebstyp wirtschaftlich vorteilhafter ist. Ein Agent, dessen Gewichtung von  $ankk$  dem Punkt  $A_1$  entspricht, reagiert allerdings deutlich anders auf sich ändernde Rahmenbedingungen, als ein Agent, dessen die Gewichtung durch den Punkt  $A_2$  wiedergegeben wird. Bei  $A_1$  wird ein relativ hoher Wert für  $ankk$  und folglich ein relativ niedriger für  $profit_{MIN}$  gewählt. Aufgrund des im Vergleich zu  $A_2$  geringeren komparativen Kostenvorteils bestehender Investitionsgüter wird der Modellbetrieb mit einer  $A_1$  entsprechenden Initialisierung in den Simulationsläufen mit veränderten Rahmenbedingungen eher den Betriebstyp wechseln. Er ist deshalb flexibler und wird die Landwirtschaft länger aufrechterhalten. Er kann z. B. im Rahmen von Schrumpfungprozessen eher Kosten einsparen und überleben, da er nur die kalkulatorischen Kosten der weiterhin notwendigen Investitionsgüter und einen vergleichsweise geringen Mindestgewinn erwirtschaften muss.



**Abb. 9:** Mögliche Verhältnisse des geforderten Mindestgewinns ( $profit_{MIN}$ ) zum prozentualen Ansatz der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter ( $ankk$ ) für einen gegebenen Agenten

Quelle: eigene Darstellung

In Abb. 9 II) ist zusätzlich die Abhängigkeit von  $profit_{MIN}$  von  $anck$  für zwei weitere Agenten  $\beta$  und  $\gamma$  aufgetragen. Der Agent  $\beta$  wird durch den Strahl repräsentiert, der im Punkt  $B$  beginnt, analog dazu ist  $\gamma$  abgebildet. Der Agent  $\gamma$  nutzt seinen Ausgangsbetriebstyp bis zu einem Wert für  $anck$  (Punkt  $C$ ), der dem von  $\alpha$  im Punkt  $A_I$  entspricht. Im Punkt  $C$  ist  $profit_{MIN}$  negativ, d. h., der Agent  $\gamma$  ist, bereit diesen Verlust zu tragen. Die Steigung des Strahles ist flacher als bei  $\alpha$ . Ursache hierfür sind die bei  $\gamma$  im Vergleich zu  $\alpha$  niedrigen kalkulatorischen Kosten des Ausgangsbetriebstyps, wenn diese mit Standardansätzen bewertet werden (vgl. Gleichung 6). Der Agent  $\beta$  behält seinen Ausgangsbetriebstyp selbst bei Ansätzen von  $anck$ , die diejenigen von  $\alpha$  übersteigen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Steigung des Strahls kleiner oder gleich null<sup>60</sup> ist, da die Summe aus  $c_{KALK}$  und  $profit_{MIN}$  für jeden Betrieb konstant ist. Da sowohl  $anck$  als auch  $profit_{MIN}$  sowohl positive als auch negative Werte annehmen können, kann der Strahl, der einem Betrieb zugeordnet wird, prinzipiell jeden Quadranten schneiden. Für die Beurteilung der Profitabilität der landwirtschaftlichen Tätigkeit bei den einzelnen Agenten muss neben dem  $anck$  und  $profit_{MIN}$  auch Lohnansatz berücksichtigt werden, da die vorgenommene Aufteilung des Betriebsergebnisses auf die angesetzten Lohnkosten, den geforderten Mindestgewinn und die kalkulatorischen Kosten virtuell ist. Soll die Profitabilität mehrerer Betriebe verglichen werden, sind statt der betriebsindividuellen Kostenansätze standardisierte Kostenansätze zu verwenden.

#### 4.4.2.2 Wechselwirkung zwischen der Höhe des Lohnansatzes und dem Mindestgewinn

In einem zweiten Schritt werden die Wechselwirkungen zwischen dem Lohnansatz ( $la$ ) und dem Mindestgewinn ( $profit_{MIN}$ ) untersucht. Wie im vorigen Abschnitt werden für diese Untersuchung die restlichen Größen aus Gleichung 8 ( $gdb$ ,  $c_{KALK}$ ,  $c_{PAGA}$  und  $r$ ) konstant gehalten. Die Summe aus  $profit_{MIN}$  und dem mit  $la$  bewerteten Arbeitsaufwand ( $l_{TOT}$ ) steht zur Entlohnung der im Betrieb aufgewandeten Arbeit zur Verfügung (Gleichung 10).

---

<sup>60</sup> Eine Steigung von null tritt dann auf, wenn der Wert der Investitionsgüter gleich null ist.

**Gleichung 10:**

$$l_{TOT}(b) * la(bl) + profit_{MIN}(b) = ae_{MIN}(b)$$

$ae_{MIN}(b)$  := geforderter Arbeitsertrag eines Betriebes

Geht man davon aus, dass sich  $l_{TOT}$  in Abhängigkeit von den Bedingungen der Simulationsrechnung verändert, sind mehrere Varianten zur Abbildung der Beziehung zwischen dem geforderten Arbeitsertrag ( $ae_{MIN}$ ) und der von einem Agenten im landwirtschaftlichen Betrieb geleisteten Arbeit implementierbar (Abb. 10). Im ersten Fall (**E**) will der Agent einen bestimmten Mindestgewinn erreichen, die von ihm geleistete Arbeit wird aber nur sehr gering bewertet, sodass  $ae_{MIN}$  weitgehend unabhängig vom Arbeitsaufwand ist. Dieser Fall könnte einem Landwirt in einer Region zugeordnet werden, in der es nur ein beschränktes Angebot an außerlandwirtschaftlichen Arbeitsplätzen gibt, oder einem älteren Betriebsleiter eines Vollerwerbsbetriebes, der nur geringe Chance auf dem Arbeitsmarkt hat. Im zweiten Fall (**F**) hat der Agent sehr hohe Opportunitätskosten für seine Arbeitskraft. Beansprucht die Landwirtschaft aber nur sehr wenig Zeit, besteht sogar eine gewisse Zahlungsbereitschaft zur Aufrechterhaltung der Landwirtschaft. Eine solche Funktion könnte möglicherweise einem jungen Betriebsleiter zugeordnet werden, der über eine außerlandwirtschaftliche Ausbildung verfügt, die Landwirtschaft aus Gründen der Tradition beibehalten will. Im letzten Fall (**G**) will der Agent eine gewisse Mindestentlohnung erreichen, ist aber bereit, pro zusätzlich geleisteter Arbeitsstunde einen Verlust hinzunehmen. Eine solche Funktion dürfte in der Realität nur sehr wenigen Betriebsleitern zugeordnet werden können. Sie kann dann auftreten, wenn der Betriebsleiter nicht auf das landwirtschaftliche Einkommen angewiesen ist (z. B. Hobbybetrieb) und der Betrieb aufgrund von regionalen oder betrieblichen Umständen keine landwirtschaftlichen Produktionsverfahren durchführen kann, die einen positiven Deckungsbeitrag erzielen. Der negative Lohnansatz führt dazu, dass der Agent arbeitsintensivere Verfahren bevorzugt. So eine Präferenz könnte bestehen, wenn zwischen der Beibehaltung der Tierhaltung und dem Mulchen der Flächen gewählt werden muss. Es liegt auf der Hand, dass bei einem negativen Lohnansatz die Arbeitszeit durch externe Restriktionen beschränkt werden muss, da der Betriebsleiter aus einer anderen Quelle sein Einkommen beziehen muss.

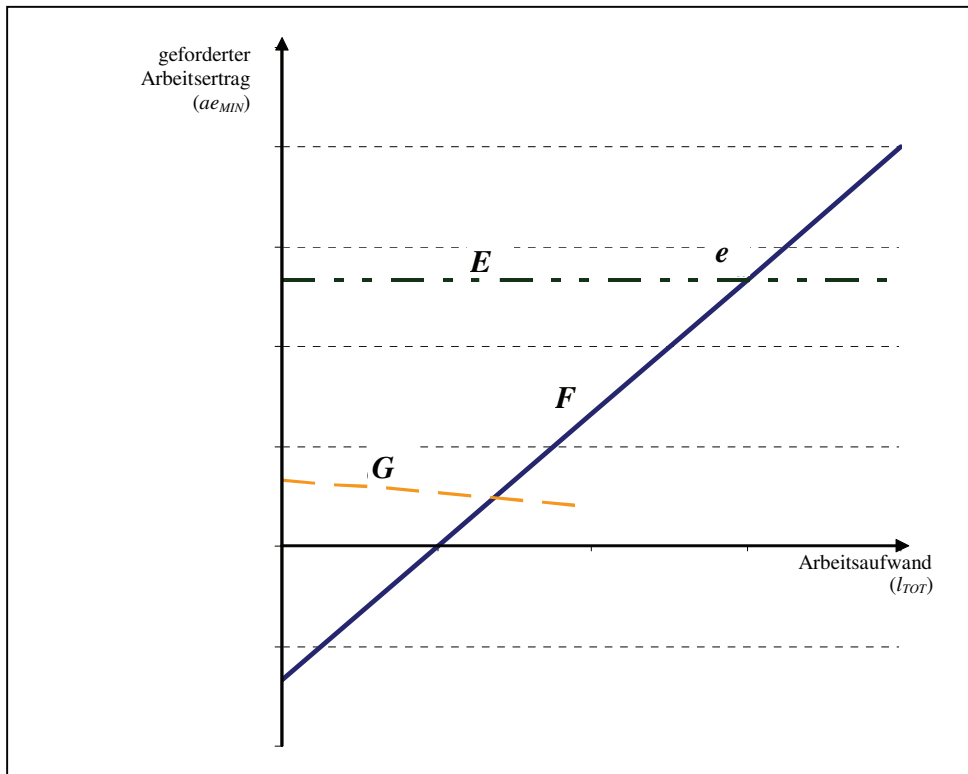


Abb. 10: Höhe des geforderten Mindestarbeitsertrages ( $ae_{MIN}$ ) in Abhängigkeit vom geleisteten Arbeitszeitaufwand ( $l_{TOT}$ )

Quelle: eigene Darstellung

Die einem Agenten zugewiesene Form für den Verlauf von  $ae_{MIN}$  hat einen starken Einfluss auf die Art und den Umfang der möglichen Anpassungsreaktionen dieses Agenten an im Rahmen von Simulationsrechnungen geänderte Rahmenbedingungen. Betrachtet man den Fall, wenn  $la$  keinen Einfluss auf  $ankk$  hat, wirkt sich der  $la$  direkt auf  $profit_{MIN}$  aus<sup>61</sup>. Dabei gilt, je höher  $la$  ist, desto niedriger ist  $profit_{MIN}$  und umgekehrt. Ein Agent, der sich sowohl mit der durch **E** als auch der durch **F** vorgegebenen Kombination der Faktoren korrekt justieren ließe (Punkt **e**), reagiert unter **E** anders auf eine Veränderung der Rahmenbedingungen als unter **F**. Im Fall **E** wird der Agent kaum mit einer Einschränkung seines Arbeitsaufwandes auf veränderte Preissignale reagieren. Bei rückläufigen Produktpreisen wird er eher bereit sein, seinen Arbeitsaufwand auszuweiten, wenn er dadurch weiterhin seinen geforderten Mindestgewinn zuzüglich der (nicht geforderten) Arbeitsentlohnung realisieren kann. Im Fall **F** hingegen kann der Agent durch Arbeitseinsparungen stark seine Kosten reduzieren.

<sup>61</sup> Neben  $ankk$  sind auch  $gdb$ ,  $c_{KALK}$ ,  $c_{PAGA}$  und  $r$  konstant.



#### 4.4.2.3 Wechselwirkung zwischen der Höhe des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter und dem Lohnansatz

Im Folgenden wird die Wechselwirkung zwischen der Höhe des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter (*ankk*) und dem Lohnansatz (*la*) betrachtet. Bisher wurde davon ausgegangen, dass keine Wechselwirkung zwischen *la* und *ankk* besteht. Diese Annahme ist zu stark vereinfachend. Dies wird verständlich, wenn man den Ablauf der Justierung von *ankk* näher betrachtet. Die Höhe von *ankk* wird so bestimmt, dass der in der Realität beobachtete Betriebstyp (*bt<sub>A</sub>*) ein wirtschaftliches Ergebnis (*prof*) erzielt, das aus Sicht des Agenten besser ist als dasjenige aller anderen Betriebstypen (*bt<sub>S</sub>*) (Gleichung 11)<sup>62</sup>. Wesentlich für die Festlegung der Höhe von *ankk* ist somit der Unterschied im kalkulatorischen Gewinn (*prof*) zwischen dem besten Betriebstyp<sup>63</sup> (*bt<sub>A</sub>*) und dem Betriebstyp mit dem zweitbesten Ergebnis (*bt<sub>SUB</sub>*).

##### Gleichung 11:

$$prof(b, bt_A) > prof(b, bt_S); \quad \text{für } \forall bt_S \in Bet \setminus \{bt_A\}$$

*prof(b, bt<sub>A</sub>)* := Wirtschaftliches Ergebnis für den Ausgangsbetriebstyp des Betriebes

$$\begin{aligned} prof(b, bt) &:= gdb(b, bt) - c_{PAGA}(b, bt) - c_{KALK}(b, bt) - c_{LOHN}(b, bt) \\ &:= gdb(b, bt) - c_{PAGA}(bt) - (c_{KALK}(bt) + c_{KALK}(fl_A) + c_{KALK}(pr_A)) * ankk(bl) \\ &\quad - l_{TOT}(b, bt) * la(bl) \end{aligned} \quad 64$$

*bt<sub>S</sub>* := sonstiger Betriebstyp

*Bet* := Menge aller Betriebstypen

Bei der Untersuchung der Wechselwirkung zwischen *la* und *ankk* sind nun drei Fälle zu unterscheiden:

- I)  $l_{TOT}(b, bt_A) = l_{TOT}(b, bt_{SUB})$
- II)  $l_{TOT}(b, bt_A) < l_{TOT}(b, bt_{SUB})$
- III)  $l_{TOT}(b, bt_A) > l_{TOT}(b, bt_{SUB})$

<sup>62</sup> Das *bt<sub>A</sub>* das beste wirtschaftliche Ergebnis erzielen muss, gilt nur für die spezifischen Rahmenbedingungen, die bei der Justierung vorliegen.

<sup>63</sup> Per definitionem ist der beste Betriebstyp derjenige, der dem Betriebstyp des Realbetriebes entspricht (Ausgangsbetriebstyp).

<sup>64</sup> Entspricht der Betriebstyp nicht dem Ausgangsbetriebstyp, werden die Kosten des Betriebstyps analog zu den Gleichungen 1 bis 3 ermittelt.

Im ersten Fall hat die Höhe von  $la$  keinen Einfluss auf die Größe des Unterschiedes zwischen  $prof(b, bt_A)$  und  $prof(b, bt_{SUB})$ . Aus diesem Grund wird die Wahl des Betriebstyps nur durch  $ankk$  bestimmt.

Im zweiten Fall erhöht sich die relative Vorzüglichkeit von  $bt_A$  mit steigendem Lohnansatz, da eine Erhöhung des Lohnansatzes aufgrund des im Vergleich zu  $bt_{SUB}$  niedrigeren Gesamtarbeitsaufwandes bei  $bt_A$  zu einem geringeren Anstieg der Kosten führt. Daraus folgt, dass die kalkulatorischen Kosten von  $bt_A$  in einem größeren Umfang angesetzt werden können, ohne dass dadurch die Wahl des Betriebstyps beeinflusst wird<sup>65</sup>. Somit gilt für Fall II, dass je höher der Lohnansatz gewählt wird, desto höhere Werte können für  $ankk$  angenommen werden, ohne dass sich die relative Vorzüglichkeit der Betriebstypen ändert.

Im dritten Fall geht die relative Vorzüglichkeit von  $bt_A$  mit steigendem Lohnansatz zurück. Hier gilt die umgekehrte Argumentation wie im Fall II. Je höher der gewählte Lohnansatz ist, desto niedrigere Werte müssen für  $ankk$  angenommen werden, wenn sich die relative Vorzüglichkeit der Betriebstypen nicht ändern soll.

Nur im Fall I besteht keine Wechselwirkung zwischen  $la$  und  $ankk$ . Das Zusammenspiel von  $la$  und  $ankk$  beeinflusst wesentlich das Verhalten des Agenten auf Änderungen der Rahmenbedingungen. Um dies zu verdeutlichen, werden die Auswirkungen von verschiedenen Kombinationen aus  $la$  und  $ankk$  betrachtet (Tab. 26). Damit die Ergebnisse vergleichbar bleiben, wird davon ausgegangen, dass Gleichung 9 gilt und  $gdb$ ,  $c_{PAGA}$  und  $r$  aus Gleichung 8 konstant sind.

**Tab. 26: Auswirkung der unterschiedlichen Parametrisierung der Stellgrößen auf das Verhalten des Agenten in den Simulationsrechnungen unter der Bedingung einer gegebenen Wirtschaftlichkeit des Modellbetriebes in der Initialisierung ( $gdb$ ,  $c_{PAGA}$  und  $r$  sind konstant)**

	prozentualer Ansatz der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter			
	hoch Lohnansatz		niedrig Lohnansatz	
	<i>hoch</i>	<i>niedrig</i>	<i>hoch</i>	<i>niedrig</i>
<b>Neigung zu Wachstumsinvestitionen</b>	mittel	hoch	niedrig	mittel
<b>Bereitschaft zum Schrumpfen</b>	hoch	mittel	mittel	niedrig
<b>Bereitschaft zur Betriebsaufgabe</b>	niedrig	mittel	mittel	hoch

Quelle: eigene Darstellung

Ein Agent mit niedrigem Ansatz sowohl für  $ankk$  als auch für  $la$  wird bei Veränderungen der Rahmenbedingungen entweder mit dem bestehenden Betriebstyp weiterwirtschaften oder die

<sup>65</sup> Unter der Annahme, dass  $prof(b, bt_{SUB}) > prof(b, bt_A)$  ist, wenn die kalkulatorischen Kosten mit Standardansätzen ( $ankk = 1$ ) berücksichtigt werden. Im anderen Fall ist die korrekte Wahl des Betriebstyps ohnehin gegeben.

Landwirtschaft einstellen. Ein derartiger Agent kann seine Kosten weder durch die Verringerung des geleisteten Arbeitsaufwandes noch eine Änderung seiner Ausstattung mit Maschinen und Gebäuden im nennenswerten Umfang reduzieren. Gleichzeitig muss er zur Aufrechterhaltung des landwirtschaftlichen Betriebs ein vergleichsweise hohes Mindesteinkommen ( $profit_{MIN}$ ) erwirtschaften. Dies führt dazu, dass er entweder mit dem bestehenden Betriebstyp weiterwirtschaftet oder aus der Landwirtschaft ausscheidet.

Agenten mit einem niedrigen Ansatz für  $ankk$  und einem hohen Lohnansatz werden nur in Ausnahmefällen auf die Änderung der Rahmenbedingungen mit der Erweiterung ihrer betrieblichen Kapazitäten reagieren. Zum einen wird die Ausweitung des Arbeitsumfanges durch den hohen Lohnansatz beschränkt, zum anderen hat der vorhandene Betriebstyp im Vergleich zu den anderen Betriebstypen einen hohen komparativen Kostenvorteil.

Ein Agent mit einem niedrigen Lohnansatz und einem hohen Ansatz für  $ankk$  wird auf vergleichsweise geringe Veränderungen der Rahmenbedingungen mit betrieblichem Wachstum reagieren, da er den zusätzlichen Arbeitsaufwand nur gering bewertet und der komparative Kostenvorteil der vorhandenen Investitionsgüter gering ist. Hat der Agent hingegen hohe Ansätze sowohl für  $la$  als auch für  $ankk$ , so wird der Betrieb bei verhältnismäßig kleinen Änderungen der Rahmenbedingungen schrumpfen, da der Agent sich sowohl Lohnkosten und Kapitalkosten einsparen kann und sich die Abschreibungsbeträge verringern.

#### **4.4.3 Abschließende Anmerkungen**

Es ist zu beachten, dass beim gewählten Justierungsverfahren die Mindestanforderungen, die an die Wirtschaftlichkeit des Modellbetriebes bei den Szenariorechnungen gestellt werden, positiv mit der Wirtschaftlichkeit des Modellbetriebes in der Ausgangssituation korrelieren. Erzielen Modellbetriebe in der Ausgangssituation gute bis sehr gute Betriebsergebnisse, werden für diese Betriebe hohe bis sehr hohe Zielvorgaben für ihre weitere Existenz gesetzt. Diese hohen Zielvorgaben können dazu führen, dass diese Modellbetriebe ihre Zielvorgaben nicht erreichen und aus der Produktion ausscheiden, obwohl sie ein absolut besseres Betriebsergebnis ausweisen als andere Modellbetriebe. Problematisch ist insbesondere die Situation, wenn die hohen Zielvorgaben sowohl  $la$ , als auch  $ankk$  und  $profit_{MIN}$  betreffen.

Eine Alternative zum gewählten Vorgehen wäre die externe Festlegung von Höchstsätzen für die einzelnen Parameter a priori für diese Betriebe. Diese Höchstsätze sollten so gewählt sein, dass

sie aus der Sicht des Modellanwenders die Fortführung der landwirtschaftlichen Tätigkeit als hinreichend wahrscheinlich erscheinen lassen. Diese externe Vorgabe von Höchstsätzen für die Mindestfaktorentlohnung führt eventuell zu einer realistischeren Abschätzung der Überlebenswahrscheinlichkeit. Allerdings ist aus den oben dargestellten Überlegungen nachvollziehbar, dass dieser Vorteil meist mit einer schlechteren Abbildung der Ausgangssituation im Modell erkaufte wird.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass es aufgrund des vielfältigen Einflusses der dargestellten Stellgrößen auf das Verhalten des Modellbetriebes als angemessen erscheint, diese unter dem Begriff „Betriebsleitereinstellung“ zusammenzufassen.

## 5. Entwicklung eines Marktmodells für Produktionsfaktoren

Im nachfolgenden Kapitel wird ein Marktmodell für Produktionsfaktoren entwickelt. Die Hauptaufgabe dieses Marktmodells ist die Zuordnung der Produktionsfaktoren zu den Betrieben, um die derzeitige Landnutzung und mögliche künftige Entwicklungen abzubilden. Im Rahmen von regionalen Landnutzungsmodellen ist die landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) einer der bedeutendsten Produktionsfaktoren. Allerdings ist nicht jede Fläche in einer Region für die landwirtschaftliche Nutzung gleich geeignet. So unterscheiden sich die Flächen z. B. hinsichtlich ihres Standortpotentials für die einzelnen Kulturen oder der erlaubten Verfahren<sup>66</sup>. Das bedeutet, dass der Produktionsfaktor „LF“ den Betrieben in mehreren qualitativ unterschiedlichen Ausprägungen zur Verfügung steht und somit kein homogenes Gut darstellt. Die meisten ökonomischen Modelle setzen aber für die Ermittlung von Marktpreisen homogene Güter voraus. Somit muss in einem ersten Schritt die gesamte LF der Untersuchungsregion, entsprechend der für die Betriebsleiter entscheidenden Kriterien, in homogene Gruppen aufgeteilt werden. Die einfachste Unterscheidung ist die Differenzierung der Flächenkategorien Acker und Grünland. Jede Flächenkategorie stellt nun für sich einen Produktionsfaktor dar. Allerdings müssen im Rahmen des Marktmodells gleichzeitig markträumende Preise für mehrere Produktionsfaktoren ermittelt werden. Die gleichzeitige Ermittlung von markträumenden Preisen für mehrere Produktionsfaktoren wird dadurch erschwert, dass diese sich oft gegenseitig substituieren können. Aus diesem Grund wird oft davon ausgegangen, dass entweder sich verschiedene Flächenkategorien nicht gegenseitig substituieren können (z. B. HAPPE & BALMANN, 2002), oder es wird im Rahmen der Modellinitialisierung eine eindeutige Dominanz zwischen den Produktionsfaktoren festgelegt (z. B. BERGER, 2000 S. 98). Letzteres bedeutet, dass der Preis für Produktionsfaktor *A* immer höher als für Produktionsfaktor *B* ist.

Das im Folgenden vorgestellte Marktmodell verzichtet auf diese Einschränkungen. Dazu wird der „Nelder-Mead-Algorithmus“ verwendet und das von KANTELHARDT (2003) entwickelte Pachtmarktmodell erweitert. Dieses Modell wird insbesondere so verändert, dass die gleichzeitige Ermittlung von Marktpreisen für eine beliebige Zahl von Marktgütern bei einer beliebigen Zahl von Marktteilnehmern möglich ist.

Die Art und der Umfang der landwirtschaftlichen Produktion des Einzelbetriebes sind durch

---

<sup>66</sup> So ist beispielsweise der Grünlandumbruch in einem ausgewiesenen Überflutungsbereich rechtlich nicht zulässig.

seine Ausstattung mit Produktionsfaktoren limitiert. Für einige dieser Produktionsfaktoren ist die auf lokaler oder regionaler Ebene allen Betrieben zur Verfügung stehende Gesamtmenge begrenzt und kann nicht vermehrt werden<sup>67</sup>. Dies gilt generell für den Boden und galt auf regionaler Ebene für Produktionsrechte wie z. B. Mutterkuhprämienrechte oder Milchquoten. Die bei einer Modellrechnung maximal zur Verfügung stehende Menge eines Gutes ist somit durch die Parametrisierung<sup>68</sup> des Modells exogen vorgegeben und preisunelastisch, d. h. unabhängig vom jeweiligen Preis. Es kann somit in den Modellrechnungen von einem konstanten Angebot ausgegangen werden. Aus diesem Grund muss ein Marktmodell, das sich auf lokale Bodenmärkte und regionale Märkte für Produktionsrechte beschränkt, nur die Nachfrage für derartige Güter berechnen.

Die Abbildung eines preisunelastischen Angebots von Produktionsverfahren lässt sich dadurch erreichen, dass man die einzelnen Betriebe virtuell in je zwei Betriebsteile, nämlich die „Vermögensverwaltung“ und die „landwirtschaftliche Produktion“, aufteilt. Der Betriebsteil „Vermögensverwaltung“ stellt Quoten und Flächen zur Verfügung, die vom Betriebsteil „landwirtschaftliche Produktion“ benötigt werden. Dabei ist zunächst unerheblich, ob beide Betriebsteile zu ein und demselben Betrieb gehören. In der Realität setzen nur wenige Betriebsleiter die Opportunitätskosten für Quoten und Flächen zu 100 % an. Dies kann im Modell dadurch abgebildet werden, dass innerhalb eines Betriebes der Betriebsteil „Vermögensverwaltung“ dem Betriebsteil „landwirtschaftliche Produktion“ seine Flächen und Quoten zu verbilligten Konditionen zur Verfügung stellt (vgl. Ansatz der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter, S. 62 ff.).

Das Ziel des Marktmodells ist es, die Preise für die verschiedenen betrachteten Güter so zu verändern, dass sich die Märkte für alle Güter gleichzeitig im Gleichgewicht befinden. Eine Kombination von Preisen, die dies gewährleistet, wird als Gleichgewichtspreiskombination ( $pk^*$ ) bezeichnet (vgl. Gleichung 12).

---

<sup>67</sup> Im folgenden Kapitel werden die Begriffe Produktionsfaktor und Gut sowie Preiskombination und Preisvektor jeweils synonym verwendet.

<sup>68</sup> Im Rahmen der Parametrisierung werden den in der Modellstruktur angelegten Eigenschaften konkrete Werte zugewiesen.

**Gleichung 12:**

$$pk^* \in PK \mid \forall g \in \{1, \dots, g_{MAX}\}: gg(pk, g) = \text{wahr}$$

$PK$  := Preisvektor mit Preisen für alle Produktionsfaktoren, für die ein Marktpreis im Modell gebildet wird;  $PK := (pr(g_1), \dots, pr(g_{max}))$

$pk$  := Identifikationsnummer einer Preiskombination

$g$  := Identifikationsnummer des Produktionsfaktors, für den die Nachfrage ermittelt wird;

$$g \in G = \{1, \dots, g_{max}\}$$

$gg(pk, g)$  := boolesche Variable, die anzeigt, ob sich der Markt für den Produktionsfaktor  $g$  bei der Preiskombination  $pk$  im Marktgleichgewicht befindet

$g_{MAX}$  := Anzahl aller variablen Produktionsfaktoren, für die im Rahmen des Modells ein Marktpreis ermittelt werden soll

Ein lokales Marktgleichgewicht für einen Produktionsfaktor  $g$  kann nur dann vorliegen, wenn entweder bei einem Marktpreis größer als null die Nachfrage nach diesem Produktionsfaktor gleich der angebotenen Menge ist, oder beim Marktpreis von null die nachgefragte Menge kleiner oder gleich der angebotenen Menge ist (vgl. Gleichung 13). Angewendet auf einen Flächenmarkt bedeutet dies, dass der Markt in zwei Fällen sich im Gleichgewicht befinden kann. Im ersten Fall sind die Pächter bereit, einen Pachtpreis zu bezahlen und fragen genau so viel Fläche nach, wie in der Region zur Verfügung steht. Im zweiten Fall fragen sie weniger Fläche nach als zur Verfügung steht. Da die Flächen nicht knapp sind, sind sie auch nicht bereit für die Flächen eine Pacht zu entrichten. Sozialbrache kann somit nur auftreten, wenn ein Pachtpreis von null Euro vorliegt. Per definitionem kann ein Marktgleichgewicht bei negativen Preisen, z. B. Pachtpreisen, nicht auftreten; denn negative Pachtpreise implizieren, dass der Verpächter bereit wäre, den Pächter für die Übernahme des Gutes zu bezahlen, z. B. für die Bewirtschaftung einer Fläche. Diese Zahlung wird der Verpächter nur leisten, wenn er aufgrund von gesellschaftlichen Normen oder Gesetzen zur Nutzung des Produktionsfaktors gezwungen ist.

**Gleichung 13:**

$$gg(pk, g) := \begin{cases} \text{wahr, falls} & \left\{ \begin{array}{l} d(pk, g) = s(g) \wedge pr(pk, g) > 0, \text{ oder} \\ d(pk, g) \leq s(g) \wedge pr(pk, g) = 0 \end{array} \right. \\ \text{falsch, sonst} & \end{cases}$$

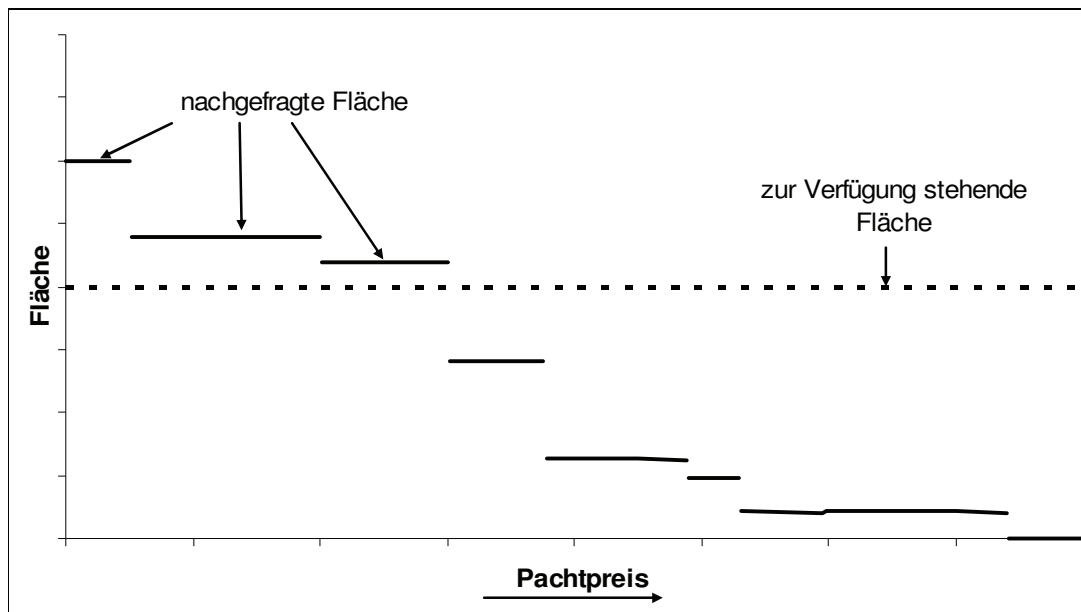
$d(pk, g)$  := von allen Marktteilnehmern zusammen bei  $pk$  nachgefragte Menge des Produktionsfaktors  $g$  (in Einheiten des Produktionsfaktors  $g$ )

$s(g)$  := Insgesamt in der Modellregion vorhandene Menge des Produktionsfaktors  $g$  (in Einheiten des Produktionsfaktors  $g$ ). Diese Menge ist durch die Modellparametrisierung gegeben, sodass sie unabhängig von  $pk$  ist.

$pr(pk, g)$  := Preis für eine Einheit des Produktionsfaktors  $g$  bei der Preiskombination  $pk$

Die Nachfrage nach dem Produktionsfaktor  $g$  ist die Summe der Nachfrage der Einzelbetriebe bei  $pr(pk, g)$  in einer Preiskombination  $pk$ . Bei allen innerhalb des Algorithmus bestimmten Preiskombinationen wird für jeden Einzelbetrieb die Nachfrage nach den verschiedenen Produktionsfaktoren mithilfe einer betriebsspezifischen linearen Programmierung (LP) ermittelt (siehe Kap. 4.3 und 6.2). Aus der Verwendung eines LPs ergibt sich eine linear diskontinuierliche Nachfragefunktion (Abb. 11). Es kann davon ausgegangen werden, dass die von allen Betrieben zusammen nachgefragte Fläche mit steigendem Pachtpreis zurückgeht. Die Nachfragefunktion ist zum einen nicht stetig, zum anderen ist die Steigung immer konstant und gleich null oder nicht definiert. Dies bedeutet, dass die Funktion nicht umkehrbar ist. Dies hat zur Folge, dass selbst, wenn die nachgefragte Menge im Sollzustand bekannt ist, nicht direkt auf den Preis des Produktionsfaktors  $g$  bei dieser Menge geschlossen werden kann. Die fehlende Stetigkeit der Nachfragefunktion ist nicht nur ein Artefakt des verwendeten Algorithmus, sondern bildet die diskrete Natur von einzelbetrieblichen Investitionsentscheidungen ab. So unterbleibt eine Anpassung der Investitionsentscheidung, solange sich die Preise für die variablen Produktionsfaktoren innerhalb einer gewissen Spanne bewegen. Innerhalb dieser Preisspanne wird dann die maximale Produktionskapazität des limitierenden fixen Produktionsfaktors ausgeschöpft.





**Abb. 11:** Verlauf der aggregierten Nachfragefunktion in Abhängigkeit vom Pachtpreis

Quelle: eigene Darstellung

Der Verlauf der Nachfragefunktion nähert sich zunehmend einer kontinuierlichen und differenzierbaren Nachfragekurve an, je feiner die Abstufung der im Modell betrachteten und von den Modellbetrieben realisierbaren Produktionsverfahren und Betriebstypen ist (vgl. BRANDES et al., 1997, S. 70 f.). Ein ausgeprägter diskontinuierlich linearer Verlauf der aggregierten Nachfragefunktion kann insbesondere dann entstehen, wenn die im Modell abgebildeten Betriebe in der Ausgangssituation nur geringe Unterschiede aufweisen, oder sie durch Bewirtschaftungsaufgaben oder naturräumliche Gegebenheiten zu einem ähnlichen Verhalten gezwungen sind.

Bei der Ermittlung von  $pk^*$  ist zu berücksichtigen, dass aufgrund der Modellstruktur die modellintern ermittelte Nachfrage nach jedem Produktionsfaktor  $g$  nicht nur von seinem eigenen Preis abhängt, sondern auch Kreuzpreiselastizitäten berücksichtigt.

$pk^*$  wird maßgeblich bestimmt von der Parametrisierung der im Modell abgebildeten Betriebe  $bet()$ , z. B. der Anzahl der Betriebe, ihrer Ausstattung mit Maschinen und Gebäuden, und der Variablen  $reg$ , unter der vorläufig die verbleibenden regionspezifischen und verfahrenstechnischen Parameter zusammengefasst werden (Gleichung 14). Der letztgenannte Block umfasst beispielsweise die Produktivität der verschiedenen Standorttypen oder den Arbeitszeitaufwand zur Bewirtschaftung von Flächen.

**Gleichung 14:**

$$d(pk, g) := \hat{f}(pr(pk, g_1), \dots, pr(pk, g_{MAX}), bet(b_1), \dots, bet(b_{MAX}), reg)$$

$reg$  := Menge aller regionsspezifischen und verfahrenstechnischen Parameter

$bet()$  := Menge aller betriebspezifischen Parameter

$b$  := Identifikationsnummer des Betriebes, dessen Nachfrage ermittelt wird;  $b \in \{1, \dots, b_{MAX}\}$

$b_{MAX}$  := Anzahl aller Betriebe, für die im Rahmen des Modells die Flächennutzung bestimmt wird

Die Kreuzpreiselastizitäten zwischen den Preisen für die einzelnen Produktionsfaktoren erschweren die Ermittlung von  $pk^*$ . Für die funktionale Form der Kreuzpreiselastizitäten sollen a priori keine einschränkenden Annahmen gemacht werden, sondern sie ergeben sich aus der jeweiligen Modellparametrisierung. Aus diesem Grund können nur einige allgemeine Kriterien zur Bestimmung aufgestellt werden, die bei der Suche nach  $pk^*$  helfen. So bleibt die nachgefragte Menge des Gutes  $g$  konstant oder wächst mit einem sinkenden Preis für dieses Gut. Dies gilt allerdings nur, wenn sich die Preise für die anderen Güter nicht verändern (Gleichung 15)<sup>69</sup>.

**Gleichung 15:**

$$\begin{aligned} \text{für } \forall g_I \in \{1, \dots, g_{MAX}\}: d(pk_K, g_I) \leq d(pk_L, g_I) \\ | g_I \neq g_J : pr(pk_K, g_J) = pr(pk_L, g_J), pr(pk_K, g_I) > pr(pk_L, g_I) \end{aligned}$$

Aus einer Veränderung des Preises für den Produktionsfaktor  $g_I$  lassen sich, a priori<sup>70</sup>, selbst bei konstanten Preisen für alle übrigen variablen Produktionsfaktoren ( $g_J \neq g_I$ ) keine Rückschlüsse auf die Richtung der Veränderung der Nachfrage nach einem anderen variablen Produktionsfaktor  $g_J$  ableiten. Um Aussagen dieser Art treffen zu können, muss mindestens zusätzlich die Parametrisierung des Modells berücksichtigt werden, denn drei verschiedene Fälle sind zu unterscheiden:

- A) Einzelne Betriebe setzen die Produktionsfaktoren  $g_1$  (z. B. Milchquote) und  $g_2$  (z. B. „gute Grünlandflächen“) bei der Preiskombination  $pk_1$  komplementär ein. In diesem Fall kann ein steigender Preis für  $g_1$  zu einer sinkenden Nachfrage nach  $g_2$  führen.
- B) Einzelne Betriebe können die Produktionsfaktoren  $g_3$  (z. B. „produktives gut erreichbares

<sup>69</sup> Bei steigendem Preis für das Gut  $g$  und sonst konstanten Preisen für alle anderen Güter wird die Nachfrage nach dem Gut  $g$  sinken oder konstant bleiben.

<sup>70</sup> D. h. die Bestimmung erfolgt ohne Kenntnis der Modellparametrisierung.

Ackerland“) und  $g_4$  (z. B. „produktives Ackerland mit mäßiger Erreichbarkeit“) im Produktionsprozess gegeneinander substituieren. Bei einem steigenden Preis für  $g_3$  ist hier mit einer konstanten oder steigenden Nachfrage nach  $g_4$  zu rechnen.

- C) Für keinen einzigen Betrieb seien die Produktionsfaktoren  $g_5$  und  $g_6$  aufgrund von vordefinierten kausalen Beziehungen komplementär. Z. B. nutzt ein Gemischtbetrieb sein Ackerland ( $g_5$ ) für den Anbau von Marktfrüchten, während er auf seinem Grünland ( $g_6$ ) Futter für sein Milchvieh produziert. Es kann nun der Fall auftreten, dass für  $g_5$  der Preis steigt. Dies führt zum vollständigen oder teilweisen Ausscheiden einiger Betriebe aus der Produktion, da diese Betriebe ihr Unternehmensziel beim neuen Preisniveau nicht mehr erreichen können. Fragt ein ausscheidender Betrieb beim alten Preisniveau z. B. aus Gründen der Kapazitätsauslastung die Produktionsfaktoren  $g_5$  und  $g_6$  nach, führt sein Ausscheiden dazu, dass die aggregierte Nachfrage nach  $g_6$  mit steigendem Preis für den Produktionsfaktor  $g_5$  zurückgeht.

Die unterschiedliche Ausstattung der einzelnen Betriebe mit Produktionsfaktoren<sup>71</sup> führt dazu, dass sich zwischen den einzelnen Betrieben die Substituierungs- und Komplementaritätsbeziehungen für die einzelnen betrachteten Marktgüter unterscheiden. Als Konsequenz fragen beispielsweise einzelne Betriebe bei einer Änderung der Preiskombination von  $pk_A$  nach  $pk_{A+1}$  mehr Einheiten eines Gutes nach, während andere Betriebe weniger Einheiten dieses Gutes nachfragen. Diese einzelbetrieblichen Änderungen der Nachfrage überlagern sich gegenseitig. Deshalb ist a priori keine generelle Aussage möglich, wie sich die gleichzeitige Veränderung mehrerer Preise auf die Gesamtnachfrage nach den einzelnen Produktionsfaktoren auswirkt. Um eine markträumende Preiskombination zu finden, wird deshalb ein heuristisches Verfahren entwickelt und eingesetzt, dessen Algorithmus im Folgenden näher beschrieben wird.

## 5.1 Nelder-Mead-Simplex-Algorithmus

Im Rahmen dieser Arbeit wird der Nelder-Mead-Simplex-Algorithmus (NMA), auch bekannt als „Sequential Simplex Optimierung“, als Suchverfahren eingesetzt (NELDER & MEAD, 1965). Der NMA ist ein Verfahren der von BOX (1957) begründeten Evolutionären Optimierung (EVOP)<sup>72</sup>.

---

<sup>71</sup> Diese umfasst neben den Flächen und Quoten auch die verfügbaren Maschinen und Gebäude sowie den Besatz mit Arbeitskräften.

<sup>72</sup> Hierzu gehören z. B. auch genetische Algorithmen.

WALTERS et al. (1991) geben eine ausführliche Einführung in die Anwendung dieses Algorithmus. Bei KANTELHARDT (2003, S. 163 ff.) findet sich eine erste Anwendung zur Ermittlung einer Gleichgewichtspachtpreiskombination. Ein großer Vorteil des NMA im Vergleich zu anderen Verfahren zur Lösung großer Gleichungssysteme ist der Umstand, dass es zur Ermittlung einer optimalen Lösung nicht notwendig ist, dass das zugrunde liegende Gleichungssystem differenzierbar ist (vgl. LANGARIAS et al. 1998).

Allgemein werden bei Verfahren der EVOP in einem ersten Schritt aus der Definitionsmenge „willkürlich“ mehrere Elemente gezogen<sup>73</sup>. Jedes dieser Elemente wird in einem zweiten Schritt in das Gleichungssystem eingesetzt und eine Lösung numerisch ermittelt. Es erfolgt allerdings keine Prüfung, ob die ermittelte Lösung überhaupt zulässig ist<sup>74</sup>. Die Güte<sup>75</sup> der sich für jedes der Elemente ergebenden Lösung wird mithilfe einer weiteren Funktion bewertet. Diese wird in Anlehnung an die biologische Begrifflichkeit auch als „Fitnessfunktion“ bezeichnet. Durch Rekombination und Mutation werden aus den vorhandenen Lösungsmöglichkeiten neue erzeugt. Evolutionäre Algorithmen haben im Vergleich zu stark gerichteten Verfahren mehrere Vorteile. Sie sind in der Lage, Probleme zu lösen, die entweder multiple Optima in der Zielfunktion aufweisen oder viele Parameter besitzen (ROSÉ 1998, S.10 f.).

Im vorliegenden Zusammenhang arbeitet der NMA zur Ermittlung der Gleichgewichtspreiskombination wie folgt: Jede Preiskombination  $pk$  ist als Vektor aufzufassen, wobei die Produktionsfaktoren den Raumdimensionen entsprechen und der Pachtpreis eines Produktionsfaktors einer Koordinate. Da a priori keine linearen Abhängigkeiten zwischen den Produktionsfaktoren bestehen, spannt jeder Produktionsfaktor seine eigene Dimension auf. Dies ermöglicht die Verwendung des NMA zur Ermittlung einer Gleichgewichtspachtpreiskombination, da dieser Algorithmus auf der Vektorrechnung aufbaut.

In einem ersten Schritt wird beim NMA eine Anzahl von Vektoren erzeugt. Dabei wird genau ein Vektor mehr gebildet, als es unterschiedliche Produktionsfaktoren  $G$  gibt. Die einzelnen Koordinaten der Vektoren werden willkürlich festgelegt. Die so erzeugten Vektoren bilden die Eltern-

---

<sup>73</sup> Auf einen Bodenmarkt mit den zwei Flächenkategorien „Acker“ und „Grünland“ angewendet, bedeutet dies, es werden mehrere Preiskombinationen (Elemente) gebildet, bei denen jeder Flächenkategorie in jeder Preiskombination ein Pachtpreis über Zufallszahlenalgorithmen zugewiesen wird.

<sup>74</sup> Wird beispielsweise bei einer Kombination von Pachtpreisen von den einzelnen Betrieben insgesamt mehr Fläche nachgefragt als in der Region zur Verfügung steht, ist die von dieser Preiskombination ermittelte Lösung unzulässig, da sie regionale Gleichgewichtsbedingung nicht erfüllt.

<sup>75</sup> Die Güte berücksichtigt insbesondere den Grad der Ähnlichkeit einer ermittelten Zwischenlösung mit einer zulässigen Lösung.

generation ( $\mathbf{F}_0$ ). Unter einer Generationen wird im Folgenden die Menge aller Preiskombinationen verstanden, aus der eine neue Preiskombination abgeleitet wird, sowie die Rechenoperationen zur Ableitung dieser.

Dabei sei:

$\mathbf{F}_t$  := die Menge aller Vektoren der Generation  $F_t$ , aus denen ein neuer Vektor gebildet wird.

$t$  := Periodenindex der Generation

Für jeden dieser Vektoren wird die numerische Lösung ermittelt. Dazu wird zuerst die Nachfrage ausgehend von einer einzelbetrieblichen „Nutzen“-Optimierung bestimmt. Die Nachfrage wird über alle Betriebe aufsummiert und dem konstanten Angebot gegenübergestellt. Aus dem Grad der Markträumung ergibt sich die Fitness des Vektors. Der Vektor mit der geringsten Fitness erhält die Bezeichnung  $W_0$  (worst)<sup>76</sup>, der mit der zweitgeringsten die Bezeichnung  $NW_0$  (next to worst) und jener mit der höchsten Fitness die Bezeichnung  $B_0$  (best) (Abb. 12). Aus allen Vektoren, die eine höhere Fitness als  $W_0$  besitzen, wird das Zentroid<sup>77</sup>  $S_0$  des verbleibenden Simplex<sup>78</sup> berechnet. Anschließend wird eine Punktspiegelung von  $W_0$  am Hilfspunkt  $S_0$  durchgeführt<sup>79</sup>. Für den so erhaltenen Punkt  $N'_0$  wird die Fitness ermittelt.

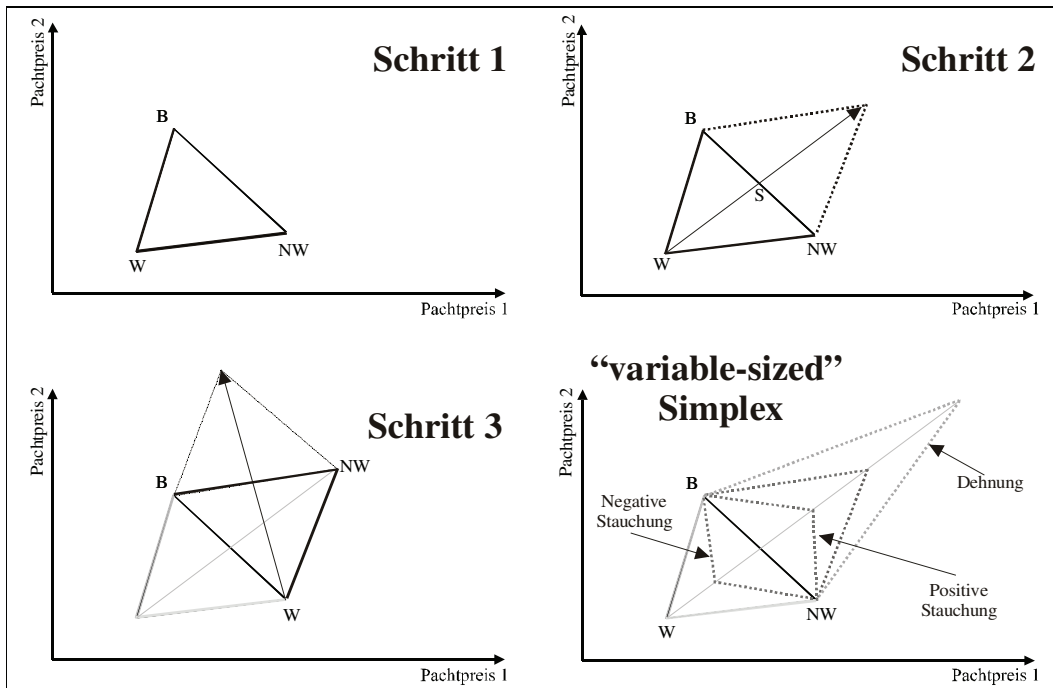
---

<sup>76</sup> Die tiefgestellte Zahl hinter dem Namen des Punktes gibt den Periodenindex  $t$  an.

<sup>77</sup> Schwerpunkt

<sup>78</sup> Vieleck

<sup>79</sup>  $S_t \notin \mathbf{F}_t$



**Abb. 12: Ablaufschema des Nelder-Mead-Simplex-Algorithmus (NMA) im zweidimensionalen Raum**  
 Quelle: verändert nach Kantelhardt (2003)

In Abhängigkeit von der Fitness von  $N'_0$  im Vergleich zu der Fitness der anderen Vektoren von  $F_0$  wird der Vektor  $\overrightarrow{S_0 N'_0}$  eventuell noch gedehnt, gestaucht oder gespiegelt, um  $N_0$  (neu) zu erhalten. Dieser letzte Schritt erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass die Fitness von  $N_0$  mindestens so groß ist wie die von  $W_0$ .<sup>80</sup> Für den so ermittelten Vektor  $N_0$  wird die Fitness berechnet und der Vektor im Vergleich zu den sonstigen Vektoren von  $F_0 \setminus \{W_0, NW_0\}$  bewertet, wobei  $N_0$  im schlechtesten Fall als  $NW_1$  eingestuft werden kann. Dies verhindert, dass der letzte Schritt im unmittelbar darauf folgenden rückgängig gemacht wird und der Algorithmus um einen Punkt pendelt. Der Vektor  $W_0$  scheidet in jedem Fall aus der Population der  $F_1$ -Vektoren aus. Der Übergang von der Generation  $F_t$  zur  $F_{t+1}$  erfolgt nach der Regel:

$$F_{t+1} := F_t \cup N_t \setminus W_t$$

<sup>80</sup> Selbst wenn die Fitness von  $N_0$  schlechter ist als die von  $W_0$ , wird  $N_0$  nicht verworfen.

Im Zuge des Übergangs von einer Generation zur nächsten werden folgende Umbenennungen vorgenommen:

$$W_{t+1} := NW_t$$

$$NW_{t+1} := \min \text{fit}(pk) \mid pk \in \mathbf{F}_t \cup N_t \setminus NW_t$$

$$B_{t+1} := \max \text{fit}(pk) \mid pk \in \mathbf{F}_t \cup N_t \setminus NW_t$$

$$\text{fit}(pk) := \text{Wert der Fitnessfunktion von } pk$$

Daraus folgt, dass jeder neue Vektor frühestens in der übernächsten Generation aus der Population ausscheidet. Für den Vektor  $W_t$  wird das Verfahren in analoger Weise zu  $W_0$  wiederholt. Diese Operationen werden solange fortgesetzt, bis die Fitness von  $B_t$  einen akzeptablen Wert erreicht. Eine ausführliche Beschreibung des Vorgehens des NMA und seiner Verfeinerung des „variable sized“ NMA findet sich bei WALTERS et al. (1991, S. 65 ff).

Im Gegensatz zum darwinistischen Evolutionsprinzip „Survival of the fittest“ verfährt der NMA nach dem Prinzip „Extinction of the worst“. Das bedeutet, die Bestimmung des Optimums erfolgt indirekt, in dem bei jedem Übergang zu einer Generation  $F_{t+1}$  die schlechteste oder die zweit-schlechteste Lösung der  $F_t$  aus der Population ausscheidet.

## 5.2 Erweiterungen des Nelder-Mead-Algorithmus

Der NMA wird hauptsächlich in der Chemie und Industrie zur effizienten Versuchsplanung und Prozesssteuerung eingesetzt und nicht als Computeralgorithmus zur Ermittlung eines Optimums eines numerischen Problems<sup>81</sup>. Bei der erstgenannten Anwendung findet eine regelmäßige Rückkopplung zwischen Mensch und Maschine statt. So erfolgt die Auswahl des Messpunktes mithilfe des Algorithmus und die Fitness wird anschließend experimentell ermittelt. Bei der Verwendung des NMA als Algorithmus zur Lösung eines numerischen Problems sind jedoch gewisse Erweiterungen notwendig, um zu gewährleisten, dass eine akzeptable Lösung in möglichst kurzer Zeit erreicht wird. Die Erweiterungen müssen insbesondere sicherzustellen, dass der Lösungsraum nicht durch Schritte des Algorithmus unzulässig eingeschränkt wird. Ferner wird der NMA mit zielgerichteten Optimierungsalgorithmen kombiniert, so dass schneller eine akzeptable Lösung gefunden wird. Schließlich muss ein Bewertungsschema für Pachtpreiskombinationen entwickelt werden, das auch bei Problemen mit mehreren Märkten eigenständig in der Lage ist,

---

<sup>81</sup> Vgl. die bei WALTERS et al. (1991) aufgeführte Literatur

die Güte der verschiedenen Preiskombinationen zu bewerten.

### 5.2.1 Gewährleistung der Regularität der Matrizen

Als erster Schritt ist sicher zu stellen, dass die im NMA verwendeten Matrizen regulär sind. Da auf die menschliche Rückkopplung verzichtet wird, ist der NMA um einen Kontrollalgorithmus zu erweitern. Neue Vektoren können vom NMA nur durch Vektoraddition bzw. die Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar gewonnen werden. Es ist deshalb sicherzustellen, dass zumindest die Matrix  $F_t \setminus W_t$  regulär ist<sup>82</sup>. Dies gewährleistet die Darstellung jeder beliebigen anderen Preiskombination als Linearkombination aus den bekannten Vektoren. Ist diese Bedingung verletzt, ist die Matrix also degeneriert, weisen alle weiteren Lösungsversuche in den Folgegenerationen entweder einen konstanten Preis für mindestens einen Teilmarkt oder eine konstante Preisrelation zwischen mindestens zwei Teilmärkten auf.

Zum Verlust von einer oder mehreren Dimensionen des Lösungsraumes kann es im NMA insbesondere durch Rundungsoperationen kommen. Eine einmal verloren gegangene Dimension kann vom NMA aufgrund des Fehlens eines Mutationsalgorithmus nicht mehr wieder gewonnen werden<sup>83</sup>. Bilden die Preiskombinationen eine degenerierte Matrix, bedeutet dies im konkreten Fall, dass der NMA in den Folgegenerationen nur noch Preiskombinationen auswählen kann, bei denen beispielsweise der Pachtpreis von Ackerland genau zweimal so hoch ist wie der des Grünlandes.

Die lineare Unabhängigkeit lässt sich am einfachsten über eine geschickte Initialisierung der  $F_0$  gewährleisten. Die  $F_0$  besteht dann aus einer Einheitsmatrix<sup>84</sup> mit  $g_{MAX}$  Dimensionen und einem Vektor  $g_{MAX+1}$ , bei dem alle Elemente gleich 1 sind. In diesem Fall sind je  $g_{MAX}$  Vektoren linear unabhängig, sodass bei jedem Generationsübergang nur geprüft werden muss, ob die Matrix von  $F_t \cup N_t \setminus \{W_t, NW_t\}$  regulär ist. Ist die Matrix degeneriert, wird  $N_t$  solange in einer oder mehreren Dimensionen zufällig marginal verändert, bis dies nicht mehr der Fall ist.

---

<sup>82</sup> Eine  $m \times m$  Matrix ist regulär, wenn die  $m$  Vektoren dieser Matrix voneinander linear unabhängig sind. Die  $m$  Vektoren spannen dann den gesamten Raum auf.

<sup>83</sup> Unter Mutation wird das zufällige Auftreten einer Änderung einer oder mehrerer Merkmalsausprägungen bei einem Element der  $F_{t+1}$  - Generation verstanden, die aus der Kenntnis der Elemente der  $F_t$  - Generation nicht ableitbar ist.

<sup>84</sup> Wahlweise kann der Einheitsvektor auch mit einem Skalar multipliziert werden.



### 5.2.2 Kombination mit zielgerichteten Optimierungsschritten

Ein Problem bei Verwendung einer Einheitsmatrix mit  $g_{MAX}$  Dimensionen in der Initialisierung ist, dass die Annäherung an die Lösung des Gesamtsystems unter Umständen nur sehr langsam erfolgt. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn sich die Größenordnung der Lösung für die einzelnen Dimensionen stark unterscheidet<sup>85</sup>. Der Grund hierfür ist, dass zu Beginn die maximal in einem Schritt realisierbare Preisänderung  $\Delta(W_t, N_t)$  meist kleiner als 1 ist<sup>86</sup>.

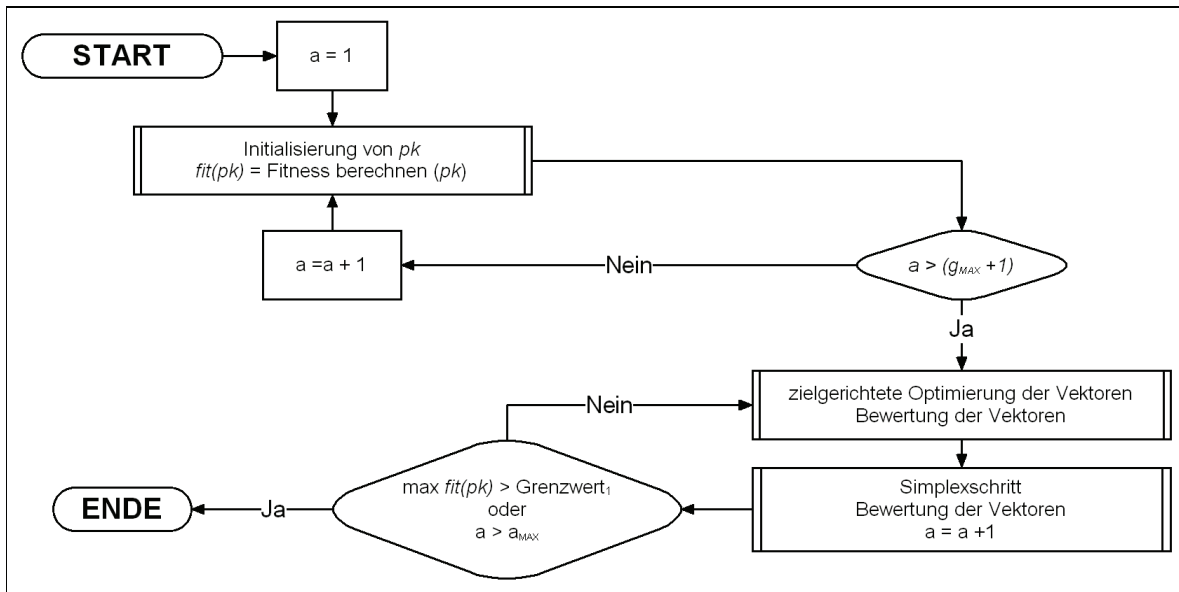
Ferner werden die Koordinaten für mehrere Dimensionen gleichzeitig in einer ähnlichen Größenordnung verändert. Dies kann dazu führen, dass eine Erhöhung der Fitness durch die Verbesserung der Markträumung in einer Dimension durch eine Verschlechterung in einer anderen zumindest teilweise kompensiert wird. Dies führt in Einzelfällen dazu, dass überhaupt keine Verbesserungen der Fitness erreicht werden können, oder sich der NMA nur sehr langsam an eine Lösung annähert.

Um die Annäherung ans Optimum zu beschleunigen, wird der NMA in einem zweiten Erweiterungsschritt in andere Algorithmen eingebettet. Diese Algorithmen versuchen die Fitness eines einzelnen Vektors  $pk$  zielgerichtet zu erhöhen (Abb. 13). Nach der zielgerichteten Optimierung werden die veränderten Vektoren bewertet. Erst nach dieser auf den einzelnen Vektor bezogenen Optimierung erfolgen der Simplexschritt und eine erneute Bewertung der Vektoren. Der NMA und die zielgerichtete Optimierung der Vektoren werden solange wiederholt, bis die Fitness der am höchsten bewerteten Preiskombination einen vorher vom Benutzer festgelegten Grenzwert überschreitet, oder eine vorher festgelegte Zahl von Optimierungsschritten durchgeführt wurde.

---

<sup>85</sup> D. h. die Größenordnung der Pachtpreise auf den einzelnen Teilmärkten unterscheidet sich stark.

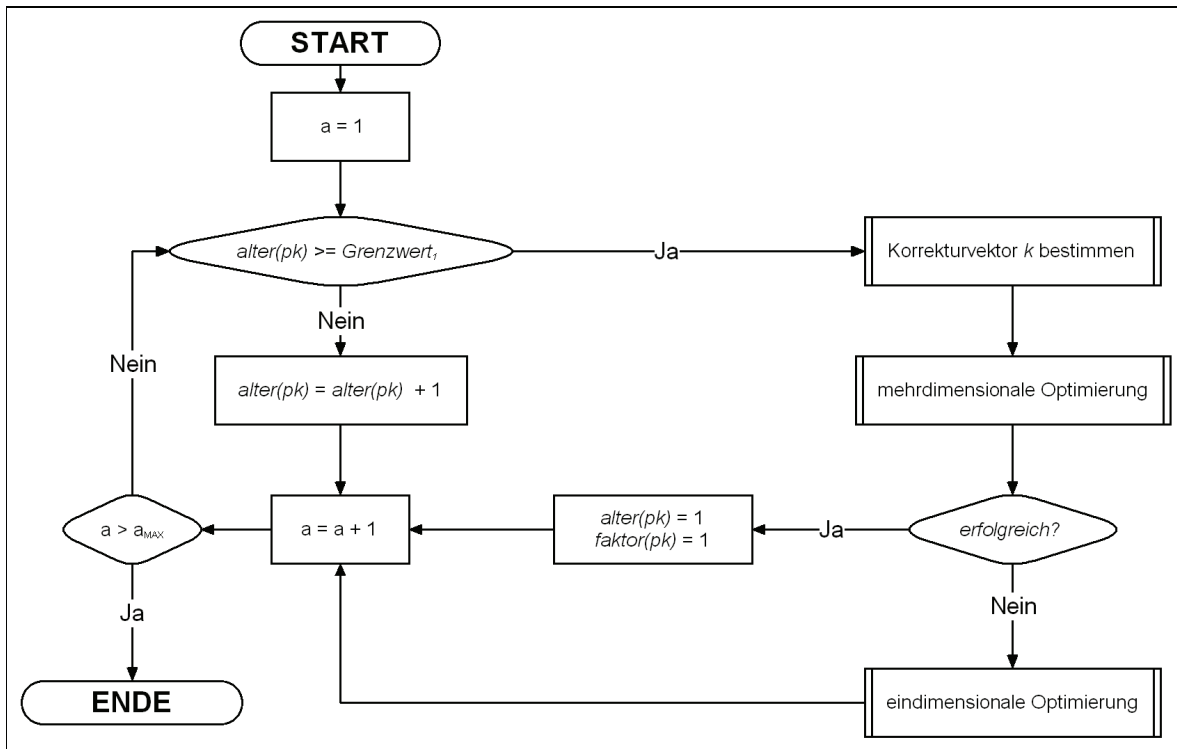
<sup>86</sup> Bzw. einmal das Skalar des Einheitsvektors



**Abb. 13: Einbettung des NMA in den übergeordneten Programmfluss**

Quelle: eigene Darstellung

Bei der zielgerichteten Optimierung müssen drei Phasen unterschieden werden. Zuerst wird ein Korrekturvektor bestimmt, in einem zweiten Schritt wird versucht, die Preiskombination über mehrere Dimensionen zu optimieren. Ist dies nicht erfolgreich, wird versucht, durch die Änderung einer einzigen Komponente des Vektors seine Fitness zu erhöhen (Abb. 14). Der Vorteil der mehrdimensionalen Optimierung im Vergleich zur eindimensionalen besteht darin, dass sie bei erfolgreicher Durchführung eine schnellere Annäherung ans Optimum erlaubt. Die zielgerichtete Optimierung wird nur dann durchgeführt, wenn sich  $pk$  länger als eine vorher festgelegte Zahl von Generationen in der Population der besten Vektoren hält. In Anlehnung an die Empfehlungen für die chemische Versuchsplanung, nach denen ein Versuchspunkt nachzumessen ist, wenn er sich länger als  $g_{MAX+1}$  Generationen in der Population hält (WALTERS et al., 1991, S. 195 ff), wird eine zielgerichtete Optimierung eines Vektors dann versucht, wenn er sich länger als  $g_{MAX+1}$  Generationen hält.



**Abb. 14: Ablaufskizze der zielgerichteten Optimierung**

Quelle: eigene Darstellung

In einem vorbereitenden Schritt wird zuerst ein Korrekturvektor  $k$  gebildet (Abb. 15). Der Wert der einzelnen Komponenten von  $k$  basiert auf den bei isolierter Betrachtung dieses Gutes geltenden Zusammenhängen zwischen dem Preis eines Gutes und der Nachfrage nach diesem (siehe Kap. 5.2.3.1). Der Korrekturfaktor  $k_0$  sorgt dafür, dass die Preisänderung  $pr(k, g)$  im Vergleich zur Nominalgröße des Preises  $pr(pk, g)$  marginal ist. Er stellt insbesondere bei Preisen in der Nähe des Nullpunktes sicher, dass  $pr(pk, g) - pr(k, g)$  nicht negativ wird.

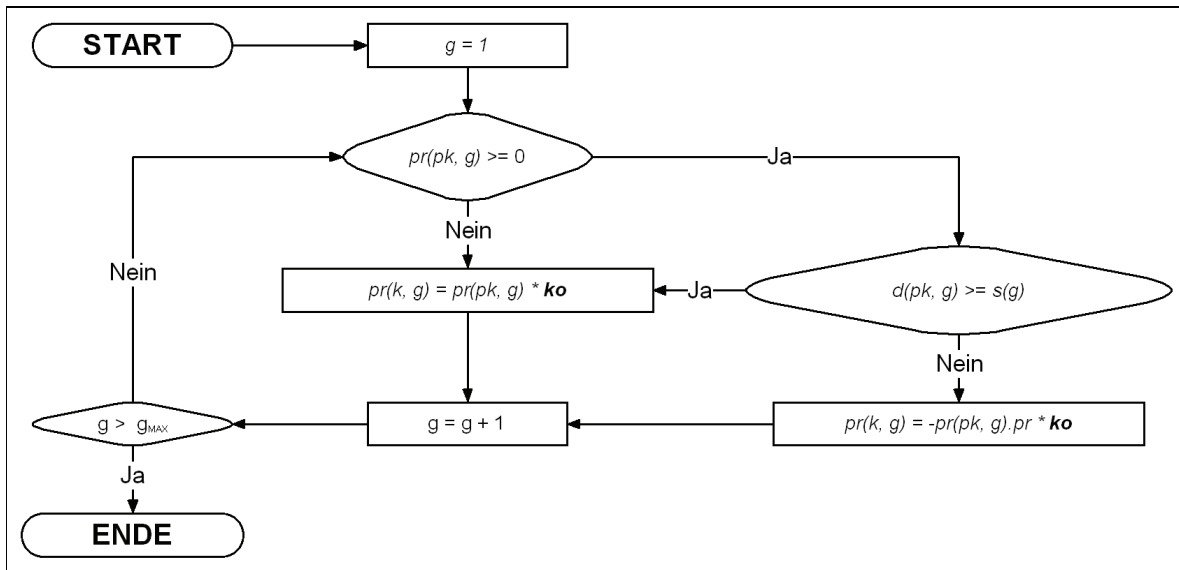
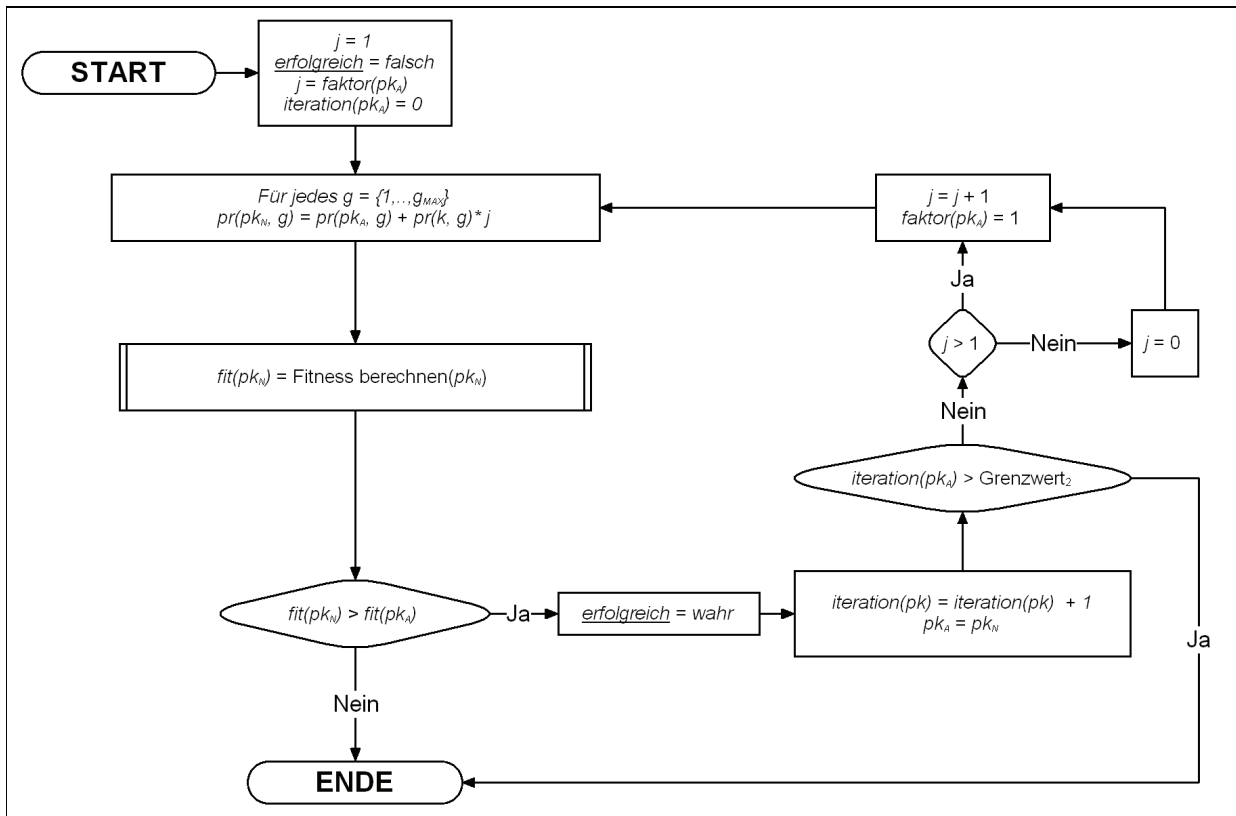


Abb. 15: Ableitung des Korrekturvektors  $k$

Quelle: eigene Darstellung

In dem ersten Optimierungsschritt wird zum alten Vektor  $pk_A$  der Korrekturvektor  $k$  addiert (Abb. 16). Dies bedeutet, dass alle Komponenten (alle Dimensionen) des Vektors  $pk_A$  in einem einzigen Schritt verändert werden. Anschließend wird das Problem für den neuen Vektor gelöst und die Fitness berechnet. Führt dieses Vorgehen zu keiner Erhöhung der Fitness, wird die mehrdimensionale zielgerichtete Optimierung beendet.

Ist die Prozedur erfolgreich gewesen, ersetzt der veränderte Vektor den alten. Gleichzeitig wird ein Skalar  $j$  gebildet. Dieses ermöglicht es, wenn die Schleife wiederholt durchlaufen wird, die Schrittweite des Korrekturvektors zu erhöhen. Ein wiederholter Schleifendurchlauf erfolgt insbesondere dann, wenn  $pk_A$  beim Eintritt in die Schleife weit von einer Gleichgewichtspachtpreiskombination entfernt ist. Um die Robustheit der NMA zu erhalten, wird die maximale Anzahl der zielgerichteten Optimierungsschritte begrenzt, die unmittelbar aufeinander folgen können.



**Abb. 16: Mehrdimensionale zielgerichtete Optimierung**

Quelle: eigene Darstellung

War die mehrdimensionale Optimierung nicht erfolgreich, wird versucht, die Fitness von  $pk_A$  dadurch zu erhöhen, dass nur bei einer Komponente der Preis verändert wird. Hierzu wird aus der Menge der betrachteten Märkte zufällig einer gezogen (Abb. 17). Nur für diesen Markt wird die entsprechende Komponente von  $k$  zur derjenigen von  $pk_A$  addiert. Alle anderen Komponenten von  $pk_A$  bleiben unverändert. Für den neuen Vektor wird wie bei der mehrdimensionalen Optimierung beschrieben, das Problem gelöst und die Fitness bestimmt. Liegt die Fitness oberhalb der von  $pk_A$ , ist das weitere Vorgehen analog zu dem bei der mehrdimensionalen Optimierung.

War der erste Optimierungsversuch hingegen nicht erfolgreich, wird die getestete Komponente  $g$  aus der Menge der zu testenden Komponenten  $G^*$  entfernt<sup>87</sup>. Aus  $G^*$  wird dann wieder eine Komponente zufällig gezogen. Mit dieser werden die beschriebenen Modifikations- und Evaluierungsschritte durchgeführt. Dies wird solange wiederholt, bis entweder  $G^*$  keine Komponenten mehr enthält, oder die beschriebene Prozedur zumindest auf einem Teilmarkt zu einer Verbesserung des Ergebnisses geführt hat.

<sup>87</sup>  $G^* := \{1, \dots, g_{MAX}\}$

Sollte es nicht möglich sein, durch Änderung des Preises auf irgendeinem Teilmarkt die Fitness von  $pk_A$  zu verbessern, wird das Skalar  $faktor(pk_A)$  halbiert. Dies ermöglicht es, beim nächsten Durchlauf der zielgerichteten Optimierung kleinere Anpassungsschritte durchzuführen.

Im Rahmen der eindimensionalen Optimierung kann höchstens eine Komponente von  $pk_A$  erfolgreich verändert werden.

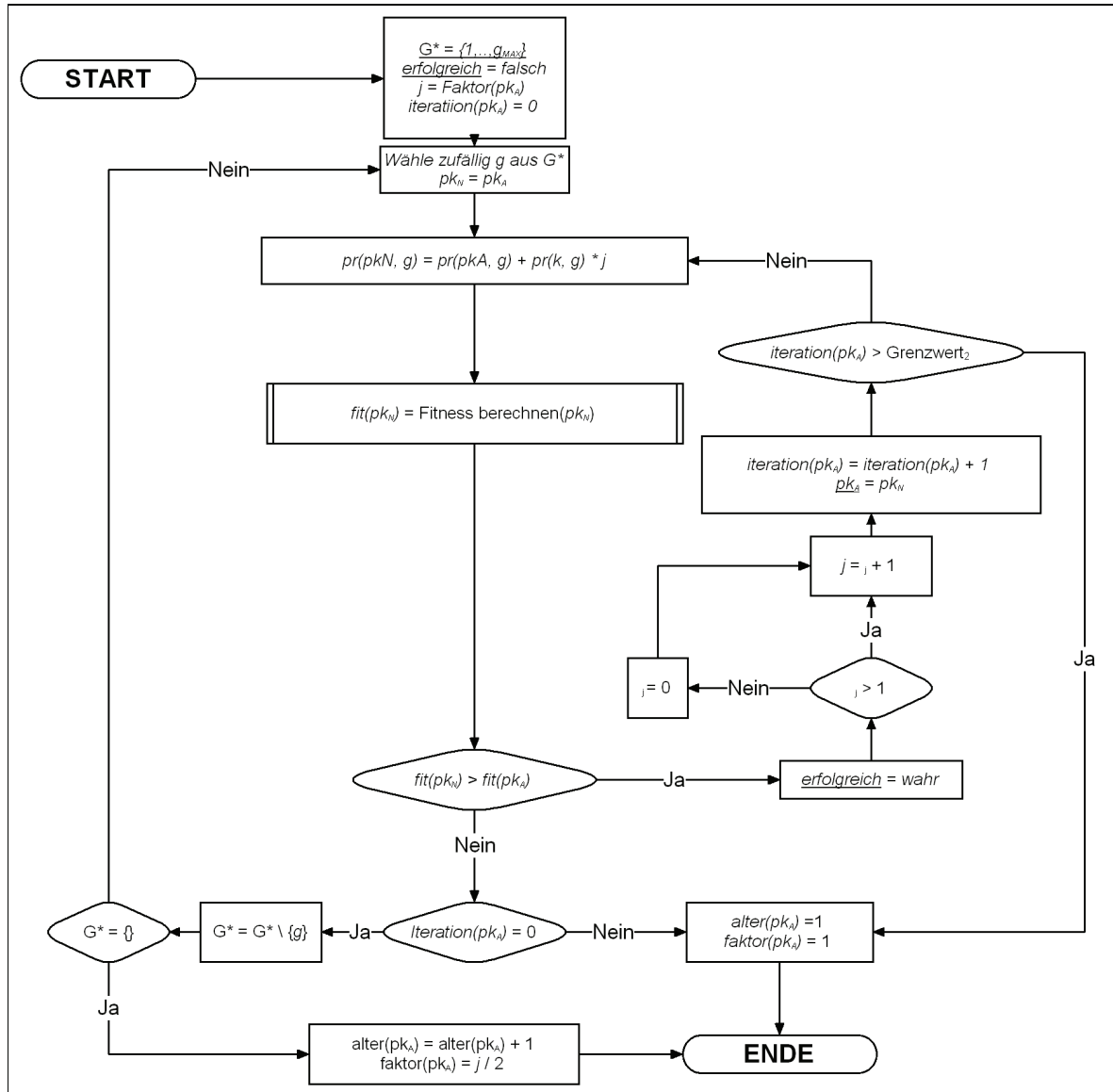


Abb. 17: Eindimensionale zielgerichtete Optimierung  
Quelle: eigene Darstellung

### 5.2.3 Entwicklung einer Fitnessfunktion

Der NMA bewertet verschiedene Pachtpreiskombination ausgehend von ihrer jeweiligen Fitness. Die Fitness ist ein Maß für die Güte der Lösung, die mit einer gegebenen Pachtpreiskombination realisiert wird. Für die Ermittlung des Optimums ist eine geeignete Spezifizierung der Fitnessfunktion notwendig<sup>88</sup>. Die Höhe der Fitness einer Preiskombination im Vergleich zu den anderen untersuchten Preiskombinationen entscheidet darüber, ob diese Preiskombination beibehalten oder verworfen wird. Die Festlegung einer Fitnessfunktion wird durch mehrere Faktoren erschwert. So ist die Nachfragefunktion nicht nur linear diskontinuierlich, sondern in ihren linearen Abschnitten auch noch konstant. Ferner sollen die Teilmärkte als qualitativ unterschiedlich betrachtet werden. Qualitativ unterschiedlich bedeutet unter anderem, dass ein Nachfrageüberschuss auf einem Teilmarkt nicht durch einen Angebotsüberschuss auf einem anderen Teilmarkt ausgeglichen werden kann. Dies hat zur Folge, dass die Ableitung der Fitnessfunktion mithilfe einer einfachen Summenfunktion über alle Teilmärkte ausscheidet. Bei diesem Vorgehen würden nämlich Äpfel mit Birnen verglichen. Bevor eine Fitnessfunktion definiert wird, werden aus diesem Grund zuerst die Kriterien näher betrachtet, die eine solche Funktion erfüllen muss, um als sinnvoller Lösungsansatz zu gelten.

Es ist unwahrscheinlich, dass einer der Initialversuche die Kriterien für eine optimale Lösung erfüllt. Deshalb muss die Fitnessfunktion in der Lage sein, verschiedene Preiskombinationen in eine ordinale Rangfolge zu bringen, wenn bei diesen auf den Teilmärkten kein Marktgleichgewicht im Sinne von Gleichung 13 vorliegt. Ferner soll die Fitnessfunktion sicherstellen, dass der Aufwand bei der Suche des Optimums möglichst minimiert wird. Die aggregierte Nachfragefunktion liefert mehrere Basisgrößen, aus denen die Fitness einer Pachtpreiskombination abgeleitet werden kann. Diese Größen sind:

- die Höhe der Preise auf den einzelnen Teilmärkten,
- die bei den jeweiligen Preisen auf den einzelnen Teilmärkten nachgefragten Mengen,
- sowie die Zahl der Betriebe, die bei den jeweiligen Preisen auf den einzelnen Teilmärkten als Nachfrager auftreten.

Gleichung 13 liefert einige Hinweise für die mögliche Form der Fitnessfunktion. Ihr Maximum

---

<sup>88</sup> Was und wie soll die Fitnessfunktion messen?

kann nur bei einer Pachtpreiskombination liegen, bei der sich alle Teilmärkte im Marktgleichgewicht befinden; insbesondere müssen alle Preise für Marktgüter größer oder gleich null sein.

### 5.2.3.1 Modellierung nur eines Marktes

Bevor das Modell auf mehrere Pachtmärkte erweitert wird, wird zuerst vereinfachend davon ausgegangen, dass es nur einen Markt  $g_1$  gibt und alle Pachtpreise in  $pk_1$  und  $pk_2$  positiv sind. Anhand dieses einfachen Beispiels werden einige Dominanzbedingungen für eine ordinale Fitnessfunktion abgeleitet. Dabei sei:

$$pr(pk_1, g_1) > pr(pk_2, g_1) \geq 0$$

Es sind nun in Abhängigkeit des Verhältnisses von Nachfrage zu Angebot mehrere Fälle zu unterscheiden. Zuerst werden die Fälle betrachtet, bei denen ein geänderter Preis zu einer Änderung der Nachfrage führt.

- 1) Fall:  $d(pk_1, g_1) > d(pk_2, g_1) \geq 0$ ; nicht existent.

Der Fall, dass bei sonst gleichen Bedingungen ein höherer Preis für ein Gut mit einer höheren Nachfrage für dieses Gut verbunden ist, wird nicht berücksichtigt, da dieser Fall nur bei Snob-Gütern auftritt.

- 2) Fall:  $d(pk_2, g_1) > d(pk_1, g_1) \geq s(g_1) \Rightarrow fit(pk_1) > fit(pk_2)$

Übersteigt trotz des im Vergleich zu  $pk_2$  höheren Preises selbst bei  $pk_1$  die Nachfrage das Angebot, so ist die Fitness bei  $pk_1$  höher, da mit steigendem Preis die Nachfrage tendenziell zurückgeht. Aus diesem Grund hat in Abb. 18 z. B. C eine höhere Fitness als B).

- 3) Fall:  $d(pk_1, g_1) < d(pk_2, g_1) < s(g_1) \Rightarrow fit(pk_2) > fit(pk_1)$

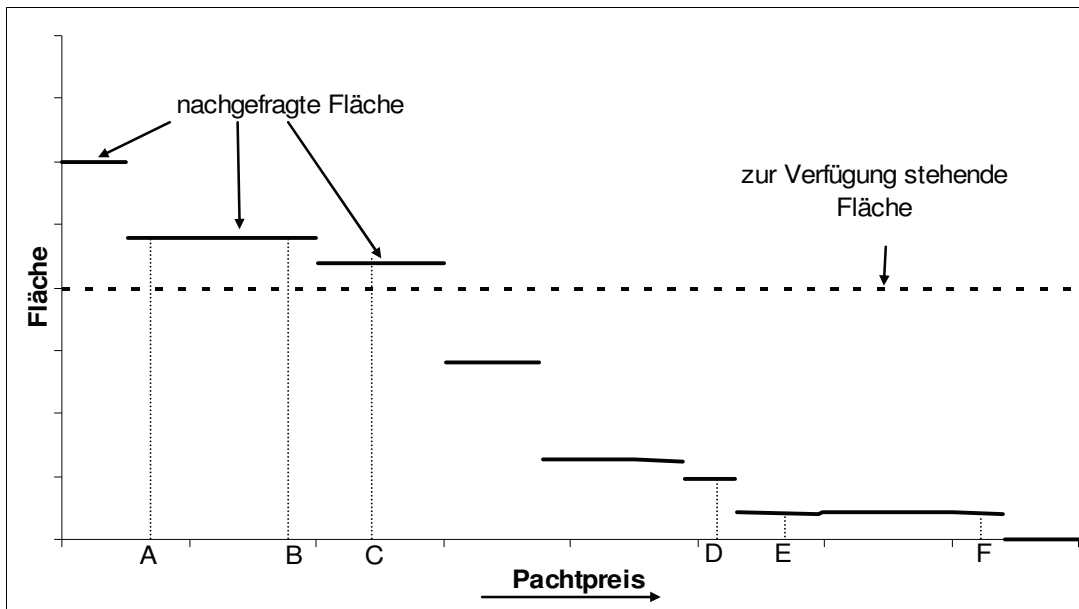
Ist die bei beiden Preisen nachgefragte Menge kleiner als die angebotene Menge, so ist die Fitness bei  $pk_1$  niedriger, da mit fallendem Preis die Nachfrage tendenziell ansteigt (vgl. z. B. die Punkte D und E in Abb. 18).

- 4) Fall:  $d(pk_2, g_1) > s(g_1) > d(pk_1, g_1)$

Liegt die Nachfrage beim höheren Pachtpreis unterhalb und beim niedrigeren Pachtpreis oberhalb der angebotenen Menge, ist a priori keine Aussage über das Verhältnis der Fitness von  $PK(a_1)$  zu  $PK(a_2)$  möglich. Aus der ökonomischen Theorie lässt sich keine prinzipielle Begründung herleiten, dass ein Angebots-



überschuss einem Nachfrageüberschuss vorzuziehen ist oder umgekehrt (vgl. z. B. die Punkte C und D in Abb. 18).



**Abb. 18:** Veränderung des Umfanges der nachgefragten Fläche bei steigendem Pachtpreis

Quelle: eigene Darstellung

Selbst wenn eine Preisänderung nicht zu einer Änderung der nachgefragten Menge ( $d(pk_1, g_1) = d(pk_2, g_1)$ ) führt, lassen sich a priori Aussagen über die relative Fitness der beiden Preiskombinationen treffen. Allerdings ist hier als weiteres Merkmal das Preisniveau zu berücksichtigen.

$$5) \text{ Fall: } d(pk_1, g_1) = d(pk_2, g_1) > s(g_1) \Rightarrow fit(pk_1) > fit(pk_2)$$

Bei beiden Preiskombinationen besteht ein Nachfrageüberschuss. Da man davon ausgehen kann, dass ein steigender Preis zu einer Verringerung der nachgefragten Menge führt, hat  $pk_1$  die höhere Fitness (vgl. z. B. die Punkte A und B in Abb. 18).

$$6) \text{ Fall: } d(pk_1, g_1) = d(pk_2, g_1) < s(g_1) \Rightarrow fit(pk_1) < fit(pk_2)$$

Bei beiden Preiskombinationen besteht ein Angebotsüberschuss. Da man davon ausgehen kann, dass ein fallender Preis zu einer Erhöhung der nachgefragten Menge führt, hat  $pk_2$  die höhere Fitness (vgl. z. B. die Punkte E und F in Abb. 18).

$$7) \text{ Fall: } d(pk_1, g_1) = d(pk_2, g_1) = s(g_1)$$

A priori ist keine Aussage über das Verhältnis der Fitness von  $pk_1$  zu  $pk_2$  möglich, da sich aus der ökonomischen Theorie keine prinzipielle Begründung herleiten lässt, dass bei einem Marktgleichgewicht ein höherer einem niedrigeren Pachtpreis vorzuziehen sei, oder umgekehrt, solange von der Marktmacht der Anbieter und Nachfrager abstrahiert wird.

Grundsätzlich gilt, dass zwei Preiskombinationen, die sich weder hinsichtlich des Pachtpreises noch der nachgefragten Menge unterscheiden, die gleiche Fitness haben.

### *5.2.3.2 Ordinale Reihung von Preiskombinationen bei Markträumung*

Wird bei einem positiven Pachtpreis eine vollständige Markträumung erreicht, so sind alle Preise, die die Markträumung ermöglichen, als gleichwertig zu betrachten, solange von einer eventuell vorhandenen Marktmacht aufseiten der Anbieter und Nachfrager abstrahiert wird. Um eine eindeutige Lösung der Simulation zu gewährleisten, ist es aber nötig, einem dieser Preise eine höhere Fitness zuzuweisen. Die übliche Annahme geht von gleicher Marktmacht auf beiden Seiten aus. Als Folge davon ist der „optimale“ Preis der Mittelwert zwischen dem Preis, ab dem die Nachfrage das Anbot übersteigt, und dem Preis, ab dem die Nachfrage kleiner als das Angebot ist. Eine Implementierung eines derartigen Vorgehens ist aber kaum praktikabel, wenn mehrere Marktpreise gleichzeitig berechnet werden sollen. Hier sind nämlich auf allen Märkten die Preisspannen für die einzelnen Güter zu ermitteln, ohne dass es zu Veränderungen von Angebot und Nachfrage auf den anderen Märkten kommt.

Es stellt sich somit die Frage, ob im Rahmen dieses Modellierungsansatzes von einer Marktmacht auf einer der beiden Seiten ausgegangen werden kann. Ist dies der Fall, wäre das Problem erheblich einfacher zu lösen. Auf den im Modell betrachtenden Märkten, insbesondere auf dem Bodenmarkt, übersteigt die Zahl der am Markt beteiligten Verpächter<sup>89</sup> oft deutlich die Zahl der Pächter. Der Grund hierfür ist, dass im Zuge des Strukturwandels sehr viele landwirtschaftliche Betriebe schon vor langer Zeit aufgegeben wurden, aber diese ehemaligen Landwirte ihre Flächen nur in einem sehr begrenzten Umfang verkaufen. Die nachfolgende Analyse der Frage, inwieweit Marktmacht auftreten kann, geht von folgendem stark vereinfachten Fall aus. Sowohl beim Preis  $q$  als auch beim Preis  $u$  (mit  $q > u$ ) erfolgt die vollständige Räumung des Marktes z.

---

<sup>89</sup> Neu- und Altverpächter

Bei beiden Preisniveaus ist allerdings nur ein Nachfrager  $A$  auf dem Markt. Der Nachfrager  $A$  wird bestrebt sein, maximal den Preis  $u$  zu bezahlen, da ein höherer Preis nur zur Schmälerung seines Unternehmergewinnes führt. Geht man auf der Angebotsseite davon aus, dass mehrere Verpächter Flächen anbieten, werden diese sich gegenseitig unterbieten, da derjenige mit der höchsten Forderung die Gefahr eingeht, seine Flächen nur teilweise oder überhaupt nicht verpachten zu können. Eine Preiskoordination aufseiten der Verpächter ist nur dann möglich, wenn diese ein Kartell bildeten und somit wie ein Verpächter handelten. Dessen ungeachtet ist davon auszugehen, dass der Pächter seine Zahlungsbereitschaft besser einschätzen kann als der Verpächter. Geht man nun davon aus, dass die Zahl der potentiellen Pächter deutlich kleiner ist als die der Verpächter und eine Koordination aufgrund der kleineren Zahl zwischen den Pächtern eher gegeben ist als zwischen den Verpächtern, so kann man generell annehmen, dass beim Marktgleichgewicht die Marktmacht zugunsten der Pächter verschoben ist. Dies legt nahe, bei der Bewertung von zwei Preiskombinationen bei jeweils vorhandener Markträumung und nur einem Nachfrager, derjenigen mit dem niedrigen Preis die höhere Fitness zu zuweisen<sup>90</sup>. Da zumindest das Argument der asymmetrischen Informationsverteilung zwischen Verpächter (meist Nichtlandwirte) und den potentiellen Pächtern auch gilt, wenn auf einem Markt beim Marktgleichgewicht noch mehrere Pächter aktiv sind, erscheint die Zuweisung dieses Bewertungsschemas auch für diesen allgemeineren Fall zulässig. Die Pachtpreise werden somit nach den Regeln einer „second prize auction“ bestimmt.

### 5.2.3.3 Berücksichtigung negativer Pachtpreise

Wie oben dargelegt, dürfen in der endgültigen Lösung keine negativen Pachtpreise auftreten. Wenn aber für Zwischenlösungen auch negative Pachtpreise zugelassen werden, ist es gewährleistet, dass der im NMA ermittelte Vektor  $\overrightarrow{W_i N_i}$  in jedem Fall eine maximale Länge hat, und so der potentielle Lösungsraum schnellst möglich durchschritten wird. Die Erweiterung um negative Pachtpreise erfordert die Einführung weiterer Nebenbedingungen, die gewährleisten, dass in der endgültigen Lösung keine negativen Pachtpreise auftreten.

Eine Grundbedingung ist, dass bei einem vergleichbaren Grad der Markträumung positive Pacht-

---

<sup>90</sup> Im Gegensatz zu den vorangegangenen Betrachtungen wird hier die mögliche Marktmacht ausdrücklich berücksichtigt.

preise eine höhere Fitness implizieren als negative. Dies gewährleistet, dass positive Pachtpreise negativen vorgezogen werden.

Da in der endgültigen Lösung nur positive Pachtpreise zulässig sind, sollte für alle Preiskombinationen mit

$$pr(pk_1, g_1) > pr(pk_2, g_1) < 0 \text{ folgendes gelten:}$$

$$fit(pk_1, g_1) < fit(pk_2, g_1), \text{ d. h., der höhere Pachtpreis ist der bessere.}$$

Im Gegensatz zum Vorgehen bei positiven Pachtpreisen ist keine Fallunterscheidung basierend auf dem Verhältnis von Angebot und Nachfrage nach einem Produktionsfaktor nötig (vgl. Kap. 5.2.3.1). Der Grund hierfür ist, dass im Falle eines Nachfrageüberschusses bei einem gegebenen negativen Pachtpreis ohnehin ein höherer Pachtpreis vorzuziehen ist. Bei einem Angebotsüberschuss würde nur eine weitere Absenkung des Pachtpreises zu einer Markträumung führen. Diese Lösung wäre aber nicht zulässig. Erfolgt eine Markträumung bei einem negativen Pachtpreis, so entspricht dies keinem freiwilligen Geldfluss vom Bewirtschafter zum Eigentümer des Produktionsfaktors, sondern der Forderung des Bewirtschafters nach einem Bewirtschaftungsentgelt. Zu dieser Zahlung wird der Verpächter, wie dargelegt, nur in Ausnahmefällen bereit sein.

Schließlich ist jeder nicht-negative Pachtpreis, der einen Angebotsüberschuss zur Folge hat, höher zu bewerten, als irgendein negativer Pachtpreis. Damit ist sichergestellt, dass in der endgültigen Lösung keine negativen Pachtpreise auftreten. Um dies zu verdeutlichen, wird zuerst der Fall eines positiven Pachtpreises mit Nachfrageüberschuss untersucht. Liegt bei einem positiven Pachtpreis schon ein Nachfrageüberschuss vor, so ist dieser Überschuss bei einem negativen Pachtpreis für diesen Produktionsfaktor in mindestens derselben Größenordnung vorhanden. Liegt bei zwei Preiskombinationen ein Nachfrageüberschuss vor, so hat diejenige mit dem höheren Preis die höhere Fitness. Eine weitere Steigerung der Fitness ist durch eine Erhöhung des Pachtpreises möglich. Gehen wir nun davon aus, dass bei einem positiven Preis ein Angebotsüberschuss vorliegt, so ist dieser Angebotsüberschuss maximal, wenn keine Einheit nachgefragt wird. Dieser Fall kann auch bei der kostenlosen Abgabe des Gutes auftreten. Da die kostenlose Abgabe die untere Grenze für den zulässigen Preis eines Produktionsfaktors in der endgültigen Lösung darstellt, muss jeder negative Pachtpreis, selbst wenn sich mit ihm eine höhere Markträumung realisieren lässt, schlechter bewertet werden.

### 5.2.3.4 Erweiterung auf mehrere Märkte

Sollen Probleme mit zwei oder mehr Märkten betrachtet werden, so verursacht insbesondere die Bedingung, dass die einzelnen Märkte als qualitativ unterschiedlich betrachtet werden sollen, Schwierigkeiten. Eine Pachtpreiskombination  $pk_1$  kann nämlich nur dann a priori als besser gegenüber einer zweiten Kombination  $pk_2$  angesehen werden, wenn  $pk_1$   $pk_2$  dominiert<sup>91</sup>.

Bei der Verwendung einer ordinalen Skala für jeden Teilmarkt spiegelt die Fitness somit nur die relative Güte einer Pachtpreiskombination hinsichtlich der Markträumung auf diesem Teilmarkt im Verhältnis zu den anderen untersuchten Pachtpreiskombinationen wider. Eine Mittelwertbildung würde eine Gewichtung der Märkte zueinander implizieren und ist bei der Verwendung einer ordinalen Skala nicht zulässig.

#### 5.2.3.4.1 Entwicklung einer „kardinalen“ Fitnessfunktion

Das Dominanzkriterium ist selten hinreichend, um auftretende Preiskombinationen in eine Reihenfolge zu bringen. Nur durch die Reihung der Preiskombination können eindeutige Richtungsaussagen für den NMA abgeleitet werden. Dieses Kriterium kann jedoch nur Preiskombinationen sortieren, bei denen für jede Dimension<sup>92</sup> gilt, dass die Fitness von  $pk_1$  auf diesen Teilmärkten mindestens so groß ist wie die von  $pk_2$ . In anderen Worten: Es gibt für die beiden Preiskombinationen  $pk_1$ , und  $pk_2$  keine zwei Teilmärkte, bei denen die Sortierung der Preiskombinationen basierend auf ihrer teilmarktspezifischen Fitness differiert. Notwendig ist es aber, alle Preiskombinationen ordnen zu können, unabhängig davon, in wie vielen Dimensionen sie sich unterscheiden.

Es stellt sich die Frage, wie eine Fitnessfunktion aussehen kann, die sowohl mindestens die in Kap. 5.2.3 ff. aufgestellten Bedingungen erfüllt und gleichzeitig, zumindest in Teilbereichen, die Vorteile einer kardinalen Skala hat (z. B. Addierbarkeit, Mittelwertbildung).

Es ist das vorrangige Ziel des Algorithmus, alle betrachteten Märkte ins Marktgleichgewicht zu bringen. Aufgrund der Verwendung von LPs zur Bestimmung der einzelbetrieblichen Nachfrage nach den einzelnen Produktionsfaktoren können mehrere verschiedene Preisniveaus die gleiche

---

<sup>91</sup> Eine Preiskombination  $pk_1$  dominiert eine zweite  $pk_2$  genau dann, wenn  $pk_1$  in mindestens einem Teilmarkt eine höhere Fitness als  $pk_2$  aufweist und in keinen Teilmarkt eine niedrigere Fitness.

<sup>92</sup> Alle Teilmärkte

Markträumung in allen Teilmärkten aufweisen. Da die von LPs generierte diskontinuierlich – lineare Nachfragefunktion in Teilbereichen vollkommen preisunelastisch ist, muss in die Ermittlung der Fitness ein mit dem Umsatz korrelierter Indikator einfließen, um die verschiedenen Preiskombinationen bewerten zu können. Anderenfalls wäre der NMA evtl. gegenüber einer Vielzahl von Punkten indifferent und könnte somit den Punkt, von dem er sich wegbewegen soll, nicht eindeutig bestimmen.

In den vorangegangenen Kapiteln (Kap. 5.2.3.1 ff.) wurden der Grad der Markträumung in den einzelnen Teilmärkten und der Pachtpreis zur Beurteilung einer Preiskombination verwendet. Eine einfache Zusammenfassung dieser Parameter zu einer einzigen zu optimierenden Zielgröße, beispielsweise zu dem auf dem Pachtmarkt getätigten Umsatz, ist allerdings problematisch, da

- die Skalierung der einzelnen Teilmärkte das Ergebnis nicht beeinflussen soll,
- und die Fitness nur in geringem Umfang von der Größenordnung des Umsatzes auf den einzelnen Teilmärkten abhängen soll.

Wären diese beiden Punkte nicht gegeben, würden die einzelnen Teilmärkte nicht als qualitativ unterschiedlich betrachtet. So aber stellt jeder Teilmarkt sein eigenes Zielsystem dar, das optimiert werden soll. Zur Lösung von Entscheidungsproblemen mit mehreren qualitativ unterschiedlichen Teilzielen wurden die Verfahren der Mehrzieloptimierung entwickelt. Im Rahmen des erweiterten NMA ist das erste zu optimierende Teilziel vom Grad der Markträumung auf den Teilmärkten abgeleitet. Ein zweites Teilziel ist mit dem Umsatz auf dem Pachtmarkt korreliert. Das erste Teilziel wird in den folgenden zwei Kapiteln der Einfachheit halber als „Markträumung“ bezeichnet, das zweite als „Umsatz“. Das Teilziel „Markträumung“ ist wieder ein Mehrzieloptimierungsproblem mit den einzelnen Märkten als Teilzielen. Der implementierte Bewertungsalgorithmus verwendet zwei verschiedene Methoden der Mehrzieloptimierung, die im folgenden Kapitel kurz vorgestellt werden.

#### **5.2.3.4.2 Methoden der Mehrzieloptimierung**

Von den Methoden der Mehrzieloptimierung werden im Modell das Lexicographic Programming (LGP) und das Compromise Programming (CP) eingesetzt. Beim LGP werden den verschiedenen Teilzielen unterschiedliche Prioritäten zugewiesen. Bei der Entscheidung, ob eine Lösung einer anderen vorzuziehen ist, sind Teilziele mit einer geringeren Priorität nur dann entscheidungsrelevant, wenn die zu vergleichenden Alternativen in allen Teilzielen mit höherer Priorität gleich-

wertig sind (ROMERO & REHMAN, 1989, S. 36).

Beim CP wird eine Lösung definiert, und der Abstand einer zu testenden Alternative von dieser Ideallösung ermittelt (ROMERO & REHMAN, 1989, S. 85 ff.). Die verschiedenen Ziele werden hierbei als unabhängige Dimensionen eines Vektorraumes aufgefasst. Um den Einfluss einer unterschiedlichen Größenordnung der Zielfunktionswerte in den einzelnen Dimensionen auszuschalten, werden diese Werte auf eine einheitliche Basis skaliert. Hierbei wird meist eine Skalierung entsprechend der Form von Gleichung 16 verwendet, die den Zielfunktionswerten einen Wert zwischen 0 und 1 zuordnet (KLEINE, 2002).

**Gleichung 16:**

$$\tilde{z}_o(x) := \frac{z_o(x) - \underline{z}_o}{\bar{z}_o - \underline{z}_o}$$

$z_o(x)$  := unskaliertes Wert der Zielfunktion für das Ziel  $o$

$\underline{z}_o$  := minimaler Wert, den die Zielfunktion des Zieles  $o$  annehmen kann.

$\bar{z}_o$  := maximaler Wert, den die Zielfunktion des Zieles  $o$  annehmen kann.

Zur Bewertung der Güte eines Lösungsvorschlages wird die Ähnlichkeit zwischen der Ideallösung und dem Lösungsvorschlag herangezogen. Als Maß für die Ähnlichkeit werden Distanzmaße verwendet, die der in Gleichung 17 dargestellten Minkowski-Metrik genügen (VOß, 2000 S. 570).

**Gleichung 17:**

$$dis(x_1, x_2)^{(p,q)} := \left( \sum_{w=1}^W |z(w, x_1) - z(w, x_2)|^p \right)^{1/q} \quad p, q \geq 1$$

$p, q$  := Gewichtungparameter

$dis(x_1, x_2)$  := Distanz zwischen den zwei Punkten  $x_1$  und  $x_2$

$w$  := Laufvariable für die betrachtete Dimension

$W$  := Anzahl der betrachteten Dimensionen

$z_{w,x_1}$  := Wert der  $w$ -ten Koordinate des Punktes  $x_1$

$z_{w,x_2}$  := Wert der  $w$ -ten Koordinate des Punktes  $x_2$

Gängig sind insbesondere die Parametrisierungen  $p = q = 2$  (euklidische Distanz) sowie  $p = q = 1$  (City-Block Distanz). Generell gilt, dass je größer  $p$  ist, desto stärker werden große Abweichun-

gen gewichtet. Die Ähnlichkeit zweier Lösungen ist umso größer, je kleiner die Distanz zwischen ihnen ist.

### 5.3 Implementierung und Parametrisierung der Fitnessfunktion

Da das Hauptziel des Marktmodells ist, möglichst auf allen Teilmärkten eine Markträumung zu erreichen, liegt es nahe, die beiden Teilziele Markträumung und Umsatz mithilfe des LGP zu verknüpfen. Dem Teilziel Markträumung wird die höhere Priorität zugewiesen, d. h. das Teilziel Umsatz wird zur Bewertung von zwei Preiskombinationen nur dann herangezogen, wenn sich diese nicht hinsichtlich der Markträumung unterscheiden (vgl. Gleichung 18).

**Gleichung 18:**

$$fit(pk) := \{mr(pk), um(pk)\}$$

$mr(pk)$  := Teil der Fitnessfunktion, der vom Grad der Markträumung auf den Teilmärkten abhängig ist.

$um(pk)$  := Teil der Fitnessfunktion, der vom auf den Teilmärkten getätigten Umsatz abhängig ist.

Die Methode des CP wird auf der Ebene des Teilziels Markträumung verwendet. Die optimale Lösung liegt vor, wenn auf allen Märkten ein Marktgleichgewicht herrscht. Die Zielfunktion hat dann den Wert null. Die Standardisierung der Nachfrage nach den einzelnen Produktionsfaktoren kann bei positiven Pachtpreisen über die jeweils angebotene Menge vorgenommen werden. Aus Gleichung 19 wird die Zielfunktion für das Teilziel Markträumung ersichtlich.

**Gleichung 19:**

$$\max mr(pk)$$

mit

$$mr(pk) := \sum_g mrt(pk, g)$$

$mrt$  := Indikator für die Markträumung auf den Teilmärkten

Für die Markträumungsfunktion auf der Ebene der einzelnen Märkte wird die in Gleichung 20 dargestellte Parametrisierung gewählt.



**Gleichung 20:**

$$mrt(pk, g) := \begin{cases} -b_{MAX}, & pr(pk, g) < 0 \\ 0, & pr(pk, g) = 0 \wedge d(pk, g) < s(pk, g) \\ f, & sonst \end{cases}$$

mit

$$f := \begin{cases} \left| \frac{s(g) - d(pk, g)}{s(g)} \right|; \left| \frac{s(g) - d(pk, g)}{s(g)} \right| \in \begin{cases} ]0;1[ & \text{für } s(g) > d(pk, g) \\ \{0\} & \text{für } s(g) = d(pk, g) \\ ]0;\infty[ & \text{sonst} \end{cases} \end{cases}$$

$b_{MAX}$  := Anzahl aller Betriebe, für die im Rahmen des Modells die Flächennutzung bestimmt wird

Da jeder Betrieb maximal die gesamte in der Region auf einem Teilmarkt zur Verfügung stehende Fläche nachfragen kann, gilt Gleichung 21.

**Gleichung 21:**

$$\sum_{b=1}^{b_{MAX}} d(b, pk, g) \leq b_{MAX} * s(g)$$

Wird nun allen negativen Pachtpreisen bei der Markträumungsfunktion auf der Ebene der Teilmärkte der Wert  $-b_{MAX}$  zugewiesen, stellt dies sicher, dass jeder positive Pachtpreis mit einem Angebotsüberschuss besser bewertet wird als irgendein negativer.

Für das Teilziel Umsatz kann eine Einzieloptimierung verwendet werden, da es hier nicht von Bedeutung ist, auf welchem Teilmarkt ein Umsatz getätigt wird. Der Umsatz ist unmodifiziert nicht als Teilziel verwendbar. Der Grund hierfür sei exemplarisch an folgendem Beispiel verdeutlicht. Liegt bei zwei Preiskombinationen<sup>93</sup> ein Nachfrageüberschuss auf einem Teilmarkt vor, so kann bei einer schwach elastischen Nachfragefunktion der Fall auftreten, dass diejenige mit dem höheren Pachtpreis einen höheren Umsatz realisiert und somit eine höhere Fitness hat. Dies widerspricht den in Kap. 5.2.3.1 erarbeiteten Mindestanforderungen an einen Fitnessparameter. Dies wird insbesondere deutlich, wenn bei beiden Preiskombinationen dieselbe Menge nachgefragt wird. Gleichung 22 gibt eine Zielfunktion an, die die in Kap. 5.2.3 ff. skizzierten Anforderungen erfüllt.

**Gleichung 22:**

$$\max \quad um(pk)$$

mit

$$um(pk) := \sum_g umt(pk, g)$$

$umt :=$  Indikator für den Umsatz auf den Teilmärkten

mit

$$umt(pk, g) := \begin{cases} h^*, & pr(pk, g) \leq 0 \text{ oder } pr(pk, g) > 0 \wedge d(pk, g) > s(g) \\ h^{**}, & pr(pk, g) > 0 \wedge d(pk, g) < s(g) \\ h^{***}, & pr(pk, g) > 0 \wedge d(pk, g) = s(g) \end{cases}$$

und folgender Parametrisierung der einzelnen Funktionen.

$$h^* := s(g) * pr(pk, g)$$

$$h^{**} := d(pk, g) * pr(pk, g)$$

$$h^{***} := s(g) * pr(pk, g) / b_{\max}$$

Im Zusammenhang mit der Verwendung des NMA hat die Definition des Teilzieles Markträumung als prioritäres Teilziel weitere Vorteile. Beim NMA handelt es sich um ein heuristisches Suchverfahren. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, wenn man den Maximalwert der Zielfunktion kennt, also die maximal erreichbare Fitness. Diese Kenntnis ermöglicht es, in Abhängigkeit vom Maximalwert einen unteren Grenzwert festzulegen, dessen Überschreiten zum Abbruch der weiteren Suche führt. Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass es aufgrund der linear diskontinuierlichen einzelbetrieblichen Nachfragefunktion nicht gewährleistet ist, dass es für jeden Teilmarkt einen Marktpreis gibt, bei dem eine Markträumung erreicht werden kann.

Die implementierte Fitnessfunktion erfüllt somit folgende Bedingungen:

Für das 1. Kriterium „Markträumung“ gilt:

- a) Bei dem gleichen Niveau der Markträumung ist ein negativer Pachtpreis schlechter zu bewerten als ein positiver.
- b) Bei einem negativen Pachtpreis wird jeder Nachfrageüberschuss schlechter bewertet als irgendein Angebotsüberschuss bei einem negativen Pachtpreis.
- c) Jeder Angebotsüberschuss bei einem negativen Pachtpreis wird schlechter bewertet als irgendein Angebotsüberschuss bei einem positiven Pachtpreis.
- d) Das Optimum ist erreicht

---

<sup>93</sup> Die beiden Preiskombinationen seien hinsichtlich aller anderen Preise und nachgefragten Mengen gleich.

- a. wenn entweder das Angebot gleich der Nachfrage ist,
- b. wenn selbst unter der Bedingung, dass die Güter kostenlos abgegeben werden, die Nachfrage nach einem Gut kleiner als die angebotene Menge ist.

Für das 2. Kriterium „Umsatz“ gilt:

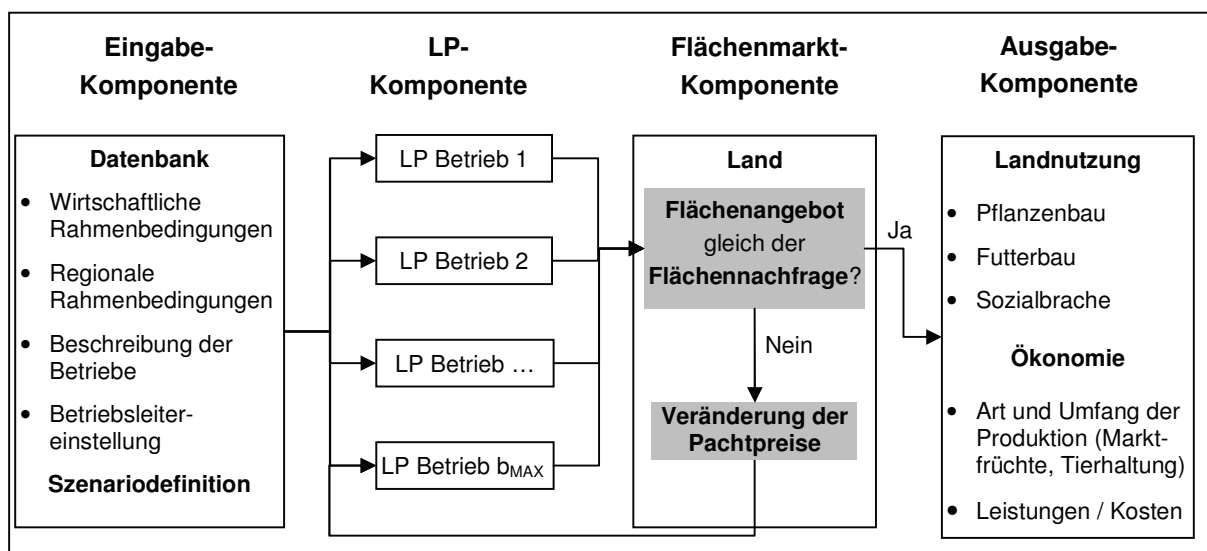
- a) Bei allen negativen Pachtpreisen steigt die Fitness mit steigendem Pachtpreis unabhängig vom Verhältnis von Angebot und Nachfrage beim jeweiligen Pachtpreis.
- b) Bei einem positiven Pachtpreis und Nachfrageüberschuss steigt die Fitness mit steigendem Pachtpreis.
- c) Bei einem positiven Pachtpreis und Angebotsüberschuss sinkt die Fitness mit steigendem Pachtpreis.
- d) Bei einem positiven Pachtpreis und Markträumung sinkt die Fitness mit steigendem Pachtpreis.

## 6. Technische Aspekte

Das nachfolgende Kapitel bietet einen Überblick über diverse technische Aspekte des Modells. Dazu gehören der allgemeine Aufbau des Programms, die Strukturierung der Datenbanken, der Aufbau der einzelbetrieblichen LPs und die Benutzeroberfläche.

### 6.1 Aufbau des Programms

Das im Rahmen dieser Arbeit erstellte Programm ist in vier Komponenten unterteilt (Abb. 19). Die Erste verwaltet die Ausgangsdaten und ermöglicht die Definition von Szenarien. In der Zweiten werden die Ausgangsdaten für die Berechnung mittels eines LPs aufbereitet und die entsprechende Kenngrößen ermittelt. In der dritten Programmkomponente wird die Flächennachfrage der Agenten mit dem Umfang der angebotenen Fläche verglichen, und gegebenenfalls eine neue Kombination von Pachtpreisen ermittelt. Die vierte Komponente beinhaltet schließlich diverse Algorithmen zur Aufbereitung und Auswertung der Ergebnisse. Die Steuerung zwischen und innerhalb der einzelnen Komponenten erfolgt mithilfe einer graphischen Benutzeroberfläche. Diese wurde in MS VBA<sup>®</sup> (Microsoft Visual Basic for Application) programmiert.



**Abb. 19: Komponenten des Modells**

*Quelle: eigene Darstellung*

## 6.1 Strukturierung der Datenbank

In der Standardimplementierung des Modells, die durchschnittliche bayerische Verhältnisse unterstellt, können die Agenten ihren Betriebstyp aus über 3.000 Betriebstypen auswählen. Diese setzen sich aus knapp 70 verschiedenen Tierhaltungssystemen (Stalltypen) und mehr als 50 unterschiedlichen Pflanzenbaumechanisierungen zusammen und ermöglichen, unter Berücksichtigung von Unterschieden in der Naturalleistung, mehr als 100 Verfahren des Pflanzenbaus und 40 Verfahren in der Tierhaltung. Zwischen den einzelnen Ebenen ergibt sich somit eine Vielzahl von möglichen Verknüpfungen und Beziehungen. Um die Konsistenz dieser großen Datenmengen sicherzustellen, wurde deshalb eine relationale Datenbank in MS-Access<sup>®</sup> entwickelt.

Diese Datenbank ist in vier Bereiche unterteilt, die über definierte Schnittstellen miteinander verbunden werden. Die einzelnen Bereiche beinhalten Angaben zu den Produktionsverfahren, der technischen Ausstattung, den Betrieben und allgemeine Daten zur Region. Die einzelnen Bereiche sind so gegeneinander abgrenzt, dass jeder von ihnen mit wenig Aufwand gegen einen gleichartigen ersetzt werden kann. Ferner erleichtert die Gliederung des Datenbestandes in Bereiche die Adaptation von Kenngrößen im Rahmen von Szenariorechnungen. Ohne die Zahl der möglichen Kombinationen zwischen Produktionsverfahren, technischer Ausstattung und Standorten durch Inkonsistenzen in der Datengrundlage zu begrenzen, kann ein Datenbankbereich gegen einen anderen ausgetauscht werden, wenn die im folgenden dargelegten Bedingungen für die Schnittstellen zwischen den Bereichen erfüllt sind.

Für die Produktionsverfahren gilt:

$$\begin{aligned} \forall \text{Modul}(PV) \in \text{Modul}(TA) \wedge \forall \text{Standort}(PV) \in \text{Standort}(\text{Reg}) \\ \wedge \forall \text{ProdRecht}(PV) \in \text{ProdRecht}(\text{Reg}) \end{aligned}$$

Für die betrieblichen Informationen gilt:

$$\begin{aligned} \forall \text{Bt}(\text{Bet}) \in \text{Bt}(TA) \wedge \forall \text{Standort}(\text{Bet}) \in \text{Standort}(\text{Reg}) \\ \wedge \forall \text{ProdRecht}(\text{Bet}) \in \text{ProdRecht}(\text{Reg}) \end{aligned}$$

Für die technische Ausstattung gilt:

$$\forall \text{Modul}(PV) \in \text{Modul}(TA) \wedge \forall \text{Bt}(\text{Bet}) \in \text{Bt}(TA)$$

Und für die regionsspezifischen Informationen gilt:

$$\begin{aligned} \forall \text{Standort}(PV) \in \text{Standort}(\text{Reg}) \wedge \forall \text{Standort}(\text{Bet}) \in \text{Standort}(\text{Reg}) \\ \wedge \forall \text{ProdRecht}(PV) \in \text{ProdRecht}(\text{Reg}) \wedge \forall \text{ProdRecht}(\text{Bet}) \in \text{ProdRecht}(\text{Reg}) \end{aligned}$$

mit:

*Bet* := Datenbankbereich mit den betriebspezifischen Informationen

*PV* := Datenbankbereich mit den Informationen zu den Produktionsverfahren

*TA* := Datenbankbereich mit den Informationen zur möglichen technischen Ausstattung

*Reg* := Datenbankbereich mit den regionsspezifischen Informationen

*ProdRecht* := Produktionsrecht für die Durchführung von Produktionsverfahren

*Bt* := Betriebstyp

*Standort* := Flächen differenziert nach Ertrag und Erreichbarkeit

*Modul* := Module der Mechanisierung

Als Solver für das einzelbetriebliche LP wird der XA-Solver<sup>®</sup> der Firma Sunset Software Technology verwendet. Der Austausch mit den Datenbanken erfolgt über eine in Microsoft-VBA<sup>®</sup> programmierte Schnittstelle.

## 6.2 Einzelbetriebliche lineare Optimierung

Zentrale Größe bei der Modellierung des einzelnen Betriebes ist seine Wirtschaftlichkeit. Es wird davon ausgegangen, dass der Betriebsleiter versucht, den Nutzen zu maximieren, den er aus seinem Unternehmen ziehen kann (vgl. Kap. 3.1 ff.). Es wird angenommen, dass sich der Nutzen proportional zum wirtschaftlichen Erfolg des Betriebes verändert. Der wirtschaftliche Erfolg hängt maßgeblich vom Gesamtdeckungsbeitrag der Produktion, den sonstigen Einnahmen sowie

den sonstigen Kosten und den Lohnkosten ab. Der Gesamtdeckungsbeitrag eines Betriebes ergibt sich aus der Summe der jeweils mit ihrem Umfang gewichteten Deckungsbeiträge der einzelnen Produktionsverfahren. Zu den sonstigen Erlösen zählen die Einnahmen aus der Verpachtung von Flächen und Produktionsrechten sowie produktionsunabhängige Prämien. Unter dem Begriff sonstige Kosten werden die Pachtausgaben, die pagatorischen, die kalkulatorischen Fixkosten und der geforderte Mindestgewinn zusammengefasst ( $profit_{MIN}$ )<sup>94</sup>. Der  $profit_{MIN}$  wird mit den sonstigen Kosten und Erlösen verrechnet.

Zur Ermittlung der Betriebsorganisation, die den größten Nutzen für den Agenten stiftet, wird ein gemischt ganzzahliges LP verwendet, bei dem die Wirtschaftlichkeit des Modellbetriebes als Zielfunktion definiert ist. Nicht nur objektiv messbare und für alle abgebildeten Betriebe konstante Größen wie der Deckungsbeitrag der einzelnen Produktionsverfahren beeinflussen die Zielfunktion, sondern auch die Betriebsleitereinstellung (siehe Kap. 3.1 ff.). Das Ergebnis der Linearen Optimierung hängt jedoch nicht ausschließlich vom Beitrag der einzelnen Verfahren zur Zielfunktion ab, sondern wird durch eine Vielzahl von Nebenbedingungen bestimmt (Tab. 27). Diese stellen z. B. sicher, dass der Agent nur einen begrenzten Arbeitsumfang im Modellbetrieb leisten kann, oder dass der Modellbetrieb für jedes durchgeführte Pflanzenbauverfahren über geeignete Flächen im Modellbetrieb verfügen muss. Andere Restriktionen, wie diejenigen, die in der Gruppe der finanziellen Nebenbedingungen zusammengefasst sind, stellen sicher, dass ein Agent nur dann seinen Betrieb weiter bewirtschaftet, wenn er zumindest einen positiven Deckungsbeitrag erwirtschaftet.

Wie aus Abb. 19 ersichtlich ist, wird im Laufe der Modellierung insbesondere das einzelbetriebliche LP sehr oft aufgerufen und mit modifizierten Werten berechnet. Insbesondere der Datentransfer von den Datenbanken zum LP-Solver kann bei der Größe der verwendeten LP-Matrix<sup>95</sup> die Rechengeschwindigkeit stark herabsetzen. Da ein Großteil der Daten unabhängig vom betrachteten Agenten und Pachtpreinsniveau ist, kann die Matrix so umgruppiert werden, dass bei den einzelnen Aufrufen nur eine minimale Datenmenge übertragen und ersetzt werden muss.

---

<sup>94</sup> Näheres zur Ermittlung der Fixkosten siehe Kap. 3.2.2.

<sup>95</sup> In der Standardimplementierung mehrere tausend Aktivitäten und mehrere hundert Restriktionen.

**Tab. 27: Überblick über die im einzelbetrieblichen LP verwendeten Gruppen von Restriktionen und Aktivitäten**

		Zielfunktion	Restriktionen								
			Finanzielle Nebenbedingungen	Quoten und Kontingente	Pflanzenbau-mechanisierung	Stallplätze	Arbeit	Flächennutzung	Nährstoffbilanz	Futterwirtschaft	Fruchtfolge-restriktionen
Aktivitäten	Produktionsverfahren der Tierhaltung	X	X			X	X		X	X	
	Produktionsverfahren des Pflanzenbaues	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Technische Ausstattung des Betriebstyps	X	X		X	X	X				
	Pacht und Verpacht von Flächen	X	X					X			
	Pacht und Verpacht von Quoten und Produktionsrechten	X	X	X							
	Kennzeichen des Modellbetriebs	X		X	X	X	X	X			

Quelle: eigene Darstellung

Wird die Bereitstellung von Kapazitäten oder die Existenz von Kapazitäten in bestimmten Modellbetrieben als Aktivität abgebildet, ist es möglich die Right-hand-side<sup>96</sup> derart zu standardisieren, dass diese für alle Betriebe gleich ist. Dies kann unter anderem dadurch erreicht werden, dass die Bereitstellung von Kapazitäten oder die Existenz von Kapazitäten in bestimmten Modellbetrieben als Aktivität abgebildet wird. Restriktionen, bei denen die Obergrenze durch die Ausübung von Aktivitäten verändert werden kann, werden im Folgenden als „weiche“ Restriktionen bezeichnet. So stellt eine „weiche“ Restriktion sicher, dass der Umfang der durch die Produktionsverfahren genutzten Stallplätze die Zahl der im Modellbetrieb vorhandenen Stallplätze nicht übersteigen darf (Gleichung 23). Der Modellbetrieb kann diese Restriktion sowohl dadurch erfüllen, dass er entweder den Umfang der Produktionsverfahren anpasst oder den Betriebstyp mittels einer Investition verändert. Eine „harte“ Restriktion stellt im Gegensatz dazu die Bedingung dar, dass jeder Modellbetrieb genau **einen** Betriebstyp haben muss. Hier hat der Agent nur die Wahl, den für ihn Vorzüglichsten zu wählen. Für die „harten“ Restriktionen gilt, dass sie sowohl vom Pachtpreinsniveau als auch vom Modellbetrieb unabhängig sind. Zu den „harten“ Restriktionen gehören beispielsweise die Fruchtfolgerestriktionen und die Bedingung, dass die durch einen Betrieb genutzte Fläche nicht die Gesamtfläche der Region übersteigen darf. „Weiche“ Restriktionen existieren zusätzlich in der Futterwirtschaft oder bei der Beanspruchung der Mechanisierung

<sup>96</sup> Sie legt die Grenzwerte fest, innerhalb derer sich eine Aktivität in Beziehung auf die einzelne Restriktion befinden muss.



gen durch die Verfahren des Pflanzenbaus.

**Gleichung 23:**

max  $ZF$

mit

$$ZF = aBT_1 + bBT_2 + \dots + cPV_1 + dPV_2 \dots$$

$$Stall = fBT_1 + gBT_2 + \dots + iPV_1 + jPV_2 \dots \geq 0$$

$$Betriebstyp = BT_1 + BT_2 + \dots = 1$$

$$PV_1, PV_2 \in [0; \infty[$$

$$BT_1, BT_2 \in \{0; 1\}$$

$$a, b, i, j \in ]-\infty; 0]$$

$$c, d, f, g \in [0; \infty[$$

$ZF$  := Zielfunktion des Agenten

$Stall$  := Umfang der freien Stallplatzkapazitäten

$Betriebstyp$  := Betriebstyp des Modellbetriebes

$PV_1, PV_2$  := Umfang der möglichen Produktionsverfahren

$BT_1, BT_2$  := Umfang der möglichen Betriebstypen

$a, b, c, d, f, g, i, j$  := Koeffizienten

Darüber hinaus haben die Pachtpreise und der Modellbetrieb keinen Einfluss auf die meisten Koeffizienten der LP-Matrix, sodass diese nur beim ersten Aufruf des Solvers eingelesen werden müssen (Abb. 20). Dies trifft insbesondere auf die Produktionsverfahren zu, die oft über die verschiedensten Restriktionen miteinander in Beziehung stehen. Beispielsweise beansprucht ein Pflanzenbauverfahren, das mit einer bestimmten Art und Größenklasse einer Mechanisierung durchgeführt wird, immer denselben Arbeitszeitaufwand und hat dieselben variablen Kosten und Erträge. Vorausgesetzt wird, dass die Kosten für Fläche und Arbeit unverändert bleiben. Wird dasselbe Pflanzenbauverfahren mit einer Mechanisierung einer anderen Größenklasse durchgeführt, kann dies als eine zweite Aktivität modelliert werden.

Alle Agenten einer Region können aus der gleichen Gruppe von Betriebstypen den für sie vorteilhaftesten wählen. Während die Art und der Umfang der Kapazitäten, die ein Betriebstyp bereitstellt, unabhängig vom wählenden Agenten sind, hängen die Kosten des Betriebstyps sehr stark vom Agenten ab. Sowohl die Betriebsleitereinstellung, über die Gewichtung der kalkulatorischen Fixkosten, als auch der Ausgangsbetriebstyp, über die Umbaukosten, bestimmen we-

sentlich die spezifischen Kosten eines Betriebstyps für einen bestimmten Agenten.

		Restriktionen								
	Zielfunktion	Finanzielle Nebenbedingungen	Maschinen	Stallplätze	Arbeit	Quoten und Kontingente	Flächennutzung	Nährstoffe	Futterwirtschaft	Fruchtfolge-restriktionen
Allgemeine Daten	Produktionsverfahren der Tierhaltung und des Pflanzenbaus mit Ansprüchen und Leistungen (Arbeit, Boden sowie Maschinen und Gebäude nicht monetär bewertet)									
		Lieferung von Stallplatz- und Maschinenkapazitäten durch die Betriebstypen mit Ansprüchen (Kapazitäten nicht monetär bewertet)			Feste regionale Restriktionen (z. B. der Flächenumfang, der in den einzelnen Flächentypen maximal zur Verfügung steht)					
	1)									
Markt-daten	2)									
Betriebliche Daten	3)				betriebliche Ausstattung mit veränderbaren variablen Produktionsfaktoren (z. B. Quoten und Flächen)					
	4)									
	5)				Betriebsspezifische Restriktionen (z. B. Umfang der dem Betrieb zur Verfügung stehende Arbeitskraft und Umfang der verfügbaren nicht handelbaren variablen Produktionsfaktoren)					

**Abb. 20: Übersicht über die Gliederung der Daten der einzelbetrieblichen LP-Matrix**

Quelle: eigene Darstellung

- 1) Kosten der variablen Produktionsfaktoren mit festgelegten Preisen
- 2) Kosten der variablen Produktionsfaktoren mit modellendogener Preisbildung (z. B. Pachtpreis)
- 3) Kosten der verschiedenen Betriebstypen für den Betriebsleiter (z. B. Versicherungen, angesetzte Abschreibungen)
- 4) Kalkulationsdaten des Betriebes (z. B. Lohnansatz, Höhe des Mindesteinkommens)
- 5) Erlöse der variablen Produktionsfaktoren (z. B. angesetzte Verpachterlöse)

Wenn das LP für einen weiteren Modellbetrieb berechnet werden soll, muss zuerst die Ausstattung des Betriebes mit Flächen und Quoten angepasst werden. Ferner beeinflusst die Betriebsleitereinstellung, insbesondere der Aspekt „Höhe des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten für Investitionsgüter“, nicht nur die monetäre Bewertung der Betriebstypen, sondern auch die einzelner Produktionsfaktoren, wie Flächen und Quoten. Dies folgt aus der Annahme, dass die Produktionsfaktoren, wenn sie sich im Eigentum des Agenten befinden, Opportunitätskosten ver-

ursachen, die in Höhe der Annuität ihres Anschaffungswertes gewichtet mit dem jeweiligen betriebsspezifischen Ansatz der kalkulatorischen Kosten liegen. Diese Gewichtung muss bei allen Produktionsfaktoren vorgenommen werden, unabhängig davon, ob für sie im Modell ein Marktpreis ermittelt wird.

Im Gegensatz zu den Opportunitätskosten von Produktionsfaktoren, die sich im Eigentum des Betriebes befinden, sind die Kosten für ihren Zukauf für alle Betriebe gleich und hängen nur von der gewählten Pachtpreiskombination ab. Sie müssen nur bei deren Veränderung angepasst werden.

Aufgrund der verwendeten Methode zur Strukturierung der LP-Matrix können die Schattenpreise der Aktivitäten nicht zur Interpretation der Ergebnisse herangezogen werden. Die Ursache hierfür ist die große Zahl an Transferspalten. Dies führt dazu, dass in der überwiegenden Zahl der Fälle der Umfang einer Aktivität durch mehr als eine Restriktion begrenzt sein wird. Somit sind die vom Solver angegebenen Schattenpreise ohne Weiterverarbeitung nicht interpretierbar, da z. B. der Schattenpreis für Wintergerste weder die Opportunitätskosten der Arbeit, noch die Kosten der Kapazitätserweiterung, oder die Kosten der Flächenzupacht, etc. enthält.

### *6.3 Benutzeroberfläche des Modells*

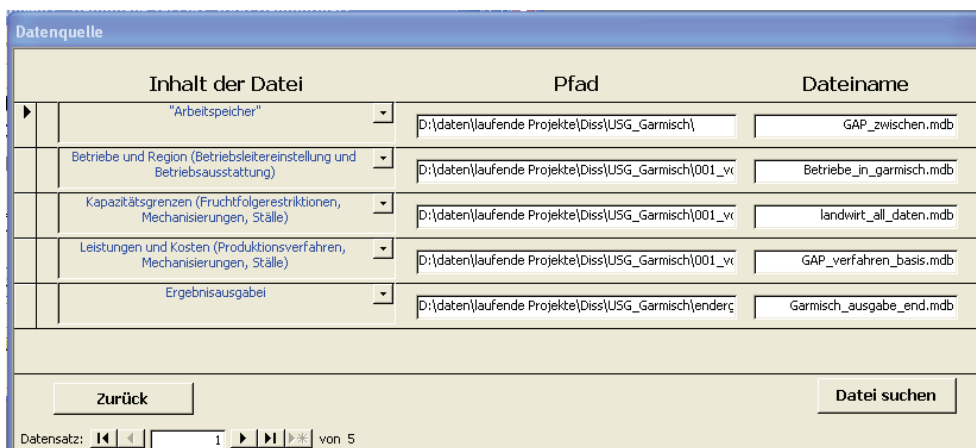
Das Modell kann vollständig über eine graphische Benutzeroberfläche (GUI<sup>97</sup>) gesteuert werden. Das betrifft sowohl die Datenverwaltung, die Dateneingabe, die Steuerung der Rechengvorgänge als auch die Datenauswertung. Die graphische Benutzerführung erlaubt es dem Anwender, das Programm zu benutzen, ohne dass er sich mit den Details, wie der Strukturierung des LPs oder der Verknüpfung der eingegebenen Informationen beschäftigen muss. Der Aufbau der GUI wird im Folgenden kurz vorgestellt. Dem Anwender stehen über die GUI nicht nur auf die eigens entwickelten Funktionen zur Verfügung. Er kann darüber hinaus auf einen Großteil der Funktionen zugreifen, die zum MS-Access® Standardrepertoire gehören (z. B. filtern, sortieren, kopieren von Datensätzen).

---

<sup>97</sup> graphical user interface

### 6.3.1 Datenverwaltung

Über die Datenverwaltung werden die fünf vom Modell benötigten Dateien eingebunden. Von diesen fünf Dateien speichern drei die Ausgangsdaten, eine die Endergebnisse der Berechnung(en) („Ergebnisausgabe“) und die Letzte protokolliert die Berechnungen mit allen Zwischenergebnissen („Arbeitsspeicher“) (siehe Abb. 21.). Die fünf Datenbanken unterscheiden sich in ihrer Struktur. Die Schnittstellen zwischen den Datenbanken sind so standardisiert, dass jede Einzelne problemlos gegen eine andere gleichstrukturierte Datenbank ausgetauscht werden kann. Z. B. kann die gewählte Verfahrensdatenbank („Leistungen und Kosten ...“) durch eine andere ersetzt werden, die zusätzliche Verfahren bereitstellt. Da die regions-, die standort- und betriebs-spezifischen Daten (vgl. Kap. 6.1) in der Realität oft sehr eng miteinander verknüpft sind, und jeweils nur sehr wenige Informationen gespeichert werden müssen, werden diese drei Bereiche in einer Datenbank („Betriebe und Region“) verwaltet.



**Abb. 21: Benutzeroberfläche zur Datenverwaltung**

Quelle: eigene Darstellung

### 6.3.2 Dateneingabe

Mit dem vorliegenden Programm können Daten auf zwei Arten verändert werden. Zum einen ist es möglich, manuell einzelne Daten zu ändern, bzw. komplette Datensätze zu löschen oder hinzuzufügen. Zum anderen können ganze Datenbanken automatisch eingelesen werden. Die manuelle Dateneingabe wird insbesondere bei der Definition von Szenarien genutzt, da in diesem Fall

oft nur wenige Daten gezielt verändert werden, z. B. die Produktpreise oder die Höhe der Förderungen.

Das Programm ist so aufgebaut, dass Grunddaten wie der Arbeitszeitaufwand oder die variablen Kosten der Produktionsverfahren nicht direkt aus den einschlägigen Normdaten, wie z. B. KTBL, berechnet werden. Stattdessen müssen diese Normdaten entweder erst mit weiteren Programmen (z. B. KAPFER, o. J.) oder von Hand aufbereitet werden. Diese Vorgehensweise sichert eine gewisse Unabhängigkeit von der Datengrundlage, da auch die Information aus Informationsquellen, die ihre Daten anders aufbereiten oder auf andere Einheiten beziehen als die ursprünglich verwendeten, genutzt werden können. Wird das Modell für eine neue Region angepasst, müssen oft größere Datenmengen ausgetauscht werden. Aus diesem Grund wird zusätzlich eine Schnittstelle bereitgestellt, die den Datenaustausch mit einem entsprechen Datenpool gewährleistet.

Durch die GUI ist der Benutzer gezwungen, zu bestimmten Punkten Aussagen zu machen (z. B. variable Maschinenkosten). Die Strukturierung der Dateneingabe wird am Beispiel der Festlegung eines Pflanzenbauverfahrens kurz angerissen. Die hierarchische und relationale Datenstruktur ermöglicht es, den Aufwand bei der Dateneingabe gering zu halten. Ferner kann so die Wahrscheinlichkeit für inkonsistente Eingaben reduziert werden.

Jedes Pflanzenbauverfahren wird durch eine Vielzahl von Information beschrieben. Dazu gehören neben Daten zu den Kosten, Förderungen, Faktoransprüchen und Leistungen auch Informationen, die es dem Anwender bei einer späteren Auswertung gestatten, verschiedene Verfahren hinsichtlich gemeinsamer Merkmale zusammenzufassen z. B. der Intensitätsgrad (Abb. 22). Da sich einzelne Parameter wie die Flächengröße, der Standort und die Größe der verwendeten Mechanisierung nur auf bestimmte Informationen des Pflanzenbauverfahrens auswirken, muss diese Vielzahl von Informationen nicht für jede mögliche Kombination dieser Parameter einzeln eingegeben werden. So ist die Höhe der Ausgleichszahlung (im Sinne der Kulturpflanzenregelung vor 2003) nur vom Verfahren, aber nicht von dem Leistungsniveau oder der Schlaggröße abhängig und wird aus diesem Grund pro Verfahren nur einmal festgelegt. Demgegenüber hängt die Höhe des Naturalertrages von der Produktivität des Standortes ab. Deshalb müssen die Kosten und Leistungen für jede Produktivitätsstufe getrennt erfasst werden.

**Abb. 22: Benutzeroberfläche zur Festlegung der Pflanzenbauverfahren**

*Quelle: eigene Darstellung*

### 6.3.3 Rechenvorschriften

Ähnlich wie die Eingabe der Daten erfolgt auch die Festlegung der Rechenregeln für eine bestimmte Szenariokalkulation über eine Eingabemaske (Abb. 23). Die einzelnen Regeln können zu einem Rechenmodell zusammengefasst und gespeichert werden. Über die Rechenregeln wird beispielsweise festgelegt, welche Produktionsrechte handelbar sind, für welche Produktionsfaktoren ein Marktmodell berechnet werden soll, inwieweit die Agenten die Bewirtschaftung einstellen können oder die Bewirtschaftung durch eine Änderung ihres Betriebstyps bzw. durch eine Flächenzupacht oder Flächenverpacht ändern können.

**Abb. 23: Benutzeroberfläche zur Festlegung der Rechenvorschriften**

*Quelle: eigene Darstellung*

### 6.3.4 Kalkulationen

Das Programm kann drei verschiedene Aufgaben lösen. Erstens kann das Programm eingesetzt werden, um unter statischen Rahmenbedingungen einen oder mehrere Einzelbetriebe unter Verwendung eines LPs zu optimieren. Zweitens kann ein Marktmodell berechnet werden, bei dem mehrere Betriebe auf einem oder mehreren Teilmärkten miteinander interagieren. Drittens bietet das Programm eine Funktion an, die es gestattet, die Kosten von neu definierten Betriebstypen zu berechnen. Hierzu wird ein LP verwendet, das aus den vorhandenen Modulen, Betriebstypen und Investitionspfaden die kostenminimale Kombination ermittelt.

### 6.3.5 Datenauswertung

Wie bei der Dateneingabe wird dem Anwender für die Auswertung der Modellkalkulationen der Zugriff auf die Daten über eine GUI angeboten. Mithilfe der Benutzeroberfläche werden die Modellergebnisse hinsichtlich einer Vielzahl von ökonomischen und produktionstechnischen Kenngrößen ausgewertet. Diese Kenngrößen werden sowohl auf einzelbetrieblicher als auch auf regio-

naler Ebene ermittelt. Über die GUI wird diese Informationen in inhaltliche Blöcke gegliedert, wie u. a. Pflanzenbau, Tierhaltung und Ökonomie auf Ebene der Einzelbetriebe bzw. Pachtmarkt und Betriebsgrößenstruktur auf regionaler Ebene. Wie bei der Dateneingabe sind auch hier die Informationen hierarchisch gegliedert, um die Informationen übersichtlich zu halten. So erhält der Nutzer bei der einzelbetrieblichen Auswertung zuerst einen Überblick über die Summe der betrieblichen Kosten und Erlöse und kann sich bei Bedarf beispielsweise die Gliederung der Kosten nach Kostenart und -träger ausgeben lassen (Abb. 24).

Neben dem Zugriff auf die Daten über die GUI können die Ergebnisse mittels benutzerdefinierter Abfragen ausgewertet werden, um so spezifische Fragestellungen zu beantworten.

The screenshot shows a software window titled 'Betriebs\_daten'. It contains several input fields and buttons for data entry and calculation. The 'Ausgangsbetriebstyp' and 'Aktueller Betriebstyp' are both set to '0023 kleiner Futterbaubetrieb (konventionell) - Milchvieh'. The 'Name des Betriebes' field is empty. There are radio buttons for 'Betriebsziel erreicht?' with 'Ja' selected. Below this are tabs for 'Allgemeines', 'Flächennutzung', 'Pflanzenbau', 'Tierhaltung', and 'Arbeitswirtschaft'. The 'Allgemeines' tab is active, showing fields for 'Anzahl verschiedener Produktionsverfahren' (7), 'Besatzstärke (GV / ha)' (0,50), 'Gesamterlöse' (37.119 €), 'Gesamtkosten' (32.108 €), 'kalk. Gewinn' (5.011 €), 'abzgl. Nutzungskosten Fläche und Quote' (5.762 €), and 'zstl. außerlandwirtschaftliches Einkommen' (0 €). There are buttons for 'Betriebsentwicklung', 'Erlöse', 'Kosten', and 'Ertragsrechnung'. A second section shows 'Kapitalintensität (ohne Arbeit) pro ha' (1.650 €), 'Mechanisierungsgrad (1)' (160.172 €), 'Mechanisierungsgrad (2)' (16.618 €), and 'Mechanisierungsgrad (3)' (3.656 €). A 'Zurück' button is at the bottom. The status bar shows 'Datensatz: 1 von 20'.

Field	Value
Ausgangsbetriebstyp	0023 kleiner Futterbaubetrieb (konventionell) - Milchvieh
Aktueller Betriebstyp	0023 kleiner Futterbaubetrieb (konventionell) - Milchvieh
Name des Betriebes	
Betriebsziel erreicht?	Ja
Anzahl verschiedener Produktionsverfahren	7
Besatzstärke (GV / ha)	0,50
Gesamterlöse	37.119 €
Gesamtkosten	32.108 €
kalk. Gewinn	5.011 €
abzgl. Nutzungskosten Fläche und Quote	5.762 €
zstl. außerlandwirtschaftliches Einkommen	0 €
Kapitalintensität (ohne Arbeit) pro ha	1.650 €
Mechanisierungsgrad (1)	160.172 €
Mechanisierungsgrad (2)	16.618 €
Mechanisierungsgrad (3)	3.656 €

**Abb. 24: Übersicht über die aufbereiteten einzelbetrieblichen Informationen**

*Quelle: eigene Darstellung*



## 7. Fallbeispiel „Weidegemeinschaft Garmisch e. G.“

Im folgenden Kapitel werden unter Verwendung des in den vorangegangenen Abschnitten entwickelten Modellansatzes die Auswirkungen der EU-Agrarreform von 2003 und insbesondere der Entkopplung der EU-Direktzahlungen auf die Landwirtschaft im bayerischen Alpenraum abgeschätzt. Diese Fallstudie umfasst die Mitgliedsbetriebe der „Weidegemeinschaft Garmisch e. G.“. Diese Untersuchung ist eingebettet in eine umfangreichere Untersuchung zur Wirtschaftlichkeit und Agrarstruktur im bayerischen Voralpen- und Alpenraum unter besonderer Berücksichtigung kooperativer Weidesysteme. Im Rahmen des EU-Forschungsprojektes „Landscape Development, Biodiversity and co-operative Livestock Systems in Europe“ (LACOPE) wurden von Herbst 2004 bis Frühjahr 2005 34 Weidegemeinschaften und 56 landwirtschaftliche Betriebe im bayerischen Voralpen- und Alpenraum ausführlich befragt. Mithilfe dieser Befragung sollten zwei Fragen beantwortet werden:

- Wie nutzen die Betriebe ihre Flächen?
- Wie reagieren die Betriebe auf Änderungen der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen im Zuge der EU-Agrarreform von 2003.

Auf Grundlage der Ergebnisse der ökonomischen Modellierung sollte im Rahmen des Forschungsprojektes LACOPE abgeschätzt werden, wie sich die Habitatqualität für verschiedene gefährdete und geschützte Tier- und Pflanzenarten des halbnatürlichen Grünlandes verändert (vgl. ROEDER *et al.*, 2006b). Insbesondere sollten die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Betrieben bei sich ändernden politischen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden.

Im Folgenden werden zuerst kurz das Untersuchungsgebiet und die befragten Betriebe vorgestellt. In einem zweiten Abschnitt werden die Ergebnisse unterschiedlicher Initialisierung der Betriebsleitereinstellung betrachtet. Daran schließt sich die Vorstellung der Szenarien und die Präsentation der Ergebnisse an. In einem Schlussabschnitt wird die Sensitivität des Modells hinsichtlich einiger zentraler Annahmen untersucht.

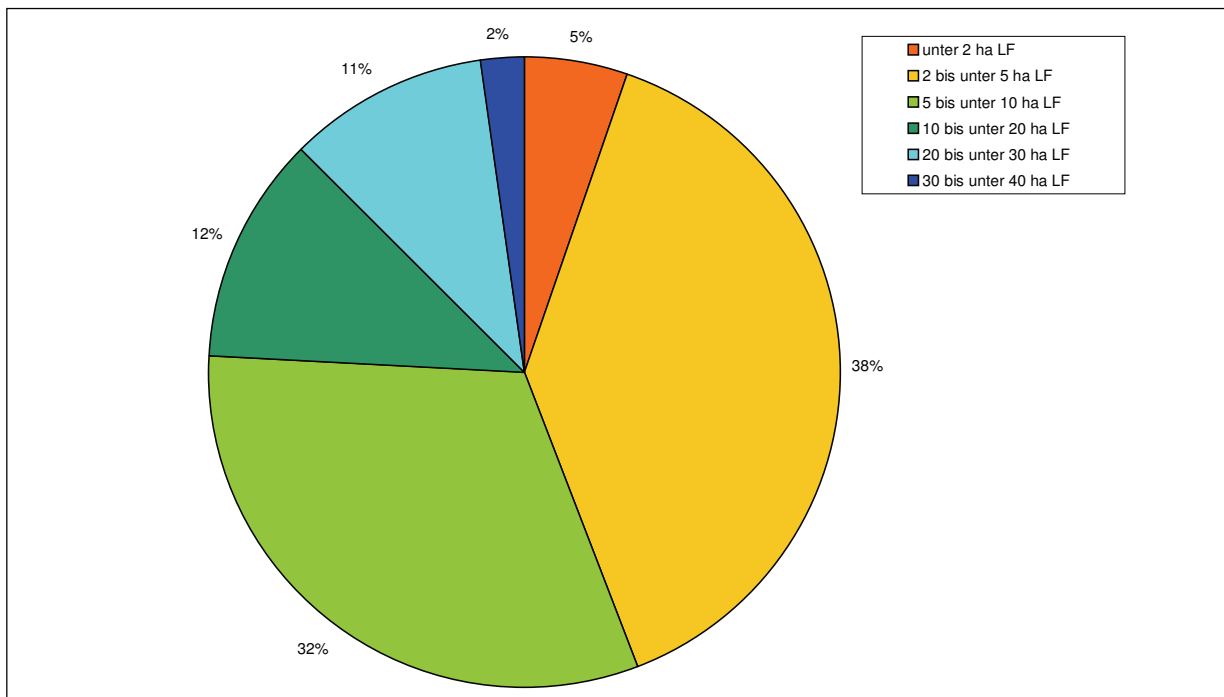
## *7.1 Material und Methoden*

### **7.1.1 Untersuchungsgebiet**

Garmisch-Partenkirchen liegt im Werdenfelser Land in den oberbayerischen Alpen oberhalb von 700 m ü. NN. Mit einem jährlichen Niederschlag von gut 1.300 mm und einer Durchschnittstemperatur von 6,7 °C weist Garmisch-Partenkirchen typische Bedingungen für diese randalpine Lage auf (DWD, 2006). Die landwirtschaftliche Fläche wird nur als Grünland genutzt. Die meisten Wiesen liegen im Talgrund zwischen 700 und 800 m ü. NN, während die extensiv beweideten Almen und Heimweiden sich an den Flanken bis in Höhenlagen von über 2.000 m ü. NN erstrecken. Die Flächen im Talgrund werden bis zu dreimal pro Jahr gemäht. Meist erfolgt auf diesen Flächen allerdings nur eine zweischürige Wiesennutzung mit einer anschließenden Nachbeweidung. Garmisch-Partenkirchen gehört mit einer landwirtschaftlichen Vergleichszahl von 8,8 zu den bayerischen Gemeinden mit den ungünstigsten Produktionsbedingungen. Dementsprechend hoch war im Jahr 2004 die Ausgleichszulage mit 180 EUR pro ha (Deutscher Bundestag, 2004). Die meisten Betriebe verzichten auf die Ausbringung von mineralischem Dünger und nehmen an der Maßnahme K34 „extensive Dauergrünlandnutzung“ des bayerischen Kulturlandschaftsprogramms (KuLaP) teil (BayStMLF, 2004).

### **7.1.2 Struktur der Landwirtschaft in Garmisch-Partenkirchen**

Die überwiegende Zahl der gut 100 Betriebe in Garmisch-Partenkirchen wird im Nebenerwerb geführt (BayLStaD, 2006). 2003 bewirtschafteten über 75 % der in der Agrarstrukturerhebung erfassten Betriebe weniger als 10 ha (Abb. 25). Der Anteil der Klein- und Kleinstbetriebe dürfte allerdings noch höher sein als in der Statistik ausgewiesen. 1999 wurden die Erfassungsgrenzen für die Agrarstatistik angehoben (BayLStaD, 1997, 2006). So existierten 1996 in Garmisch-Partenkirchen 39 Betriebe, die weniger als 2 ha bewirtschafteten. Demgegenüber sind in der Agrarstatistik von 1999 nur noch zwei Betriebe erfasst, die weniger als 2 ha bewirtschafteten.



**Abb. 25: Betriebsgrößenstruktur in Garmisch-Partenkirchen im Jahr 2003 (n = 105)**

Quelle: eigene Darstellung basierend auf BayLStaD (2006)

Im Jahr 2003 liegen die mittleren Bestandsgrößen pro erfasstem Betrieb bei 19 Schafen und zehn Rindern (Tab. 28). Bei der Interpretation dieser Zahlen ist zu berücksichtigen, dass Betriebe, die weniger als 20 Schafen oder acht Rindern halten nicht obligatorisch erfasst werden (BayLStaD, 2006), sodass die durchschnittliche Bestandsgröße über alle Betriebe, die in Garmisch-Partenkirchen existieren, weitaus geringer sein dürfte. Ein Großteil der Rinderhalter hält mittlerweile nur noch Färsen oder Mutterkühe, bzw. liefert keine Milch mehr an. In den vergangenen Jahren ging die Zahl der Betriebe leicht zurück, während sich die mittlere Betriebsgröße und die Zahl der Tiere pro Betrieb fast nicht veränderten.

**Tab. 28: Kennzahlen zur Agrarstruktur in Garmisch-Partenkirchen**

	1999	2001	2003
<b>Dauergrünland (in ha)</b>	935	903	927
<b>Landwirte</b>	114	114	105
davon Rinderhalter (mittlere Bestandesgröße in Stück)	69 (9,4)	65 (9,9)	65 (9,7)
davon Milchkuhalter (mittlere Bestandesgröße in Stück)	38 (6,0)	29 (6,3)	26 (6,2)
davon Schafhalter (mittlere Bestandesgröße in Stück)	67 (18,5)	58 (19,3)	60 (19,5)
<b>mittlere Betriebsgröße (in ha)</b>	8,20	7,92	8,83

Quelle: eigene Darstellung basierend auf BayLStaD (2006)

### 7.1.3 Weidegemeinschaft Garmisch e. G.

Neben der hohen Bedeutung der Klein- und Kleinstbetriebe für die landwirtschaftliche Flächennutzung zeichnet sich die Landwirtschaft im Werdenfelser Land durch die große Relevanz gemeinschaftlich bewirtschafteter Extensivweiden aus (vgl. GUEYDON *et al.*, 2004). In der Gemeinde Garmisch-Partenkirchen existieren gegenwärtig drei Weidegemeinschaften, die zusammen ungefähr 1000 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) bewirtschaften (HINTERSTOßER, 2005)<sup>98</sup>. Die Weidegemeinschaften werden in der Agrarstrukturerhebung nicht erfasst. Somit verdoppelt sich die in Garmisch-Partenkirchen bewirtschaftete Fläche auf ungefähr 2000 ha. Diese Gemeinschaften bewirtschaften neben den Almen, auf denen insbesondere Schafe und Jungvieh gesömmert werden, auch Heimweiden in unmittelbarer Ortsnähe. Die Mitgliedsbetriebe der Genossenschaften nutzen die Heimweide mit ihren Milch- und Mutterkühen. Zusätzlich weidet das gealpte Vieh dieser Betriebe vor und nach der Alpung auf diesen Flächen. Somit grast das Vieh ungefähr fünf Monate pro Jahr auf den Flächen der Weidegemeinschaft.

Die gesamte LF der Mitgliedsbetriebe der Weidegemeinschaft Garmisch summiert sich auf knapp 220 ha, während die Weidegemeinschaft über 600 ha Lichtweide bewirtschaftet. Die meisten Flächen der Weidegemeinschaft Garmisch sind im Eigentum der bayerischen Staatsforstverwaltung. Die Mitgliedsbetriebe verfügen über ein verbrieftes, unentgeltliches, an die Hofstelle gebundenes gemeinschaftliches Niesbrauchsrecht für die Weide- sowie für die Brenn- und Bauholznutzung<sup>99</sup>. 2004 wurden insgesamt 420 Großvieheinheiten (GV) aufgetrieben, davon über die Hälfte Fremdvieh<sup>100</sup>. Die in den letzten Jahren regelmäßig erwirtschafteten Überschüsse der Weidegemeinschaft werden entsprechend der jeweiligen Auftriebszahlen auf die Mitgliedsbetriebe umgelegt.

---

<sup>98</sup> Einschließlich der Ödland- und Waldweidefläche nutzen die Weidegemeinschaften über 10.000 ha.

<sup>99</sup> Holznutzung nur für den Eigenbedarf.

<sup>100</sup> Knapp die Hälfte der Tiere auf der Gemeinschaftsweide stammt von den 27 Mitgliedsbetrieben. Ungefähr 20 weitere garmischer Betriebe können die Almflächen zu ähnlichen Konditionen wie die Mitgliedsbetriebe nutzen und stellen ungefähr ein knappes Viertel der aufgetriebenen Tiere. Fremdviehbetriebe von außerhalb Garmischs müssen ein geringes Weidegeld entrichten. Von diesen Betrieben stammt knapp ein Drittel des Bestoßes.

### **7.1.4 Betriebe der Weidegemeinschaft Garmisch e. G.**

In den Jahren 2004 wurden von den 27 Mitgliedsbetrieben der Weidegemeinschaft Garmisch neun Betriebe im Rahmen des Forschungsprojektes LACOPE ausführlich befragt<sup>101</sup>. In diesen ein- bis zweistündigen Interviews wurden u. a. folgende Themenbereiche behandelt:

- die aktuelle Ausstattung und Ausrichtung der Betriebe,
- die Einstellung des Betriebsleiters zur landwirtschaftlichen Tätigkeit und die Zufriedenheit mit dieser,
- die wirtschaftliche Bedeutung der landwirtschaftlichen Tätigkeit für das Familieneinkommen,
- die Pläne des Betriebsleiters für die Entwicklung des Betriebes in den nächsten Jahren,
- die Perspektive für die Hofnachfolge,
- Fragen zur Nutzung und Bedeutung der Weidegemeinschaft für den Betrieb.

Für weitere 16 Betriebe wurden mithilfe der InVekoS Daten und eines ungefähr zehnmütigen Telefoninterviews Informationen zur gegenwärtigen Nutzung des Betriebes und der jeweiligen Zukunftsperspektiven erhoben. Zwei Betriebe weigerten sich, Daten bereitzustellen. Von den 25 Betrieben werden nur 20 im Modell abgebildet. Die fünf nicht berücksichtigten Betriebe halten jeweils weniger als ein GV und bewirtschaften gleichzeitig weniger als 2 ha. Die im Modell berücksichtigten Betriebe sind geringfügig größer als die in der Agrarstrukturerhebung erfassten (Tab. 29). Die Verteilung über die Größenklassen entspricht ungefähr den Werten für Garmisch-Partenkirchen. Bei den kleinsten Betrieben handelt es sich überwiegend um Schafhalter, während die vom Viehbesatz und der Fläche größten Betriebe Mutterkühe und / oder Pensionspferde halten. Bei allen befragten Betriebsleitern stammt der Großteil des Haushaltseinkommens aus außerlandwirtschaftlichen Quellen. Insbesondere bei den kleineren Betrieben trägt die Landwirtschaft (fast) nichts zum Lebensunterhalt bei.

---

<sup>101</sup> Insgesamt wurden 56 Betriebe im bayerischen Alpenraum befragt (ROEDER *et al.*, 2005).

**Tab. 29: Kennzahlen der im Modell abgebildeten Betriebe für das Jahr 2004 (n = 20)**

	Minimum	25 % Quantil	Mittelwert	75 % Quantil	Maximum
Viehbestand pro Betrieb (in GV)	2	4,1	10,7	16,8	33
landwirtschaftliche Nutzfläche (in ha)	2,3	5,3	11,3	15,7	41,1
Viehbesatz unkorrigiert (in GV / ha) <sup>1)</sup>	0,38	0,80	0,90	1,16	1,56
Viehbesatz korrigiert (in GV <sub>korrt</sub> / ha) <sup>2)</sup>	0,22	0,47	0,55	0,68	0,92

Quelle: eigene Erhebung

1) Viehbestand des Betriebes bezogen auf die in Eigenregie bewirtschaftete LF des Betriebes

2) Viehbesatz unkorrigiert multipliziert mit  $((365 - \text{Nutzungsdauer der Fläche der Weidegemeinschaft in Tagen})/365)$

Der Viehbesatz der Betriebe liegt im Mittel bei 0,9 GV / ha. Obwohl die Produktivität der einzelnen Flächen sehr ähnlich ist und die tierischen Leistungen nur geringe Unterschiede zwischen den Betrieben aufweisen, sind von diesem mittleren Viehbesatz verhältnismäßig große Abweichungen nach oben und unten zu beobachten. Der Besatz von 0,9 GV / ha ergibt sich, wenn der betriebliche Viehbestand zum Zeitpunkt der Viehzählung<sup>102</sup> auf die LF bezogen wird, die von dem jeweiligen Betrieb in Eigenregie bewirtschaftet wird. Berücksichtigt man den Umstand, dass die Tiere bis zu 150 Tage betriebsfremde Flächen nutzen, reduziert sich im Schnitt der Viehbesatz auf 0,55 GV / ha. Dieser Wert liegt in der Nähe des Mindestviehbesatzes von 0,5 GV / ha, die vom Betrieb eingehalten werden muss, um die Ausgleichszahlungen und die KuLaP-Förderung für die Flächen zu erhalten (vgl. BayStMLF, 2004).

### 7.1.5 Produktionsverfahren und Betriebstypen

Garmisch-Partenkirchen liegt in einem Realteilungsgebiet. Für das Wirtschaftsgrünland beträgt die mittlere Feldstücksgröße der befragten Betriebe gut 0,7 ha. Basierend auf einer Luftbildauswertung, Angaben der Betriebsleiter und den InVeKoS Daten werden den von den Betrieben bewirtschafteten Flächen insgesamt fünf Strukturtypen<sup>103</sup> zugewiesen (Tab. 30). Die Strukturtypen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Produktivität, Flächengröße, Flächenstruktur und Erschließung. Basierend auf diesen Merkmalen werden die Bewirtschaftungskosten und der zur Bewirtschaftung nötige Arbeitszeitbedarf in Abhängigkeit vom Verfahren und Ort der Durchführung bestimmt. Mit der vorgenommenen Unterteilung ergibt sich für das Modell eine mittlere Feldstücksgröße für das Wirtschaftsgrünland von 0,8 ha. Die Flächen können mit fünf verschiedenen Mahd- und vier verschiedenen Weideverfahren bewirtschaftet werden. Zwei Verfahren,

<sup>102</sup> Dezemberzählung

<sup>103</sup> Vgl. Kap. 3.3

die einschürige Streuwiesennutzung und die Standweide, können nur auf je einem Flächentyp durchgeführt werden. Die standortbürtige Produktivität des Wirtschaftsgrünlandes ist so hoch, dass bei der angenommenen Bewirtschaftungsintensität eine zusätzliche Nachpflege nötig wäre, die weitere Kosten verursacht. Aus diesem Grund muss das Wirtschaftsgrünland mindestens als zwei- bis dreischürige Heuwiese oder als extensive Umtriebsweide genutzt werden (vgl. Tab. 30). Zur Nutzung des Wirtschaftsgrünlandes stehen somit sieben verschiedene Verfahren bzw. Intensitätsstufen zur Verfügung. In Abhängigkeit von der Flächenstruktur und äußeren Erschließung des Wirtschaftsgrünlandes verändert sich v. a. der Arbeitszeitaufwand, der zur Bewirtschaftung der Flächen benötigt wird. Im Untersuchungsgebiet nimmt tendenziell mit zunehmender Entfernung vom Ortszentrum die durchschnittliche Schlaggröße zu. Aus diesem Grund wird für Flächen mit einer günstigen Flächenstruktur eine Feld-Hof Entfernung von 2 km unterstellt. Dies hat zur Folge, dass diese Flächen nicht als Portionsweide genutzt werden können<sup>104</sup>. Prinzipiell können alle Verfahren, die Futterkonserven (Heu, Grassilage) bereitstellen, im Lohn vergeben werden. Einschränkend wird davon ausgegangen, dass sich kein Lohnunternehmer finden wird, der die Flächen mit ungünstiger Flächenstruktur bewirtschaftet. Alle Flächen des Wirtschaftsgrünlandes können vom Landwirt in Eigenregie gemulcht werden. Auf den Streuwiesen ist dies aufgrund von Auflagen vonseiten des Naturschutzes und auf den Almen und Hutungen aufgrund der Flächenstruktur und insbesondere der Hangneigung nicht möglich. In der folgenden Auswertung der Ergebnisse werden die Verfahren entsprechend ihrer Intensität klassifiziert. Dabei werden die einschürige Wiesennutzung, die Standweide und die extensive Umtriebsweide als extensive, die zwei- bis dreischürige Wiesennutzung und die intensive Umtriebsweide als mittelintensive und die dreischürige Wiesennutzung und die Portionsweide als intensive Verfahren bezeichnet.

---

<sup>104</sup> Auf Portionsweiden werden insbesondere Milchkühe geweidet. Es ist sehr unwahrscheinlich ist, dass die Milchkühe mindestens zweimal am Tag zwei Kilometer getrieben werden (vgl. Tab. 30).

**Tab. 30: Differenzierung der im Modell abgebildeten Verfahren der Flächennutzung basierend auf den Angaben der Betriebsleiter**

	Fläche (in ha)	Verfahren							
		1 schürig (Streu)	2 bis 3 schürig (Heu)	3 schürig <sup>1)</sup>	Stand- weide	Umtriebs- weide <sup>2)</sup>	Portions- weide	Mulchen	
Hutungen und private Almen	33,9	-	-	-	E	-	-	-	
Streuwiesen	17,9	E / L	-	-	-	-	-	-	
Wirtschafts- grünland	ungünstig <sup>3)</sup>	55,7	-	E	E	-	E	E	E
	mittel <sup>4)</sup>	71,5	-	E / L	E / L	-	E	E	E / L
	günstig <sup>5)</sup>	45,0	-	E / L	E / L	-	E	-	E / L

Quelle: eigene Erhebung

1) je ein Verfahren zur Gewinnung von Heu, Grünfutter und Grassilage

2) zwei Verfahren unterschiedlicher Intensität

3) ungünstige Struktur: Schlaggröße 0,5 ha; Feld-Hof-Entfernung 500 m; kein Einsatz von Lohnunternehmern möglich

4) mittlere Struktur: Schlaggröße 1 ha; Feld-Hof-Entfernung 1 km

5) günstige Struktur: Schlaggröße 2 ha; Feld-Hof-Entfernung 2 km

E: Durchführung mit Eigenmechanisierung möglich

L: Durchführung im Lohn möglich

Die Tierhaltung wird mit fünf verschiedenen Verfahren abgebildet (Tab. 31). Diese werden bei der Färsenmast hinsichtlich der Höhe der täglichen Zunahmen und bei der Milchkuhhaltung<sup>105</sup> hinsichtlich der jährlichen Milchleistung weiter differenziert. Insgesamt ist die Milchleistung der untersuchten Betriebe mit einer maximalen Milchleistung von weniger als 5.000 kg pro Kuh und Jahr als sehr gering einzustufen. Ferner unterscheiden sich die Tierhaltungsverfahren hinsichtlich der Art und Intensität der Fütterung. So können die Agenten bei der Haltung von Milchkühen unter anderem zwischen einer Ganzjahresstallhaltung, einer Sommerweidehaltung, einer Winterfütterung mit Heu oder einer mit Grassilage wählen. Darüber hinaus unterscheiden sich die Verfahren dahingehend, ob alle Tiere eines Verfahrens die Flächen der Gemeinschaftsweide (GW) nutzen, oder nur die Färsen oder die GW gar nicht genutzt wird.

<sup>105</sup> Incl. Milchkälbermast



**Tab. 31: Differenzierung der im Modell abgebildeten Tierhaltungsverfahren hinsichtlich tierischer Leistung, Zusammensetzung der Futtration und der Nutzung der Flächen der Gemeinschaftsweiden (GW)**

	Milchleistung / tägliche Zunahme	Nutzung der Almen und Heimweiden	Zusammensetzung der Futtration im „Talbetrieb“
<i>Färsenmast</i>	✓ (4)	✓ (2)	✓ (2)
<i>Ochsenmast</i>	-	-	-
<i>Mutterkühe</i>	-	✓ (2)	✓ (6)
<i>Milchkühe</i>	✓ (2)	✓ (3)	✓ (6)
<i>Milchkälbermast</i>	✓ (2)	✓ (3)	✓ (6)

✓ Verfahren ist in mehrere Varianten differenziert (in Klammern Anzahl der unterschiedlichen Varianten)

- Verfahren ist nur mit einer Variante abgebildet

Quelle: eigene Erhebung

Zwei Verfahren der Tierhaltung, die von den Betrieben durchgeführt werden, werden für die Modellierung nicht berücksichtigt. Dies sind die Pensionspferdehaltung und die Schafhaltung. Erstere wird nur von einem Betrieb in einem relevanten Umfang durchgeführt (15 Pferde). Die Erlöse der Pensionspferdehaltung hängen stark von der lokalen Marktsituation ab. Aus diesem Grund wurde auf eine gesonderte Darstellung verzichtet. Schafe repräsentieren etwas mehr als 10 % des Viehbestandes der Mitgliedsbetriebe der Weidegemeinschaft Garmisch. Ferner halten die meisten Betriebe sowohl Rinder als auch Schafe und zwar in denselben Gebäuden. Darüber hinaus sind die Ansprüche von Schafen an die Futterqualität mit denen von Mutterkühen vergleichbar. Bezogen auf die GV liegen bei beiden Verfahren auch die benötigten Futtermengen, der zu leistende Betreuungsaufwand und die Erlöse in einer ähnlichen Größenordnung (RegMFr, 2003). Aus diesen Gründen wird die Schafhaltung im Modell nicht gesondert ausgewiesen. Die Schafhaltung und die Pensionspferdehaltung werden in der folgenden Modellanwendung über die Mutterkuhhaltung abgebildet, dabei werden Mutterschafe zu Mutterkühen 7 : 1 und Pensionspferde in Mutterkühe 1 : 1 umgerechnet.

Insgesamt stehen den Betrieben neun verschiedene Stalltypen zur Verfügung. Diese reichen von einem Milchkuhstall mit fünf Plätzen bis zu einem Mutterkuhstall mit 120 Plätzen (Tab. 32). Ställe für Milchkühe unterscheiden sich insbesondere dadurch von Mutterkuhställen, dass sie zusätzliche Gebäude und Geräte für das Melken und die Lagerung der Milch benötigen. Bei allen Ställen mit weniger als 25 Plätzen wird von einer Anbindehaltung ausgegangen. In diesen Ställen können von einem Agenten gleichzeitig Milch- und Mutterkühe gehalten werden. Bei den Milchkuhställen mit 40 und mehr Plätzen und den Mutterkuhställen sind Laufställe unterstellt. In Laufställen können entweder Milch- oder Mutterkühe gehalten werden. In allen Ställen ist immer die Haltung von Mastfärsen und Ochsen möglich, unabhängig davon, ob in diesem Stall noch andere Tierhaltungsverfahren durchgeführt werden.

**Tab. 32: Zuordnung der Tierhaltungsverfahren zu den Stalltypen**

	Milchkuhstall (Plätze)					Mutterkuhstall (Plätze)			
	5	15	25	40	60	15	30	60	120
<i>Färsenmast</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Ochsenmast</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Mutterkühe</i>	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓
<i>Milchkühe</i>	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
<i>Milchkälbermast</i>	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-

Quelle: eigene Erhebung

Den Modellbetrieben können 18 verschiedene Betriebstypen unterschiedlicher Größen und Ausrichtung zugewiesen werden. Von diesen ermöglichen vier nur die Minimalbodenbewirtschaftung. Die Tierhaltung kann mit insgesamt 14 verschiedenen Betriebstypen durchgeführt werden, davon ermöglichen zehn die Haltung von Milchkühen. Dies wird ergänzt um einen Betriebstyp, der die Aufgabe der Landwirtschaft ermöglicht.

Tab. 33 bietet einen Überblick über die verwendeten Datengrundlagen. Die Daten beruhen überwiegend auf einschlägigen Standarddaten zur Betriebsplanung und entsprechen weitgehend den in Kap. 3.2.1 aufgeführten Quellen. Diese werden insbesondere hinsichtlich der zu erwartenden Naturalerträge mit eigenen Erhebungen vor Ort ergänzt.

**Tab. 33 Verwendete Datengrundlagen**

<i>Kenngröße</i>	<i>Quelle</i>
Kapitalbedarf der Module und Betriebstypen	KTBL (2002b, d, 2004)
pagatorische Festkosten der Module und Betriebstypen	KTBL (2002b, d, 2004); LfL (2003)
variable Kosten der Produktionsverfahren	KTBL (1990, 2002b, c, e); RegMFr (2003)
Arbeitszeitbedarf der Tierhaltungsverfahren in Abhängigkeit von der Art des Verfahrens, der Art des Stalles und der Bestandesgröße	KTBL (1990, 2002c, e)
Rationen der Tierhaltungsverfahren	KIRCHGESSNER (1992)
Naturalerträge der Tierhaltungsverfahren	eigene Erhebung, LBA (2001), LfL (2006a)
Arbeitszeitbedarf der Pflanzenbauverfahren in Abhängigkeit von der Art des Verfahrens, der Struktur der Fläche und der Größe der eingesetzten Maschinen	KTBL (2002a)
Naturalerträge der Verfahren des Pflanzenbaus	eigene Erhebung, LBA (2000)
Almwirtschaft	eigene Erhebung, HANDLER et al. (1999)
staatliche Förderungen	BayStMELF / BayStLU (2003), LfL (2006a)
Preise für Milch und Rindfleisch	BLW (2007), LfL (2006a)

Quelle: eigene Darstellung

## 7.2 Methodik

Zur Berechnung der Kombination von Gleichgewichtspachtpreisen wird die in Kap. 5 entwickelte Methode verwendet. Bei der Berechnung der nachfolgenden Szenarien ergibt sich jedoch das Problem, dass z. T. nur suboptimale Pachtpreiskombinationen gefunden werden. Dies hat folgenden Grund: drei der fünf Strukturtypen, für die ein Marktpreis ermittelt werden soll, können sich fast beliebig gegenseitig substituieren. Dies sind die drei Typen des Wirtschaftsgrünlandes. Aus Sicht der Agenten beeinflussen nur drei Merkmale die Präferenz für eine der drei Kategorien. Dies sind der zur Bewirtschaftung nötige Arbeitsaufwand, die Arbeitskosten sowie der Pachtpreis. Daraus ergibt sich die in Gleichung 24 dargestellte Entscheidungsregel für die Wahl der Flächenkategorie zur Durchführung eines Verfahrens. Weist in Folge einer Änderung des Pachtpreises Flächenkategorie  $\alpha$  marginal geringere Kosten auf als Flächenkategorie  $\beta$ , wird nun der gesamte Umfang der bisher bei Kategorie  $\alpha$  nachgefragt wurde, bei Kategorie  $\beta$  nachgefragt.

### Gleichung 24:

$$\min\{pp(\alpha) + l(b, pv, \alpha) * la(bl), pp(\beta) + l(b, pv, \beta) * la(bl)\}$$

$la(bl)$  := Lohnansatz des Betriebsleiters  $bl$  (EUR / AKh)

$pp(\alpha), pp(\beta)$  := Pachtpreis der Flächenkategorien  $\alpha$  und  $\beta$  (in EUR / ha)

$l(b, pv, \alpha), l(b, pv, \beta)$  := Arbeitsaufwand des Betriebes  $b$  zur Bewirtschaftung der Flächenkategorien  $\alpha$  und  $\beta$  mit dem Produktionsverfahren  $pv$  (in Akh / ha)

Zusätzlich zeigt ein Blick auf Anhangstab. 1, dass die Lohnansätze der einzelnen Agenten nicht gleichmäßig über den gesamten Wertebereich verteilt sind<sup>106</sup>. Dies hat zur Folge, dass bei einer Änderung des Verhältnisses der Pachtpreise zueinander oft mehr als ein Agent die Zusammenstellung der von ihm bewirtschafteten Flächenkategorien modifiziert. Als Konsequenz reagiert die Höhe der Nachfrage nach den einzelnen Flächenkategorien, und damit die Fitness, z. T. extrem empfindlich auf marginale Änderungen der Pachtpreise, wenn ein bestimmtes Verhältnis der Pachtpreise zueinander nicht eingehalten wird. Mit dieser Situation hat der verwendete Algorithmus Probleme. Dies soll folgende Überlegung verdeutlichen. Man stelle sich einen dreidimensio-

---

<sup>106</sup> Der Lohnansatz liegt bei fünf Agenten zwischen 3 und 4,25 EUR / AKh, bei drei Agenten zwischen 7,50 und 8 EUR / AKh und bei vier Agenten zwischen 20,50 und 21,00 EUR / AKh.

nen Raum vor. Auf der X- und der Y-Achse sind die Pachtpreise für zwei Flächenkategorien abgetragen, auf der Z-Achse die Fitness der Pachtpreiskombination. Liegt eine enge Substitutionsbeziehung zwischen den beiden Flächenkategorien vor, liegen die besten Kombinationen<sup>107</sup> auf einer Linie und bilden im dreidimensionalen Raum einen Grat. Der in Kap. 5 entwickelte Algorithmus findet nun zwar relativ schnell einen Punkt auf dem Grat, es ist ihm aber fast unmöglich, sich entlang des Grates zu bewegen, da er über keinen Teilalgorithmus verfügt, mit dessen Hilfe er das richtige Verhältnis bestimmen kann, in dem er zwei oder mehrere Pachtpreise<sup>108</sup> gleichzeitig verändern muss<sup>109</sup>.

Dieses Problem wird wie folgt gelöst: In einem ersten Schritt wird basierend auf dem Algorithmus eine erste Näherungslösung bestimmt. In einem zweiten Schritt werden ausgehend von dieser Lösung manuell abgeschätzte Pachtpreiskombinationen getestet. Dabei werden insbesondere die Gesamtflächennachfrage und die Gesamtnachfrage nach Flächenkategorien, die sich gegenseitig substituieren können, berücksichtigt. Diese von Hand verbesserte Pachtpreiskombination wird wieder in den Algorithmus eingespeist und optimiert.

Nur in Ausnahmefällen gelingt es dem Algorithmus, eine Pachtpreiskombination zu ermitteln, bei der es zu einer exakten und vollständigen Räumung aller Teilmärkte kommt. Meistens ist bei den besten Lösungen die Flächennachfrage geringfügig größer oder kleiner als das Flächenangebot. Aus diesem Grund werden zur Absicherung der Szenarioergebnisse zwei Varianten *a* und *b* gerechnet. Bei der Ersten wird das Pachtpreisniveau so gewählt, dass die Flächennachfrage das Angebot geringfügig übersteigt; während bei der Zweiten der umgekehrte Fall vorliegt. Aus diesen beiden Varianten wird der Mittelwert gebildet, wenn es der entsprechende Indikator gestattet. Meist reicht eine Änderung des Pachtpreises um wenige Cent aus, um in der Nähe der Gleichgewichtslösung einen Nachfrageüberschuss in ein Nachfragedefizit zu verwandeln und um-

---

<sup>107</sup> Wenn es mehr als eine Kombination gibt, die bei Gleichung 20 dasselbe Ergebnis haben, sich aber beim Wert des zweiten Fitnessparameters unterscheiden.

<sup>108</sup> Mithilfe des in Kap. 5.2 entwickelten Algorithmus kann ein Punkt entweder in einer oder in mehreren Raumdimensionen gleichzeitig bewegt werden.

<sup>109</sup> Die Situation ist vergleichbar mit der eines blinden Bergsteigers, der nur über ein extremes Kurzzeitgedächtnis verfügt, und den Gipfel eines Berges erreichen will. Dieser Bergsteiger verwende die folgende Heuristik: er geht zu einem neuen Punkt dann, wenn er höher liegt als der tiefste Punkt, an den sich der Bergsteiger erinnern kann. Bewegt er sich entlang der Flanken oder im welligen Terrain, wird er mit diesem Verfahren ein brauchbares Ergebnis erzielen, solange die Schrittweite angemessen gewählt wird. Befindet er sich nun auf dem Grat, sieht die Situation anders aus, insbesondere dann, wenn alle seine Referenzpunkte auf dem Grat liegen. Um sich überhaupt noch zu bewegen, muss er den Grat exakt treffen, da alle Punkte abseits des Grates deutlich unterhalb des bisherigen schlechtesten Punktes liegen. Liegen aber alle Referenzpunkte auf dem Grat, sind sowohl die möglichen Bewegungsrichtungen als auch die Schrittweite begrenzt, sodass eine Verbesserung nur sehr langsam erfolgt.

gekehrt. Um die Kenngrößen für die Landnutzung trotz des leicht unterschiedlichen Umfanges der genutzten Fläche zu erleichtern, werden die im Modell ermittelten Werte auf die Regionsfläche standardisiert. Sozialbrache wird nur dann berücksichtigt, wenn für den entsprechenden Strukturtyp keine Zahlungsbereitschaft besteht.

### 7.3 Szenarien

2003 erfolgte eine tief greifende Umgestaltung der EU-Agrarpolitik. Unter Verwendung von Szenariokalkulationen sollte die mittelfristigen Auswirkungen dieser Umgestaltung abgeschätzt werden. Als Bezugszeitraum wird die Periode von 2004 bis 2013 gewählt.

Die Änderung der EU-Agrarpolitik betraf insbesondere die Kriterien, an die die Gewährung von Direktzahlungen im Rahmen der 1. Säule gebunden ist. Die Zahlungen, die von 1992 bis 2004 nur für bestimmte Kulturen und Arten von Nutztieren geleistet wurden, wurden mit der Verordnung des Rates 1782/2003 und den Verordnungen der Kommission 765/2004 und 796/2004 von der Produktion entkoppelt. Deutschland war einer der wenigen Staaten, die sich zum einen für eine vollständige Entkopplung der Zahlungen und zum anderen für die Einführung einer einheitlichen regionalen Flächenprämie entschieden (KOM, 2006). Nach einer Übergangsphase soll 2013 eine regional einheitliche Flächenprämie für Acker- und Grünland gewährt werden. Diese Flächenprämie soll in Bayern etwa 340 EUR pro ha betragen (BMVEL, 2005, S. 123).

Die entkoppelten Zahlungen sind nicht mehr an den Anbau von bestimmten Kulturen oder die Haltung bestimmter Nutztiere gebunden. Allerdings muss die Bewirtschaftung der Flächen sicherstellen, dass sowohl die Cross Compliance Verpflichtungen eingehalten werden, als auch dass sich die Fläche in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand befindet. Für die landwirtschaftlichen Betriebe im bayerischen Alpenraum waren bis 2003 die Zahlungen aus der 2. Säule höher als jene aus der 1. Säule (vgl. ROEDER *et al.*, 2005). Allerdings erhält ein Landwirt die Ausgleichszulage (AZ) nur, wenn die Flächen zur Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte genutzt werden (BMVEL, 2006). Um am KuLaP teilzunehmen, ist bei der Grünlandbewirtschaftung die Einhaltung eines Mindestviehbesatzes erforderlich<sup>110</sup>. Da die auf dem Markt gehandelte Menge an Grundfutter, insbesondere Heu, verhältnismäßig gering ist und kein befragter Landwirt Heu verkauft, werden diese Auflagen im Modell so umgesetzt, dass die Betriebe

bei Programmteilnahme mindestens einen Viehbesatz von 0,5 GV / ha aufweisen. Im Gegensatz zur gegenwärtigen Regelung im KuLaP wird bei einer Unterschreitung des Mindestviehbesatzes die Förderung prozentual gekürzt. Hat ein Betrieb nur einen Viehbesatz von 0,4 GV / ha erhält er nur 80 % der Förderung<sup>111</sup>.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden die Auswirkungen von zwei agrarpolitischen Szenarien (*Sz 1*, *Sz 2*), die die Entkopplung umsetzen, mit einem Szenario verglichen, das die Referenzsituation des Jahres 2004 (*Ref*) fortschreibt. Bei *Sz 1* wird die 2. Säule im bisherigen Umfang beibehalten und Kürzungen erfolgen im Rahmen der 1. Säule, so dass ein hoher Anteil der Zahlungen an die Einhaltung eines Mindestviehbesatzes gebunden ist (Tab. 34). Im Gegensatz dazu bleibt bei *Sz 2* die 1. Säule in nahezu unverändertem Umfang erhalten und Kürzungen erfolgen im Bereich der 2. Säule, sodass ein großer Teil der Zahlungen unabhängig vom Viehbesatz des Betriebes gewährt wird. Für die Flächen, die die Betriebe in Eigenregie bewirtschaften<sup>112</sup>, liegt das Gesamtförderniveau pro Hektar in etwa auf dem Niveau des Jahres 2004, die Förderung ist damit im Vergleich zu der im Jahr 2013 maximal erreichbaren erheblich abgesenkt<sup>113</sup>. Die Kontrollvariante *Init* unterscheidet sich vom Szenario *Ref* dadurch, dass in der Kontrollvariante keine Marktinteraktion zwischen den Agenten erfolgt und die Agenten Flächen zu einem exogen vorgegebenen Fixpreis pachten können.

---

<sup>110</sup> Vgl. die Entwürfe zur Programmplanung des KuLaP für die Periode ab 2007 (SEITZ, 2006) oder BayStMLF (2004).

<sup>111</sup> Der Anteil der Förderung, der im Modell gewährt wird, ergibt sich aus dem Viehbesatz des Agenten geteilt durch Mindestviehbesatz.

<sup>112</sup> Diese Flächen werden im Folgenden auch als Talflächen bezeichnet.

<sup>113</sup> Entsprechend der 2007 gültigen oder beabsichtigen Regelungen wären insgesamt 690 EUR / ha für die Talflächen (340 EUR Direktzahlung, 150 EUR KuLaP, und 200 EUR AZ) und 620 EUR / ha für die Almen (340 EUR Direktzahlung, 80 EUR KuLaP, und 200 EUR AZ) erreichbar.

**Tab. 34: Überblick über die im Rahmen der Szenarien veränderten Preise und Förderungen**

	<i>Förderung</i>	<i>Preise</i>
<b>Init / Ref</b>	wie angeboten im Jahr 2004 (vgl. BayStMLF, 2004; RegMfR, 2003; Deutscher Bundestag, 2004)	Milch: LfL (2006a) Mittelwert für die Jahre 1998-2003 Milchquotenpreis: 60 ct / kg (LfL, 2006b) Schlachtviehpreise: LfL (2006a) Mittelwert für die Jahre 1996-2003
<b>Sz 1</b>	400 EUR / ha (AZ & KuLaP); (besatzgebunden) 100 EUR / ha Direktzahlungen (nicht besatzgebunden) 360 EUR / ha Lichtweidefläche (Alm) <sup>1)</sup>	Milch: BLW (Mittelwert 2005/06) Milchquotenpreis: 49 ct / kg (ZMP, 2006a) Schlachtviehpreise: BLW (Mittelwert 2005/06)
<b>Sz 2</b>	200 EUR / ha (AZ & KuLaP); (besatzgebunden) 300 EUR / ha Direktzahlungen (nicht besatzgebunden) 360 EUR / ha Lichtweidefläche (Alm)	

Quelle: eigene Darstellung

1) Dies entspricht ungefähr den Zahlungen im Jahr 2006.

Gleichzeitig mit der Entkopplung der Direktzahlungen war mit Ausnahme des Milchpreises europaweit ein starker Anstieg der landwirtschaftlichen Erzeugerpreise zu beobachten (BLW, 2007; ZMP, 2006b; USDA, 2006). Aus diesem Grund werden für die Kalkulation der Szenarien die Preise für die Hauptprodukte Milch und Rindfleisch sowie für die Milchquote angepasst. Die wirtschaftlichen Kenngrößen der Almwirtschaft werden ebenfalls an die veränderte Fördersituation angepasst. Die Förderungen für die Almwirtschaft werden über die Auftriebszahlen auf die in Eigenregie bewirtschaftete Fläche umgelegt.

Neben den ungünstigen klimatischen und strukturellen Voraussetzungen wird die Landwirtschaft in Garmisch-Partenkirchen durch die sehr beengte Lage des Ortes in einem Talkessel erschwert. Nach Auskunft der befragten Landwirte vergibt die Gemeindeverwaltung deshalb Baugenehmigungen insbesondere im Außenbereich sehr restriktiv. Eine Erweiterung innerhalb des Ortes ist für die meisten Betriebe gegenwärtig aufgrund der beengten Lage nicht möglich. Dies hat zur Folge, dass die Betriebe gegenwärtig de facto keine Neubauten errichten können. Um den Einfluss dieser Beschränkung aufzuzeigen, werden bei den Szenarien je zwei Fälle unterschieden. Im ersten Fall können die Modellbetriebe im Gegensatz zum zweiten keine baulichen Investitionen tätigen.

Als dritte Einflussgröße wird die Betriebsleitereinstellung variiert. Neben einer Gruppe von Szenarien, bei der alle Betriebe durch die Wahl eines möglichst hohen Ansatzes der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter und eines möglichst hohen Lohnansatzes *aktiv* initialisiert sind, wird eine zweite Gruppe von Szenarien gerechnet, bei der diese Parameter möglichst niedrig gewählt werden (*passive* Initialisierung) (vgl. Kap. 4.4.2). Auf die Implementierung der

Agenten wird im Kap. 7.4 detailliert eingegangen. Tab. 35 gibt einen Überblick über die berechneten Varianten.

**Tab. 35: Übersicht über die berechneten Varianten**

Szenarioname	Investitionen möglich?	Betriebsleitereinstellung	
		aktiv	passiv
<b>Init</b>		X	X
<b>Ref</b>	nein	X	X
	ja	X	X
<b>Sz 1</b>	nein	X	X
	ja	X	X
<b>Sz 2</b>	nein	X	X
	ja	X	X

Quelle: eigene Darstellung

Bei allen Varianten werden in einem Rechengang mindestens 10 % der Altpachtfläche der einzelnen Modellbetriebe über den Pachtmarkt neu vergeben. Weitere Flächen werden verfügbar, wenn einzelne Agenten ihre Flächenausstattung freiwillig reduzieren oder sie ihre Betriebsziele nicht verwirklichen können und aus der Landwirtschaft ausscheiden.

#### 7.4 Implementierung und Justierung der Modellbetriebe

In diesem Abschnitt werden die Implementierung der Modellbetriebe und ihre Justierung erläutert. Insbesondere wird aufgezeigt, wie man mithilfe der Betriebsleitereinstellung die Art und Intensität der Landnutzung im Modell auf ihre beobachteten Umfänge justieren kann.

Die Zuordnung der Betriebstypen, der Milchquoten und Mutterkuhprämienrechte basiert auf den Angaben der Betriebsleiter. Die Flächen werden den Betrieben so zugewiesen, dass auf betrieblicher Ebene die Verteilung der Streuwiesen, der Hutungen und des Wirtschaftsgrünlandes korrekt abgebildet wird. Beim Wirtschaftsgrünland wird bei der Zuordnung der Flächen zusätzlich ihre Flächenstruktur<sup>114</sup> berücksichtigt. Ferner soll auf betrieblicher Ebene der Anteil der Pachtflächen in den einzelnen Strukturtypen mit der Realität übereinstimmen. Die Pachtpreise für die einzelnen Strukturtypen werden aus den Angaben der Betriebsleiter abgeleitet.

<sup>114</sup> Schlaggröße, Feld-Hof Entfernung



Der Ablauf der Implementierung erfolgt, wie in Kap. 4.3 beschrieben. Das Ziel der Implementierung ist es, über eine Veränderung des Wertes der Justierungsvariablen die Realität möglichst exakt abzubilden. Neben der Wahl des richtigen Betriebstyps basiert im vorliegenden Beispiel die Evaluierung der Güte der Implementierung auf den folgenden Kriterien:

- der Umfang und die Intensität der Grünlandbewirtschaftung,
- die Anzahl, der mit Milchkühen belegten Stallplätze,
- die Anzahl, der mit extensiv gehaltenen Wiederkäuern<sup>115</sup> belegten Stallplätze.

Bei der Implementierung werden die Betriebe einzeln gerechnet, d. h. ohne Interaktion auf dem Pachtmarkt. Auf die Einbeziehungen der Äußerungen der Betriebsleiter bzgl. ihrer Zukunftsperspektiven wird für die folgenden Modellrechnungen verzichtet, da mit Ausnahme von einem Betriebsleiter alle anderen Angaben, dass bei ihnen die Weiterbewirtschaftung des Betriebes für die nächsten 15-20 Jahre gewährleistet ist. Die Größe der einzelnen Stellgrößen wird mit der in Tab. 36 aufgeführten Genauigkeit bestimmt.

**Tab. 36: Messgenauigkeit, mit der die Stellgrößen bei der Justierung festgelegt werden**

Stellgröße	Einheit
Arbeitskraftkapazität ( $l_{MAX}$ )	750 AKh <sup>1)</sup>
Lohnansatz ( $la$ )	0,25 EUR / AKh
prozentuale Höhe des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten ( $ankk$ )	1 %
Unternehmensgewinn ( $profit_{MIN}$ )	50 EUR

Quelle: eigene Darstellung

1) Für die Arbeitskapazität ist das kleinste ganzzahlige Vielfache von 750 AKh unterstellt, bei dem der beobachtete Arbeitsumfang noch geleistet werden kann.

Für die erste Variante werden die Justierungsvariablen für die einzelnen Betriebe so festgelegt, dass sie möglichst frühzeitig auf Änderungen der Rahmenbedingungen reagieren (*aktive* Justierung; vgl. S. 82 ff.). Anhangstab. 1 gibt die Größe der einzelnen Justierungsvariablen für die verschiedenen Agenten bei einer *aktiven* Justierung wieder. Auffällig bei den Ergebnissen für eine *aktive* Justierung sind die hohen Lohnansätze der Agenten. Diese sind erforderlich, da sonst die Tiere nicht im beobachteten Umfang gealpt werden. Insbesondere bei den sehr kleinen Betrieben könnten die kalkulatorischen Kosten für die vorhandenen Investitionsgüter vollständig angesetzt werden, ohne dass für die entsprechenden Agenten die Wahl eines anderen Betriebstyps vorteilhafter ist. Im Gegensatz dazu ergeben sich für die etwas größeren Betriebe, die nur Mutterkühe in

<sup>115</sup> Hierbei handelt es sich überwiegend um Mutterkühe.

Anbindeställen<sup>116</sup> halten, negative Ansätze der kalkulatorischen Kosten, da der Umbau zu Laufställen<sup>117</sup> mit erheblichen Arbeitszeit- und damit Arbeitskosteneinsparungen verbunden wäre. Bei der gegebenen Justierung der anderen Parameter können die meisten Modellbetriebe nur implementiert werden, wenn ein negativer Wert für den geforderten Mindestgewinn gewählt wird.

Die Anhangsabb. 1 - Anhangsabb. 3 zeigen beispielhaft, dass sich die Ist-Situation und die Initialisierung (*Init*) nicht wesentlich hinsichtlich der Verteilung der Kriterien „landwirtschaftlich genutzte Fläche“ und „Belegung der Stallplätze mit Milch- bzw. Mutterkühen“ unterscheiden. Bei der Modellinitialisierung sind die Betriebe im Vergleich zur Realität im Schnitt ungefähr 2,2 ha zu groß und halten 1,7 Mutterkühe zuviel und 0,8 Milchkühe zu wenig. Sowohl in der Realität als in der Initialisierung halten weniger als die Hälfte der Betriebe Milchkühe (Anhangsabb. 3). Die Hauptursache für diese Abweichung ist der Umstand, dass die Kapazitäten der Stallgebäude der Realbetriebe trotz geringer absoluter Abweichung stark prozentual von denen der entsprechenden Agenten abweichen (Anhangstab. 3). Dies betrifft insbesondere die Betriebe, die Ställe mit einer Kapazität von fünf Stallplätzen nutzen.

Die Nachfrage nach Land ist in der Initialisierung etwas zu hoch<sup>118</sup>. Dies wird in Kauf genommen, um einen gewissen Druck Richtung Strukturwandel zu erzeugen und um zu gewährleisten, dass sich bei der Berechnung eines Marktmodells ein positiver Pachtpreis ergibt.

Für die *passive* Justierung wird der niedrigste nicht negative Lohnansatz gewählt, bei dem der Modellbetrieb noch eine Landnutzung durchführt, die mit der des Realbetriebes vergleichbar ist (Anhangstab. 2). Für die Festlegung der Höhe des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter kann kein vergleichbares Verfahren durchgeführt werden (S. 82 ff.). Aus diesem Grund wird der Ansatz im Vergleich zur *aktiven* Implementierung um 25 % verringert. Die Höhe der Mindestentnahmen wird um die verringerten Lohnkosten und kalkulatorischen Kosten erhöht. Darüber hinaus wird den Betrieben ein zusätzlicher Puffer in Höhe von 20 % ihres Cash-Flows eingeräumt.

Abb. 26 zeigt den Einfluss der Differenzierung der Betriebsleitereinstellung auf die Landnutzung am Beispiel des Szenarios *Ref*<sup>119</sup>. Hierzu wird zusätzlich zu den Varianten mit einer *aktiven* und

---

<sup>116</sup> mit einer Kapazität von 15 oder 25 Plätzen

<sup>117</sup> Mutterkuhstall mit einer Kapazität von 15 oder 30 Plätzen

<sup>118</sup> Im Gegensatz zum Szenario *Ref* wird in der Initialisierung (entspricht der Kontrollvariante *Init*) auf eine Marktinteraktion zwischen den Agenten verzichtet. Die Marktinteraktion sorgt für einen Ausgleich zwischen der Flächennachfrage und dem Flächenangebot.

<sup>119</sup> In allen Varianten können die Betriebe nicht investieren.

*passiven*<sup>120</sup> Betriebsleitereinstellung eine dritte Variante gerechnet, bei der alle Betriebe eine einheitliche Betriebsleitereinstellung haben. Bei der Variante wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

- die Höhe des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter beträgt 50 % des Ansatzes nach KTBL,
- die Höhe des geforderten Mindestgewinns beträgt 0 EUR,
- der Lohnansatz beläuft sich auf 5 EUR / AKh.

Hinsichtlich der betrachteten Kenngrößen unterscheidet sich die Variante ohne Differenzierung der Betriebsleitereinstellung sehr deutlich von der Ist-Situation (Abb. 26). So wird beispielsweise der Median der Betriebsgröße um mehr als den Faktor 6 überschätzt. Demgegenüber gelingt es den Varianten mit der einzelbetrieblichen Differenzierung der Betriebsleitereinstellung deutlich besser die Ist-Situation abzubilden. Nur hinsichtlich einer Kenngröße, der genutzten Fläche des ertragschwachen Grünlandes, liegt der Fehler bei der Abbildung der Ist-Situation bei allen Varianten in einer ähnlichen Größenordnung.

Bei den Varianten mit Berücksichtigung der Betriebsleitereinstellung liegt die Abweichung von der Ist-Situation für fast alle Parameter unter 25 %<sup>121</sup>. Abweichungen von mehr als 10 % sind bei den Varianten mit Differenzierung der Betriebsleitereinstellung meist auf den Basiseffekt zurückzuführen. Werden acht Kühe mit Nachzucht zu wenig gehalten, so entspricht dies einer Abweichung von 13 %. Beim Kriterium „genutzte Fläche ertragsschwaches Grünland“ führt die Nichtbewirtschaftung von 8 ha zu einer Abweichung von 16 % im Vergleich zur Ist-Situation. Bei den Varianten mit Differenzierung der Betriebsleitereinstellung wird die Zahl der Nebenerwerbslandwirte<sup>122</sup> unterschätzt. So ist für die *passive* Implementierung die Zahl der Nebenerwerbslandwirte um 30 % zu niedrig veranschlagt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Modellbetriebe so initialisiert sind, dass für sie meist eine etwas umfangreichere als die reale Flächenausstattung ideal ist. Durch die einsetzende Konkurrenz auf dem Pachtmarkt kommt es zu

---

<sup>120</sup> Um die Ergebnisse vergleichbar zu halten wird die passive Betriebsleiterstellung im Gegensatz zu dem Vorgehen für Kap. 7.5 ohne Cash-Flow-Puffer berechnet

<sup>121</sup> Für die meisten betrachteten Landnutzungsvariablen ist die Abweichung deutlich geringer.

<sup>122</sup> Als Nebenerwerbsbetriebe werden alle jene Betriebe angesehen, die weniger als 2000 betriebsnotwendige AKh pro Jahr aufweisen.

Verschiebungen zwischen den Märkten für die einzelnen Strukturtypen. Diese Verschiebungen können einige Betriebe nicht kompensieren<sup>123</sup>.

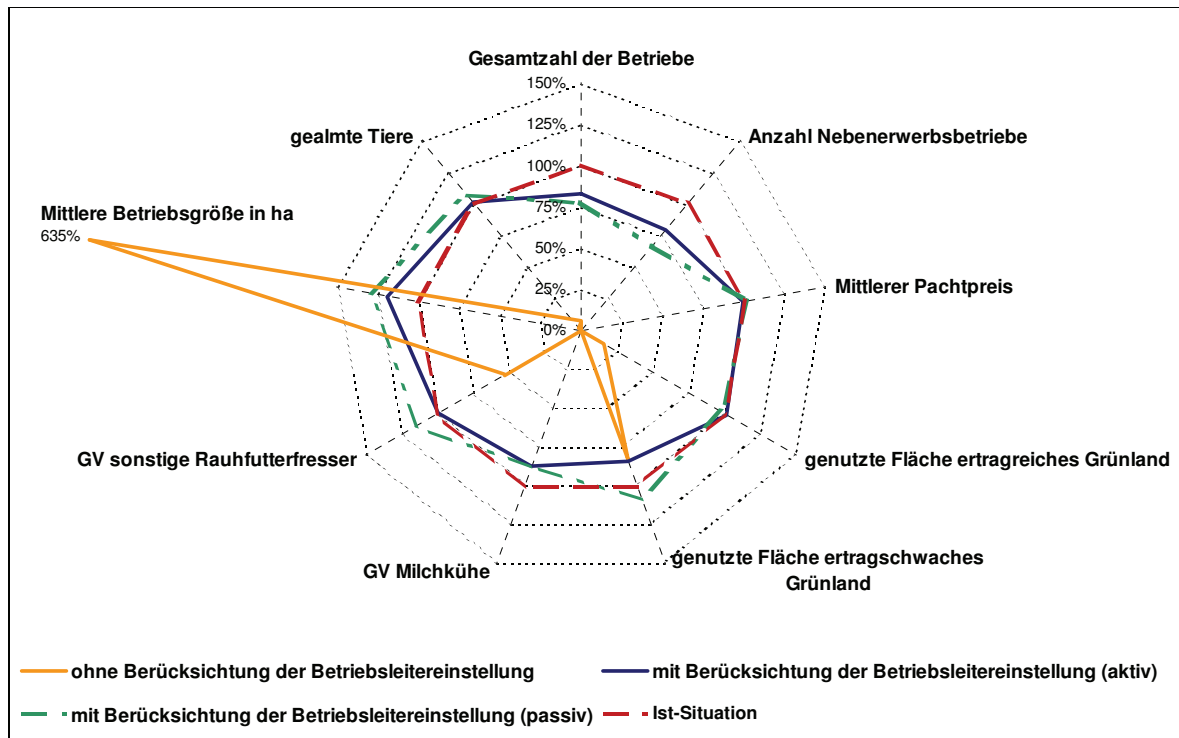


Abb. 26: Vergleich der Güte der Abbildung der Ist-Situation für verschieden Varianten mit und ohne betriebliche Differenzierung der Justierungsgrößen basierend auf dem Szenario Ref (Investitionen nicht zulässig)

Quelle: eigene Darstellung

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass in der Rechenvariante, bei der auf eine einzelbetriebliche Differenzierung der Betriebsleitereinstellung verzichtet wird, die Realität mit der beschriebenen Methode der Justierung nur unzufrieden stellend abgebildet werden kann. Aus diesem Grunde wird auf weiterführende Rechnungen verzichtet, die auf dieser Variante beruhen. Dagegen führen beide Varianten, in denen die Betriebsleitereinstellung aus der Organisation des Realbetriebes individuell abgeleitet wird, zu Ergebnissen, welche die Realität hinreichend genau wiedergeben. Bei der Justierung hat die Wahl der Betriebsleitereinstellung (*aktiv* oder *passiv*) nur einen vergleichsweise geringen Einfluss auf die in Abb. 26 dargestellten Kenngrößen. Insgesamt zeigt

<sup>123</sup> Ein weiteres Problem ist die korrekte Abschätzung des Pachtpreises für die einzelnen Strukturtypen in der Realität. Die Betriebsleiter konnten meist nur einen mittleren Pachtpreis für alle Pachtflächen nennen. Dieser variierte zwischen den Betrieben von 0 bis 100 EUR pro ha. Im Laufe der Befragung verdichtete sich der Eindruck, dass die Höhe weniger von der Qualität der Fläche als von der Art der persönlichen Beziehungen zwischen Pächter und Verpächter abhängt.

sich, dass eine *passive* Betriebsleitereinstellung bei der Justierung tendenziell zu einer intensiveren Landnutzung und Tierhaltung führt.

## 7.5 Ergebnisse

Die Präsentation der Ergebnisse der Modellrechnungen ist wie folgt gegliedert. Im ersten Abschnitt werden die Ergebnisse vorgestellt, die sich für die drei Szenarien ergeben, wenn von einer *aktiven* Betriebsleitereinstellung ausgegangen wird und die Agenten keine baulichen Investitionen tätigen können. Im darauf folgenden Kapitel werden die Ergebnisse für eine *passive* Einstellung bei sonst gleichen Voraussetzungen präsentiert. Bei der aktiven Initialisierung werden für die Höhe des Lohnansatzes (*la*) und den Ansatz der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter (*anck*) höhere Werte gewählt als bei der passiven Justierung. Dies sollte aufgrund der angestellten theoretischen Überlegungen dazu führen, dass die Modellbetriebe bei einer *aktiven* Justierung eher auf sich ändernde Rahmenbedingungen mit Anpassungen ihrer Betriebsstruktur reagieren (vgl. Kap. 4.4). Im letzten Abschnitt werden die Konsequenzen aufgezeigt, wenn die Restriktion aufgehoben wird, dass die Agenten keine Investitionen tätigen können.

In allen Kapiteln werden zu den Ergebnissen für die drei Szenarien zusätzlich die entsprechenden Resultate angegeben, wenn die Betriebe unter den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen des Szenarios **Ref** Flächen zu festen Preisen pachten können (Kontrollvariante **Init**)<sup>124</sup>.

Die drei folgenden Kapitel sind jeweils wie folgt aufgebaut. Zuerst wird die ökonomische Wertschöpfung in Abhängigkeit vom jeweiligen Szenarium dargestellt. Anschließend werden die entsprechenden Konsequenzen für die Agrarstruktur aufgezeigt. Danach werden die Auswirkungen der Szenarien auf die Flächenbewirtschaftung und die Tierhaltung dargelegt. Zum Schluss wird kurz auf die Arbeitswirtschaft eingegangen.

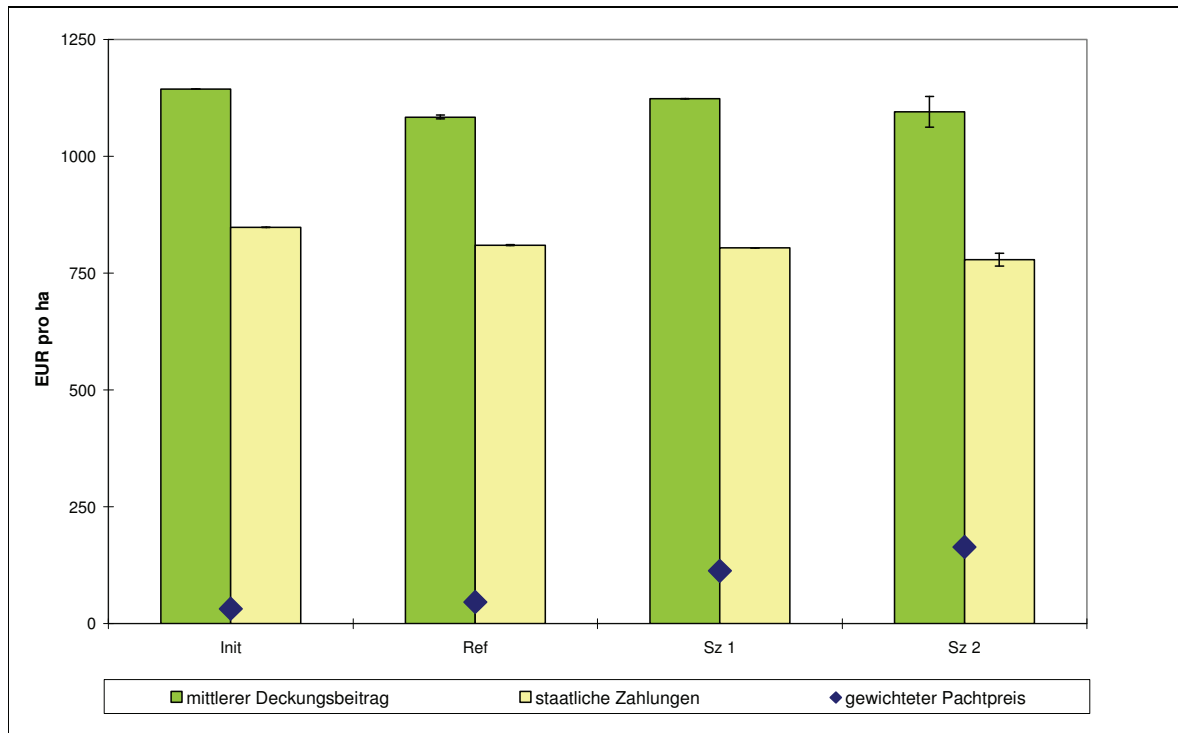
---

<sup>124</sup> Es erfolgt keine endogene Preisbildung auf dem Flächenmarkt.

### **7.5.1 Szenarien mit einer aktiven Betriebsleitereinstellung und ohne Investitionsmöglichkeit**

Bei allen drei Szenarien und der Kontrollvariante *Init* liegt der durchschnittliche Deckungsbeitrag vor Lohn und Flächenkosten bei ungefähr 1.100 EUR / ha (Abb. 27). Die Höhe der staatlichen Förderung beträgt unabhängig von den Rahmenbedingungen rund 800 EUR / ha. Allerdings ändert sich die Zusammensetzung der Förderung. Unter den Bedingungen der Kontrollvariante *Init* und des Szenarios *Ref* stammt die Hälfte der Mittel aus der 2. Säule der gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) und je knapp ein Viertel aus der 1. Säule und der auf die Talflächen umgelegten Almförderung, die wiederum aus der 2. Säule finanziert wird. Beim Szenario *Sz 1* bleibt der Anteil aus der 1. Säule bei ungefähr 200 EUR / ha, während er beim Szenario *Sz 2* auf 500 EUR / ha steigt. Vergleicht man die Ergebnisse einer Umsetzung der Entkopplung der EU-Direktzahlungen mit der Fortschreibung der Agenda 2000 (Szenario *Ref*), fällt auf, dass die Zahlungen aus der 1. Säule konstant bleiben oder steigen. Der Grund hierfür ist der Umstand, dass unter den Bedingungen der Agrarreform von 2003 auch die Almen in den Genuss von Geldern aus der 1. Säule kommen.

Ein deutlicher Effekt zeigt sich bei den Pachtpreisen. Diese sind umso höher, je höher der Anteil der Zahlungen ist, der nicht an die Einhaltung bestimmter Mindestintensitäten der landwirtschaftlichen Bodennutzung gebunden ist. Liegt der durchschnittliche Pachtpreis über alle Strukturtypen unter den Bedingungen vor der Entkopplung (*Init* und *Ref*) bei 30 bis 40 EUR / ha, steigt er bei einer Entkopplung mit geringen Auflagen an die Bewirtschaftung (*Sz 2*) auf fast 170 EUR / ha.



**Abb. 27: Deckungsbeitrag, Höhe der staatlichen Zahlungen und gewichteter Pachtpreis für Neupachtflächen unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und aktiver Justierung der Agenten**

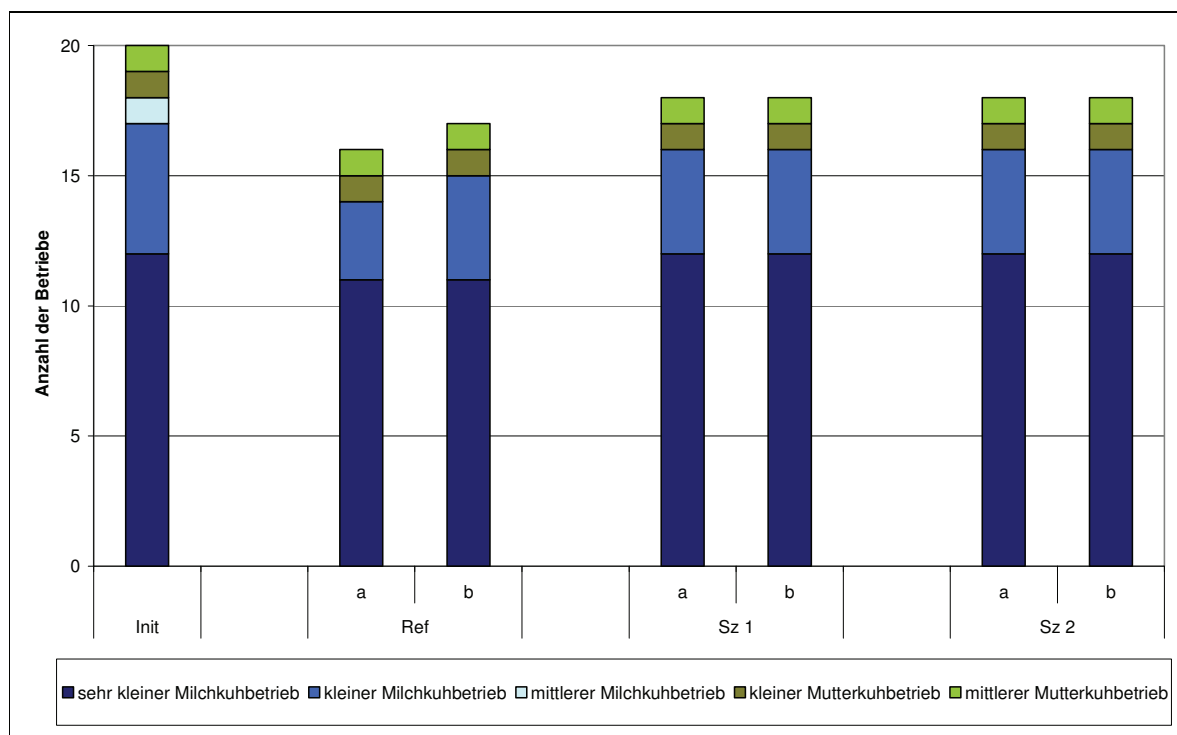
Quelle: eigene Darstellung

1) Jedes Szenario wird zweimal berechnet (vgl. Kap.7.2 S. 141). Die Fehlerbalken geben die Spannweite der Ergebnisse wieder, die sich aufgrund der zwei Wiederholungen ergibt.

Unabhängig vom gewählten Szenario liegt bei den meisten Betrieben der Deckungsbeitrag zwischen 800 und 1.200 EUR / ha (Anhangsabb. 4). Unter den Bedingungen der Kontrollvariante (*Init*) und abgeschwächt beim Szenario *Sz 2* sind die größten Unterschiede in den einzelbetrieblichen Ergebnissen zu beobachten. Die geringsten Ausschläge vom Mittelwert finden sich bei der Fortschreibung der Referenzsituation (*Ref*).

Beim Szenario *Ref* existieren nur noch dreiviertel der Betriebe, die in der Kontrollvariante *Init* vorhanden sind (Abb. 28). Insbesondere die Zahl der milchviehhaltenden Betriebe mit 15 und mehr Stallplätzen geht stark zurück (kleine und mittlere Milchkuhbetriebe), während die anderen Gruppen nahezu unverändert bleiben. Der ausgeprägte Rückgang dieser Gruppe hängt nicht mit der Ausstattung der Betriebe mit Investitionsgütern zusammen, sondern liegt in der spezifischen Ausstattung der Betriebe mit Flächen begründet. Obwohl das über alle Strukturtypen gemittelte Pachtpreinsniveau der Variante *Init* kaum von dem beim Szenario *Ref* abweicht (Abb. 27), kommt es bei den einzelnen Strukturtypen zu starken Veränderungen der Pachtpreise. So liegt für das Szenario *Ref* der im Modell ermittelte Gleichgewichtspachtpreis für schlechtes Grünland und

Almflächen ungefähr 100 EUR / ha über den jeweils in der Realität beobachteten Niveaus<sup>125</sup>. Dieser Preisanstieg wirkt sich insbesondere auf die drei „größeren“ Milchviehbetriebe aus, die aus der Produktion ausscheiden, da bei diesen Betrieben ungefähr 40 % der jeweiligen Nutzfläche diesen beiden Typen des ertragschwachen Grünlandes zuzurechnen ist. Für die gesamte Region beträgt der entsprechende Wert nur gut 20 %. Bei den beiden weiteren Szenarien (*Sz 1*, *Sz 2*) liegt die Zahl der Betriebe etwas oberhalb der Zahl, die sich beim Szenario *Ref* ergibt.



**Abb. 28: Strukturwandel unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und aktiver Justierung der Agenten**

Quelle: eigene Darstellung

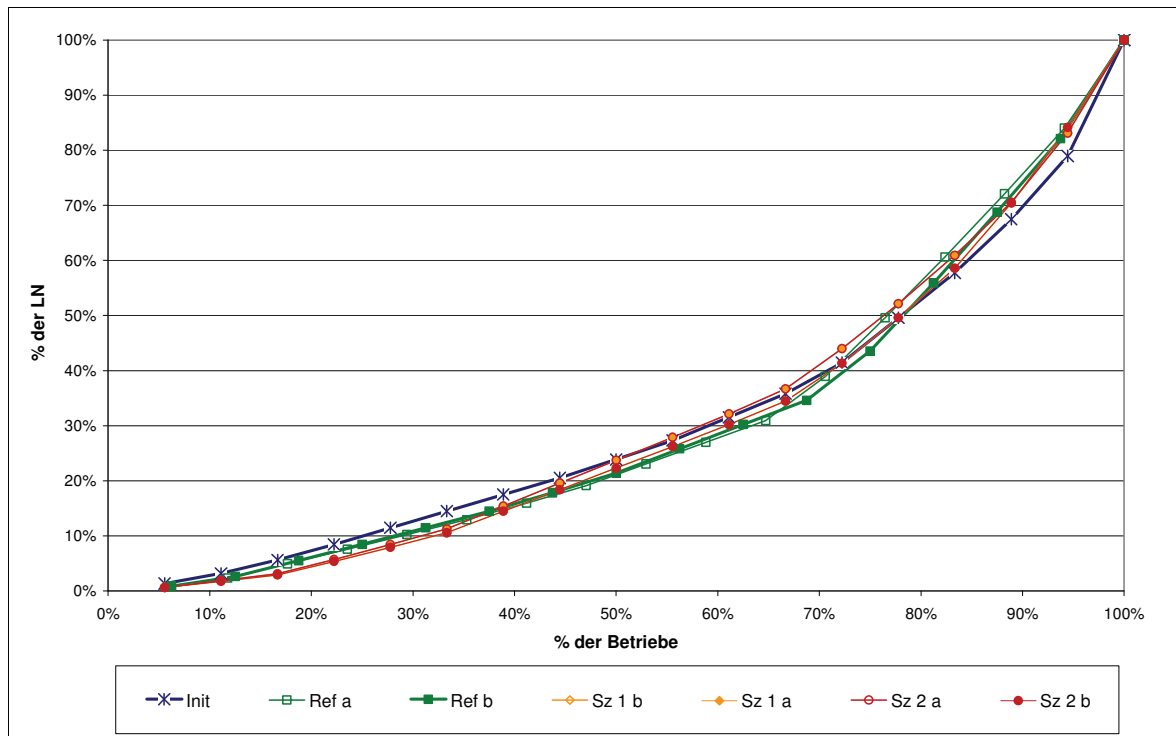
1) Bei keinem Szenario konnte eine Pachtpreiskombination ermittelt werden, bei der es auf allen Teilmärkten zu einer vollständigen Markträumung kommt. Aus diesem Grund wird jedes Szenario zweimal berechnet (vgl. Kap. 7.2 S. 141). Bei Wiederholung *a* werden die Ergebnisse einer Pachtpreiskombination wiedergegeben, bei der die Nachfrage das Angebot marginal übersteigt. Bei Wiederholung *b* übersteigt das Angebot die Nachfrage marginal.

Betrachtet man die Betriebsgrößenverteilung über die drei Szenarien, so ist diese weitgehend unabhängig von den gewählten Rahmenbedingungen (Abb. 29). In allen Szenarien nutzen die Betriebe, die kleiner als der Median sind, ungefähr 25 % der LF, während die jeweils drei größten Betriebe ungefähr 40 % der LF bewirtschaften. Der Median der Betriebsgröße liegt bei allen Sze-

<sup>125</sup> Zu dem gegenwärtigen Pachtpreis können die Betriebe beim Szenario (*Init*) Flächen zupachten.



narien zwischen 8,2 und 9,1 ha und ist damit etwas größer als der in der Kontrollvariante *Init* (Anhangstab. 4).

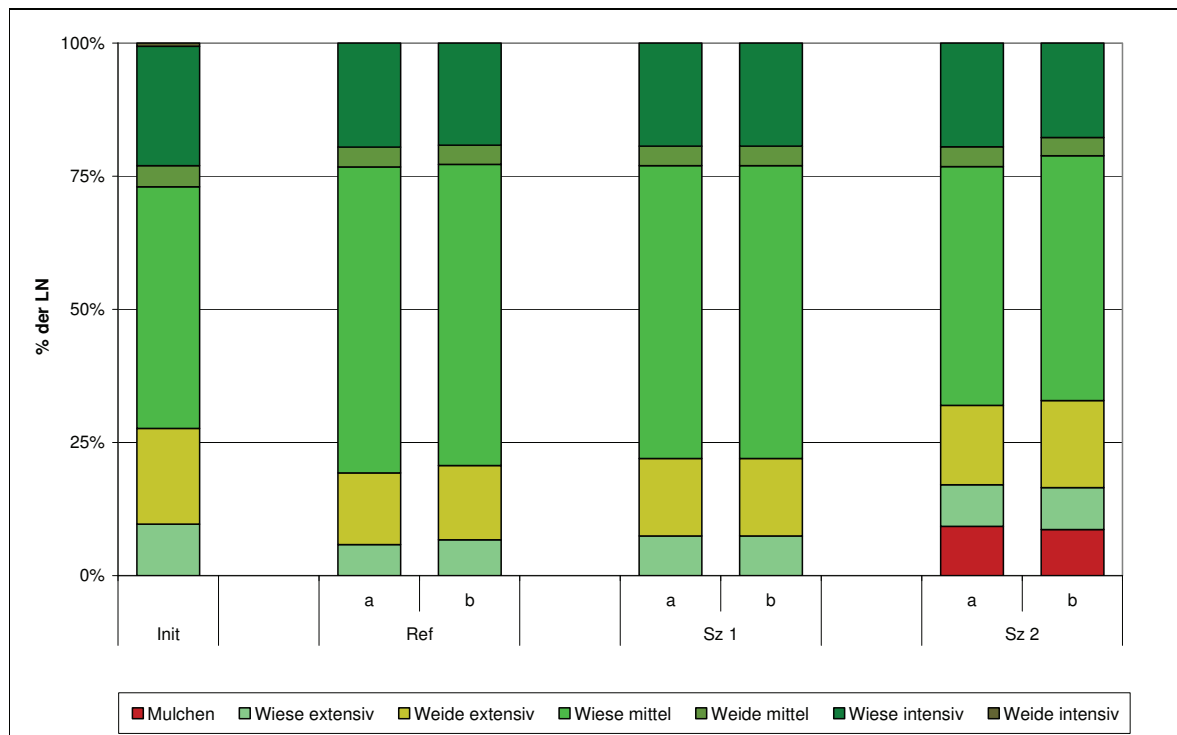


**Abb. 29: Verteilung der Flächenausstattung der Betriebe unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Abschluss von Investitionsmöglichkeiten und aktiver Justierung der Agenten**

Quelle: eigene Darstellung

Ungefähr dreiviertel der Flächen im Untersuchungsgebiet werden unabhängig vom gewählten Szenario als Wiese genutzt (Abb. 30). Die häufigste Form der Landnutzung ist die zwei- bis dreischürige Wiese. Vergleich man die Landnutzung bei der Kontrollvariante *Init* mit dem Szenario *Ref*, ist im zweiten Fall die mittelintensive Grünlandnutzung etwas häufiger. Die Flächennutzung beim Szenario *Sz 2* unterscheidet sich deutlich von den anderen Szenarien. Wird ein Großteil der Zahlungen nur an geringe Auflagen geknüpft<sup>126</sup>, werden bis zu 10 % der Fläche der Region gemulcht. Dies geht insbesondere zu Lasten der zwei- bis dreischürigen Wiesennutzung. In keinem der Szenarien kommt es zur Sozialbrache.

<sup>126</sup> Wenn z. B. nur die Erhaltung der Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand gefordert wird.



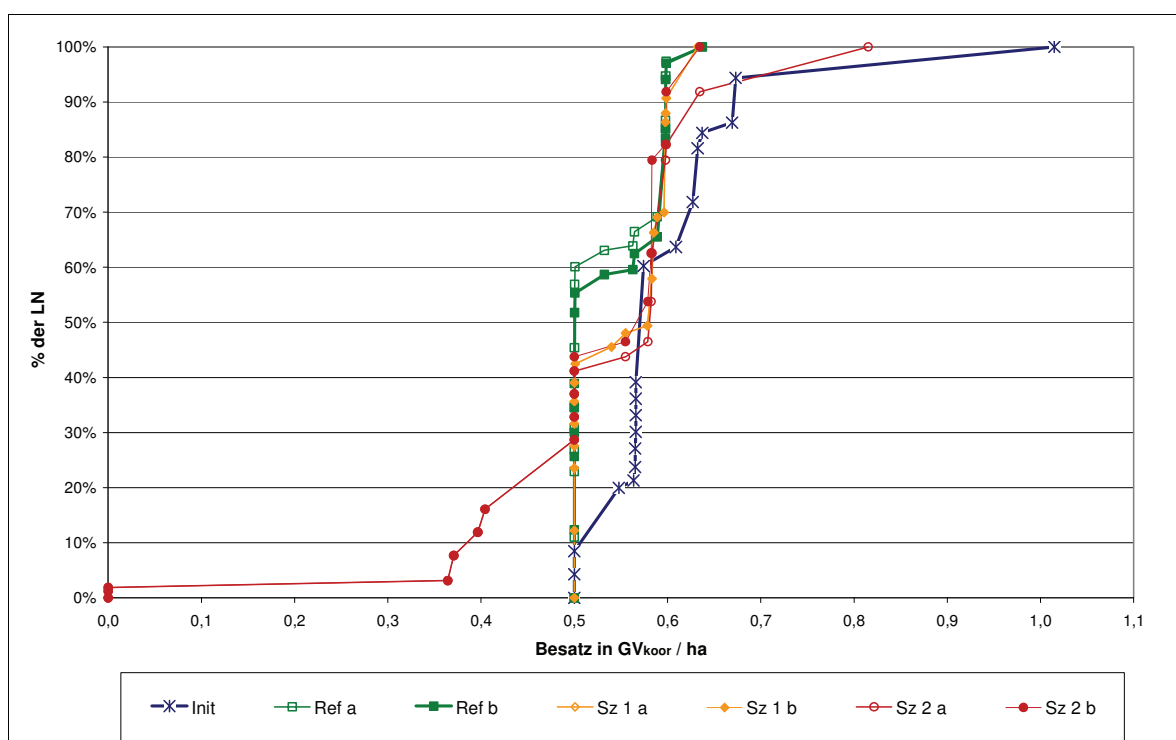
**Abb. 30: Art der Flächenbewirtschaftung unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und aktiver Justierung der Agenten**

Quelle: eigene Darstellung

Der durchschnittliche Viehbesatz geht von  $0,61 \text{ GV}_{\text{korr}} / \text{ha}$  in der Kontrollvariante *Init* auf bis zu  $0,52 \text{ GV}_{\text{korr}} / \text{ha}$  beim Szenario *Sz 2* zurück (Anhangstab. 6). Es gibt geringfügige Unterschiede zwischen den einzelnen Szenarien. Bei allen Szenarien ist aber im Vergleich zur Kontrollvariante ein deutlicher Rückgang des Viehbesatzes festzustellen. Insbesondere werden unter den Bedingungen der Kontrollvariante deutlich mehr Mutterkühe gehalten als in den drei Szenarien. Beim Szenario *Sz 2* geht die Besatzdichte um 15 % zurück, der Rückgang der gealpten Tiere fällt mit 19 % noch stärker aus (Anhangstab. 7).

Wie die Flächennutzungsverfahren spiegelt auch der Viehbesatz die geringe Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung wieder. In Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen werden zwischen 60 % und 97 % der LF von Betrieben bewirtschaftet, die zwischen  $0,4$  und  $0,6 \text{ GV}_{\text{korr}} / \text{ha}$  halten (Abb. 31). Nur in der Kontrollvariante *Init* wird knapp 40 % der Fläche von Betrieben bewirtschaftet, deren Bestoß oberhalb von  $0,6 \text{ GV}_{\text{korr}} / \text{ha}$  liegt. Die Besatzdichte erreicht maximal  $1,02 \text{ GV}_{\text{korr}} / \text{ha}$ . Insbesondere bei der Fortschreibung der Referenzsituation (*Ref*) gleicht sich der Viehbesatz zwischen den Betrieben auf niedrigem Niveau stark an. Beim Szenario *Sz 2* differiert der Viehbesatz zwischen den verschiedenen Betrieben stärker. So werden jeweils bis zu

10 % der Flächen von Betrieben bewirtschaftet, deren Besatz entweder zwischen 0,6 und 1,0  $\text{GV}_{\text{kor}} / \text{ha}$  liegt, oder die keine oder fast keine Raufutterfresser halten. Diese gegensätzliche Entwicklung hat zwei Ursachen. Zum einen begünstigen die hohen Direktzahlungen<sup>127</sup> tierlose Verfahren, zum anderen führen die hohen Pachtpreise dazu (vgl. Abb. 27), dass einige Betriebe den Umfang der von ihnen bewirtschafteten Fläche reduzieren und die restlichen Flächen intensiver bewirtschaften. Die Ergebnisse von Szenario *Sz 1* liegen zwischen denen der beiden anderen Szenarien.



**Abb. 31: Verteilung der Flächen entsprechend der betrieblichen Besatzdichten unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und aktiver Justierung der Agenten**  
Quelle: eigene Darstellung

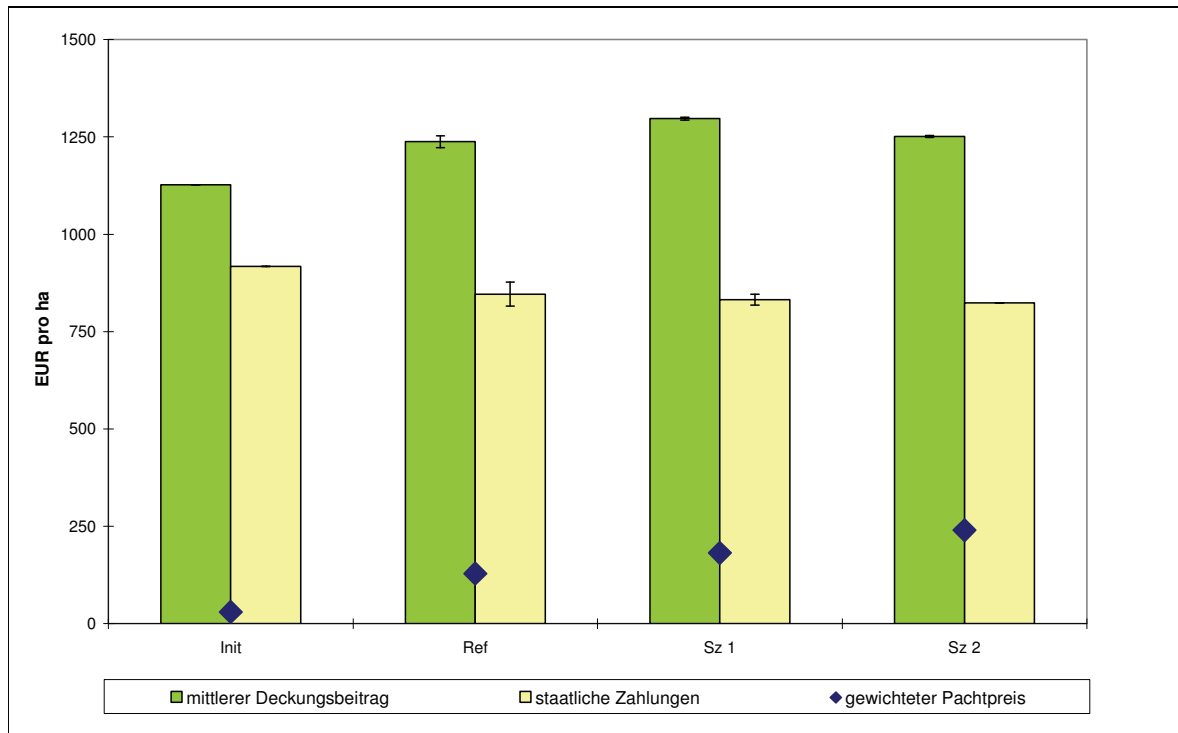
Der mittlere Arbeitszeitaufwand pro ha in Eigenregie bewirtschafteter Fläche ist in den drei Szenarien mit knapp 90 AKh ungefähr 10 % niedriger als in der Kontrollvariante *Init* (Anhangstab. 5). Dieser Rückgang ist zum einen auf die geringere Zahl der Betriebe und damit auf den Rückgang des Arbeitsaufwandes für allgemeine Betriebstätigkeiten zurückzuführen. Zum anderen verringert sich aufgrund der leicht rückläufigen Tierbestände der Arbeitsaufwand für die Tierbetreuung.

<sup>127</sup> 300 EUR aus der 1. Säule der GAP

### **7.5.2 Szenarien mit einer passiven Betriebsleitereinstellung und ohne Investitionsmöglichkeit**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse für die Szenarien präsentiert, wenn die Agenten im Unterschied zum vorigen Kapitel mit einer *passiven* Betriebsleitereinstellung initialisiert werden. Bei allen drei Szenarien ist der durchschnittliche Deckungsbeitrag vor Lohn und Flächenkosten mit ungefähr 1.200 EUR / ha etwa 100 EUR höher als in der Kontrollvariante **Init** (Abb. 32). Bei den Szenarien mit einer *passiven* Betriebsleitereinstellung ist die Höhe der staatlichen Förderungen geringfügig höher als bei den entsprechenden Szenarien mit einer *aktiven* Betriebsleitereinstellung. Die Höhe der staatlichen Förderung geht von 920 EUR in der Kontrollvariante auf 820 EUR / ha zurück. Dieser Rückgang ist auf die Einschränkung der Tierhaltung zurückzuführen.

Wie bei den im vorigen Kapitel beschriebenen Varianten ist ein deutlicher Anstieg der Pachtpreise von der Kontrollvariante **Init** bis zum Szenario **Sz 2** zu beobachten. Die Spanne reicht von 30 EUR / ha bei der Kontrollvariante bis zu 240 EUR beim Szenario **Sz 2**. Sie ist somit größer als bei einer *aktiven* Initialisierung. Beim Szenario **Ref** ist der Pachtpreis im Vergleich zur Kontrollvariante höher, da die Agenten ihren Cash-Flow verwenden, um höhere Pachtpreise zu bezahlen.

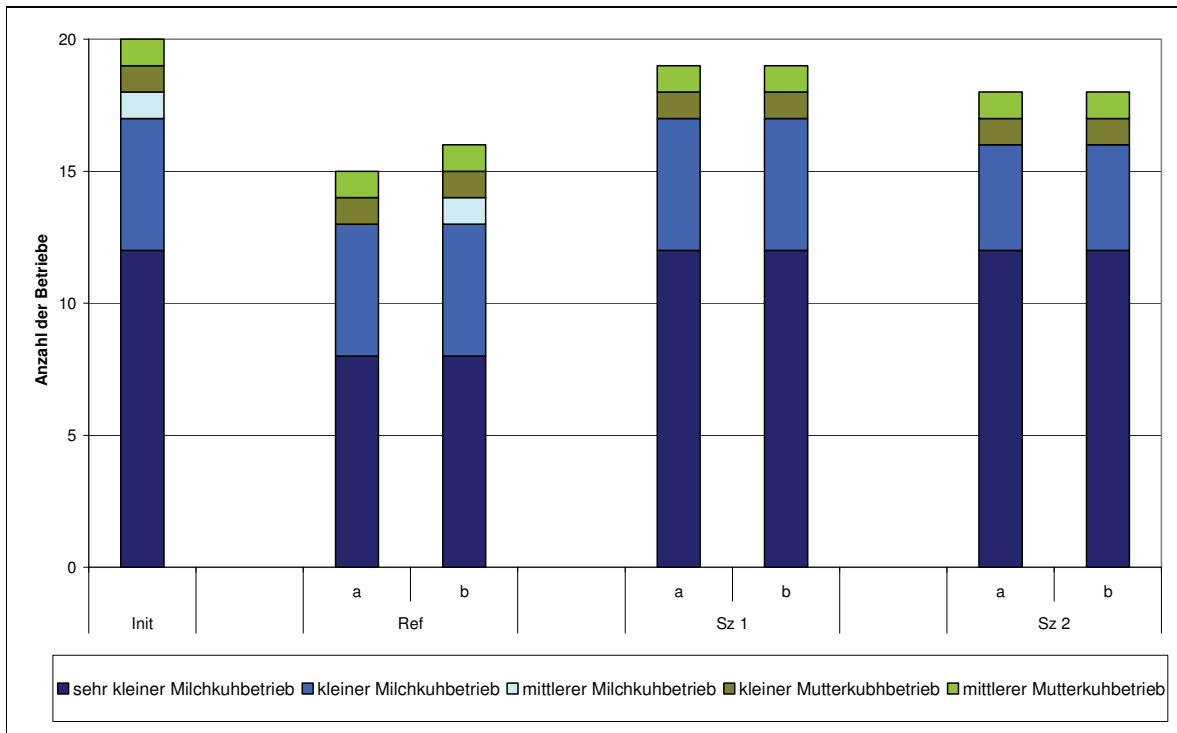


**Abb. 32: Deckungsbeitrag, Höhe der staatlichen Zahlungen und gewichteter Pachtpreis für Neupachtflächen unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und passiver Justierung der Agenten**

Quelle: eigene Darstellung

Unabhängig vom gewählten Szenario liegt bei den meisten Betrieben der Deckungsbeitrag zwischen 900 und 1.300 EUR / ha (Anhangsabb. 5). Im Vergleich mit den Fällen mit einer *aktiven* Initialisierung der Betriebsleitereinstellung fällt auf, dass bei einer passiven Initialisierung der Betriebsleitereinstellung die Schwankungsbreite der Deckungsbeiträge bei allen Szenarien ungefähr gleich groß ist. Szenario *Sz 1* führt insbesondere bei den ertragschwächeren Betrieben zu einer Anhebung des Deckungsbeitrages.

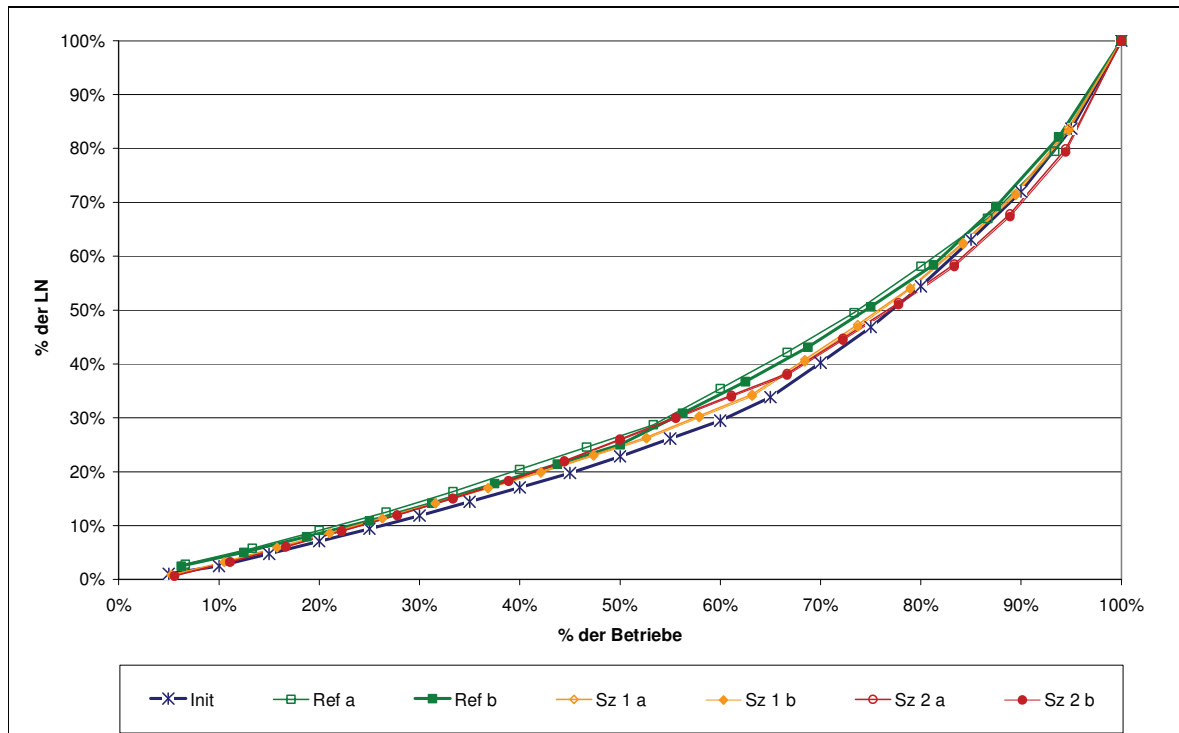
Wie bei der *aktiven* Initialisierung wirtschaften bei der Fortschreibung der Referenzsituation (*Ref*) nur noch dreiviertel der Betriebe aus der Kontrollvariante *Init* (Abb. 33). Im Gegensatz zu den vorherigen Varianten mit *aktiver* Betriebsleitereinstellung geht hier insbesondere die Zahl der sehr kleinen Betriebe mit bis zu fünf Stallplätzen zurück, während die anderen Gruppen nahezu unverändert bleiben. Dies ist darauf zurückzuführen, dass diese Betriebe nur in geringem Umfang durch eine interne Umverteilung der Arbeit Kosten einsparen können. Ferner sind sie nur mit einem verhältnismäßig dünnen Cash-Flow Polster ausgestattet.



**Abb. 33: Strukturwandel unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und passiver Justierung der Agenten**

Quelle: eigene Darstellung

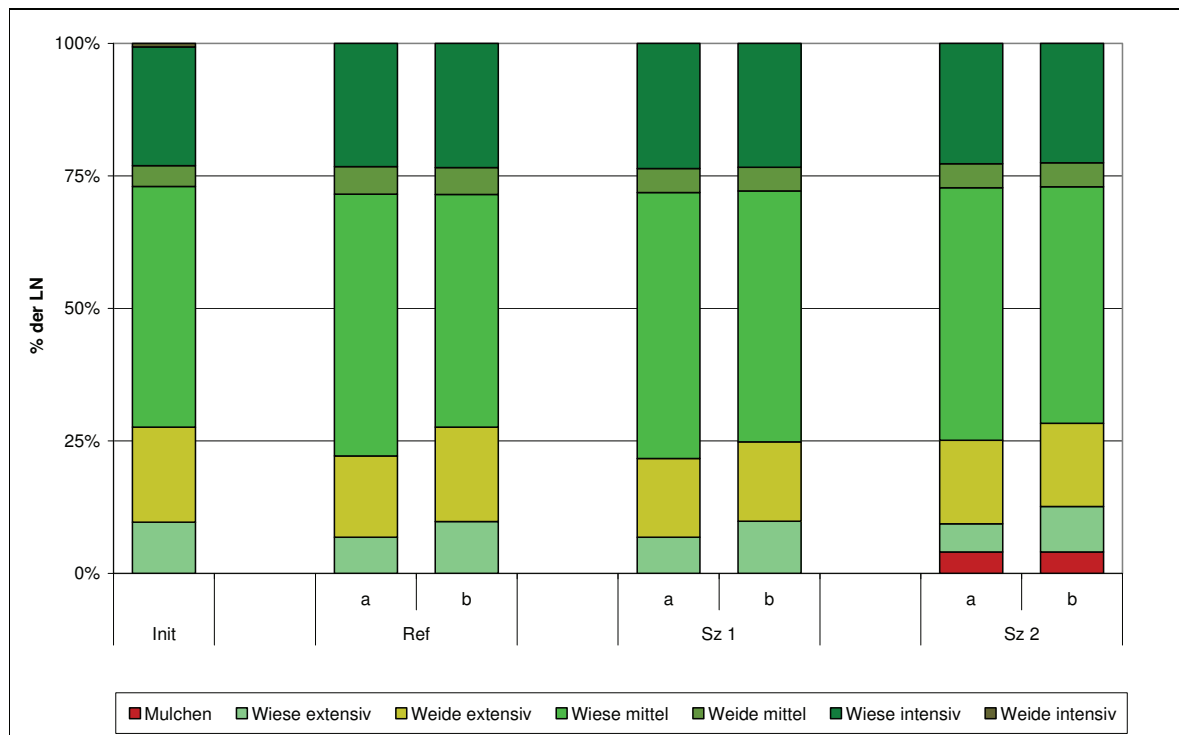
Die Betriebsgrößenverteilung über die drei Szenarien entspricht weitestgehend der mit *aktiver* Betriebsleitereinstellung (Abb. 34).



**Abb. 34: Verteilung der Flächenausstattung der Betriebe unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Abschluss von Investitionsmöglichkeiten und passiver Justierung der Agenten**

Quelle: eigene Darstellung

Wie die Betriebsgrößenverteilung verändert sich die Landnutzung fast nicht zwischen den Szenarien (Abb. 35). Im Vergleich zu Abb. 30 ist der Flächenanteil, der mit intensiven Verfahren bewirtschaftet wird, ungefähr 5 % höher und der Anteil, der durch mittel-intensive Verfahren oder durch Mulchen genutzt wird, ist dementsprechend geringer.



**Abb. 35: Art der Flächenbewirtschaftung unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und passiver Justierung der Agenten**

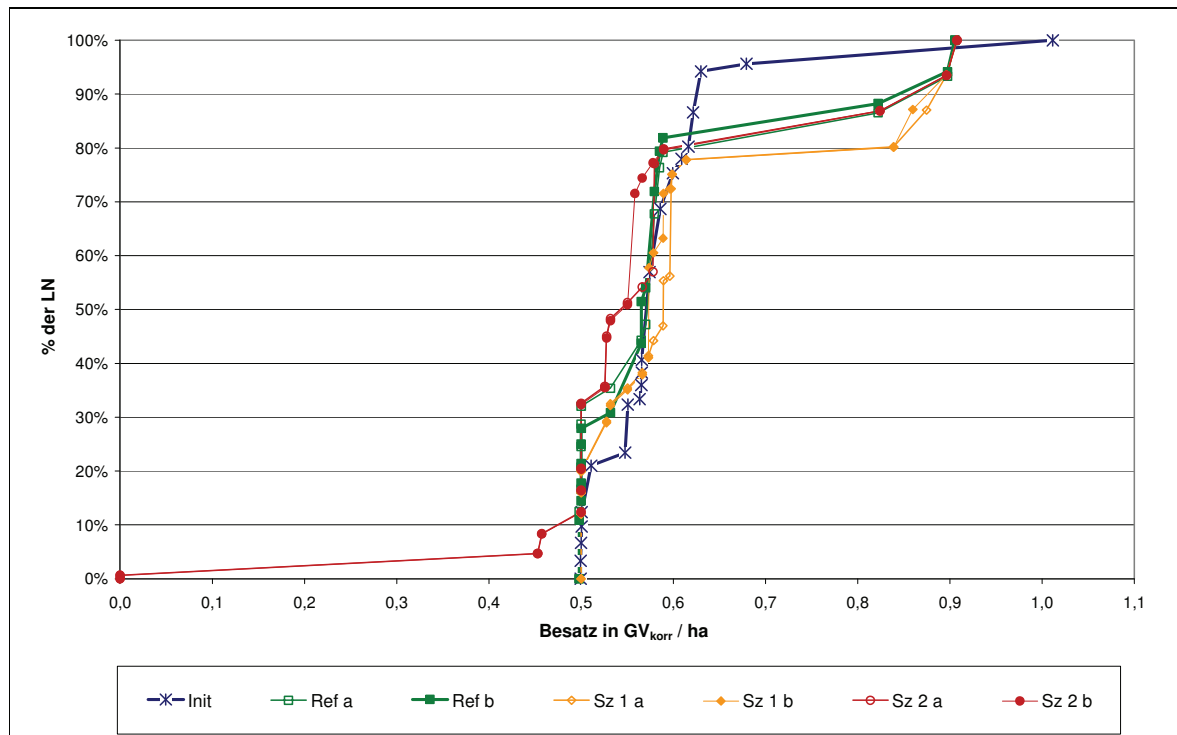
Quelle: eigene Darstellung

Geht man von einer *passiven* Betriebsleitereinstellung aus, steigt der durchschnittliche Viehbesatz von  $0,59 \text{ GV}_{\text{kor}} / \text{ha}$  in der Kontrollvariante **Init** auf bis zu  $0,65 \text{ GV}_{\text{kor}} / \text{ha}$  beim Szenario **Ref** an (Anhangstab. 6). Insbesondere die Zahl der gehaltenen Milchkühe verdoppelt sich fast von  $0,18 \text{ GV}_{\text{kor}} / \text{ha}$  bei der Kontrollvariante auf ungefähr  $0,30 \text{ GV}_{\text{kor}} / \text{ha}$  bei den Szenarien. Gleichzeitig geht die Zahl der gehaltenen Mutterkühe fast im gleichen Umfang zurück. Die Ursache für den Anstieg der Milchkuhhaltung ist der Umstand, dass die Milchkühe, den verhältnismäßig teuren Faktor Boden besser verwerten und die Betriebe bei einer *passiven* Initialisierung die Arbeit nur gering bewerten. Insbesondere bei der Fortschreibung der Referenz (**Ref**) verändert sich der Umfang der gealpten Tiere unterproportional zur Ausdehnung der Tierhaltung (Anhangstab. 7). Dies ist auf die vergleichsweise geringe Förderung der Almwirtschaft in der Referenzsituation und die niedrigen Lohnansätze zurückzuführen. Dies führt dazu, dass die Agenten die Alpung im Vergleich zur Haltung der Tiere auf eigenen Flächen als weniger lukrativ bewerten.

Trägt man die mittlere betriebliche Besatzstärke gegen den Umfang der Flächen auf, die von den Betrieben genutzt werden, erkennt man, dass sich die Verteilung der Betriebe zwischen den Szenarien fast nicht unterscheidet (Abb. 36). Im Vergleich mit Abb. 31 zeigt sich, dass bei allen



Szenarien mehrere Betriebe existieren, die durch vergleichsweise hohe Besatzdichten gekennzeichnet sind. Ferner wird beim Szenario **Sz 2** nur noch 10 % statt fast 20 % der Flächen von Betrieben bewirtschaftet, die weniger als 0,5  $GV_{\text{korr}}$  / ha halten.



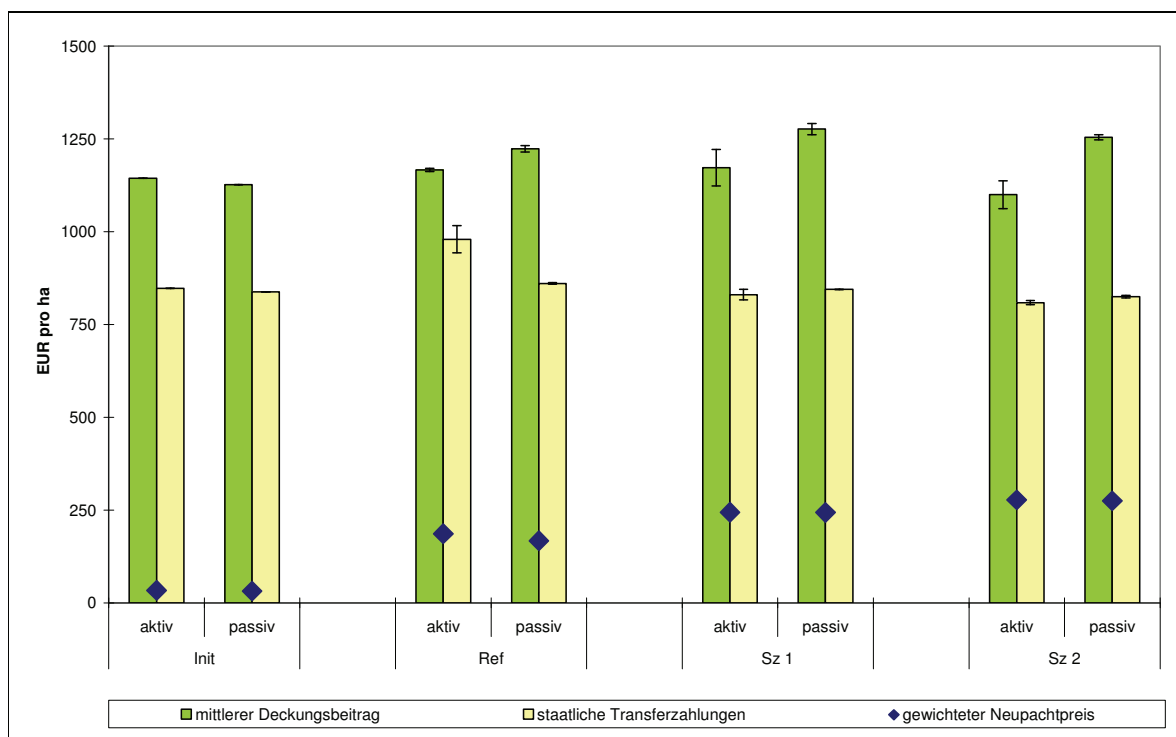
**Abb. 36:** Verteilung der Flächen entsprechend der betrieblichen Besatzdichten unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und passiver Justierung der Agenten  
Quelle: eigene Darstellung

Der Arbeitszeitbedarf ist aufgrund des bei den Szenarien im Vergleich zur Kontrollvariante **Init** etwas höheren Viehbesatzes mit 100 Akh / ha ungefähr zehn Stunden größer als in der Kontrollvariante (Anhangstab. 5).

### 7.5.3 Szenarien mit der Möglichkeit der Investition

Als Drittes werden die Ergebnisse für die Szenarien präsentiert, wenn die Agenten unabhängig von der Betriebsleitereinstellung investieren können. Verfügen die Modellbetriebe über die Möglichkeit zu investieren, hängen die Pachtpreise für Neupachtflächen im Gegensatz zu den in den beiden vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Varianten kaum von der Betriebsleitereinstellung ab. Die Höhe der Neupachtpreise wird nahezu ausschließlich durch die gewählten politi-

schen Rahmenbedingungen bestimmt (Abb. 37). Im Vergleich zu den Varianten ohne Investitionsmöglichkeit sind die Agenten insbesondere bei einer *aktiven* Betriebsleitereinstellung aufgrund von Effizienzsteigerungen in der Lage erheblich höhere Pachtpreise zu bezahlen. Vor allem Arbeitszeiteinsparungen durch die Nutzung größerer Maschinen und die Umstellung von der Anbinde- auf die Laufstallhaltung führen zu einer erheblichen Steigerung der Arbeitseffizienz. Bei *aktiver* Betriebsleitereinstellung sind die Pachtpreise zwischen 110 und 130 EUR / ha höher als bei den Varianten ohne Investitionsmöglichkeit. Bei den Varianten mit einer *passiven* Betriebsleitereinstellung steigen die Pachtpreise nur um 40 bis 70 EUR / ha, wenn die Agenten bei gegebenen politischen Rahmenbedingungen, die Möglichkeit erhalten, Investitionen zu tätigen. Der Deckungsbeitrag ist unabhängig von den Rahmenbedingungen um ungefähr 50 EUR / ha höher als in den entsprechenden Varianten ohne Investitionsoption. Die Höhe der staatlichen Förderungen liegt bezogen auf die in Eigenregie bewirtschafteten Flächen bei 850 EUR / ha. Nur beim Szenario *Ref* mit *aktiver* Betriebsleitereinstellung ist die Förderung etwas höher, da hier mehr Mutterkühe gehalten werden als in allen anderen Varianten (Anhangstab. 6).

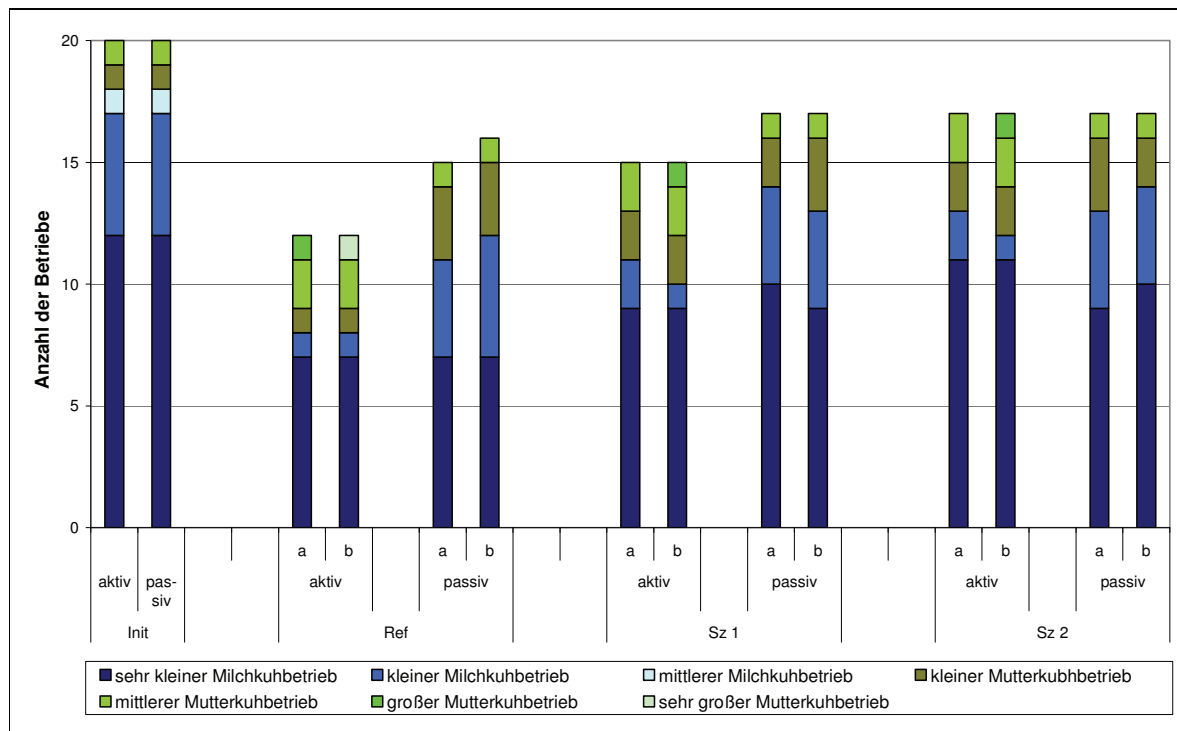


**Abb. 37: Deckungsbeitrag, Höhe der staatlichen Zahlungen und gewichteter Pachtpreis für Neupachtflächen unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Zulassung von baulichen Investitionen**

Quelle: eigene Darstellung

Betrachtet man die Verteilung der Flächen entsprechend des mittleren Deckungsbeitrages der Betriebe, werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Rahmenbedingungen und der Betriebsleitereinstellung deutlich (Anhangsabb. 6). Unterschiede in der Verteilung liegen vor, obwohl unabhängig von der gewählten Variante die maximalen mittleren Deckungsbeiträge mit 2.000 bis 2.200 EUR / ha annähernd gleich sind und mehr als die Hälfte der Fläche von Betrieben bewirtschaftet wird, deren Deckungsbeitrag zwischen 900 und 1.100 EUR / ha liegt. Während die Szenarien mit *passiver* Betriebsleitereinstellung unabhängig vom Szenario eine ähnliche Verteilung zeigen, so trifft dies für den Fall einer *aktiven* Betriebsleitereinstellung nicht zu. So weisen mit Ausnahme vom Szenario **Ref** bei allen Szenarien immer die Varianten mit *aktiver* Betriebsleitereinstellung einen größeren Anteil an Flächen aus, der von Betrieben mit einem niedrigen mittleren Deckungsbeitrag bewirtschaftet wird. Der Flächenanteil, der von Betrieben mit einem hohen Deckungsbeitrag bewirtschaftet wird, ist in allen Fällen bei einer *aktiven* Justierung kleiner als bei einer *passiven*. Der höhere Lohnansatz bei der *aktiven* Justierung führt dazu, dass tendenziell weniger Milchkühe gehalten werden, die vergleichsweise hohe Deckungsbeiträge pro ha erwirtschaften. Insbesondere beim Szenario **Sz 2** werden bis zu 10 % der Flächen von Betrieben bewirtschaftet, die einen sehr geringen Deckungsbeitrag erzielen.

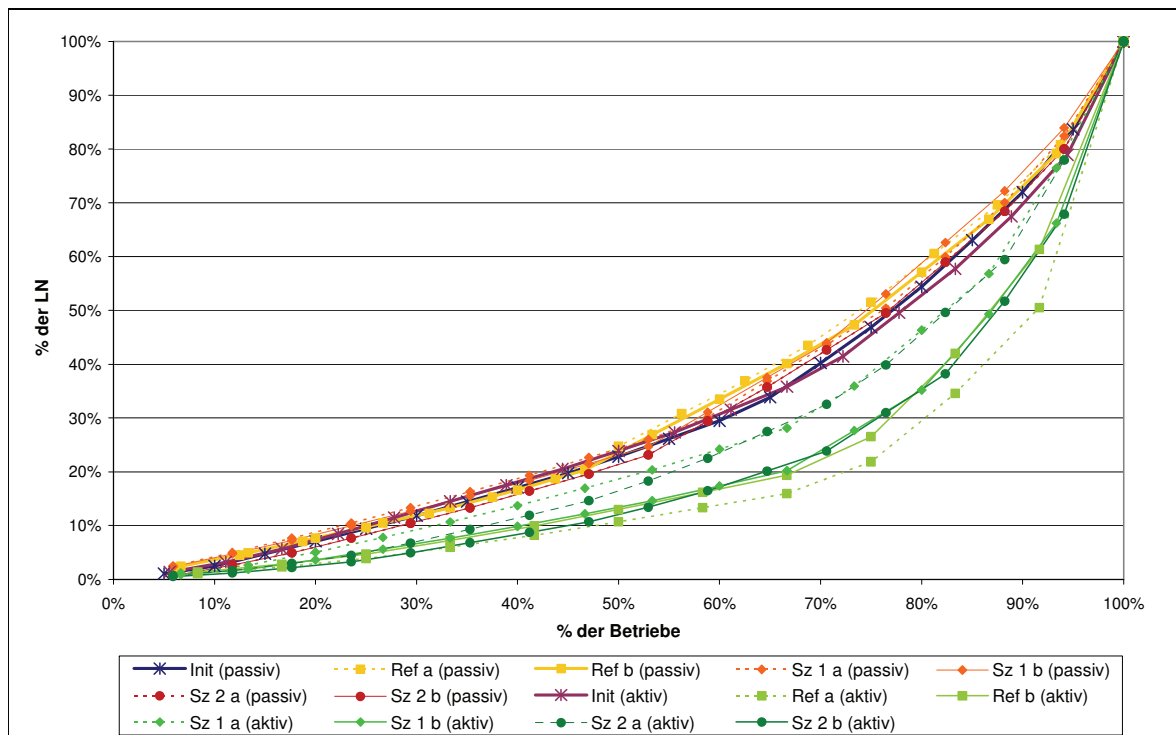
Der Strukturwandel ist bei den Varianten mit *aktiver* Betriebsleitereinstellung größer als bei denen mit *passiver* (Abb. 38). Dies betrifft sowohl die Zahl der Betriebe als auch die Veränderung hinsichtlich der Betriebsgröße und –ausrichtung. Die Abnahme der Betriebszahl geht unabhängig von der gewählten Betriebsleitereinstellung insbesondere zulasten der sehr kleinen Betriebe. In allen Szenarien kommt es zu einer Zunahme der Mutterkuhbetriebe. Bei der Fortschreibung der Referenz (**Ref**) sind sowohl die größten Umwälzungen, als auch der größte Einfluss der Betriebsleitereinstellung auf die sich ergebende Agrarstruktur festzustellen. Wachstumsschritte in Betriebstypen, die über das durch die beiden Kontrollvarianten vorgegebene Spektrum hinausgehen, sind nur bei einer *aktiven* Betriebsleitereinstellung zu finden.



**Abb. 38: Strukturwandel unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Zulassung von baulichen Investitionen**

Quelle: eigene Darstellung

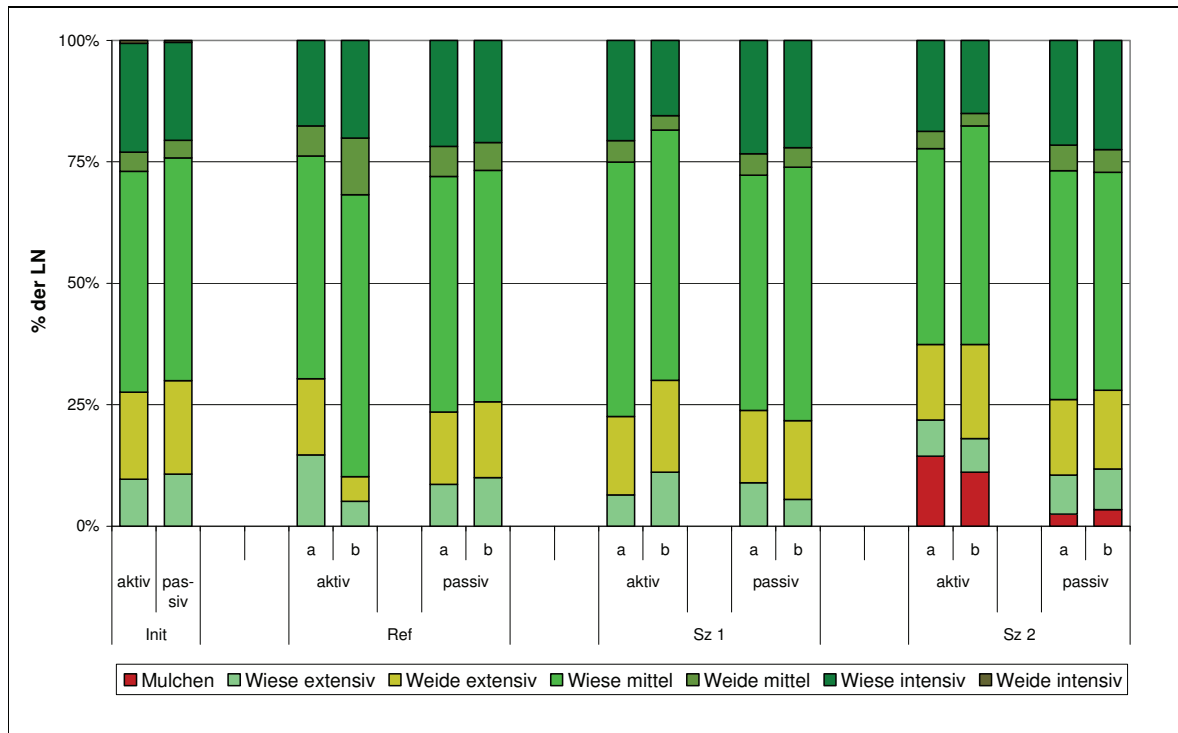
Betrachtet man die Verteilung der landwirtschaftlichen Nutzfläche über die Betriebe, ergeben sich deutliche Unterschiede in Abhängigkeit davon, ob eine *aktive* oder *passive* Betriebsleitereinstellung gewählt wird (Abb. 39). Die Verteilung bei einer *passiven* Betriebsleitereinstellung entspricht bei allen Szenarien in etwa der der entsprechenden Kontrollvariante. Im Gegensatz dazu unterscheiden sich die Verteilungen bei einer *aktiven* Einstellung sehr deutlich von denen bei der zugeordneten Kontrollvariante (*Init aktiv*) und den Varianten, die von einer *passiven* Betriebsleitereinstellung ausgehen. Dies ist der Fall, obwohl die jeweiligen Betriebszahlen mit Ausnahme des Szenarios *Ref* für beide Varianten der Betriebsleitereinstellung mehr oder weniger gleich sind. Bei den Varianten mit *aktiver* Einstellung wird die Landnutzung stärker von größeren Betrieben bestimmt. So werden in entsprechenden Varianten der Szenarien 50 % der Nutzfläche von den ein bis drei größten Betrieben genutzt. Die stärkste Flächenkonzentration erfolgt beim Szenario *Ref*. Bei den beiden anderen Szenarien ist sie etwas geringer. Trotz der unterschiedlichen Rahmenbedingungen ergibt sich bei *Sz 1* und *Sz 2* ein ähnlicher Grad der Flächenkonzentration.



**Abb. 39: Flächenausstattung der Modellbetriebe unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Zulassung von baulichen Investitionen**

Quelle: eigene Darstellung

Im Vergleich zu der Betriebsstruktur ändert sich die Flächennutzung fast nicht (Abb. 40). Zwei kleinere Ausnahmen, die sich beide bei einer *aktiven* Betriebsleitereinstellung ergeben, sind zu erwähnen. So wird beim Szenario *Ref* für die größeren Viehbestände zusätzliches Futter benötigt (vgl. Anhangstab. 6). Aus diesem Grund wandeln die Agenten extensives Grünland in mittelintensives um. Aufgrund der hohen Pachtpreise werden beim Szenario *Sz 2* bis zu 15 % der Flächen gemulcht. Dies ist deutlich mehr als bei der entsprechenden Variante ohne Investitionsmöglichkeit.



**Abb. 40: Art der Flächenbewirtschaftung unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Zulassung von baulichen Investitionen**

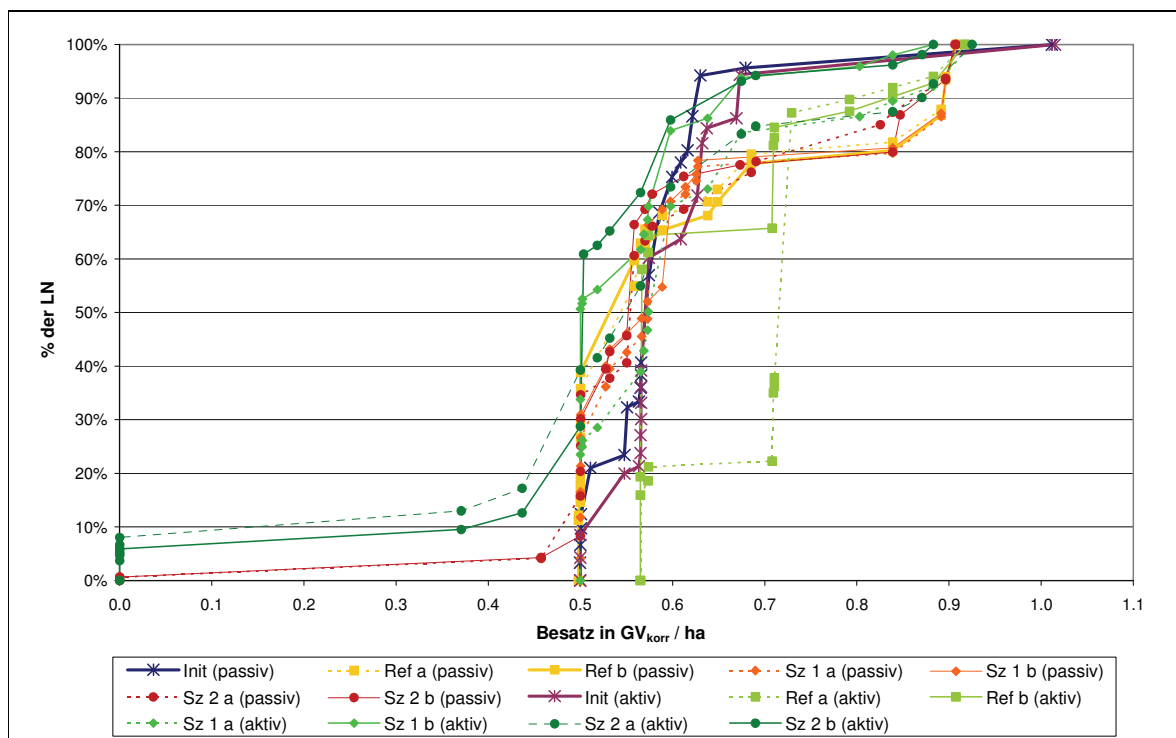
Quelle: eigene Darstellung

Wie bei der Flächennutzung sind bei der Tierhaltung nur geringfügige Änderungen zu beobachten (Anhangstab. 6). Der Viehbesatz beträgt bei allen Szenarien mit einer *passiven* Betriebsleiter-einstellung etwa  $0,62 \text{ GV}_{\text{korr}} / \text{ha}$ . Er liegt damit in derselben Größenordnung wie bei den Varianten ohne Investitionsoption. Bei den Szenarien mit einer *aktiven* Betriebsleiter-einstellung entwickelt sich der Viehbesatz umgekehrt proportional zum Umfang der Zahlungen, die an die Tierhaltung direkt oder indirekt gebunden sind. Er geht von  $0,67$  (*Ref*) bis auf  $0,56 \text{ GV}_{\text{korr}} / \text{ha}$  (*Sz 2*) zurück. Es werden insbesondere erheblich weniger Milchkühe gehalten, als bei den entsprechenden Vergleichsszenarien ohne Investitionsmöglichkeit. Insgesamt ist bei den Szenarien, bei denen Investitionen möglich sind und die Agenten eine *aktive* Betriebsleiter-einstellung haben, im Vergleich zu den entsprechenden Varianten ohne Investitionsoption ein höherer Viehbesatz festzustellen.

Die Zahl der gealpten Tiere ist unabhängig von der Betriebsleiter-einstellung bei den Varianten mit Investitionsmöglichkeit etwas größer als bei denen ohne Investitionsmöglichkeit (Anhangstab. 7). Der positive Effekt der Investitionen auf die Auftriebszahlen ist bei einer *aktiven* Einstellung mit  $+10\%$  bis  $+20\%$  etwas größer als bei einer *passiven* mit  $0\%$  bis  $+5\%$ . Fer-

ner ist der Auftrieb bei den Varianten mit einer *aktiven* Einstellung größer als bei denen mit einer *passiven* Betriebsleitereinstellung. Die Auftriebszahl entwickelt sich ähnlich wie die Zahl der gehaltenen Tiere, sodass die höchsten Auftriebszahlen beim Szenario *Ref* auftreten und die niedrigsten beim Szenario *Sz 2*.

Im Vergleich zu den Varianten ohne Investitionsoption hat die Betriebsleitereinstellung einen geringen Einfluss auf die Verteilung der Flächen auf die Agenten (Abb. 41). Nur bei einer *aktiven* Betriebsleitereinstellung ist ein merklicher Unterschied im Verlauf der Verteilungsfunktion zwischen den Varianten mit und ohne Investitionsoption festzustellen, wenn die mittlere einzelbetriebliche Besatzdichte gegen den Umfang der Flächennutzung abgetragen wird. Insbesondere steigt bei einer *aktiven* Einstellung der Anteil der Flächen, die von Betrieben mit einer vergleichsweise hohen Besatzdichte bewirtschaftet werden, sodass sich für die einzelnen Szenarien die jeweiligen Kurvenverläufe für die *aktive* und *passive* Betriebsleitereinstellung einander nähern.



**Abb. 41: Verteilung der Flächen entsprechend der betrieblichen Besatzdichten unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Zulassung von baulichen Investitionen**

Quelle: eigene Darstellung

Der Arbeitsaufwand pro ha in Eigenregie bewirtschafteter Fläche geht insbesondere bei den Varianten mit *aktiver* Betriebsleitereinstellung im Vergleich zur Kontrollvariante *Init aktiv* um bis zu 30 % zurück (Anhangstab. 5). Die Ursachen für diesen Rückgang liegen in der wesentlich arbeitsexensiveren Organisation der größeren Betriebe (Skaleneffekte) und in der geringeren Zahl der Betriebe. Mit abnehmender Zahl der Betriebe sinkt für die gesamte Region der Aufwand für das betriebliche Management. Bei den Varianten mit einer *passiven* Einstellung hören deutlich weniger Betriebe auf. Demzufolge ist der Rückgang des Arbeitsaufwandes für das betriebliche Management geringer.

## 7.6 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse der Modellrechnungen

Die verschiedenen Kenngrößen werden durch die Annahmen zu den lokalen und agrarpolitischen Rahmenbedingungen bzw. zur Betriebsleitereinstellung unterschiedlich stark beeinflusst. Zu den Kenngrößen, die nur geringe Schwankungen zwischen den einzelnen Szenarien zeigen, gehören der Deckungsbeitrag pro ha und die Höhe der öffentlichen Förderungen. So liegt der mittlere Deckungsbeitrag pro ha immer bei ungefähr 1.150 EUR / ha  $\pm$  100 EUR / ha und die Höhe der öffentlichen Förderung pro ha in Eigenregie bewirtschafteter Fläche bei 850 EUR / ha  $\pm$  50 EUR. Im Gegensatz dazu reagiert der Pachtprice für die Neupachtflächen sehr stark auf alle drei Parameter (Tab. 37). So ist der Pachtprice umso höher, je höher der Anteil der Zahlungen ist, die unabhängig von der Tierhaltung vergeben werden. Bei den meisten Agenten können die Kosten der Tierhaltung nicht durch die Markterlöse gedeckt werden. Aus diesem Grund sind die Agenten bestrebt, ihre Flächen mit einer möglichst geringen Tierzahl zu bewirtschaften, solange die Anforderungen aus der 2. Säule hinsichtlich des Mindestviehbesatzes erfüllt sind. Können die Betriebe investieren, sind einige Betriebe in der Lage, ihre Effizienz zu steigern. Die verschärfte Konkurrenz führt insbesondere bei einer *aktiven* Einstellung zu stark steigenden Neupachtpreisen. Bei einer *aktiven* Einstellung werden die bisher eingesetzten Investitionsgüter verhältnismäßig hoch bewertet, so dass Erweiterungsinvestitionen verhältnismäßig günstig sind. Die mittleren Flächenkosten verändern sich in einem weit geringeren Ausmaß als die Preise für Neupachtflächen, da ein wesentlicher Teil der Flächen, die von den Betrieben bewirtschaftet werden, sich entweder in ihrem Eigentum befinden oder diese Flächen durch bestehende Pachtverträge an die Betriebe gebunden sind (Altpachtflächen).



Der Anstieg der Pachtpreise, insbesondere für marginale Grünlandflächen im Zuge der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik, deckt sich mit den Ergebnissen für eine Vielzahl von Studien aus den verschiedensten deutschen Regionen (vgl. WEINMANN *et al.*, 2006; HENNING *et al.*, 2004, S. 169; HÜTTEL, 2005; ROEDER *et al.*, 2006a).

**Tab. 37: Pachtpreise für Neupachtflächen in Abhängigkeit von der Betriebsleitereinstellung und den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (in EUR / ha)**

Szenarioname	Investitionen möglich?	Betriebsleitereinstellung	
		Aktiv	Passiv
<b>Init</b>		34 (32) <sup>1,2</sup>	30 (28)
<b>Ref</b>	nein	46 (41-45)	124-133 (61-72)
	ja	179-194 (134)	167-168 (87-93)
<b>Sz 1</b>	nein	113 (73)	176-187 (97)
	ja	237-252 (148-149)	238-249 (138-139)
<b>Sz 2</b>	nein	162-166 (102)	235-245 (121)
	ja	277-278(159)	272-278 (135-138)

Quelle: eigene Darstellung

1) in Klammern gewichtetes Mittel der Kosten aus Neupachten, Altpachten und des Pachtansatzes für Eigentumsflächen<sup>128</sup>

2) auf ganze Euro gerundet

Bei der Interpretation der Pachtpreise für die einzelnen Strukturtypen stellt sich die Frage, ob die Bewertung auf rein einzelbetrieblichen betriebswirtschaftlichen Überlegungen beruht oder inwieweit hier Aspekte wie „Focal Points“, d. h. tradierte lokale Preisvorstellungen eine Rolle für die Preisgestaltung spielen<sup>129</sup>. Ein Hinweis auf die Relevanz solcher Vorstellungen ist der Umstand, dass für Grünland geringer Produktivität niedrigere Pachtpreise gezahlt werden, als für Grünland höherer Produktivität. Diese Preisrelation würde man auf Anrieb erwarten. Allerdings sind bei den gegenwärtigen Betriebsstrukturen in Garmisch-Partenkirchen mit der tierischen Produktion keine nennenswerten Überschüsse verbunden und somit ist die Produktivität der Futterflächen für die die Wirtschaftlichkeit der Tierhaltung nur von untergeordneter Bedeutung. Aufgrund der spezifischen Ausgestaltung der Förderung und der technischen Ausstattung der Betriebe ist sogar die Bewirtschaftung des geringer produktiven Grünlandes im Vergleich zum nor-

<sup>128</sup> Angegeben sind die Pachtpreise bei denen ein Nachfrageüberschuss in einen Angebotsüberschuss umschlägt. Im Bereich des Gleichgewichtspunktes ist allerdings z. T. die Preiselastizität sehr gering. Bei Szenario **Sz 1** mit einer **aktiven** Kalibrierung der Betriebsleitereinstellung und Investitionsmöglichkeiten sinkt in der Umgebung des Gleichgewichtspunktes die Nachfrage bei einer Änderung des Pachtpreises um 50 EUR pro ha um weniger als 1 %. Entsprechende Vorsicht ist bei der Interpretation des Pachtpreises geboten.

<sup>129</sup> Zur Theorie der Focal Points siehe SCHELLING (1960), eine Untersuchung von cropsharing contracts hinsichtlich der Relevanz der Focal Points Theorie findet sich bei YOUNG & BURKE (2001).

malen Wirtschaftsgrünland wirtschaftlich attraktiver ist, da insbesondere auf den Streuwiesen einem erheblich geringeren Arbeitsaufwand dieselben Förderbeträge pro ha gegenüber stehen<sup>130</sup>.

Wird die Arbeit nicht entlohnt, ist der mittlere Cash-Flow pro AKh über alle Betriebe leicht positiv, d. h., die Betriebe sind in der Lage die laufenden Ausgaben aus den laufenden Einnahmen zu decken (Tab. 38). Der Cash-Flow pro AKh liegt bei fast allen Berechnungen zwischen knapp 7 EUR / AKh und gut 8 EUR / AKh. Sowohl der Cash-Flow pro AKh als auch die Abschreibungen pro AKh sind bei den Varianten mit *aktiver* Betriebsleitereinstellung etwas höher als bei denen mit *passiver* Betriebsleitereinstellung. Bei den Varianten mit *aktiver* Betriebsleitereinstellung beträgt der Abstand zwischen dem Szenario mit dem höchsten und niedrigsten Cash-Flow pro AKh 3 EUR und ist somit deutlich größer als bei den Varianten mit *passiver* Betriebsleitereinstellung. Die Kapitalkosten pro AKh liegen in allen Varianten bei ungefähr 4 EUR.

**Tab. 38: Cash-Flow, Kapitalkosten und Abschreibungen pro geleisteter Arbeitsstunde im Durchschnitt der Betriebe in Abhängigkeit von der Betriebsleitereinstellung und den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (in EUR / AKh)**

Szenario- name	Investitionen möglich?	Betriebsleitereinstellung					
		aktiv			passiv		
		Cash-Flow pro AKh	Kapitalkosten pro AKh	Abschreibung pro AKh	Cash-Flow pro AKh	Kapitalkosten pro AKh	Abschreibung pro AKh
<b>Init</b>		6,85	4,21	8,77	7,18	4,15	8,35
<b>Ref</b>	nein	6,76	4,01	8,38	7,33	3,95	7,76
	ja	9,80	4,58	9,61	7,40	3,97	7,78
<b>Sz 1</b>	nein	7,04	4,15	8,66	6,90	3,96	8,13
	ja	8,20	4,04	8,49	7,19	3,91	7,92
<b>Sz 2</b>	nein	6,91	4,28	8,94	6,90	3,82	7,96
	ja	7,52	4,32	9,21	7,16	3,92	7,94

Quelle: eigene Darstellung

Wird eine längerfristige Rentabilitätsbetrachtung angestellt und die Abschreibungen und Kapitalkosten entsprechend der einschlägigen Datengrundlagen angesetzt und vom Cash-Flow abgezogen, ergeben sich Verluste in der Größenordnung von 4 bis 7 EUR / AKh. Unterstellt man stattdessen, das aufgrund der längeren Nutzungsdauer der Maschinen und Gebäude in der Region 50 % dieser Standardansätze ausreichen, verbleiben bis zu 2 EUR / AKh zur Entlohnung der eingesetzten Arbeitskraft.

<sup>130</sup> Zumindest einzelne Betriebsleiter sind sich der ökonomischen Vorzüglichkeit der Bewirtschaftung des minderwertigen Grünlandes bewusst, und bewirtschaften bis 10 – 15 km entfernt gelegene Streuwiesen in einem Umfang, der über ihren betrieblichen Bedarf an Streu deutlich hinausgeht.

Ob die Pachtpreise im prognostizierten Umfang steigen werden, erscheint aus mehreren Gründen fraglich. Die Wirtschaftlichkeit der Landwirtschaft ist in der Ausgangssituation sehr gering. Es ist somit unwahrscheinlich, dass die Betriebsleiter bei einer Verbesserung dieser Situation bereit sind, diese Verbesserung vollständig auf die Verpächter zu überwälzen, oder ob nicht ihre Zuschussbereitschaft für die Beibehaltung der Landwirtschaft sinkt. Insbesondere wenn man bedenkt, dass selbst ein Anstieg der Bodenrente um 200 EUR / ha bei den 70 bis 100 AKh, die je nach Szenario geleistet werden, einer Veränderung des Lohnansatzes von nur 2 bis 3 EUR / Akh entspricht. Zum Zweiten kooperieren die modellierten Betriebe bereits bei der Sommerweidehaltung. Es stellt sich somit die Frage, ob die Betriebe tatsächlich als direkte Konkurrenten auf dem Flächenmarkt auftreten, oder ob sie die preissteigernde Wirkung der entkoppelten Zahlungen durch Absprachen reduzieren.

Die Almen bewirtschaften große Flächen mit einem geringen Besatz und kommen durch die einheitliche Flächenprämie in den Genuss von Direktzahlungen der 1. Säule (vgl. BayStMLF, 2006). Dies erhöht die Profitabilität der Almwirtschaft, und ermöglicht in Anbetracht der geringen Wirtschaftlichkeit der Landwirtschaft auf den Talflächen den Ausgleich der Verluste bei der Bewirtschaftung der Talflächen durch Überschüsse, die im Rahmen der Bewirtschaftung der Almen erzielt werden.

Ein starker Strukturwandel ist insbesondere bei einer *aktiven* Betriebsleitereinstellung und der Fortschreibung der Referenzbedingungen (Szenario *Ref*) zu beobachten. Sind Investitionen auf einzelbetrieblicher Ebene möglich, können einzelne Betriebe ihre Wirtschaftlichkeit stark erhöhen. Diese Verbesserungen führen zu einem zu einer höheren Flächennachfrage bei diesen Betrieben, zum anderen gestatten sie es ihnen, höhere Pachtpreise zu zahlen. Insbesondere kleinere Betriebe können diese hohen Pachtpreise nicht erwirtschaften und steigen aus der Produktion aus. Die Entkoppelung (Szenarien *Sz 1*, *Sz 2*) bremst im Vergleich zur Fortschreibung der Referenz (Szenario *Ref*) den Strukturwandel. Die Ursache hierfür ist, dass mit dem Mulchen auch den kleineren Betrieben ein Flächennutzungsverfahren zur Verfügung steht, das relativ hohe Bodenrenten erwirtschaftet, und somit zu verhältnismäßig hohen Pachtpreisen führt. Bei diesen hohen Pachtpreisen sind aber Erweiterungsinvestitionen nicht rentabel. Ob die entkoppelten Direktzahlungen strukturkonservierend wirken, hängt wesentlich von der Ausgangssituation ab. So kommen DOUARIN *et al.* (2006) für die Slowakei und HENNESSY (2006, S. 195) für irische Rindermäster zu einem ähnlichen Effekt, während für das Hohenlohe nur ein geringer Effekt auftritt

(HAPPE, 2004, S. 195) und in Schleswig Holstein der Effekt nicht zu beobachten ist (HENNINGSEN *et al.*, 2005).

LAUBER (2006, S. 154) stellt in einer Untersuchung von zwei Gemeinden in Graubünden ebenfalls nur geringe Veränderungen bei der Zahl der kleinen und kleinsten Betriebe in Abhängigkeit vom gewählten agrarpolitischen Szenario fest<sup>131</sup>. Allerdings ist diese Konstanz eine Folge davon, dass die Zahl der Betriebe, die in diese Klasse schrumpfen ungefähr der Zahl der Betriebe entspricht, die aus dieser Klasse die Landwirtschaft aufgeben. Während die Aufgabe der kleinsten Betriebe vor dem Hintergrund der geringen Arbeitseffizienz dieser Betriebe auf den ersten Blick einleuchtend erscheint, verwundert der Rückgang der kleinen Betriebe<sup>132</sup> bei den Szenarien ohne Investitionsmöglichkeit. Die Gefährdung dieser Betriebe hat zwei Ursachen. Erstens erschwert der relativ hohe Gesamtarbeitsbedarf in diesen Betrieben, die Kombination mit einer außerlandwirtschaftlichen Vollzeitarbeitsstelle. Zweitens ist die Gesamtproduktivität der Betriebe zu gering, als das ein zufriedenstellendes Haushaltseinkommen nur aus der Landwirtschaft erzielt werden könnte. Diese Milchviehbetriebe mit rund 15 Stallplätzen entsprechen ungefähr den Betrieben, die 40 % bis 80 % ihres Familieneinkommens aus der Landwirtschaft beziehen. Bei einer Befragung von Grünlandbetrieben im bayerischen Alpenraum zeichnete sich diese Gruppe durch einen besonders hohen Anteil an Betrieben aus, bei denen die Weiterbewirtschaftung nicht gewährleistet ist (Tab. 39).

**Tab. 39: Wahrscheinlichkeit der Hofnachfolge in Abhängigkeit von der Bedeutung der Landwirtschaft für das Haushaltseinkommen von Betrieben im bayerischen Alpenraum (n= 56)**

		Hofnachfolge				Summe
		keine	unsicher	gesichert	Landwirt jünger als 45	
Anteil des Haushaltseinkommens, der aus der Landwirtschaft stammt (in %)	100 %	1	2	8	4	15
	80% - 99 %	0	0	8	3	11
	60% - 79%	0	5	1	4	10
	40% - 59%	0	1	1	2	4
	20% - 39%	1	0	0	4	5
	weniger als 20%	0	2	2	7	11
<b>Summe</b>		<b>2</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>56</b>

Quelle: eigene Darstellung verändert nach ROEDER *et al.* (2005, S. 66)

Bei dem vorgestellten Modellansatz hängt die Rate des Strukturwandels neben den genannten Parametern wie der Betriebsleitereinstellung, den agrarpolitischen Rahmenbedingungen auch von

<sup>131</sup> LAUBER (2006) fasst die Klein- und Kleinstbetriebe unter dem Begriff „Freizeitbetriebe“ zusammen, da in diesen Betrieben die Landwirtschaft keinen wesentlichen Beitrag zum Lebensunterhalt leistet.

<sup>132</sup> In diesen Betrieben werden zwischen 10 und 20 Kühen gehalten.

der durchschnittlichen Pachtdauer ab. Je kürzer die Pachtdauer ist, d. h. je geringer der Umfang der Flächen ist, den die Agenten zum historischen Pachtpreis pachten können, desto ausgeprägter ist der Strukturwandel (Anhangsabb. 7).

Im Modell werden die meisten Flächen in den Tallagen, die von den Landwirten in Eigenregie bewirtschaftet werden, als zwei- bis dreischürige Wiesen oder als intensive Umtriebsweiden genutzt. Dies entspricht im Mittel ziemlich genau der vorherrschenden Bewirtschaftungsvariante mit ein bis zwei Schnittnutzungen und einer vor- bzw. nachgelagerten Beweidung. Die Weidenutzung der Talflächen spielt kaum eine Rolle, da die Tiere den überwiegenden Teil der Vegetationsperiode auf der Alm oder den Heimweiden grasen. Die Intensität der Bewirtschaftung wird nur in geringem Umfang durch die jeweiligen Bedingungen des Szenarios beeinflusst. Nur bei einem hohen Anteil an entkoppelten Zahlungen werden bei dem unterstellten Preisniveau maximal 10 % bis 15 % der LF gemulcht. Wenn das gegenwärtige Preisniveau nicht gehalten werden kann, ist mit einer Ausweitung der gemulchten Flächen zu rechnen (vgl. ROEDER *et al.*, 2006a).

Sollte es zu einem ausgeprägten Strukturwandel kommen, könnte dies zur Auflassung einzelner entfernt liegender, schlecht erschlossener und steiler Flächen führen, insbesondere wenn diese nicht beweidet werden können. Ein größerer Anteil von Brachflächen ist v. a. dann wahrscheinlich, wenn der Anteil der Klein- und Kleinstbetriebe stark zurückgeht und die Flächen überwiegend von wenigen großen Betrieben bewirtschaftet werden. Dies hat zwei Ursachen. Zum einen ist die einzelbetriebliche Arbeitsspitze bei größeren Betrieben während des ersten Schnittes höher. Zum Zweiten ist bei ihnen aufgrund der schlagkräftigeren Mechanisierung die relative Arbeitszeiteinsparung bei der Bewirtschaftung günstig strukturierter Flächen im Vergleich zu ungünstig strukturierten Flächen größer als bei kleineren Betrieben.

Während die Zahl der Milchkühe und die Milchproduktion ausgehend von einem niedrigen Niveau bei der Umsetzung der Entkopplung weiter zurückgeht, bleibt die Rindfleischproduktion ausgehend von einem niedrigen Niveau weitgehend konstant (Tab. 40)<sup>133</sup>. Die Möglichkeit, Investitionen zu tätigen, beschleunigt den Umbau der Rinderbestände von der Milch- zur Mutterkuhhaltung. Bei einer *passiven* Betriebsleitereinstellung ist insbesondere das Produktionsniveau in der Milchviehhaltung etwas höher als bei einer *aktiven* Betriebsleitereinstellung. Im Zuge der Entkopplung prognostizieren verschiedene Studien einen konstanten oder leicht rückläufigen

---

<sup>133</sup> Die Besatzstärke bei ROEDER *et al.* (2006) ist im Vergleich zu dieser Studie höher, da bei dieser Studie von der nicht korrigierten Besatzstärke ausgegangen wird.

Umfang der Rinderhaltung bei annähernd konstantem Flächenbedarf, d. h. bei einer Extensivierung der Nutzung (vgl. u. a. HENNING *et al.*, 2004, S. 140; GAY & OSTERBURG, 2005; KÜPKER *et al.*, 2006). Allerdings gehen die meisten Studien mit stärker rückläufigen Rinderbeständen von einem erheblich niedrigeren Rindfleischpreis aus. Ob der Rückgang der Rinderhaltung sich hauptsächlich in marginalen Räumen (GAY & OSTERBURG, 2005) oder in Regionen mit einer intensiven Rinderhaltung (HENNING *et al.*, 2004) ereignet, ist umstritten. Die im Vergleich zur Agrarstruktur geringen Änderungen beim Viehbesatz und der Flächennutzung decken sich mit den Ergebnissen von LAUBER (2006, S. 156 ff.).

**Tab. 40: Milch- und Fleischerzeugung pro ha in Abhängigkeit von der Betriebsleitereinstellung und den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (in kg / ha)**

Szenarioname	Investitions- möglichkeiten?	Betriebsleitereinstellung			
		aktiv		passiv	
		Milcherzeugung (kg / ha)	Fleischerzeugung (kg SG <sup>1)</sup> / ha)	Milcherzeugung (kg / ha)	Fleischerzeugung (kg SG / ha)
<b>Init</b>		1.232	137	1.007	132
<b>Ref</b>	nein	1.280	125	1.561	137
	ja	615	159	1.354	141
<b>Sz 1</b>	nein	1.236	129	1.632	144
	ja	925	140	1.471	145
<b>Sz 2</b>	nein	1.198	122	1.628	134
	ja	818	128	1.489	138

Quelle: eigene Darstellung

1) SG: Schlachtgewicht

Viele Betriebe bewirtschaften ihre Flächen mit einem Besatz, der genau der Anforderung für die Teilnahme am KuLaP hinsichtlich des Mindestviehbesatzes entspricht. In diesem Zusammenhang ist die Absenkung des Mindestbesatzes ab dem Jahr 2007 von 0,5 auf 0,3 GV kritisch zu hinterfragen (vgl. SEITZ, 2006). Diese Absenkung wird vermutlich zwei Konsequenzen haben. Zum einen wird der Pachtpreis weiter steigen und der Strukturwandel so weiter gebremst, zum anderen wird die Zahl der gealpten Tiere zurückgehen. Dies ist insoweit problematisch als die meisten Almen schon jetzt Probleme haben, einen angemessenen Bestoß sicher zu stellen (vgl. GUEYDON & HOFFMANN, 2006; MILLER, 2006), und insbesondere die Bewirtschaftung der Almen und Heimweiden wichtig für die Erhaltung vieler gefährdeter Arten ist (vgl. u. a. LEDERBOGEN *et al.*, 2004).

Der durchschnittliche Arbeitszeitaufwand beträgt zwischen knapp 70 und gut 100 Akh / ha. Der geringste Arbeitszeitaufwand ist bei den Varianten zu beobachten, die einen starken Strukturwandel zeigen. Im Gegensatz zum Gesamtarbeitszeitaufwand wird die Verteilung des Arbeits-

zeitaufwandes auf die Außenwirtschaft, die Tierbetreuung und die allgemeinen Betriebstätigkeiten von den Bedingungen der einzelnen Szenarien nur gering beeinflusst. Die entsprechenden Anteile liegen bei 20 %, 40 % bis 45 % bzw. 35 % bis 40 %. Bei den Varianten mit einem ausgeprägten Strukturwandel ist der Anteil der allgemeinen Betriebstätigkeit am höchsten, da sich die in diesem Szenario verbleibenden Betriebe verhältnismäßig viel Arbeit in der Tierhaltung einsparen können. Die Arbeitszeiteinsparungen in der Außenwirtschaft werden bei den Varianten mit einem starken Strukturwandel tendenziell unterschätzt. Es ist hier davon auszugehen, dass sich die Schlagstruktur allein schon dadurch verbessert, dass die Fläche der Region unter weniger Betrieben aufgeteilt wird. Somit steigt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Betrieb mehrere benachbarte Flächen als ein Feldstück bewirtschaften kann. KAPFER (2007, S. 172) ermittelt für eine Grünlandregion im bayerischen Oberschwaben eine Arbeitszeiteinsparung von bis zu 72 % in der Außenwirtschaft bei einer Zunahme der mittleren Feldstücksgröße von 0,51 auf 1,6 ha.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass in der vorliegenden Untersuchung die BetriebsleiterEinstellung einen starken Einfluss auf die Betriebsstruktur und die Größenordnung des Strukturwandels hat. Die Auswirkung der BetriebsleiterEinstellung auf die Art der gehaltenen Nutztiere – Milch- oder Mutterkühe – ist etwas geringer, während der Umfang der Tierhaltung und die Intensität der Landnutzung weitgehend unabhängig von der gewählten BetriebsleiterEinstellung sind. Diese beiden Variablen sind allerdings durch die natürlichen Rahmenbedingungen stark vorgegeben.

Im Untersuchungsgebiet dürfte sich die Mehrzahl der Betriebsleiter durch eine verhältnismäßig passive BetriebsleiterEinstellung auszeichnen. Aufgrund der sehr guten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind die meisten Betriebsleiter, insbesondere jene, die ihre sehr kleinen Betriebe im Nebenerwerb führen, nicht auf das Einkommen aus der Landwirtschaft angewiesen. Da die Betriebsleiter der Beschäftigung in der Landwirtschaft einen hohen intrinsischen Wert zuordnen, werden die von ihnen gestellten Forderungen hinsichtlich der Entlohnung der eingesetzten Arbeit und des Kapitals vergleichsweise niedrig sein. Demzufolge ist davon auszugehen, dass die zukünftige Entwicklung eher durch diejenigen Szenarien abgebildet wird, bei denen von einer passiven BetriebsleiterEinstellung ausgegangen wird.

## 7.7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass im Zuge der Entkopplung mit ansteigenden Pachtpreisen zu rechnen. Beim unterstellten Preis- und Förderungsniveau ist das Mulchen größerer Flächen oder die Nutzungsaufgabe von Flächen selbst dann unwahrscheinlich, wenn ein Großteil der Zahlungen nicht an einen Mindestviehbesatz gebunden ist. Je stärker die Zahlungen von der Produktion entkoppelt sind, desto stärker dürfte die Überwälzung auf den Pachtmarkt sein. Weiterhin zeigen die Ergebnisse, dass mit einem weiteren Rückgang der Zahl der Betriebe zu rechnen ist. Dieser Rückgang dürfte aber im Vergleich zu den ohnehin niedrigen Werten der letzten Jahre noch geringer ausfallen<sup>134</sup>. Ferner kann durch entsprechende Investitionen in einem erheblichen Maße die Arbeitseffizienz insbesondere bei der Tierbetreuung gesteigert werden, sodass die Weiterführung des Betriebes mit Viehhaltung erleichtert wird.

Aus den Resultaten lassen sich mehrere Empfehlungen für die Untersuchungsregion und für die Politik ableiten. Auf regionaler Ebene betreffen die Empfehlungen insbesondere die Organisation der Tätigkeiten in der Weidegemeinschaft. Hier könnten durch eine verstärkte Kooperation zwischen den Betrieben große Einsparungen bei der Arbeitszeit und den Kosten realisiert werden. Da die Betriebe schon bei der Durchführung der Sommerweide kooperieren, sind die Ausgangsbedingungen für die Intensivierung der Zusammenarbeit günstiger als in anderen Regionen. Gegenwärtig ist bei Haltern von Milchkühen die Zeiteinsparung infolge der Nutzung der Flächen der Gemeinschaftsweide relativ gering, da die Kühe täglich von Angestellten der Weidegemeinschaft von den Ställen zu den einzelnen Heimweiden hin- und zurückgetrieben werden. Als Folge dieser Organisation müssen sowohl die Tiere immer noch im Stall gefüttert und gemolken als auch der Stall entmistet werden. Mit der Nutzung eines mobilen Weidemelkstandes könnte der entsprechende Arbeitszeitaufwand deutlich reduziert werden. Zudem könnten die Betriebe fast ein halbes Jahr viehlos wirtschaften. Dies erhöhte ihre Flexibilität deutlich, und die Betriebsleiter könnten z. B. einen längeren Urlaub machen. Bei der Haltung von Schafen ist es heute schon möglich, die Betreuung während der Weideperiode komplett an die Weidegemeinschaft zu delegieren. Die Attraktivität dieser Option unterstreicht zum einen die hohe Zahl der Kleinstschafhalter in der Weidegemeinschaft Garmisch sowie zum anderen die Tatsache, dass im Landkreis

---

<sup>134</sup> Der Rückgang der Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe mit einer Fläche von mehr als 2 ha um 11,5 % zwischen 1995 und 2005 im Landkreis Garmisch-Partenkirchen war der niedrigste Wert aller bayerischen Landkreise (BayStMLF, 2006, Karte 4)



Garmisch-Partenkirchen die Auftriebsrechte für Schafe im Gegensatz zu denen für Rinder zu 100 % ausgeschöpft werden (MILLER, 2006).

Ein zweiter Ansatzpunkt für die Einsparung von Arbeitszeit und Kapital ist die Zusammenarbeit in der Außenwirtschaft. Allerdings ist die Umsetzung einer Kooperation in der Außenwirtschaft vergleichsweise schwierig. Mögliche Maßnahmen reichen von einem freiwilligen Nutzungstausch zur Arrondierung der einzelbetrieblichen Flächen bis zur gemeinsamen Bewirtschaftung der Wiesen. Die höchsten Arbeitszeiteinsparungen lassen sich dann erreichen, wenn neben der Arrondierung der Flächen schlagkräftigere Gemeinschaftsmaschinen angeschafft werden. Diese Investitionen sind aber nur dann sinnvoll, wenn über die gemeinschaftliche Nutzung eine angemessene Auslastung der Maschinen gewährleistet ist.

Die dritte und am schwierigsten umzusetzende Stufe ist die Errichtung eines gemeinsamen Stalles. Die Modellergebnisse zeigen, dass sich mithilfe eines modernen Stalles im Vergleich zu den jetzigen Ställen bis zu 75 % des Arbeitsaufwandes pro Tier einsparen ließen. Eine solche Investition könnte anstelle von einzelnen Betrieben auch von der Weidegemeinschaft durchgeführt werden. Allerdings müssten dazu die beteiligten Landwirte ihre Selbstständigkeit fast vollständig aufgeben und wären nur noch Anteilseigner an einer Gesellschaft.

Im Vergleich zu anderen Gemeinden im bayerischen Alpenraum ist die Landwirtschaft im Landkreis Garmisch-Partenkirchen durch ihre extrem kleinen Strukturen und die geringe Milchleistung pro ha LF gekennzeichnet (vgl. BayLStaD, 2006). Im Schnitt des bayerischen Alpenraums sind 79 % der Betriebe kleiner als 30 ha und 38 % aller Betriebe bewirtschaften weniger als 10 ha. Für Garmisch-Partenkirchen liegen die entsprechenden Werte bei 98 % und 75 % aller Betriebe. Während die Betriebe mit weniger als 10 ha LF als Freizeitbetriebe angesehen werden können und relativ wenig von den agrarpolitischen Rahmenbedingungen beeinflusst werden, stellt sich bei den Betrieben, die zwischen 10 und 30 ha bewirtschaften die Frage der Vereinbarkeit von Landwirtschaft und einer außerlandwirtschaftlichen Erwerbstätigkeit. Gerade bei diesen Betrieben ist davon auszugehen, dass sie im Zuge des Generationenwechsels aufgegeben werden, oder zumindest von der Milchviehhaltung auf arbeitextensivere Verfahren umsteigen. Im restlichen bayerischen Alpenraum ist die Milchleistung pro Fläche deutlich höher als in Garmisch-Partenkirchen. Dies hat zur Folge, dass die Markterlöse aus der Milchviehhaltung eine größere Rolle für die Wirtschaftlichkeit der Betriebe haben. Damit sind die Betriebe stärker von sinkenden Markterlösen betroffen als die Betriebe in Garmisch-Partenkirchen. Für die Mehrzahl der Betriebe im bayerischen Alpenraum ist keineswegs sichergestellt, dass die positiven Auswirkun-

gen durch die Einführung der entkoppelten Milchprämie die negativen Auswirkungen aufgrund des sinkenden Milchpreises überwiegen.

Für die Ausgestaltung von Förderprogrammen lassen sich aufgrund der Modellergebnisse folgende Empfehlungen ableiten. Die Situation im Jahr 2007 ist gekennzeichnet durch einen hohen Anteil von Zahlungen, der an einen Mindestviehbesatz gekoppelt ist. Somit ähnelt die Situation stark dem Szenario *Sz I*. Sollten die Förderungen der 1. Säule wie geplant auf über 300 EUR / ha steigen, ist zu überlegen, ob die Gewährung dieser Förderung an höhere Auflagen als an die Mindestbewirtschaftung gebunden wird. Im Vergleich zu den Förderungen aus der 2. Säule ist bei den entkoppelten Zahlungen der 1. Säule von einer stärkeren Überwälzung der Förderung auf den Landeigentümer auszugehen. Die Absenkung des Mindestbesatzes im KuLaP ab 2007 von 0,5 auf 0,3 GV / ha sollte insbesondere vor dem Hintergrund der Gewährleistung eines ausreichenden Almauftriebs überprüft werden. Da in der Ausgangssituation schon viele Betriebe eine Bewirtschaftungsintensität entsprechend des Mindestbesatzes gewählt haben, ist davon auszugehen, dass einzelne Betriebe ihren Besatz um bis zu 40 % reduzieren werden<sup>135</sup>. Ferner steigt mit der Absenkung der Auflagen die pachtpreisstärkende Wirkung der KuLaP-Zahlung. Mit den höheren Pachtpreisen wird auch die Flächenaufstockung für wachstumswillige Betriebe schwieriger.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Tierhaltung im Nebenerwerb, obwohl sie in der Region in kleinsten Beständen durchgeführt wird, durchaus mittelfristig stabil ist. Für das Fortbestehen dieser Kleinbetriebe spielen, neben einem zufrieden stellenden Ergebnis der landwirtschaftlichen Tätigkeit, weitere Faktoren eine entscheidende Rolle. So müssen beispielsweise ausreichend Arbeitsplätze außerhalb der Landwirtschaft zur Verfügung stehen. Da die Betriebe die Landwirtschaft primär aus nicht-monetären Beweggründen beibehalten, LAUBER (2006) bezeichnet sie als Freizeitlandwirte, muss ihnen die Arbeit primär Freude bereiten. Hier ist insbesondere in Hinsicht auf die Dokumentationspflichten und Auflagen zu überlegen, inwieweit hier mithilfe der Einführung von Bagatellgrenzen die Weiterführung dieser Betriebe erleichtert werden kann.

In Hinblick auf die unbefriedigende arbeitswirtschaftliche Situation in den meisten Ställen wäre die finanzielle Förderung von Umbaumaßnahmen, die den Arbeitsaufwand in der Tierhaltung reduzieren, zu begrüßen. Die Reduktion des Arbeitsaufwandes würde insbesondere die Wahr-

---

<sup>135</sup> Eine Kontrollrechnung für die Umsetzung der reduzierten Auflage hinsichtlich der Besatzdichte ergab, dass unter *ceteris paribus* Bedingungen beim Szenario *Sz I* ein Rückgang der Besatzdichten von mindestens 10 % zu erwarten ist.

scheinlichkeit erhöhen, dass diese Betriebe beim Generationenwechsel im Nebenerwerb weitergeführt werden.

## 8. Beurteilung und Weiterentwicklung des Modellansatzes

Insgesamt kann gezeigt werden, dass das entwickelte Landnutzungsmodell zur Klärung der in Garmisch-Partenkirchen stattfindenden Landnutzungsentwicklungen beiträgt. Die modellierten einzelbetrieblichen Anpassungsvorgänge entsprechen in ihrer Logik den Ergebnissen der Betriebs- und Expertenbefragung und erscheinen damit plausibel. Insbesondere bestätigten sich in den Modellergebnissen die in Kap. 4.4.2.3 getroffenen Annahmen zur Auswirkung bestimmter Kombinationen der Justierungsvariablen auf das Verhalten der Agenten.

Wie verschiedene weitere Anwendungen zeigen, ist der gewählte Modellansatz mit einem verhältnismäßig geringen Aufwand in andere Region und auf verwandte Fragestellungen übertragbar (vgl. ROEDER *et al.* 2006a, 2006b). Im Laufe der Arbeit ergaben sich eine Reihe von Ansatzpunkten, an denen das verwendete Modell in technischer oder methodischer Hinsicht verbessert werden könnte. Diese sollen im Folgenden kurz angesprochen werden.

Durch die feine Abstufung der Verfahrensintensitäten konnte das Verhalten des Nelder-Mead-Algorithmus bei sich ändernden Rahmenbedingungen geglättet werden. Dieser Vorteil wurde damit erkauft, dass insbesondere in der Initialisierung die Güte einer Justierung von Hand beurteilt werden muss. Diese manuelle Überprüfung ist sehr zeitaufwändig. So ist zu beurteilen, ob die Initialisierung eines Betriebes als korrekt angesehen wird, wenn z. B. im Modell das Grünland zu je 50 % als zwei- und vierschürige Wiese genutzt wird, obwohl in der Realität eine dreimalige Mahd erfolgt. Ferner muss eine Entscheidung getroffen werden, ob jede Abweichung von einem der gewählten Bewertungskriterien gleichgewichtet werden soll oder nicht. Offen ist die Beantwortung der Frage, wie dieser Evaluierungs- und Justierungsprozess unabhängig von den verwendeten Daten standardisiert und automatisiert werden kann. Hier besteht erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Die Abbildung der Kosten von Investitionen in Gebäude ist hinsichtlich der Berücksichtigung der Hoflage nicht zufrieden stellend gelöst. In der gegenwärtigen Modellversion wird bei der Ermittlung der Investitionskosten die räumliche Lage des Betriebes - Ortsmitte, Ortsrand oder Einzellage – nicht berücksichtigt. Dies führt insbesondere bei Betrieben, die von der Bebauung eingeschlossen sind, zu einer zu günstigen Bewertung von Erweiterungsinvestitionen und damit zu einem zu niedrigen Ansatz der kalkulatorischen Kosten auf vorhandene Investitionsgüter<sup>136</sup>.

---

<sup>136</sup> In der Realität könnten diese Betrieb nur erweitern, wenn sie aussiedeln.

Als Konsequenz ist das Verhalten des Betriebes zu konservativ abgeschätzt. Die Berücksichtigung der Hoflage könnte ohne großen Mehraufwand sowohl bei den Erhebungen im Feld erfasst werden, als auch bei der Zusammenstellung der Kalkulationsgrundlagen berücksichtigt werden.

Die Zwischenschaltung eines manuellen Schrittes bei der Ermittlung der optimalen Pachtpreiskombination ist ebenfalls verbesserungsfähig. Dieser Zwischenschritt könnte evtl. umgangen werden, wenn statt der vorgestellten allgemeinen Fitnessfunktion für jedes Modell eine spezifische Funktion verwendet würde, die die entsprechenden Substitutionsbeziehungen berücksichtigt. Diese Fitnessfunktion könnte je nach Problemstellung eine unterschiedliche Zahl an Teilzielen enthalten und diese entsprechend der Rahmenbedingungen miteinander verknüpfen und zueinander gewichten. Diese Erweiterung erscheint sinnvoll und sollte weiterverfolgt werden.

Betrachtet man den verwendeten Nelder-Mead-Algorithmus, ist festzustellen, dass er sich nur sehr langsam entlang eines Lösungsgrates bewegt oder von lokalen Minima eingefangen wird. Zur Behebung dieses Problems wird eine ganze Reihe von Lösungsansätzen vorgeschlagen (vgl. BARTON & IVEY, 1996). Dazu zählen insbesondere die Veränderung der Skalierungsparameter bei einem Kontraktionsschritt des Algorithmus oder die Neuinitialisierung des gesamten Simplex in der Umgebung der besten Lösung. Bei einer Neuinitialisierung wird jedem Punkt des neuen Simplex nur eine Koordinate im Vergleich zur bisher besten Lösung verändert. Die Art und die Größenordnung der Veränderung der einzelnen Koordinate können mithilfe eines deterministischen oder eines stochastischen Algorithmus bestimmt werden. Der Verbesserung der Qualität der Lösung des Simplexalgorithmus steht aber zum Teil ein erheblicher Mehraufwand an Rechenzeit gegenüber (BARTON & IVEY, 1996). Aus diesen Gründen erscheint die Einbettung dieses Lösungsansatzes in den Modellansatz nicht vorrangig.

Prinzipiell könnten zur Lösung des vorgestellten Problems, der Ermittlung einer markträumenden Pachtpreiskombination, auch andere heuristische Suchverfahren, wie der Simulated Annealing (DUECK *et al.*, 1993) oder „simulated annealing“ (KIRCKPATRICK *et al.*, 1983) verwendet werden. Diese Verfahren beruhen auf dem Prinzip, dass ausgehend von einem Startpunkt, ein neuer Punkt ermittelt wird. Für diesen Punkt wird dann der Funktionswert bestimmt. Erfüllt der Funktionswert definierte Mindestkriterien, wird dieser Punkt zum neuen Startwert und die Schleife wird erneut durchlaufen. Mit zunehmender Zahl der Iterationen steigen in beiden Verfahren die Mindestanforderungen. Die Verfahren unterscheiden sich insbesondere dahingehend, ob die Mindestkriterien auf einen absoluten Wert bezogen sind (Simulated Annealing) oder auf die Größe der maximalen Verschlechterung, die von einem Punkt zum nächsten akzeptiert wird (simulated an-

nealing). Ein Nachteil dieser Verfahren besteht darin, dass sie aufgrund ihrer Ungerichtetheit mehr Punkte testen müssen als der Nelder-Mead-Algorithmus. Dies ist insofern von Relevanz als in dem entwickelten Modell die Ermittlung der Flächennachfrage bei einer gegebenen Pachtpreiskombination ungefähr 30 bis 40 Sekunden auf einem Personal Computer mit einer Taktfrequenz von 2 Ghz und 512 MB Arbeitsspeicher benötigt. Da diese heuristischen Suchverfahren meist mehrere 10.000 Pachtpreiskombinationen berechnen müssen, um zu einer Lösung zu gelangen, beanspruchte die Berechnung eines einzigen Szenarios mehrere Tage. Dieser Ansatz wird somit als gegenwärtig wenig praktikabel verworfen.

Ein methodischer Kritikpunkt ist die Tatsache, dass die Größen der Justierungsvariablen, insbesondere der Lohnansatz und der Ansatz der kalkulatorischen Kosten, im Grunde von nicht beobachteten Verhaltensweisen abhängen. Dies impliziert zum einen die Neujustierung der Agenten, wenn man als Modellentwickler davon ausgeht, dass den Betrieben in der Ausgangssituation weitere Alternativen zur Verfügung stehen. Zum anderen stellt sich die Frage, welche Alternativen der Betriebsleiter überhaupt in seinem Entscheidungskalkül berücksichtigt, da eigentlich nur diese zur Justierung verwendet werden dürften.

Da auf einzelbetrieblicher Ebene nur vier Variablen<sup>137</sup> angepasst werden und den Agenten ihre Maschinen- und Gebäudeausstattung (Betriebstyp) aus einem fixen Set zugewiesen wird, ist es äußerst unwahrscheinlich, dass eine exakte Justierung des Modellbetriebes auf den Realbetrieb erfolgt. Die Modellbetriebe werden im Vergleich zum Realbetrieb fast immer etwas zu viel oder zu wenig Fläche bewirtschaften oder etwas zu viele oder zu wenige Tiere halten. Darüber hinaus ist die Größe der einzelnen Justierungsvariablen nicht exakt festgelegt, sondern innerhalb der Grenzen, die durch die *aktive* und *passive* Justierung vorgegeben sind, sind beliebige Kombinationen der Justierungsvariablen möglich. Im Rahmen der Weiterentwicklung des Modells würde es sich anbieten, für jeden Betrieb in einem ersten Schritt die Menge der zulässigen Implementierungen zu bestimmen<sup>138</sup>. In einem zweiten Schritt könnte dann jedem Agenten zufällig eine Implementierung aus dieser Menge zugewiesen werden. Die Agenten würden dann in einem Pachtmarktmodell gegeneinander antreten. Dieses Vorgehen einer zufälligen Zuordnung einer Imple-

---

<sup>137</sup> Dies sind die maximale Gesamtarbeitskapazität, der Lohnansatz, die Höhe des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten auf vorhandene Investitionsgüter und der vom Betriebsleiter geforderte Mindestgewinn.

<sup>138</sup> Unter einer zulässigen Implementierung wird eine Kombination der vier oben genannten Variablen verstanden, die gewährleistet, dass der Agent hinsichtlich seiner Ausstattung mit Investitionsgütern und seiner Landnutzung dem Realbetrieb entspricht.

mentierung zu den einzelnen Agenten mit anschließender Berechnung des Pachtmarktmodells könnte im Rahmen einer Monte-Carlo Simulation mehrmals wiederholt werden.

Mithilfe einer derartigen Simulation könnten sowohl die Robustheit der Modellergebnisse als auch deren Schwankungsbereich bei gegebenen Rahmenbedingungen erheblich besser abgeschätzt werden. Um eine Monte-Carlo Simulation mit einem vertretbaren Aufwand durchführen zu können, ist es allerdings zwingend erforderlich, dass zunächst das Modell so erweitert wird, dass die Bestimmung der optimalen Pachtpreiskombination vollautomatisch erfolgt.

## 9. Zusammenfassung

Die Landbewirtschaftung in einer Region ist das Resultat einer Vielzahl von ökonomischen, sozialen, politischen und biotischen sowie abiotischen Prozessen und deren Wechselwirkung. Aufgrund ihres hohen Flächenbedarfes hat die Landwirtschaft vielfältige Auswirkungen auf die verschiedensten Güter, die weit über die Nutzung von Produktionsfaktoren, den Verbrauch von Produktionsmitteln und die Erzeugung von landwirtschaftlichen Produkten hinausgehen. So gestaltet sie wesentlich den Erholungsraum für eine Vielzahl von Menschen. Sie schafft, verändert und beeinträchtigt den Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten. Schließlich beeinflusst die Art und Weise der Landbewirtschaftung auch andere wirtschaftlich nutzbare Güter, wie z. B. die Qualität des Grundwassers und die Rate seiner Neubildung. Die Gesellschaft weist insbesondere in marginalen Regionen diesen externen Effekten der Landwirtschaft einen höheren Stellenwert zu als der Produktion von Nahrungsmitteln.

Neben der Ausgestaltung der Agrarförderung hängen die Produktionsentscheidungen eines Betriebsleiters vom Produktionspotential des Standortes und der Ausstattung mit Produktionsfaktoren bzw. von deren Verfügbarkeit ab. Bei der Entscheidung, ob und wie die Landwirtschaft fortgeführt werden soll, werden vom Betriebsleiter nicht nur betriebswirtschaftliche Kenngrößen berücksichtigt. Hier spielen Aspekte wie die Fortführung der Familientradition, Selbstverwirklichung oder der Erhalt der Kulturlandschaft eine große Rolle. Nur wenn diese Ziele adäquat in einem Landnutzungsmodell berücksichtigt werden, kann man davon ausgehen, dass die Art und Größenordnung der Reaktion der landwirtschaftlichen Betriebe auf sich ändernde Rahmenbedingungen korrekt abgebildet wird.

Die vorliegende Arbeit stellt eine erste Anwendung des entwickelten agentenbasierten Landnutzungsmodells dar. Im Rahmen dieser Arbeit werden diese nicht monetären Aspekte in ein Agrarstrukturmodell integriert, mit dessen Hilfe die Wirkung von unterschiedlichen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen auf die Landnutzung und den Strukturwandel abgeschätzt wird. Im Rahmen des Modells können sowohl die Ausgestaltung der Förderungsprogramme, die Marktpreise als auch die flächenspezifischen Auflagen verändert werden. Dazu wird der agentenbasierte, komparativ-statische Modellansatz von KANTELHARDT (2003) und SCHEMM (2004) weiterentwickelt. Dieser Modellansatz richtet sein besonderes Augenmerk auf die Wechselwirkungen zwischen den Betrieben auf lokaler Ebene und berücksichtigt einzelbetriebliche In-



vestitionsentscheidungen. Die Auswahl der Produktionsverfahren und die Durchführung von Investitionsentscheidungen basieren auf einer einzelbetrieblichen linearen Optimierung (LP).

Die Weiterentwicklung beinhaltet sowohl technische als auch methodische Aspekte. Auf technischer Seite wird die Integration des Nelder-Mead-Algorithmus in den bestehenden Ansatz verbessert. Dieser Algorithmus wird verwendet, um die Gleichgewichtspreise auf den Märkten für Produktionsfaktoren zu berechnen. Darüber hinaus wird der Algorithmus so erweitert, dass mehr als zwei Märkte für Produktionsfaktoren abgebildet werden können. Mithilfe des verwendeten Modellansatzes sollen auch Aussagen über die Entwicklung der Landbewirtschaftung in größeren Regionen getroffen werden. Dazu ist es nötig, dass der Ansatz mit einem geringen Aufwand in andere Regionen (Gemeinden) übertragen werden kann. Dies erfordert eine starke Strukturierung der Datenbasis und eine Standardisierung der Datenverwaltung.

Methodisch wird der Ansatz um die Integration von nicht-monetären Zielen in die Zielfunktion ergänzt, sodass die Zielfunktion der Agenten von einer Gewinnmaximierung in Richtung auf eine Nutzenmaximierung erweitert werden kann. Es wird eine Methode aufgezeigt, wie die jeweilige agentenspezifische Gewichtung der nicht-monetären Ziele aus empirischen Daten der Betriebe abgeleitet werden kann. Die nicht-monetären Ziele beeinflussen den Wert von verschiedenen Stellgrößen, die in einem iterativen Prozess verwendet werden, um die Landnutzung des Agenten auf die des Realbetriebes zu justieren. Im Einzelnen werden die folgenden vier Stellgrößen verwendet:

- die Arbeitskraftkapazität der Familienarbeitskräfte, die für Tätigkeiten in der Landwirtschaft maximal zur Verfügung steht,
- die Höhe des Lohnansatzes für die Familienarbeitskräfte,
- die prozentuale Höhe des Ansatzes der kalkulatorischen Kosten für vorhandene Investitionsgüter, die bei der einzelbetrieblichen Optimierung berücksichtigt wird,
- und die minimale Höhe des vom Betriebsleiter geforderten Mindestgewinns.

Um die Möglichkeiten des verwendeten Modellansatzes auszuloten, werden verschiedene Simulationsrechnungen durchgeführt. Als Untersuchungsgebiet dient Garmisch-Partenkirchen, eine Gemeinde im bayerischen Alpenraum. Garmisch-Partenkirchen liegt in einem reinen Grünlandgebiet und die Bewirtschaftung erfolgt fast ausschließlich durch Nebenerwerbsbetriebe. Als Datengrundlage für die Rechnungen dient neben allgemein zugänglichen Daten wie Ertragsstatistiken, einschlägigen Planungsgrundlagen und Preisaufzeichnungen eine Betriebsbefragung, die im Winterhalbjahr 2004/05 in Garmisch-Partenkirchen durchgeführt wurde. Für das Untersuchungs-

gebiet kann gezeigt werden, dass die Justierung der Landnutzung und der Agrarstruktur in der Untersuchungsregion mithilfe der vier Stellgrößen möglich ist.

Basierend auf verschiedenen Szenariorechnungen wird versucht, zwei Fragen zu beantworten. Erstens wird untersucht, wie sich die Landbewirtschaftung in dieser marginalen Region im Zuge der Umsetzung der Entkopplung der EU-Direktzahlungen verändert. Zweitens erfolgt eine Abschätzung, inwieweit die Reaktionen der Betriebsleiter von der Art der Berücksichtigung nicht-monetärer Ziele abhängen. Als Referenzsituation dient eine Fortschreibung der Bedingungen, die im Jahr 2004 im Untersuchungsgebiet herrschten, d. h. vor der Entkopplung der landwirtschaftlichen Direktzahlungen und der Einführung der entkoppelten Milchprämie. Ausgehend von diesen Fragestellungen werden die Szenarien entlang von zwei Hauptachsen entwickelt. Auf der 1. Achse wird der Anteil der Zahlungen verändert, die an bestimmte Mindestanforderung in der Tierhaltung geknüpft sind. Dies spiegelt die möglichen Unterschiede in der finanziellen Bedeutung von Zahlungen der 1. und 2. Säule der gemeinsamen Agrarpolitik in der Zukunft wieder. Während die Zahlungen der 1. Säule entkoppelt sind, setzen die der 2. Säule einen gewissen Mindestviehbesatz voraus. Entlang der 2. Achse werden zwei Varianten definiert. Basierend auf theoretischen Überlegungen werden bei der ersten Variante die Stellgrößen so festgelegt, dass die Agenten relativ stark auf Veränderungen der Rahmenbedingungen reagieren, während die Stellgrößen bei der zweiten so definiert sind, dass sich die Agenten möglichst strukturkonservativ verhalten.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass das Verhalten der Agenten im Pachtmarktmodell mit den aufgrund der theoretischen Überlegungen aufgestellten Verhaltenshypothesen übereinstimmt.

Für die untersuchten Betriebe führt die Umsetzung der EU-Agrarreform von 2003 zu einer Erhöhung der Bodenrente um mindestens 100 EUR / ha, selbst wenn keine zusätzlichen Mittel in die Region fließen. Die Bodenrente ist umso höher, je geringer der Anteil der Zahlungen ist, der an die Tierhaltung gekoppelt ist, da die Markterlöse aus der Tierhaltung nicht ausreichen, die zusätzlichen Kosten zu decken, die mit der Tierhaltung verbunden sind. Während bei der Agrarstruktur starke Veränderungen in Abhängigkeit von den Modellannahmen zu beobachten sind, zeigen andere Parameter, wie die Intensität der Außenwirtschaft oder der Tierbesatz nur geringe Reaktionen. Mit zunehmender Bedeutung der entkoppelten Zahlungen geht bei dem angenommenen Preisniveau für landwirtschaftliche Erzeugnisse die Intensität der Landbewirtschaftung leicht zurück. Selbst bei einem hohen Anteil der vollständig entkoppelten Zahlungen aus der 1. Säule werden nur wenige Flächen gemulcht. Im Vergleich zu einer Fortschreibung der gekop-

pelten Zahlungen ist bei einer Entkopplung mit einem gebremsten Strukturwandel zu rechnen. Diese Aussage stützt sich im Wesentlichen auf zwei Argumente. Im Zuge der Einführung einer einheitlichen regionalen Flächenprämie steigt die Förderung für die Almwirtschaft und somit deren Profitabilität. Da im untersuchten Fallbeispiel die Gewinne der Almbewirtschaftung unter den Mitgliedsbetrieben aufgeteilt werden, erhöht sich auch die Wirtschaftlichkeit der Talbetriebe. Zum anderen kamen bis 2004 die Talbetriebe aufgrund ihres geringen Leistungsniveaus nur in beschränktem Umfang in den Genuss von EU-Direktzahlungen oder Preisstützungen. Durch die Entkopplung ergibt sich auch auf den Talflächen eine höhere Förderung pro ha. Unabhängig vom gewählten Szenario halten die Betriebe genau den Viehbesatz ein, der erforderlich ist, um Förderungen aus dem Kulturlandschaftsprogramm (KuLaP) zu erhalten. Insoweit kann eine Absenkung des vorgeschriebenen Mindestviehbesatzes zu einer starken Abstockung der Bestände führen.

Abschließend werden einige Anregungen für die Weiterentwicklung des Modellansatzes unterbreitet.

Der Modellansatz hat die Erwartung bezüglich der Berücksichtigung der Betriebsleitereinstellung erfüllt, und ermöglicht durch die einzelbetriebliche Differenzierung eine realitätsnahe Abbildung der Entwicklung der Landnutzung. Der Modellansatz eignet sich insbesondere zur Abbildung der Landbewirtschaftung in Gebieten, die eines oder mehrere der folgenden Kriterien erfüllen:

- In der Untersuchungsregion sind alle Flächen eines Flächentyps für alle im Modell abgebildeten Betriebe annähernd gleich gut erreichbar. Dies entspricht ungefähr der Situation, die bei einem Haufendorf gegeben ist.
- Bei der Auswahl der Produktionsverfahren durch die Betriebe in der Untersuchungsregion spielen auf einzelbetrieblicher Ebene die Kosten für Gebäude und Maschinen und einzelbetriebliche Kapazitätsrestriktionen eine entscheidende Rolle.
- Die Agrarstruktur der Untersuchungsregion ist durch ein Mit- und Nebeneinander von Haupt- und Nebenerwerbsbetrieben geprägt, die verschiedenen Betriebstypen zuzuordnen sind.
- Die Entscheidung, ob die Landwirtschaft im Rahmen des Generationenwechsels fortgeführt wird, wird von den zukünftigen Betriebsleitern nicht nur aufgrund der Beurteilung von betriebswirtschaftlichen Kenngrößen getroffen.

## 10. Summary

Land use on a regional level is the result of a multitude of economic, social, political, biotic, and abiotic processes and the interactions between them. Agriculture influences a wide variety of goods and services, because it utilises large tracts of land. These influences exceed the economic domain, and its importance may not be assessed only by the volume of production of food and fibre. In Europe the recreational areas used by large parts of the population are shaped by agriculture. Agriculture creates, alters and impairs the habitats for a multitude of plant and animal species. Finally, it is often decisive for the quantity and quality of a variety of other economically exploitable resources, such as the quality of groundwater and its rate of renewal. Especially in marginal areas, society often rates these external effects of agriculture higher than the value of primary production.

The decision taken by a farmer does not depend only on the quality of the site and his endowment with various production factors, such as machines, buildings, or workforce, but also on the agricultural support programmes. However, the decisions to remain in or leave the agricultural sector, or to conduct agriculture, are not based solely on financial data and market expectations. Other aspects are important such as the preservation of the cultural landscape “Heimat”, the continuation of the family tradition, or self-realisation. Only if these goals are adequately integrated into land use models, can one hope that the type and magnitude of reactions predicted by the model will be similar to that observed in reality.

This thesis presents the first application of the extended model. For other studies, the model was successfully implemented in two additional Bavarian municipalities. The main goal of this thesis is to present and test an approach that allows for the integration of non-monetary aspects into an agri-economic land use model. The model should be capable of assessing the impact of a changing business environment on land use and structural change. Within the model prices, support programmes and area specific regimentations could be altered. The model is based on the agent-based, comparative-static approach of KANTELHARDT (2003) and SCHEMM (2004). This farm-based approach has a special focus on the interactions between the farms on a local level and takes into account investment decisions. The agent’s decisions are based on a farm specific linear optimization (LP).

The model is enhanced with respect to technical as well as methodological aspects. In the centre of the technical enhancement is the improved integration of the Nelder-Mead-algorithm into the model. With this algorithm the equilibrium prices for production factors are calculated. Furthermore, the algorithm is improved in a way that allows for the coverage of more than two markets. The model approach can be easily and time-efficiently applied in other study areas (municipalities). These multiple case studies allow the extrapolation of the model results to larger administrative regions. The implementation of the model approach in several case study areas clearly demands a flexible structure of the database and the standardization of the data management.

With respect to the methodological aspects, the focus is on the integration of non-monetary goals into an agent's objective function. This allows the extension of the objective function from a pure profit maximisation towards a utility maximisation. This extension is based on a method that derives the agent specific valuation coefficients for the non-monetary goals from empirical farm data. These non-monetary goals influence different manipulated variables, whose respective value is determined in an iterative calibration process. The following four manipulated variables that decisively alter the agent's objective function are:

- the available family labour, which could potentially be used to conduct agricultural activities,
- the marginal amount of the imputed wage charged for family labour,
- the share of imputed costs induced by the agent's existing endowment with financial assets that is considered in the optimization,
- the minimum level of profit demanded by the agent.

In order to test the applied approach various simulations are run. The municipality of Garmisch-Partenkirchen is chosen as the study area. This municipality lies in the Bavarian part of the Alps, and the agricultural land is used exclusively as grassland. The agricultural structure is dominated by part time farms. The data used are derived from public accessible data such as price and yield statistics. In addition standardized cost and accounting data and a farm survey are used. The survey was conducted in winter 2004/05. It can be shown that it is possible to adequately depict the land use and agricultural structure of the study area if the appropriate values for the four manipulated variables are chosen.

Various scenarios are calculated in order to provide a response to two questions. Firstly the influence of the reform of the Common Agricultural Policy (CAP) over land use and agriculture structure in the marginal area of Garmisch-Partenkirchen is investigated. Secondly the sensitivity

of these results to variations in the calibration of the manipulated variables is assessed. Based on these two questions different scenarios are defined along two axes. On the first axis, the percentage of payments that is linked to compliance with specified minimum stocking level is varied. This variation reflects the likely different importance of CAP pillar I and pillar II payments in the region in future. Even if all pillar I payments are decoupled from production, pillar II payments demand compliance with some minimum stocking density. On the second axis two alternatives are defined. For the first alternative, the values are attributed to the manipulated variables that should according to economic theory induce a quite flexible agents' reaction to a changing business environment. This is achieved by attributing to the agents a relatively high imputed wage, a relatively low value for the considered share of imputed costs and a low value for the demanded minimum profit. For the second, values are attributed to the agents that should influence the agents' behaviour to be more structurally conservative. The outcome of these scenarios is compared with that of a reference scenario. The reference scenario shows the influences of a continuation of the business environment present in the year 2004 on the land use and agricultural structure. This reflects a situation prior to the decoupling of the CAP pillar I agricultural support measures.

All in all, in the various simulation runs the observed agents' behaviour is consistent with the initial hypotheses.

In the study area the implementation of the CAP reform of 2003 induces an increase of the land rents by at least 100 EUR / ha. This level is reached even if no additional funds are directed into this region. One can generally consider that the lower the share of payment that is linked in some way to animal husbandry, the higher is the land rent. In contrast to the intensity of grassland cultivation or the stocking density, the agricultural structure is very sensitive to the scenario assumptions. One can say that the rate of structural change increases the higher the share of coupled payments is and the less the agent's calibration of the manipulated variables reflects a behaviour that is structurally conservative.

Given the 2006 prices for agricultural products, the land use intensity slightly declines with an increasing share of decoupled payments. Even if most payments are decoupled, only a small fraction of the land is mulched. In comparison to the continuation of a fully coupled payment scheme it is likely that the rate of structural change will decline.

The model approach fulfilled the expectation with respect to the incorporation of farmer's attitudes. The farm specific differentiation of the manipulated variables allows a realistic representation of the development of the land use on a local level.

The model approach is useful for the simulation of land-use changes, in particular in study areas that fulfill at least one of the following criteria:

- In the study area all plots of the same type are roughly equally accessible for the farmers depicted by the model.
- When the farmers make their decisions on land use they take into account the farm specific capacity constraints and fixed costs of their endowment.
- The agricultural structure in the study area is characterized by a mixture of full and part time farms, which are engaged in different types of agricultural activities.
- The decision whether farming is continued is not based only on accounting data.

The thesis closes with a section that presents some suggestions for the future development of the model.

## 11. Literatur

- Agarwal, C., Green, G. M., Grove, J. M., Evans, T. P. & Schweik, C. M. (2002): A review and assessment of land-use change models: dynamics of space, time, and human choice; General Technical Report NE-297. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station; 61 S.
- Balmann, A., Happe, K., Kellermann, K. & Kleingarn, A. (2002): Agricultural Policy Switchings: An Agent-based Approach. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.; Bd. 36: 401-411.
- Balmann, A., Lotze, H. & Noleppa, S.(1998a): Agrarsektormodellierung auf Basis „typischer Betriebe“ - Teil 1: Eine Modellkonzeption für die neuen Bundesländer; Agrarwirtschaft 47 (5): 222-230.
- Balmann, A., Lotze, H.& Noleppa, S. (1998b): Agrarsektormodellierung auf Basis „typischer Betriebe“ - Teil 2: Auswirkungen der „Agenda 2000“ auf die Landwirtschaft in den neuen Bundesländern; Agrarwirtschaft 47 (6): 251-258.
- Barton, R. R. & Ivey, J. S. (1996): Nelder-Mead Simplex Modifications for Simulation Optimization; Management Science 42 (7): 954-973.
- BayLStaD (Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung) (2006): Allgemeine Agrarstrukturerhebung der Jahre 1999, 2001, 2003 und 2005; URL: <https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online/Online>; letzter Zugriff: 16.12.2006; München.
- BayLStaD (Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung) (1996): Allgemeine Agrarstrukturerhebung für das Jahr 1996; München.
- BayStMELF / BayStLU (Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten and Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen) (2003): Plan zur Förderung der Entwicklung des ländlichen Raumes in Bayern. Verordnung (EG) Nr. 1257/1999 des Rates vom 17. Mai 1999 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raumes durch den EAGFL 2000 – 2006, Konsolidierte Fassung; URL: <http://www.stmlf-de->



[sign2.bayern.de/stmelf/g\\_5/programmplanungsdokument\\_gesamt\\_konsolidiert.pdf](http://sign2.bayern.de/stmelf/g_5/programmplanungsdokument_gesamt_konsolidiert.pdf);

München.

BayStMLF (Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten) (2004): Maßnahmenübersicht KuLaP Teil A, Stand 11/2004; München; 1 S.

BayStMLF (Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten) (2006): Bayerischer Agrarbericht 2006; München; 242 S.

Berger, T. (2000): Agentenbasierte räumliche Simulationsmodelle in der Landwirtschaft - Anwendungsmöglichkeiten zur Bewertung von Diffusionsprozessen, Ressourcennutzung und Politikoptionen; Sonderheft der Agrarwirtschaft 168; 176 S.

Berger, T. (2004): Agentenbasierte Modellierung von Landnutzungsdynamiken und Politikoptionen; Agrarwirtschaft 53 (2): 77-87.

Beukes, P.C., Cowling, R.M. & Higgins, S.I. (2002): An ecological economic simulation model of a non-selective grazing system in the Nama Karoo, South Africa; Ecological Economics 42: 221-242.

BGBI. (Bundesgesetzblatt) Teil 1 (2006): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 13.01.2006; Bonn; S. 33-43.

BLW (Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt) (2007): Märkte und Preise; URL:<http://www.maerkteundpreise.de/>; verschiedene Zugriffe; letzter Zugriff: 10.01.2007

Box, G. E. P (1957): Evolutionary operation: A method for increasing industrial productivity; Applied Statistics 6: 81-101.

Box, G. E. P. & Draper, N. R. (1987): Empirical Model-Building and Response Surfaces; New York; 669 S.

Brandes, W., Recke, G & Berger, T. (1997): Produktions- und Umweltökonomik – Band 1: traditionelle und moderne Konzepte; Stuttgart; 534 S.

BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (2005): Meilensteine der Agrarpolitik -Umsetzung der europäischen Agrarreform in Deutschland; Berlin; 156 S.

- Cypris, C. (2000): Positive Mathematische Programmierung (PMP) im Agrarsektormodell RAUMIS; Dissertation am Institut für Agrarpolitik der Rheinischen Friedrich Wilhelms Universität Bonn; 194 S.
- Dabbert, S., Herrmann, S., Kaule, G. & Sommer, M. (1999): Landschaftsmodellierung für die Umweltplanung; Berlin; 246 S.
- Dax, T., Loibl, E. & Oedl-Wieser, T (1995): Erwerbsskombination und Agrarstruktur - Entwicklung landwirtschaftlicher Haushalte im internationalen Vergleich; Forschungsbericht 33: URL: <http://www.bergbauern.net/2005/dmdocuments/publikationen/FB33.pdf>; erstellt am 18.03.2004; Bundesanstalt für Bergbauernfragen; Wien; S. 286.
- Deutscher Bundestag (2004): Unterrichtung durch die Bundesregierung - Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ für den Zeitraum 2004 bis 2007; Drucksache 15/3151; Zugeleitet mit Schreiben des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft vom 12. Mai 2004 gemäß Beschluss des Deutschen Bundestages vom 3. Mai 1984 (Drucksache 10/1250); 15. Wahlperiode 21. 05. 2004.
- Deutscher Bundestag (2006): Unterrichtung durch die Bundesregierung - Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ für den Zeitraum 2006 bis 2009; Drucksache 16/2522; Zugeleitet mit Schreiben des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, vom 29. August 2006 gemäß Beschluss des Deutschen Bundestages vom 3. Mai 1984 (Drucksache 10/1250); 16. Wahlperiode 04. 09. 2006.
- Donald, P.F., Green, R.E. & Heath, M.F. (2001): Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations; Proceedings of the Royal Society 268: 25-29.
- Douarin, E., Bailey, A., Blaas, G., Bozik, M., Davidova, S. & Latruffe, L. (2006): Potential impact of the CAP Single Area Payment on the structural change in Slovakia, URL: <http://www.fat.admin.ch/eaee96/abstracts/s63.pdf>, Vortrag im Rahmen des 96th EAAE Seminars "Causes and impacts of agricultural structures" vom 10.-11.1.2006; Tänikon, Schweiz; 17 S.

- DWD (Deutscher Wetterdienst) (2006): Stationsmittelwerte der Periode 1961 bis 1990; URL: [http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/daten/online/nat/index\\_mittelwerte.htm](http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/daten/online/nat/index_mittelwerte.htm); letzter Zugriff: 16.12.2006.
- Dueck, G., Scheuer, T.; Wallmeier, H.M. (1993): Toleranzschwelle und Sintflut: neue Ideen zur Optimierung; Spektrum der Wissenschaft (März): 42-51.
- EEA (European Environment Agency) (2004): High nature value farmland - Characteristics, trends and policy challenges; EEA-report 1/2004; Kopenhagen; 31 S.
- Evans, T. P. & Kelley, H. (2004): Multi-Scale Analysis of a Household Level Agent-Based Model of Landcover Change; Journal of Environmental Management (72): 57-72.
- Gay, S. H. & Osterburg, B. (2005): Land use implications of the 2003 reform of the Common Agricultural Policy in the European Union, Vortrag im Rahmen der 45. Tagung der GeWi-SoLa vom 5.-7.10.2005; Göttingen; 13 S.
- Gueydon, A. & Hoffmann, H. (2006): Collective alps in the Alpine region of Germany, URL: <http://dlc.dlib.indiana.edu/archive/00001742/00/Gueydon.pdf>, Vortrag im Rahmen des IASCP Europe Regional Meeting vom 22. – 25.03.2006; Brescia, Italien; 41 S.
- Gueydon, A., Röder, N. & Hoffmann H. (2004): Les terres collectives en Allemagne : L'exemple des Allmendes du sud de la Bavière - leur intégration dans l'économie agricole – Vortrag im Rahmen des Symposiums "Espaces collectifs et d'utilisation collective dans les campagnes du Moyen Âge à nos jours" vom 15. – 17.03.2004 ; Clermont-Ferrand (Frankreich) ; 19 S.
- Hägerstrand, T. (1968): Innovation Diffusion as a Spatial Process; University of Chicago Press Chicago.
- Handler, F., Kriegler, M., Blumauer, E. & Gremmel, H. (1999): Arbeitszeitbedarf auf Almen; Bundesanstalt für Landtechnik; Band 44; Wieselburg (Österreich); 186 S.
- Hanf, C.-H. & Noell, C. (1989): Experiences with Farm Sample Models in Sector Analysis; in: Bauer, S. & Henrichsmeyer, W. (Hrsg.): Agricultural Sector Modelling; Kiel: 103-111.
- Happe, K. & Balmann, A. (2002): Struktur-, Effizienz- und Einkommenswirkungen von Direktzahlungen; Agrarwirtschaft 51: 376-388.

- Happe, K. (2004): Agricultural policies and farm structures – Agent based modelling and application to EU-policy reform; Dissertation am Institut landwirtschaftliche Betriebslehre der Universität Hohenheim; 291 S.
- Hare, M. & Deadman, P. (2004): Further towards a taxonomy of agent-based simulation models in environmental management; *Mathematics and Computer in Simulation* 64: 25-40
- Heckelei, T. (2005): Shadow Prices in PMP and Consequences for Calibration and Estimation of Programming model; paper presented at the XIth EAAE Congress (European Association of Agricultural Economists); 23-27.08.2005; Kopenhagen; 8 S.
- Hennessy, T. C. (2006): Modelling the effect of policy reform on structural change in Irish Farming; Dissertation an der University of Reading; 283 S.
- Henning, C.H.C.A., Henningsen, A., Struve, C. & Mueller-Scheessel, J. (2004): Auswirkungen der Mid-Term-Review- Beschlüsse auf den Agrarsektor und das Agribusiness in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern; Sonderheft der Agrarwirtschaft 178; Bergen/Dumme; 212 S.
- Henningsen, A., Henning, C.H.C.A., Struve, C. & Mueller-Scheessel, J. (2005): Economic impact of the Mid-Term Review on agricultural production, farm income and farm survival: A quantitative analysis for local sub-regions of Schleswig-Holstein in Germany, URL: [http://www.eaae2005.dk/CONTRIBUTED\\_PAPERS/S33\\_271\\_Henningsen\\_etal.pdf](http://www.eaae2005.dk/CONTRIBUTED_PAPERS/S33_271_Henningsen_etal.pdf); Vortrag im Rahmen des XIth International Congress of the EAAE vom 24-27.08.2005; Kopenhagen; 13 S.
- Herrmann, V. (1993): Handlungsmuster landbewirtschaftender Familien; Bamberg; 164 S.
- Hinterstößer, M. (2005): Vorsitzender des almwirtschaftlichen Vereins Oberbayern; mündliche Mitteilung im April 2005.
- Hüttel, S., Küpker, B., Gocht, A., Kleinhanß, W. & Offermann, F. (2005): Assessing the 2003 CAP reform impacts on German Agriculture; Vortrag im Rahmen der 45. Tagung der GeWiSoLa vom 5.-7.10.2005; Göttingen; 12 S.
- Kächele, H. (1999): Auswirkungen großflächiger Naturschutzprojekte auf die Landwirtschaft - Ökonomische Bewertung der einzelbetrieblichen Konsequenzen am Beispiel des Nationalparks "Unteres Odertal"; Sonderheft der Agrarwirtschaft 163; 222 S.

- Kantelhardt, J. (2003): Perspektiven für eine extensive Grünlandnutzung; Sonderheft der Agrarwirtschaft 176; 272 S.
- Kapfer, M. (2007): Ökonomische Auswirkungen ausgewählter Verfahren der Flurneuordnung; Dissertation am Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues der Technischen Universität München; 259 S.
- Kapfer, M. (o. J): Datensammlung mit produktionstechnischen Kennzahlen für bayerische Betriebe. Unveröffentlicht.
- Kimhi, A. (2000): Is Part-time Farming Really a Step in the Way Out of Agriculture? American Journal of Agricultural Economics 82: 38-48.
- Kirchgessner, M. (1992): Tierernährung; 8. Aufl.; Frankfurt a. M.; 533 S.
- Kirckpatrick, S., Gelatt, C.D.; Vecchi, M.P. (1983): Optimization by Simulated Annealing; Science 220: 671-680.
- Kleine, A. (2002): Vektoroptimierung bei korrelierten Zielen, in Chamoni, P., Leisten, R., Martin, A., Minnemann, J. & Stadler, H. (Hrsg.): Operations Research Proceedings 2001, Selected Papers of the International Conference on Operations Research (OR 2001); Duisburg, September 3 - 5, 2001; S. 371-378.
- KOM (Europäische Kommission) (2006): Overview of the implementation CAP reform (first and second wave of the reform): URL: [http://ec.europa.eu/agriculture/markets/sfp/ms\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/agriculture/markets/sfp/ms_en.pdf), zuletzt geändert am 19.04.2006.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2002a): AVORWin -. Kapazitätsplanung in der Außenwirtschaft; Version 2.0. (Software); Darmstadt.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2002b): Betriebsplanung Landwirtschaft 2002/2003 - Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft; 18. Auflage; Darmstadt; 380 S.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2002c): Taschenbuch Landwirtschaft - Daten für betriebliche Kalkulationen in der Landwirtschaft 2002/2003; 21. Auflage; Darmstadt; 270 S.

- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (1990): Taschenbuch Landwirtschaft - Daten für betriebliche Kalkulationen in der Landwirtschaft; 15. Auflage; Darmstadt; S. 301.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2002d): Maschinenkosten-Kalkulation für Windows; Version 3.0. (Software); Darmstadt.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2002e): Spezielle Betriebszweige in der Tierhaltung,. Datensammlung; 2. Auflage; Darmstadt; 140 S.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2004): BAUKOST Investitionsbedarf und Jahreskosten landwirtschaftlicher Betriebsgebäude; Version 1.2. (Software); Darmstadt.
- Küpker, B., Hüttel, S. & Kleinhanß, S. & Offermann, F. (2006): Assessing impacts of CAP reform in France and Germany; *Agrarwirtschaft* 55 (5/6): 227-237.
- Lagarias, J. C., Reeds, J. A., Wright, M. H. & Wright, P. E. (1998): Convergence Properties of the Nelder-Mead Simplex Method in low Dimensions; *SIAM Journal on Optimization* 9: 112-147.
- Lambin, E. F., Rounsevell, M. D. A. & Geist, H. J. (2000): Are agricultural land-use models able to predict changes in land-use intensity? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 82: 321-331
- Lauber, S. (2006): Agrarstrukturwandel im Berggebiet – ein agentenbasiertes, räumlich explizites Agrarstruktur- und Landnutzungsmodell für zwei Regionen Mittelbündens; *Tänikon (Schweiz)*; 216 S.
- LBA (Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur) (2000): Ernterträge in den bayerischen Agrar- und Erzeugungsgebieten sowie Bayerns insgesamt von 1980 bis 1999, *Arbeiten der Bayerischen Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur*; Band 21; München.
- LBA (Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur) (2001): Rinderreport Bayern, in: *Arbeiten der Bayerischen Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur*; Band 27; 5. Auflage; München.

- Lederbogen, D., Rosenthal, G., Scholle, D., Trautner, J., Zimmermann, B. & Kaule, G. (2004): Allmendweiden in Südbayern: Naturschutz durch landwirtschaftliche Nutzung; Schriftenreihe Angewandte Landschaftsökologie 62; Münster; 469 S.
- Lehner-Hilmer, A. (1999): Einstellungen der Landwirte zu selbständigen Erwerbskombinationen – Auswirkungen auf den Strukturwandel; Hamburg; 377 S.
- LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2003): Buchführungsergebnisse des Wirtschaftsjahres 2002/2003; Freising.
- LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2006a): Landwirtschaftliche Erzeugerpreise in Bayern. Datensammlung für die Landwirtschaftsberatung; München; 88 S.
- LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2006b): Milchquotenverkaufsstelle Bayern, URL: [http://www.lfl-neu.bayern.de/iem/milchboerse/14853/linkurl\\_0\\_3\\_0\\_10.pdf](http://www.lfl-neu.bayern.de/iem/milchboerse/14853/linkurl_0_3_0_10.pdf), zuletzt geändert am 25.04.2006.
- LPB (Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau) (1997): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland; 6. Auflage; München; 64 S.
- Miller J. (2006): Situation in der Alm- und Alpwirtschaft; Bericht im Agrarausschuss des Bayerischen Landtags am 31. Mai 2006, URL: [http://www.landentwicklung-bayern.de/agrarpolitik/aktuell/18301/linkurl\\_0\\_2.pdf](http://www.landentwicklung-bayern.de/agrarpolitik/aktuell/18301/linkurl_0_2.pdf), letzte Aktualisierung: 01.06.2006, München; 7 S.
- Nelder, J. A. & Mead, R. (1965): A simplex method for function minimization; Computer Journal 7: 308-315.
- Official Journal L. Commission Regulation (EC) No 795/2004 of 21 April 2004 laying down detailed rules for the implementation of the single payment scheme provided for in Council Regulation (EC) No 1782/2003 establishing common rules for direct support schemes under the common agricultural policy and establishing certain support schemes for farmers (Official Journal L 141, 30/04/2004 P. 0001 – 0017).
- Official Journal L. Commission Regulation (EC) No 796/2004 of 21 April 2004 laying down detailed rules for the implementation of cross-compliance, modulation and the integrated administration and control system provided for in of Council Regulation (EC) No 1782/2003 establishing common rules for direct support schemes under the common agricultural policy

and establishing certain support schemes for farmer (Official Journal L 141, 30/04/2004 P. 0018 – 0058).

Official Journal L. Council Regulation (EC) No 1782/2003 of 29 September 2003 establishing common rules for direct support schemes under the common agricultural policy and establishing certain support schemes for farmers and amending Regulations (EEC) No 2019/93, (EC) No 1452/2001, (EC) No 1453/2001, (EC) No 1454/2001, (EC) 1868/94, (EC) No 1251/1999, (EC) No 1254/1999, (EC) No 1673/2000, (EEC) No 2358/71 and (EC) No 2529/2001 (Official Journal L 270, 21/10/2003 P. 0001 – 0069).

Parker, D. C., Manson, S. M., Janssen, M. A., Hoffmann, M. J. & Deadman R. (2003): Multi-Agent Systems for the Simulation of Land-Use and Land-Cover Change: A Review; *Annals of the Association of American Geographers* 93 (2): 314-337.

RegMFr (Regierung von Mittelfranken) (2003): Deckungsbeiträge. Variable Kosten. AKh-Bedarf der wichtigsten landwirtschaftlichen Produktionsverfahren incl. Sonderkulturen., 13. Auflage; Ansbach; 202 S.

Roeder, N., Gueydon, A. & Hoffmann, H. (2005): The Allmende System in the Bavarian Alps, Germany; S. 51 - 85 in Roeder, N., Gueydon, A. & Hoffmann, H. (Hrsg.) (2005): Comparison of the economical sustainability of CLS, Common-land-use systems in potential CLS areas and non-co-operative large-scale grazing regimes; unveröffentlichtes Gutachten des LACOPE Konsortiums für die EU Kommission; Freising; 148 S.

Roeder, N., Kantelhardt, J. & Kapfer M. (2006a): Impact of the CAP reform on small-scale grassland regions; *Agrarwirtschaft* 55 (5/6): 257-267.

Roeder, N., Lederbogen, D. & Trautner, J. (2006b): Study area Bavarian Alps and Prealps (Germany); S. 104 - 131 in Fernandes, J.P. & Guiomar, N. (Hrsg.) (2006): Szenario approach; unveröffentlichtes Gutachten des LACOPE Konsortiums für die EU Kommission; Evora (Portugal); 245 S.

Romero, C. & Rehman, T. (1989): *Multi Criteria Analysis for Agricultural Decisions*; Amsterdam, Oxford, New York; 256 S.

Rose, H. (1998): *Evolutionäre Strategien und multitone Opremierung*; Dissertation an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät I der Humboldt Universität zu Berlin; 152 S.



- Rounsevell, M. D. A., Annetts J. E., Audsley E., Mayr T., & Reginster, I.(2003): Modelling the spatial distribution of agricultural land use at the regional scale; *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95: 465-479.
- Schelling, T. C. (1960): *The Strategy of Conflict*; Harvard University Press; Cambridge Mass.
- Schemm, H. (2004): *Konzeption eines Rechenmodells zur Analyse agrarpolitischer Szenarien in einer Kleinstregion*; Dissertation am Lehrstuhl für Wirtschafttlehre des Landbaues der TU München-Weihenstephan, Freising.
- Schmitt, G. (1988): Wie optimal ist eigentlich die „optimale“ Betriebsgröße in der Landwirtschaft? *Agrarwirtschaft* 37: 277-297.
- Schreinemachers, P. (2006): *The (ir)relevance of the Crop Yield Gap Concept to Food Security in Developing Countries- With an Application of Multi Agent Modeling to Farming Systems in Uganda*; Dissertation an der Rheinischen Friedrich Wilhelms Universität zu Bonn; 212 S.
- Seitz P. (2006): Das meiste Geld geht in das KuLaP; *Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt* vom 8. 12. 2006, (49): 13.
- SRI (Silsoe Research Institute) (2004): *Silsoe Whole Farm Model*, URL: <http://www.sri.bbsrc.ac.uk/science/bmag/wfmintro.htm>, erstellt am 13.12.2004.
- SRU (Rat der Sachverständigen für Umweltfragen) (2002): *Umweltgutachten 2002: Für eine neue Vorreiterrolle*; Bundesdrucksache 14/8792 des Deutschen Bundestages; Berlin; 548 S.
- Stachowiak, H. (1973): *Allgemeine Modelltheorie*; Wien; 494 S.
- Statistisches Bundesamt (2004): *Bodenflächen nach Art der tatsächlichen Nutzung in Deutschland Flächen*; URL: <http://www.destatis.de/basis/d/umw/ugrtab7.php>; zugegriffen am 11.4.2005; Wiesbaden.
- Thornton, P. K. & Jones, P. G. (1998): A conceptual approach to dynamic agricultural land-use modelling; *Agricultural Systems* 57 (4): 505-521.
- Tietje, H. (2003): *Hofnachfolgesituation in Deutschland – Eine empirische Analyse von Querschnittsdaten auf Kreisebene*; Working Paper WP 0301, Institut für Ernährungswirtschaft und Verbrauchslehre der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; 24 S.

- United States Department of Agriculture (USDA) (2006) EU-25 Livestock and Products Annual 2006, URL: <http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200607/146208314.pdf>, letzte Aktualisierung: 14.07.2006; GAIN Report Number: E36107; 16 S.
- van der Ploeg, J. D. (2003): The virtual farmer – Past, present and future of the Dutch peasantry; Assen (Niederlande); 444 S.
- Vogel, S., Hofreither, M. F., Schneeberger, W. & Weiß, F. (2004): Bestimmungsgründe von Flächenausweitungsplänen in der Berglandwirtschaft Österreichs; Die Bodenkultur 55 (2): 73-81.
- Voß, W. (Hrsg.) (2000): Taschenbuch der Statistik; München
- Walters, F., Parker, L, Morgan, S. & Deming, S. (1991): Sequential Simplex Optimization; Boca Raton (USA); 403 S.
- Weinmann, B. (2002): Mathematische Konzeption und Implementierung eines Modells zur Simulation regionaler Landnutzungsprogramme; Sonderheft der Agrarwirtschaft 174; 166 S.
- Weinmann, B. Schroers, J.O. & Sheridan, P. (2006): Simulating the effects of decoupled payments using the land use model ProLand; Agrarwirtschaft 55(5/6): 248-256.
- Young, P. & Burke, M. A. (2001): Competition and Custom in Economic Contracts: Case Study of Illinois Agriculture; American Economic Review 91 (3): 559-573.
- Zander, P. M. (2003): Agricultural Land Use and Conservation Options; Dissertation an der Lanbouuniversiteit Wageningen; 222 S.
- ZMP (Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle (2006b): ZMP – Marktbilanz Vieh und Fleisch 2006; Bonn; 196 S.
- ZMP (Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle) (2006a): Milchquotenbörse, ZMP – Spezial (44); Bonn; 7 S.

## Anhang

**Anhangstab. 1: Größe der Justierungsparameter bei einer aktiven Initialisierung der Betriebsleiter**

Betrieb	Arbeitskapazität (in AKh)	Lohnansatz (in EUR / AKh)	Ansatz der kalkulatorischen Festkosten vorhandener Investitionsgüter (in %)	Mindesthöhe des Unternehmergewinns (in EUR)
A	3000	3,25	26	5050
B	2250	7,50	3	2200
C	2250	17,75	100	-31450
D	750	8,00	100	-13850
E	1500	3,50	100	-10500
F	2250	3,50	21	2900
G	750	18,25	66	-17450
H	1500	4,25	100	-11250
I	750	20,75	85	-20700
J	3000	7,75	19	-50
K	1500	9,75	38	-8550
L	1500	25,25	100	-33850
M	1500	3,00	100	-9800
N	750	21,00	32	-15200
O	750	20,50	100	-22150
P	1500	11,50	-10	-1200
Q	750	20,50	100	-22150
R	750	16,25	100	-19400
S	1500	6,25	100	-12600
T	2250	23,25	-46	-4900

Quelle: eigene Darstellung

Anhangstab. 2: Größe der Justierungsparameter bei einer passiven Initialisierung der Betriebsleiter

Betrieb	Arbeitskapazität (in AKh)	Lohnansatz (in EUR / AKh)	Ansatz der kalkulatorischen Festkosten für vorhandene Investitionsgüter (in %)	Mindesthöhe des Unternehmergewinns (in EUR)
A	3000	0,25	1	16550
B	2250	4,25	-22	11200
C	2250	10,25	75	-13650
D	750	0,25	75	-5350
E	1500	0,25	75	-4800
F	2250	2,50	-4	10450
G	750	15,50	41	-13600
H	1500	3,75	75	-9050
I	750	20,75	60	-18200
J	3000	7,50	-6	2600
K	1500	7,50	13	-4700
L	1500	12,00	75	-16300
M	1500	0,25	75	-4100
N	750	7,25	7	-3650
O	750	8,75	75	-12000
P	1500	5,00	-35	11650
Q	750	8,00	75	-11550
R	750	6,50	75	-10400
S	1500	4,50	75	-9350
T	2250	7,50	-71	27500

Quelle: eigene Darstellung

Anhangstab. 3: Kapazitäten in der Tierhaltung der einzelnen Betriebe in der Ist-Situation und der Initialisierung

Betrieb	Stallplätze in der Ist-Situation	Kapazität im Modell	davon belegt
A	15	15	15
B	3	5	2,3
C	5	5	5
D	15	15	15
E	15	15	15
F	10	15	15
G	2	5	5
H	20	25	25
I	15	15	15
J	15	15	15
K	3	5	3,6
L	5	5	5
M	5	5	5
N	4	5	5
O	4	5	5
P	25	30	30
Q	7	5	5
R	5	5	5
S	3	5	4
T	5	5	5

Quelle: eigene Darstellung

Anhangstab. 4: Median der Betriebsgröße in ha in Abhängigkeit von der Betriebsleitereinstellung und den Rahmenbedingungen

Szenarioname	Investitionen möglich?	Betriebsleitereinstellung	
		aktiv	passiv
Init		7,3	8,5
Ref	nein	8,2-9,1	9,1-11,9
	ja	6,3	14,6
Sz 1	nein	8,4	7,3
	ja	6,4	7,3
Sz 2	nein	9,1	9,1
	ja	7,3	8,2

Quelle: eigene Darstellung

Anhangstab. 5: Mittlerer Arbeitszeitbedarf pro ha in Eigenregie bewirtschafteter Fläche in Abhängigkeit von der Betriebsleitereinstellung und den Rahmenbedingungen (AKh / ha)

Szenarioname	Investitionen möglich?	Betriebsleitereinstellung	
		aktiv	passiv
Init		104 <sup>1)</sup>	92
Ref	nein	85-92 <sup>2)</sup>	97-100
	ja	66-73	92-93
Sz 1	nein	91	103-104
	ja	69-92	96-100
Sz 2	nein	85-91	98-99
	ja	71-89	94-97

Quelle: eigene Darstellung

1) auf ganze AKh gerundet

2) Spannbreite der Ergebnisse, bei den beiden Durchläufen pro Kombination von Szenario und Betriebsleitereinstellung

Anhangstab. 6: Mittlerer korrigierter Viehbesatz pro ha in Eigenregie bewirtschafteter Fläche in Abhängigkeit von der Betriebsleitereinstellung und den Rahmenbedingungen (GV<sub>kor</sub> / ha)

Szenario- name	Investitionen möglich?	Betriebsleitereinstellung					
		aktiv			passiv		
		Milchkühe <sup>1)</sup>	Mutterkühe <sup>2)</sup>	Gesamt	Milchkühe	Mutterkühe	Gesamt
Init		0,22	0,39	<b>0,61</b>	0,18	0,40	<b>0,59</b>
Ref	nein	0,23-0,24	0,30-0,31	<b>0,54</b>	0,28-0,30	0,31-0,37	<b>0,61-0,65</b>
	ja	0,10-0,12	0,52-0,60	<b>0,64-0,70</b>	0,24-0,26	0,34-0,42	<b>0,57-0,67</b>
Sz 1	nein	0,22	0,33	<b>0,55</b>	0,29-0,30	0,33-0,34	<b>0,63</b>
	ja	0,11-0,22	0,40-0,45	<b>0,56-0,62</b>	0,25-0,28	0,34-0,37	<b>0,62</b>
Sz 2	nein	0,20-0,23	0,32	<b>0,52-0,55</b>	0,29-0,30	0,30	<b>0,60</b>
	ja	0,10-0,20	0,36-0,45	<b>0,55-0,57</b>	0,25-0,28	0,32-0,36	<b>0,60-0,62</b>

Quelle: eigene Darstellung

1) incl. anteiliger Nachzucht

2) incl. anteiliger Nachzucht und Mastfärsen und Mastochsen

3) auf zwei Nachkommastellen gerundet

4) Spannbreite der Ergebnisse, bei den beiden Durchläufen pro Kombination von Szenario und Betriebsleitereinstellung

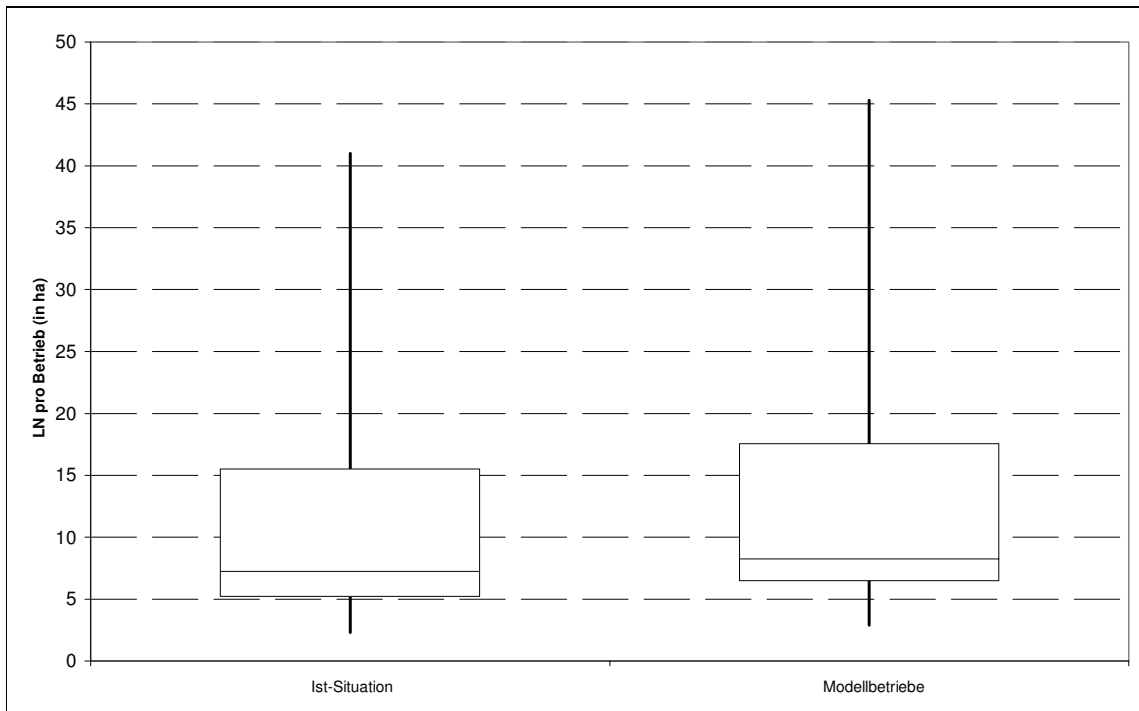
**Anhangstab. 7: Mittlerer Auftrieb auf die Flächen der Gemeinschaftsweide pro ha in Eigenregie bewirtschafteter Fläche in Abhängigkeit von der Betriebsleitereinstellung und den Rahmenbedingungen (GV / ha)**

Szenarioname	Investitionen möglich?	Betriebsleitereinstellung	
		aktiv	passiv
<b>Init</b>		0,97	0,87
<b>Ref</b>	nein	0,87 (0,86-0,87) <sup>2)</sup>	0,89 (0,86-0,91)
	ja	1,12 (1,06-1,18)	0,95 (0,95-,095)
<b>Sz 1</b>	nein	0,90	1,01 (1,00-1,01)
	ja	0,98 (0,94-1,02)	1,01
<b>Sz 2</b>	nein	0,83 (0,79-0,87)	0,89 (0,89-0,89)
	ja	0,93	0,92 (0,92-0,93)

Quelle: eigene Darstellung

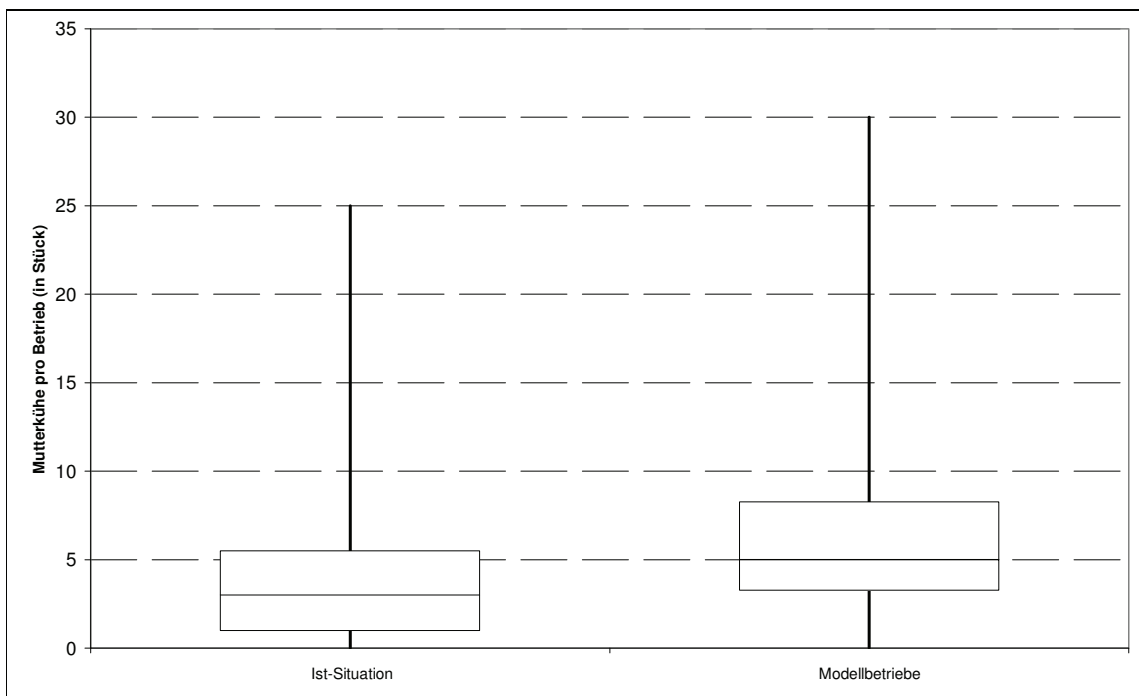
1) auf zwei Nachkommastellen gerundet

2) Spannbreite der Ergebnisse, bei den beiden Durchläufen pro Kombination von Szenario und Betriebsleitereinstellung



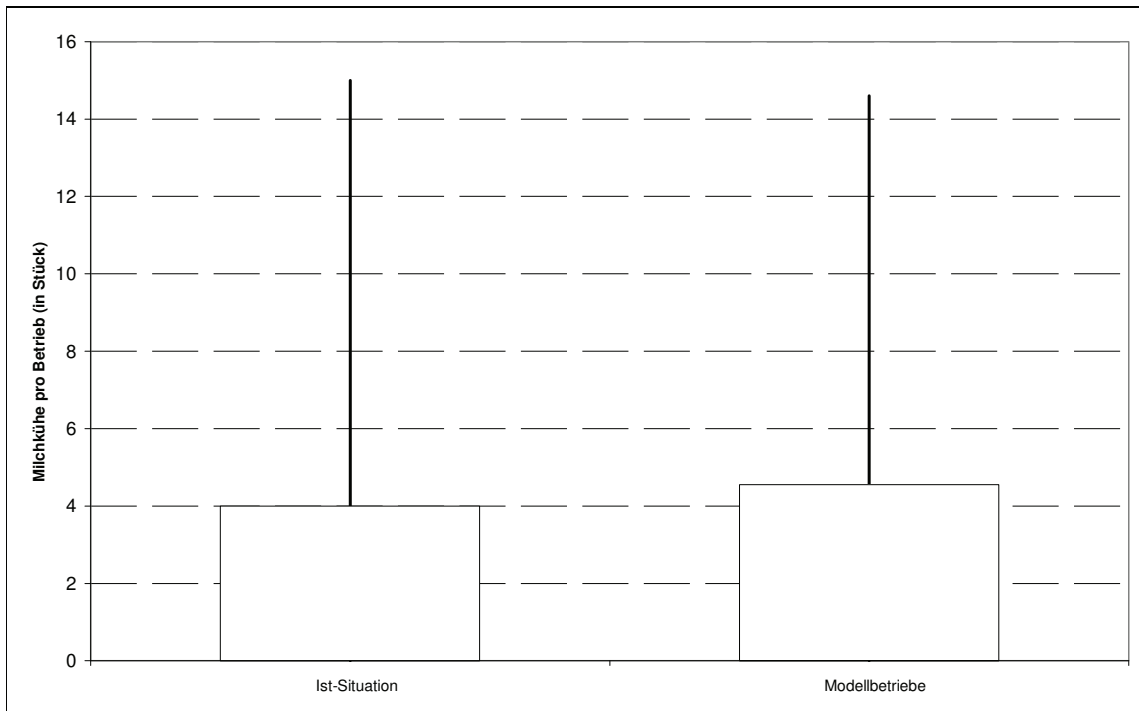
**Anhangsabb. 1: Box-Plot zum Vergleich der Flächenausstattung der Betriebe in der Ist-Situation und der entsprechenden Modellbetriebe (in ha) (n=20)**

Quelle: eigene Darstellung



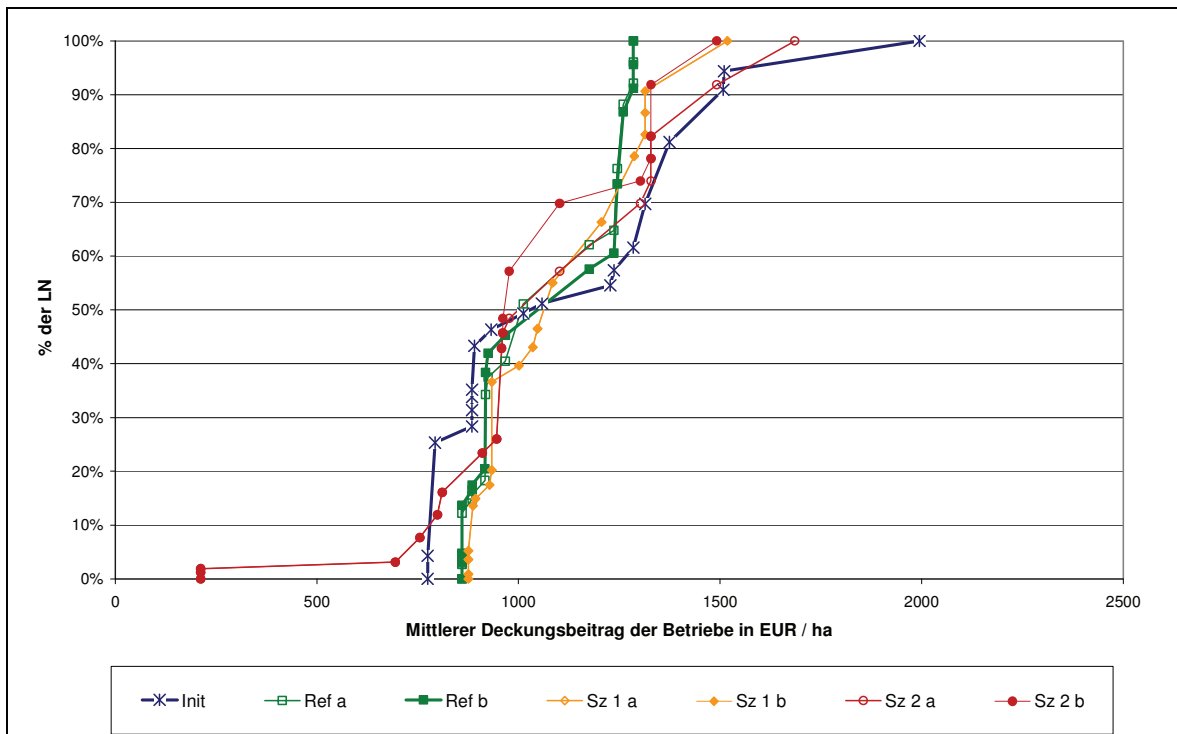
**Anhangsabb. 2: Box-Plot zum Vergleich der Belegung von Stallplätzen mit Mutterkühen durch die Betriebe in der Ist-Situation und durch die entsprechenden Modellbetriebe (n = 20)**

Quelle: eigene Darstellung



**Anhangsabb. 3: Box-Plot zum Vergleich der Belegung von Stallplätzen mit Milchkühen durch die Betriebe in der Ist-Situation und durch die entsprechenden Modellbetriebe (n = 20)**

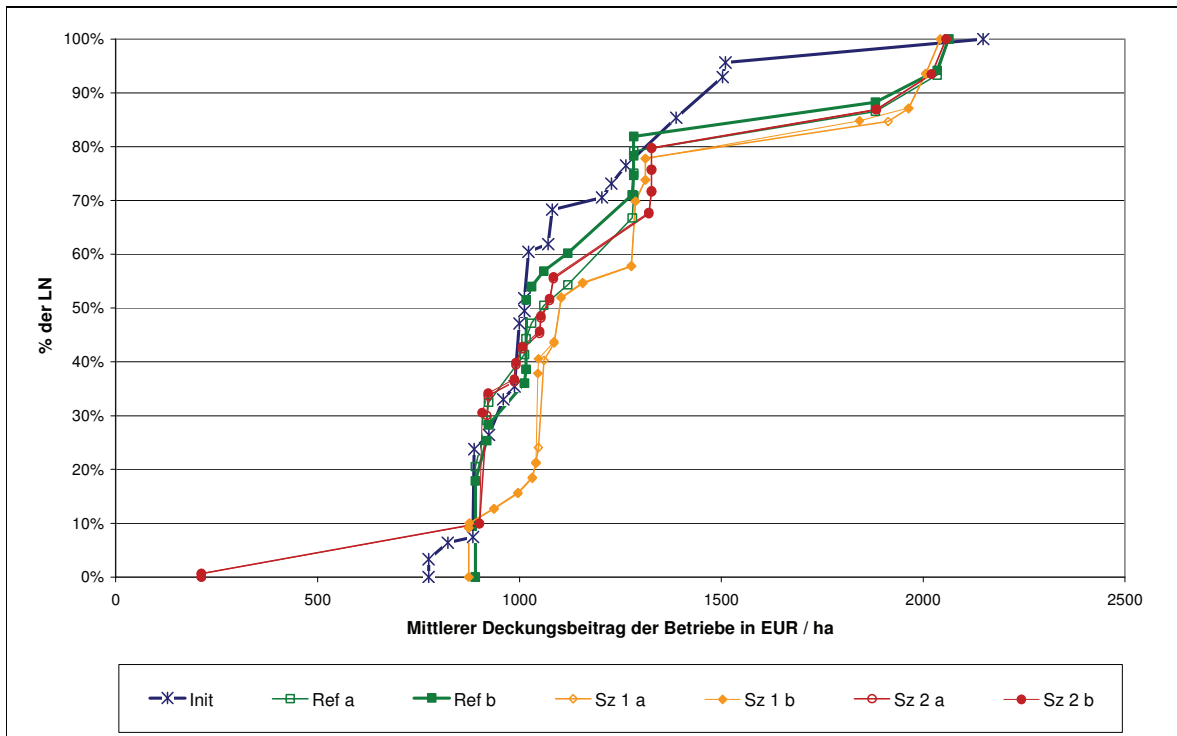
Quelle: eigene Darstellung



**Anhangsabb. 4: Verteilung der Flächen entsprechend der mittleren betrieblichen Deckungsbeiträge pro ha unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und aktiver Justierung der Agenten**

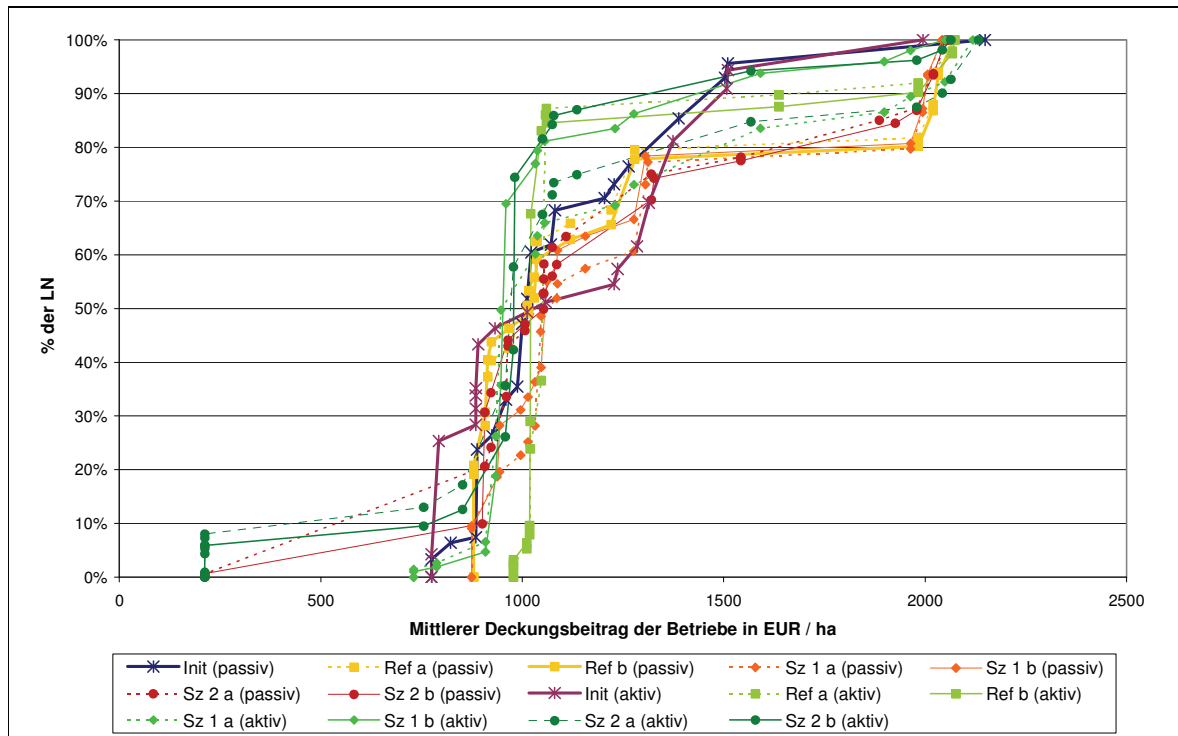
Quelle: eigene Darstellung



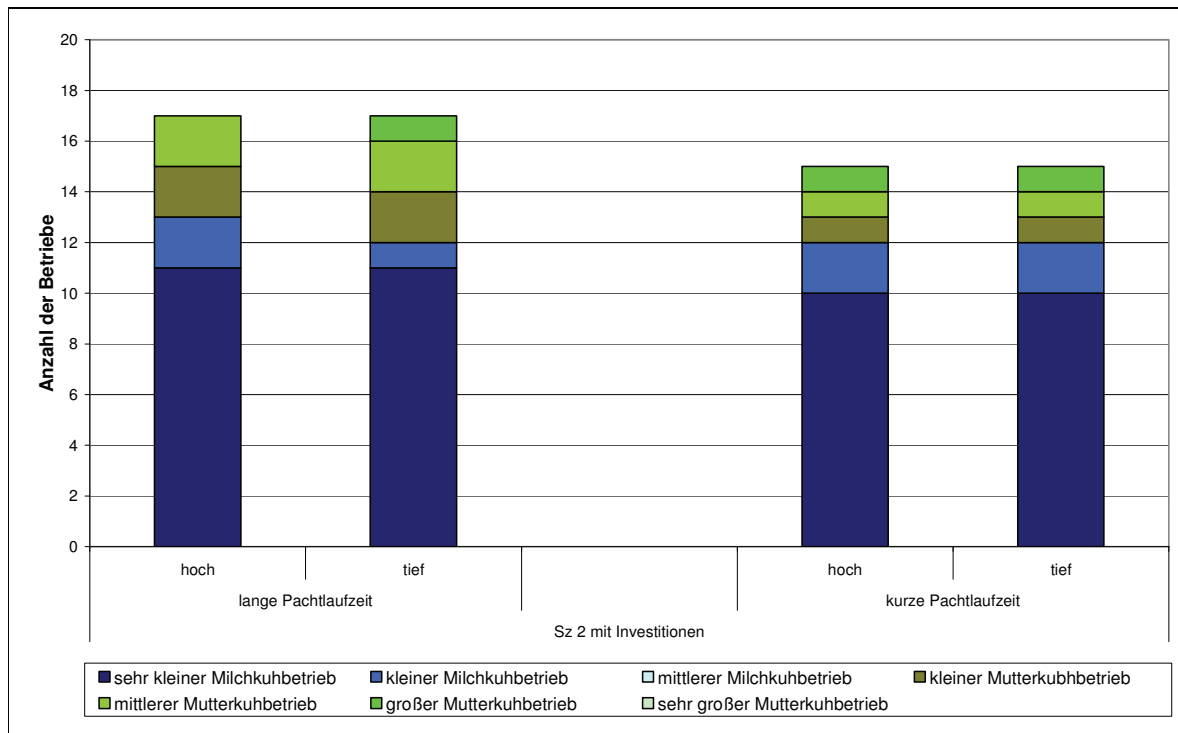


**Anhangsabb. 5: Verteilung der Flächen entsprechend der mittleren betrieblichen Deckungsbeiträge pro ha unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Ausschluss von Investitionsmöglichkeiten und passiver Justierung der Agenten**

*Quelle: eigene Darstellung*



**Anhangsabb. 6: Verteilung der Flächen entsprechend der mittleren betrieblichen Deckungsbeiträge pro ha unter verschiedenen Rahmenbedingungen bei Zulassung von baulichen Investitionen**  
 Quelle: eigene Darstellung



**Anhangsabb. 7: Strukturwandel beim Szenario Sz 2 bei unterschiedlicher Dauer der Pachtverträge und bei Zulassung von baulichen Investitionen (lange Pachtdauer = 10 Jahre; kurze Pachtdauer = 2 Jahre)**  
 Quelle: eigene Darstellung

## Lebenslauf

Name	Röder
Vorname	Norbert
Geburtsdatum	21. August 1974
Geburtsort	Neu-Ulm

### Schulbildung und beruflicher Werdegang

1981 - 1985	Grundschule Neu-Ulm
1985 - 1994	Lessing-Gymnasium Neu-Ulm
1994 - 2000	Studium der Landschaftsarchitektur und Landschaftsplanung an der Technischen Universität München - Weihenstephan
2001 - 2006	wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues, Technische Universität München
Seit 2007	wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre - Umweltökonomie und Agrarpolitik -, Technische Universität München