

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG	1
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	1
1.2 Vorgehensweise	2
2 LANDWIRTSCHAFT UND GEWÄSSERBELASTUNG	4
2.1 Aktuelle Belastungen von Gewässern durch Nährstoffe	6
2.1.1 Belastung der Oberflächengewässer mit Nährstoffen und die daraus resultierenden Gefahren	6
2.1.2 Belastung des Grundwassers mit Nährstoffen und die daraus resultierenden Gefahren	9
2.2 Aktuelle Belastungen von Gewässern durch Pflanzenschutzmittel	12
3 UMWELTPOLITIK ALS TEIL DER AGRARPOLITIK	16
3.1 Mengen- und Preispolitik der GAP	16
3.1.1 Phase der Hochpreispolitik bis 1992	16
3.1.2 Agrarreform von 1992	19
3.1.3 Agenda 2000	20
3.2 Agrarumweltverordnung der EU	24
3.3 Ordnungspolitische Maßnahmen	28
3.3.1 Nitratrichtlinie, Düngeverordnung und Düngemittelgesetz	29
3.3.2 Wasserhaushaltsgesetz und Trinkwasserverordnung	30
3.3.3 Pflanzenschutzgesetz	31
3.4 Beratung	32
3.5 Ökonomische Aspekte zur Integration der Umweltpolitik in die Agrarpolitik	35
3.5.1 Grundgedanken der Umweltökonomie	35
3.5.2 Kriterien zur Bewertung politischer Regelungen und Programme	40
3.5.3 Indikatoren und Gewässerschutz	42
3.5.4 Akzeptanz von Agrarumweltprogrammen mit freiwilliger Teilnahme	46
4 STANDÖRTLICHES GEWÄSSERGEFÄHRDUNGSPOTENTIAL ALS GRUNDLAGE FÜR DIE AUSWAHL VON UNTERSUCHUNGSSTANDORTEN	48
4.1 Die Verlagerung von Stickstoff mit dem Sickerwasser	49
4.1.1 Mineralisierung und Immobilisierung	50
4.1.2 Stickstofffixierung	51
4.1.3 Denitrifikation	52
4.1.4 Entwicklung eines Indikators für die Stickstoffauswaschung	53

4.2 Oberflächenabflußpfad	62
4.2.1 Bestimmung der Erosion	62
4.2.2 Die allgemeine Bodenabtragsgleichung (ABAG)	63
4.3 Erstellung einer Karte für die potentielle Erosionsgefährdung sowie der Gewässergefährdung aus den Eintragspfaden Oberflächenabfluß und Sickerwasser	64
4.4 Auswahl charakteristischer Landkreise und Betriebstypen	69
4.5 Datenerhebung für die Betriebsmodelle	71
5 DAS ÖKONOMISCH-ÖKOLOGISCHE MODELL	75
5.1 Das statisch-einperiodische Betriebsmodell	77
5.1.1 Struktur des Betriebsmodells	77
5.1.2 Integrierte naturwissenschaftliche Basismodelle	81
5.1.2.1 Bestimmung des Nitrataustragspotentials	81
5.1.2.2 Bestimmung des Bodenabtragspotentials	87
5.1.3 Bestimmung der Ertragsfaktoren in der Pflanzenproduktion	94
5.1.3.1 Stickstoffdüngung	94
5.1.3.2 Grunddüngung	98
5.1.3.3 Pflanzenschutz	99
5.1.3.4 Bestimmung der pflanzlichen Produktionsverfahren	102
5.1.4 Tierproduktion	105
5.1.4.1 Tierernährung	105
5.1.4.2 Faktoren für die Bestimmung des Deckungsbeitrages in der Tierproduktion	106
5.1.4.3 Nährstoffbilanzierung	108
5.1.4.4 Organische Düngung	109
5.1.5 Gewinnermittlung	113
5.2 Entwicklung eines dynamischen Betriebsmodells unter Verwendung dynamischer Produktionsfunktionen	113
5.2.1 Bestehende Ansätze für eine dynamische Produktionsfunktion	114
5.2.2 Versuchsaufbau und -daten	115
5.2.3 Methodik zur Auswertung der Versuchsdaten	117
5.2.4 Ergebnisse der Versuchsauswertung	119
5.2.5 Bewertung	125
5.2.6 Anpassung der Matrixstruktur	127
5.2.7 Weitere Faktoren im dynamischen Modell	128
6 ANALYSE AGRARPOLITISCHER MAßNAHMEN ZUR REDUZIERUNG DER UMWELTBELASTUNG	130
6.1 Die Wirkung der Preispolitik auf die Gewässergefährdung und das Einkommen der Landwirte	130
6.1.1 Alte Bundesländer	131
6.1.1.1 Marktfruchtbetriebe	131

6.1.1.2 Futterbaubetriebe	134
6.1.1.3 Veredlungsbetriebe	136
6.1.2 Neue Bundesländer	139
6.1.2.1 Marktfruchtbetriebe	139
6.1.2.2 Futterbaubetriebe	141
6.1.3 Vergleichende Darstellung	143
6.2 Bewertung der Agrarumweltprogramme	146
6.2.1 Ackerflächenextensivierung	147
6.2.1.1 Standorte mit geringer Nitratverlagerungsgefährdung	147
6.2.1.1.1 Marktfruchtbetriebe	147
6.2.1.1.2 Futterbaubetriebe	149
6.2.1.1.3 Betriebe in den neuen Bundesländer	151
6.2.1.2 Standorte mit mittlerer Nitratverlagerungsgefährdung	154
6.2.1.2.1 Futterbaubetriebe	154
6.2.1.2.2 Veredlungs- und Marktfruchtbetriebe	156
6.2.1.3 Standorte mit hoher Nitratverlagerungsgefährdung	158
6.2.1.3.1 Futterbaubetriebe und Marktfruchtbetriebe	158
6.2.1.3.2 Veredlungsbetriebe	162
6.2.2 Grünlandextensivierung	163
6.2.3 Diskussion der Agrarumweltprogramme	167
6.3 Bewertung der Düngeverordnung	170
6.4 Dynamische Effekte aktueller Düngeempfehlungen	172
6.5 Gewässerschutzorientierte Landwirtschaft zu minimalen Kosten	179
6.5.1 Kosten und Organisation einer umweltorientierten Landwirtschaft	180
6.5.2 Bewertung der Maßnahmen	184
6.6 Schlußfolgerungen	189
7 ZUSAMMENFASSUNG	191
Literaturverzeichnis	197
Anhang	209

Tabellenverzeichnis

2.1:	Häufigkeitsverteilung der Nitratgehalte in Deutschland	10
2.2:	Nitratgehalt im gewonnenen Grund-, Quell- und Oberflächenwasser in der Region Franken (Bayern) und in Baden-Württemberg 1977 bis 1993	11
2.3:	Stickstoff- und Phosphatüberschüsse der Landwirtschaft in Deutschland	11
2.4:	Die am häufigsten nachgewiesenen Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe und -Metaboliten (Anteil der Proben in %, die den Einzelgrenzwert von 0,1 µg/l überschritten haben)	13
3.1:	Veränderungen der Flächenprämien durch die Einführung der Agenda 2000 am Beispiel Baden-Württemberg	22
3.2:	Veränderungen bei den Tierprämien nach der Agenda 2000	23
3.3:	EU-Kofinanzierung für Agrarumweltprogramme in Deutschland (1993 bis 1997)	27
3.4:	Prinzip der N_{\min} -Methode und Beispiel für die Anwendung bei Winterweizen	34
3.5:	Die Düngesystematik nach der modifizierten N_{\min} -Methode für Ackerkulturen	35
3.6:	Entscheidungsrelevante Kosten	41
3.7:	Teilnahme am MEKA Baden-Württembergs	47
3.8:	Akzeptanz von Extensivierungsmaßnahmen nach REITER (1994)	47
4.1:	N_2 -Fixierung luftstickstoffbindender Organismen nach verschiedenen Autoren	51
4.2:	Einfluß der Sickerwassermenge und der Feldkapazität auf die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers	55
4.3:	Bewertungsdifferenz durch die Konzepte Austauschhäufigkeit und Nitratkonzentration	58
4.4:	Bewertungsmaßstäbe für die Austauschhäufigkeit	60
4.5:	Einflußfaktoren der Erosionsgefahr und deren Wertebereich	64
4.6:	Beispiel für die Gewichtung der Anteile erosionsgefährdeter Flächen in den Landkreisen zur Berechnung des Vergleichsindex	66
4.7:	Erosionsgefährdung der Landkreise	66
4.8:	Einteilung der Gefährdungsklassen der Standorte	66
4.9:	Durchschnittliche Flächenanteile der Betriebsformen in den Gefährdungsklassen	70
4.10:	Ausgewählte Standorte und Betriebstypen für die Gefährdungsklassen in den neuen Bundesländern	70
4.11:	Ausgewählte Standorte und Betriebstypen für die Gefährdungsklassen in den alten Bundesländern	71
4.12:	Faktorausstattung der Untersuchungsbetriebe	74
5.1:	Stickstoffbindung durch Leguminosen	82
5.2:	Denitrifikationsverluste bei verschiedenen Bodenarten (in % des Stickstoff bilanzüberschusses)	83
5.3:	Standorteigenschaften und N-Bedarfsfaktor	85
5.4:	Standortbewertung nach dem Ansatz von KRÜLL und nach der Austauschhäufigkeit	86
5.5:	Bewertung der Gewässergefährdung anhand der potentiellen Nitratkonzentration im Sickerwasser	87
5.6:	Berechnung des R-Faktors der Untersuchungsstandorte	88

5.7:	Relativer Bodenabtrag (RBA) der einzelnen Perioden für die verschiedenen Kulturpflanzen	92
5.8:	Berechnung des C-Faktors einer Fruchtfolge	92
5.9:	Die C-Faktoren für die untersuchten Fruchtarten am Standort Enzkreis	93
5.10:	Relative Produktionsfunktionen der Pflanzenproduktion	96
5.11:	Fruchtfolgerestriktionen auf den Untersuchungsstandorten (in % der AF)	97
5.12:	Entzugswerte von N, P ₂ O ₅ und K ₂ O in der Pflanzenproduktion	99
5.13:	Die Preise der pflanzlichen Produkte und Betriebsmittel	104
5.14:	Preise der Produkte und Futtermittel in der Tierproduktion	107
5.15:	Veränderliche Kosten in der Tierhaltung in DM/Tier	108
5.16:	Nährstoffgehalte in tierischen Erzeugnissen und Futtermitteln	109
5.17:	NH ₃ -Verlustraten bei verschiedenen Ausbringungstechniken und Tierarten (in % des ausgebrachten NH ₄ -N)	112
5.18:	Kennzeichnung der Versuchsstandorte	116
5.19:	Beispiel eines Datensatzes für einen Standort im Jahr 1992	117
5.20:	Beispiel eines Datensatzes für die Untersuchung auf die Steigung der Funktion	119
5.21:	Ergebnis der statistischen Untersuchung der Versuchsdaten	119
5.22:	KQS-Schätzung der quadratischen Produktionsfunktion ($Y = aX^2 + bX + c$)	120
5.23:	Koeffizienten der angepaßten Funktionen (Funktionstyp: $aX^2 + bX + c$)	121
5.24:	Bestimmung der weiteren Funktionen durch lineare Interpolation des Koeffizienten c und des Faktoreinsatzes X_{max}	122
5.25:	Funktionsverlauf bei verschiedenen Bilanzsalden	123
6.1:	Wirkungen der Preispolitik auf Marktfruchtbetriebe in den alten Bundesländern	132
6.2:	Wirkungen der Preispolitik auf Futterbaubetriebe in den alten Bundesländern	135
6.3:	Wirkungen der Preispolitik auf Veredlungsbetriebe in den alten Bundesländern	137
6.4:	Wirkungen der Preispolitik auf Marktfruchtbetriebe in den neuen Bundesländern	140
6.5:	Wirkungen der Preispolitik auf den Futterbaubetrieb in den neuen Bundesländern	142
6.6:	Die ökologischen Wirkungen der Markt- und Preispolitik von 1990 bis zur Agenda 2000	144
6.7:	Die ökonomischen Wirkungen der Markt- und Preispolitik von 1990 bis zur Agenda 2000	144
6.8:	Untersuchte Standorte und Betriebstypen der einzelnen Grundwasser-gefährdungsklassen	146
6.9:	Übersicht zu den Agrarumweltprogrammen einzelner Bundesländer	147
6.10:	Marktfruchtbetriebe auf Standorten mit geringer Nitratverlagerungsgefährdung	148
6.11:	Futterbaubetriebe auf Standorten mit geringer Nitratverlagerungsgefährdung	150
6.12:	Marktfruchtbetriebe in den neuen Bundesländern auf gering nitratverlagerungsgefährdeten Standorten	152
6.13:	Futterbaubetrieb in den neuen Bundesländern auf gering nitratverlagerungsgefährdeten Standorten	154
6.14:	Futterbaubetriebe auf Standorten mit mittlerer Nitratverlagerungsgefährdung	155
6.15:	Veredlungs- und Marktfruchtbetriebe auf Standorten mit einer mittleren Nitratverlagerungsgefährdung	157
6.16:	Futterbaubetriebe auf Standorten mit hoher Nitratverlagerungsgefährdung	159
6.17:	Marktfruchtbetrieb auf einem Standort mit hoher Nitratverlagerungsgefährdung	161

6.18:	Veredlungsbetrieb auf hoch gefährdetem Nitratverlagerungsstandort	162
6.19:	Grünlandextensivierung	164
6.20:	Grünlandextensivierung in Bayern	166
6.21:	Ausgleichsleistungen und Einkommensverluste durch intensitätsbeschränkende Maßnahmen der Agrarumweltprogramme nach VO (EWG) 2078/92	168
6.22:	Ausgleichsleistungen und Einkommensverluste durch bodenschonende Maßnahmen der Agrarumweltprogramme nach VO (EWG) 2078/92	169
6.23:	Marktfruchtbetrieb mit optimaler Düngung	173
6.24:	Marktfruchtbetrieb mit Düngung nach Empfehlung	174
6.25:	Futterbaubetrieb mit optimaler Düngung	175
6.26:	Futterbaubetrieb mit Düngung nach Empfehlung	176
6.27:	Analyse der Einkommensverluste bei einer Düngung nach den staatlichen Empfehlungen	177
6.28:	Einkommensverluste durch Bodenfruchtbarkeitsverlust	178
6.29:	Maximale C-Faktoren zur Einhaltung gewünschter Gewässergefährdungsklassen in Abhängigkeit vom standörtlichen Erosionsrisiko	179
6.30:	Aggregation der Untersuchungsbetriebe auf der Betriebstypenebene zur Ableitung umweltorientierter Bewirtschaftungsstrategien	180
6.31:	Anpassungsreaktionen von Marktfruchtbetrieben bei Umweltauflagen	181
6.32:	Anpassungsreaktionen von Futterbaubetrieben bei Umweltauflagen	182
6.33:	Anpassungsreaktionen von Veredlungsbetrieben bei Umweltauflagen	183
6.34:	Kostenstruktur der Umweltorientierung	184
6.35:	Rangfolge der Gewässerschutzmaßnahmen an auswaschungsgefährdeten Standorten	185
6.36:	Rangfolge der Gewässerschutzmaßnahmen an erosionsgefährdeten Standorten	185
6.37:	Verlauf des Boden-Nitratgehaltes unter verschiedenen Zwischenfrüchten nach Aussaat im Herbst 1993 und 1994	187

Übersichtenverzeichnis

2.1:	Landwirtschaft und Umweltmedien	4
2.2:	Phosphoreinträge in Fließgewässer (in 1000 t/a)	7
2.3:	Stickstoffeinträge in Fließgewässer (in 1000 t/a)	9
2.4:	Überschreitung des Grenzwertes für Pflanzenschutzmittel (in % der Proben)	14
2.5:	Häufigkeitsverteilung der Pflanzenschutzmittelkonzentrationen an oberflächen- nah verfilterten Meßstellen im Grundwasser Deutschlands (in % der Meßstellen)	14
3.1:	Systematik zur Bewertung der Handelseffekte von agrarpolitischen Instrumenten	18
3.2:	Förderungsgrundsätze der Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" (GAK) für eine markt- und standortangepaßte Landbewirt- schaftung (Extensivierungsförderung) im Überblick	25
3.3:	Zuständigkeiten für wichtige rechtliche Regelungen im Bereich Landwirtschaft und Gewässerschutz	28
3.4:	Bestimmung des gesellschaftlichen „optimalen“ Emissionsniveau	37
3.5:	Das Driving Force - State - Response-Modell der OECD	43
3.6:	Indikatoren und ihre Eigenschaften	45
4.1:	Verfahren zur Ermittlung der Betriebe für das ökonomisch-ökologische Betriebsmodell	48
4.2:	Der Stickstoffkreislauf des Bodens	49
4.3:	N-Feldbilanz zur Ermittlung des auswaschungsgefährdeten Stickstoffs	53
4.4:	Zeit-Tiefen-Kurven der Nitratverlagerung für unterschiedliche Böden	56
4.5:	Verlagerung der Nitratfront bei verschiedenen Bodenarten	57
5.1:	Einflußfaktoren der landwirtschaftlichen Produktion	75
5.2:	Die Grundstruktur des ökonomisch-ökologischen Modells	78
5.3:	Struktur der LP-Matrix	80
5.4:	Schematischer Aufbau des Pflanzenschutzmitteleinsatzes	100
5.5:	Produktionsfunktionen in Abhängigkeit vom Pflanzenschutz	101
5.6:	Angewandte Methodik zur Deckungsbeitragsrechnung	103
5.7:	Ammoniakverluste bei verschiedenen Flüssigmisttechniken und Witterungs- bedingungen	111
5.8:	Verlauf kurz- und langfristiger Produktionsfunktionen	114
5.9:	Versuchsaufbau zur Untersuchung langfristiger Düngeeffekte	116
5.10:	Untersuchte Veränderungen der Produktionsfunktion	117
5.11:	Entwicklung des Funktionsverlaufs in Abhängigkeit vom Stickstoff- versorgungsniveau	120
5.12:	Relative Produktionsfunktionen für Getreide in Abhängigkeit vom Bilanzsaldo	123
5.13:	Bereich der möglichen Veränderungen des Koeffizienten c bzw. des Schnitt- punktes mit der Y-Achse	124
5.14:	Entwicklung der N-Bilanz bei guter Bodenfruchtbarkeit, dargestellt an einem Beispiel für Winterweizen	126
5.15:	Entwicklung der N-Bilanz bei geringer Bodenfruchtbarkeit	126
5.16:	Struktur der notwendigen Matrixergänzung im dynamischen Modell	127

Kartenverzeichnis

4.1:	Die mittlere Austauschhäufigkeit der Bodenlösung in der effektiven Wurzelzone nach DBG (1992)	59
4.2 :	Die mittlere Austauschhäufigkeit in den Landkreisen Deutschlands	61
4.3:	Die mittlere Erosionsgefährdung der Landkreise in Deutschland	67
4.4:	Die potentielle Gewässergefährdung durch Nitratverlagerung und Wassererosion in den Landkreisen Deutschlands	68
4.5:	Die für das ökonomisch-ökologische Betriebsmodell ausgewählten Standorte und ihre Gefährdungsklasse	72

Alle Karten wurden von Frau Regine Mövius, unter Nutzung der GIS-Software ARC-Info und ARC-View erstellt. Datengrundlage der Karten ist ARC-Deutschland von ESRI.

Verzeichnis der Dokumente im Anhang

- A1: Fragebogen zum Forschungsvorhaben des Instituts für Landwirtschaftliche Betriebslehre (Prof. Dr. Stephan Dabbert) der Universität Hohenheim „Entwicklung effizienter Umsetzungskonzepte zur Verringerung der Nährstoffbelastung der Oberflächengewässer aus dem Verursacherbereich Landwirtschaft“
- A2: Tabellen zur Berechnung des gesamten Stickstoff-Düngebedarfs für Ackerkulturen
- A3: Allgemeine Bestimmung der Faktoren a, b und c einer quadratischen Funktion der Form $f(x) = ax^2 + bx + c$, bei Kenntnis von 2 Punkten und einer Steigung der gesuchten Gleichung.
- A4: Umrechnung von absoluten Produktionsfunktionen in relative Produktionsfunktionen