

Christian Julius

**Ansatz zur regionalisierten Bewertung
des Umwelteinflusses landwirtschaftlicher
Produktion anhand des Agrarsektormodells
RAUMIS**



Cuvillier Verlag Göttingen

**Ansatz zur regionalisierten Bewertung des Umwelteinflusses
landwirtschaftlicher Produktion anhand des Agrarsektormodells
RAUMIS**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Grades

Doktor der Agrarwissenschaften

(Dr. agr.)

der

Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn

vorgelegt am

16. Dezember 2004

von

Christian Julius

aus

Mettmann

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

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

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2005

Zugl.: Bonn, Univ., Diss., 2005

ISBN 3-86537-707-6

Referent:	Prof. Dr. K. Holm-Müller
Korreferent:	Prof. Dr. W. Schumacher
Tag der mündlichen Prüfung:	07. Juli 2005

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2005
Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen
Telefon: 0551-54724-0
Telefax: 0551-54724-21
www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2005

Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 3-86537-707-6

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Zeit bei der Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie e.V. (FAA Bonn) unter wissenschaftlicher Begleitung des Instituts für Agrarpolitik, Marktforschung und Wirtschaftssoziologie (IAP) in Bonn.

An dieser Stelle möchte ich mich in ganz besonderem Maße bei Frau Prof. Dr. Karin Holm-Müller bedanken, die durch Ihre fachliche und menschliche Unterstützung maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beitrug. Gerne erinnere ich mich an die vielen Diskussionen zurück in denen Sie mir half, den berühmten „roten Faden“ wieder zu finden und den eigentlichen Kern meiner Arbeit nicht aus den Augen zu verlieren. Gleichzeitig räumte Sie mir einen großen Freiraum zur eigenen Ausgestaltung meiner Arbeit ein. Eine bessere Betreuung hätte ich mir kaum wünschen können! Hierfür möchte ich mich nochmals herzlich bedanken.

Darüber hinaus gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. Wolfgang Schumacher, der mit seinem umfangreichen Sachverstand wesentlich zum ökologischen Fundament dieser Arbeit beitrug. Trotz zahlreicher Exkursionen in die Eifel haben zwar das Frühlings-Adonisröschen, die Gelbe Narzisse und das Kleine Knabenkraut keinen Einzug in meine Arbeit erhalten. Dennoch gelang durch seine Hilfe und seinen Rat eine aggregierte Betrachtung landwirtschaftlicher Umwelteinflüsse.

Ein weiteres Dankeschön geht an Herrn Prof. Dr. Thomas Heckelei, der im Rahmen meines Rigorosum den Prüfungsvorsitz übernahm. Durch seine ruhige und sehr sympathische Art schaffte er es schnell, mir während der Prüfung den Rest an Nervosität zu nehmen.

Mein ganz besonderer Dank gilt an dieser Stelle meinem langjährigen Freund und Trauzeugen Dr. Stefan Sieber, der mir stets mit Rat und Tat zur Seite stand und mir bei so manchem „Käffchen“ zurück auf die Sprünge half. Darüber hinaus möchte ich mich ganz herzlich bei Peter Kreins, Dr. Horst Gömann und Dr. Heinrich Becker sowie der gesamten damaligen Belegschaft der FAA Bonn bedanken. Der im Team erzeugte Geist und die fachliche Unterstützung halfen mir maßgeblich, die vorliegende Arbeit zu bewältigen.

Reichlich Hilfe und Unterstützung fand ich des Weiteren im Doktorandenseminar des IAP. Neben den wichtigen, fachlichen Anregungen bin ich vor allem für die sehr freundschaftlichen Beziehungen dankbar, die im Rahmen des Seminars entstanden sind.

Viel Wärme, Kraft und Rückhalt gaben mir damals und geben mir auch heute noch mein Töchterchen Maya und meine Frau Giga. Mit Euch beiden an meiner Seite sehe ich allen weiteren Herausforderungen auf unserem gemeinsamen Weg gelassen entgegen.

„*Last but not least*“ gilt mein Dank meinen Eltern Riane und Rolf sowie meiner Schwester Stefanie, die mir Zeit meines Lebens Geborgenheit geben und in allen Lebenslage stets für mich da sind.

I. Deutsche Kurzfassung

Ansatz zur regionalisierten Bewertung des Umwelteinflusses landwirtschaftlicher Produktion anhand des Agrarsektormodells RAUMIS

In der vorliegenden Studie wird ein Umweltbewertungsverfahren erstellt, das eine bundesweit flächendeckende und ökologisch umfassende Abbildung des negativen agrarischen Umwelteinflusses ermöglicht. Das Verfahren basiert auf einem Satz an Agrar-Umweltindikatoren, der sich aus den verschiedenen Umweltwirkungsbereichen landwirtschaftlicher Produktion ableitet. Die Bewertung des Umwelteinflusses erfolgt in Form von Boniturnoten, deren Spektrum von 1 (geringer Umwelteinfluss) bis 10 (sehr hoher Umwelteinfluss) reicht. Die agrarisch bedingten Umweltwirkungen werden sowohl indikatorspezifisch als auch aggregiert in Form eines Umweltbewertungsindex ausgewiesen. Durch die Kopplung des Bewertungsverfahrens an das Regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem (RAUMIS) wird eine Analyse des landwirtschaftlichen Umwelteinflusses in räumlicher Auflösung, in Zeitreihen und auch zur Politikberatung ermöglicht.

Innerhalb des Bewertungsverfahrens werden verschiedene Wertebeziehungen zwischen den Indikatoren berücksichtigt. Es werden ordinale Bewertungsergebnisse generiert, deren Interpretation auf kardinaler Skala erfolgt. Die Aggregation der Einzelwertungen zu einem Gesamtindex erfolgt unter der gängigen umweltökonomischen Annahme eines ansteigenden Grenzschadens. Durch Verwendung einer CES-Funktion (*Constant Elasticity of Substitution*, mit $\rho = 4$) wird die Substituierbarkeit der Bonituren mit ansteigender Note verringert.

Im Rahmen dieser Studie werden das RAUMIS-Bewertungsverfahren zur Untersuchung des Basisjahres 1999 angewandt und entsprechend Ergebnisse generiert. Hierbei werden die ausgewählten Indikatoren (N- und P-Saldo, NH₃-Emission, wirkstoffbasiertes PSM-Risikopotenzial, Bodenerosion) zunächst einzeln betrachtet und anschließend der Umweltbewertungsindex ermittelt.

Im bundesweiten Vergleich zeigen hierbei die Indikatoren N-Saldo und wirkstoffbasiertes PSM-Risikopotenzial die größten Umweltwirkungen auf. In einem ersten Aggregationsschritt werden ein Umweltbewertungsindex „Tiere“, bestehend aus den Indikatoren N-Saldo, P-Saldo und NH₃-Emission, sowie ein Umweltbewertungsindex „Pflanze“, durch Zusammenführung des wirkstoffbasierten PSM-Risikopotenzials und der Bodenerosion, ausgewiesen. Die Gegenüberstellung der beiden Indizes ergibt deutlich unterschiedliche „Hot Spots“ landwirtschaftlichen Umwelteinflusses für das Bundesgebiet und unterstreicht somit die Wichtigkeit einer umfassenden Betrachtungsweise. Dieses Ergebnis wird durch die Ausweisung des

vollständigen Umweltbewertungsindex bestätigt. Durch dessen bundesweite Abbildung können Regionen identifiziert werden, deren hoher Umwelteinfluss durch die spezifische Betrachtung einzelner Indikatoren verborgen geblieben wäre.

II. English Abstract

Approach of a regionalised evaluation of the impact of agricultural production on the environment by using the model RAUMIS

In this thesis, an environmental evaluation method is developed, which offers an area-wide and ecologically comprehensive illustration of the impact of agricultural production on the environment in Germany. The method is based on a set of indicators that represent the range of activities of agricultural production, which affect the environment in a negative way. The evaluation is accomplished by using ratings, which range from 1 (low impact) to 10 (very high impact). The results can be generated indicator specifically as well as aggregated by means of an environmental evaluation index. The implementation of the evaluation method into a Regionalised Agricultural and Environmental Information System (RAUMIS) enables the analysis of the agricultural impact on the environment on a spatial, chronological as well as political scale.

Within the scope of the evaluation method, different relations between the selected indicators are considered. Ordinal results are generated, which are interpreted on a cardinal scale. The aggregation of single values to an overall index corresponds to the common environment-economical principle of an increasing marginal damage. By using a CES-function (*Constant Elasticity of Substitution*, with $\rho = 4$) the substitutability of the ratings is lowered with increasing impact.

Within the scope of the study, the evaluation method is used to examine and to generate results for the basic year 1999. First, the selected indicators (nitrogen and phosphor balance, NH_3 -emission, pesticide risk-potential, soil erosion) are analyzed one by one. Afterwards, the environmental evaluation index is determined.

In an area-wide comparison, the highest impact on the environment is detected for the indicators nitrogen balance and pesticide risk-potential. In a first aggregating step, an environmental evaluation index “animal”, comprising the indicators nitrogen and phosphor balance as well as NH_3 -emission, and “plant”, including the indicators pesticide risk-potential and soil erosion, are calculated. Both indices reveal significantly different hot spots of agricultural impact on the environment and therefore underline the importance of a comprehensive approach. These results are affirmed by the determination of the “complete” environmental evaluation index. Due to the area-wide illustration of the environmental evaluation index, regions of high influence have been identified, which would have been overlooked by following a non-comprehensive approach.

III. Inhaltsverzeichnis

I. Deutsche Kurzfassung.....	v
II. English Abstract	vii
III. Inhaltsverzeichnis.....	viii
IV. Abbildungsverzeichnis	x
V. Tabellenverzeichnis	xii
VI. Verzeichnis der Abkürzungen.....	xiii
1 Einleitung	15
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	15
1.2 Aufbau der Arbeit.....	17
2 Agrar-Umweltindikatoren und Umweltbewertungsverfahren im Kontext der Bewertung des Umwelteinflusses landwirtschaftlicher Produktion.....	19
2.1 Agrar-Umweltindikatoren – Anforderungen und Anwendungsmöglichkeiten.....	19
2.2 Umweltbewertungsverfahren – Bewertungsprobleme und einzelbetriebliche Verfahrensbeispiele	23
2.2.1 Schwierigkeiten einer aggregierten Bewertung am Beispiel der Nutzwertanalyse	23
2.2.2 Beschreibung einzelbetrieblicher Umweltbewertungsverfahren.....	28
2.2.2.1 Ökobilanz-Methode.....	30
2.2.2.2 Systeme zur Bewertung der Umweltwirkung landwirtschaftlicher Betriebe (Management-Systeme).....	31
2.2.2.3 Ergebnisorientierte Bewertungssysteme	36
2.2.2.4 Handlungsorientierte Bewertungssysteme	39
2.2.2.5 Studienspezifische Indikatorsysteme	40
2.2.3 Abgrenzung des RAUMIS-Verfahrens zu einzelbetrieblichen Verfahren....	41
3 Das Agrarsektormodell RAUMIS.....	42
3.1 Beschreibung des Regionalisierten Agrar- und Umweltinformationssystems RAUMIS	42
3.2 Abbildung von Umwelteinflüssen landwirtschaftlicher Produktion im RAUMIS ...	48
3.2.1 Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung und Abbildung von Agrar- Umweltindikatoren im RAUMIS	49
3.2.2 Beschreibung bestehender Agrar-Umweltindikatoren im RAUMIS	51
3.2.2.1 Nährstoffsalden (N, P, K).....	51
3.2.2.2 Bodenerosion.....	61
3.2.2.3 NH ₃ -Emission.....	74
3.2.2.4 Monetärer Pflanzenschutzmittelaufwand.....	79
3.2.2.5 Wirkstoffbasiertes Pflanzenschutzmittel-Risikopotenzial	80
3.2.2.6 Treibhausgase.....	82

3.2.2.7	Arten- und Biotopschutzpotenzial.....	84
3.2.2.8	Diversitätsindex nach SHANNON und WEAVER.....	88
4	Konzeption und methodischer Aufbau des Umweltbewertungsverfahrens im RAUMIS.....	90
4.1	Auswahl der Agrar-Umweltindikatoren.....	91
4.1.1	Umweltwirkungsbereiche landwirtschaftlicher Produktion und deren Abbildbarkeit im Agrarsektormodell RAUMIS.....	92
4.1.2	Ableitung des Satzes an Agrar-Umweltindikatoren.....	103
4.2	Bewertung der Agrar-Umweltindikatoren.....	105
4.2.1	Definition des Begriffs „Umwelteinfluss“	107
4.2.2	Zum Postulat der Nutzenunabhängigkeit und der Kardinalität.....	108
4.2.3	Inhaltliche Begründung des „geringsten Umwelteinflusses“ und der Boniturnote 5.....	111
4.2.4	Transformationsmöglichkeiten der Indikatorergebnisse durch Wahl der Bewertungsfunktion	123
4.2.5	Gewichtung der Agrar-Umweltindikatoren und Berechnung des Umweltbewertungsindex mittels einer CES-Funktion.....	129
4.2.6	Festlegung des methodischen Ablaufs des RAUMIS-Verfahrens	138
5	Analyse des Umwelteinflusses landwirtschaftlicher Produktion im Basisjahr 1999	142
5.1	Flächennutzung und Produktionsstruktur.....	142
5.2	Ergebnisanalyse und Bewertung der Agrar-Umweltindikatoren	148
5.2.1	N-Saldo.....	148
5.2.2	P-Saldo	152
5.2.3	NH ₃ -Emission.....	155
5.2.4	Wirkstoffbasiertes PSM-Risikopotenzial.....	157
5.2.5	Bodenerosion.....	158
5.3	Aggregierte Bewertung des Umwelteinflusses landwirtschaftlicher Produktion anhand des Umweltbewertungsindex	164
6	Schlußfolgerungen und weiterer Forschungsbedarf.....	170
7	Zusammenfassung	176
	Literaturverzeichnis.....	180

IV. **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1:	Das <i>Pressure-State-Response</i> -Modell (PSR) der OECD	20
Abb. 2:	Schematische Darstellung des Agrarsektormodells RAUMIS.....	44
Abb. 3:	Grundstruktur eines Prozessanalysemodells	46
Abb. 4:	Hierarchische Regionalisierung im Agrarsektormodell RAUMIS	48
Abb. 5:	Fließschema der vollständigen nationalen Mineralbilanz für die Landwirtschaft nach PARCOM-Richtlinie	52
Abb. 6:	Vorgehensweise der Nährstoffbilanzierung im Modellsystem RAUMIS.....	53
Abb. 7:	Schema der Berechnung der C-Faktoren.....	70
Abb. 8:	Berechnung des „aktuellen“ Erosionsrisikos als Teil des regionalen Umwelteinflusses landwirtschaftlicher Produktion	73
Abb. 9:	Konzeptionelles Grundgerüst des RAUMIS-Verfahrens	91
Abb. 10:	Methodische Umsetzung des RAUMIS-Verfahrens - Zwischenstand.....	106
Abb. 11:	Darstellung der Transformation der Zielwerte des Indikators N-Saldo anhand beispielhafter Bewertungsfunktionen.....	124
Abb. 12:	Klassenbreite der Boniturnoten 2 bis 9 des Indikators N-Saldo in kg N pro ha und Jahr bei Verwendung beispielhafter Bewertungsfunktionen	125
Abb. 13:	Prozentuale Verteilung der Boniturnoten bei einer Bewertung des Indikators PSM-Risikopotenziale unter dem Einfluss alternativer Funktionsverläufe im Basisjahr 1999.....	127
Abb. 14:	Einfluss alternativer Funktionsverläufe auf die Bewertung des Indikators PSM-Risikopotenziale im Basisjahr 1999	128
Abb. 15:	Drei denkbare Isoquanten der CES-Funktionen.....	134
Abb. 16:	Isoquantenverlauf einer CES-Funktion zur Berechnung des Umweltbewertungsindex (UBI) aus zwei Einzelwertungen ($\rho = 2$)	136
Abb. 17:	Methodische Umsetzung des RAUMIS-Verfahrens - Endstand.....	141
Abb. 18:	Prozentualer Anteil der Ackerfläche und des Dauergrünlands an der LF.....	143
Abb. 19:	Prozentualer Anteil von Winterweizen und Roggen an der Ackerfläche	144
Abb. 20:	Prozentualer Anteil pflanzlicher Produktionsverfahren auf dem Dauergrünland	145
Abb. 21:	Viehbesatzdichte im Basisjahr 1999	146
Abb. 22:	Vergleich des Anteils tierischer Verfahrensgruppen am gesamten Tierbesatz auf Ebene der Bundesländer	147
Abb. 23:	Prozentualer Anteil der Milchkuhhaltung sowie der Sauenhaltung und –mast am Viehbesatz der Bundesrepublik Deutschland im Basisjahr 1999.....	148
Abb. 24:	Der Stickstoff-Bilanzsaldo im Vergleich mit der Viehbesatzdichte im Basisjahr 1999	149
Abb. 25:	Anteil des Anbauumfangs von Silomais an der Ackerfläche sowie Ausbringungsmenge organischer Düngemittel im Basisjahr 1999	151

Abb. 26:	Bewertung des Agrar-Umweltindikators N-Saldo mittels Boniturnoten	152
Abb. 27:	Quantitative und qualitative Darstellung der Phosphor-Bilanzsalden im Basisjahr 1999	153
Abb. 28:	Klassengrenzen und -breiten der Boniturnoten des P-Saldos bei unterschiedlicher Toleranzgrenze	154
Abb. 29:	Differenz der Boniturnoten der Bewertungsalgorithmen „Toleranz 15“ und „Toleranz 10“ bei gleichem P-Saldo	155
Abb. 30:	Quantitative und qualitative Darstellung der NH ₃ -Emission im Basisjahr 1999.	156
Abb. 31:	Die Boniturbewertung des wirkstoffbasierten PSM-Risikopotenzials im Vergleich mit dem Anbauumfang von Wein, Obst und Gemüse	158
Abb. 32:	Potenzielle Erosionsgefährdung sowie deren Verringerung bei einer Berücksichtigung des C-Faktors	159
Abb. 33:	Minderungseffekt des C-Faktors auf die potenzielle Erosionsgefährdung	161
Abb. 34:	Regionales Erosionspotenzial sowie dessen Boniturbenotung im Basisjahr 1999	162
Abb. 35:	Klassengrenzen und -breiten der Boniturnoten des Indikators Erosionspotenzial bei unterschiedlicher Kalibrierung des Bewertungsalgorithmus	163
Abb. 36:	Der Umweltbewertungsindex im Basisjahr 1999.....	164
Abb. 37:	Boniturbewertung der Agrar-Umweltindikatoren in % der RAUMIS-Modellregionen	165
Abb. 38:	Prozentualer Anteil der Agrar-Umweltindikatoren an der Höhe des UBI im Bundesdurchschnitt (Basisjahr 1999).....	166
Abb. 39:	Kleinräumige Ausweisung des Agrar-Umweltindikators mit regional höchstem Umwelteinfluss im Basisjahr 1999	167
Abb. 40:	Vergleich des Einflusses tierischer und pflanzlicher Produktionsverfahren auf die Umwelt im Basisjahr 1999	168

V. Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Auswahl einzelbetrieblicher Umweltbewertungsverfahren und deren Anwendungsfelder	29
Tab. 2:	Positionen der Nährstoffbilanz im Modellsystem RAUMIS für N, P und K.....	54
Tab. 3:	Eckwerte zur Berechnung der N-Bedarfsfaktoren für den Ackerbau in Abhängigkeit von Boden und Klima.....	56
Tab. 4:	Skalierung des Gesamtindikatorwertes Arten- und Biotopschutzpotenzial	87
Tab. 5:	Umweltwirkungsbereiche der Landwirtschaft	93
Tab. 6:	Abbildung landwirtschaftlicher Umweltwirkungsbereiche durch Agrar-Umweltindikatoren im Agrarsektormodell RAUMIS	104
Tab. 7:	Positionen der Nährstoffbilanzierung für N und P im einzelbetrieblichen Umweltbewertungsverfahren USL.....	113
Tab. 8:	Verteilung der Bodenklimazahl auf Acker und Grünland sowie ihre Relation zueinander auf Ebene der Bundesländer	122
Tab. 9:	Wichtungsfaktoren der im USL-Verfahren angewandten Bewertungskriterien ..	131
Tab. 10:	Berechnung des Umweltbewertungsindex bei unterschiedlichem Substitutionsparameter ρ	137

VI. Verzeichnis der Abkürzungen

ABAG	Allgemeine Bodenabtragsgleichung
AF	Ackerfläche
ATKIS	Amtliches Kartographisch Topographisches Informationssystem
BELF	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
BfN	Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie (heutige Bundesamt für Naturschutz)
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BIG	Bundesinformationssystem Genetische Ressourcen
BMBF	Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie
BMVEL	Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
BÜK 1000	Bodenübersichtskarte, Maßstab 1 : 1 000 000
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.
CES	<i>Constant Elasticity of Substitution</i>
CSD	<i>Commission for Sustainable Development</i> ; Kommission für Nachhaltige Entwicklung
CRP	Conservation Reserve Program des USDA
DIN-NAGUS	Normenausschuss "Grundlagen des Umweltschutzes" beim Deutschen Institut für Normung
DSR	Driving Force-State-Response-Modell
DWD	Deutscher Wetterdienst
GIS	Geographisches Informations-System
GVE	Großvieheinheit
K	Kalium
KA 4	Bodenkundliche Kartieranleitung 4
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
KUL	Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung
LANIS	Landschaftsinformationssystem
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
LFU	Landesamt für Umweltschutz
LGR	Landwirtschaftliche Gesamtrechnung

N	Stickstoff
NH ₃	Ammoniak
NWSf	Nettowertschöpfung zu Faktorkosten
OECD	<i>Organisation for Economic Co-Operation and Development</i> ; Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
P	Phosphor
PSM	Pflanzenschutzmittel
PSR	Pressure-State-Response-Modell
RAUMIS	Regionalisiertes Agrar- und Umwelt-Informationssystem für Deutschland
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SRU	Rat von Sachverständigen für Umweltfragen
UBA	Umweltbundesamt
UBI	Umweltbewertungsindex
UGR	Umweltökonomische Gesamtrechnung
USDA	United States Department of Agriculture
USLE	Universal Soil Loss Equation
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Seit der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Jahr 1992 in Rio de Janeiro gilt das Prinzip der Nachhaltigkeit als Leitbild für die weitere Entwicklung der internationalen Staatengemeinschaft. Zu dessen Umsetzung hat die deutsche Bundesregierung im Jahr 2002 eine Nachhaltigkeitsstrategie beschlossen, mittels derer eine wirtschaftlich leistungsfähige, sozial gerechte und ökologisch verträgliche Entwicklung des Landes erreicht werden soll (RAT FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG, 2002). Zur transparenten Dokumentation sowie zur Erfolgskontrolle wurden im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie 21 Schlüsselindikatoren ausgewählt, die in ihrer Gesamtheit betrachtet ein Bild über den Entwicklungsprozess der Nachhaltigkeit im Land darbieten sollen. Für die deutsche Landwirtschaft, als einer Facette dieses Bildes, wurden hierbei die Indikatoren „Anteil des ökologischen Landbaus an der landwirtschaftlichen Nutzfläche“ sowie „Stickstoff-Überschuss (Gesamtbilanz)“ ausgewählt (RAT FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG, 2002, S.113-115).

Entsprechend der oben skizzierten Strategie hat der Begriff der Nachhaltigkeit in der nationalen Agrarpolitik zunehmend an Bedeutung gewonnen und bildet mittlerweile ein Kernstück derselben (BMVEL, 2003, S.8). Um über Status Quo sowie Entwicklung der Nachhaltigkeit des deutschen Agrarsektors informiert zu sein, ist es für den agrarpolitischen Entscheidungsträger jedoch nicht ausreichend, die auf übersektoraler Ebene festgelegten Indikatoren als einzige Kriterien zur Entscheidungsfindung zu nutzen. Der Untersuchungsgegenstand „Nachhaltige Landwirtschaft“ verlangt ebenfalls nach einer ganzheitlichen Betrachtung, bei der es verschiedenste Facetten zu berücksichtigen gilt.

Die Komplexität des Themas zeigt sich bereits eindrucklich bei einer reinen Betrachtung der ökologischen Verträglichkeit landwirtschaftlicher Produktion als einer der drei Säulen des Nachhaltigkeitsprinzips. So sind im Rahmen einer Beurteilung des landwirtschaftlichen Umwelteinflusses eine ganze Reihe an Umweltwirkungsbereichen zu berücksichtigen, die beispielsweise von dem Erhalt der Bodenfunktionen über die Trinkwasserqualität bis hin zur Arten- und Biotopvielfalt, der Geruchsbelastung oder der Tiergerechtigkeit reichen (RUDLOFF et al., 1999). Die isolierte Betrachtung einzelner Umweltwirkungen führt unweigerlich zu einer Vernachlässigung weiterer bestehender Wirkungsbereiche und beinhaltet die Gefahr, relevante „Hot Spots“ zu übersehen. Für den politischen Entscheidungsträger ist eine umfassende, möglichst ganzheitliche Information über den Stand der ökologischen Verträglichkeit land-

wirtschaftlicher Produktion im Prozess der Entscheidungsfindung ebenso von entscheidender Bedeutung, wie die Übersichtlichkeit und Transparenz der ihm dargebrachten Informationen. Entsprechend bestehen auf einzelbetrieblicher Ebene bereits Verfahren, die eine umfassende Beurteilung der Umweltwirkung einzelner landwirtschaftlicher Betriebe zulassen (BREIT-SCHUH et al., 2000; DIEPENBROCK et al., o.J.; DIMKIC und SCHUMACHER, 1999; GEIER, 2000 u.a.). Für eine bundesweit flächendeckende Abbildung des landwirtschaftlichen Umwelteinflusses bestehen Indikatorkonzepte, jedoch noch keine ganzheitliche Umsetzung derselben (CHRISTEN und O'HALLORAN-WIETHOLZ, 2001). In diesem Punkt gilt es eine Informationslücke zu schließen.

Ziel der Studie ist die Implementierung eines Umweltbewertungsverfahrens in einen bestehenden Modellansatz, mit dessen Hilfe eine bundesweit flächendeckende und ökologisch umfassende Abbildung des agrarischen Umwelteinflusses ermöglicht wird. Aus den verschiedenen Umweltwirkungsbereichen landwirtschaftlicher Produktion wird ein Satz an Agrar-Umweltindikatoren abgeleitet und zu einem Umweltbewertungsindex zusammengefasst. Die Wahl einer einfachen Maßeinheit als Endresultat des Bewertungsverfahrens wird bewusst gewählt, um die gesellschaftliche und politische Diskussion über den Umwelteinfluss landwirtschaftlicher Produktion zu vereinfachen. Schwierigkeiten, die mit einer Aggregation von Teil-Indikatoren zu einem Gesamtwert verbunden sind, werden im Rahmen dieser Arbeit kritisch diskutiert. Durch die Kopplung des Bewertungsverfahrens an ein anerkannte und langjährig erprobte Regionalisierte Agrar- und UmweltinformationsSystem (RAUMIS) ergeben sich zur Beratung politischer Entscheidungsträger eine Reihe von Nutzungsmöglichkeiten, die sich anhand folgender Dimensionen skizzieren lassen:

Zeitliche Dimension: Neben einer rückblickenden Ex-Post Betrachtung kann in Form einer Projektion die bei unveränderten politischen Rahmenbedingungen zu erwartende zukünftige Entwicklung des landwirtschaftlichen Umwelteinflusses ermittelt werden.

Räumliche Dimension: Die flächendeckende, regionalisierte Abbildungsgüte des Modells RAUMIS bietet die Möglichkeit der regionalen Vergleichbarkeit des landwirtschaftlichen Umwelteinflusses auf der Ebene administrativer Verwaltungseinheiten (Landkreise).

Politische Dimension: Die Auswirkungen agrar- und agrarumweltpolitischer Maßnahmen auf den Umwelteinfluss landwirtschaftlicher Produktion können in Simulationsszenarien ermittelt und analysiert werden.

Neben der reinen Umweltinformation beinhaltet das Agrarsektormodell RAUMIS bereits jetzt ein umfangreiches Set an sozio-ökonomischen Kriterien. So lassen sich beispielsweise Veränderungen des landwirtschaftlichen Einkommens, der Nettowertschöpfung oder

des Arbeitskräftebedarfs in Vergleich mit einer Ausweitung bzw. Minderung des Umwelteinflusses landwirtschaftlicher Produktion setzen. Hierdurch sind die besten Voraussetzungen zur zukünftigen Ergänzung des Bewertungsverfahrens im Sinne des Nachhaltigkeitsgedankens gegeben.

1.2 Aufbau der Arbeit

Die Konzeption der vorliegenden Arbeit basiert auf dem Zusammenspiel verschiedener Instrumente der Umweltinformation. Vor diesem Hintergrund wird in *Kapitel 2* grundlegend über Anforderungen und Anwendungsmöglichkeiten von Agrar-Umweltindikatoren sowie deren Funktion innerhalb eines Umweltbewertungsverfahrens informiert. Des Weiteren wird auf die Schwierigkeiten einer Aggregation von Teil-Indikatoren zu einem Gesamtindex eingegangen. Diese Problematik wird exemplarisch am Verfahren der Nutzwertanalyse, die bereits im Laufe der 60'er Jahre entwickelt wurde, aufgezeigt. Die Beschreibung einzelbetrieblicher Umweltbewertungsverfahren zeigt Optionen des Umgangs mit oben angesprochener Kritik sowie Anlehnungsmöglichkeiten für den eigenen Ansatz auf. Zusätzlich wird eine Abgrenzung des auf regionaler Ebene arbeitenden Bewertungsverfahrens zu den einzelbetrieblichen Systemen vorgenommen.

In *Kapitel 3* erfolgt eine grundlegende Beschreibung des Agrarsektormodells RAUMIS, welches die Plattform des zu erstellenden Bewertungsverfahrens darstellt. RAUMIS wurde als Politikberatungsinstrument im Agrar- und Umweltbereich entwickelt und trägt seither zur Analyse komplexer Zusammenhänge zwischen agrarpolitischen Vorgaben, Agrarproduktion und Umwelt bei. Die verschiedenen Umwelteinflüsse landwirtschaftlicher Produktion werden bislang separat durch eine Reihe modellendogener Agrar-Umweltindikatoren dargestellt. Im Kontext der vorliegenden Arbeit sind Möglichkeiten und Grenzen einer Verwendung von Indikatoren im RAUMIS sowie eine Beschreibung vorhandener Umweltkriterien von besonderem Interesse und werden entsprechend ausführlich behandelt.

In *Kapitel 4* wird die Konzeption des Bewertungsverfahrens umgesetzt. Aus den verschiedenen Umweltwirkungsbereichen landwirtschaftlicher Produktion wird ein Satz an Agrar-Umweltindikatoren ausgewählt, der in seiner Gesamtheit den agrarischen Umwelteinfluss umfassend wiedergeben soll. Der Begriff „Umwelteinfluss“ bezieht sich hierbei auf die negativen externen Effekte landwirtschaftlicher Produktion und wird somit auch im „negativen“ Sinne als potenzieller Umweltschaden interpretiert.¹ In einem zweiten Schritt wird ein Weg

¹ Die externen Effekte landwirtschaftlicher Produktion können durchaus positiver Natur sein. Als Beispiele wären Wirkungen auf Arten- und Biotopvielfalt oder Landschaftsbild einer Region zu nennen (vgl. Rudloff, 1999).

zur Bewertung der einzelnen Indikatorergebnisse aufgezeigt und eine Zusammenführung der Einzelwerte zu einem Gesamtwert vorgenommen. Die Festlegung der Bewertungsfunktion sowie die Aggregation der Teilwerte geschieht unter Berücksichtigung der in *Kapitel 2* skizzierten Kritik an der Nutzwertanalyse. Die inhaltliche Begründbarkeit der Bewertungsschritte stützt sich auf gängige Annahmen in der umweltökonomischen Theorie.

Die Anwendbarkeit des Umweltbewertungsverfahrens im RAUMIS ist Gegenstand des *Kapitels 5*. Hierbei ist die Sensitivität der Einzelfaktoren innerhalb des Verfahrens von besonderem Interesse und wird indikatorspezifisch analysiert. Im Ergebnis wird der landwirtschaftliche Umwelteinfluss in Form eines regionalisierten Umweltbewertungsindex bundesweit flächendeckend für das Basisjahr 1999 ausgewiesen und interpretiert. Darauf aufbauend beschäftigt sich *Kapitel 6* im Ausblick mit dem weiteren Forschungsbedarf, der sich aus einer Umweltbewertung in Verbindung mit einem Agrarsektormodell ergibt. Im Speziellen wird hierbei auf die Ausbaumöglichkeiten des Verfahrens hinsichtlich einer Beurteilung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Produktion hingewiesen, die sich aus den bereits vorhandenen, umfangreichen sozio-ökonomischen Kriterien des Modells ergeben.

2 Agrar-Umweltindikatoren und Umweltbewertungsverfahren im Kontext der Bewertung des Umwelteinflusses landwirtschaftlicher Produktion

Die landwirtschaftliche Produktion ist mit einer Reihe von Umwelteinflüssen verbunden, die in ihren Wirkungen wenig transparente positive und negative externe Effekte aufweisen (RUDLOFF et al., 1999). Die hieraus resultierenden Forderungen nach Möglichkeiten der Quantifizierung und Bewertung des landwirtschaftlichen Umwelteinflusses haben unter anderem zur Entwicklung von Agrar-Umweltindikatoren sowie deren Integration in Umweltbewertungsverfahren geführt.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen beide Formen der Umweltinformation genutzt werden, um Aussagen über den Umwelteinfluss landwirtschaftlicher Produktion auf regionaler Ebene zu ermöglichen. Basierend auf einem Satz von Agrar-Umweltindikatoren wird ein Umweltbewertungsverfahren erstellt, welches in das Agrarsektormodell RAUMIS² implementiert wird.

Vor diesem Hintergrund ist es Ziel dieses Kapitels, grundlegend über Aufbau und Entwicklung von Agrar-Umweltindikatoren zu informieren sowie deren Zusammenführung und Nutzung innerhalb von landwirtschaftsspezifischen Umweltbewertungsverfahren zu erläutern. Des Weiteren werden Schwierigkeiten, die sich aus der Aggregation von Einzelbewertung zu einem Gesamtwert ergeben, am Beispiel der Nutzwertanalyse diskutiert.

2.1 Agrar-Umweltindikatoren – Anforderungen und Anwendungsmöglichkeiten

Die Bundesregierung weist in ihrem ernährungs- und agrarpolitischen Bericht des Jahres 2003 auf die besondere Verantwortung der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft zum Abbau von Umweltbelastungen und zur Verbesserung des aktuellen Umweltzustandes hin (BMVEL, 2003, S.15). Um den Zustand der Umwelt, die Veränderung des Umwelteinflusses sowie den Erfolg von Umweltmaßnahmen für bestimmte Themen adäquat abbilden zu können, wird die Erarbeitung aussagefähiger Agrar-Umweltindikatoren gefordert. Indikatoren gewinnen somit in der agrar-umweltpolitischen Diskussion zunehmend an Bedeutung.

Eine einheitliche Definition des Begriffs „Agrar-Umweltindikator“ ist aus mehreren Gründen schwierig. Zum einen ist der Entwicklungsstand des Arbeitsgebietes sowie die Vielschichtig-

² RAUMIS Beschreibung siehe Kap. 3.