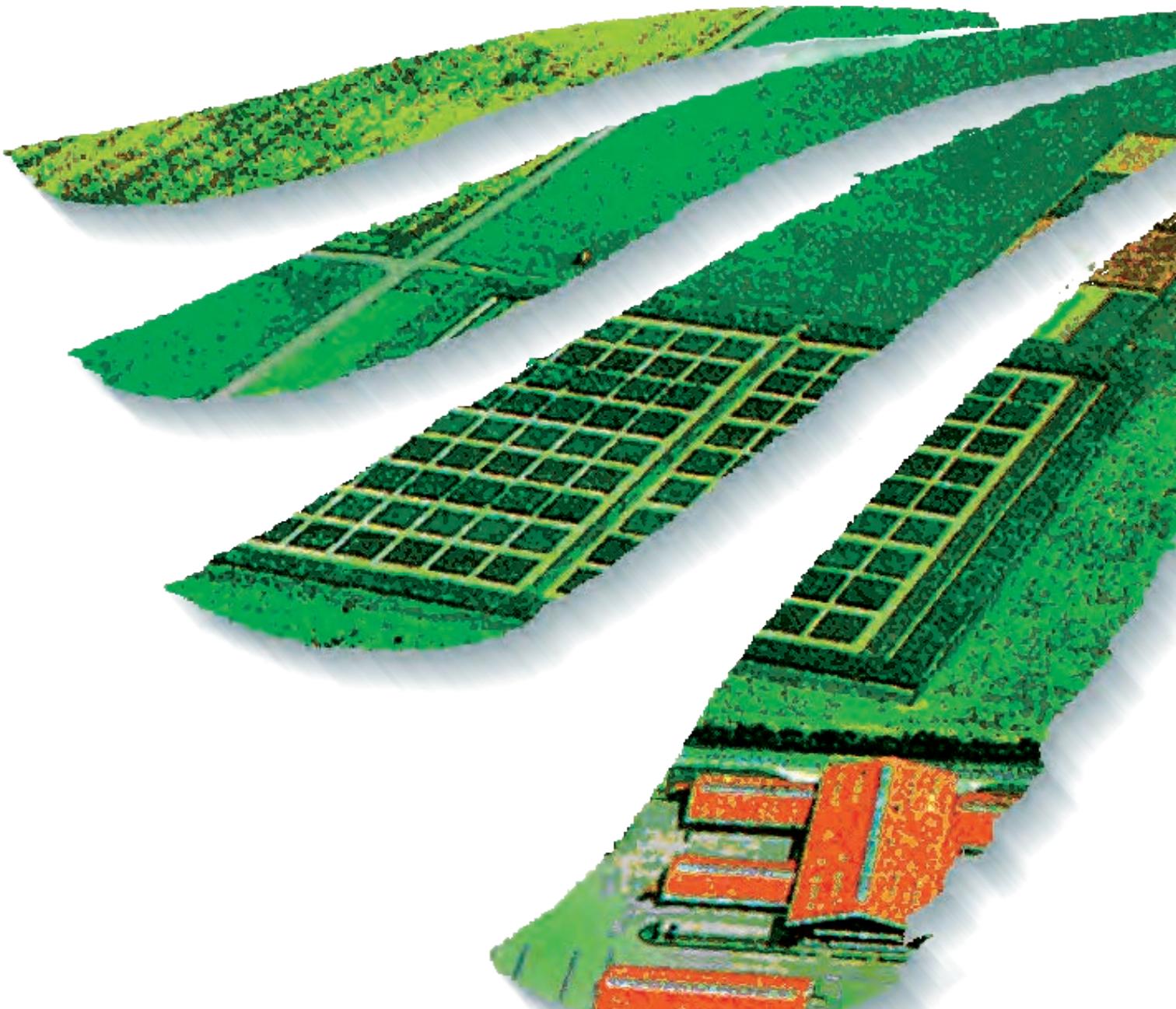


Landbauforschung **Völkenrode** **FAL Agricultural Research**

**Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoff-
einträgen in Gewässer – eine wasserschutz-
orientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der
Wasserrahmenrichtlinie**

Bernhard Osterburg und Tania Runge (Hrsg.)



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.

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

2007

**Landbauforschung Völkenrode - FAL Agricultural Research
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany**

landbauforschung@fal.de

Preis / Price: 15 €

**ISSN 0376-0723
ISBN 978-3-86576-031-9**

Sonderheft 307
Special Issue



Landbauforschung
Völkensrode
FAL Agricultural Research

**Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in
Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft
zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie**

herausgegeben von
Bernhard Osterburg und Tania Runge

Inhalt

	Seite
Vorwort	1
I. Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen nach Wasser- rahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft Bernhard Osterburg, Ivika Rühling, Tania Runge, Thomas G. Schmidt, Kirsten Seidel (FAL) Franz Antony, Burkhard Gödecke, Petra Witt-Altfelder (INGUS)	 3
II. Bewertung der ökologischen Wirksamkeit und Eignung von technisch-organisatorischen Wasserschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft Thomas G. Schmidt, Tania Runge, Kirsten Seidel, Bernhard Osterburg (FAL)	 157
III. Wasserschutzwirkung von Agrarumweltmaßnahmen – Statis- tische Auswertung von Herbst-N_{min}-Werten aus niedersächsi- schen Wassergewinnungsgebieten Thomas G. Schmidt (FAL) Burkhard Gödecke, Franz Antony (INGUS)	 229
IV. Analysen zur Wirksamkeit der Agrarumweltförderung auf die Senkung von N-Salden Bernhard Osterburg (FAL)	 253
V. Analysen zur Düngeverordnung-Novelle vom Januar 2006 Bernhard Osterburg (FAL)	 267

Autorenliste

Autoren FAL¹⁾

Dipl.-Ing. agr. Bernhard Osterburg
Tel.: 0531/596-5211
bernhard.osterburg@fal.de

Dr. Ivika Rühling
→ B. Osterburg (Projektleitung)

Dr. Tania Runge
Tel.: 0531/596-5225
tania.runge@fal.de

Dr. Thomas G. Schmidt
Tel.: 0531/596-5507
th.schmidt@fal.de

Dr. Kirsten Seidel
Tel.: 0531/596-5514
kirsten.seidel@fal.de

Autoren INGUS²⁾

Dr. Franz Antony
Tel.: 0511/39479-21
f.antony@ingus-net.de

Burkhard Gödecke
Tel.: 0511/39479-29
b.goedecke@ingus-net.de

Dipl.-Ing. agr. Petra Witt-Altfelder
Tel.: 0511/39479-24
p.witt@ingus-net.de

1) Institut für Ländliche Räume der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

2) INGUS - Ingenieurdienst UmweltSteuerung
Hubertusstraße 2
30163 Hannover

Vorwort

Für die Erreichung der Ziele der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) stellen Gewässerbelastungen durch diffuse Stickstoffemissionen aus der Landwirtschaft eine besondere Herausforderung dar. Nach der Identifizierung von Wasserkörpern mit erhöhten stofflichen Belastungen und der Quantifizierung der notwendigen Emissionsreduktionen gilt es, geeignete Maßnahmen auszuwählen und zu implementieren. In diesem Sonderheft werden technisch-organisatorische Wasserschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft beschrieben und bewertet, die eine Reduktion der Stickstoffemissionen zum Ziel haben. Ein Hauptaugenmerk liegt dabei auf einer möglichst günstigen Kostenwirksamkeit. Damit liefert der Bericht verbesserte Entscheidungsgrundlagen für die Maßnahmenplanung gemäß Artikel 11 der WRRL. Eine Umsetzung der WRRL durch Maßnahmen auf freiwilliger Basis wird von vielen Seiten gefordert. Hierfür sind Maßnahmen mit einer möglichst hohen und sicheren Entlastungswirkung notwendig. Dies wiederum erfordert eine möglichst exakte Maßnahmenbeschreibung.

Teil I dieses Sonderhefts enthält den Endbericht des Projekts „Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft“, das von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2006 finanziert wurde. Im Mittelpunkt des Berichts stehen standardisierte Maßnahmenbeschreibungen und –bewertungen, die eine Auswahl geeigneter Maßnahmen unterstützen sollen. Die Einschätzung der ökologischen Wirksamkeit und der Kosten der Einzelmaßnahmen ermöglicht es, Maßnahmen mit günstiger Kostenwirksamkeit zu identifizieren. Da eine Maßnahmenauswahl nicht allein anhand der Kostenwirksamkeit vorgenommen werden sollte, werden ergänzende Angaben zur Umsetzbarkeit und zu anderen Umwelteffekten gemacht. Darüber hinaus werden geeignete Maßnahmenkombinationen vorgestellt und eine Übersicht über die politischen Instrumente zur Umsetzung der WRRL im Bereich Landwirtschaft gegeben. Die gewählte Vorgehensweise gibt eine schnelle Übersicht über das bisher verfügbare Maßnahmenspektrum, dessen Wirksamkeit und Kosten.

Während der Projektbearbeitung sind zu ausgewählten Aspekten vertiefende Analysen entstanden, die als eigenständige Beiträge in das Sonderheft aufgenommen werden (Teile II bis V). Für eine quantitative Beurteilung der Maßnahmen ist neben der genauen Definition der Bewirtschaftungsbedingungen auch das Verständnis der zugrunde liegenden Wirkungsmechanismen notwendig. Das Ergebnis einer ausführlichen Literaturrecherche der ökologischen Wirksamkeit und Eignung von technisch-organisatorischen Wasserschutzmaßnahmen wird in Teil II dargestellt. Dieser Bericht ist als Gemeinschaftswerk aus drei Projekten zum Wasserschutz (LAWA, WAgriCo, AGRUM) am Institut für Ländliche Räume der FAL entstanden. Demnach gibt es zwar eine Vielzahl von Publikationen zu möglichen Wasserschutzmaßnahmen. Bei deren Auswertung war aber keine zufrieden stel-

lende Systematisierung von statistisch abgesicherten Wirkungseffekten möglich. Es bestehen immer noch große Informationsdefizite und Unsicherheiten bezüglich der Schutzwirkungen der Maßnahmen. Daher sollten die in Teil I vorgenommenen Bewertungen zukünftig einer weiteren Überprüfung unterzogen werden.

In Teil III konnten durch eine ergänzend durchgeführte Datenanalyse signifikante Minderungen der N-Belastung für Grundwasserschutzmaßnahmen nachgewiesen werden. Die statistische Auswertung langjähriger Herbst- N_{\min} -Werte aus der niedersächsischen Wasserschutzgebietsberatung ergab deutliche Maßnahmenwirkungen.

Die Ergebnisse der im Teil IV vorgestellten einzelbetrieblichen Analysen zeigen, dass Agrarumweltzahlungen dort besonders hohe Entlastungswirkungen bezüglich der Stickstoffbilanz und eine günstige Kostenwirksamkeit entfalten, wo sie nicht zur Extensivierung, sondern zur Steigerung der N-Ausnutzung bei hoher Viehbesatzdichte und Landnutzungsintensität beigetragen haben. Der Steigerung der gesamtbetrieblichen N-Effizienz sollte daher künftig mehr Beachtung geschenkt werden, da sie im Vergleich zu flächenhaft begrenzten Extensivierungen der Produktion flächendeckend greifen kann. Gerade in Räumen mit hohen Belastungen bietet die N-Effizienzsteigerung ein wesentliches Potenzial zur Minderung von Stickstoffemissionen.

Die Düngeverordnung nimmt bei der Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer einen besonderen Stellenwert ein. Sie ist als die wichtigste grundlegende Maßnahme der WRRL im Landwirtschaftsbereich anzusehen. Daher werden in Teil V ausgewählte Aspekte der im Jahr 2006 novellierten Düngeverordnung und ihre zu erwartenden Auswirkungen auf die Stickstoffbilanzen analysiert.

Die Herausgeber des Sonderhefts und die Autoren der Beiträge erheben nicht den Anspruch, eine abschließende Bewertung von Wasserschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft vorgelegt zu haben. Systematische, auf ein umweltbezogenes Wirkungsmonitoring aufbauende und überregional geltende Wirkungsnachweise liegen bisher nicht in umfassender Weise vor. Ausgehend von den im Projektendbericht berücksichtigten Experteneinschätzungen zur Maßnahmenwirksamkeit sollte künftig eine verstärkte statistische Überprüfung auf Basis vorhandener Daten erfolgen. Die Implementierung der novellierten Düngeverordnung und die Weiterentwicklung der Rahmenbedingungen, etwa unter den Stichworten „Wegfall der obligatorischen Stilllegung“ und „Zunahme nachwachsender Rohstoffe“, können das Referenzsystem für die Bewertung von Wasserschutzmaßnahmen verändern und machen eine Fortschreibung der Maßnahmenbewertung notwendig. Für solche Weiterentwicklungen bietet das vorliegende Sonderheft einen Ausgangspunkt.

Institut für Ländliche Räume



Ingenieurdienst UmweltSteuerung



I. **Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft**

Bericht im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
(LAWA) im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser,
Boden und Abfall“ 2006 (Projekt-Nummer AR 1.05 FAL)



**Bernhard Osterburg, Ivika Rühling, Tania Runge,
Thomas G. Schmidt, Kirsten Seidel (FAL)**

**Franz Antony, Burkhard Gödecke, Petra Witt-Altfelder
(INGUS)**

Braunschweig, Mai 2007

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	11
Zusammenfassung	12
1 Problemstellung und Zielsetzung	14
2 Vorgehensweise	15
2.1 Abgrenzung zwischen technisch-organisatorischen Maßnahmen und politischen Instrumenten	16
2.2 Literaturanalyse	16
2.2.1 Recherche öffentlich zugänglicher Quellen	18
2.2.2 Recherche unveröffentlichter Quellen	19
2.3 Expertenbefragung zu recherchierten und systematisierten Maßnahmen	20
2.4 Kostenermittlung von Wasserschutzmaßnahmen	21
2.5 Statistische Auswertungen zur Wasserschutzwirkung von Agrarumweltmaßnahmen und der Düngeverordnung	24
3 Methoden zur Differenzierung und Bewertung von technisch-organisatorischen Maßnahmen	25
3.1 Bewertungskriterien der Analyse von Wasserschutzmaßnahmen und Abgrenzung von Maßnahmenkategorien	25
3.1.1 In den Maßnahmenblättern berücksichtigte Bewertungskriterien	25
3.1.2 Kategorien für die technisch-organisatorischen Maßnahmen	28
3.2 Räumliche, klimatische und betriebliche Differenzierung	29
3.2.1 Boden-Klima-Räume in Deutschland	29
3.2.2 Betriebstypen und Viehdichte	30
3.3 Beschreibung der Erfolgsparameter (Indikatoren) und deren Wirkungsbereiche	31
3.3.1 Stickstoff-Saldo	31
3.3.2 Herbst-N _{min}	33
3.3.3 N-Fracht (Auswaschung mit dem Sickerwasser)	34
3.3.4 Wirkungsbereiche	36
4 Maßnahmenblätter für die technisch-organisatorischen Maßnahmen	37
4.1 Begrünung	40
4.1.1 Zwischenfrucht mit frühem Umbruch (M1)	40
4.1.2 Zwischenfrucht mit spätem Umbruch (M2)	41

4.1.3	Winterrüben als Zwischenfrucht vor Wintergetreide (M3)	42
4.1.4	Winterharte Zwischenfrucht mit spätem Umbruch (M4)	43
4.1.5	Untersaaten (M5)	44
4.2	Fruchtfolge	45
4.2.1	1-jährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbst-umbruchverzicht (M6)	45
4.2.2	2-jährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbst-umbruchverzicht (M7)	46
4.2.3	Mehrjährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht (M8)	47
4.2.4	Fruchtfolge "jährlicher Wechsel Sommerung - Winterung" (4-jährig) (M9)	48
4.2.5	Frühernte Mais mit Zwischenfrucht und nachfolgender Sommerung (M10)	49
4.2.6	Zwischenfrucht nach Raps und nachfolgender Sommerung (M11)	50
4.2.7	Zwischenfrucht nach Kartoffel und nachfolgende Sommerung (M12)	51
4.2.8	Zwischenfrucht nach Feldgemüse und nachfolgende Nicht-Gemüse-Sommerung (M13)	52
4.2.9	Förderung von Extensivkulturen (M14)	53
4.3	Aussaatverfahren	54
4.3.1	Maisensaat (M15)	54
4.4	Bodenbearbeitung	55
4.4.1	Mulchsaat zu Sommerungen (M16)	55
4.4.2	Direktsaat (M17)	56
4.4.3	Reduzierte Bodenbearbeitung nach Raps (M18)	57
4.4.4	Verzicht auf Bodenbearbeitung bis Mitte November nach der Getreideernte vor Sommerung (M19)	58
4.4.5	Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung (M20)	59
4.5	Grünland	60
4.5.1	Grünlandextensivierung (M21)	60
4.5.2	Extensive Weidewirtschaft (M22)	61
4.5.3	Umbruchlose Grünlanderneuerung (M23)	62
4.6	N-Mineraldüngung	63
4.6.1	Reduzierte N-Mineraldüngung (Acker) inkl. Verzicht auf Spätgabe bei Getreide (M24)	63
4.6.2	Zeitpunkt der N-Mineraldüngung auf Acker (M25)	64
4.6.3	Einsatz stabilisierter N-Mineraldünger bei Wintergetreide und Kartoffeln (M26)	65
4.6.4	Einsatz des CULTAN-Verfahrens (M27)	66
4.6.5	Verbesserte N-Mineraldüngerabgabetechnik (Exaktstreuer) (M28)	67
4.6.6	Reihendüngung in Kartoffeln (M29)	68

4.6.7	Teilflächenspezifische Düngung (M30)	69
4.7.	Wirtschaftsdünger	70
4.7.1	Wirtschaftsdüngermanagement im Betrieb (Stall, Lagerung) (M31)	70
4.7.2	Einsatz von Grundwasser schonender Ausbringungstechnik für Gülle und Gärsubstrate (M32)	71
4.7.3	Einsatz Grundwasser schonender Ausbringungstechnik für Festmist (M33)	72
4.7.4	keine Wirtschaftsdüngerausbringung nach Ernte (M34)	73
4.7.5	Verlängerung der Sperrfristen für Wirtschaftsdünger (M35)	74
4.7.6	Wirtschaftsdüngerexport (M36)	75
4.7.7	N-reduzierte Fütterung bei Schweinen (M37)	76
4.7.8	N-reduzierte Fütterung bei Geflügel (M38)	77
4.8	Landnutzungsänderung	78
4.8.1	Umwandlung von Ackerland in Grünland / mehrjährige Feldgrasbewirtschaftung (>4 Jahre) (M39)	78
4.8.2	Schaffung von (Ufer)Randstreifen (M40)	79
4.9	Wasserbau	80
4.9.1	Baumaßnahmen am Gewässerufer zur Reduzierung des Oberflächenabflusses in Vorfluter (M41)	80
4.9.2	Rückbau von Drainagen (M42)	81
4.9.3	Wiedervernässung von Auen (M43)	82
4.9.4	Wiedervernässung von Anmooren und Mooren (M44)	83
4.10	Betriebs-/Produktionssystem	84
4.10.1	Ökologischer Landbau (M45)	84
4.11	Düngemanagement	85
4.11.1	Düngeplanung (M46)	85
4.11.2	Frühjahrs-N _{min} -Analyse zur Unterstützung der Düngeplanung (M47)	86
4.11.3	Pflanzenanalysen zur Unterstützung der vegetationsbegleitenden Düngeplanung (M48)	87
4.11.4	Wirtschaftsdünger-Analysen zur Unterstützung der Düngeplanung (M49)	88
4.12	Maßnahmenvorschläge seitens der Experten	89
5	Maßnahmenranking und Maßnahmenkombinationen	90
5.1	Kostenwirksamkeit	90
5.2	Maßnahmenranking	92
5.3	Maßnahmenkombinationen	98
5.3.1	Vorgehensweise bei der Analyse von Maßnahmenkombinationen	99

5.3.2	Ausgewählte Maßnahmenkombinationen und ihre Wasserschutzwirkung	102
6	Ergänzende statistische Auswertungen zur Wirksamkeit von Wasserschutz- und Agrarumweltmaßnahmen	105
6.1	Analyse der Schutzwirkung niedersächsischer Wasserschutzmaß- nahmen mit Hilfe statistischer Auswertungen von Herbst-N _{min} -Werten	105
6.2	Analysen zur Wirksamkeit von Agrarumweltzahlungen auf die Senkung von N-Salden	109
7	Analyse der Agrar- und Flächenstatistik in den Boden-Klima-Räumen zur Ableitung von Umsetzungspotenzialen	110
8	Diskussion politischer Instrumente zur Umsetzung der Wasserrahmen- richtlinie im Bereich Landwirtschaft	114
8.1	Zuordnung von Instrumenten und „policy mix“	114
8.2	Aktionsparameter für die Ausgestaltung von Umweltpolitiken und Kosten	115
8.3	Ordnungsrecht	117
8.4	Planungsinstrumente	120
8.5	Förderpolitische Instrumente	120
8.6	Andere fiskalische Instrumente	122
8.7	Informatorische Instrumente	122
8.8	Organisatorische Instrumente	123
8.9	Ökonomische Instrumente	123
8.9.1	Quoten und Zertifikat	123
8.9.2	Stickstoffsteuer	124
8.9.3	Umweltabgabe	125
8.10	Verwaltungs- und Kontrollkosten	126
9	Schlussfolgerungen und Ausblick	129
	Literatur	134
	Anhang 1: Maßnahmenkombinationen	139
	Anhang 2: Charakterisierung der Landwirtschaft in den Boden-Klima-Räumen	147

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Schematische Darstellung der Bearbeitungsschritte	15
Abbildung 2: Indikatoren des Stickstoffumsatzes	31
Abbildung 3: Typischer Zeitverlauf der Mineralstickstoff-Gehalte im Boden und optimale Positionierung der Herbst-N _{min} -Beprobung	33
Abbildung 4: Kostenwirksamkeiten der N-Minderung beim N-Saldo und beim Herbst-N _{min}	91
Abbildung 5: Box-Whisker-Plot der gemessenen N _{min} -Werte von 1996 bis 2006	107

Kartenverzeichnis

	Seite
Karte A2.1: Bodenwertzahlen (Schätzwerte für die Ackerzahl auf Grundlage der BÜK1000 für Deutschland)	149
Karte A2.2: Verteilung der langjährigen Mittelwerte des Jahresniederschlags	150
Karte A2.3: Abgrenzung der Boden-Klima-Räume	152

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Auswertungsschema der Literaturanalyse zu Wirkungen von Maßnahmen zur Verringerung des N-Austrags auf Erträge, Umwelt und Produktionskosten	18
Tabelle 2: Maßnahmenkategorien	28
Tabelle 3: Bilanzglieder der Einzelschlagbilanz	32
Tabelle 4: Bilanzglieder der Hoftorbilanz	32
Tabelle 5: Liste technisch-organisatorischer Maßnahmen für die Maßnahmenanalyse	38
Tabelle 6: Übersicht über die Kostenwirksamkeit und Eignungsbewertung der 49 ausgewählten Maßnahmen	93
Tabelle 7: Ergebnis der Paarvergleiche zur Maßnahmenwirkung (Maßnahmengruppen und Schichtungsbeispiele für einen Mit-/Ohne-Vergleich) und die Berechnung der Kostenwirksamkeit	108
Tabelle A1.1: Maßnahmenkombinationen der 49 ausgewählten Maßnahmen	141
Tabelle A2.1: Benennung und Zuordnung der Boden-Klima-Räume	151
Tabelle A2.2: Charakterisierung der Flächennutzungen in den Boden-Klima-Räumen	153
Tabelle A2.3: Charakterisierung der Ackernutzungen in den Boden-Klima-Räumen	154
Tabelle A2.4: Charakterisierung der Tierhaltung in den Boden-Klima-Räumen	155
Tabelle A2.5: Charakterisierung der Betriebsformen in den Boden-Klima-Räumen	156

Vorwort

Zur Entstehung des vorliegenden Berichts haben viele Einzelpersonen und Institutionen beigetragen, denen an dieser Stelle gedankt sei. Der Dank der Autoren gilt zuerst der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), die durch die Förderung aus dem Länderfinanzierungsprogramm „Wasser, Boden und Abfall“ das Forschungsvorhaben ermöglicht hat. Die inhaltliche Arbeit wurde durch einen Projekt begleitenden Arbeitskreis unterstützt. Den Mitgliedern des Arbeitskreises gebührt unser Dank für die konstruktive Diskussion der Methoden und Zwischenergebnisse und die Durchsicht von vorläufigen Ergebnissen. Dieser Einsatz hat wesentlich zur Strukturierung und Verbesserung des Berichts beigetragen.

Bei der Recherche von Wasserschutzmaßnahmen und ihren Wirkungen haben uns eine Reihe von Wissenschaftlern, Behördenvertretern und Beratern Quellen verfügbar gemacht oder auf Literatur hingewiesen und dadurch die Breite und Aktualität unserer Literaturrecherche verbessert. Die Überprüfung der Maßnahmenblätter erfolgte mit Hilfe von Experten, die trotz des Umfangs der an sie herangetragenen Bewertungsaufgabe und neben ihren sonstigen Tätigkeiten die Zeit gefunden haben, eine umfangreiche Validierung vorzunehmen und dem Projekt zur Verfügung zu stellen. Allen beteiligten Experten sei für diese Unterstützung an dieser Stelle noch einmal herzlich gedankt. Ein Dank geht auch an die Mitarbeiter der Biologischen Bundesanstalt für die Bereitstellung von Unterlagen und Karten zur Abgrenzung von Boden-Klima-Räumen.

Bewährt hat sich die Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Ländliche Räume der FAL mit seiner wissenschaftlichen Erfahrung auf dem Gebiet der Agrarumweltpolitik, und dem Ingenieurbüro INGUS, das auf langjährige praktische Erfahrung im Wasserschutz zurückblicken kann. So wurde im Rahmen des Pilotvorhabens „Große Aue II“ eine der ersten systematischen Bewertungen von Wasserschutzmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen vorgenommen (Antony und Lagemann-Kohnhorst, 2003), die einen wichtigen Ausgangspunkt für den vorliegenden Bericht darstellt.

Dank gilt schließlich auch den Kolleginnen und Kollegen aus anderen Wasserschutzprojekten, die zeitgleich am Institut für Ländliche Räume der FAL bearbeitet werden und durch die Zusammenarbeit Synergieeffekte freigesetzt haben, die erheblich zur Fundierung des Berichts beigetragen haben. Es handelt sich dabei um das EU-LIFE-Vorhaben „Water Resources Management in Cooperation with Agriculture“ (Kurztitel: WAgriCo; LIFE05 ENV/D/000182) sowie das Bund-Länder-Vorhaben „Analyse von Agrar- und Umweltmaßnahmen im Bereich des landwirtschaftlichen Gewässerschutzes vor dem Hintergrund der EU-Wasserrahmenrichtlinie in der Flussgebietseinheit Weser“ (AGRUM-Weser).

Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht, der durch die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) in Auftrag gegeben wurde, werden Informationen zu technisch-organisatorischen Maßnahmen zur Reduzierung der Stickstoffausträge aus der Landwirtschaft systematisch aufbereitet. Die Maßnahmenbeschreibungen sollen als Informationsgrundlage für die bis 2009 zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) aufzustellenden Maßnahmenpläne für den Bereich Landwirtschaft dienen. Bekannte Wasserschutzmaßnahmen, die zur Verringerung des Stickstoffeintrags in Grund- und Oberflächengewässer beitragen, werden hierfür in Hinblick auf ihre ökologische Wirksamkeit, Kosten und Umsetzbarkeit dargestellt und bewertet.

Die Indikatoren zur Bewertung der ökologischen Wirksamkeit betrachten die Stickstoffemission und liegen somit möglichst nahe an der landwirtschaftlichen Produktion. Betrachtet werden N-Bilanz, Herbst-N_{min} und N-Fracht im Sickerwasser. Bei den politischen Instrumenten zur Umsetzung technisch-organisatorischer Maßnahmen liegt der Schwerpunkt des Berichts auf freiwilligen Maßnahmen, die über die Referenz der „guten fachlichen Praxis“ in der Landwirtschaft hinausgehen und somit honorierungsfähig sind.

Die Analyse zu kosteneffizienten Maßnahmen und ihrer Kombinierbarkeit baut zunächst auf einer Literaturrecherche auf, die quantitativ belegte Erkenntnisse bezüglich der Umweltwirkungen aus Wissenschaft, Forschung und Evaluierung zusammengetragen hat. Diese wurde um konkrete Erfahrungen aus Wasserschutzkooperationen ergänzt. Außerdem wurden bestehende Maßnahmen in Hinblick auf bisher übliche Prämien und Entgelte ausgewertet. Die in einer relativ engen Bandbreite liegenden Geldbeträge dienen als Näherungswerte für die tatsächlichen einzelbetrieblichen Kosten, die kompensiert werden müssen, um eine ausreichende Akzeptanz bei freiwilliger Umsetzung zu erzielen. Bezüglich der Schutzwirkung der Maßnahmen bestehen u. a. wegen der komplexen Wirkungszusammenhänge beim Stickstoffumsatz und der Abhängigkeit von betrieblichen und naturräumlichen Bedingungen größere Variationsbreiten und damit verbunden entsprechende Unsicherheiten. Zur Absicherung der Literaturaussagen und um verbleibende Informationslücken zu schließen, wurde auf Grundlage der Zwischenergebnisse eine Befragung von Wasserschutzexperten durchgeführt.

Die technisch-organisatorischen Maßnahmen zur Nitratreduktion werden unter Verwendung eines einheitlichen Bewertungsschemas systematisch dargestellt. Neben einer detaillierten Maßnahmenbeschreibung erfolgt eine qualitative Eignungsbewertung der einzelnen Maßnahmen in Abhängigkeit von Boden/Klima, Betriebsspezialisierung und Flächennutzung. Insgesamt 49 Maßnahmen werden in identisch aufgebauten Maßnahmenblättern von jeweils einer DIN A4 Seite beschrieben. Die Maßnahmendefinitionen stellen einen Kompromiss zwischen bisherigen praktischen Erfahrungen mit Agrarumweltmaßnahmen, der

Prüffähigkeit und Akzeptanz sowie dem Wunsch einer Qualifizierung im Sinne des Wasserschutzes dar. Die Mehrheit der beschriebenen Maßnahmen können als handlungsorientierte Agrarumweltmaßnahmen angeboten werden. Für das mit Hilfe der drei Indikatoren N-Bilanz, Herbst- N_{\min} und N-Fracht beschriebene N-Minderungspotenzial und das Entgelt wird neben einem Mittelwert auch eine Bandbreite für die betrachteten Maßnahmen benannt. Die aus dem Verhältnis Entgelt zu N-Minderung berechneten Kostenwirksamkeiten können als Näherungswerte für eine gezielte Lenkung von Fördermaßnahmen unter Berücksichtigung betrieblicher und standörtlicher Kriterien dienen.

Auf Basis der in den Maßnahmenblättern ermittelten Kostenwirksamkeiten für die Erfolgsparameter N-Saldo, Herbst- N_{\min} und N-Fracht wurde ein Vergleich der Wasserschutzmaßnahmen vorgenommen. In Kombination mit der Eignungsbewertung hinsichtlich Standort, Betriebstyp und Flächennutzung und den daraus abgeleiteten Umsetzungspotenzialen lassen sich mit Hilfe von Rankings kostenwirksame Maßnahmen identifizieren. Darauf aufbauend werden im Bericht mögliche Maßnahmenkombinationen vorgestellt. Zukünftige Herausforderungen sind:

- die Ergänzung der auf Basis der betriebswirtschaftlichen Kosten ermittelten Entgelte um öffentliche Verwaltungs- und Kontrollkosten, und
- die Erweiterung des bisherigen Bewertungsrahmens ökologischer Wirkungen zum Stickstoff um andere Umweltwirkungen und Synergieeffekte.

Der Bericht liefert hierzu eine erste Grundlage.

Durch den Bezug zu Boden-Klima-Räumen kann die Auswahl von Maßnahmen mit hoher Kostenwirksamkeit und ausreichendem Umsetzungspotenzial erleichtert werden.

Ergänzend zur Literaturanalyse und der Expertenbefragung werden Ergebnisse statistischer Wirkungsanalysen vorgestellt. Für Maßnahmen, die auf eine unmittelbare Minderung der Nitrat-Auswaschung auf Einzelschlag-Basis zielen (Indikator: Herbst- N_{\min}), konnten statistisch signifikante Wirkungen nachgewiesen werden. Auch die Analyse einzelbetrieblicher Buchführungsdaten zeigte signifikante Unterschiede der N-Bilanzüberschüsse in Abhängigkeit von der Agrarumweltförderung.

Zur Umsetzung von Wasserschutzmaßnahmen kommen unterschiedliche politische Instrumente zum Einsatz, die im Bericht kurz charakterisiert werden. Es wird auf die Bedeutung eines „policy mix“ hingewiesen, denn insbesondere für komplexe Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen ist eine Umsetzung nur mit Hilfe von handlungsorientierten Agrarumweltmaßnahmen ungeeignet. Die Bildung von Paketen von Wasserschutzmaßnahmen, die durch Beratungsangebote flankiert werden, und die Lenkung von Fördermaßnahmen auf Zielflächen und in Betriebe mit potenziell höherer Wirksamkeit können zur Steigerung der Kosteneffizienz beitragen.

1 Problemstellung und Zielsetzung

Bis Ende 2009 sind im Rahmen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) konkrete Bewirtschaftungspläne für die einzelnen Flussgebietseinheiten aufzustellen, die unter anderem Maßnahmenprogramme zum Schutz der Gewässer enthalten (Interwies et al., 2004). Diffuse Einträge von Stickstoff aus landwirtschaftlichen Quellen stellen in Hinblick auf die Erreichung der Qualitätsziele der WRRL und der damit verbundenen Kosten in Deutschland die größte Herausforderung dar. Um bei der Maßnahmenplanung eine kosteneffiziente Vorgehensweise gewährleisten zu können, sind Maßnahmenoptionen systematisch auf Wasserschutzwirkungen und Kosten der Umsetzung zu prüfen. Dazu soll der vorliegende Bericht eine erste Grundlage bieten.

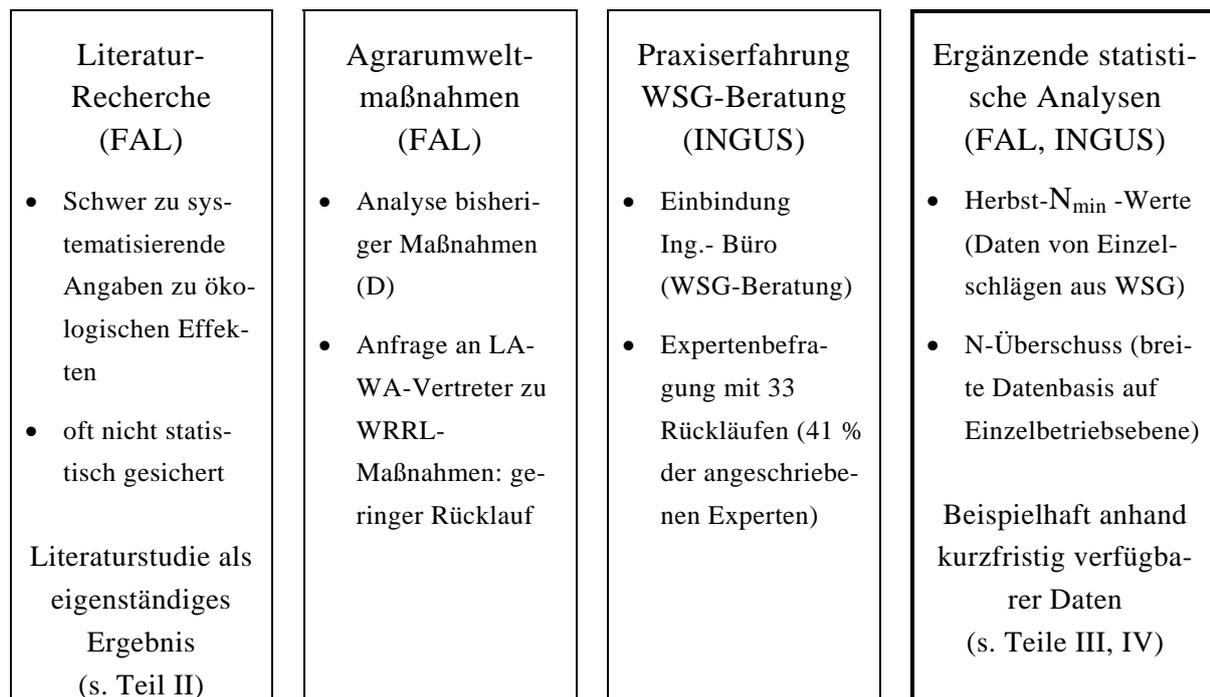
Ziel des vorliegenden Berichts ist es, bekannte technisch-organisatorische Maßnahmen in der Landwirtschaft zur Verringerung des Stickstoffeintrags in Grund- und Oberflächengewässer in Hinblick auf ihre Wirksamkeit und Kosten darzustellen und zu bewerten. Dabei soll die Darstellung soweit möglich nach Standortmerkmalen differenziert werden. Die in diesem Projekt gewählte Vorgehensweise erfolgte in Anlehnung an die CIS-Empfehlungen zur Umsetzung der WRRL 'Step 3 – Identifying Measures and Economic Impact' (European Commission, 2003). Bezüglich der politischen Instrumente zur Umsetzung technisch-organisatorischer Maßnahmen liegt der Schwerpunkt auf freiwilligen Maßnahmen, die über die Referenz der „guten fachlichen Praxis“ in der Landwirtschaft hinausgehen.

In dem zeitlich begrenzten Vorhaben soll nicht der Anspruch erhoben werden, Stickstoffflüsse, Festlegungs- und Freisetzungsprozesse im System Boden-Pflanze, Immissionen in Grund- und Oberflächenwasser sowie N_2 , N_2O und NH_3 -Verluste vollständig und in tiefer regionaler Differenzierung darzustellen. Dies würde eine komplexe, interdisziplinäre Modellierung erfordern. Die Indikatoren der ökologischen Wirksamkeit der zu analysierenden Wasserschutzmaßnahmen werden daher möglichst nah an der landwirtschaftlichen Emission von Stickstoff angesiedelt.

2 Vorgehensweise

Vor dem Hintergrund der Anforderungen aus der Wasserrahmenrichtlinie (vgl. u. a. Interwies et al., 2004; Interwies und Kraemer, 2001 und Lange et al., 2006) und aufbauend auf Überblicksarbeiten zu Wasserschutz orientierter Landbewirtschaftung (vgl. Frede und Dabbert, 1998; LAWA, 2000; NLÖ, 2001a und Böhm et al., 2001) setzt die vorliegende Studie an der Schnittstelle zwischen Theorie und Praxis an. Die Analyse zu kosteneffizienten Maßnahmen und ihrer Kombinierbarkeit baut auf einer Literaturrecherche auf, um quantitativ belegte Erkenntnisse aus Wissenschaft, Forschung, Evaluierung und Wasserschutzkooperationen insbesondere bezüglich der Umweltwirkungen von Wasserschutzmaßnahmen zusammenzuführen. Zur Absicherung der Aussagen und um verbleibende Informationslücken zu schließen wurden Wasserschutz-Experten in dieses Projekt einbezogen. Weiterhin wurden Agrarumweltmaßnahmen in Hinblick auf bisher übliche Entgelte ausgewertet. Zusätzlich wurden statistische Analysen durchgeführt, um Beispiele für mögliche, systematische Auswertungen für die Wirkungsanalyse zu geben.

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Bearbeitungsschritte



Zusammenfassung und Systematisierung
Maßnahmenkatalog mit 49 Maßnahmenblättern als Ergebnis

2.1 Abgrenzung zwischen technisch-organisatorischen Maßnahmen und politischen Instrumenten

In der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, Richtlinie 2000/60/EG) wird der Begriff „Maßnahme“ sehr umfassend genutzt und beinhaltet die gesamte Palette der für den Wasserschutz relevanten Verhaltensweisen und Umsetzungsmöglichkeiten. Im Rahmen dieses Projektes werden vorrangig technisch-organisatorische Maßnahmen betrachtet, die auf Einzelbetriebsebene umsetzbar sind und die dazu geeignet sind, Stickstoffbelastungen im Grundwasser und in den Oberflächengewässern zu reduzieren. Entsprechend konzentrieren sich die Projektanalysen auf technisch-organisatorischen Maßnahmen. In der Untersuchung stehen dabei Maßnahmen im Mittelpunkt, die durch ein angepasstes Betriebsmanagement bzw. eine angepasste Flächenbewirtschaftung zu einer Reduzierung von Stickstoffeinträgen aus der Landwirtschaft beitragen. Davon zu unterscheiden ist der Einsatz politischer Instrumente, die zur Umsetzung von technisch-organisatorischen Wasserschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft beitragen. Um eine klare Abgrenzung zwischen den beiden Ebenen technisch-organisatorische, meist einzelbetrieblich umgesetzte Maßnahmen und Einsatz politischer Instrumente zu wahren, soll der Begriff „Maßnahmen“ im vorliegenden Bericht dem technisch-organisatorischen Bereich vorbehalten bleiben. Es wird darauf hingewiesen, dass in der Wasserrahmenrichtlinie keine entsprechende Abgrenzung vorgenommen wird. Die in Artikel 11 zum Maßnahmenprogramm sowie im Teil VI genannten grundlegenden und weiterführenden Maßnahmen beziehen sich mehrheitlich auf den Einsatz politischer Instrumente und nicht auf technische Maßnahmen.

2.2 Literaturanalyse

Die Literaturanalyse bezieht sich einerseits auf öffentlich zugängliche Quellen, andererseits auf unveröffentlichte Studien und Projektberichte, die für die Auswertung freigegeben und daher zitierfähig sind. Vortragsunterlagen und Skripte ohne Autorenangabe und Jahreszahl wurden nicht ausgewertet, flossen aber ggf. in die Einschätzungen durch Experten ein.

Kriterien für die Auswahl auszuwertender Literaturauswahl sind:

- Untersuchte Maßnahmen oder Versuchsanstellungen lassen sich den betrachteten Wasserschutzmaßnahmen zuordnen.
- Untersuchte Faktoren sind ebenso wie Rahmenbedingungen (z. B. Angaben zu Standort, Klima, Fruchtfolge) hinreichend beschrieben.
- Vorliegende Beschreibung einer Referenz („konventioneller Landbau“), die als Vergleichsgröße herangezogen wird bzw. werden kann („Vorher-/Nachher“- oder „Mit-/Ohne“-Vergleich) und die den Praxisbedingungen in der deutschen Landwirtschaft möglichst nahe kommen sollte.

- Vorhandensein von quantitativen Angaben zur ökologischen Wirksamkeit (Änderung des N-Überschusses oder der N-Fracht im Sickerwasser) unter Angabe der Indikatorendefinition, sowie zu Ertrag und Kosten.
- Soweit möglich eine statistische Überprüfung im „Vorher-/ Nachher“- oder „Mit-/ Ohne“-Vergleich

Zur Aufnahme und Bewertung der Literatur wurde das Literaturdatenbank-Programm Reference Manager, Professional Network Edition, Version 10 verwendet. Es ermöglicht die zeitgleiche Eingabe von Literatur durch mehrere Nutzer. Die Datenbank wurde für die projektübergreifenden Bedürfnisse einer Dokumentation angepasst (vgl. Tabelle 1). Neben der Eingabe der nötigen bibliographischen Angaben ist eine differenzierte Darstellung der wichtigsten Inhalte der Quellen in eigenen Eingabefeldern sichergestellt, von der Versuchsanlage über die Erträge hin zu Umweltwirkungen und Kosten. Darüber hinaus wurden jeweils eine Zusammenfassung („Abstract“) und Stichwörter („Keywords“) eingegeben. Die Ausgabe der Quellen ist im gewünschten Textformat möglich und soll für den ausführlichen Nachweis der Wirkung von Maßnahmen eingesetzt werden.

Die Literatursuche wurde in Kooperation mit fachnahen Projekten im Institut für ländliche Räume der FAL betrieben. Grundlage bildete eine Literaturrecherche zu Agrarumweltmaßnahmen, die Ende der 90er Jahre an der FAL durchgeführt wurde. Die Quellen für diese Analyse stammen aus der Literatursuche in großen Bibliotheken, Internet-Recherchen sowie Anschreiben an ca. 180 Wissenschaftler, vor allem landwirtschaftlicher Fakultäten und Forschungseinrichtungen. Es wurden Veröffentlichungen ab 1980 bis einschließlich 1999 aufgenommen, wobei es sich fast ausschließlich um deutschsprachige Quellen mit Bezug auf Deutschland und in wenigen Fällen auf die Schweiz und Österreich handelte.

Im aktuellen Vorhaben wurde innerhalb des Instituts für Ländliche Räume eng mit den folgenden zwei Projekten kooperiert, die ebenfalls Recherchen zu Maßnahmen nach WRRL durchführen:

- EU-LIFE-Vorhaben „Water Resources Management in Cooperation with Agriculture“ (Kurztitel: WAgriCo; LIFE05 ENV/D/000182): Das Projekt baut auf Vorprojekten zum Monitoring und zur Berechnung regionaler Bilanzen auf und soll die Umsetzung von Wasserschutzmaßnahmen erproben und qualifizieren, Schwerpunkt N-Emissionen in Grund- und Oberflächenwasser. Laufzeit 3 Jahre ab 10/2005. Weitere Informationen unter <http://www.wagrico.de>
- Bund-Länder-Vorhaben „Analyse von Agrar- und Umweltmaßnahmen im Bereich des landwirtschaftlichen Gewässerschutzes vor dem Hintergrund der EU-Wasserrahmenrichtlinie in der Flussgebietseinheit Weser“ (AGRUM-Weser): Projektschwerpunkt bildet die Modellierung diffuser und punktueller Emissionen von Stickstoff und Phos-

phat in Grund- und Oberflächenwasser. Laufzeit 3 Jahre ab 10/2005. Weitere Informationen unter http://arge-weser.de/pilotprojekte_fge.html

Tabelle 1: Auswertungsschema der Literaturanalyse zu Wirkungen von Maßnahmen zur Verringerung des N-Austrags auf Erträge, Umwelt und Produktionskosten

1	Studie / Veröffentlichung	Autoren, Jahr, Titel, Ort, Verlag; Reihe, Jahrgang, Seite.
2	Standort / Fruchtart	Hier sind Untersuchungsmethoden zu beschreiben, z. B. Versuchsanstellung, -dauer sowie Besonderheiten (z. B. Klimaeinfluss) bzw. Befragungen, Betriebserhebungen, sowie die Aspekte Standort, Fruchtart/ Fruchtfolge bzw. Flächennutzung.
3	Faktoreinsatz / Auflage	Beschreibung des Faktoreinsatzes (Düngung, Pflanzenschutz, Maschinen, Arbeit) der Extensiv- und der („konventionellen“) Referenzvarianten; Beschreibung der jeweiligen Managementmaßnahmen.
4	Ertrag	Beschreibung der Ertrags- und Qualitätswirkungen in den Versuchsvarianten in naturalen und/oder prozentualen Größen (wenn vorhanden, sollten auch Varianzen der Ertragswerte angegeben werden; bei langjährigen Versuchen ggf. die durchschnittlichen Abweichungen in den letzten 2-3 Jahren darstellen).
5	Umweltwirkungen	Wirkungen der Wasserschutzmaßnahmen im Vergleich zur Referenzvariante, unterteilt nach N-Bilanzsaldo, (ggf. unterteilt in einzelne Bilanzglieder), N-Auswaschung ins Grund- oder Oberflächenwasser, N_{\min} -Messungen etc..
6	Produktionskosten / Einkommen	Vergleich einzelner Kosten (z. B. Dünger, Pflanzenschutz, Maschinen, Arbeit) und Wirkungen auf Deckungsbeitrag bzw. Einkommen; Beschreibung von Anpassungsmaßnahmen und deren Kosten.
7	Schlussfolgerungen / Sonstiges	Wichtige Resultate, Bewertungen; sonstige Anmerkungen.

Quelle: Eigene Darstellung.

2.2.1 Recherche öffentlich zugänglicher Quellen

In Bibliothekskatalogen, in Forschungsinstituten, in Fachdatenbanken (CAB-Abstracts, ELFIS etc.) und im Internet wurde nach öffentlich zugänglicher bibliographisch dokumentierter Literatur gesucht. Aufbauend auf die Literaturrecherche vorangegangener Projekte konzentrierte sich die Recherche für dieses Projekt im wesentlichen auf die Jahre ab 1999. Auch das im folgenden Abschnitt 2.2.2 beschriebene Anschreiben an Experten führte zu weiteren Hinweisen auf veröffentlichte Quellen und damit zur Schließung verbleibender Lücken. Die Kooperation mit Projekten ähnlicher Aufgabenstellung im Hause ermöglicht weiteren Literaturtausch. Da auch Artikel mit konkreten Untersuchungsergebnissen aus landwirtschaftlichen Wochen- und Monatsblättern ausgewertet werden, die einzelnen Artikel aber nicht in Literaturdatenbanken abgelegt sind, wurden an der FAL verfügbare Zeitschriften ab dem Jahr 1999 per Hand ausgewertet.

2.2.2 Recherche unveröffentlichter Quellen

Schriftliche Anfrage über die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser

Eine schriftliche Anfrage wurde am 5. 7. 2006 an die LAWA-Vertreter über den Projektbetreuer des Vorhabens, Herrn Böhme weitergeleitet. Bei der 51. Sitzung der LAWA-AG am 22.11.2006 wurden die LAWA-Vertreter erneut gebeten, Hinweise auf Literatur und Projekte zur Wirksamkeit von Wasserschutzmaßnahmen und auf den Stand der Maßnahmenplanung im Bereich Landwirtschaft zur Umsetzung der WRRL zu geben. Die folgende Aufzählung enthält die Länder, die sich bisher mit Informationen zu Wasserschutzmaßnahmen an die FAL zurückgemeldet haben, sowie die stichwortartige Zusammenfassung der erhaltenen Quellen und Hinweise:

- Bayern, Umweltministerium: Maßnahmenprogramm Bayern, erste Überlegungen (2006); Kosteneffizienz-Analyse nach WRRL: Auswertung der Erfahrungen aus Pilotprojekten auf Einzugsgebietsebene (2006); Handbuch zur Kosteneffizienz-Analyse und Grundwassersanierungskonzept Unterfranken (2003); Kosteneffizienz-Analyse für Wassereinzugsgebiete der EU-Länder (noch nicht veröffentlicht).
- Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Wiesbaden, Referat III 7 "Grundwasser, Wasserversorgung": Bericht von Bach et al. (2006): „Evaluierung der Kooperationen zwischen Land- und Wasserwirtschaft in Hessen“. Hinweis auf die hessischen Pilotprojekte „Emsbach“ und „Modau“.
- Mecklenburg-Vorpommern, Umweltministerium: Referendararbeit „Darstellung von Maßnahmen und Handlungsoptionen für die Ausarbeitung der Bewirtschaftungspläne in Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in M.-V.“.
- Niedersachsen, Umweltministerium: 2 Literaturhinweise zu N-Quote/N-Steuer, nicht veröffentlichte Papiere „Werkzeugkästen zur Auswahl der kosteneffektivsten Maßnahmen nach WRRL“ und zur ökonomischen Analyse von WRRL-Maßnahmen vom Februar 2006. Statusbericht des DVGW (2006) „N-Salden - Verbesserung der N-Emissionskontrollen“.
- Saarland: Ministerium für Umwelt (HMULV), Referat E/2 Wasser und Abwasser: Angabe eines „Links“ zur Information über saarländische Projekte: <http://www.uni-saarland.de/fak5/physgeo/>. Ein Ansprechpartner wurde benannt, der auf die Projekte unter o. g. „Link“ und das saarländische Pilotprojekt „WUNEF“ hinwies. Angekündigtes Informationsmaterial aus dem „Bereich Landwirtschaft“ schien nicht vorzuliegen.
- Sachsen, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft: Hinweise zu verschiedenen relevanten Projekten und Benennung von Ansprechpartnern. Kontinuierliche Kommentare und Informationen zur Maßnahmenplanung in Sachsen (Präambel: „Grundsätze für die Maßnahmenplanung und -umsetzung zur Reduzierung der diffusen Einträge von Stickstoff und Phosphor aus der Landwirtschaft“) bei der Umsetzung der

Wasserrahmenrichtlinie sowie Ergänzungs- und Korrekturvorschläge zum aktuellen Maßnahmenkatalog des Projektnehmers.

- Schleswig-Holstein, Umweltministerium: nicht veröffentlichtes Papier vom Oktober 2006 zur „Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Schleswig-Holstein. Vorgesehene Maßnahmen zur Reduzierung von diffusen Nährstoffeinträgen aus der Landwirtschaft in das Grundwasser.“
- Thüringen, MLNU: Hinweise zu verschiedenen relevanten Projekten und Benennung von Ansprechpartnern, Sendung von 2 Zwischenberichten zu Modellvorhaben in Thüringen.
- UBA (2004): „Evaluation of policy measures and methods to reduce diffuse water pollution“ und Publikation zu Betriebskosten wasserschonender Bewirtschaftung (Schultheiß, U. et al., 2006: Effects of water protection measures on the profitability of farms).

Aus anderen Ländern erhielten wir über diese Anfrage keine Rückmeldung

Schriftliche Anfrage an Experten

Am 7. September 2006 wurde eine schriftliche Anfrage an Forschungseinrichtungen und andere Institutionen, Landesbehörden bis Gebietskörperschaften (LUFA, Landesämtern, Landesanstalten, Kammern, ehemalige „Blaue Liste-Institute“ usw.) und weitere Körperschaften des öffentlichen Dienstes versendet. Bei der Adress-Recherche wurde zusätzlich der Bereich Tierernährung abgefragt, um auch Beiträge zum Einfluss (N-)reduzierter Fütterungsmaßnahmen auf den N-Anfall zu erhalten. Von den 180 angeschriebenen Institutionen und Personen haben 53 Institutionen bzw. Ansprechpartner geantwortet. Davon haben ca. 24 Literatur in Form von Veröffentlichungen, weniger in Form noch nicht veröffentlichter Papiere geschickt.

Weitere Anfragen wurden an persönlich bekannte Fachkollegen gerichtet und ergaben z. T. zusätzliche Quellenhinweise bzw. Weiterverweise an Institutionen. Eine Vorstellung des Projektes und Diskussion mit einer Arbeitsgruppe zur WRRL des Verbandes der Landwirtschaftskammern und des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) wurde von Herrn von Wulffen als LAWA-Vertreter Sachen-Anhalts angeregt und fand am 22. November 2006 statt.

2.3 Expertenbefragung zu recherchierten und systematisierten Maßnahmen

Mit dem Ziel einer übersichtlichen, leicht verständlichen Darstellung von Einzelmaßnahmen wurde im Rahmen des Projektes ein einheitlicher Aufbau von Projektblättern entwi-

ckelt. Diese komprimierte Darstellungsweise in Form einer Excel-Tabelle war Grundlage für die Expertenbefragung. Auf diese Weise war es möglich, die Ergebnisse der Literaturanalyse zu technisch-organisatorischen Maßnahmen durch Experten hinsichtlich zusammenfassender Aussagen zur Wirksamkeit von Maßnahmen zu überprüfen und Informationslücken zu schließen.

Zur gegenseitigen Abstimmung wurden die Maßnahmenblätter der technisch-organisatorischer Maßnahmen (siehe Kap. 4) an die Expertengruppe mit folgendem Anschreiben per E-mail versendet:

“...Beigefügt finden sie die Excel-Tabelle „NAME_Bewertung_Wasserschutzmaßnahmen“ mit 49 näher definierten und bewerteten Maßnahmen. Wir bitten Sie für diejenigen Maßnahmen, für die Ihnen Untersuchungsergebnisse oder Erfahrungswerte vorliegen, die Bewertungen zu überprüfen, zu kommentieren und zu ergänzen. Bitte tragen Sie Kommentare oder Neubewertungen direkt in die Excel-Formulare ein. Besondere Standort- und Betriebsverhältnisse konnten bisher nur sehr eingeschränkt berücksichtigt werden, da es sich um eine Zusammenstellung für ganz Deutschland handelt. Daher sind regionale Besonderheiten und Erfahrungswerte für uns von besonderem Interesse. Vom ersten Blatt „Massnahmenuebersicht“ aus können Sie über ‚Links‘ einzelne Maßnahmen gezielt ansteuern. Um den Bewertungsrahmen konsistent zu halten, finden Sie eine kurze Anleitung zur Maßnahmenbewertung mit Erklärung der verwendeten Kriterien als zweites Datenblatt in der Excel-Datei...“

Von den angeschriebenen 73 Experten (54 Institutionen) haben 30 Experten aus 18 Institutionen sowie zusätzlich 3 Experten mit Einzelhinweisen geantwortet. Es wurde ein Rücklauf von 41 % bei den Experten (33 % der Institutionen) erreicht.

Unter Berücksichtigung der Kommentare und ergänzten, teilweise auch korrigierten Zahlenwerte wurden die Maßnahmenblätter aktualisiert.

2.4 Kostenermittlung von Wasserschutzmaßnahmen

Für die Auswahl kosteneffizienter Maßnahmen gemäß WRRL und die Erstellung von Maßnahmenprogrammen ist es erforderlich, zunächst die betrieblichen Kosten von Einzelmaßnahmen abschätzen zu können, um in einem weiteren Schritt auch mögliche volkswirtschaftliche Kosten bei der Umsetzung ausgewählter Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen im Rahmen eines Maßnahmenprogramms zu ermitteln. Letzteres wird nur dann notwendig, wenn sich die Maßnahmenbewertung unter Einbeziehung der volkswirtschaftlichen Kosten stark verändern würde. In der WRRL wird gefordert, mögliche Maßnahmen zur Erreichung des gewünschten Zustands von Grund- und Oberflächengewässern hinsichtlich ihrer Kosteneffizienz zu untersuchen. Zum einen soll dies ermöglichen, kostengünstige Lösungen auf Ebene der Wassereinzugsgebiete herauszufiltern und mit Hilfe

von Maßnahmenprogrammen lokal umzusetzen, zum anderen bietet sich die Möglichkeit, Ausnahmetatbestände mit zu hohen Kosten argumentativ zu belegen. Ausnahmetatbestände bestehen dann, wenn der bis 2015 zu erreichende Zustand nicht zu diesem Zeitpunkt, sondern erst später erreicht wird, oder die Anforderungen hinsichtlich der Wasserqualität (Wasserquantität) gesenkt werden. Es gibt große Unsicherheiten bezüglich der volkswirtschaftlichen Kosten, da es hierfür erforderlich ist, den Nutzen des guten Zustands von Oberflächengewässern und des Grundwassers sowie nach Möglichkeit auch anderer Effekte mit einem Geldwert zu belegen, wofür es keine einheitlichen, allgemein anerkannten Verfahren gibt. Dagegen gibt es standardisierte Verfahren zur Bestimmung der betrieblichen Kosten von Maßnahmen, hierfür bieten sich z. B. die Deckungsbeitragsrechnung bzw. die Vollkostenrechnung an.

In diesem Projekt wird ausschließlich die Stickstoffproblematik im landwirtschaftlichen Sektor betrachtet, wobei sowohl die Einträge in das Medium Grundwasser als auch in Oberflächengewässer betrachtet werden (diffuse Stoffeinträge). Schwierigkeiten, die sich bei der Erstellung von Maßnahmenprogrammen für die Wasserkörper aus der parallelen Betrachtung unterschiedlicher Belastungsquellen und unterschiedlicher Akteure ergeben und eine entsprechend angepasste Vorgehensweise erfordern, sind nicht Bestandteil dieser Arbeit (vgl. hierzu u. a. Interwies et al., 2004; Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005).

Von großer Bedeutung ist die Frage, wer die Kosten für die Erreichung der Ziele der WRRL trägt. Grundsätzlich gilt das Verursacherprinzip (polluter-pays-principle). Gleichzeitig existiert heute in Deutschland das Prinzip der Wassernutzer-Kosten (Nutznießerprinzip). Während für Wasser, das genutzt wird, bereits das Nutznießerprinzip bzw. Verursacherprinzip angewandt wird und somit die Kosten der Ressourcennutzung (zumindest teilweise) internalisiert werden, ist bisher die Kostenfrage für das nicht genutzte Wasser (>90 %) noch nicht geklärt. Die diffusen Belastungen aus der Landwirtschaft betreffen jedoch größtenteils nicht genutztes Wasser, lediglich in Trinkwasserschutzgebieten und bei Feldberegnung liegen die landwirtschaftlichen Flächen im Einzugsgebiet von genutztem bzw. potenziell für die Nutzung vorgesehenem Wasser. Für Trinkwassergewinnungsgebiete liegen bereits langjährige Erfahrungen mit freiwilligen Vereinbarungen vor. Daher wurden die für die Einzelmaßnahmen angesetzten Kosten an die an Landwirte gezahlten Entgelte für Bewirtschaftungsbeschränkungen bzw. Mehrleistungen angelehnt, ergänzt durch Zahlungen für auf Landes- und Bundesebene angebotene Agrarumweltmaßnahmen zum Wasserschutz.

Diese Entgelte und Agrarumweltprämien wurden für durchschnittliche betriebliche Verhältnisse meist anhand von Deckungsbeitragsrechnungen ermittelt und decken bei Teilnahme mindestens die vom Betriebsleiter erwarteten Mehrkosten und Erlösrückgänge ab. Auf Betriebsebene geben die für die Agrarumweltmaßnahmen gezahlten Prämien (Entgelte) die Kosten einer umweltgerechteren Produktion daher gut wieder. Sie beinhalten sowohl Kostenkomponenten für den zusätzlichen Aufwand als auch Mindererlöse/Einkom-

mensverluste. Es ist stark abhängig von den einzelnen Maßnahmen, welcher dieser beiden Kostenkomponenten zum Tragen kommt. Für die Variabilität bei den Kosten ist dieses jedoch entscheidend. Während die Kosten auf Aufwandseite relativ stabil sind, sind die Erlösrückgänge zumeist betriebsindividuell sehr verschieden, da hier die Ertragserwartung der Standorte sowie die Viehdichte der einzelnen Betriebe einen deutlich stärkeren Einfluss haben. Als geeignetes Instrument, um Wasserschutzmaßnahmen hinsichtlich ihrer Kosteneffizienz auf Betriebsebene zu betrachten, bietet sich die Kosten-Wirksamkeitsanalyse an (vgl. auch CEA Drafting Group, 2006; ATV-DVWK, 2004).

Die Kostenwirksamkeit der hier ausgewählten 49 Maßnahmen wurde für die drei Wirkungsindikatoren N-Saldo, Herbst-N_{min} und N-Fracht im Sickerwasser jeweils einzeln ermittelt. Für welchen der drei Indikatoren die jeweils günstigste Kostenwirksamkeit erreicht wird, ist abhängig von der Hauptwirkungsweise der einzelnen Maßnahmen. Neben einem Durchschnittswert sind noch die Maxima und Minima angeben. Die Werte wurden folgendermaßen berechnet:

Durchschnittliche Kostenwirksamkeit [€/kg] = Mittel Entgelt [€/ha] / Mittel N-Minderung [kg N/ha]

Maximale Kostenwirksamkeit [€/kg] = minimales Entgelt [€/ha] / maximale N-Minderung [kg N/ha]

Minimale Kostenwirksamkeit [€/kg] = maximales Entgelt [€/ha] / minimale N-Minderung [kg N/ha]

Die Kostenwirksamkeit (Kosten geteilt durch Wirkung) erfordert eine gewisse Vorsicht bei der verbalen Bewertung und Interpretation: Eine „hohe“ Kostenwirksamkeit bedeutet eine hohe Wirksamkeit bei gegebenen Kosten (oder geringe Kosten bei gegebener Wirkung), also einen *geringen* Geldbetrag je Wirkungseinheit. Umgekehrt ist eine „geringe“ Kostenwirksamkeit entsprechend durch einen *hohen* Kostenbetrag je Wirkungseinheit gekennzeichnet. Um Verwirrungen zu vermeiden, wird im Folgenden bevorzugt von „günstigen“ (geringe Kosten je Wirkungseinheit) und „ungünstigen“ Kostenwirksamkeiten (hohe Kosten je Wirkungseinheit) gesprochen.

Der Bezug des Entgelts allein auf die N-Minderung führt dazu, dass Maßnahmen mit „multifunktionalen“ Wirkungen ungünstiger bewertet werden, da andere positive Wirkungen, z. B. auf den Bodenschutz und die Biodiversität, nicht berücksichtigt werden. In diesen Fällen wäre eine umfassende Kosten-Nutzen-Analyse notwendig. In diesem Bericht werden allerdings nur qualitative Aussagen bezüglich anderer Zielbeiträge getroffen. Umfassende volkswirtschaftliche Betrachtungen werden ebenfalls nicht vorgenommen.

Unter fiskalischen Kosten sind die Aufwendungen der öffentlichen Hand zur Implementierung, Förderung und Kontrolle von Maßnahmen zu verstehen. Sie umfassen neben den hier berücksichtigten Aufwendungen für Entgelte und Prämien auch die Verwaltungskosten für Umsetzung und Kontrolle. Zu fiskalischen Kosten finden sich weitere Hinweise im Kapitel 8.

2.5 Statistische Auswertungen zur Wasserschutzwirkung von Agrarumweltmaßnahmen und der Düngeverordnung

Agrarumweltförderung: Die im Rahmen dieses Projektes durchgeführte Literaturlauswertung hat gezeigt, dass zwar viele Untersuchungsergebnisse zur Wirkung der agrarischen Landnutzung auf die Gewässerqualität vorliegen, diese aber nur in den wenigsten Fällen quantitative, statistisch gesicherte Aussagen zum Wirkungsumfang einzelner Agrarumweltmaßnahmen unter Praxisbedingungen zulassen und oft auf sehr spezifische Fragestellungen bzw. Standorte fokussiert sind. Für eine (statistische) Auswertung sind die Untersuchungsobjekte zu heterogen, deshalb kaum vergleichbar und nur begrenzt auf die in diesem Projekt ausgewählten Maßnahmen übertragbar. Da das Zusammentragen von Veröffentlichungen über Wirkungen von Wasserschutzmaßnahmen nicht ausreichte, den quantitativen Bewertungsrahmen mit gesicherten, empirischen Erkenntnissen zu füllen, erhielt die Einschätzung von Wirkungen und die Expertenbefragung bei der Komplettierung der Maßnahmenblätter ein umso höheres Gewicht. Die so abgeleiteten Werte sind jedoch nicht als endgültige, abgesicherte Aussagen zur Maßnahmenwirkung anzusehen, sondern erfordern weitere Überprüfungen.

Vor diesem Hintergrund wurde nach Möglichkeiten gesucht, wie auf Grundlage von Masendaten statistische Wirkungsanalysen vorgenommen werden können. Die zwei daraufhin durchgeführten Analysen bauen auf kurzfristig verfügbaren Datensätzen auf und sollen Beispielcharakter haben, wie statistisch gesicherte Wirkungsnachweise geführt werden können. Einerseits sollte eine statistische Analyse von Herbst- N_{\min} -Werten die Wirkung von Einzelmaßnahmen wiedergeben (vgl. auch Teil III), und andererseits wurden Auswertungen auf Grundlage von Buchführungsabschlüssen durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen Agrarumweltzahlungen und N-Bilanzüberschüssen zu untersuchen (vgl. auch Teil IV). In Kapitel 6 sowie in den Teilen III und IV werden die Ergebnisse dieser Analysen vorgestellt.

Düngeverordnung¹: Umweltpolitische Standards („gute fachliche Praxis“) beschreiben die obligatorische Basislinie, über die Agrarumweltmaßnahmen mit freiwilliger Teilnahme hinausgehen müssen. Daher wurde die aktuelle Definition der „guten fachlichen Praxis“, insbesondere die Düngeverordnung in der neusten Fassung, in ihrer Wirkung auf dieses Referenzniveau untersucht (s. Kapitel 8.3 ‘Ordnungsrecht’ und Teil V dieses Sonderheftes).

¹ Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenschutzmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung – DüV) Bundesgesetzblatt 2007 Teil I Nr. 7, 5. März 2007 (S. 222-240)

3 Methoden zur Differenzierung und Bewertung von technisch-organisatorischen Maßnahmen

Auf Grundlage der Literaturanalyse und bisheriger Erfahrungen mit Agrarumweltmaßnahmen mit Wasserschutzwirkung wurden vom Projektnehmer technisch-organisatorische Maßnahmen ausgewählt, die geeignet sind, Stickstoffausträge ins Grundwasser und in die Oberflächengewässer zu reduzieren. Jede einzelne der ausgewählten Maßnahmen (insgesamt 49) wird unter Anwendung eines einheitlichen Schemas mit genau definierten Bewertungskriterien beschrieben und bewertet. Hierzu war es notwendig, die Bewertungskriterien so zu wählen, dass die Eignung der einzelnen Maßnahmen und die jeweiligen Besonderheiten deutlich werden, gleichzeitig aber auch ein schneller Überblick über die Vielzahl der Maßnahmen möglich bleibt. Der Aufbau der standardisierten Maßnahmenblätter, die pro Maßnahme eine DIN A4 Seite einnehmen, ist im folgenden Kapitel dargestellt. Die Maßnahmen sind in Abhängigkeit von ihrem jeweiligen Wirkungsansatz einzelnen Kategorien zugeordnet (vgl. Kap. 3.1). Wesentliche Komponenten für die Charakterisierung der Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wasserschutzsignung sind die Zuordnung zur jeweiligen Flächennutzung (Acker, Grünland, Dauerkultur und Gemüse), zu Boden-Klima-Räumen (vgl. Kap. 3.2) und zu Betriebsformen unter Berücksichtigung des Produktionsschwerpunktes und des Aufkommens an Wirtschaftsdünger (vgl. Kap. 3.3). Als Erfolgsp Parameter wurden mögliche Verbesserungen des N-Saldos, des Herbst-N_{min}-Wertes und der N-Auswaschungsfracht im Sickerwasser (kurz N-Fracht) betrachtet (vgl. Kap. 3.4).

3.1 Bewertungskriterien der Analyse von Wasserschutzmaßnahmen und Abgrenzung von Maßnahmenkategorien

3.1.1 In den Maßnahmenblättern berücksichtigte Bewertungskriterien

Im Folgenden werden die Kriterien benannt und erläutert, die für die Charakterisierung und Bewertung der einzelnen Maßnahmen herangezogen werden. Alle Maßnahmenblätter (vgl. Kapitel 4) sind diesem Muster entsprechend gleichförmig aufgebaut:

- Name der Maßnahme und Zuordnung zu Maßnahmengruppen: die einzelnen Maßnahmen sind chronologisch durchnummeriert (M1-M49) und nach den sie prägenden Aktivitäten benannt sowie einer von 12 Kategorien zugeordnet.
- Zielsetzung: Beschreibung der Zielsetzung aus Sicht des Wasserschutzes, wobei die Hauptwirkungsweisen der einzelnen Maßnahmen berücksichtigt werden. Hauptziele sind Reduzierung der N-Auswaschung, Reduzierung des N-Überschusses, Minderung der Mineralisierung sowie Reduzierung des oberflächigen Abflusses.
- Maßnahmenbeschreibung: Technische Beschreibung der für den Wasserschutz zentralen und vertragsmäßig einzuhaltenden Bewirtschaftungsbedingungen und Erläuterun-

gen als Begründung für die Bewirtschaftungsbedingungen, z. T. ergänzt durch Empfehlungen. *Die durchgeführte Wirkungs- und Kostenbewertung gilt nur für genau diese Maßnahmenbeschreibung.* Bereits kleine Änderungen der Bewirtschaftungsbedingungen können die Effektivität der Maßnahme deutlich verändern. Sind Bewirtschaftungsbedingungen für die Wirksamkeit einer Maßnahme bedeutsam, jedoch nicht oder nur schwer kontrollierbar, so wird eine Empfehlung ausgesprochen, deren Einhaltung die Maßnahmenwirkung bzw. die Wirkungssicherheit verbessert.

- Referenzsituation: Die Benennung der Referenz ohne Wasserschutzmaßnahme setzt den Bewertungsrahmen und ist Voraussetzung zur Wirkungsabschätzung, da die Maßnahmenwirksamkeit von der Ausgangssituation ohne Maßnahme abhängig ist
- Eignungsbewertung: Es erfolgt eine Bewertung der Eignung nach Boden-Klima-Raum, des Einflusses der Betriebsform auf die Wirksamkeit einer Maßnahme (unter Berücksichtigung des Anfalls an Wirtschaftsdüngern) und der Maßnahmeneignung nach Flächennutzungskategorien. Die fünfstufige Bewertung reicht von (+++) = sehr gut, wenn die Maßnahme einen hohen und sicheren Erfolg auf dem betreffenden Standort erwarten lässt, bis 'negativ (-)' wenn die Maßnahme kontraproduktiv wirkt. Dazwischen liegen 'gut (++)', 'mäßig (+)' und 'ungeeignet (0)'. Hat eine Maßnahme grundsätzlich nur geringe oder unsichere Wirkungen, wurde kein '+++' vergeben.

Die Grobeinteilung der Boden-Klima-Räume erfolgte in vier regionale Kategorien sowie für den Sondertypus Moorstandorte (vgl. Kap. 3.2.1). Bei den Betriebstypen erfolgte die Einteilung nach Betriebsform und Einsatz von Wirtschaftsdünger-N (in der Einheit kg/ha). Berücksichtigt wurden die Betriebsformen Marktfrucht (MF), Veredelung (VE) mit Schweine- und Geflügelhaltung und Futterbau (FB) mit Rindern, Schafen, (Pferden). Die betrachteten Flächennutzungskategorien sind Acker, Grünland, Dauerkultur und Gemüse. Betrachtete Dauerkulturen sind Obst, Wein und Hopfen. Gemüse beschränkt sich auf Feldgemüse.

Ein Textfeld ermöglicht eine Erläuterung der Flächeneignung, hier erfolgen eine ergänzende Charakterisierung der Maßnahme und die Benennung von Besonderheiten.

- Entgelt: Benannt wird eine Spanne der Entgeltzahlung pro Einheit und Jahr (je ha, in Ausnahmefällen andere Bezugseinheit: je Betrieb, je m³). Bei den Entgelten wurden Prämien (z. B. von Agrarumweltprogrammen und von freiwilligen Vereinbarungen in Trinkwassereinzugsgebieten) als Stellvertretergröße verwendet. Die Werte orientieren sich an zurückliegenden und aktuellen Zahlungen, zentrale Informationsquellen sind der GAK-Rahmenplan (BMELV, 2006), Richtlinien der Agrarumweltmaßnahmen aus den einzelnen Bundesländern sowie Hartmann et al. (2006) und Water4all (2006). Die genannten Entgelte berücksichtigen nicht die Neuprogrammierung und beinhalten daher zumeist eine Anreizkomponente. Sie geben nicht die betriebsindividuellen Kosten für eine Maßnahmenumsetzung wider, sondern sind durchschnittliche Werte. Die tatsächlichen Kosten können insbesondere bei Maßnahmen mit Anforderungen an die

Technik bzw. bei Wirkung auf den Ertrag betriebsabhängig deutlich von den ausgewiesenen Entgelten sowohl nach oben wie auch nach unten abweichen.

- Minderungspotenzial: Es wird für die jeweils günstigste Eignungskombination Standort – Betriebsform – Flächenutzung angegeben. Bezugseinheit ist im Regelfall kg N/ha und Jahr. Betrachtet werden drei Erfolgsparameter/ Indikatoren: Um wie viel kg N werden der N-Saldo, der Herbst- N_{\min} -Wert und die N-Fracht im Sickerwasser unterhalb der Wurzelzone durch die Maßnahme vermindert? Die N_{\min} -Messwerte sind als Summe von 0 bis 90 cm Bodentiefe angegeben. Die N-Auswaschung (Fracht) ist von den Herbst- N_{\min} -Werten für Böden mit einer Austauschhäufigkeit > 1 abgeleitet (ggf. Zu- oder Abschläge für Wirkungen auf N-Auswaschung über Winter/Frühjahr). Die Minderung gegenüber Situation "ohne Maßnahme" ist als positiver Wert ausgedrückt! Das benannte Mittel entspricht nicht einem statistischen Mittelwert, sondern basiert auf Literaturangaben, die durch Expertenwissen bestätigt, z. T. auch korrigiert wurden. Bei der Benennung der Minimal- und Maximal-Werte wurden extreme Abweichungen nach unten und oben nicht berücksichtigt.
- Kostenwirksamkeit: Auf Basis der benannten Entgelte und der Minderungspotenziale ist die Kostenwirksamkeit als Spanne berechnet. Der angegebene Minimalwert ist der Quotient aus maximaler Minderung bei minimalem Entgelt, der Maximalwert ist der Quotient aus minimaler Minderung und maximalen Entgelt. Bei Maßnahmen ohne Minderungspotenzial hinsichtlich einzelner Indikatoren, also solche mit Nullwert, wurde anstelle von „unendlich“ (Teilung durch Null) ein fiktiver Wert „9999“ ausgewiesen. Die Werte für die Kostenwirksamkeit sind Orientierungspunkte, die ein erstes Maßnahmenranking ermöglichen. Je breiter die Spanne bei der Kosten-Wirksamkeit, desto stärker beeinflussen Faktoren wie Standort, Betrieb und tatsächlicher Flächenutzung diese und umso größer ist die Unsicherheit bezüglich des benannten Mittelwerts.
- Umsetzbarkeit der Maßnahme: Drei Kriterien sind für die Umsetzbarkeit entscheidend: die Akzeptanz seitens der landwirtschaftlichen Betriebe, die Kontrollierbarkeit durch die Behörden und die Verwaltbarkeit der Maßnahme. Hohe Verwaltungskosten und eine Vielzahl zu überprüfender Bewirtschaftungsbedingungen wirken erschwerend hinsichtlich der Verwaltbarkeit.
- Sonstige ökologische Wirkungen: Berücksichtigt werden Klimaschutz, Landschafts- und Naturschutz sowie Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss. Obwohl die Maßnahmen vorrangig auf den Wasserschutz ausgerichtet sind, haben sie oft auch positive Nebeneffekte auf weitere Schutzgüter.
- Kommentare: Hier finden sich ergänzende Anmerkungen zur Bewertung der Maßnahme, Benennung von Einschränkungen, Erläuterungen (z. B. regionale Besonderheiten) sowie Hinweise von Seiten der befragten Experten.

3.1.2 Kategorien für die technisch-organisatorischen Maßnahmen

Zur Gruppierung der einzelnen Maßnahmen wurden folgende elf Kategorien gebildet:

Tabelle 2: Maßnahmenkategorien

Gruppe / Kategorie	Maßnahmen	Anzahl
(1) Begrünung	Zwischenfrucht, Untersaat, Brachebegrünung	8
(2) Fruchtfolge	Wechsel Sommerung/Winterung, Fruchtfolgepaare, Extensivkulturen, Maisensaat	6
(3) Aussaatverfahren	Maisensaat	1
(4) Bodenbearbeitung	Red. Bodenbearbeitung im Herbst, Mulch-, Direktsaat	5
(5) Grünland	Extensivierung, GWSchonende Grünlanderneuerung	3
(6) N-Mineraldüngung	Reduzierung, Zeitpunkt, stabilisierte Dünger, Exakt-Düngung.	7
(7) Wirtschaftsdünger	Betriebliche und schlagbezogene Maßnahmen (Stall/Lager / Fütterung + Ausbringung)	8
(8) Landnutzungsänderung	mehnjähriges Feldgras, Grünland-Erhalt	2
(9) Wasserbau	Wiedervernässung von Auen und Anmooren, Verhinderung Oberflächenabfluss	4
(10) Betriebs-/Produktionssystem	Ökologischer Landbau	1
(11) Düngemanagement	Düngeplanung, Analysen	4

Quelle: Eigene Darstellung:

- Begrünung: Maßnahmen, die eine Bodenbedeckung in einer sonst vegetationslosen Phase gewährleisten.
- Fruchtfolge: Anpassungen in der Kulturabfolge bzw. Kultur(Sorten)wahl, zur Verbesserung der Stickstoffausnutzung und Verringerung der N-Ausbringung
- Aussaatverfahren: Verändertes Anbauverfahren (bei Mais) zur gleichmäßigeren Verteilung der Pflanzen über die Fläche
- Bodenbearbeitung: Vermeidung der wendenden Bodenbearbeitung und Verlängerung der Bodenruhe zur Hemmung der N-Mineralisation

- Grünland: Maßnahmen zur Verringerung der Nutzungsintensität und zur Sicherung des Humusaufbaus im Oberboden
- N-Mineraldüngung: Maßnahmen zur Erhöhung der Düngungseffizienz bei Einsatz von Handelsdüngern
- Wirtschaftsdünger: Maßnahmen zur Erhöhung der Düngungseffizienz aus tierischen Ausscheidungen, Reduzierung der N-Fracht über organische Dünger
- Landnutzungsänderung: Maßnahmen mit langfristiger Wirkung, die grundlegende Anpassungen in der bisherigen Bewirtschaftung erfordern
- Wasserbau: Bauliche Maßnahmen auf und außerhalb landwirtschaftlicher Flächen, mit Wirkung auf die Flächennutzung
- Betriebs-/Produktionssystem: Umstellung der Anbaupraxis (Ökologischer Landbau)
- Düngemanagement: Planungs- und Analysemethoden zur Verbesserung der Düngereffizienz

3.2 Räumliche, klimatische und betriebliche Differenzierung

3.2.1 Boden-Klima-Räume in Deutschland

Zur Einordnung von Maßnahmen nach Eignung und Wirksamkeit wurde seitens der LAWA die Verwendung von Boden-Klima-Räumen (BKR) vorgeschlagen. Nach derzeitigem Stand wird die Einteilung anhand der Winterweizen-Ertragsregionen des Bundessortenamtes vorgenommen; Ergebnis sind 51 Gebiete, die auf Grundlage von Bodengüte und Niederschlagsverhältnissen abgegrenzt wurden. In Anhang 2 befinden sich die aktualisierten Gebietszuordnungen für die BKR, die am Institut für Folgenabschätzung im Pflanzenschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) erarbeitet wurden (vgl. Karte A2.3 und Tabelle A2.1).

Für die Angaben zur Maßnahmeneignung und Wirksamkeit werden vereinfachte Zuordnungen verwendet. Den Maßnahmenblättern (siehe Kap. 4) wird die folgende, grobe Einteilung nach Standort (Bodeneigenschaften) und Jahresniederschlag zugrunde gelegt:

- leicht, ≤ 600 mm
- leicht, ≥ 600 mm
- schwer, < 600 mm
- schwer, ≥ 600 mm
- Moorstandorte

Es erfolgte eine quantitative Abgrenzung der Flächenumfänge nach Boden-Klimaräumen. Rund 19 % der LF in Deutschland sind dem Standorttyp leicht mit Niederschlägen < 600 mm zugeordnet, 37,5 % befinden sich auf leichten Standorten mit höheren Niederschlägen, lediglich 4,6 % sind Standorte mit schweren Böden und geringen Niederschlägen und 39,1 % der LF liegen auf schweren Standorten mit Niederschlägen von 600 mm und mehr. In Deutschland liegen ca. 4 % der Ackerfläche auf Moorstandorten (vgl. Kap. 7).

3.2.2 Betriebstypen und Viehdichte

Die Einteilung der Betriebe erfolgt in Anlehnung an die Klassifikation der Betriebsformen nach EU-Betriebssystematik. Dabei wird in Hinblick auf die Fragestellung zusätzlich das Aufkommen an Stickstoff aus tierischen Ausscheidungen herangezogen.

Die Betriebsklassifikation wird wie folgt vorgenommen:

- Marktfrucht (MF) mit < 40 kg N/ha aus Wirtschaftsdüngern
- Veredelung (VE), 40-120 kg N/ha aus Wirtschaftsdüngern
- Veredelung (VE) >120 kg N/ha aus Wirtschaftsdüngern
- Futterbau (FB) mit 40-120 kg N/ha aus Wirtschaftsdüngern
- Futterbau (FB) mit >120 kg N/ha aus Wirtschaftsdüngern.

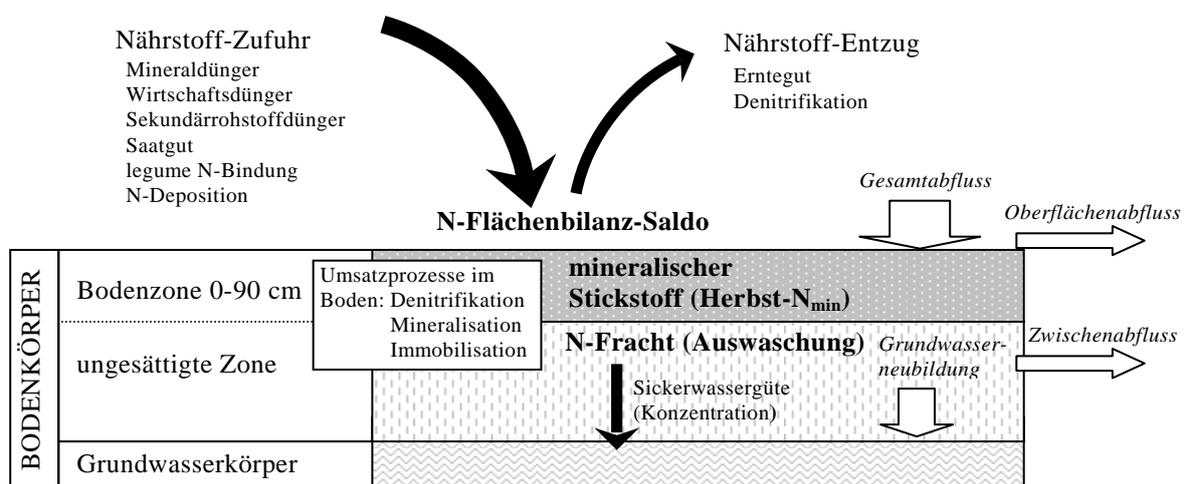
Der Kategorie Marktfrucht sind alle Betriebe zugeordnet, in denen weniger als 40 kg N/ha aus Wirtschaftsdüngern der eigenen Tierhaltung anfallen (brutto, also ohne Verlustabzüge berechnet anhand der tierischen Ausscheidungen) und die vorwiegend Ackerbau betreiben. Zu den Betrieben der Kategorie Veredelung zählen Betriebe mit einem Anfall von mindestens 40 kg N/ha aus Wirtschaftsdüngern, der vorwiegend aus der Schweine- und Geflügelhaltung stammt, und deren Flächennutzung durch Ackerbau bestimmt ist. Dem Futterbau sind die Betriebe mit Rindern, Schafen und Pferden mit mehr als 40 kg N/ha aus Wirtschaftsdüngern sowie Ackerbau und Grünlandnutzung zugeordnet.

Diese für das Projekt vereinbarte Einteilung weicht von der EU-Betriebssystematik ab, da nicht nach Standardbetriebseinkommen, sondern nach Merkmalen der Tierhaltung klassifiziert wird. Für Marktfrucht- und Futterbaubetriebe ergeben sich jedoch mit der EU-Betriebssystematik vergleichbare Einteilungen. Zu Abweichungen kommt es bei Betrieben mit geringerem Wirtschaftsdüngeraufkommen aus der Schweinehaltung, von denen viele nach EU-Betriebssystematik den Marktfrucht- oder Verbundbetrieben zugeordnet werden. Eine Charakterisierung der Betriebstypen nach durchschnittlicher Flächennutzung, Tierhaltung und N-Bilanzelementen findet sich in Teil V dieses Sonderheftes, Tabelle 7.

3.3 Beschreibung der Erfolgsparemeter (Indikatoren) und deren Wirkungsbereiche

Der Erfolg von Wasserschutzmaßnahmen im Bereich der Landwirtschaft kann sowohl rein rechnerisch, als auch durch Boden- und Sickerwasseranalysen untersucht werden (NLÖ, 2001b). Dabei können nicht alle Maßnahmen eine unmittelbare Verbesserung aller Parameter bewirken. Die unterschiedlichen Indikatoren ergänzen sich daher in ihrer Aussagekraft. Die wichtigsten Erfolgsparemeter sind der rechnerische N-Saldo, der gemessene Herbst-N_{min}-Wert, die rechnerische oder gemessene Sickerwassergüte und die errechnete N-Fracht im Sickerwasser. Die mögliche Verringerung des Saldos, des Herbst-N_{min}-Wertes und der Fracht wird in den 'Maßnahmenblättern' für alle Maßnahmen angegeben.

Abbildung 2: Indikatoren des Stickstoffumsatzes



Quelle: Eigene Darstellung.

3.3.1 Stickstoff-Saldo

Nährstoffbilanzen können für Einzelschläge, Betriebe, Gemeinden und sonstige Gebiets-einheiten erstellt werden. Der N-Saldo als Ergebnis der N-Bilanz ergibt sich als Differenz zwischen Nährstoff-Zufuhr und Nährstoff-Abfuhr. Er ist ein Maß für den N-Überschuss und somit ein Potenzial für Verluste in Atmosphäre und Hydrosphäre. Einzelschlagbilanz und Betriebsbilanz sind für die Bewertung schlagbezogener bzw. gesamtbetrieblicher, technisch-organisatorischer Maßnahmen geeignet. Bezugsfläche ist hierbei die landwirtschaftlich genutzte Fläche ohne Stilllegungsflächen in Hektar. Politische Maßnahmen können auch mit Bezug zu verwaltungstechnischen Gebietseinheiten auf ihre Bilanzwirksamkeit überprüft werden.

Tabelle 3 zeigt die Bilanzglieder einer Einzelschlagbilanz. Die atmosphärische Stickstoffdeposition und die Denitrifikation werden bei der Nährstoffbilanzierung auf Betriebs- oder Schlagebene meist nicht berücksichtigt. Stickstoffdepositionen liegen zumeist zwischen 20 und 60 kg N/ha und Jahr und werden bei internationalen Vergleichen mit regionaler Bezugsebene zumeist als Standardwerte mitberücksichtigt (Gutser, 2006).

Tabelle 3: Bilanzglieder der Einzelschlagbilanz

Nährstoff-Zufuhr	Nährstoff-Abfuhr
<ul style="list-style-type: none"> + Mineraldünger (Handelsdünger) + Wirtschaftsdünger (Stallmist, Gülle, Jauche) + Sekundärrohstoffdünger (z. B. Klärschlamm, Prozesswasser, Kompost) + Saatgut + Legume N-Bindung 	<ul style="list-style-type: none"> - Erntegut (Abfuhr von Haupt- und Nebenprodukten zum Verkauf und zur innerbetrieblichen Futterverwertung)

Quelle: Eigene Darstellung.

Auf Gesamtbetriebs-Ebene werden die Hoftor- und die Feld-Stall-Bilanz unterschieden. In der Hoftorbilanz werden die Nährstoff- Zu- und Abfuhr zu / von dem landwirtschaftlichen Betrieb als Ganzes bilanziert. Diese kann weitestgehend auf der Grundlage von Buchführungsdaten (Naturalbericht bzw. Journal des betriebswirtschaftlichen Buchabschlusses) erstellt werden und ist daher relativ gut prüfbar. In der Feld-Stall-Bilanz erfolgt die Bilanzierung für die Gesamtheit der bewirtschafteten Flächen. Hierbei müssen selbst verwertete Futtererträge geschätzt werden. In der Erfolgskontrolle von Grundwasserschutzmaßnahmen wird daher die Hoftorbilanz bevorzugt.

Tabelle 4: Bilanzglieder der Hoftorbilanz

Nährstoff-Zufuhr	Nährstoff-Abfuhr
<ul style="list-style-type: none"> + Mineraldünger + Futtermittel-Zukauf + Wirtschaftsdünger-Import + Sekundärrohstoffdünger + Saatgut-Zukauf + Legume N-Bindung 	<ul style="list-style-type: none"> - Erntegut (Verkauf von Haupt- und Nebenprodukten) - Tierische Produkte - Wirtschaftsdünger-Export

Quelle: Eigene Darstellung.

Die zeitliche Bezugseinheit von Nährstoffbilanzen ist jeweils das Anbaujahr. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Bilanzen periodenecht erstellt werden, d. h. die Nährstoff-Aufwendungen (Düngung) müssen mit der zugehörigen Abfuhr (Ernteertrag + tierische Produkte) bilanziert werden (sog. periodenechte Bilanz).

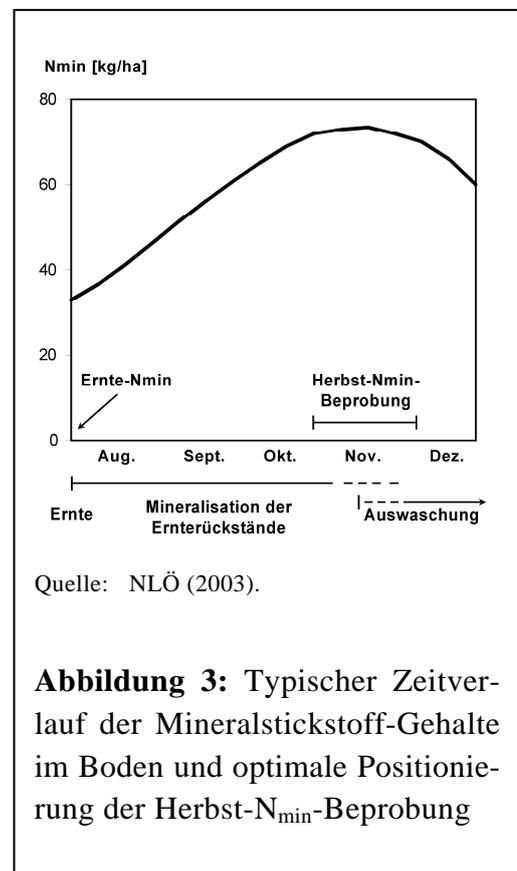
Für die Bewertung von Fruchtfolgemassnahmen werden die Schlagbilanzen für die Fruchtfolgedauer gemittelt. Zu beachten ist, dass nur die Nährstoff-Zufuhr im unmittelbaren Einflussbereich des Bewirtschafters liegt. Die Nährstoff-Abfuhr ist über den Ertrag unter anderem von der Witterung abhängig. Nährstoffbilanzen unterschiedlicher Jahre sind daher nur bedingt miteinander vergleichbar. Gutser (1998) weist darauf hin, dass einjährige Salden meist nur geringe Korrelationen mit gemessenen Herbst- N_{\min} -Werten aufweisen (vgl. Gutser, 1998; Herold, L. et al., 1996) und deshalb Mehrjahresmittel von Salden aussagekräftiger sind.

Nährstoffbilanzen sind ein geeignetes Instrument für die Prognose der langfristigen, emissionsbezogenen Grundwasserschutz-Wirkungen von Einzelschlag- oder Gesamtbetriebsbezogenen Grundwasserschutzmaßnahmen.

3.3.2 Herbst- N_{\min}

Der Herbst- N_{\min} -Wert gibt den Mineralstickstoff-Gehalt im Boden vor Beginn der winterlichen Versickerungsperiode an. Die Probenahme soll nach dem weitgehenden Abschluss der Mineralisation von Ernterückständen (nicht vor Mitte Oktober) und gleichzeitig vor Beginn der Auswaschung erfolgen, vgl. Abbildung 3. Ob diese Bedingungen erfüllt wurden bzw. ob sie im Einzeljahr erfüllt werden können, muss vor der Auswertung bzw. vor der Probennahme geprüft werden (NLWKN, 2007).

Abgesehen vom Zeitpunkt der Probenahme entspricht die Herbst- N_{\min} -Beprobung rein methodisch der Frühjahrs- N_{\min} -Beprobung, die für die Düngungsplanung nach der Sollwert-Methode durchgeführt wird. Probenahme und Analyse erfolgen getrennt nach den Tiefenbereichen 0-30, 30-60 und 60-90 cm. Die Analyseergebnisse werden als Nitrat- und Ammonium-N-Gehalt in kg N je ha angegeben. Die Vergleichbarkeit von Herbst- N_{\min} -Werten setzt



neben der korrekten Terminierung und Durchführung der Probenahme und Analyse bei Mineralböden insbesondere die Verwendung einheitlicher Trockendichte-Faustzahlen für die Umrechnung voraus. Für Niedersachsen wurden diese auf $1,4 \text{ g/cm}^3$ für die oberste Tiefe und $1,5 \text{ g/cm}^3$ für die unteren Tiefen festgelegt (NLWKN, 2007).

Die Herbst- N_{\min} -Methode ist das kostengünstigste bodenanalytische Untersuchungsverfahren für die Erfolgskontrolle von Grundwasserschutzmaßnahmen. In Wasserschutzgebieten wird die Methode auch für das flächenhafte Gebietsmonitoring eingesetzt. Bei den Auftraggebern und Trägern der Wasserschutzgebiets-Beratung sind z. T. umfangreiche Datenbestände vorhanden, die bisher aber kaum zusammenfassend ausgewertet wurden.

Die Vor- und Nachteile der Herbst- N_{\min} -Methode gegenüber Nährstoffbilanzen lassen sich wie folgt abgrenzen:

- Die Methode ist gut für die Erfolgskontrolle Einzelschlag-bezogener Maßnahmen, aber nicht für gesamtbetriebliche Maßnahmen geeignet.
- Im Unterschied zu dem N-Bilanzsaldo kann die mit dem Herbst- N_{\min} -Wert gemessene N-Menge unmittelbar ausgewaschen werden.
- Der Herbst- N_{\min} -Wert ist gut für die Prognose der Nitratkonzentration im Sickerwasser und zur Prognose der Nitrat-Frachten geeignet (insbesondere für Sandgebiete), wenn standort- und witterungsabhängige Sickerwasserrate bekannt sind (NLWKN 2007).
- Ein Nachteil der Herbst- N_{\min} -Methode ist die Standort- und Witterungsabhängigkeit der Mineralisations- und Auswaschungsprozesse. Der Vergleich von Herbst- N_{\min} -Werten unterschiedlicher Standorte und Jahre ist daher nur nach sorgfältiger Prüfung möglich.

3.3.3 N-Fracht (Auswaschung mit dem Sickerwasser)

Als Stickstoff-Auswaschungsfracht oder Emissionsfracht wird die N-Menge in kg/ha bezeichnet, die (jährlich) mit dem Sickerwasser aus dem Boden ausgewaschen wird. Sie kann sich von dem Eintrag in das Grundwasser (sog. Immissionsfracht) insbesondere dann unterscheiden, wenn es in der ungesättigten Zone noch zu einem Nitrat-Abbau durch Denitrifikation kommt.

Während die Immissionsfracht der Ausgangspunkt für die hydrogeologische Modellierung der Nitratströme im Grundwasser ist, *stellt die Emissionsfracht einen geeigneteren Parameter für die Bewertung landwirtschaftlicher Grundwasserschutzmaßnahmen dar*, weil die Denitrifikationsleistung der Ungesättigten Zone durch Grundwasserschutzmaßnahmen im Bereich der Landwirtschaft nicht beeinflussbar ist, und somit zu einer inhaltlich nicht gerechtfertigten Verzerrung der Bewertung führen würde.

Die N-Auswaschungsfracht **entspricht dem Herbst-N_{min}-Wert, wenn**

- Vorabverluste von Nitrat vor der Probenahme auszuschließen sind,
- nach der Herbst-N_{min}-Beprobung keine bedeutende Mineralisation erfolgt, und
- die winterliche Sickerwasserrate zum vollständigen Austausch des Bodenwassers im Tiefenbereich bis 90 cm führt.

Die Einhaltung der beiden ersten Bedingungen ist im Kapitel zur Herbst-N_{min}-Methode beschrieben. Zusätzlich muss die Möglichkeit von Nitratausträgen bereits in der Vegetationsperiode beachtet werden (z. B. Frühjahrs-N_{min}-Auswaschung in Sandgebieten).

Die dritte Bedingung ist erfüllt, wenn die rechnerische Austauschhäufigkeit des Bodenwassers bis 90 cm Tiefe (AH_{90}) ≥ 1 . In Abwandlung der DIN 19732 kann die AH_{90} als Quotient aus der jährlichen Sickerwasserrate und der Feldkapazität des Bodens bis 90 cm Tiefe bestimmt werden².

Eine Ableitung der Auswaschungsfracht aus dem einjährigen N-Bilanzsaldo ist praktisch nicht möglich, da ein N-Überschuss auf verschiedene Verlustpfade verteilt wird bzw. aus unterschiedlichen Fraktionen besteht: Neben dem Verbleib im Humus sind insbesondere gasförmige Emissionen für die Differenz zwischen N-Saldo und N-Verlusten durch Nitrat- auswaschung verantwortlich (Osinski et al., 2007). Es muss die An- bzw. Abreicherung des N-Vorrats des Bodens berücksichtigt werden, denn mit steigendem N-Vorrat des Bodens steigt die Gefahr für N-Verluste (Gutser, 2006). Im Bodenumus ist im Mittel das 50- bis 200-fache des mineralischen Stickstoffes in organischer Form gespeichert. Da der zugeführte Stickstoff (auch Mineraldünger) zu einem großen Teil in organische Substanz überführt wird oder bereits als organischer Stickstoff vorliegt (Wirtschafts- und Sekundärrohstoff-Dünger), hängt die Höhe der zeitnahen N-Auswaschungsfracht wesentlich vom mikrobiellen N-Umsatz und weniger vom N-Bilanzsaldo ab. Langfristig wird sich jedoch ein Fließgleichgewicht einstellen, in dem der N-Überschuss vollständig den Bodenkörper verlässt und somit die Atmosphäre (gasförmige Verluste) bzw. das Grundwasser (Auswaschung) erreicht.

Insbesondere auf Tiefumbruch-Flächen kann die Auswaschungsfracht über mehrere Jahrzehnte deutlich unter dem Bilanzsaldo liegen (z. B. Sandmischkulturen). Andererseits liegt sie nach einem Grünlandumbruch jahrzehntelang über dem Bilanzsaldo. Die Umwandlung von Acker zu Grünland kann demgegenüber als aktive Grundwasserschutzmaßnahme zu

² Die Austauschhäufigkeit (AH) nach DIN 19732 berücksichtigt die Feldkapazität bis zur effektiven Durchwurzelungstiefe (WE). Da die WE auf Sandböden kleiner, und auf Lehm Böden i. A. größer als 90 cm ist, kann die AH gemäß DIN nicht mit der AH für den N_{min}-Tiefenbereich gleich gesetzt werden.

einer langjährigen Verminderung der Auswaschungsfrachten führen. Die dadurch erreichte Erhöhung des Humusniveaus im Oberboden muss dann aber durch ein Umbruchverbot konserviert werden.

3.3.4 Wirkungsbereiche

Die beschriebenen Indikatoren wirken sehr unterschiedlich auf die aquatischen Bereiche. Während der Herbst- N_{\min} -Wert und davon abgeleitet auch die N-Fracht einen direkten und zeitnahen Einfluss auf die Sickerwasserqualität beschreiben, ist der N-Saldo ein Indikator für den langfristigen Einfluss der Landbewirtschaftung auf die Grund- und Oberflächenwasserqualität.

4 Maßnahmenblätter für die technisch-organisatorischen Maßnahmen

Die einzelnen Wasserschutzmaßnahmen, ihre Eignung und Wirksamkeit wird in Maßnahmenblättern dargestellt. Boden-Klima-Räume in Deutschland sowie Betriebsformen und Viehdichte werden, wie in Kapitel 3 angeführt, als Hauptkriterien für die Eignung verwendet, hinzu kommt die Flächennutzung (Ackerland, Grünland, Dauerkulturen, Gemüse). Die Maßnahmenblätter mit einheitlichem Bewertungsschema erleichtern die Zusammenstellung regionaler Maßnahmenpakete. Weiterhin besteht die Option, die Auswertungsmöglichkeiten durch Umsetzung in einer Datenbank zu verbessern. Dieser Schritt erfolgte aber nicht im Rahmen des aktuellen Projektes.

Die Erfolgsparameter N-Saldo, Herbst-N_{min} und N-Fracht erlauben in Verbindung mit Daten zum Flächenpotenzial Szenarienrechnungen zu Kosten und ökologischen Wirkungen mit Parametern wie Entschädigungsentgelt (in €/ha), Stickstoff-Minderungspotenzial (in kg N/ha) und Kostenwirksamkeit (in €/kg N-Reduktion). Die hier vorgestellten Werte, die auf Literatursauswertungen und Expertenwissen beruhen, benennen bewusst außer dem Mittelwert auch eine mehr oder weniger große Wirkungsspanne. Um die Bewertungsfelder mit exakteren Daten zu füllen, sind noch erhebliche Anstrengungen bei der Sammlung und Auswertung insbesondere zur ökologischen Wirkung von Maßnahmen erforderlich.

Die folgende Tabelle gibt die abgestimmte Liste von technisch-organisatorischen Maßnahmen wieder, auf die sich die Analysen konzentrieren sollen. Eine weitere Differenzierung in Untermaßnahmen wurde in Grenzen gehalten und nur dann vorgenommen, wenn sich ökologische Maßnahmenwirkungen signifikant unterscheiden (z. B. Unterteilung in Zwischenfrucht mit Umbruch vor Winter / mit Frühjahrsumbruch). Sofern im Kommentar nicht anders vermerkt, können die hier vorgestellten technisch-organisatorischen Maßnahmen als handlungsorientierte Agrarumweltmaßnahmen angeboten werden. Die Bewirtschaftungsbedingungen wurden so gewählt, dass sie prüffähig und kontrollierbar sind und dass die Maßnahmen in die landwirtschaftliche Produktion integriert werden können.

Tabelle 5: Liste technisch-organisatorischer Maßnahmen für die Maßnahmenanalyse

Maßnahme	Kap. Nr.	Nummer	Bezugseinheit	Maßnahmenkategorie	Hauptwirkungsbereich
Zwischenfruchtanbau (ZF)	4.1	M1-M4	ha	Begrünung	Reduzierung der N-Auswaschung
Untersaaten	4.1	M5	ha	Begrünung	Reduzierung der N-Auswaschung
Brache	4.2	M6-M8	ha	Begrünung	Red. der N-Auswaschung, Red. des N-Überschusses
Fruchtfolgediversifizierung, z. T. in Kombination mit ZF	4.2	M9-M13	ha	Fruchtfolge	Red. der N-Auswaschung, (Red. des N-Überschusses)
Förderung von Extensivkulturen	4.2	M14	ha	Fruchtfolge	Reduzierung des N-Überschusses
Maisengsaat	4.3	M15	ha	Aussaatverfahren	Red. der N-Auswaschung, (Red. des N-Überschusses)
Mulch- und Direktsaat	4.4	M16-M17	ha	Bodenbearbeitung	Red. der N-Auswaschung, Red. des oberflächigen Abflusses
Verzicht / Reduzierte Bodenbearbeitung	4.4	M18-M20	ha	Bodenbearbeitung	Red. der N-Auswaschung, Minderung der Mineralisierung
Grünlandextensivierung	4.5	M21	ha	Grünland	Red. der N-Auswaschung, Red. des N-Überschusses
Extensive Weidewirtschaft	4.5	M22	ha	Grünland	Red. der N-Auswaschung, Red. des N-Überschusses
Umbruchlose Grünlanderneuerung	4.5	M23	ha	Grünland	Red. der N-Auswaschung, Minderung der Mineralisierung
Reduzierte N-Mineraldüngung (Acker)	4.6	M24	ha	N-Mineraldüngung	Reduzierung des N-Überschusses
Zeitpunkt der N-Mineraldüngung (Acker)	4.6	M25	ha	N-Mineraldüngung	Red. der N-Auswaschung, (Red. des N-Überschusses)
Einsatz stabilerer N-Mineraldünger / CULTAN	4.6	M26-M27	ha	N-Mineraldüngung	Red. der N-Auswaschung, Red. des N-Überschusses
Verbesserte N-Mineraldünger- ausbringungstechnik	4.6	M28	ha	N-Mineraldüngung	(Reduzierung des N-Überschusses)
Reihendüngung bei Kartoffeln	4.6	M29	ha	N-Mineraldüngung	Red. der N-Auswaschung, Red. des N-Überschusses
Teilflächenspezifische Düngung	4.6	M30	ha	N-Mineraldüngung	Reduzierung des N-Überschusses
Wirtschaftsdüngermanagement im Betrieb	4.7	M31	m ³	Wirtschaftsdünger	Reduzierung des N-Überschusses
Verbesserte Gülle-/ Festmistausbringungstechnik	4.7	M32-M33	ha	Wirtschaftsdünger	Reduzierung des N-Überschusses
Zeitpunkt der Wirtschaftsdünger- ausbringung	4.7	M34-M35	ha	Wirtschaftsdünger	Red. der N-Auswaschung, Red. des N-Überschusses
Wirtschaftsdüngerexport	4.7	M36	m ³	Wirtschaftsdünger	Reduzierung des N-Überschusses
N-reduzierte Fütterung bei Schweinen und Geflügel	4.7	M37-M38	Stallplatz	Wirtschaftsdünger	Reduzierung des N-Überschusses

Tabelle 5: Liste technisch-organisatorischer Maßnahmen für die Maßnahmenanalyse (Fortsetzung)

Maßnahme	Kap. Nr	Nummer	Bezugseinheit	Maßnahmenkategorie	Hauptwirkungsbereich
Umwandlung von Ackerland in Grünland (> 4 Jahre)	4.8	M39	ha	Landnutzungsänderung	Red. der N-Auswaschung, Red. des N-Überschusses
Schaffung von (Ufer-) Randstreifen	4.8	M40	ha	Landnutzungsänderung	Red. der N-Auswaschung, Red. des N-Überschusses und des oberflächigen Abflusses
Baumaßnahmen an Gewässern zur Reduzierung Abfluss	4.9	M41	m	Wasserbau	Reduzierung des oberflächigen Abflusses, (Erhöhung der Denitrifikation)
Rückbau von Drainagen	4.9	M42	ha	Wasserbau	Minderung der Mineralisierung, Erhöhung der Denitrifikation, (Red. N-Überschuss)
Wiedervernässung von Auen, Mooren, Anmooren	4.9	M43-M44	ha	Wasserbau	Minderung der Mineralisierung, Erhöhung der Denitrifikation, (Red. N-Überschuss)
Ökologischer Landbau	4.10	M45	ha	Betriebs-/Produktionssystem	Red. des N-Überschusses, Red. der N-Auswaschung
Düngeplanung	4.11	M46	Betrieb	Dünge-management	Reduzierung des N-Überschusses
Analysen zur Düngeplanung (Frühjahrs-N _{min} , Pflanzen)	4.11	M47-M48	Schlag	Dünge-management	(Reduzierung des N-Überschusses)
Analysen zur Düngeplanung (Wirtschaftsdünger)	4.11	M49	Betrieb	Dünge-management	(Reduzierung des N-Überschusses)

Quelle: Eigene Darstellung.

4.1 Begrünung

4.1.1 Zwischenfrucht mit frühem Umbruch (M1)

Zielsetzung: Vermeidung der Nitratauswaschung im Winter durch Zwischenspeicherung in Pflanzenmasse/Boden

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Einsaat kurz nach Ernte der Vorfrucht, spätester Einsaattermin 01.09., Ausfallraps und stehen gelassene Brachen gelten als Zwischenfrüchte bei Andüngung DüV beachten: max. 40 kg N/ha als Ammonium (verfügbares N), max. 80 kg gesamt-N/ha leguminosenfreies Saatgut frühester Umbruchtermin: 15.01. des Folgejahres, bei schweren Böden frühestens ab dem 15.11. des Einsaatjahres der Zwischenfrucht keine Beweidung	Maßnahmenwirkung setzt gute Entwicklung der Zwischenfrucht (ZF) voraus Verzicht auf Andüngung aus Gründen des Wasserschutzes empfehlenswert. Die Wirkungssicherheit der Maßnahme kann u. U. durch geringe Andüngung erhöht werden. Vermeidung zusätzlicher N-Einträge aus Fixierung von Luft-Stickstoff Vermeidung bzw. Verzögerung der Freisetzung des in der ZF gespeicherten Stickstoffs vor dem Winter Vermeidung erhöhter punktueller N-Auswaschungen durch tierische N-Ausscheidungen (vorsorgende Auflage) Empfehlung: Anrechnung der Düngung zur Zwischenfrucht zu 100 % bei Düngung der nachfolgenden Hauptfrucht zur Vermeidung erhöhter N-Salden, wenn keine Abfuhr der ZF
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Schwarzbrache vor Sommerung (Fläche mit Stoppelpflanzung und/oder Pflugfurche im Herbst)	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	+	MF < 40 kg N/ha	++	Acker	++				
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	0				
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	++	Dauerkultur	0				
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 – 120 kg N/ha	++	Gemüse	++				
Moorstandorte		+	FB > 120 kg N/ha	++						
Erläuterung Flächeneignung: auf Acker vor Sommerung, Vorfrucht bis Ende August geerntet										
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter		Minderung [kg N/ha]		Kostenwirksamkeit [€/kg N]			
min.	Mittel	max.			min.	Mittel	max.			
40	70	100	N-Saldo		0	20	40	1,0	3,5	9999
			Herbst-N _{min}		20	40	60	0,7	1,8	5,0
			N-Fracht		15	20	25	1,6	3,5	6,7
Umsetzbarkeit der Maßnahme					sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+++		Klimaschutz			+		
Prüffähigkeit			++		Landschafts- und Naturschutz			++		
Verwaltungsaufwand			+++		Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+++		

Kommentare: Bei guter Etablierung sichere Minderungswirkung auf Herbst-N_{min} auf leichten bis mittelschweren Böden. Wichtig ist eine ausreichend frühe Saat in Sommer; ggf. Anreize für möglichst frühe Aussaat. Zwischenfruchtanbau setzt ein ausreichendes Wasserangebot im Herbst voraus und reduziert die Sickerwassermenge. In Trockengebieten ohne Beregnungsmöglichkeit ist die Maßnahme schwierig umzusetzen. Eine Erhöhung des N-Saldos kann nicht ausgeschlossen werden, da Anrechnung des zwischengespeicherten N auf die Folgefrucht schwer kontrollierbar ist. In Höhenlagen erschwert die verkürzte Vegetationsdauer den Anbau von Zwischenfrüchten. Expertenkommentar: Um das Risiko erhöhter N-Salden auszuschließen, muss die Maßnahme mit Vorgaben für eine Mindestanrechnung für die Folgekultur gekoppelt werden (Nachweis/ Kontrolle über Aufzeichnungen).

4.1 Begrünung

4.1.2 Zwischenfrucht mit spätem Umbruch (M2)

Zielsetzung: Vermeidung der Nitratauswaschung im Winter durch Zwischenspeicherung in Pflanzenmasse/Boden

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Einsaat kurz nach Ernte der Vorfrucht, spätester Einsaattermin 01.09., Ausfallraps und stehen gelassene Brachen gelten als Zwischenfrüchte bei Andüngung DüV beachten: max. 40 kg N/ha als Ammonium (verfügbares N), max. 80 kg gesamt-N/ha leguminosenfreies Saatgut, in ökologisch wirtschaftenden Betrieben max. 30 Gewichts-% Leguminosen am Saatgut frühester Umbruchtermin: standortabhängig ab 15.2. des Folgejahres keine Beweidung	Maßnahmenwirkung setzt gute Entwicklung der Zwischenfrucht (ZF) voraus Verzicht auf Andüngung aus Gründen des Wasserschutzes empfehlenswert. Die Wirkungssicherheit der Maßnahme kann u. U. durch geringe Andüngung erhöht werden. Vermeidung zusätzlicher N-Einträge aus Fixierung von Luft-Stickstoff; Leguminosen geringeres Problem wenn Umbruch erst im späten Frühjahr Vermeidung und Verzögerung der Freisetzung des in der ZF gespeicherten Stickstoffs vor dem Winter; Empfehlung: Umbruch frühestens drei Wochen vor Aussaat der Folgefrucht Vermeidung erhöhter punktueller N-Auswaschungen durch tierische N-Ausscheidungen (vorsorgende Auflage) Empfehlung: Anrechnung der Düngung zur Zwischenfrucht zu 100 % bei Düngung der nachfolgenden Hauptfrucht zur Vermeidung erhöhter N-Salden, wenn keine Abfuhr der ZF
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Schwarzbrache vor Sommerung (Fläche mit Stoppelpflanzung und/oder Pflugfurche im Herbst)	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	++	Acker	+++					
leicht,	>= 600 mm	+++	VE 40 - 120 kg N/ha	+++	Grünland	0					
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 – 120 kg N/ha	+++	Gemüse	+++					
Moorstandorte		+++	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung: auf Acker vor Sommerung, Vorfrucht bis Ende August geerntet											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
40	90	120	N-Saldo			0	20	40	1,0	4,5	9999
			Herbst-N _{min}			30	40	60	0,7	2,3	4,0
			N-Fracht			25	35	50	0,8	2,6	4,8
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+++			Klimaschutz			+		
Prüffähigkeit			++			Landschafts- und Naturschutz			++		
Verwaltungsaufwand			+++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+++		

Kommentare: Bei guter Etablierung sichere Minderungswirkung auf Herbst-N_{min} auf leichten bis mittelschweren Böden. Wichtig ist eine ausreichend frühe Saat in Sommer; ggf. Anreize für möglichst frühe Aussaat. Zwischenfruchtanbau setzt ein ausreichendes Wasserangebot im Herbst voraus und reduziert die Sickerwassermenge. In Trockengebieten ohne Beregnungsmöglichkeit ist die Maßnahme schwierig umzusetzen. Eine Erhöhung des N-Saldos kann nicht ausgeschlossen werden, da Anrechnung des zwischengespeicherten N auf Folgefrucht schwer kontrollierbar ist. In Höhenlagen erschwert die verkürzte Vegetationsdauer den Anbau von Zwischenfrüchten. Expertenkommentar: Um das Risiko erhöhter N-Salden auszuschließen, muss die Maßnahme mit Vorgaben für eine Mindestanrechnung für die Folgekultur gekoppelt werden (Nachweis/ Kontrolle über Aufzeichnungen).

4.1 Begrünung

4.1.3 Winterrüben als Zwischenfrucht vor Wintergetreide (M3)

Zielsetzung: Vermeidung der Nitratauswaschung im Winter durch Zwischenspeicherung in Pflanzenmasse/Boden

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
spätester Einsaattermin: 15.8. keine Düngung zur Winterrübe oder zum nachfolgenden Wintergetreide im Herbst Aussaat von Winterrüben (10 bis 12 kg/ha) als Zwischenfrucht mit hohem N-Aneignungsvermögen Umbruch der Winterrüben, Schlegeln, Mulchen oder Totalherbizid-Behandlung sind frühestens ab dem 10. Oktober erlaubt keine Beweidung	frühe Aussaat zur Erreichung einer hohen N-Speicherleistung trotz frühen Umbruchs wegen frühzeitigem Umbruch im Herbst keine zusätzliche N-Zufuhr zulassen Zwischenfrucht mit hohem N-Aneignungsvermögen bei gleichzeitig schwer zersetzbarer Pflanzenmasse zur Vermeidung der Mineralisierung im Herbst Vermeidung der Freisetzung des in der ZF gespeicherten Stickstoffs vor dem Winter bei gleichzeitig noch möglicher Einsaat von Wintergetreide Vermeidung erhöhter punktueller N-Auswaschungen durch tierische N-Ausscheidungen (vorsorgende Auflage)
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Fläche mit Stoppelbearbeitung vor Wintergetreide	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung						
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	++	Acker	++						
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	0						
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	++	Dauerkultur	0						
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha	++	Gemüse	++						
Moorstandorte		+	FB > 120 kg N/ha	++								
Erläuterung Flächeneignung: auf Acker vor Winterung, Vorfrucht bis Ende Juli geerntet												
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]			
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.	
60			N-Saldo			0	20		3,0	9999		
			Herbst-N _{min}			20	30	40	1,5	2,0	3,0	
			N-Fracht			10	20	30	2,0	3,0	6,0	
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen						
Akzeptanz						Klimaschutz						+
Prüffähigkeit						Landschafts- und Naturschutz						++
Verwaltungsaufwand						Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss						+++

Kommentare: Bisher nur in wenigen Wasserschutzgebieten eingeführt. Das Herbst-N_{min}-Monitoring zeigt jedoch hohe Maßnahmensicherheit. Bei guter Umsetzung und günstigem Witterungsverlauf (geringe Temperaturen nach Einsaat Wintergetreide) gute Ergebnisse, aber auch Jahre mit geringer Wirksamkeit: Bei milder Winterwitterung ist eine frühzeitige N-Mineralisation und damit eine anteilige Nitratauswaschung des konservierten Stickstoff möglich. Zwischenfruchtanbau setzt ein ausreichendes Wasserangebot im Herbst voraus und reduziert die Sickerwassermenge. In Höhenlagen erschwert die verkürzte Vegetationsdauer den Anbau von Zwischenfrüchten.

4.1 Begrünung

4.1.4 Winterharte Zwischenfrucht mit spätem Umbruch (M4)

Zielsetzung: Vermeidung der Nitratauswaschung im Winter und Frühjahr durch lange Speicherung in Pflanzenmasse und fortlaufende N-Aufnahme bei milder Witterung

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Einsaat kurz nach Ernte der Vorfrucht, spätestster Einsattermin 01.09. bei Andüngung DüV beachten: max. 40 kg N/ha als Ammonium (verfügbares N), max. 80 kg gesamt-N/ha Aussaat einer leguminosenfreien, winterharten Zwischenfrucht (Gras, Winterrüben, Grünroggen, etc.), in ökologisch wirtschaftenden Betrieben max. 30 Gewichts-% Leguminosen am Saatgut Umbruch frühestens ab 15.3. bzw. vor Mais frühestens ab 1.4. des Folgejahres. keine Beweidung	Maßnahmenwirkung setzt gute Entwicklung der Zwischenfrucht (ZF) voraus Verzicht auf Andüngung aus Gründen des Wasserschutzes empfehlenswert. Die Wirkungssicherheit der Maßnahme kann u. U. durch geringe Andüngung erhöht werden. Vermeidung zusätzlicher N-Einträge aus Fixierung von Luft-Stickstoff; Leguminosen geringeres Problem wenn Umbruch erst im späten Frühjahr sichere, verlustarme Überführung des konservierten N in die Folgefrucht Vermeidung erhöhter punktueller N-Auswaschungen durch tierische N-Ausscheidungen (vorsorgende Auflage) Empfehlung: Anrechnung der Düngung zur Zwischenfrucht zu 100 % bei Düngung der nachfolgenden Hauptfrucht zur Vermeidung erhöhter N-Salden, wenn keine Abfuhr der ZF
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Schwarzbrache vor Sommerung (Fläche mit Stoppelpflanzung und/oder Pflugfurche im Herbst)	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum	Betriebstyp / Norg-Anfall	Flächennutzung	
leicht, < 600 mm ++	MF < 40 kg N/ha ++	Acker +++	
leicht, >= 600 mm +++	VE 40 - 120 kg N/ha +++	Grünland 0	
schwer, < 600 mm ++	VE >120 kg N/ha +++	Dauerkultur 0	
schwer, >= 600 mm ++	FB 40 - 120 kg N/ha +++	Gemüse +++	
Moorstandorte +++	FB > 120 kg N/ha +++		
Erläuterung Flächeneignung: auf Acker vor Sommerung, Vorfrucht bis Ende August geerntet			
Entgelt [€/ha]	Erfolgsparameter	Minderung [kg N/ha]	Kostenwirksamkeit [€/kg N]
min. Mittel max.		min. Mittel max.	min. Mittel max.
70 100 130	N-Saldo	0 20 40	1,8 5,0 9999
	Herbst-N _{min}	30 40 60	1,2 2,5 4,3
	N-Fracht	30 40 60	1,2 2,5 4,3
Umsetzbarkeit der Maßnahme	sonstige ökologische Wirkungen		
Akzeptanz ++	Klimaschutz +		
Prüffähigkeit ++	Landschafts- und Naturschutz ++		
Verwaltungsaufwand +++	Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss +++		

Kommentare: Die Maßnahme ist besonders geeignet auf "Sandböden" und "flachgründigen Böden", deren Schläge im Mittel weniger als 40 Bodenpunkte aufweisen und in Regionen mit stärkeren Frühjahrs-Niederschlägen. Erhöhung des N-Saldos kann nicht ausgeschlossen werden, da Anrechnung auf Folgefrucht schwer kontrollierbar. In Höhenlagen erschwert die verkürzte Vegetationsdauer den Anbau von Zwischenfrüchten. Expertenkommentar: Um das Risiko erhöhter N-Salden auszuschließen, muss die Maßnahme mit Vorgaben für eine Mindestanrechnung für die Folgekultur gekoppelt werden (Nachweis/ Kontrolle über Aufzeichnungen).

4.1 Begrünung

4.1.5 Untersaaten (M5)

Zielsetzung: Vermeidung der Nitratauswaschung im Winter durch Zwischenspeicherung in Pflanzenmasse/Boden

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
leguminosenfreie Graseinsaat in die bestehende Deckfrucht	Vermeidung zusätzlicher N-Einträge aus Fixierung von Luftstickstoff
Untersaaten in Mais und Körnerleguminosen; bei Mais Aussaat in Drillsaat oder Einsatz von Hacke/ Striegel	Aussaatechnik ist entscheidend für die Entwicklung der Untersaat und die Maßnahmenwirkung
frühester Umbruchtermin: ab 15.2. des Folgejahres und frühestens 3 Wochen vor Aussaat der Folgefrucht	Vermeidung der Freisetzung des in der Untersaat gespeicherten Stickstoffs vor Winter
keine Düngung nach der Ernte der Hauptfrucht	Vermeidung einer Erhöhung der Bilanzsalden
keine Beweidung	Vermeidung erhöhter punktueller N-Auswaschungen durch tierische N-Ausscheidungen (vorsorgende Auflage)
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Schwarzbrache vor Sommerung	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	0	MF < 40 kg N/ha	+	Acker	++					
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	0					
schwer,	< 600 mm	0	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	+					
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha	++	Gemüse	++					
Moorstandorte		++	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung: auf Acker in Getreide, Mais, Ackerbohnen vor Sommerung; im Weinbau wichtige Maßnahme											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
50	80	125	N-Saldo	0		15		3,3			9999
			Herbst-N _{min}	10	20	40		1,3	4,0		12,5
			N-Fracht	5	10	20		2,5	8,0		25,0
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+			Klimaschutz			+		
Prüffähigkeit			++			Landschafts- und Naturschutz			++		
Verwaltungsaufwand			+++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+++		

Kommentare: Maßnahme erfordert ein gutes Timing für das Einbringen der Untersaat (US) und den Einsatz geeigneter Technik; höhere Akzeptanz bei überbetrieblicher Einsaat. Unsicherheitsfaktor dieser Maßnahme ist die Bestandsentwicklung der US nach der Ernte der Hauptfrucht. Bei später Ernte der Haupternte und ausgeprägter Trockenheit kann es zu Totalausfällen der US kommen. Zu starke Entwicklung der US führt zu Ertragseinbußen der Hauptfrucht, daher geringe Akzeptanz bei den Landwirten. Bei sehr gutem Aufwuchs der US ist die ökologische Wirksamkeit vergleichbar mit der bei winterhartem Zwischenfruchtanbau. Problem: Herbizideinsatz in Hauptfrucht sowie Krankheitsprobleme (Fusarien). US in Getreide möglich, aber konkurrierend zu ZF-Einsaat nach Getreideernte. Erhöhung des N-Saldos kann nicht ausgeschlossen werden, da Anrechnung auf Folgefrucht schwer kontrollierbar. Expertenkommentar: Um das Risiko erhöhter N-Salden auszuschließen, muss die Maßnahme mit Vorgaben für eine Mindestanrechnung für die Folgekultur gekoppelt werden (Nachweis/ Kontrolle über Aufzeichnungen).

4.2 Fruchtfolge

4.2.1 1-jährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht (M6)

Zielsetzung: Vermeidung der Nitratauswaschung durch Zwischenspeicherung in Pflanzenmasse und Bodenruhe

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
spätester Einsaattermin bis 1.9., kurz nach Ernte der Vorfrucht	ausreichende Pflanzenentwicklung vor Winter notwendig
leguminosenfreie, winterharte Graseinsaat oder Beibehaltung einer Fläche mit winterharter, leguminosenfreier Gräsermischung	Vermeidung zusätzlicher N-Quelle, Vermeidung unnötiger Grasumbrüche mit hohem N-Auswaschungspotenzial, Minimierung der N-Anreicherung während der Brachephase
Umbruch max. 3 Wochen vor der Nachfruchtbestellung, frühestens zum 1.2. im letzten Vertragsjahr	Vermeidung einer vorzeitigen N-Mineralisierung und N-Auswaschung, max. Ausschöpfung des akkumulierten N durch die Folgefrucht
Vertragsdauer 1,5 Jahre	
keine Beweidung	Vermeidung erhöhter punktueller N-Auswaschungen durch tierische N-Ausscheidungen (vorsorgende Auflage)
keine N-Düngung	Extensivierung der Fläche
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Ackernutzung auf ertragsschwachen Standorten	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum	Betriebstyp / Norg-Anfall	Flächennutzung
leicht, < 600 mm +++	MF < 40 kg N/ha +++	Acker +++
leicht, >= 600 mm +++	VE 40 - 120 kg N/ha +++	Grünland 0
schwer, < 600 mm ++	VE >120 kg N/ha +++	Dauerkultur 0
schwer, >= 600 mm +++	FB 40 - 120 kg N/ha +++	Gemüse +++
Moorstandorte +++	FB > 120 kg N/ha +++	

Erläuterung Flächeneignung: für neu anzulegende Bracheflächen

Entgelt [€/ha]			Erfolgsparameter	Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.		min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
90	110	150	N-Saldo	40	60	80	1,1	1,8	3,8
			Herbst-N _{min}	30	40	60	1,5	2,8	5,0
			N-Fracht	30	40	60	1,5	2,8	5,0

Umsetzbarkeit der Maßnahme	sonstige ökologische Wirkungen
Akzeptanz ++	Klimaschutz ++
Prüffähigkeit +++	Landschafts- und Naturschutz +++
Verwaltungsaufwand +++	Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss +++

Kommentare: Im Vergleich zur Ackernutzung (zunehmend auch Anbau nachwachsender Rohstoffe) ist diese Maßnahme effizient, da sie eine hohe Maßnahmenwirksamkeit und Maßnahmensicherheit bei relativ geringen Kosten aufweist. Schaffung zusätzlicher freiwilliger Stilllegung ist abhängig von Förderhöhe, Ertragsfähigkeit des Standorts und Anbauwürdigkeit möglicher Kulturen (Rahmenbedingungen ändern sich, z. B. durch Förderung nachwachsender Rohstoffe); mögliche Mitnahmeeffekte, da freiwillige Stilllegung ggf. auch ohne Förderung stattfinden würde. In Trockengebieten Gefahr, dass die Begrünung nicht ausreichend aufläuft. Auf ertragsstarken Standorten ist von einer geringeren Wirksamkeit dieser Maßnahme auszugehen.

4.2 Fruchtfolge

4.2.2 2-jährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht (M7)

Zielsetzung: Vermeidung der Nitratauswaschung durch Zwischenspeicherung in Pflanzenmasse und Bodenruhe

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
spätester Einsaattermin bis 1.9., kurz nach Ernte der Vorfrucht	ausreichende Pflanzenentwicklung vor Winter notwendig
leguminosenfreie, winterharte Graseinsaat oder Beibehaltung einer Fläche mit winterharter, leguminosenfreier Gräsermischung	Vermeidung zusätzlicher N-Quelle, Vermeidung unnötiger Grasumbrüche mit hohem N-Auswaschungspotenzial, Minimierung der N-Anreicherung während der Brachephase
Umbruch max. 3 Wochen vor der Nachfruchtbestellung, frühestens zum 1.2. im letzten Vertragsjahr	Vermeidung einer vorzeitigen N-Mineralisierung und N-Auswaschung, max. Ausschöpfung des akkumulierten N durch die Folgefrucht
Vertragsdauer 2,5 Jahre	
keine Beweidung	Vermeidung erhöhter punktueller N-Auswaschungen durch tierische N-Ausscheidungen (vorsorgende Auflage)
keine N-Düngung	Extensivierung der Fläche
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Ackernutzung auf ertragsschwachen Standorten	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung							
leicht,	< 600 mm	+++	MF < 40 kg N/ha	+++	Acker	+++						
leicht,	>= 600 mm	+++	VE 40 - 120 kg N/ha	+++	Grünland	0						
schwer,	< 600 mm	+++	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	0						
schwer,	>= 600 mm	+++	FB 40 - 120 kg N/ha	+++	Gemüse	+++						
Moorstandorte		+++	FB > 120 kg N/ha	+++								
Erläuterung Flächeneignung: für neu anzulegende Bracheflächen, besonders auf ertragsschwachen Standorten												
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparameter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]			
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.	
110	120	200	N-Saldo			40	60	80	1,4	2,0	5,0	
			Herbst-N _{min}			30	50	70	1,6	2,4	6,7	
			N-Fracht			30	50	70	1,6	2,4	6,7	
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen						
Akzeptanz						++			Klimaschutz			++
Prüffähigkeit						+++			Landschafts- und Naturschutz			+++
Verwaltungsaufwand						+++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+++

Kommentare: Im Vergleich zur Ackernutzung (zunehmend auch Anbau nachwachsender Rohstoffe) ist diese Maßnahme sehr effizient, da sie eine hohe Maßnahmenwirksamkeit und Maßnahmensicherheit bei relativ geringen Kosten aufweist. Schaffung zusätzlicher freiwilliger Stilllegung ist abhängig von Förderhöhe, Ertragsfähigkeit des Standorts und Anbauwürdigkeit möglicher Kulturen (Rahmenbedingungen ändern sich, z. B. durch Förderung nachwachsender Rohstoffe); mögliche Mitnahmeeffekte, da freiwillige Stilllegung ggf. auch ohne Förderung stattfinden würde. In Trockengebieten Gefahr, dass die Begrünung nicht ausreichend aufläuft.

4.2 Fruchtfolge

4.2.3 Mehrjährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht (M8)

Zielsetzung: Vermeidung der Nitratauswaschung durch Zwischenspeicherung in Pflanzenmasse und Bodenruhe

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
spätester Einsaattermin: 1.9. leguminosenfreie, winterharte Graseinsaat oder Beibehaltung einer Fläche mit winterharter, leguminosenfreier Gräsermischung Umbruch max. 3 Wochen vor der Nachfruchtbestellung, frühestens zum 1.2. im letzten Vertragsjahr Vertragsdauer 4,5 Jahre keine Beweidung keine N-Düngung	ausreichende Pflanzenentwicklung vor Winter notwendig Vermeidung zusätzlicher N-Quelle, Vermeidung unnötiger Grasumbrüche mit hohem N-Auswaschungspotenzial, Minimierung der N-Anreicherung während der Brachephase Vermeidung einer vorzeitigen N-Mineralisierung und N-Auswaschung, max. Ausschöpfung des akkumulierten N durch die Folgefrucht die Maßnahmenwirksamkeit steigt überproportional bei mehrjährigem Abschluss Vermeidung erhöhter punktueller N-Auswaschungen durch tierische N-Ausscheidungen (vorsorgende Auflage) Extensivierung der Fläche
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Ackernutzung auf ertragsschwachen Standorten	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	+++	MF < 40 kg N/ha	+++	Acker	+++					
leicht,	>= 600 mm	+++	VE 40 - 120 kg N/ha	+++	Grünland	0					
schwer,	< 600 mm	++	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	+++	FB 40 - 120 kg N/ha	+++	Gemüse	+++					
Moorstandorte		+++	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung: für neu anzulegende Bracheflächen, besonders auf ertragsschwachen Standorten											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparameter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.		min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.		
120	150	350	N-Saldo	40	60	80	1,5	2,5	8,8		
			Herbst-N _{min}	40	60	80	1,5	2,5	8,8		
			N-Fracht	40	60	80	1,5	2,5	8,8		
Umsetzbarkeit der Maßnahme			sonstige ökologische Wirkungen								
Akzeptanz			+			Klimaschutz			++		
Prüffähigkeit			+++			Landschafts- und Naturschutz			+++		
Verwaltungsaufwand			+++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+++		

Kommentare: Im Vergleich zur Ackernutzung (zunehmend auch Anbau nachwachsender Rohstoffe) ist diese Maßnahme sehr effizient, da sie eine hohe Maßnahmenwirksamkeit und Maßnahmensicherheit bei relativ geringen Kosten aufweist. Schaffung zusätzlicher freiwilliger Stilllegung ist abhängig von Förderhöhe, Ertragsfähigkeit des Standorts und Anbauwürdigkeit möglicher Kulturen (Rahmenbedingungen ändern sich, z. B. durch Förderung nachwachsender Rohstoffe); mögliche Mitnahmeeffekte, da freiwillige Stilllegung ggf. auch ohne Förderung stattfinden würde. In Trockengebieten Gefahr, dass die Begrünung nicht ausreichend aufläuft, oder der Pflanzenbestand im Laufe der Zeit ausdünn.

4.2 Fruchtfolge

4.2.4 Fruchtfolge "jährlicher Wechsel Sommerung - Winterung" (4-jährig) (M9)

Zielsetzung: Vermeidung der Nitratauswaschung durch Zwischenspeicherung in Pflanzenmasse und Bodenruhe

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
jährlicher Wechsel von Winterungen (Wintergetreide, Winterraps) und Sommerungen (Mais, andere Hackfrüchte, Sommergetreide) vor Sommerungen stets leguminosenfreie Zwischenfrucht (Aussaat, Andüngung, Umbruch, N-Anrechnung vgl. ZF-Anbau) reduzierte N-Düngung der Hauptfrüchte (20 % geringer als Sollwerte) kein zweimaliger Maisanbau innerhalb von 4 Jahren	Erhöhung des Zwischenfruchtanteils winterliche Begrünung in jedem 2. Jahr und damit Minderung der N-Auswaschung Reduzierung der Bilanzsalden (dieser Teil des Maßnahmenpakets ist kaum kontrollierbar!) pot. Gefahr erhöhter Herbst-N _{min} -Werte bei intensivem Wirtschaftsdüngereinsatz
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Höherer Anteil an Winterungen in der Fruchtfolge, kein Zwischenfruchtanbau	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	++	Acker	++					
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	0					
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	++	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha	++	Gemüse	+					
Moorstandorte		++	FB > 120 kg N/ha	++							
Erläuterung Flächeneignung:											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
150	200	350	N-Saldo	20	30	40	3,8	6,7	17,5		
			Herbst-N _{min}	10	20	30	5,0	10,0	35,0		
			N-Fracht	10	20	30	5,0	10,0	35,0		
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			++	Klimaschutz			+				
Prüffähigkeit			++	Landschafts- und Naturschutz			+				
Verwaltungsaufwand			+	Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			++				

Kommentare: Für die effiziente Umsetzung der Maßnahme ist eine intensive Beratung erforderlich. In Gebieten mit Frühjahrstrockenheit ist der Anbau von Sommergetreide schwierig und kann zu starken Ertragsausfällen führen (Erhöhung der Salden). Alternativ sollte dann das Sommergetreide durch eine leguminosenfreie Begrünung ersetzt werden. Expertenkommentar: Praxisfremd, gut geführte Winterungen können genau so effektiv sein wie Zwischenfrucht; Wirksamkeit wird dem Zwischenfruchtanbau, nicht aber einer Erhöhung des Sommerungsanteils bescheinigt. Es besteht Klärungsbedarf, ob Zwischenfrucht und Sommerung grundsätzlich besser ist als Winterung nach Winterung.

4.2 Fruchtfolge

4.2.5 Frühernte Mais mit Zwischenfrucht und nachfolgender Sommerung (M10)

Zielsetzung: Vermeidung der Nitratauswaschung für Kulturen mit erfahrungsgemäß hohem Herbst-N_{min}-Wert

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Maisernte bis spätestens zum 28.08., Einsatz frühreifer Sorten Einsaat einer leguminosenfreien Zwischenfrucht bis zum 5.9. keine Andüngung der Zwischenfrucht frühester Umbruchtermin: ab 15.2. des Folgejahres und frühestens 3 Wochen vor Aussaat der Folgefrucht	frühe Ernte für rechtzeitige Einsaat der nachfolgenden Zwischenfrucht erforderlich Maßnahmenwirkung setzt gute Entwicklung der Zwischenfrucht (ZF) voraus ausreichende N-Nachlieferung nach Mais zu erwarten Überführung des konservierten N in die Folgefrucht
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Spätere (ortsübliche) Maisernte und nachfolgende Winterung (Wintergetreide), kein Zwischenfruchtanbau	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung						
leicht,	< 600 mm	+	MF < 40 kg N/ha	++	Acker	++					
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	+++	Grünland	0					
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 – 120 kg N/ha	+++	Gemüse	0					
Moorstandorte		+++	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung:											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
300			N-Saldo			0	20	40	7,5	15,0	9999
			Herbst-N _{min}			20	30	40	7,5	10,0	15,0
			N-Fracht			20	30	40	7,5	10,0	15,0
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+			Klimaschutz			0		
Prüffähigkeit			++			Landschafts- und Naturschutz			++		
Verwaltungsaufwand			++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			++		

Kommentare: Der Mais-Minderertrag aufgrund der frühen Ernte liegt bei ca. 10 bis 15 % Frischmasse. Die Maßnahme ist insbesondere für Nachbau Mais nach Mais geeignet. Unterschiedliche Expertenkommentare: Untersaat in den Mais i. d. R. effizienter und kostengünstiger. Untersaaten unsicherer und daher i. d. R. auch weniger wirksam.

4.2 Fruchtfolge

4.2.6 Zwischenfrucht nach Raps und nachfolgender Sommerung (M11)

Zielsetzung: Vermeidung der Nitratauswaschung für Kulturen mit erfahrungsgemäß hohem Herbst-N_{min}-Wert

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Etablierung von Ausfallraps mit max. einer flachen Bodenbearbeitung nach der Rapsernte oder Einsaat einer leguminosenfreien Zwischenfrucht bis zum 5.9. keine Andüngung des Ausfallraps oder der Zwischenfrucht frühester Umbruchtermin: ab 15.2. des Folgejahres und frühestens 3 Wochen vor Aussaat der Folgefrucht keine Beweidung	aus phytosanitären Gründen kann eine Aussaat von Nicht-Kruzifern nach Raps sinnvoll sein nach Raps ist im allgemeinen keine zusätzliche Andüngung erforderlich Überführung des konservierten N in die Folgefrucht Vermeidung einer Erhöhung der Bilanzsalden
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Anbau einer Winterung (Wintergetreide) nach Raps	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht, < 600 mm	++		MF < 40 kg N/ha	++		Acker	++				
leicht, >= 600 mm	+++		VE 40 - 120 kg N/ha	+++		Grünland	0				
schwer, < 600 mm	++		VE >120 kg N/ha	+++		Dauerkultur	0				
schwer, >= 600 mm	++		FB 40 - 120 kg N/ha	+++		Gemüse	0				
Moorstandorte	+++		FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung: aus phytosanitären Gründen sinnvoll in Regionen mit geringem Rapsanteil, sofern Ausfallraps als Zwischenfrucht											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
120	150	250	N-Saldo	0	20	40	3,8	7,5	9999		
			Herbst-N _{min}	30	50	70	1,7	3,0	8,3		
			N-Fracht	30	50	70	1,7	3,0	8,3		
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+			Klimaschutz			+		
Prüffähigkeit			++			Landschafts- und Naturschutz			++		
Verwaltungsaufwand			++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+++		

Kommentare: Hier ist zur Ermittlung des Entschädigungsbetrages die regionale Deckungsbeitragsdifferenz zwischen Wintergetreide und den Sommerungen zu berechnen. Die Akzeptanz der Maßnahme sinkt mit steigendem Rapsanteil des Betriebes bzw. der Region, da die Übertragung von Pflanzenkrankheiten im Raps deutlich steigt. Expertenkommentar: Die gute Vorfruchtwirkung des Rapses z. B. für Weizen wird teilweise verschenkt. Alternativ könnte Wechselweizen (mit sehr später Aussaat) statt Sommerweizen in Erwägung gezogen werden.

4.2 Fruchtfolge

4.2.7 Zwischenfrucht nach Kartoffel und nachfolgende Sommerung (M12)

Zielsetzung: Vermeidung der Nitratauswaschung für Kulturen mit erfahrungsgemäß hohem Herbst-N_{min}-Wert

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Einsatz einer leguminosenfreien Zwischenfrucht bis zum 15.9. keine Andüngung der Zwischenfrucht frühester Umbruchtermin: ab 15.2. des Folgejahres und frühestens 3 Wochen vor Aussaat der Folgefrucht keine Beweidung	ein noch späterer Aussaattermin führt erfahrungsgemäß zu einer nicht mehr ausreichenden N-Aufnahme im Herbst nach Kartoffeln ist keine zusätzliche Andüngung erforderlich Überführung des konservierten N in die Folgefrucht Vermeidung einer Erhöhung der Bilanzsalden
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Anbau einer Winterung (Wintergetreide) nach Kartoffeln, kein Zwischenfruchtanbau	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum	Betriebstyp / Norg-Anfall	Flächennutzung	
leicht, < 600 mm ++	MF < 40 kg N/ha ++	Acker +++	
leicht, >= 600 mm ++	VE 40 - 120 kg N/ha +++	Grünland 0	
schwer, < 600 mm ++	VE >120 kg N/ha +++	Dauerkultur 0	
schwer, >= 600 mm ++	FB 40 - 120 kg N/ha +++	Gemüse 0	
Moorstandorte +++	FB > 120 kg N/ha +++		
Erläuterung Flächeneignung: effektiv in Regionen, wo nach Kartoffeln meist Wintergetreide angebaut wird. Voraussetzung: frühe Kartoffelernte			
Entgelt [€/ha]	Erfolgparameter	Minderung [kg N/ha]	Kostenwirksamkeit [€/kg N]
min. Mittel max.		min. Mittel max.	min. Mittel max.
60 150 250	N-Saldo	0 20 40	1,5 7,5 9999
	Herbst-N _{min}	30 40 60	1,0 3,8 8,3
	N-Fracht	30 40 60	1,0 3,8 8,3
Umsetzbarkeit der Maßnahme		sonstige ökologische Wirkungen	
Akzeptanz +		Klimaschutz +	
Prüffähigkeit ++		Landschafts- und Naturschutz ++	
Verwaltungsaufwand ++		Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss +++	

Kommentare: In Regionen mit hohem Sommerungsanteil entstehen Mitnahmeeffekte. Dominiert jedoch das Wintergetreide nach Kartoffeln, kann die N-Auswaschung deutlich gemindert werden. Expertenkommentar: Kartoffelanbau sollte auf Moorstandorten vermieden werden, sofern er dort jedoch stattfindet hat die Maßnahme eine hohe Wirksamkeit.

4.2 Fruchtfolge

4.2.8 Zwischenfrucht nach Feldgemüse und nachfolgende Nicht-Gemüse-Sommerung (M13)

Zielsetzung: Vermeidung der Nitrat-Auswaschung für Kulturen mit erfahrungsgemäß hohem Herbst- N_{\min} -Wert

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Einsaat einer leguminosenfreien Zwischenfrucht bis zum 5.9. keine Andüngung der Zwischenfrucht frühester Umbruchtermin: ab 15.2. des Folgejahres und frühestens 3 Wochen vor Aussaat der Folgefrucht keine Beweidung	ausreichende Pflanzenentwicklung vor Winter notwendig nach Gemüse ist keine zusätzliche Andüngung erforderlich Überführung des konservierten N in die Folgefrucht Vermeidung einer Erhöhung der Bilanzsalden
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Anbau einer Winterung (Wintergetreide) nach Gemüse, kein Zwischenfruchtanbau	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung						
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	++	Acker	0					
leicht,	>= 600 mm	+++	VE 40 - 120 kg N/ha	+++	Grünland	0					
schwer,	< 600 mm	++	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha	+++	Gemüse	+++					
Moorstandorte		+++	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung:											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
120	200	250	N-Saldo	0	20	40	3,0	10,0	9999		
			Herbst- N_{\min}	40	60	80	1,5	3,3	6,3		
			N-Fracht	40	60	80	1,5	3,3	6,3		
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+			Klimaschutz			+		
Prüffähigkeit			++			Landschafts- und Naturschutz			++		
Verwaltungsaufwand			++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+++		

Kommentare: Je nach Gemüseart ist die Effizienz der Maßnahme unterschiedlich. Die Herbst- N_{\min} -Werte nach Salatanbau ohne nachfolgende Zwischenfrucht sind sehr hoch (> 200 kg N/ha), wohingegen nach Möhren auch niedrige Herbst- N_{\min} -Werte möglich sind. Feldgemüseanbau sollte auf Moorstandorten vermieden werden, sofern er dort jedoch stattfindet hat die Maßnahme eine hohe Wirksamkeit.

4.2 Fruchtfolge

4.2.9 Förderung von Extensivkulturen (M14)

Zielsetzung: Verminderung der N-Düngeintensität

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Anbau von Früchten mit geringer N-Düngung: Winterbraugerste, "Keksweizen", Öllein, etc. Nachweis über Einkaufsbeleg des Saatgut, einer vor Ort Kontrolle bzw. über Abnahmeverträge für die Ernteprodukte	der Anbau dieser Früchte erfolgt produktionsbedingt mit einer geringen N-Düngung je nach Produktionsverfahren kann der Anbau von bestimmten Früchte (z. B. Öllein) oder besonderen Sorte mit einer reduzierten N-Düngung (Keksweizen, Braugerste) realisiert werden
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Fruchtfolge mit höherem Anteil N-intensiver Kulturen (Brotweizen, Raps)	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung							
leicht, < 600 mm	++		MF < 40 kg N/ha	+++	Acker	++						
leicht, >= 600 mm	+++		VE 40 - 120 kg N/ha	+	Grünland	0						
schwer, < 600 mm	++		VE >120 kg N/ha	+	Dauerkultur	0						
schwer, >= 600 mm	++		FB 40 - 120 kg N/ha	+	Gemüse	0						
Moorstandorte	0		FB > 120 kg N/ha	+								
Erläuterung Flächeneignung: regionale Ausrichtung oder Nischenmaßnahme, da Anbauverträge notwendig												
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]			
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.	
50	70	150	N-Saldo			20	40	60	0,8	1,8	7,5	
			Herbst-N _{min}			0	10	20	2,5	7,0	9999	
			N-Fracht			0	10	20	2,5	7,0	9999	
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen						
Akzeptanz						Klimaschutz						+
Prüffähigkeit						Landschafts- und Naturschutz						++
Verwaltungsaufwand						Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss						0

Kommentare: Diese Maßnahme senkt die Bilanzsalden. Eine Kontrolle der reduzierten N-Düngung ist nicht notwendig, da sie bei z. B. Braugerste und Keksweizen systembedingt ist. Die Anbau-Kontrolle über die Sortenkontrolle ist allerdings nur begrenzt möglich, da die gleichen Sorten auch als Futtergetreide mit höherer Düngung angebaut werden können. Wenn keine Abnahmeverträge, wirkt begleitende Nachfrageförderung unterstützend. Wechsel von Hybridroggen zu Landsorten als Extensivkultur mit geringerem Entgelt.

4.3 Aussaatverfahren

4.3.1 Maisensaat (M15)

Zielsetzung: gleichmäßigere Durchwurzelung des Bodens und Verbesserung der Aufnahme der im Boden vorhandenen Nährstoffe, Erhöhung der N-Ausnutzung, Senkung der Herbst-N_{min}-Werte

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
verminderter Reihenabstand auf 35 bis 45 cm bei Mais Verzicht auf Bodenbearbeitung nach der Maisernte, sofern Sommerung folgt	ein früherer Bestandsschluss kann erreicht werden, eignet sich v. a. für Silomais (und Biogas-Energiemais) Reduzierung der Mineralisation, aber Probleme mit Maiszünsler und Fusarien möglich Empfehlung: max. N-Düngung bis 140 kg N/ha (incl. Unterfußdüngung) - Erhöhung der Maßnahmenwirksamkeit bei begrenzter N-Düngung
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Maissaat mit üblichem Reihenabstand (75 cm)	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	++	Acker	+++					
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	0					
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	++	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha	+++	Gemüse	0					
Moorstandorte		+	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung: auch als Erosionsschutzmaßnahme bei Hangneigung											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
25	50	90	N-Saldo	0	10	20	1,3	5,0	9999		
			Herbst-N _{min}	0	10	15	1,7	5,0	9999		
			N-Fracht	0	5	10	2,5	10,0	9999		
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+			Klimaschutz			0		
Prüffähigkeit			++			Landschafts- und Naturschutz			0		
Verwaltungsaufwand			+++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			++		

Kommentare: Die Maßnahmenwirksamkeit wird fachlich unterschiedlich bewertet. Die Wirkung steigt bei sub-optimaler N-Düngung. Daher ist hier die Maisensaat mit einer reduzierten N-Düngung und einer reduzierten Bodenbearbeitung nach der Maisernte kombiniert.

4.4 Bodenbearbeitung

4.4.1 Mulchsaat zu Sommerungen (M16)

Zielsetzung: Verminderung der N-Mineralisation (Konservierung des organischen N im Boden), Verminderung des Oberflächenabflusses

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
flache, nicht wendende Bodenbearbeitung bis max. 10 cm tief Mulchsaat von Zuckerrüben, Mais, Kartoffeln nur nach Zwischenfruchtanbau Mulchen frühestens ab 15.02., kurz vor Neubestellung	Ernterückstände auf der Bodenoberfläche vermindern Erosionsgefahr, fehlende Durchlüftung/Mischung des Bodens verzögert Mineralisation Konservierung des mineralischen N nach der Ernte der Vorfrucht über Winter Verminderung der Erosionsgefahr, Verzögerung der Mineralisation
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Aussaats nach Pflug und Saatbettbereitung	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung				
leicht, < 600 mm	+++	MF < 40 kg N/ha	+++	Acker	+++					
leicht, >= 600 mm	+++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	0					
schwer, < 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	0					
schwer, >= 600 mm	++	FB 40 – 120 kg N/ha	++	Gemüse	++					
Moorstandorte	+	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung: für Ackerflächen mit Hangneigung, bes. an Oberflächengewässern und Regionen mit Starkregenereignissen im Frühjahr										
Entgelt [€/ha]			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]				
min.	Mittel	max.	Erfolgparameter	min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.	
40	80	120	N-Saldo	0	0	0	9999	9999	9999	
			Herbst-N _{min}	0	10	20	2,0	8,0	9999	
			N-Fracht	0	10	25	1,6	8,0	9999	
Umsetzbarkeit der Maßnahme				sonstige ökologische Wirkungen						
Akzeptanz				++		Klimaschutz				0
Prüffähigkeit				++		Landschafts- und Naturschutz				+
Verwaltungsaufwand				++		Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss				+++

Kommentare: Zentrale Maßnahme zur Verminderung der Erosion bei Hangneigung, ohne vorangestellter Zwischenfrucht zu geringe Wirksamkeit für den Grundwasserschutz. Besonders effektiv entlang von Oberflächengewässern. In Regionen mit genügend Niederschlägen und Sommerunganbau ist die Akzeptanz höher als in Trockenregionen und vermehrtem Winterunganbau. Prämienhöhe und Notwendigkeit der Prämie (Kostensenkung versus Technikbedarf) unter Experten umstritten. Durch eine dauerhaft pfluglose Bewirtschaftung (Mulch- bzw. Direktsaat) kann eine höhere Schutzwirkung erzielt werden.

4.4 Bodenbearbeitung

4.4.2 Direktsaat (M17)

Zielsetzung: Verminderung der N-Mineralisation, Verminderung des Oberflächenabflusses

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung, Einsaat der Folgefrucht im Direktsaatverfahren	Ernterückstände auf der Bodenoberfläche vermindern Erosionsgefahr, fehlende Durchlüftung/Mischung des Bodens verzögert Mineralisation
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Aussaat nach Pflug und Saatbettbereitung	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum	Betriebstyp / Norg-Anfall	Flächennutzung	
leicht, < 600 mm +	MF < 40 kg N/ha ++	Acker ++	
leicht, >= 600 mm ++	VE 40 - 120 kg N/ha ++	Grünland 0	
schwer, < 600 mm +	VE >120 kg N/ha +	Dauerkultur 0	
schwer, >= 600 mm ++	FB 40 - 120 kg N/ha ++	Gemüse +	
Moorstandorte ++	FB > 120 kg N/ha +		
Erläuterung Flächeneignung: für Ackerflächen mit Hangneigung, insbesondere an Oberflächengewässern; auf leichten und sehr schweren Böden kaum möglich (Dichtlagerung der Böden)			
Entgelt [€/ha]	Erfolgsparemeter	Minderung [kg N/ha]	Kostenwirksamkeit [€/kg N]
min. Mittel max.		min. Mittel max.	min. Mittel max.
40 80 200	N-Saldo	0 5 10	4,0 16,0 9999
	Herbst-N _{min}	0 10 20	2,0 8,0 9999
	N-Fracht	0 10 20	2,0 8,0 9999
Umsetzbarkeit der Maßnahme	sonstige ökologische Wirkungen		
Akzeptanz +	Klimaschutz 0		
Prüffähigkeit +++	Landschafts- und Naturschutz +++		
Verwaltungsaufwand +++	Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss +++		

Kommentare: Maßnahme zur Verminderung der Erosion, Minderung des N-Austrages über Erosion um bis zu 10 kg N/ha möglich, dabei wichtiger Einflussfaktor: Hangneigung. Expertenkommentar: Bei fehlender Stoppelbearbeitung und geringem Strohaufkommen wird der kapillare Wasseraufstieg nicht unterbrochen, wodurch unnötiger Wasserverlust auftritt. Weitere Probleme: verzögerte Keimung der Ausfallsamen; ungeeignet nach Mais (Zünsler, Fusarium, Stoppelverrottung); anspruchsvolle Systemumstellung.

4.4 Bodenbearbeitung

4.4.3 Reduzierte Bodenbearbeitung nach Raps (M18)

Zielsetzung: Hemmung der N-Mineralisation im Herbst durch späte und nicht-wendende Bodenbearbeitung

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
keine Bodenbearbeitung nach der Rapsernte, einmaliges Schlegeln der Rapsstengel, Walzen bzw. Strohsriegeln bis 7 Tage nach der Ernte keine N-Düngung zur Strohrotte bzw. zu nachfolgendem Wintergetreide bis zum 31.12. des Vertragsjahres nicht-wendende Bodenbearbeitung frühestens ab dem 20.09. des Erntejahres erlaubt eine Randbearbeitung ist zulässig, die bearbeitete Fläche gilt nicht als Vertragsfläche	durch Bodenruhe Minimierung der Mineralisation Mulchsaatenverfahren für die nachfolgende Frucht zur Minderung der Mineralisation sinnvoll zur Schneckenbekämpfung
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Stoppelbearbeitung nach Raps sowie Grubbern oder Pflugfurche vor Bestellung der Folgefrucht (Wintergetreide)	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	+	MF < 40 kg N/ha	++	Acker	+++					
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	0					
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha	++	Gemüse	0					
Moorstandorte		+	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung: geeignet für Raps-Wintergetreide-Fruchtfolgen											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
25	40	60	N-Saldo			0	10	20	1,3	4,0	9999
			Herbst-N _{min}			0	10	40	0,6	4,0	9999
			N-Fracht			0	10	30	0,8	4,0	9999
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz						Klimaschutz					
Prüffähigkeit						Landschafts- und Naturschutz					
Verwaltungsaufwand						Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss					

Kommentare: Nur wenige Literaturquellen zur Maßnahmenwirkung verfügbar. Auf leichten Standorten besteht die Gefahr, dass die N-Mineralisation nur etwas verzögert wird und die N-Freisetzung vor Winter dennoch stattfindet. Beschränkung der Stoppelbearbeitung nach Raps kann zu Akzeptanzschwierigkeiten führen.

4.4 Bodenbearbeitung

4.4.4 Verzicht auf Bodenbearbeitung bis Mitte November nach der Getreideernte vor Sommerung (M19)

Zielsetzung: Reduzierung der herbstlichen N-Mineralisation durch Verzicht auf Stoppelbearbeitung nach der Ernte

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
nach der Getreideernte (kein Mais) bis zum 14.11 Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung ab 15.11. flach lockernde Bodenbearbeitung (<10 cm) erlaubt keine N-Düngung zur Strohrotte eine Randbearbeitung ist zulässig, die bearbeitete Fläche gilt nicht als Vertragsfläche	durch Bodenruhe Minimierung der Mineralisation (Maßnahme geeignet, falls kein Zwischenfruchtanbau möglich) auf schweren Böden ist eine Bearbeitung im Frühjahr meist schwer möglich und mit der Gefahr von Bodenverdichtungen verbunden sinnvoll zur Schneckenbekämpfung
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Stoppelbearbeitung nach Getreide, ggf. Pflugfurche vor Mitte November	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung						
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	++	Acker	++						
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	0						
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	0						
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha	++	Gemüse	0						
Moorstandorte	0		FB > 120 kg N/ha	+++								
Erläuterung Flächeneignung: besonders geeignet in Regionen mit geringen Niederschlägen im Spätsommer												
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]			
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.	
20	30	50	N-Saldo			0	5	10	2,0	6,0	9999	
			Herbst-N _{min}			0	10	20	1,0	3,0	9999	
			N-Fracht			5	10	15	1,3	3,0	10,0	
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen						
Akzeptanz						++			Klimaschutz			0
Prüffähigkeit						+++			Landschafts- und Naturschutz			++
Verwaltungsaufwand						+++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			++

Kommentare: Die Maßnahme konkurriert mit dem Zwischenfruchtanbau, der deutlich effektiver die Herbst-N_{min}-Werte reduziert. In Einzeljahren oder in Regionen mit geringen Niederschlägen ist diese Maßnahme jedoch eine gute Alternative zur praxisüblichen Stoppelbearbeitung. Problem: nur wenige Literaturquellen zum Monitoring. Bei fehlender Stoppelbearbeitung und geringem Strohaufkommen wird der kapillare Wasseraufstieg nicht unterbrochen, dadurch höherer Wasserverlust. Expertenkommentar: Statt Verzicht auf Stoppelbearbeitung ggf. Striegeleinsatz ("minimale Stoppelbearbeitung").

4.4 Bodenbearbeitung

4.4.5 Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung (M20)

Zielsetzung: Reduzierung der herbstlichen N-Mineralisation durch Verzicht auf Bodenbearbeitung nach der Ernte

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
nach der Maisernte keine Bodenbearbeitung	Reduzierung der Mineralisation durch Bodenruhe, aber Probleme mit Maiszünsler und Fusarien möglich
früheste Bodenbearbeitung ab 01.03., vor Mais frühestens ab 01.04.	lange Bodenruhe über Winter, später Beginn der N-Mineralisation im Frühjahr
Einsatz eines Totalherbizids im Frühjahr ist zulässig	Erhöhung der Akzeptanz der Maßnahme, Vermeidung erhöhter Mineralisation durch mehrfache Bodenbearbeitung
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Stoppelbearbeitung nach Mais, ggf. Pflugfurche vor Winter	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	++	Acker	+++					
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	0					
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 – 120 kg N/ha	++	Gemüse	0					
Moorstandorte		+	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung: in Regionen mit geringen Niederschlägen im Spätsommer											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparameter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
20	25	30	N-Saldo			0	5	10	2,0	5,0	9999
			Herbst-N _{min}			0	10	20	1,0	2,5	9999
			N-Fracht			5	10	15	1,3	2,5	6,0
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			++			Klimaschutz			0		
Prüffähigkeit			+++			Landschafts- und Naturschutz			+		
Verwaltungsaufwand			+++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			++		

Kommentare: In manchen Regionen wird bereits häufig auf eine Bodenbearbeitung nach der Maisernte verzichtet, so dass dort der Mitnahmeeffekt groß ist; evtl. Ausgleich für Verzicht auf das Stoppelmulchen (Fusarium).

4.5 Grünland

4.5.1 Grünlandextensivierung (M21)

Zielsetzung: Verminderung des N-Überschusses

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
durchschnittlicher jährlicher Viehbesatz (Viehbesatzstärke) unter 1,4 RGV/ha Hauptfutterfläche kein Einsatz minderalischer N-Düngemittel mindestens eine Schnittnutzung pro Jahr keine Meliorationsmaßnahmen keine Umwandlung von Grünland in Ackerland	Vermeidung von hohen N-Auswaschungen über tierische Ausscheidungen zusätzliche Düngung würde zu vermehrten N-Austrägen führen Abfuhr von Erntegut muss gewährleistet sein, sonst keine Verminderung der N-Bilanzüberschüsse Vermeidung von Mineralisierungsschüben N-Bodenvorrat konservieren
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Intensivere Grünlandnutzung mit höherer Viehbesatzstärke je Hektar Grünland und Mineraldüngung	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung						
leicht,	< 600 mm	+++	MF < 40 kg N/ha	0	Acker	0					
leicht,	>= 600 mm	+++	VE 40 - 120 kg N/ha	0	Grünland	+++					
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	0	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	+	FB 40 - 120 kg N/ha	++	Gemüse	0					
Moorstandorte		+++	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung: in Regionen mit intensiver Grünlandbewirtschaftung											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
80	100	150	N-Saldo	10	30	60	1,3	3,3	15,0		
			Herbst-N _{min}	0	10	20	4,0	10,0	9999		
			N-Fracht	0	10	20	4,0	10,0	9999		
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+			Klimaschutz			++		
Prüffähigkeit			++			Landschafts- und Naturschutz			++		
Verwaltungsaufwand			++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+++		

Kommentare: Die Akzeptanz der extensiven Grünlandnutzung hängt stark von der bisherigen Intensität der Grünlandnutzung, Flächenproduktivität und von Zupachtmöglichkeiten ab. Maßnahme ist in Regionen mit intensiver Milchviehhaltung und eingeschränkten Zupachtmöglichkeiten nicht geeignet. Förderung von Grünlandextensivierung führt zu Aufnahme von Pachtgrünland und Senkung der Düngungsintensität (incl. reduzierter Mineraldüngung). Wirksamkeit für den Gewässerschutz stark von Standort abhängig (Weideflächen, leicht durchlässige Böden, Hanglagen).

4.5 Grünland

4.5.2 Extensive Weidewirtschaft (M22)

Zielsetzung: Vermeidung erhöhter N-Salden, erhöhter Herbst-N_{min}-Werte und Direkteinträge; Erzielung eines gleichmäßigen Entzugs der Grünmasse und eine an den Bedarf angepasste Nährstoffversorgung des Grünlands

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
keine Beweidung nach dem 15.10. Begrenzung der Weidebesatzdichte auf 2 GV/ha (Weideviehbestand/ha zu einem gegebenen Zeitpunkt) Ausmähen der Geilstellen Abzäunung von Oberflächengewässern keine Zufütterung auf der Weide, Ausnahme: Raufutterangebot zur Erhaltung der Tiergesundheit in der Übergangszeit von der Stall- zur Weidehaltung	Vermeidung der Zerstörung der Grasnarbe, späte N-Zufuhr über die tierischen Ausscheidungen kann nicht in Pflanzenmasse aufgenommen werden Futterentzug und Nährstoffrücklieferung über Exkreme sind aufeinander abzustimmen gleichmäßige Beweidung bei Nachweide Verhinderung von Direkteinträgen Vermeidung einer Erhöhung der Bilanzsalden
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Intensive Mähweide- oder Weidenutzung ohne Beschränkung der Besatzdichte, der Zufütterung und der Beweidung im Herbst, kein Auszäunen von Oberflächengewässern	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung						
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	0	Acker	0					
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	0	Grünland	+++					
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	0	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha	+++	Gemüse	0					
Moorstandorte		+++	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung: Hangneigung, Böden und natürliche Ertragsfähigkeit des Standortes sind mit zu berücksichtigen											
Entgelt [€/ha]			Erfolgparameter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
50	77	110	N-Saldo			20	40	60	0,8	1,9	5,5
			Herbst-N _{min}			0	20	40	1,3	3,9	9999
			N-Fracht			0	10	20	2,5	7,7	9999
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			++			Klimaschutz			++		
Prüffähigkeit			+			Landschafts- und Naturschutz			++		
Verwaltungsaufwand			+			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+++		

Kommentare: Ein gleichmäßiger Futteraufwuchs und -entzug bringt ökonomische Vorteile, wobei die Einschätzung der ökologischen Wirkung schwierig ist. Die Reduzierung der potenziellen Auswaschungsgefahr und des N-Saldos ist gegeben. Expertenkommentar: Bei intensiver Weidenutzung können erhebliche N-Austräge auftreten. Ein am Wasserschutz orientiertes Weidemanagement geht über die oben genannten Bewirtschaftungsbedingungen hinaus, hierzu gehören u. a. noch eine angepasste Düngung und ein an den Aufwuchs angepasster Weidewechsel. Sie können jedoch nicht Bestandteil einer handlungsorientiertem Agrarumweltmaßnahme werden, da deren Kontrolle nicht bzw. nur sehr eingeschränkt möglich ist.

4.5 Grünland

4.5.3 Umbruchlose Grünlanderneuerung (M23)

Zielsetzung: Verminderung der N-Mineralisation (Konservierung des organischen N im Boden)

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Grünlanderneuerung ohne Bodenbearbeitung, sondern nur mit Schlitztechnik	Minderung der N-Mineralisation
Saatzeitpunkt am besten im Frühjahr	für sommertrockene Lagen ungünstig, daher Saatzeitpunkt variabel lassen
Auswahl standort- und nutzungsangepasster Saadmischungen	Beachtung von Reifezeit, Winterhärte, Krankheitsresistenz, etc.
ausreichende Saatgutmenge	nach Beratungsempfehlungen für Standort, Nutzung und Saatzeitpunkt passend, um gewünschte dichte Grasnarbe zu realisieren
richtige Nachbewirtschaftung der Jungbestände	nach Beratungsempfehlungen
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Grünlanderneuerung mit Umbruch (im Spätsommer)	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung				
leicht,	< 600 mm	+++	MF < 40 kg N/ha	0	Acker	0			
leicht,	>= 600 mm	+++	VE 40 - 120 kg N/ha	0	Grünland	+++			
schwer,	< 600 mm	++	VE >120 kg N/ha	0	Dauerkultur	0			
schwer,	>= 600 mm	+++	FB 40 - 120 kg N/ha	+++	Gemüse	0			
Moorstandorte		+++	FB > 120 kg N/ha	+++					
Erläuterung Flächeneignung:									
Entgelt [€/ha]			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]			
min.	Mittel	max.	Erfolgparameter	min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
20	40	50	N-Saldo	0	0	0	9999	9999	9999
			Herbst-N _{min}	40	60	80	0,3	0,7	1,3
			N-Fracht	40	60	80	0,3	0,7	1,3
Umsetzbarkeit der Maßnahme				sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			++	Klimaschutz			0		
Prüffähigkeit			++	Landschafts- und Naturschutz			++		
Verwaltungsaufwand			+++	Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+++		

Kommentare: Wichtig zur Minderung des N-Austrages ist neben der Technik der Grünlanderneuerung auch der Zeitpunkt der Bodenbearbeitung. Die umbruchlose Grünlanderneuerung ist zum Teil beim Vertragsnaturschutz / Grünandextensivierung fester Bestandteil für eine Förderung.

4.6 N-Mineraldüngung

4.6.1 Reduzierte N-Mineraldüngung (Acker) inkl. Verzicht auf Spätgabe bei Getreide (M24)

Zielsetzung: Senkung der N-Überschüsse, Vermeidung von nicht ausgenutztem Düngerstickstoff durch Verzicht auf eine Spätgabe

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Erstellung einer schlag- und fruchtspezifischen Düngungsplanung	Abschätzen des standort- und kulturartspezifischen N-Bedarfs unter Berücksichtigung der Bodennachlieferung und der Bestandesentwicklung
Festlegung der Obergrenzen für die Stickstoff-Gesamtdüngung (Sollwert-Düngung minus 10 bis minus 20 %) und der Einzelgaben (max. 80 kg N/ha)	Anpassung der Düngung an die standörtliche Ertrags expectation (Berücksichtigung des kultur- und sortenspezifischen Bedarfs)
keine späte N-Gabe bei Getreide, Düngung bis zum EC-Stadium 37 ("Erscheinen des Fahnenblattes")	Verhinderung von nichtausgenutztem Düngerstickstoff bei Vorsommer-/ Sommertrockenheit
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
N-Düngung nach Düngeempfehlungen	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	+++	Acker	++					
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	0					
schwer,	< 600 mm	++	VE >120 kg N/ha	++	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha	++	Gemüse	+					
Moorstandorte		+++	FB > 120 kg N/ha	++							
Erläuterung Flächeneignung:											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
50	80	300	N-Saldo	20	30	40	1,3	2,7	15,0		
			Herbst-N _{min}	0	5	10	5,0	16,0	9999		
			N-Fracht	0	5	10	5,0	16,0	9999		
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+			Klimaschutz			++		
Prüffähigkeit			0			Landschafts- und Naturschutz			+		
Verwaltungsaufwand			+			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			0		

Kommentare: Je nach Stickstoffbodenvorrat und Kultur führt eine Reduzierung der N-Düngung unterhalb des Pflanzenbedarfs zu Ertragsdepressionen in sehr unterschiedliche Höhe und somit auch zu unterschiedlich hohen Wirkungen auf ökologische Wirkung und Kosten; Maßnahmenumsetzung z. T. in Verbindung mit Wechsel von Qualitäts- zu Futtergetreideanbau möglich. Expertenkommentar: Oft enthalten auch heute noch Düngeempfehlungen Sicherheitszuschläge, daher führt eine Reduzierung der Düngung unter die empfohlenen Nährstoffmengen in der Regel nicht zu Ertragsdepressionen. Diese Maßnahme eignet sich aufgrund mangelnder Prüffähigkeit nicht als handlungsorientierte Agrarumweltmaßnahme. Die gewünschte Reduzierung der Mineraldüngung ist über die ergebnisorientierte Honorierung und ein verbessertes Dünge management evtl. in Verbindung mit einem Audit möglich.

4.6 N-Mineraldüngung

4.6.2 Zeitpunkt der N-Mineraldüngung auf Acker (M25)

Zielsetzung: Verbesserung der N-Ausnutzung aus Mineraldünger

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
keine N-Mineraldüngung im Spätsommer/ Herbst auf Flächen, wo dies laut DüV zulässig wäre	Überschuss aus Spätdüngung mit anschließender Trockenheit soll vermieden werden
keine N-Gabe (organisch oder mineralisch) zur Strohrotte	keine Erhöhung des N-Saldos
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Mineral- (und organische) Düngung im Herbst, z. B. zur Strohrotte	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha		++	Acker		++			
leicht,	>= 600 mm	+++	VE 40 - 120 kg N/ha		++	Grünland		0			
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha		+	Dauerkultur		0			
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha		++	Gemüse		0			
Moorstandorte		+	FB > 120 kg N/ha		+						
Erläuterung Flächeneignung: nach Getreide in Regionen, wo üblicherweise eine mineral. N-Düngung zur Strohrotte erfolgt											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
			N-Saldo			0	10	20	1,0	2,0	9999
20			Herbst-N _{min}			0	10	20	1,0	2,0	9999
			N-Fracht			0	10	20	1,0	2,0	9999
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			++			Klimaschutz			+		
Prüffähigkeit			0			Landschafts- und Naturschutz			0		
Verwaltungsaufwand			0			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			0		

Kommentare: Es ist bei dieser Maßnahme von sehr hohen Mitnahmeeffekten auszugehen, da die herbstliche, mineralische Düngung nur von wenigen Betrieben durchgeführt wird. Ein Verzicht auf N-Gabe zur Strohrotte ist für viehhaltende Betriebe nur bei ausreichender Lagerkapazität möglich. Expertenkommentare: Verzicht kann bei sehr hohem Strohanfall problematisch sein (z. B. Saatbett für Folgekultur); Kontrolle ist schwierig. Diese Maßnahme eignet sich aufgrund mangelnder Prüffähigkeit und hohem Verwaltungsaufwand nicht als handlungsorientierte Agrarumweltmaßnahme, kann jedoch Bestandteil eines angepassten Düngemanagements sein.

4.6 N-Mineraldüngung

4.6.3 Einsatz stabilisierter N-Mineraldünger bei Wintergetreide und Kartoffeln (M26)

Zielsetzung: Verbesserte Synchronisation von Nitratfreisetzung und Aufnahme; Erhöhung der N-Effizienz durch Verminderung der N-Auswaschungsverluste und gasförmigen N-Verluste durch die Zugabe von Nitrifikationsinhibitoren

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
ausschließlicher Einsatz stabilisierter N-Mineraldünger bis zum 15. Mai	Vermeidung von N-Verlusten im Frühjahr, Erhöhung der N-Effizienz durch eine N-Freisetzung, die stärker dem Bedarf der Pflanzen angepasst ist
keine Herbst-N-Düngung (mineralisch und organisch) nach der Ernte der Vorfrucht bis zum 15.02.	Vermeidung einer Herbstdüngung, bei Zufuhr von Gülle/ Mist ist der Effekt der N-Stabilisierung von Mineraldüngern deutlich reduziert; zusätzliche organische Düngung hebt den Effekt des stabilisierten N-Mineraldüngers auf
Nachweis über Einkaufs- /Einsatzbeleg der stabilisierten N-Dünger	
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Einsatz nicht stabilisierter N-Mineraldünger	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung						
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	++	Acker	+++					
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	0					
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	+	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	+	FB 40 – 120 kg N/ha	++	Gemüse	+					
Moorstandorte		0	FB > 120 kg N/ha	+							
Erläuterung Flächeneignung: besonders geeignet auf leichten, nährstoffärmeren Standorten bei einmaliger Gabe zu Vegetationsbeginn auf Ackerstandorten											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
25	30	35	N-Saldo	0	10	20	1,3	3,0	9999		
			Herbst-N _{min}	0	10	20	1,3	3,0	9999		
			N-Fracht	0	10	20	1,3	3,0	9999		
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			++			Klimaschutz			+		
Prüffähigkeit			++			Landschafts- und Naturschutz			0		
Verwaltungsaufwand			++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			0		

Kommentare: Der Einsatz im Frühjahr dient vorrangig der Vermeidung der Frühjahrsauswaschung und einer Reduzierung des N-Saldos. Die Maßnahme wirkt ertragsstabilisierend. Expertenkommentar: exakte Ertragssteuerung mit stab. N-Dünger nicht möglich; Einsatz von Stabilisatoren kann unter Umständen auch die N-Effizienz verschlechtern, wenn nach einmaliger N-Gabe ungünstige Wachstumsfaktoren herrschen und der verfügbare Stickstoff nicht von den Pflanzen in vollem Umfang benötigt wird; Wirksamkeit wird bei gleichzeitiger Reduktion der Düngemenge deutlich verbessert. Neben dem Einsatz stabilisierter Mineraldünger finden auch Nitrifikationshemmstoffe zu Gülle Anwendung.

4.6 N-Mineraldüngung

4.6.4 Einsatz des CULTAN-Verfahrens (M27)

Zielsetzung: Verringerung der N-Auswaschung und Erhöhung der N-Effizienz durch Ammoniumdepotbildung

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Einsatz des Injektionsrades mit Flüssigdüngerlösung ausschließlicher Einsatz der Cultan-Technik keine Herbst-N-Düngung (mineralisch und organisch) nach der Ernte der Vorfrucht bis zum 15.02. Nachweis über Einkaufsbeleg / Einsatzbeleg	Vermeidung von N-Verlusten im Frühjahr, Erhöhung der N-Effizienz, Umstellung der Pflanzenernährung auf Ammoniumdüngung Umstellung der Wurzeln auf Ammoniumernährung Vermeidung einer Herbstdüngung, bei Zufuhr von Gülle/ Mist ist der Effekt der N-Stabilisierung deutlich reduziert;
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Einsatz nicht stabilisierter N-Mineraldünger	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	+++	Acker	+++					
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	+++	Grünland	0					
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	+	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	+	FB 40 - 120 kg N/ha	++	Gemüse	+++					
Moorstandorte		0	FB > 120 kg N/ha	+							
Erläuterung Flächeneignung: besonders geeignet auf leichten, nährstoffärmeren Standorten bei ein- bis zweimaliger Gabe zu Vegetationsbeginn auf Ackerstandorten											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparameter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
25	40	50	N-Saldo			0	10	20	1,3	4,0	9999
			Herbst-N _{min}			0	10	20	1,3	4,0	9999
			N-Fracht			0	10	20	1,3	4,0	9999
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			++			Klimaschutz			+		
Prüffähigkeit			+++			Landschafts- und Naturschutz			0		
Verwaltungsaufwand			++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			0		

Kommentare: Der Einsatz im Frühjahr dient vorrangig der Vermeidung der Frühjahrsauswaschung und einer Reduzierung des N-Saldos. Die Maßnahme wirkt ertragsstabilisierend, und bessere Qualitäten im Gemüse konnten durch geringere Nitratgehalte nachgewiesen werden. Expertenkommentar: Das Cultan-Verfahren kann unter Umständen auch die N-Effizienz verschlechtern, wenn nach einmaliger N-Gabe ungünstige Wachstumsfaktoren herrschen und der verfügbare Stickstoff nicht von den Pflanzen in vollem Umfang benötigt wird.

4.6 N-Mineraldüngung

4.6.5 Verbesserte N-Mineraldüngerausbringungstechnik (Exaktstreuer) (M28)

Zielsetzung: erlaubt eine gleichmäßigere Verteilung der Nährstoffe auf der Fläche

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Einsatz eines Düngerstreuer mit Exaktstreutechnik für jegliche mineralische Düngerausbringung (Ausnahme Kalk) Prüfung des Streubildes anhand von Prüfschalen bei allen eingesetzten, unterschiedlichen Düngerchargen im Düngjahr	eine gleichmäßigere Verteilung und Nährstoffverfügbarkeit erhebliche Unterschiede bei den Düngern, bei falscher Einstellung kann auch die neuste Technik ein schlechtes Streubild ergeben
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Mineraldüngerausbringung mit älterer Technik (ältere Schleuderstreuer)	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum	Betriebstyp / Norg-Anfall	Flächennutzung	
leicht, < 600 mm +++	MF < 40 kg N/ha +++	Acker +++	
leicht, >= 600 mm +++	VE 40 - 120 kg N/ha +++	Grünland ++	
schwer, < 600 mm +++	VE >120 kg N/ha +++	Dauerkultur 0	
schwer, >= 600 mm +++	FB 40 - 120 kg N/ha +++	Gemüse ++	
Moorstandorte +++	FB > 120 kg N/ha +++		
Erläuterung Flächeneignung:			
Entgelt [€/ha]	Erfolgsparameter	Minderung [kg N/ha]	Kostenwirksamkeit [€/kg N]
min. Mittel max.		min. Mittel max.	min. Mittel max.
18 26 35	N-Saldo	0 10 20	0,9 2,6 9999
	Herbst-N _{min}	0 5 10	1,8 5,2 9999
	N-Fracht	0 5 10	1,8 5,2 9999
Umsetzbarkeit der Maßnahme		sonstige ökologische Wirkungen	
Akzeptanz	++	Klimaschutz	0
Prüffähigkeit	++	Landschafts- und Naturschutz	0
Verwaltungsaufwand	+	Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss	0

Kommentare: Erfahrungen haben gezeigt, dass häufig die Genauigkeit alter Düngerausbringungstechnik sehr gering ist. Das bedeutet, dass die Düngerverteilung ungleichmäßig (Über- und Unterversorgungen) und damit ungünstig für die pflanzliche Entwicklung ist. Eine bessere N-Effizienz der eingesetzten Mineraldünger erhöht die N-Abfuhr und kann die N-Salden senken.

4.6 N-Mineraldüngung

4.6.6 Reihendüngung in Kartoffeln (M29)

Zielsetzung: Verminderung der N-Auswaschung, bessere Verfügbarkeit der Nährstoffe und damit eine Erhöhung der N-Effizienz

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
<p>mindestens die Hälfte der gesamten N-Düngung ist als Reihendüngung während des Legens oder Häufelns der Kartoffeln auszubringen</p> <p>die Düngung erfolgt nach Sollwertsystem abzüglich 20 kg N/ha, die maximale N-Düngung beträgt 140 kg N/ha ohne und 110 kg N/ha mit vorangestellter Zwischenfrucht</p>	<p>Grundnährstoffdüngung ist auch in Breitverteilung möglich</p> <p>Vermeidung erhöhter N-Salden</p>
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Mineraldüngerausbringung mit älterer Technik (ältere Schleuderstreuer)	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum	Betriebstyp / Norg-Anfall	Flächennutzung	
leicht, < 600 mm +++	MF < 40 kg N/ha +++	Acker +++	
leicht, >= 600 mm +++	VE 40 - 120 kg N/ha ++	Grünland 0	
schwer, < 600 mm +	VE >120 kg N/ha +	Dauerkultur 0	
schwer, >= 600 mm ++	FB 40 - 120 kg N/ha ++	Gemüse 0	
Moorstandorte +	FB > 120 kg N/ha +		
Erläuterung Flächeneignung:			
Entgelt [€/ha]	Erfolgsparameter	Minderung [kg N/ha]	Kostenwirksamkeit [€/kg N]
min. Mittel max.		min. Mittel max.	min. Mittel max.
26	N-Saldo	0 10 20	1,3 2,6 9999
	Herbst-N _{min}	0 10 15	1,7 2,6 9999
	N-Fracht	0 10 15	1,7 2,6 9999
Umsetzbarkeit der Maßnahme		sonstige ökologische Wirkungen	
Akzeptanz	++	Klimaschutz	0
Prüffähigkeit	+	Landschafts- und Naturschutz	0
Verwaltungsaufwand	+	Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss	0

Kommentare: Im Demonstrationsversuchswesen zeigten sich keine Ertragsminderungen, leichte Qualitätsverbesserungen und etwas geringere Herbst-N_{min}-Werte. Die Vorrichtung der Reihendüngung ist auch im Eigenbau möglich. Expertenkommentare: Wasserschutzwirkung ist nicht gesichert nachzuweisen. Maßnahme wird auch bei Sonderkulturen (z. B. Spargel) eingesetzt.

4.6 N-Mineraldüngung

4.6.7 Teilflächenspezifische Düngung (M30)

Zielsetzung: Anpassung der teilflächenspezifischen Düngung an das Ertragspotenzial des Standortes

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Ermittlung von aktuellen, teilflächenspezifischen Grundnährstoffanalysen Einsatz geeigneter Technik für eine teilflächenspezifische Düngerapplikation (z. B. mittels Sensortechnik) eine bedarfsgerechte Düngung (in Teilgaben) auf der Basis der aktuellen Bestandesentwicklung	es sind genaue Kenntnisse über Standort und Nährstoffzustand für die Formulierung von Entscheidungsregeln erforderlich, Grundnährstoffanalysen sind v. a. im ersten Einsatzjahr in ausreichender Beprobungsdichte zwingend erforderlich Vorhandensein entsprechender Technik-Kombination Voraussetzung zur Umsetzung nur bei genauer Bestandsführung ist eine bedarfsgerechte Düngung sowohl hinsichtlich Menge als auch Zeitpunkt möglich
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Keine teilflächenspezifische Düngung	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	+++	Acker	+++					
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	0					
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	+	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 – 120 kg N/ha	++	Gemüse	+++					
Moorstandorte		0	FB > 120 kg N/ha	+							
Erläuterung Flächeneignung: besonders geeignet für große Schläge (> 5 ha) mit vor allem hoher Heterogenität der Böden (Art, Zustand, Wasserverfügbarkeit, etc.)											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
10		250	N-Saldo			10	30	50	0,2		25,0
			Herbst-N _{min}			0	10	20	0,5		9999
			N-Fracht			0	10	20	0,5		9999
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+			Klimaschutz			0		
Prüffähigkeit			+++			Landschafts- und Naturschutz			0		
Verwaltungsaufwand			+			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			0		

Kommentare: Die teilflächenspezifische N-Düngung ist eine wichtige Komponente des Precision Farmings, ein Einsatz dieser Technik sollte in Kombination mit Pflanzenschutz und Erntetechnik erfolgen. Expertenkommentare: In Kombination mit N-Sensor und überbetrieblichen Einsatz sehr sinnvoll. Bei geringen Schlaggrößen nur schwierig umzusetzen. Akzeptanz ist bislang in den Praxisbetrieben nicht sehr groß, da die notwendige Technik sehr teuer ist und hohen Personalaufwand erfordert. Die teilflächenspezifische N-Düngung wird bislang kaum praktiziert, da zu viele Einflussfaktoren berücksichtigt werden müssen. Hierzu sind Weiterentwicklungen der Verfahrensteuerung erforderlich.

4.7. Wirtschaftsdünger

4.7.1 Wirtschaftsdüngermanagement im Betrieb (Stall, Lagerung) (M31)

Zielsetzung: Verminderung der Nährstoffverluste (gasförmig, Eintrag in Boden)

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Abdeckung des Güllelagers z. B. mit Schwimmdecke (Rindergülle), Strohhäcksel oder Zelt Dach befestigte Laufflächen rund um Stall ausreichend große Lagerkapazität (über 6 Monate, bei reinem Ackerbau über 9 Monate)	NH ₃ -Verluste werden reduziert, Abdeckung besonders bei Schweinegülle notwendig Vermeidung von Punktquellen Vermeidung einer Ausbringung zu Zeiten geringen Nährstoffbedarfs; bei Vorhandensein von Grünland geringere Lagerkapazitäten, da größere Zeitspanne in der Ausbringung möglich ist
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Güllelagerungsdauer < 6 Monate (bei reinem Ackerbau < 9 Monate), keine Abdeckung des Güllelagers	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	++	Acker	0					
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	+++	Grünland	0					
schwer,	< 600 mm	++	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 – 120 kg N/ha	+++	Gemüse	0					
Moorstandorte		++	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung:											
Entgelt [€/m ³]			Erfolgspareter			Minderung [kg N/m ³]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
2		4	N-Saldo			1		3	0,7		4,0
			Herbst-N _{min}								
			N-Fracht								
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			++			Klimaschutz			++		
Prüffähigkeit			+++			Landschafts- und Naturschutz			+		
Verwaltungsaufwand			++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			0		

Kommentare: Mindestlagerdauer der Gülle von 6 Monaten ist ab Ende 2008 gesetzlich vorgeschrieben. Abdeckung von Güllelager mit Strohhäcksel ist vergleichsweise kostengünstig. Emissionsarme Gülleausbringung erforderlich, um spätere Ammoniak-Emissionen zu reduzieren. Anrechnung unter Einsparung von Mineraldünger entscheidend für Bilanzwirkung. Die Schaffung ausreichender Lagerkapazitäten kann mit Hilfe von Investitionsförderungen unterstützt werden. Diese Maßnahme erfüllt nicht die Anforderungen einer handlungsorientierten Agrarumweltmaßnahme, kann jedoch Bestandteil eines angepassten Düngemanagements sein.

4.7 Wirtschaftsdünger

4.7.2 Einsatz von Grundwasser schonender Ausbringungstechnik für Gülle und Gärsubstrate (M32)

Zielsetzung: Ersatz von Mineraldünger durch eine Verbesserung der N-Ausnutzung aus Wirtschaftsdüngern

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Ausbringung von Gülle und Gärsubstraten mit Schleppschlauch-, Schleppschuh- oder Schlitztechnik in wachsende Getreide- und Rapsbestände sowie auf Grünland und Ackergras	Förderung der Gülleausbringung im Frühjahr, um die Mineraldüngung zu reduzieren
Ausbringung im Frühjahr/Sommer (ab 01.02. bis 15.07.)	Verbesserung der Verwertung des Stickstoff aus der Gülle bzw. Gärsubstrat; auf Herbstaubbringung verzichten
Erstellung einer Düngungsplanung	Berücksichtigung der verbesserten Düngewirkung von Gülle und Gärsubstrat
Gülle- bzw. Gärsubstratuntersuchung vor Ausbringung	Bestimmen der Nährstoffgehalte (Schnelltest), um Ausbringungsmenge und/oder ergänzende Mineraldüngung ermitteln zu können
Nachweis über Höhe und Fläche der Ausbringung als Beleg bei Fremdausbringung oder als Selbsterklärung	
Anlage eines Düngefensters pro Kultur (Stickstoff-Nulldüngung) bei nachfolgender Mineraldüngung, Arbeitsbreite x 20 m	Erfassung der N-Nachlieferung und Berücksichtigung in der nachfolgenden Düngung
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Gülleausbringung mit Breitverteiler	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung						
leicht,	< 600 mm	+++	MF < 40 kg N/ha	0	Acker	+++					
leicht,	>= 600 mm	+++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	++					
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	+					
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 – 120 kg N/ha	++	Gemüse	0					
Moorstandorte		++	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung: Wachsende Getreide- und Rapsbestände (Schleppschlauch); Grünland und Ackergras (Schleppschuh, Schlitztechnik)											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
15	25	35	N-Saldo			10	25	40	0,4	1,0	3,5
			Herbst-N _{min}			0	10	20	0,8	2,5	9999
			N-Fracht			0	10	20	0,8	2,5	9999
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+++			Klimaschutz			+++		
Prüffähigkeit			+++			Landschafts- und Naturschutz			+		
Verwaltungsaufwand			++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			0		

Kommentare: Ausbringung von Gülle kann mit grundwasserschonender Ausbringungstechnik verstärkt im Frühjahr stattfinden; auf Acker v. a. Schleppschlauchtechnik, Schleppschuh- und Schlitztechnik auf Grünland, bisher kaum Einsatz von Injektionstechnik. Nur bei Einsparung von Mineraldünger (z. B. bei der Frühjahrsdüngung) kann eine positive Bilanzwirkung erreicht werden. Expertenkommentar: Schlitztechnik wg. ungünstiger Wirkung auf die Narbe für Grünland weniger geeignet (Verätzung, Boden- und Narbenschäden); auf Grünland ist die Einhaltung eines nicht zu hohen TS-Gehaltes (< 8 %) für die gute Wirksamkeit zu beachten.

4.7 Wirtschaftsdünger

4.7.3 Einsatz Grundwasser schonender Ausbringungstechnik für Festmist (M33)

Zielsetzung: Ersatz von Mineraldünger durch eine Verbesserung der N-Ausnutzung aus Wirtschaftsdüngern

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Einsatz einer Exaktstreutechnik (Flügelbreitstreuwerk) max. 200 dt/ha und Jahr, keine Ausbringung vom 01.10. - 31.12. Erstellung einer Düngungsplanung Wirtschaftsdüngeruntersuchung vor Ausbringung Nachweis über Höhe und Fläche der Ausbringung als Beleg bei Fremdausbringung oder als Selbsterklärung Anlage eines Düngefensters pro Kultur (Stickstoff-Nulldüngung) bei nachfolgender Mineraldüngung, Arbeitsbreite x 20 m	gleichmäßigere Verteilung der Nährstoffe auf der Fläche Begrenzung der absoluten Ausbringungsmenge, um Nährstoff-Akkumulation im Boden und/oder Auswaschung zu minimieren (Grenzen der DüV beachten) Berücksichtigung der verbesserten Düngewirkung des Festmistes Bestimmen der Nährstoffgehalte, um Ausbringungsmenge und/oder ergänzende Mineraldüngung ermitteln zu können Erfassung der N-Nachlieferung und Berücksichtigung in der nachfolgenden Düngung
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Mistausbringung mit älterer Ausbringungstechnik	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung						
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	+	Acker	+++						
leicht,	>= 600 mm	+++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	+++						
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	0						
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha	++	Gemüse	0						
Moorstandorte		+	FB > 120 kg N/ha	+++								
Erläuterung Flächeneignung:												
Entgelt [€/ha]			Erfolgparameter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]			
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.	
35			N-Saldo	10	15	30	1,2	2,3	3,5			
			Herbst-N _{min}	0	5	10	3,5	7,0	9999			
			N-Fracht	0	5	10	3,5	7,0	9999			
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen						
Akzeptanz			+++	Klimaschutz			+					
Prüffähigkeit			+++	Landschafts- und Naturschutz			0					
Verwaltungsaufwand			++	Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			0					

Kommentare: In Betrieben mit hohen Viehzahlen kaum mehr Festmistverfahren (Ausnahme: Geflügel); bei Geflügelmist häufig Import in Marktfuchtbetriebe und überbetrieblicher Technikeinsatz. Expertenkommentar: Wegen langsamer N-Freisetzung ist Maßnahme nur langfristig wirksam.

4.7 Wirtschaftsdünger

4.7.4 keine Wirtschaftsdüngerausbringung nach Ernte (M34)

Zielsetzung: Ersatz von Mineraldünger durch eine Verbesserung der N-Ausnutzung aus Wirtschaftsdüngern und Vermeidung erhöhter N-Auswaschung über Winter

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
keine Ausbringung von Gülle, Jauche, Geflügelkot, Gärsubstate, Sekundärrohstoffen nach der Ernte der Hauptfrucht im gesamten Betrieb (Ausnahme zu ZF und Raps bis zum 15.9., auf Grünland bis zum 31.09.) nur für Betriebe mit Einsatz von über 100 kg N aus den genannten betriebseigenen organischen Dünger pro Hektar LF	Vermeidung hoher Herbst-N _{min} -Werte Vermeidung von hohen Mitnahmeeffekten für Betriebe mit geringem organischen N-Einsatz
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Wirtschaftsdüngerausbringung nach Ernte der Hauptfrucht im Rahmen der Beschränkungen durch die Düngeverordnung (Düngung zur Strohrotte bis 80 kg N/ha)	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung									
leicht, < 600 mm	+++		MF < 40 kg N/ha	0	Acker	+++								
leicht, >= 600 mm	+++		VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	++								
schwer, < 600 mm	+		VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	+								
schwer, >= 600 mm	++		FB 40 – 120 kg N/ha	++	Gemüse	0								
Moorstandorte	+++		FB > 120 kg N/ha	+++										
Erläuterung Flächeneignung: in Regionen mit intensivem Einsatz organischen Stickstoffs														
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]					
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.			
10	20	30	N-Saldo			20	30	40	0,3	0,7	1,5			
			Herbst-N _{min}			20	30	40	0,3	0,7	1,5			
			N-Fracht			5	10	30	0,3	2,0	6,0			
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen								
Akzeptanz						++			Klimaschutz			++		
Prüffähigkeit						++			Landschafts- und Naturschutz			0		
Verwaltungsaufwand						+			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+		

Kommentare: Zum effizienten Einsatz dieser Maßnahme ist die Einbeziehung der Gesamtbetriebsfläche erforderlich. Die Entschädigungssätze beziehen sich auf die Flächen ohne Brachen und Schwarzbrachen über Winter. Ein Export von Gülle in andere, benachbarte Betriebe kann regionale Wirkung der Maßnahme aufheben. Maßnahmenwirkung ähnlich einer Anforderung an die Mindestlagerungsdauer von Gülle. Die Maßnahme honoriert einen Verzicht auf Gülleeinsatz zur Strohrotte, der durch DüV erlaubt ist.

4.7 Wirtschaftsdünger

4.7.5 Verlängerung der Sperrfristen für Wirtschaftsdünger (M35)

Zielsetzung: Verbesserung der N-Ausnutzung aus Wirtschaftsdünger

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Ausdehnung der Sperrzeit auf 1. Oktober bis 15. Februar keine Ausbringung zur Strohhotte	verringert das Risiko des Überangebots im Herbst und Frühjahr insbesondere auf leichten Standorten können die im Herbst zugeführten Nährstoffe nicht im Oberboden fixiert werden
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Ausbringung von Wirtschaftsdünger im Herbst im Rahmen der Düngeverordnung (auf Ackerland bis 1. November, auf Grünland bis 15. November, ab 1. Februar; keine Beschränkung für Festmist ohne Geflügelkot)	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung				
leicht,	< 600 mm	+++	MF < 40 kg N/ha	0	Acker	++			
leicht,	>= 600 mm	+++	VE 40 - 120 kg N/ha	+	Grünland	+			
schwer,	< 600 mm	++	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	+			
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha	+	Gemüse	0			
Moorstandorte		+++	FB > 120 kg N/ha	+++					
Erläuterung Flächeneignung:									
Entgelt [€/ha]			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]			
min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.	
25			N-Saldo	10	20	30	0,8	1,3	2,5
			Herbst-N _{min}	10	15	20	1,3	1,7	2,5
			N-Fracht	5	10	15	1,7	2,5	5,0
Umsetzbarkeit der Maßnahme			sonstige ökologische Wirkungen						
Akzeptanz			++	Klimaschutz			+		
Prüffähigkeit			++	Landschafts- und Naturschutz			0		
Verwaltungsaufwand			0	Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+		

Kommentare: Maßnahmenwirkung ähnlich einer Anforderung an die Mindestlagerungsdauer von Gülle. Mindestlagerdauer der Gülle von 6 Monaten ist ab Ende 2008 gesetzlich vorgeschrieben und erleichtert die Umsetzung dieser Maßnahme. Expertenkommentar: Gülleausbringung auf Grünland im Herbst weniger kritisch, jedoch sollte auch aus pflanzenbaulicher Sicht eine Gülleausbringung nicht zu spät im Herbst erfolgen (zur Schonung + Erhaltung einer guten, ausdauernden Grasnarbe). Diese Maßnahme eignet sich aufgrund von hohem Verwaltungsaufwand nur bedingt als handlungsorientierte Agrarumweltmaßnahme. Alternativ ist die Förderung von ausreichendem Lagerraum in Verbindung mit einer Verlängerung der Sperrfrist über das gesetzliche Niveau hinaus möglich.

4.7 Wirtschaftsdünger

4.7.6 Wirtschaftsdüngerexport (M36)

Zielsetzung: Vermeidung eines intensiven Wirtschaftsdüngereinsatzes in einem Betrieb

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Abgabe von Wirtschaftsdünger über das Maß der Düngeverordnung hinaus: Ausbringung auf eigener Fläche bis maximal 150 kg N/ha (Acker und Grünland, ohne Brache), Ermittlung entspr. DüV Probenahme im homogenisierten Zustand zeitnah vor Export zur Wirtschaftsdüngeranalyse Lieferscheinverfahren	zur besseren räumlichen Verteilung des Wirtschaftsdüngeraufkommens und gezieltem Einsatz Kenntnisse über Nährstoffgehalte sind sowohl für den abgebenden als auch den aufnehmenden Betrieb Voraussetzung für eine Abschätzung der Düngewirkung sowohl abgebende als auch aufnehmende Betriebe bestätigen schriftlich den Transfer
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Ausbringung des Wirtschaftsdüngers im Tierhaltungsbetrieb (mit hoher Viehbesatzdichte)	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum	Betriebstyp / Norg-Anfall	Flächennutzung	
leicht, < 600 mm +++	MF < 40 kg N/ha 0	Acker ++	
leicht, >= 600 mm +++	VE 40 - 120 kg N/ha +	Grünland +	
schwer, < 600 mm ++	VE >120 kg N/ha +++	Dauerkultur +	
schwer, >= 600 mm ++	FB 40 - 120 kg N/ha +	Gemüse 0	
Moorstandorte +++	FB > 120 kg N/ha +++		
Erläuterung Flächeneignung:			
Entgelt [€/m ³]	Erfolgsparemeter	Minderung [kg N/m ³]	Kostenwirksamkeit [€/kg N]
min. Mittel max.		min. Mittel max.	min. Mittel max.
8	N-Saldo Herbst-N _{min} N-Fracht	4	2,0
Umsetzbarkeit der Maßnahme		sonstige ökologische Wirkungen	
Akzeptanz	++	Klimaschutz	+
Prüffähigkeit	++	Landschafts- und Naturschutz	0
Verwaltungsaufwand	0	Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss	+

Kommentare: Wirksamkeit der N-Emissionsminderung hängt von der verfügbaren Ausbringstechnik, den Standortbedingungen und der N-Verwertung im aufnehmenden Betrieb ab. Zu beachten sind Transportkosten/ Erreichbarkeit abnehmender Betriebe, ggf. Hygieneprobleme bei Auftreten von Viehseuchen und ggf. Problem der Zwischenlagerung. Gegenzurechnen ist der Düngewert der exportierten Gülle. Diese Maßnahme eignet sich nur bedingt als handlungsorientierte Agrarumweltmaßnahme, da ein funktionierendes, länderübergreifendes Liefersystem für Wirtschaftsdünger Voraussetzung ist.

4.7 Wirtschaftsdünger

4.7.7 N-reduzierte Fütterung bei Schweinen (M37)

Zielsetzung: Verminderung der N-Ausscheidungen von Schweinen, geringerer Anfall von N im Wirtschaftsdünger

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
<p>Mastschweine: Verminderung des N-Gehalts im Futter von 17,2 % (25-115 kg) auf 16,2 (25-60 kg), 13,7 (60-85 kg) und 12,0 % (85-115 kg)</p> <p>Phasenfütterung: Mastschweine sollen mindestens 2, besser 3-phasig gefüttert werden.</p> <p>Zusatz von essentiellen Aminosäuren</p> <p>keine Aufstockung der Viehbestände</p>	<p>Verminderung der N-Ausscheidungen</p> <p>Anpassung der N-Versorgung an den veränderten Bedarf der Schweine während des Wachstums</p> <p>Deckung des Bedarfs der Schweine an essentiellen AS (Lysin, Methionin, Threonin, Tryptophan), damit als Folge der Verminderung des Rohproteingehalts keine Leistungsminderungen auftreten</p> <p>Verringerung des Anfalls an N aus organischem Dünger durch Verminderung der N-Ausscheidung eines Einzeltieres soll nicht durch Zunahme der Tierzahl wieder erhöht werden</p>
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Nicht N-reduzierte Fütterung bei Schweinen	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung						
leicht,	< 600 mm	+++	MF < 40 kg N/ha	0	Acker	++					
leicht,	>= 600 mm	+++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	++					
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	++					
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha	0	Gemüse	++					
Moorstandorte		0	FB > 120 kg N/ha	0							
Erläuterung Flächeneignung: Verminderung des Nährstoffanfalls aus Wirtschaftsdünger auf allen Flächen											
Entgelt [€/Stallpl.]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/Stallpl.]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
			N-Saldo			15 %	18 %	25 %			
			Herbst-N _{min}								
			N-Fracht								
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+++			Klimaschutz			+++		
Prüffähigkeit			+++			Landschafts- und Naturschutz			0		
Verwaltungsaufwand			+			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			0		

Kommentare: Umsetzung der N-reduzierten Fütterung in verschiedenen Regionen unterschiedlich stark verbreitet. In viehstarken Regionen schon in großem Umfang realisiert, da so die Möglichkeit besteht, mehr Tiere je ha LF zu halten. Die Maßnahme erlaubt somit ggf. die Ausschöpfung der 170 kg N/ha-Grenze nach DüV. Laut Wertetabelle zur Düngeverordnung kann eine Minderung der N-Ausscheidung von 1-2 kg pro belegtem Stallplatz (Sau/Jungsau/Mastschwein) erreicht werden. Bei Masttieren ist im Vergleich zu Sauenhaltung eine höhere prozentuale Reduzierung der N-Ausscheidung erreichbar. Futterkosten müssen nicht höher liegen, ggf. Mehraufwand durch Einsatz unterschiedlicher Futtermischungen und gezielter Trennung von Altersgruppen. Diese Maßnahme erfüllt nicht die Anforderungen einer handlungsorientierten Agrarumweltmaßnahme, kann jedoch Bestandteil eines angepassten Düngemanagements sein.

4.7 Wirtschaftsdünger

4.7.8 N-reduzierte Fütterung bei Geflügel (M38)

Zielsetzung: Verminderung der N-Ausscheidungen von Geflügel, geringerer Anfall von N im Wirtschaftsdünger

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Verminderung des N-Gehalts im Futter Phasenfütterung Zusatz von essentiellen Aminosäuren keine Aufstockung der Geflügelbestände	Verminderung der N-Ausscheidungen Anpassung der N-Versorgung an den veränderten Bedarf des Geflügels während des Wachstums Deckung des Bedarfs vom Geflügel an essentiellen AS (Lysin, Methionin, Threonin, Tryptophan), damit als Folge der Verminderung des Rohproteingehalts keine Leistungsminderungen auftreten Verringerung des Anfalls an N aus organischem Dünger durch Verminderung der N-Ausscheidung eines Einzeltieres soll nicht durch Zunahme der Tierzahl wieder erhöht werden
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Nicht N-reduzierte Fütterung bei Geflügel	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung						
leicht, < 600 mm	+++		MF < 40 kg N/ha	0	Acker	++					
leicht, >= 600 mm	+++		VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	++					
schwer, < 600 mm	+		VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	++					
schwer, >= 600 mm	++		FB 40 - 120 kg N/ha	0	Gemüse	++					
Moorstandorte	0		FB > 120 kg N/ha	0							
Erläuterung Flächeneignung: Verminderung des Nährstoffanfalls aus Wirtschaftsdünger auf allen Flächen											
Entgelt [€/Stallpl.]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/Stallpl.]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
			N-Saldo			5 %	10 %	15 %			
			Herbst-N _{min}								
			N-Fracht								
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+++			Klimaschutz			+++		
Prüffähigkeit			+++			Landschafts- und Naturschutz			+		
Verwaltungsaufwand			+			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+		

Kommentare: Umsetzung der N-reduzierten Fütterung ist in verschiedenen Regionen unterschiedlich stark verbreitet. In viehstarken Regionen ist sie schon in großem Umfang realisiert, da so die Möglichkeit besteht, mehr Tiere je ha LF zu halten. Die Maßnahme erlaubt somit ggf. die Ausschöpfung der 170 kg N/ha-Grenze nach DüV. Laut Wertetabelle zur Düngeverordnung kann eine Minderung der N-Ausscheidung von 2-4 kg pro 100 Tierplätze (Hähnchen/Junghennen/Legehennen/Puten) erreicht werden. Bei Masttieren ist im Vergleich zu Legehennen eine höhere prozentuale Reduzierung der N-Ausscheidung erreichbar. Futterkosten müssen nicht höher liegen, ggf. Mehraufwand durch Einsatz unterschiedlicher Futtermischungen. Diese Maßnahme erfüllt nicht die Anforderungen einer handlungsorientierten Agrarumweltmaßnahme, kann jedoch Bestandteil eines angepassten Düngemanagements sein.

4.8 Landnutzungsänderung

4.8.1 Umwandlung von Ackerland in Grünland / mehrjährige Feldgrasbewirtschaftung (>4 Jahre) (M39)

Zielsetzung: Minderung des N-Auswaschungspotenzials durch permanenten, mehrjährigen Pflanzenbewuchs

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Einsaat mit einer leguminosenfreien Gräsermischung bis spätestens zum 1.9. Umbruch max. 3 Wochen vor der Nachfruchtbestellung, frühestens zum 1.2. im letzten Vertragsjahr keine Beweidung, Vertragsdauer 4,5 Jahre mindestens einmal jährlich eine Schnittnutzung mit Abfuhr der Grünmasse keine N-Düngung im Zeitraum vom 01.10. bis 31.01. max. N-Düngung 140 kg N/ha in Abhängigkeit von der Höhe der N-Abfuhr	ausreichende Pflanzenentwicklung vor Winter notwendig, Vermeidung zusätzlicher N-Quelle Vermeidung einer vorzeitigen N-Mineralisierung und N-Auswaschung, max. Ausschöpfung des akkumulierten N durch die Folgefrucht Vermeidung der Erhöhung von N-Salden, die Maßnahmenwirksamkeit wird bei Mehrjährigkeit deutlich erhöht Realisierung einer N-Abfuhr zur Senkung des N-Pools Vermeidung von N-Auswaschungen über Winter Vermeidung von erhöhten Bilanzsalden
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Nutzung als Ackerland	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung						
leicht, < 600 mm	+++		MF < 40 kg N/ha	+	Acker	+++					
leicht, >= 600 mm	+++		VE 40 - 120 kg N/ha	0	Grünland	0					
schwer, < 600 mm	+		VE >120 kg N/ha	0	Dauerkultur	0					
schwer, >= 600 mm	++		FB 40 - 120 kg N/ha	+++	Gemüse	+++					
Moorstandorte	+++		FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung: besonders geeignet für Standorte mit erhöhten Humusgehalten (> 8 %) und hoher N-Auswaschungsgefährdung											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
370	400	600	N-Saldo	30	50	80	4,6	8,0	20,0		
			Herbst-N _{min}	30	50	70	5,3	8,0	20,0		
			N-Fracht	30	50	70	5,3	8,0	20,0		
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			0			Klimaschutz			0		
Prüffähigkeit			+++			Landschafts- und Naturschutz			++		
Verwaltungsaufwand			+++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+++		

Kommentare: Diese Maßnahme schafft effiziente Verdünnungsflächen, sie ist insbesondere für Regionen mit überwiegend Ackerbau und vermehrten Grünlandumbrüchen geeignet. Ein Problem kann der Absatz des Grünfutters darstellen, wenn die landwirtschaftlichen Futterbaubetriebe stark zurückgehen. Hier müssen ggf. neue Vermarktungswege geschaffen werden. I. d. R. bleibt Nutzungsrecht als Ackerland bestehen, Landnutzungsänderung daher u. U. nicht dauerhaft. Expertenkommentare: Restriktionen zur Grünlandnutzung wirken überzogen (keine Leguminosen, keine Weide), Auflagen sollten nicht über übliche oder extensive Grünlandnutzung hinausgehen. Nicht-dauerhafte Umwandlung ist nicht zielführend. Eine dauerhafte Umwandlung von Ackerland in Grünland setzt in den meisten Fällen einen Flächenkauf bzw. Flächentausch (z. B. im Rahmen der Flurneuordnung) voraus.

4.8 Landnutzungsänderung

4.8.2 Schaffung von (Ufer)Randstreifen (M40)

Zielsetzung: Vermeidung/ Verringerung direkter Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer/ angrenzende Flächen (Biotope)

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
ganzjähriger Pflanzenbewuchs in einer Breite von 5-30 m Einsaat einer geeigneten, winterharten Gräsermischung, mind. einmal jährlich Schlegeln Nachsaat, falls erforderlich Verbot der Beweidung keine Düngung, keine PSM-Anwendung	nur bei ausreichender Breite kann Pufferwirkung erzielt werden Erhaltung einer dichten, winterharten Grasnarbe; Empfehlung: Abfuhr des Mähgutes zur Aushagerung / Vermeidung einer Nährstoffakkumulation Erhaltung einer geschlossenen Pflanzendecke Vermeidung von Nährstoffeinträgen und Trittschäden Vermeidung von PSM- und Nährstoffeinträgen
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Nutzung von gewässernahen Flächen für Ackerbau, Dauerkulturen oder Gemüse	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung						
leicht,	< 600 mm	+	MF < 40 kg N/ha	+	Acker	+						
leicht,	>= 600 mm	+	VE 40 - 120 kg N/ha	+	Grünland	+						
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	+	Dauerkultur	+						
schwer,	>= 600 mm	+	FB 40 - 120 kg N/ha	+	Gemüse	+						
Moorstandorte		+	FB > 120 kg N/ha	+								
Erläuterung Flächeneignung: die Wirksamkeit ist abhängig von angrenzender Nutzung, Breite des Streifens sowie Hangneigung, daher keine differenzierte Eignungsbewertung; "Umfließen" des Streifens verhindern (ausreichende Länge, keine Lücken)!												
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]			
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.	
		800	N-Saldo									
			Herbst-N _{min}									
			N-Fracht									
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen						
Akzeptanz						Klimaschutz						0
Prüffähigkeit						Landschafts- und Naturschutz						+++
Verwaltungsaufwand						Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss						0

Kommentare: Maßnahme für Gewässerstruktur und Biodiversität wichtig, für Stoffeinträge nur in Sonderfällen (laminarer Abfluss) wirksam. Expertenkommentar: In dem Glauben, dass Uferstreifen als nachgeschalteter "Reparaturmechanismus" Gewässereinträge wirksam vermindern könnten, wird der Fokus von Politik und Beratung von der Ursache, dem mangelnden Bodenschutz auf der (Entstehungs-)Fläche, abgelenkt. Dadurch wird letztlich wirksamer Bodenschutz (erosionsmindernde Bewirtschaftung) verhindert oder zumindest vernachlässigt. Die Filterwirkung von Uferstreifen/Randstreifen wird vielfach erheblich überschätzt: "Ausreichende Breite" reicht als Bedingung für Filterwirkung nicht aus; vielmehr müssen zwei weitere Bedingungen erfüllt sein: (1) Der Randstreifen muss eine ausreichende Infiltrationskapazität aufweisen; dies ist aber im Winter/Frühjahr häufiger nicht gegeben. (2) Der Oberflächenabfluss muss flächenhaft, das heißt als Schichtabfluss in den Randstreifen eintreten. Diese Voraussetzung ist aber, zumindest in Mittelgebirgslandschaften, nur selten der Fall, vielmehr findet im Regelfall in der Landschaft eine Konzentrierung der Abflussbahnen entlang präformierter, linienartiger Fließbahnen statt. Zudem ist Nitrat nicht rückhaltbar, es versickert als "Interflow". Flächenbereitstellung kann Probleme bereiten.

4.9 Wasserbau

4.9.1 Baumaßnahmen am Gewässerufer zur Reduzierung des Oberflächenabflusses in Vorfluter (M41)

Zielsetzung: Direkteintrag in Oberflächengewässer mindern

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Baumaßnahmen am Gewässerufer zum Auffangen von Oberflächenabfluss ggf. zusätzlich Stilllegung des angrenzenden Bereiches	landwirtschaftliche Landnutzung wird eingeschränkt bis verhindert permanente Ermöglichung von Unterhaltungsmaßnahmen
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Nutzung von gewässernahen Flächen für Ackerbau, Dauerkulturen oder Gemüse ohne bauliche Maßnahmen zum Auffangen von Oberflächenabfluss	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung							
leicht,	< 600 mm	+++	MF < 40 kg N/ha	++	Acker	+++							
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	++	Grünland	0							
schwer,	< 600 mm	+++	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	+++							
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha	++	Gemüse	+++							
Moorstandorte		+++	FB > 120 kg N/ha	+++									
Erläuterung Flächeneignung: Schwerpunkt: Bereiche mit großer Hangneigung / hohem Oberflächenabfluss													
Entgelt [€/m]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ m]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]				
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.		
			N-Saldo										
			Herbst-N _{min}										
			N-Fracht										
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen							
Akzeptanz						-						Klimaschutz	0
Prüffähigkeit						+++						Landschafts- und Naturschutz	++
Verwaltungsaufwand						++						Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss	++

Kommentare: s. a. Uferstrandstreifen. Expertenkommentar: Erosionsschutz ist wesentlich effektiver als diese Reparaturmaßnahme, weder Nitrat noch gelöster P ist rückhaltbar. Flächenbereitstellung kann Probleme bereiten. Diese Maßnahme ist keine Agrarumweltmaßnahme, sondern eine Infrastrukturmaßnahme. Sie bedingt eine Bautätigkeit und führt zu einer dauerhaften Landnutzungsänderung. In den meisten Fällen geht ihr ein Flächenkauf bzw. Flächentausch voraus.

4.9 Wasserbau

4.9.2 Rückbau von Drainagen (M42)

Zielsetzung: Erhöhung der Denitrifikation im Boden und Minderung von Mineralisation (geogene N-Vorräte)

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Rückbau zur Wiedervernässung Ackernutzung aufgrund schlechter Drainage nicht mehr möglich	Denitrifikationsleistung steigt und Mineralisierung sinkt (vgl. Wiedervernässung Auen, Anmoore und Moore) (vgl. Umwandlung in Grünland)
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
drainierte Ackerbaustandorte	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum	Betriebstyp / Norg-Anfall	Flächennutzung	
leicht, < 600 mm +++	MF < 40 kg N/ha ++	Acker ++	
leicht, >= 600 mm ++	VE 40 - 120 kg N/ha ++	Grünland ++	
schwer, < 600 mm +++	VE >120 kg N/ha ++	Dauerkultur 0	
schwer, >= 600 mm ++	FB 40 - 120 kg N/ha ++	Gemüse 0	
Moorstandorte +++	FB > 120 kg N/ha ++		
Erläuterung Flächeneignung: drainierte, extensiv genutzte Flächen			
Entgelt [€/ha]	Erfolgsparameter	Minderung [kg N/ha]	Kostenwirksamkeit [€/kg N]
min. Mittel max.		min. Mittel max.	min. Mittel max.
370 400 800	N-Saldo	30 50 80	4,6 8,0 26,7
	Herbst-N _{min}	30 50 70	5,3 8,0 26,7
	N-Fracht	30 50 70	5,3 8,0 26,7
Umsetzbarkeit der Maßnahme	sonstige ökologische Wirkungen		
Akzeptanz	-	Klimaschutz +/-	
Prüffähigkeit	+++	Landschafts- und Naturschutz +++	
Verwaltungsaufwand	++	Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss +++	

Kommentare: I. A. Aufgabe der Ackernutzung, daher aus Kostengründen schwerpunktmäßig für extensiv genutzte Flächen geeignet; keine weiteren Bewirtschaftungsauflagen, da weitgehend "selbstregulierend". Anstieg von N₂O- bzw. NH₄-Emission, Schaffung von Kohlenstoffsinken. Expertenkommentar: sehr kostenintensiv; rechtlich sehr problematisch, da häufig Eigentümer nicht gleichzeitig Bewirtschafter; Aufgabe der Drainage kann Aufgabe der Flächennutzung zur Folge haben. Effizienz der Schutzmaßnahme häufig zweifelhaft. Es stellt sich die Frage nach der Verhältnismäßigkeit der Maßnahme. Die Umsetzung dieser Maßnahmen führt zu einer dauerhaften Landnutzungsänderung und der Drainagerückbau selbst ist keine Agrarumweltmaßnahme, sondern eine Infrastrukturmaßnahme. Die in den meisten Fällen hierdurch bedingte Umwandlung von Acker in Grünland, oft in Verbindung mit einer Extensivierung, kann als handlungsorientierte Agrarumweltmaßnahme gefördert werden. Ein Drainagerückbau setzt in den meisten Fällen einen Flächenkauf bzw. Flächentausch voraus.

4.9 Wasserbau

4.9.3 Wiedervernässung von Auen (M43)

Zielsetzung: Erhöhung der Denitrifikation im Boden und Vermeidung von Mineralisation (geogene N-Vorräte), Reduzierung der N-Auswaschung

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Rückbau von Vorflutern zur Wiedervernässung von Auen-/Niederungsböden (ab 8 % bis 15 % Humus)	Anhebung des Wasserstandes, damit Denitrifikationsleistung steigt
Einsaat einer leguminosenfreien Gräsermischung bis zum 1.9. bei vorheriger Ackernutzung bzw. Beibehaltung des Grünlands	Ackernutzung und intensive Grünlandnutzung aufgrund Wiedervernässung nicht möglich
max. 160 kg N/ha (organ. und mineral.) Düngung in Abhängigkeit zur Nutzung	Senkung der Salden, Ausnutzung des N-Pools
Beweidungsverbot vom 1.11. bis zum 01.03.	Erhalt einer leistungsfähigen Grünlandnarbe durch Vermeidung von Trittschäden
kein Grünlandumbruch, Grünlanderneuerung nur als Schlitzsaat oder Übersaat zulässig	Vermeidung von erhöhten N-Freisetzen
keine Zufütterung auf der Weide, Ausnahme: Rauhfutterangebot zur Erhaltung der Tiergesundheit in der Übergangszeit von der Stall- zur Weidehaltung	Vermeidung einer Erhöhung der Bilanzsalden
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Ackernutzung und intensive Grünlandnutzung auf Auenstandorten	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung						
leicht,	< 600 mm	0	MF < 40 kg N/ha	+	Acker	+++					
leicht,	>= 600 mm	0	VE 40 - 120 kg N/ha	+	Grünland	+++					
schwer,	< 600 mm	0	VE >120 kg N/ha	0	Dauerkultur	0					
schwer,	>= 600 mm	0	FB 40 - 120 kg N/ha	+++	Gemüse	0					
Moorstandorte		+++	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung:											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparameter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.		min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.		
128	250	1000	N-Saldo	30	50	80	1,6	5,0	33,3		
			Herbst-N _{min}	50	100	300	0,4	2,5	20,0		
			N-Fracht	50		>300	0,8		20,0		
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			-	Klimaschutz			+/-				
Prüffähigkeit			+++	Landschafts- und Naturschutz			+++				
Verwaltungsaufwand			+	Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+++				

Kommentare: Minderung der CO₂-Freisetzung und Steigerung der N₂O- bzw. NH₄-Emission. Wichtig: Erhalt eines hohen Wasserstandes auch im Sommer, um Schadstoffeinträge durch geogene Redoxprozesse zu vermeiden. Voraussetzung ist ein Rückbau bzw. Aufstau der Vorfluter, dies ist keine Agrarumweltmaßnahme, sondern eine Infrastrukturmaßnahme. Eine Wiedervernässung landwirtschaftlicher Flächen setzt in den meisten Fällen einen Flächenkauf bzw. Flächentausch voraus, da die Bewirtschaftung der hiervon betroffenen Flächen wenn überhaupt nur noch sehr eingeschränkt möglich ist. Expertenkommentar: Mittelfristig führt Wiedervernässung zur Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung.

4.9 Wasserbau

4.9.4 Wiedervernässung von Anmooren und Mooren (M44)

Zielsetzung: Erhöhung der Denitrifikation im Boden und Vermeidung von Mineralisation (geogene N-Vorräte), Reduzierung der N-Auswaschung

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Rückbau von Vorflutern zur Wiedervernässung in Anmoore (15-30 % Humusgehalt) und Moore (>30 % Humusgehalt) Einsaat einer leguminosenfreien Gräsermischung bis zum 1.9. bei vorheriger Ackernutzung bzw. Beibehaltung des Grünlands max. 100 kg N/ha (organ. und mineral.) Düngung in Abhängigkeit zur Nutzung Beweidungsverbot vom 1.11. bis 1.3.. Beweidung der Fläche nur bei ausreichender Trittfestigkeit erlaubt. Beweidungsverbot bei starker Vernässung kein Grünlandumbruch, Grünlanderneuerung nur als Schlitzsaat oder Übersaat zulässig keine Zufütterung auf der Weide, Ausnahme: Raufutterangebot zur Erhaltung der Tiergesundheit in der Übergangszeit von der Stall- zur Weidehaltung	Anhebung des Wasserstandes, damit Denitrifikationsleistung steigt und Mineralisierung sinkt Ackernutzung und intensive Grünlandnutzung aufgrund Wiedervernässung nicht möglich Senkung der Salden, Ausnutzung des N-Pools Erhalt einer leistungsfähigen Grünlandnarbe durch Vermeidung von Trittschäden, Tiere müssen bei zu starker Vernässung kurzfristig von der Fläche entfernt werden. Vermeidung von erhöhten N-Freisetzungen Vermeidung einer Erhöhung der Bilanzsalden
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Ackernutzung und intensive Grünlandnutzung auf Anmooren und Mooren	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall		Flächennutzung				
leicht, < 600 mm	0		MF < 40 kg N/ha	+	Acker	+++			
leicht, >= 600 mm	0		VE 40 - 120 kg N/ha	+	Grünland	+++			
schwer, < 600 mm	0		VE >120 kg N/ha	0	Dauerkultur	0			
schwer, >= 600 mm	0		FB 40 - 120 kg N/ha	+++	Gemüse	0			
Moorstandorte	+++		FB > 120 kg N/ha	+++					
Erläuterung Flächeneignung:									
Entgelt [€/ha]			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]			
min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.	
128	250	1000	30	50	80	1,6	5,0	33,3	
			50	100	300	0,4	2,5	20,0	
			50	100	>300	0,4	2,5	20,0	
Umsetzbarkeit der Maßnahme			sonstige ökologische Wirkungen						
Akzeptanz			-			Klimaschutz			+/-
Prüffähigkeit			+++			Landschafts- und Naturschutz			+++
Verwaltungsaufwand			+			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			+++

Kommentare: Minderung der CO₂-Freisetzung und Steigerung der N₂O- bzw. NH₄-Emission. Wichtig: Erhalt eines hohen Wasserstandes auch im Sommer, um Schadstoffeinträge durch geogene Redoxprozesse zu vermeiden. Eine Wiedervernässung landwirtschaftlicher Flächen ist keine Agrarumweltmaßnahme, sondern eine Infrastrukturmaßnahme und setzt in den meisten Fällen einen Flächenkauf bzw. Flächentausch voraus. Expertenkommentar: Grünlandnutzung nach Vernässung unrealistisch.

4.10 Betriebs-/Produktionssystem

4.10.1 Ökologischer Landbau (M45)

Zielsetzung: Verminderung des N-Bilanzüberschusses durch Verminderung des Einsatzes von Düngemitteln und zugekauften Futtermitteln

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Bewirtschaftung des Gesamtbetriebes nach den Richtlinien des Ökologischen Landbaus, EG Öko-Verordnung 2092/91	Empfehlungen: N-Austräge aus Leguminosenanbau durch Unter- und Stoppelsaaten, Verzicht auf Herbstumbuch, Gemengeanbau mit Nicht-Leguminosen vermindern Empfehlungen: Nach Kartoffeln Zwischenfruchtanbau (Grünroggen) zur Reduzierung der Herbst-N _{min} -Werte
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Konventionelle Landbewirtschaftung entsprechend Guter fachlicher Praxis (mit Einsatz von N-Mineraldünger, chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln, bei Tierhaltung i. d. R. höhere Viehbesatzdichte)	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	+++	MF < 40 kg N/ha	+++	Acker	+++					
leicht,	>= 600 mm	+++	VE 40 - 120 kg N/ha	+++	Grünland	++					
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	+++					
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha	+++	Gemüse	++					
Moorstandorte		0	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung:											
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
80	170	200	N-Saldo	30	60	120	0,7	2,8	6,7		
			Herbst-N _{min}	20	30	80	1,0	5,7	10,0		
			N-Fracht	0	20	50	1,6	8,5	9999		
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+			Klimaschutz			+		
Prüffähigkeit			+++			Landschafts- und Naturschutz			+++		
Verwaltungsaufwand			++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			++		

Kommentare: Maßnahmenwirksamkeit ist stark von Nutzungsform abhängig. Ackerbaubetriebe zeigen die größten Effekte, wobei der Anbau von Kartoffeln, Leguminosen und Gemüse auch im ökologischen Landbau problematisch sein kann. Die Umstellung einer extensiven Grünlandnutzung auf ökologische Bewirtschaftung hat dagegen eine geringere Wirksamkeit. Expertenkommentare: dauerhaft negative N-Bilanzen können zum Verlust der Bodenfruchtbarkeit führen; Akzeptanz fragwürdig, weil Leguminosen die Hauptquelle für N-Versorgung der Flächen sind; es gibt unterschiedliche Auffassungen bzgl. Akzeptanz und Zukunftsperspektiven.

4.11 Düngemanagement

4.11.1 Düngeplanung (M46)

Zielsetzung: Einsparung von Mineraldünger über ein verbessertes Düngemanagement

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Erstellung einer schlagbezogenen Düngeplanung für die Nährstoffe N, P, K und Kalkung, incl. ggf. der Verteilung der Wirtschaftsdünger und Sekundärrohstoffe für den Gesamtbetrieb Führung einer Ackerschlagkartei und Erstellung einer Schlagbilanz nach tatsächlicher Düngung und realen Erträgen (ggf. auch Qualitäten)	schlagbezogene Düngeplanung für alle Schläge eines Betriebs, um einen Gesamtüberblick zu erhalten und mögliche Einsparungspotenziale aufzudecken zur Erfolgskontrolle der Düngeplanung Empfehlung: Unterstützung durch Beratungsinstitution; Verwendung von EDV-Programm, wobei Düngeplanungsprogramme gekoppelt mit Ackerschlagkartei und Schlagbilanzrechnung vorteilhaft sind.
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Keine EDV- und/oder beratungsgestützte Düngeplanung	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	+++	MF < 40 kg N/ha	+++	Acker	+++					
leicht,	>= 600 mm	+++	VE 40 - 120 kg N/ha	+++	Grünland	+++					
schwer,	< 600 mm	+++	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	+++					
schwer,	>= 600 mm	+++	FB 40 - 120 kg N/ha	+++	Gemüse	+++					
Moorstandorte		+++	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung:											
Entgelt [€/Betrieb]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
400	600	800	N-Saldo			10	40	60	0,2	0,4	2,0
			Herbst-N _{min}			0	20	30	0,3	0,8	9999
			N-Fracht			0	20	30	0,3	0,8	9999
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+++			Klimaschutz			+		
Prüffähigkeit			+++			Landschafts- und Naturschutz			0		
Verwaltungsaufwand			++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			0		

Kommentare: Die gesamtbetriebliche Düngeplanung (mineralisch und organisch) auf Grundlage von aktuellen Grundnährstoffanalysen (nach DüV vorgeschrieben) ermöglicht ein effektives Nährstoffmanagement in landwirtschaftlichen Betrieben. Mögliche Nährstoffüberschüsse können durch langjährige Düngeplanung nachweislich gemindert werden. Düngeberatung unterstützt die Einführung der Düngeplanung. Expertenkommentare: Düngeplanung ist bereits laut DüV erforderlich (Mitnahmeeffekt)! Auch ohne EDV und Beratung kann bedarfsgerecht gedüngt werden, zudem können Planung und Realität differieren. Annahme: Entgelt für Betrieb mit 40 ha. Die Düngeplanung ist fester Bestandteil der Wasserschutzberatung. Als handlungsorientierte Agrarumweltmaßnahme ist sie nicht förderfähig, sie ist jedoch ein wichtiger Baustein bei Einführung der ergebnisorientierten Honorierung.

4.11 Düngemanagement

4.11.2 Frühjahrs-N_{min}-Analyse zur Unterstützung der Düngelplanung (M47)

Zielsetzung: Einsparung von Mineraldünger über ein verbessertes Düngemanagement auf Ackerland

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Bodenbeprobung im Frühjahr bis zur Tiefe von 90 cm und N _{min} -Analyse in anerkanntem Labor	bei Getreide und Raps Frühjahrs-N _{min} hauptsächlich zur Bemessung der N-Teilgaben; bei Mais, Zuckerrüben und Gemüse im späten Frühjahr (Mai-N _{min}) zur Abschätzung des N-Bodenvorrats Empfehlung: Kopplung mit Pflanzenanalyse und genauer Bestandsführung steigert Wirksamkeit
Anrechnung der N _{min} -Werte bei der Düngung	
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Düngung ohne genauere Bedarfsanalyse	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	++	Acker	+++					
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	+++	Grünland	0					
schwer,	< 600 mm	+++	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	+					
schwer,	>= 600 mm	+++	FB 40 - 120 kg N/ha	+++	Gemüse	+++					
Moorstandorte		+++	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung:											
Entgelt [€/Schlag]			Erfolgsparemeter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
20	60	80	N-Saldo			0	20	50	0,4	3,0	9999
			Herbst-N _{min}			0	10	30	0,7	6,0	9999
			N-Fracht			0	10	30	0,7	6,0	9999
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			++			Klimaschutz			+		
Prüffähigkeit			+++			Landschafts- und Naturschutz			0		
Verwaltungsaufwand			++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			0		

Kommentare: Düngberatung unterstützt die Einführung der Düngelplanung unter Einbeziehung von Frühjahrs-N_{min}-Proben. Expertenkommentare: Wirkung ist standort- und witterungsabhängig; Düngempfehlungen oft noch zu hoch; auf leichten Böden Beprobung bis 60 cm ausreichend; auf flachgründigen, schwächeren Böden erweiterter Bilanzansatz besser geeignet. Mit Mai-N_{min} können deutliche Düngesparpotenziale erzielt werden, z. B. Reduzierung oder sogar Verzicht auf 2. N-Gabe zu Zuckerrüben. Annahme: Schlag mit 1 ha Größe für die Berechnung der Kostenwirksamkeit.

4.11 Düngemanagement

4.11.3 Pflanzenanalysen zur Unterstützung der vegetationsbegleitenden Düngelplanung (M48)

Zielsetzung: Einsparung von Mineraldünger über ein verbessertes Düngemanagement

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Pflanzenbeprobung (Nitratek, N-Schnelltest), Analyse und fachliche Auswertung Berücksichtigung bei der nächsten Düngergabe	Beprobung kann durch den Landwirt oder einen Berater geschehen. Eine methodische Einarbeitung in Probenahme und Auswertung ist erforderlich. Empfehlung: Teilnahme an Feldbegehungen und Landwirte-Schulungen sind in der Anfangsphase von Vorteil
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Düngung ohne genauere Bedarfsanalyse	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung					
leicht,	< 600 mm	++	MF < 40 kg N/ha	++	Acker	+++					
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	+++	Grünland	+					
schwer,	< 600 mm	+++	VE >120 kg N/ha	+++	Dauerkultur	+					
schwer,	>= 600 mm	+++	FB 40 – 120 kg N/ha	+++	Gemüse	+++					
Moorstandorte		+++	FB > 120 kg N/ha	+++							
Erläuterung Flächeneignung: insbesondere für Flächen mit hoher N-Nachlieferung (langjähriger Wirtschaftsdüngereinsatz, erhöhter Humusgehalt, Blatt-Vorfrucht, etc.)											
Entgelt [€/Schlag]			Erfolgspareter			Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.				min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
20	40	60	N-Saldo			-10	20	40	0,5	2,0	-6,0
			Herbst-N _{min}			0	10	20	1,0	4,0	9999
			N-Fracht			0	10	20	1,0	4,0	9999
Umsetzbarkeit der Maßnahme						sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz			+++			Klimaschutz			+		
Prüffähigkeit			+++			Landschafts- und Naturschutz			0		
Verwaltungsaufwand			++			Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss			0		

Kommentare: Düngelberatung unterstützt die Einführung der Düngelplanung unter Einbeziehung von Pflanzenanalysen (exakte Düngelbedarfsermittlung). Keine Eignung für Grünland und Feldfutter außer Mais. Annahme: Schlag mit 1 ha Größe für die Berechnung der Kostenwirksamkeit.

4.11 Düngemanagement

4.11.4 Wirtschaftsdünger-Analysen zur Unterstützung der Düngplanung (M49)

Zielsetzung: Einsparung von Mineraldünger durch Anrechnung der sofort pflanzenverfügbaren N-Gehalte

Bewirtschaftungsbedingungen	Erläuterung
Wirtschaftsdüngerbeprobung, Analyse und fachliche Auswertung Berücksichtigung der Düngempfehlungen	bei der Beprobung sind verschiedene Eigenschaften zu beachten (Durchmischung, Lagerung, etc.) Ausreichende Anrechnung der Nährstoffe im Anwendungsjahr und in den Folgejahren
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)	
Organische Düngung ohne Analyseergebnisse	

Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ

Boden-Klima-Raum	Betriebstyp / Norg-Anfall	Flächennutzung	
leicht, < 600 mm +++	MF < 40 kg N/ha +	Acker +++	
leicht, >= 600 mm +++	VE 40 - 120 kg N/ha +++	Grünland ++	
schwer, < 600 mm +++	VE >120 kg N/ha +++	Dauerkultur +	
schwer, >= 600 mm +++	FB 40 - 120 kg N/ha +++	Gemüse 0	
Moorstandorte ++	FB > 120 kg N/ha +++		
Erläuterung Flächeneignung: Flächen mit Wirtschaftsdüngerzufuhr			
Entgelt [€/Betrieb]	Erfolgsparemeter	Minderung [kg N/ha]	Kostenwirksamkeit [€/kg N]
min. Mittel max.		min. Mittel max.	min. Mittel max.
80 200 400	N-Saldo	0 10 40	0,1 0,5 9999
	Herbst-N _{min}	0 10 40	0,1 0,5 9999
	N-Fracht	0 10 40	0,1 0,5 9999
Umsetzbarkeit der Maßnahme	sonstige ökologische Wirkungen		
Akzeptanz ++	Klimaschutz +		
Prüffähigkeit +++	Landschafts- und Naturschutz 0		
Verwaltungsaufwand ++	Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss 0		

Kommentare: Düngberatung unterstützt die Einführung der Düngplanung unter Einbeziehung von Wirtschaftsdüngeranalysen zur exakten Düngbedarfsermittlung (DüV lässt auch Berechnung mit Fauszahlen zu!). Große Spanne der Wirkung je nach Betriebstyp (org N-Ausbringung/ha, Anrechnung in Ausgangssituation). Expertenkommentar: Positiv, denn der Landwirt setzt sich bewusst mit den Nährstoffgehalten seiner Wirtschaftsdünger auseinander. Analyse muss nicht zwingend im Labor stattfinden, sondern kann auch durch Schnelltest erfolgen.

4.12 Maßnahmenvorschläge seitens der Experten

Bei der Expertenbefragung wurde die Möglichkeit eröffnet, die 49 Wasserschutzmaßnahmen um eigene Vorschläge zu ergänzen. Davon haben vier Experten bzw. Expertengruppen Gebrauch gemacht. Die Vorschläge wurden nicht in die Übersicht der Maßnahmenblätter aufgenommen, da zu wenig Informationen bezüglich der exakten Ausgestaltung und der Wirkungen vorlagen. Die vorgetragenen Ansätze sollten aber Gegenstand weiterer Diskussionen sein. Die Vorschläge werden im Folgenden kurz vorgestellt:

- Nitratprämie als Anreiz für geringe Restnitratgehalte im Boden im Herbst (Herbst- N_{\min}): Bei diesem von zwei Experten vorgeschlagenen, ergebnisorientierten Ansatz, der in einem Fall bereits über viele Jahre hinweg erprobt ist, wird den Landwirten je nach Ergebnis einer Bodenuntersuchung im Herbst eine gestaffelte Prämie angeboten. Zu berücksichtigen ist, dass auch andere Parameter wie Witterung oder Bodenart die Reststickstoffgehalte beeinflussen.
- Betriebstyp- und standortspezifische Reduzierung des Flächen-N-Saldos auf Ackerflächen über die gute fachliche Praxis hinaus: N-Salden gemäß Schlagbilanz, die unterhalb der Vorgaben der Düngeverordnung liegen, werden durch eine pauschale Prämie honoriert. Flankierend gelten Auflagen zur Düngeplanung und zur Düngebedarfsermittlung (z. B. Beachtung von Düngungsempfehlungen, N_{\min} -Proben, Nitrat-Schnelltest, Chlorophyllmessung). Solche ergebnisorientierten Maßnahmen wurden in Sachsen-Anhalt und Thüringen im Jahr 2006 in die neuen Programme zur Förderung der Entwicklung des Ländlichen Raums aufgenommen. Die Notifizierung durch die EU-Kommission stand im Frühjahr 2007 noch aus.
- Dauerhafter Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung als komplette Systemumstellung der ackerbaulichen Bodenbearbeitung.
- Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren in Wirtschaftsdüngern.

Insbesondere die ergebnisorientierten Förderungen bieten Ansatzpunkte für die Weiterentwicklung der Agrarumweltförderung (vgl. Kapitel 8).

5 Maßnahmenranking und Maßnahmenkombinationen

Die in den einzelnen Maßnahmenblättern enthaltenen Informationen sind die Grundlage, um die Maßnahmen hinsichtlich ihrer Vorzüglichkeit miteinander vergleichen zu können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Wirkungsabschätzung bei den einzelnen Maßnahmen immer nur für die jeweils genau spezifizierte Maßnahme im Vergleich zur definierten Referenzsituation ohne Maßnahme gilt und unter Berücksichtigung der bestmöglichen Situation hinsichtlich der Maßnahmeneignung.

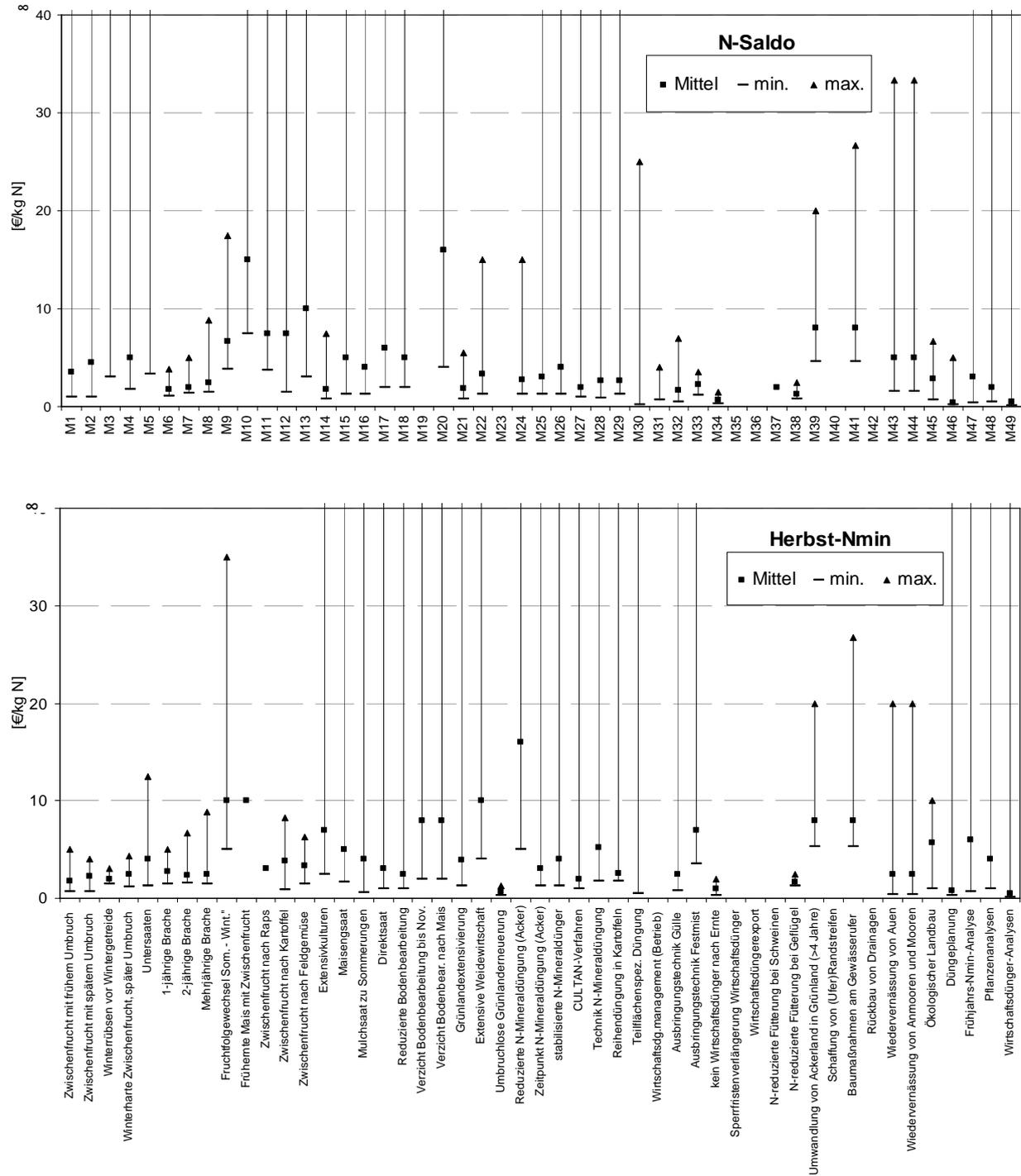
Die 49 Maßnahmen können darüber hinaus nicht nur isoliert voneinander betrachtet und umgesetzt werden, sondern auch als Kombinationen. Durch geeignete Maßnahmenkombination lassen sich Wirkungssicherheit sowie auch die Wirksamkeit selbst verbessern. Oft lassen sich die in der WRRL vorgegebenen Wasserschutzziele („guter Zustand bis 2015“) erst dadurch erreichen, dass auf ein und derselben Fläche mehrere sich ergänzende Maßnahmen gleichzeitig bzw. innerhalb eines Jahres umgesetzt werden. Ein wesentliches Ergebnis der vertieften Literaturbetrachtung und der ergänzenden Expertenbefragung ist es, dass Entgelte für die hier vorgestellten 49 technisch-organisatorischen Maßnahmen benannt sind und die Erfolgsparameter mit Zahlenwerten belegt sind und somit deren Kostenwirksamkeit als Quotient aus Entgelt und N-Minderung ermittelt werden konnte. Erst auf dieser Grundlage ist letztendlich eine Auswahl geeigneter, kosteneffizienter Maßnahmen möglich.

5.1 Kostenwirksamkeit

Die vorgestellten Maßnahmen unterscheiden sich hinsichtlich der für ihre Umsetzung bezahlten Entgelte sowie ihrer N-Minderungspotenziale und den jeweiligen Spannen deutlich voneinander, was ihre Vergleichbarkeit erschwert. Erst auf Grundlage von Kostenwirksamkeiten können auch Maßnahmen, die sich hinsichtlich Kosten und ihrer Grundwasserschutzwirkung deutlich voneinander unterscheiden, miteinander verglichen werden.

Die folgenden Abbildungen geben für jede der betrachteten 49 Maßnahmen eine Spanne, innerhalb derer sich die Kostenwirksamkeit bewegt sowie einen wahrscheinlichen Mittelwert an. Je größer die Spanne ist, desto unsicherer ist die Einschätzung der Kostenwirksamkeit einer Maßnahme. Die Ursache hierfür kann zum einen darin liegen, dass es große Unsicherheiten bei der Wirksamkeit gibt bzw. die Maßnahme für einzelne Indikatoren eine „Null-Wirkung“ aufweist. Da die Kostenwirksamkeit dabei gegen unendlich geht, wurde in den Maßnahmenblättern hierfür der Wert „9999“ angesetzt. Zum anderen gibt es Maßnahmen, die eine große Spannbreite bei den Kosten aufweisen. Auch dies führt zu einer größeren Spanne bei den Kostenwirksamkeiten.

Abbildung 4: Kostenwirksamkeiten der N-Minderung beim N-Saldo und beim Herbst-N_{min}



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Zahlenwerte in den Maßnahmenblättern.

5.2 Maßnahmenranking

Auf Basis der in den Maßnahmenblättern ermittelten Kostenwirksamkeiten für die Erfolgsparameter N-Saldo, Herbst-N_{min} und N-Fracht lässt sich ein Relativvergleich der Wasserschutzmaßnahmen vornehmen. Die Zahlenwerte (Mittel, min., max.) dürfen jedoch nicht als Grundlage für ein „hartes Ranking“ verwertet werden. D. h. die Festlegung auf eine Reihenfolge ausschließlich unter Berücksichtigung der ermittelten Kostenwirksamkeit ist nicht zulässig. Die Zahlenwerte sind zwar eine wichtige Information hinsichtlich der Kosteneffizienz von Maßnahmen, doch erst in Kombination mit der Eignungsbewertung hinsichtlich Standort, Betriebstyp und Flächennutzung, daraus abgeleiteten Umsetzungspotenzialen sowie einer ausreichenden Akzeptanz lassen sich Rankings erstellen, auf deren Grundlage dann besonders geeignete Maßnahmen ausgewählt werden können. Weitere Bewertungskriterien können je nach Fragestellung auch die Prüffähigkeit und Verwaltbarkeit sowie die sonstigen ökologischen Wirkungen sein.

Jede der 49 vorgestellten Maßnahmen hat unter bestimmten Voraussetzungen ihre Berechtigung, entweder als eigenständige Maßnahme oder in Kombination mit anderen. So können beispielsweise Maßnahmen mit einem hohen Reduktionspotenzial hinsichtlich N-Überschüssen, aber vergleichsweise hohen Entgelten eine genau so hohe Kostenwirksamkeit aufweisen wie kostengünstigere Maßnahmen mit geringerem Reduktionspotenzial. Auch wenn beide Maßnahmen beim Ranking an gleicher Position stehen, so ist die Umsetzung von teuren, aber hoch wirksamen Maßnahmen eher für „Hochlastflächen“ bzw. Flächen mit hohem N-Auswaschungsrisiko geeignet, während die günstigeren, dafür aber weniger wirksamen Maßnahmen verstärkt außerhalb besonders sensibler Bereiche ihre Berechtigung haben. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass ein Ranking auf Grundlage der auf Basis von Entgelten und Stickstoffminderungspotenzialen berechneten Kostenwirksamkeit die Maßnahmenauswahl erleichtert, aber eine Überprüfung der Eignung für spezifische standörtliche Gegebenheiten nicht ersetzt. Spätestens bei der Festlegung eines begrenzten Maßnahmenkataloges für das Maßnahmenprogramm ist die Einbeziehung lokaler Akteure entscheidend. Auch die geltenden agrarpolitischen Rahmenbedingungen haben einen Einfluss auf die Kostenwirksamkeit der einzelnen Maßnahmen. So würde sich beispielsweise die Branche durch ein Auslaufen der obligatorischen Stilllegung deutlich verteuern.

Tabelle 6: Übersicht über die Kostenwirksamkeit und Eignungsbewertung der 49 ausgewählten Maßnahmen

Ifd. Nr. Maßnahme		Kostenwirksamkeit [€/kg N]						Eignungsbewertung														Akzeptanz	
		N-Saldo			Herbst-Nmin			Standort					Betriebstyp					Flächennutzung					
		min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.	leicht, < 600 mm	leicht, >= 600 mm	schwer, < 600 mm	schwer, >= 600 mm	Moorstandorte	MF < 40 kg N/ha	VE 40-120 kg N/ha	VE >120 kg N/ha	FB 40-120 kg N/ha	FB >120 kg N/ha	Acker	Grünland	Dauerkultur	Gemüse		
M1	Zwischenfrucht mit frühem Umbruch	1	3,5	9999	0,7	1,8	5	+	++	+	++	+	++	+++	+++	+++	+++	+++	0	0	0	++	+++
M2	Zwischenfrucht mit spätem Umbruch	1	4,5	9999	0,7	2,3	4	++	+++	+	++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	0	0	0	+++	+++
M3	Winterrüben als Zwischenfrucht vor Wintergetreide	3	.	9999	1,5	2	3	++	++	+	++	+	+++	+	+	+	+	++	0	0	0	++	++
M4	Winterharte Zwischenfrucht mit spätem Umbruch	1,8	5	9999	1,2	2,5	4,3	++	+++	++	++	+++	++	++	++	+++	+++	+++	0	0	0	+++	++
M5	Untersaaten	3,3	.	9999	1,3	4	12,5	0	++	0	++	++	+++	++	+++	++	+++	+++	0	0	+	++	+
M6	1-jährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht	1,1	1,8	3,8	1,5	2,8	5	+++	+++	++	+++	+++	++	++	+	++	+	++	0	0	0	+++	++
M7	2-jährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht	1,4	2	5	1,6	2,4	6,7	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+++	++	+++	+++	0	0	0	+++	++
M8	Mehrfährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht	1,5	2,5	8,8	1,5	2,5	8,8	+++	+++	++	+++	+++	++	++	+++	++	+++	+++	0	0	0	+++	+
M9	Fruchtfolge "jährlicher Wechsel Sommerung - Winterung" (4-jährig)	3,8	6,7	17,5	5	10	35	++	++	+	++	++	++	++	+++	++	+++	+++	0	0	0	+	++
M10	Frühernte Mais mit Zwischenfrucht und nachfolgender Sommerung	7,5	15	9999	7,5	10	15	+	++	+	++	++	0	0	0	++	+++	0	+++	0	0	0	+
M11	Zwischenfrucht nach Raps und nachfolgender Sommerung	3,8	7,5	9999	1,7	3	8,3	++	+++	++	++	+++	0	0	0	+++	+++	0	+++	0	0	0	+
M12	Zwischenfrucht nach Kartoffel und nachfolgende Sommerung	1,5	7,5	9999	1	3,8	8,3	++	++	++	++	+++	0	0	0	+++	+++	0	+++	0	0	0	+
M13	Zwischenfrucht nach Feldgemüse und nachfolgende Nicht-Gemüse-Sommerung	3	10	9999	1,5	3,3	6,3	++	+++	++	++	+++	+++	++	++	++	++	++	0	0	0	+++	+

Tabelle 6: Übersicht über die Kostenwirksamkeit und die Eignungsbewertung der 49 ausgewählten Maßnahmen (Fortsetzung 1)

Nr.	Maßnahme	Kostenwirksamkeit [€/kg N]						Eignungsbewertung														Akzeptanz
		N-Saldo			Herbst-Nmin			Standort					Betriebstyp					Flächennutzung				
		min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.	leicht, < 600 mm	leicht, >= 600 mm	schwer, < 600 mm	schwer, >= 600 mm	Moorstandorte	MF < 40 kg N/ha	VE 40-120 kg N/ha	VE >120 kg N/ha	FB 40-120 kg N/ha	FB >120 kg N/ha	Acker	Grünland	Dauerkultur	Gemüse	
M14	Förderung von Extensivkulturen	0,8	1,8	7,5	2,5	7	9999	++	+++	++	++	0	++	++	+	++	+	++	0	0	0	++
M15	Maisengsaat	1,3	5	9999	1,7	5	9999	++	++	+	++	+	++	++	+	++	+	+++	0	0	0	+
M16	Mulchsaat zu Sommerungen	.	.	.	2	8	9999	+++	+++	+	++	+	+++	+++	+	++	+	+++	0	0	++	++
M17	Direktsaat	4	16	9999	2	8	9999	+	++	+	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	0	+	+
M18	Reduzierte Bodenbearbeitung nach Raps	1,3	4	9999	0,6	4	9999	+	++	+	++	+	+++	++	+	++	+	+++	0	0	0	+
M19	Verzicht auf Bodenbearbeitung bis Mitte November nach der Getreideernte vor Sommerung	2	6	9999	1	3	9999	++	++	+	++	0	+++	++	+	++	+	+++	0	0	0	++
M20	Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung	2	5	9999	1	2,5	9999	++	++	+	++	+	++	+++	+++	+++	+++	0	0	0	0	++
M21	Grünlandextensivierung	1,3	3,3	15	4	10	9999	+++	+++	+	+	+++	0	++	+++	++	+++	+++	++	0	0	+
M22	Extensive Weidewirtschaft	0,8	1,9	5,5	1,3	3,9	9999	++	++	+	++	+++	+	++	+++	++	+++	+++	+++	0	0	++
M23	Umbruchlose Grünlanderneuerung	.	.	.	0,3	0,7	1,3	+++	+++	++	+++	+++	0	++	+++	++	+++	+++	++	0	0	++
M24	Reduzierte N-Mineraldüngung (Acker) inkl. Verzicht auf Spätgabe bei Getreide	1,3	2,7	15	5	16	9999	++	++	++	++	+++	0	+	+++	+	+++	++	+	0	+	+
M25	Zeitpunkt der N-Mineraldüngung auf Acker	1	2	9999	1	2	9999	++	+++	+	++	+	0	+	+++	+	+++	++	+	0	0	++
M26	Einsatz stabilerer N-Mineraldünger bei Wintergetreide und Kartoffeln	1,3	3	9999	1,3	3	9999	++	++	+	+	0	0	++	+++	0	0	++	++	0	+	++
M27	Einsatz des CULTAN-Verfahrens	1,3	4	9999	1,3	4	9999	++	++	+	+	0	0	++	+++	0	0	++	++	0	+++	++
M28	Verbesserte N-Mineraldünger- ausbringungstechnik (Exaktstreuer)	0,9	2,6	9999	1,8	5,2	9999	+++	+++	+++	+++	+++	+	0	0	+++	+++	+++	0	0	++	++
M29	Reihendüngung in Kartoffeln	1,3	2,6	9999	1,7	2,6	9999	+++	+++	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	++
M30	Teilflächenspezifische Düngung	0,2	.	25	0,5	.	9999	++	++	+	++	0	++	++	+++	++	+++	+++	0	0	+++	+

Tabelle 6: Übersicht über die Kostenwirksamkeit und die Eignungsbewertung der 49 ausgewählten Maßnahmen (Fortsetzung 2)

Ild. Nr.	Maßnahme	Kostenwirksamkeit [€/kg N]						Eignungsbewertung														Akzeptanz
		N-Saldo			Herbst-Nmin			Standort					Betriebstyp					Flächennutzung				
		min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.	leicht, < 600 mm	leicht, >= 600 mm	schwer, < 600 mm	schwer, >= 600 mm	Moorstandorte	MF < 40 kg N/ha	VE 40-120 kg N/ha	VE >120 kg N/ha	FB 40-120 kg N/ha	FB >120 kg N/ha	Acker	Grünland	Dauerkultur	Gemüse	
M31	Wirtschaftsdüngermanagement im Betrieb	0,7	.	4	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	0	0	++
M32	Einsatz von grundwasserschonender Ausbringungstechnik für Gülle	0,5	1,7	7	0,8	2,5	9999	+++	+++	+	++	++	+	+	0	+++	+++	+++	+++	+	0	+++
M33	Einsatz grundwasserschonender Ausbringungstechnik für Festmist	1,2	2,3	3,5	3,5	7	9999	++	+++	+	++	+	+	+	0	+++	+++	+++	+++	0	0	+++
M34	keine Wirtschaftsdüngerausbringung nach Ernte	0,3	0,7	1,5	0,3	0,7	1,5	+++	+++	+	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	0	++
M35	Verlängerung der Sperrfristen für Wirtschaftsdünger	0,8	1,3	2,5	1,3	1,7	2,5	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	0	++
M36	Wirtschaftsdüngerexport	.	2	.	.	.	.	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	0	+	0	++
M37	N-reduzierte Fütterung bei Schweinen	.	.	.	.	.	.	+++	+++	+	++	0	++	+++	+++	+++	+++	+++	+	++	++	+++
M38	N-reduzierte Fütterung bei Geflügel	.	.	.	.	.	.	+++	+++	+	++	0	+	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	+++
M39	Umwandlung von Ackerland in Grünland (Feldgrasbewirtschaftung >4 Jahre)	4,6	8	20	5,3	8	20	+++	+++	+	++	+++	+	0	0	+++	+++	+++	0	0	+++	0
M40	Schaffung von (Ufer)Randstreifen	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
M41	Baumaßnahmen am Gewässerufer zur Reduzierung des Oberflächenabflusses	.	.	.	.	.	.	+++	++	+++	++	+++	++	++	+++	++	+++	+++	0	+++	+++	-
M42	Rückbau von Drainagen	4,6	8	26,7	5,3	8	26,7	+++	++	+++	++	+++	++	++	++	++	++	++	++	0	0	-
M43	Wiedervernässung von Auen	1,6	5	33,3	0,4	2,5	20	0	0	0	0	+++	+	+	0	+++	+++	+++	+++	0	0	-
M44	Wiedervernässung von Anmooren und Mooren	1,6	5	33,3	0,4	2,5	20	0	0	0	0	+++	+	+	0	+++	+++	+++	+++	0	0	-
M45	Ökologischer Landbau	0,7	2,8	6,7	1	5,7	10	+++	+++	+	++	0	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	++	+
M46	Düngeplanung	0,2	0,4	2	0,3	0,8	9999	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
M47	Frühjahrs-Nmin-Analyse	0,4	3	9999	0,7	6	9999	++	++	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	0	+	+++	++
M48	Pflanzenanalysen	0,5	2	-6	1	4	9999	++	++	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+	+	+++	+++
M49	Wirtschaftsdünger-Analysen	0,1	0,5	9999	0,1	0,5	9999	+++	+++	+++	+++	++	+	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	0	++

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Informationen in den Maßnahmenblättern.

Die zehn Maßnahmen mit der besten Kostenwirksamkeit zur Reduzierung der N-Überschüsse (N-Saldo) sind in abnehmender Reihenfolge:

- Düngeplanung (M46)
- keine Wirtschaftsdüngerausbringung nach Ernte (M34)
- Verlängerung der Sperrfristen für Wirtschaftsdünger (M35)
- verbesserte Ausbringungstechnik für Gülle (M32)
- Förderung von Extensivkulturen (M14)
- 1-jährige Brache mit Herbstumbruchverzicht (M6)
- Extensive Weidewirtschaft (M22)
- 2-jährige Brache mit Herbstumbruchverzicht (M7)
- Pflanzenanalysen (M48)
- Wirtschaftsdüngerexport (M36).

Die durchschnittliche Kostenwirksamkeit dieser zehn Maßnahmen liegt im Mittel zwischen 0,4 € kg N-Reduktion und 2 € kg N-Reduktion. Auffallend ist, dass sich die zehn Maßnahmen den unterschiedlichsten Maßnahmekategorien zuordnen lassen. So befinden sich Maßnahmen aus den Kategorien Begrünung, Düngeplanung, Wirtschaftsdünger und Mineraldüngung unter den zehn kostenwirksamsten. Beim Ranking nicht berücksichtigt wurden Maßnahmen, bei denen nicht immer eine Wirkung zu erwarten ist und deren minimale Kostenwirksamkeit daher extrem hoch ist. Die Spanne aller im Ranking berücksichtigten Maßnahmen liegt zwischen minus 6 €/kg N-Reduktion (M48, Maßnahme mit Einsparungspotenzial) und 33,3 €/kg N-Reduktion (M43).

Die zehn Maßnahmen mit der besten Kostenwirksamkeit zur Reduzierung der N-Auswaschung (Herbst-N_{min}) sind in abnehmender Reihenfolge:

- umbruchlose Grünlanderneuerung (M23)
- keine Wirtschaftsdüngerausbringung im Herbst (M34)
- Verlängerung der Sperrfristen für Wirtschaftsdünger (M35)
- Zwischenfrucht mit frühem Umbruch (M4)
- Winterrübsen als Zwischenfrucht (M3)
- Zwischenfrucht mit spätem Umbruch (M2)
- 2-jährige Brache mit Herbstumbruchverzicht (M7)
- winterharte Zwischenfrüchte mit spätem Umbruch (M4)
- mehrjährige Brache mit Herbstumbruchverzicht (M8)
- Wiedervernässung (M43, M44).

In diesem Fall dominieren die der Kategorie „Begrünung“ zugeordneten Maßnahmen, aber auch die Kategorien Wirtschaftsdünger, Grünland und Landnutzungsänderung sind vertreten. Die Spanne der Kostenwirksamkeit hinsichtlich der Reduktion der Herbst-N_{min}-Werte dieser Maßnahmen liegt im Mittel zwischen 0,7 €/kg N und 2,5 €/kg N mit einem Minimum bei 0,3 €/kg N und einem Maximum bei 20 €/kg N.

Werden ausschließlich Wasserschutzmaßnahmen mit sehr guter Eignung auf Grünland betrachtet, so finden sich folgende Maßnahmen auf den 5 vordersten Plätzen:

- Düngeplanung (M46)
- extensive Weidewirtschaft (M22)
- Einsatz verbesserter Technik für Festmist (M33)
- Grünlandextensivierung (M21)
- Wiedervernässung (M43/M44).

Die Kostenwirksamkeit dieser Maßnahmen reicht von mindestens 0,2 €/kg N bis 33 €/kg N für die Minderung des N-Saldos. Während die Düngeplanung und der Einsatz verbesserter Technik eine sehr hohe Akzeptanz aufweisen, ist bei Wiedervernässungsmaßnahmen mit starken Akzeptanzproblemen zu rechnen.

Steht der Betriebstyp Marktfruchtbetrieb bei der Auswahl geeigneter Maßnahmen im Vordergrund, und soll eine möglichst kostenwirksame Reduzierung des N-Saldos erreicht werden, dann finden sich auf den sieben vorderen Plätzen:

- Düngeplanung (M46)
- Förderung von Extensivkulturen (M14)
- 1-jährige Brache mit Herbstumbruchverzicht (M6)
- 2-jährige Brache mit Herbstumbruchverzicht (M7)
- mehrjährige Brache mit Herbstumbruchverzicht (M8)
- reduzierte N-Mineraldüngung (Acker) (M24)
- Ökologischer Landbau (M45).

Die Kostenwirksamkeit liegt im Mittel zwischen 0,4 und 2,8 €/kg N-Saldo Reduktion. Im Mittel haben außerdem die Maßnahme „Zeitpunkt der Mineraldüngung auf Acker“ (M25), die Reihendüngung bei Kartoffeln (M29) und die verbesserte Mineraldüngerausbringungstechnik (M28) eine Kostenwirksamkeit unter 2,8 €/kg N-Reduktion. Alle drei Maßnahmen haben eine minimale Wirksamkeit von Null beim N-Saldo und wurden daher beim Ranking nicht berücksichtigt.

Dieses Beispiel verdeutlicht wie stark die Vorzüglichkeit der einzelnen Wasserschutzmaßnahmen von den einzelnen Auswahlkriterien abhängig ist. Eine entsprechende Exceltabelle mit Angaben zu Kostenwirksamkeiten, Eignungsbewertungen und weiteren Kriterien, die als ergänzendes Material im Rahmen des Projektes erstellt wurde, erleichtert eine entsprechende Maßnahmensortierung (vgl. Tabelle 6).

Zu berücksichtigen ist, dass sich bei Veränderung der Referenzsituation ohne Maßnahme z. B. in Folge der Umsetzung der Novelle der Düngeverordnung die Kostenwirksamkeiten deutlich verändern können (vgl. Teile IV und V dieses Sonderheftes). Bei Abbau der N-Überschüsse in der Referenzsituation ohne Maßnahme nimmt die zusätzliche Wirkung von Maßnahmen jenseits der guten fachlichen Praxis ab und die Kostenwirksamkeiten ergänzender Maßnahmen bezüglich des N-Bilanzüberschusses werden ungünstiger. Die Reihenfolge des Rankings wird bei einer allgemeinen Verbesserung der Referenzsituation aber nicht entscheidend verändert.

5.3 Maßnahmenkombinationen

Ein Betrieb kann gleichzeitig eine Vielzahl von Wasserschutzmaßnahmen auf unterschiedlichen Flächen umsetzen. In diesem Fall wirken die einzelnen technisch-organisatorischen Maßnahmen unabhängig voneinander. Oft kann aber erst durch gezielte Kombinationen auf der Fläche die gewünschte Schutzwirkung im gewünschten Umfang bzw. mit ausreichender Sicherheit erzielt werden. Darüber hinaus ist die Frage der Kombinierbarkeit förderpolitisch relevant, z. B. bezüglich der Frage, ob bei Maßnahmenkombination die Maßnahmenprämien addiert werden können oder ob eine Kumulation ausgeschlossen werden soll. Auch wenn sich die folgenden Ausführungen auf die Frage der Schutzwirkungen konzentrieren, ist die aufgebaute Systematik auch als Information für die Förderpolitik nutzbar. Es gibt eine Vielzahl von technisch machbaren und pflanzenbaulich möglichen Kombinationen. Inwiefern diese dann auch in der Praxis umgesetzt werden, hängt ganz wesentlich von der spezifischen Situation des Einzelbetriebes ab (Standort, Betriebstyp, etc.). Prinzipiell werden Maßnahmenkombinationen, die wenig Anpassungen in der bisherigen Bewirtschaftungsweise erfordern bzw. solche die sich leicht in die bestehende Fruchtfolge integrieren lassen, eher in der Praxis umgesetzt.

Während für die Einzelmaßnahmen eine quantitative Bewertung hinsichtlich ihres Stickstoffminderungspotenzials sowie die Ausweisung von Kostenwirksamkeiten erfolgt, beschränkt sich die Betrachtung der Maßnahmenkombinationen bewusst auf qualitative Aussagen hinsichtlich ihrer potenziellen Wasserschutzwirkung. Betrachtet werden ausschließlich die 49 ausgewählten Maßnahmen mit ihren genau definierten Bewirtschaftungsbedingungen. Änderungen bei der technischen Beschreibung können Veränderungen hinsichtlich der Kombinierbarkeit zur Folge haben.

Im Folgenden werden ausschließlich Kombinationen auf ein und derselben Fläche innerhalb eines Anbaujahrs (von der Ernte der Vorfrucht bis zur nächsten Ernte der Hauptfrucht bzw. von der Einsaat der Hauptfrucht bis zur Einsaat der folgenden Hauptfrucht) betrachtet. Einen Sonderfall stellen die Betriebs- bzw. Betriebszweigmaßnahmen dar, die keinen konkreten Flächenbezug aufweisen (z. B. N-reduzierte Fütterung, Wirtschaftsdüngerexport). Hierzu gehören auch die unterstützenden Planungs- und Analysemaßnahmen, die erst wirksam werden, wenn sie auf der Fläche umgesetzt werden (Düngeplanung, Pflanzen-, Boden- und Wirtschaftsdüngeranalyse). In diesem Fall werden mögliche Betrieb(szweig)-Flächen-Kombinationen untersucht. Betrachtet wurden die einzelnen Maßnahmen mit ihren jeweils exakt definierten Bewirtschaftungsbedingungen. Diese haben sowohl Einfluss auf die Kombinierbarkeit als auch auf die ökologische Wirksamkeit der Einzelmaßnahmen und Kombinationen.

Bei den ausgewählten 49 Maßnahmen handelt es sich zum Teil bereits selbst um genau definierte Kombinationen (Komplexmaßnahmen, z. B. bei den Fruchtfolgemeasures) bzw. um Maßnahmen die durch ergänzende Bewirtschaftungsbedingungen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit verbessert wurden (qualifizierte Maßnahmen). Durch die spezielle Berücksichtigung einzelner Fruchtarten (z. B. Mais, Raps) bzw. die Beschränkung der Maßnahme auf bestimmte Gruppen (z. B. Mulchsaat bei Sommerungen) finden gezielt bestimmte, im Hinblick auf den Wasserschutz besonders problematische Anbausituationen besondere Berücksichtigung. Gleichzeitig schränken diese detaillierten Vorgaben auch die Kombinierbarkeit ein.

Es wurde bewusst versucht, die einzelnen Maßnahmen so auszugestalten, dass sie auch ohne Kombination eine gute Wasserschutzwirkung erzielen. Dennoch kann deren Wirksamkeit durch gezielte Kombinationen noch weiter verbessert, zumindest aber abgesichert werden.

5.3.1 Vorgehensweise bei der Analyse von Maßnahmenkombinationen

Die Untersuchung der Maßnahmen hinsichtlich ihrer Kombinierbarkeit erfolgt methodisch in Anlehnung an die in Interwies et al. (2004) vorgestellte Vorgehensweise.

Für alle 49 in den Maßnahmenblättern erfassten technisch-organisatorischen Maßnahmen erfolgt eine Betrachtung hinsichtlich ihrer Kombinierbarkeit untereinander. Referenz für die Kombinationen (ebenso wie für die Einzelmaßnahmen) ist die gute fachliche Praxis. Die einzelnen Maßnahmen sind mit M1 bis M49 durchnummeriert. Als zusätzliche Information wurde die Wirkungsweise der einzelnen Maßnahme im Hinblick auf den Wasserschutz ausgewiesen. Ein entsprechendes Kürzel befindet sich in der Spalte neben dem jeweiligen Namen der Einzelmaßnahme. Hierbei bedeutet:

N = Reduzierung der N-Auswaschung (N_{\min} -wirksam),

B = Reduzierung des N-Überschusses (Bilanz-wirksam),

M = Reduzierung der Mineralisation,

A = Reduzierung des oberflächigen Abflusses,

() = eine entsprechende Wirkung ist nicht immer gewährleistet,
sowie Kombinationen, z. B. N+B.

In einem ersten Schritt wird die technische Kombinierbarkeit betrachtet, in einem zweiten wird die ökologische Wirkung möglicher bzw. zulässiger Kombinationen betrachtet. Alle Informationen zur Kombinierbarkeit der 49 betrachteten technisch-organisatorischen Maßnahmen sind in einer Excel-Tabelle zusammengefasst (vgl. Anhang 1, Tabelle 1.1).

Ein schematischer Aufbau der Tabelle ist im Folgenden wiedergegeben.

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Wirkungsweise	M1	M2	...	...	M49
M1	Winterzwischenfrucht ...	N		-			±
M2							±
...		M					
...		A					
M49	Wirtschaftsdünger- analysen	B	NB	NB			

Der Bereich oberhalb der grauen Felder (Dreieck oben rechts) beinhaltet die Aussagen zur technischen Kombinierbarkeit. Es wird nur die grundsätzliche Kombinierbarkeit auf einer Fläche betrachtet, dabei spielt es keine Rolle, ob die in der Zeile genannte Maßnahme oder die in der Spalte genannte zuerst umgesetzt wird, bzw. welche auf welche aufgesattelt wird. Teilweise erfolgen die Maßnahmen gleichzeitig (z. B. Maisensaat und reduzierte N-Düngung), z. T. nacheinander in beliebiger Reihenfolge (Zwischenfrucht vorher bzw. nachher), z. T. in einer bestimmten Abfolge (mit Untersaaten bestellte Flächen können anschließend in Brache übergehen und nicht umgekehrt).

Bei der technischen Kombinierbarkeit werden die folgenden Situationen unterschieden:

+ = Kombination immer möglich

± = Kombination z. T. möglich, z. B. abhängig von Fruchtfolge, Wirtschaftsdünger-einsatz

(+) = Kombination Maßnahmen immanent, d. h. eine der beiden Maßnahme ist durch entsprechende Bewirtschaftungsbedingung bereits Bestandteil der anderen

(-) = Kombination nur in Ausnahmefällen

- = keine Kombination

Der Bereich unterhalb der grauen Felder (Dreieck unten rechts) enthält Aussagen bezüglich der Wirksamkeit der möglichen bzw. zulässigen Maßnahmenkombinationen. Nicht bewertet sind mögliche asymmetrische Kombinationsmöglichkeiten, wie z. B. eine höhere ökologische Wirksamkeit bei Zwischenfruchtanbau und anschließender N-reduzierter Düngung als bei N-reduzierter Düngung mit anschließendem Zwischenfruchtanbau. In diesem Fall werden die möglichen und wirkungsstärksten zeitlichen Abfolgen bewertet. Situationen, bei denen eine Kombination nur in Ausnahmefällen möglich ist und die im rechten Dreieck mit (-) gekennzeichnet sind, wurden hinsichtlich ihrer Kombinationswirkung nicht bewertet.

Bei der Maßnahmenkombination lassen sich folgende Wirkungszusammenhänge zwischen zwei Maßnahmen finden:

- N = Kombination zweier Maßnahmen, die zur Reduzierung der N-Auswaschung und gemeinsam eine sichere, z. T. auch höhere Wirksamkeit aufweisen als die Einzelmaßnahmen,
- B = Kombination zweier Maßnahmen, die zur Reduzierung der N-Überschüsse beitragen und gemeinsam eine höhere Wirksamkeit aufweisen als die Einzelmaßnahmen,
- NB = Kombination einer Maßnahme zur Reduzierung der N-Auswaschung mit einer, die zur Reduzierung des N-Überschusses beiträgt mit positiver Kombinationswirkung,
- AB = Kombination einer Maßnahme zur Reduzierung des oberflächigen Abflusses mit einer, die zur Reduzierung der N-Überschüsse beiträgt,
- MB = Kombination einer Maßnahme zur Reduzierung der Mineralisation mit einer, die zur Reduzierung der N-Überschüsse beiträgt,
- 0 = Die eine Maßnahme ist bereits Bestandteil einer anderen, dadurch wird keine zusätzliche Wasserschutzwirkung erreicht. Bei Änderung der entsprechenden Bewirtschaftungsauflagen ist jedoch durchaus eine zusätzliche Kombinationswirkung möglich.

Zusätzlich wurden noch Indices vergeben. Diese Wertung ist subjektiv, bzw. fehlende Indices bedeuten nicht, dass nicht doch positive zusätzliche Wirkung durch die Kombination erreichbar ist. Folgende Indices wurden vergeben:

- + = weist auf eine deutliche Verbesserung der Wirksamkeit durch Kombination hin (entsprechende Belege finden sich in der Literatur),
- ° = steht für fehlende zusätzliche Wirkung gegenüber der wirkungsstärksten Einzelmaßnahme, durch Kombination kann jedoch zumindest die Wirksamkeit verbessert werden,

kein Index = Absicherung der Wirkung, z. T. verstärkend

Bei der Bewertung wurden die die Bewirtschaftungsbedingungen zum Teil ergänzenden Empfehlungen nicht berücksichtigt. In diesem Fall verbessert sich die Wirksamkeit der Einzelmaßnahmen zum Teil erheblich, gleichzeitig wird hierdurch die Wirkung bei entsprechenden Kombinationen verringert. Dies gilt z. B. bei Düngeempfehlungen in Kombination mit reduzierter Düngung.

Die vorliegende Kombinationstabelle gibt im ersten Schritt eine Orientierung, welche Kombinationen prinzipiell möglich sind und welche Wasserschutzwirkung hierbei erzielt werden kann. Beim Einsatz unter Praxisbedingungen wird zunächst die Einzelmaßnahme ausgewählt, die am leichtesten und mit den geringsten Kosten unter den bestehenden Bewirtschaftungsbedingungen umgesetzt werden kann. In einem zweiten Schritt erfolgt dann die Auswahl ergänzender, zusätzlicher Maßnahmen. Hierbei sind die Kombinationen besonders wirksam, bei denen der im Oberboden verbliebene Stickstoff auch bei der Düngung angemessen berücksichtigt wird (gekennzeichnet mit NB bzw. NB+). Ebenfalls eine besonders hohe positive zusätzliche Wirkung können zwei sich ergänzende Bilanzmaßnahmen entfalten (gekennzeichnet mit B+). Bei Kombinationen von Flächenmaßnahmen mit Düngeplanungs- und Analysemaßnahmen ist zu beachten, dass bereits bei der Bewertung von Planungs- und Analysemaßnahmen eine entsprechende Berücksichtigung in der Bewirtschaftung mitbewertet wurde.

5.3.2 Ausgewählte Maßnahmenkombinationen und ihre Wasserschutzwirkung

Von den zahlreichen möglichen Kombinationen (über 300) werden im Folgenden nur einige genauer betrachtet, um den Wirkungsmechanismus im Einzelnen darzustellen. Bei einigen Maßnahmen bestehen einfache Wirkungsbeziehungen, bei anderen sind die Wirkungszusammenhänge komplexer.

Kombination Zwischenfrucht und Mulchsaat bei Sommerungen (M1, M2, M4 mit M16)

Durch den Zwischenfruchtanbau wird Nitrat im Oberboden vor Auswaschung geschützt, bei einer anschließenden pfluglosen Bewirtschaftung wird die N-Auswaschung auch im Frühjahr vermieden, zumindest deutlich reduziert (Kennzeichnung der Kombination mit N bzw. N+). Bereits die Einzelmaßnahme Mulchsaat setzt den Zwischenfruchtanbau vor Zuckerrüben, Mais und Kartoffeln voraus. Weitere konkrete Vorgaben zum Zwischenfruchtanbau werden jedoch nicht getroffen. Erst durch Kombination mit den Maßnahmen M1, M2 oder M4 ist sichergestellt, dass der Zwischenfruchtanbau „Wasserschutz optimal“ ausgestaltet wird.

Kombination reduzierte N-Mineraldüngung und reduzierte bzw. unterlassene Bodenbearbeitung im Herbst (M24 mit M18, M19 bzw. M20)

In diesem Fall beeinflusst die Abfolge der Maßnahme die Stärke der Wirksamkeit. Erfolgt zunächst eine reduzierte Bodenbearbeitung im Herbst, so wird eine Mineralisierung und anschließende N-Auswaschung vermieden bzw. verringert. Der im Frühjahr zusätzlich verfügbare N trägt zur Ertragssicherheit der Hauptfrucht bei, so können trotz reduzierter (suboptimaler) Düngung ausreichend hohe N-Entzüge und somit die angestrebte Verringerung der N-Überschüsse erzielt werden. Die Kombination der beiden Maßnahmen wirkt sich somit positiv auf N und B aus (NB). Im umgekehrten Fall bei reduzierter N-Mineraldüngung und anschließender reduzierter Bodenbearbeitung wird ebenfalls der noch im Boden vorhandene Stickstoff verstärkt vor Auswaschung geschützt. Durch die verringerte N-Düngung im Vorfeld ist die Wirksamkeit jedoch geringer. Es ist insgesamt weniger Stickstoff vorhanden, der ausgewaschen werden kann. Daher wäre in diesem Fall insbesondere die Bilanzwirksamkeit geringer (NB°). In der tabellarischen Darstellung wird nur die wirksamere Maßnahmenabfolge bewertet.

Kombination Reihendüngung in Kartoffeln und Einsatz stabilisierter Mineraldünger (M29 mit M26)

Beide Maßnahmen tragen dazu bei, den N-Überschuss zu reduzieren, die eine durch Platzieren des Düngers (und ergänzende Düngebegrenzung), die andere durch Einsatz eines langsam verfügbaren Düngers, so dass die Nährstoffe den Pflanzen bedarfsgerecht zur Verfügung stehen und somit die Gefahr der N-Auswaschung, insbesondere zu Beginn der Wachstumsperiode verringert wird. Durch die Kombination beider Maßnahmen kann der N-Überschuss gesichert reduziert werden, die Kombination der beiden Maßnahmen hat eine hohe Bilanzwirksamkeit (B+).

Kombination Wirtschaftsdüngermanagement und Verzicht auf Bodenbearbeitung (M31 mit M19, M20)

Diese beiden Maßnahmen werden im Allgemeinen unabhängig voneinander umgesetzt. Eine direkte Beziehung auf der Fläche besteht nicht. Gleichzeitig setzt jedoch ein Verzicht der Bodenbearbeitung voraus, dass ausreichend Lagerkapazitäten für Wirtschaftsdünger im Betrieb vorhanden sind, um auf eine Ausbringung auf diesen Flächen verzichten zu können.

Folgende Maßnahmenkombinationen bieten sich aus Sicht von Erfahrungen in der Beratungspraxis besonders an:

Zwischenfrüchte (M 1,2,4) + Frühjahrs-N_{min}-Analyse (M 47)

Begründung: Der im Herbst mineralisierte Stickstoff im Boden wird durch die Zwischenfrucht verwertet und damit die N-Auswaschung über Winter weitgehend vermieden. Mit

Hilfe der Frühjahrs- N_{\min} -Analyse wird der für die Folgefrucht im Boden verfügbare mineralisierte Stickstoff bestimmt. Auf diese Weise lässt sich ermitteln, wie viel Stickstoff nach Zwischenfruchtanbau im Frühjahr in einer für die Pflanzen verfügbaren Form vorliegt. Durch eine Berücksichtigung dieser Stickstoffmenge bei der Düngung können die Düngergaben reduziert werden. Um eine verlässliche Information für die Düngeanpassung zu bekommen ist der Zeitpunkt der N_{\min} -Beprobung so zu wählen, dass er zeitnah zum Bedarf liegt, d.h. während für Wintergetreide Februar-/März-Werte berücksichtigt werden, erfolgt bei Maisanbau eine Probennahme Ende März bis Mitte April.

Untersaat (M 5) + Überführung in Brache (M 6, 7, 8)

Begründung: Aussaat der Untersaat erfolgt im späten Frühjahr bzw. Frühsommer und ermöglicht bereits früh im Spätsommer einen ausreichend dichten Grasbestand. Bei spät räumenden Hauptfrüchten (v. a. Mais) ist die verbleibende Vegetationsspanne für eine ausreichende Entwicklung einer Bracheeinsaat nach der Ernte zu kurz. Außerdem besteht in manchen Jahren für die Begrünung nach der Ernte das Risiko eines schlechten Auflaufens aufgrund länger anhaltender Trockenheit.

Reduzierte N-Düngung (M 24) + Zwischenfrüchte (M 1,2,4) + Düngeplanung (M 46)

Begründung: Senkung der Salden und gleichzeitig Senkung der Herbst- N_{\min} -Werte durch enge Betreuung mittels Düngeplanung (ausreichende Anrechnung des Zwischenfruchtstickstoffs, Absicherung der Erträge über optimale Grundnährstoffversorgung, Vermeidung von erhöhten N, P, K-Salden).

Düngeplanung (M 46) + Fruchtfolge „jährlicher Wechsel Sommerung-Winterung“ (4-jährig) (M 9) + Pflanzenanalysen (M 48) + Wirtschaftsdünger-Analysen (M 49)

Begründung: Mit Hilfe der Düngeplanung und der begleitend engen Betreuung des Fruchtfolgewechsels wird erreicht, dass die Nährstoffe aus den Zwischen- und Vorfrüchten weitgehend angerechnet werden. Die Wirtschaftsdünger-Analysen ermöglichen zudem eine genaue Anrechnung der betriebsspezifischen Nährstoffgehalte. Optimal ergänzt wird dieses Maßnahmenpaket durch vegetationsbegleitende Pflanzenanalysen, die die tatsächliche N-Nachlieferung erfassen und die bedarfsgerechte Bemessung der Einzeldüngergaben ermöglichen.

6 Ergänzende statistische Auswertungen zur Wirksamkeit von Wasserschutz- und Agrarumweltmaßnahmen

Eine statistisch abgesicherte Verifizierung der in den Maßnahmenblättern genannten Zahlen konnte allein durch die Literaturanalyse nicht geleistet werden. Auch wenn die Expertenbefragung zur Absicherung der Aussagen beigetragen hat, wurde im Projektverlauf der Mangel an systematischen, statistischen Datenauswertungen zur Wirkung von technisch-organisatorischen Maßnahmen auf Grundlage großer Datensätze deutlich. Auf Grundlage kurzfristig verfügbarer Datensätze wurden daraufhin Methoden der Wirkungsanalyse erprobt. Die ersten Ergebnisse dieser Analysen wurden nicht dafür verwendet, die Aussagen in den Maßnahmenblättern zu korrigieren. Vielmehr soll mit diesen Beispielen angeregt werden, auf Grundlage verfügbarer Daten weitere Auswertungen durchzuführen.

Im ersten Unterkapitel wird eine statistische Analyse von Herbst- N_{\min} -Werten vorgestellt, die eine Differenzierung der Aussagen bis auf die Ebene von Maßnahmenkategorien ermöglicht. Eine weitere Analyse erfolgte für Agrarumweltzahlungen und ihre Wirkung auf betriebliche N-Bilanzen, die aber keine Differenzierung nach Maßnahmen zulässt (vgl. Kap. 6.2). Ausführliche Darstellungen beider Analysen finden sich in den Teilen III und IV dieses Sonderheftes. Zu berücksichtigen ist, dass der Nachweis statistischer Zusammenhänge keinen Beweis einer kausalen Wirkungskette bedeutet. Die Ergebnisse der Wirkungsanalyse können auch durch Merkmale beeinflusst sein, die nicht im Datensatz enthalten sind, etwa der Einfluss umweltbezogener Beratung oder die Umwelteinstellung der Landwirte, die Wasserschutzmaßnahmen umsetzen.

6.1 Analyse der Schutzwirkung niedersächsischer Wasserschutzmaßnahmen mit Hilfe statistischer Auswertungen von Herbst- N_{\min} -Werten

Die Wirkung von Gewässerschutzmaßnahmen wird oft durch die Bewirtschaftungshistorie und den Witterungsverlauf überprägt. Zur Bestimmung des Maßnahmenerfolges ist daher neben der Auswertung von Feldversuchen auch die Untersuchung eines sehr breiten Spektrums von Praxisanwendungen sinnvoll. Hier bietet sich der Indikator 'Herbst- N_{\min} ' an, da dieser Wert im direkten Zusammenhang mit der Auswaschungsgefährdung von Stickstoff während der Vegetationspause steht und in der Vergangenheit schon sehr häufig beprobt wurde, so dass eine mehrjährige Massendatenauswertung über das gesamte Anwendungsspektrum (unterschiedliche Standorte und Betriebstypen) möglich ist. Die folgende statistische Auswertung von Herbst- N_{\min} -Werten aus der niedersächsischen Trinkwasserschutzberatung hat zum Ziel, signifikante Maßnahmenwirkungen zu dokumentieren und weiteren Untersuchungsbedarf für nicht nachweisbare Wirkungen aufzuzeigen.

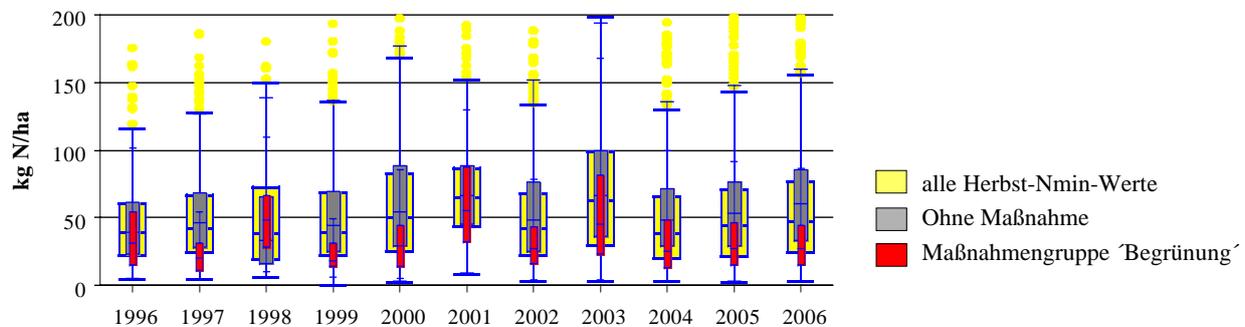
Datengrundlage: Der verwendete Datenpool von Herbst- N_{\min} -Werten basiert auf Beprobungen des Büros INGUS (Hannover) in 30 niedersächsischen Wassergewinnungsgebieten. Die Durchführung der Beprobung entspricht den in NLÖ (2003) beschriebenen Grundsätzen. Datenbanktechnisch wurden die vorhandenen Herbst- N_{\min} -Werte mit den Standort-Daten, Anbaufrüchten, Betriebsdaten, Klimadaten und durchgeführten Grundwasserschutzmaßnahmen verbunden. Eine Eignungsprüfung für die massenstatistische Auswertung zur Maßnahmenbewertung erfolgte durch die Wasserschutzgebietsberater in den jeweiligen INGUS-Zweigstellen. Von der Auswertung ausgeschlossen wurden Herbst- N_{\min} -Werte von N-Quellen- und Senkenstandorten (z. B. ehemalige Niedermoor- und Hochmoorflächen), sowie von Spezial-Untersuchungsprogrammen (z. B. Baumschulflächen). Die Höhe der Herbst- N_{\min} -Werte war dagegen kein Ausschlusskriterium (keine pauschale 'Ausreißer-Eliminierung'), da besonders niedrige oder hohe N_{\min} -Werte nicht automatisch unplausibel sind. Nach der Prüfung wurden 8.640 Datensätze mit durchgängigen Angaben zu Standort, Beprobungsdatum, Wasserschutzmaßnahme, Vorfrucht und Betriebstyp in die Auswertung übernommen.

Methoden: Der vorliegende Datenpool wurde neben einer deskriptiven Statistik mit zwei unterschiedlichen statistischen Methoden analysiert: Einerseits durch multiple paarweise Vergleiche mit dem Kruskal-Wallis-Test (H -Test) und andererseits durch eine multiple Regressionsanalyse mit Dummy-Variablen. Der H -Test prüft, ob sich die Mittelwerte der Ränge zweier oder mehrerer Stichproben signifikant unterscheiden (Hartung et al., 2002). Bei den hier vorliegenden Samples handelt es sich jeweils um zwei vergleichbare Gruppen (Paarvergleiche), die denselben Standort- und Bewirtschaftungseinfluss haben, aber entweder mit oder ohne Wasserschutzmaßnahme durchgeführt wurden. Ergänzend hierzu wurde eine Regressionsanalyse mit Dummy-Variablen (Urban und Mayerl, 2006) durchgeführt. Dadurch kann sowohl der Maßnahmeneffekt als auch der Jahreseinfluss quantifiziert und ein Modell abgeleitet werden. Das Bestimmtheitsmaß des Modells gibt an, welcher Anteil der Varianz bei gegebener Irrtumswahrscheinlichkeit erklärt werden kann.

Ergebnisse: Die deskriptive Statistik gibt einen Überblick über die Mittelwerte, Mediane, Quartile und ein Maß für die Streuung der Werte innerhalb einer Gruppe. Im Teil III sind alle Einzelergebnisse zusammengefasst und mit den Kennzahlen der Paarvergleiche gekoppelt. Die nachfolgende Box-Whisker-Darstellung (Abbildung 5) vermittelt einen Eindruck über die große Streubreite der gemessenen Werte und die relativen Unterschiede zwischen den Jahren (1996-2006), die aus den unterschiedlichen Witterungsverläufen resultieren. Die Boxen zeigen jeweils das untere und obere Quartil, sowie den Median. 50 % der Werte liegen also jeweils innerhalb der Box. Die breiten Boxen basieren auf der Gesamtstichprobe aller gemessenen Herbst- N_{\min} -Werte in den jeweiligen Jahren, die schmalen Boxen berücksichtigen nur Werte aus der Maßnahmenkategorie 'Zwischenfrucht'. Die durch eine durchgehende Linie dargestellten 'Whiskers' zeigen den Bereich der Extremwerte an, der maximal 1,5 Quartile lang ist. Außerhalb dieses Segments liegende Werte

werden als Punkte dargestellt. Hier lässt sich schon visuell der Maßnahmeneffekt des Zwischenfruchtanbaus erkennen, der in weiteren Auswertungen quantifiziert werden soll.

Abbildung 5: Box-Whisker-Plot der gemessenen N_{\min} -Werte von 1996 bis 2006



Quelle: Eigene Berechnungen.

In einer statistischen Auswertung mit dem Kruskal-Wallis-Test wurde untersucht, ob signifikante Unterschiede der Herbst- N_{\min} -Werte zwischen zwei Gruppen (Mit-/Ohne-Vergleich der Maßnahme) bestehen. Der gesamte Datensatz wurde dabei neun Mal in unterschiedlichster Weise geschichtet, so dass insgesamt 304 Untergruppen getestet werden konnten. Als Schichtungselemente dienen 4 verschiedene Standorte (Böden mit hoher oder geringer Nitrataustragsgefährdung, kombiniert mit hohen oder geringen Jahresniederschlagssummen), 4 Betriebstypen (Marktfrucht, Futterbau, Veredelung, Andere) und 13 Fruchtartenkategorien sowie Kombinationen aus diesen Elementen. Jede Untergruppe besteht aus zwei Datensätzen: mit und ohne Maßnahme.

In der ersten Bewertungsgruppe (Schichtung nach Maßnahmen) sind aufgrund großer Stichproben alle Maßnahmengruppen signifikant von den Beprobungsflächen ohne Maßnahmen zu unterscheiden (vgl. Tabelle 7). Große positive Effekte weisen die Maßnahmen Begrünung, Grünland, Landnutzungsänderung und Düngemanagement auf.

Die Maßnahmen, die auf ein verbessertes Wirtschaftsdüngermanagement abzielen, erscheinen in dieser Auswertung zunächst eher als contraproduktiv. Bei der Interpretation dieser Werte ist allerdings zu beachten, dass die miteinander verglichenen Stichproben z. T. unterschiedlichen Rahmenbedingungen unterliegen, die in dieser pauschalen Auswertung nicht berücksichtigt wurden. So weisen im Beispiel 'Wirtschaftsdüngermanagement' Flächen mit Maßnahme eine andere Historie bzw. Hintergrundbelastung auf, als die Flächen ohne Maßnahme: Flächen mit z. T. langjähriger Wirtschaftsdüngerbringung werden mit Flächen überwiegend ganz ohne Wirtschaftsdüngerbringung verglichen. Deshalb wurden weitere Gruppierungskriterien (sog. Schichtungsebenen) in die Auswertung einbezogen. So kann ein positiver Effekt der Wirtschaftsdüngermaßnahmen für Herbst-

N_{\min} -Werte nach Wintergetreide festgestellt werden. Dieser ist allerdings nicht signifikant (s. Maßnahme 6.1). Hierzu sollten weitere Untersuchungen folgen.

Die Kombination der N-Minderung mit einem mittleren Entgelt je Maßnahmengruppe gibt die Spannweite der Kostenwirksamkeit wieder. Die Angaben in Euro pro kg N-Minderung beziehen sich nur auf das Wasserschutzziel und berücksichtigen nicht, dass evtl. weitere Umweltleistungen (z. B. Biodiversität) damit erbracht werden. Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse der ersten Schichtungsebene und zwei Beispiele für tiefer gegliederte Stichproben. Alle weiteren Ergebnisse sind im Teil III zusammengestellt.

Tabelle 7: Ergebnis der Paarvergleiche zur Maßnahmenwirkung (Maßnahmengruppen und Schichtungsbeispiele für einen Mit-/Ohne-Vergleich) und die Berechnung der Kostenwirksamkeit

	Maßnahmengruppe	α -Fehler	Stichprobenumfang		Median mit Maßnahme.	Differenz (N_{\min} -Minderung)	mittleres Entgelt	Kostenwirksamkeit
			mit Maßn.	ohne Maßn.				
						[kg/ha]	[€/ha]	[€/kg]
1	Begrünung	< 0,0001	1209	4715	29	23	80-120	3,5-5,2
2	Fruchtfolge	0,0004	370	4715	44	8	100-200	12,5-25
3	Bodenbearbeitung	0,0248	528	4715	49	4	25-50	6,3-12,5
4	Grünland	< 0,0001	80	4715	24	28	25-70	0,9-2,5
5	N-Mineraldüngung	0,0005	876	4715	47	5	75-100	15-20
6	Wirtschaftsdünger	0,0026	555	4715	58	-6	30-50	-
6.1	Wirtschaftsdünger/ Wi-Getreide	0,1723	235	1818	52	2	-	-
7	Landnutzungsänderung	< 0,0001	169	4715	14	38	150-300	3,9-7,9
9	Düngemanagement	< 0,0001	76	4715	24	29	-	-
9.1	Düngemanagement/ Marktfruchtbetriebe/NAG <3 / <600mm Niederschlag	< 0,0001	21	933	18	33	-	-

Quelle: Eigene Berechnungen.

Als weitere Auswertungsmethode wurde eine schrittweise multiple Regressionsanalyse mit Dummyvariablen durchgeführt. Bei dieser Berechnung werden nur signifikante Parameter in das Regressionsmodell aufgenommen und mit Regressionskoeffizienten versehen, die den Einfluss auf den Herbst- N_{\min} -Wert in absoluter Höhe ausweisen. Das Modell zeigt ähnliche Ergebnisse wie der Paarvergleich, weist aber zusätzlich den Witterungseinfluss der Einzeljahre aus, die in den Paarvergleichen (Median-Differenz) schon enthalten sind. Bei einem Bestimmtheitsmaß von nur 19 % hat das Modell einen sehr geringen Erklä-

rungsgehalt und ist deshalb für eine praktische Anwendung (Schätzung der N_{\min} -Werte) zu ungenau. Dies bedeutet, dass die Methode zwar prinzipiell für die Auswertung von N_{\min} -Werten geeignet ist, aber ähnlich wie bei den Paarvergleichen muss eine Schichtung vorgenommen werden, die ein genaueres Ergebnis erwarten lässt. Hierfür lagen in der aktuellen Auswertung nicht genügend Datensätze vor.

Diskussion: Trotz der begrenzten Datengrundlage zeigen sowohl die Ergebnisse der Paarvergleiche als auch das Regressionsmodell signifikante Einflussgrößen auf die Herbst- N_{\min} -Werte. An erster Stelle ist die Aggregationsebene der Maßnahmengruppen 1 bis 7 und 9 zu nennen, die aufgrund ihres großen Stichprobenumfangs bei der Regressionsanalyse in allen Fällen einen signifikanten Herbst- N_{\min} -Minderungseffekt zeigte. Im Paarvergleich lässt sich eine Herbst- N_{\min} -Minderung jedoch nicht bei allen Maßnahmen nachweisen, wenn nicht auch die Randbedingungen Anbaufrucht, Betriebstyp etc. berücksichtigt werden. Die Berücksichtigung der relevanten Einflussgrößen führt hierbei jedoch z. T. zu sehr kleinen Stichproben, deren Analyse nicht mehr zu signifikanten Ergebnissen führt.

Die hier exemplarisch aufgezeigten Auswertungsmöglichkeiten sollten verstärkt genutzt werden, um sowohl die bereits vorhandenen Herbst- N_{\min} -Datenbestände, als auch die zukünftig erhobenen Herbst- N_{\min} -Ergebnisse besser zu verwerten. Der Langtext zu dieser Auswertung mit allen Ergebnistabellen befindet sich in Teil III.

6.2 Analysen zur Wirksamkeit von Agrarumweltzahlungen auf die Senkung von N-Salden

Die Analyse der Zusammenhänge zwischen Agrarumweltzahlungen und N-Bilanzsalden erfolgt auf Basis von einzelbetrieblichen Buchführungsabschlüssen, die Angaben zur Flächennutzung, Tierhaltung, pflanzlichen Erträgen, N-Mineraldüngerzukauf und zu erhaltenen Agrarumwelt- und Ausgleichszahlungen enthalten. Welche Einzelmaßnahmen gefördert werden, lässt sich mit Ausnahme der Förderung des ökologischen Landbaus nicht feststellen, eine bedeutende Rolle spielt jedoch offensichtlich die Grünlandextensivierung. In der Auswertung wurden in Anlehnung an die im Abschnitt 6.1 vorgestellte Herbst- N_{\min} -Analyse Paarvergleiche und multiple Regressionsmodelle als Methoden eingesetzt. Anhand der unterschiedlichen N-Bilanzen und Zahlungen lassen sich Kostenwirksamkeiten der Agrarumweltzahlungen ableiten. Dabei wird unterstellt, dass die Zahlungen nur das Ziel verfolgen, N-Bilanzüberschüsse zu senken, was angesichts „multifunktionaler“ Ziele der Agrarumweltförderung nicht der Realität entspricht. Dennoch können z. T. vergleichsweise günstige Kostenwirksamkeiten der Agrarumweltzahlungen im Bereich von unter 1 bis 3 Euro/kg N-Minderung nachgewiesen werden. Eine ausführliche Darstellung der Daten, Auswertungsmethodik und Ergebnisse erfolgt in Teil IV.

7 Analyse der Agrar- und Flächenstatistik in den Boden-Klima-Räumen zur Ableitung von Umsetzungspotenzialen

Auf Grundlage von Arbeiten an der Biologischen Bundesanstalt (BBA) wurden 52 unterschiedliche Boden-Klima-Räume (BKR) in Deutschland ausgewiesen, die sich hinsichtlich ihrer natürlichen Standorteigenschaften und der landwirtschaftlichen Eignung, insbesondere in Hinblick auf die ackerbauliche Nutzung, voneinander unterscheiden (Roßberg et al, 2007). Die Daten und Karten zur Gebietsabgrenzung wurden der FAL Ende 2006 zur Verfügung gestellt. Die Einzelwerte zu ausgewählten Parametern sowie drei Karten zu Standorteigenschaften (Bodenwertzahlen, Niederschläge, BKR-Abgrenzung) finden sich im Anhang 2.

Zielsetzung der regionalen Analyse

Auf Grundlage der BKR-Abgrenzungen wurden Auswertungen durchgeführt, mit dem Ziel, Grobindikatoren darstellen zu können, die Hinweise auf die potentiellen diffusen N-Emissionen geben (z. B. anhand des Anteils von Ackerflächen in Hanglagen oder auf anmoorigen Standorten, des Ackerflächenanteils von aus Wasserschutzsicht problematischen Kulturen, der Viehbesatzdichte und der Bedeutung Vieh haltender Betriebe). Weiterhin wurden Indikatoren für das Umsetzungspotenzial von Wasserschutzmaßnahmen ausgewählt (z. B. Anteil von Sommerungen an der Ackerfläche als Flächenpotenzial für Zwischenfrüchte, sowie bereits umgesetzter Zwischenfruchtanbau, ökologischer Landbau im Jahr 2003). In Verknüpfung mit den Maßnahmenblättern sollen sich Zuordnungen der Maßnahmen zu den BKR herstellen lassen. Die ausgewiesenen Indikatoren geben einen groben Überblick und sollen daher keine Planungsgrundlage für regionale Maßnahmenumsetzung darstellen, sondern Anregungen für mögliche Auswertungen zur Problemanalyse und Potenzialabschätzung geben.

Methodik und Datengrundlagen

Die Auswertungen basieren auf den BKR-Abgrenzungen der BBA, Kreisdaten des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2003 und Betriebsdaten des Testbetriebsnetzes für das Wirtschaftsjahr 2002/2003, ergänzt um Berechnungen auf Grundlage der Bodenübersichtskarte BÜK1000 für Deutschland (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 1999), einem Höhenmodell (US Geological Survey: SRTM-3, 2000) sowie Daten aus dem Agrarsektormodell RAUMIS der FAL. Die BKR-Abgrenzungen liegen auf Gemeindeebene als der kleinsten Verwaltungseinheit in Deutschland vor. Für die Zusammenführung der BKR-Daten mit Kreisdaten der Agrarstatistik wurde der Acker-/Grünlandanteil der Gemeinden anhand der Corine Landcover Daten (EEA, Copenhagen, CORINE land cover database, Version 12/2000) ermittelt. Kreisdaten zur Ackernutzung sowie zur Geflügel- und Schweinehaltung wurden proportional zur Ackerflächenverteilung den Ge-

meinden zugerechnet. Für Grünland und Grünland bezogene Tierhaltungsverfahren (Rinder, Schafe, Pferde) wurde entsprechend der Grünlandverteilung verfahren. Die Testbetriebsdaten lassen sich dagegen bis auf Gemeindeebene zuordnen und erlauben eine Darstellung der Bedeutung der verschiedenen Betriebsformen nach der Definition, die für das Projekt vereinbart wurde (vgl. Kapitel 3.2.2).

Standörtliche Charakterisierung und ökologischer Landbau

Zur Charakterisierung der BKR hinsichtlich ihrer natürlichen Standorteigenschaften dienen Niederschlagsmenge, Bodenzahl (Acker), Höhenlage und Hangneigung, ergänzend werden die Flächenanteile der Acker-, Grünland- und Dauerkulturnutzung ausgewiesen (vgl. Tabelle A2.2). Sowohl geringe Niederschlagssummen (<600 mm), wie sie vorrangig im Nordosten Deutschlands vorzufinden sind, als auch extrem hohe Niederschlagsmengen wie entlang der Bergketten schränken die landwirtschaftliche Eignung ein. Ebenfalls begrenzend sind leichte Böden (mit Bodenzahlen unter 40) mit geringer Ertragsfähigkeit. Hierzu gehört neben den typischen Sandstandorten im Norden bzw. Nordosten Deutschlands auch ein Großteil der Ackerstandorte in den Mittelgebirgslagen. BKR mit hohen Bodenzahlen weisen im Allgemeinen hohe Flächenanteile mit Ackernutzung auf. Mit Hilfe der vorliegenden Tabellen ist es möglich, die einzelnen BKR der in den Maßnahmenblättern vorgenommen vier stufigen Grobeinteilung zuzuordnen (Kombinationen aus leichten oder schweren Böden, hohen oder geringen Niederschlägen). Dabei ist zu berücksichtigen, dass in Mittelgebirgslagen aufgrund der verkürzten Vegetationsperiode und dem hohen Anteil an Flächen in Hangneigung eine landwirtschaftliche Nutzung ebenfalls erschwert ist.

Neben der landwirtschaftlichen Eignung der Räume können wichtige Hinweise im Hinblick auf den Wasserschutz abgeleitet werden. Auf leichten Standorten werden Nährstoffe leichter ausgewaschen, wobei die Gefahr des Nährstoffaustrags in Grund- und Oberflächenwasser auf Standorten mit hohen Niederschlägen größer ist. Ackerflächen mit Hangneigung sind potenziell erosionsgefährdet, hier besteht die Gefahr von Nährstoffausträgen in Oberflächengewässer. Anmoorige und Moor-Standorte weisen eine hohe Nährstoffakkumulation im (Ober)boden auf. Hohe Anteile solcher Böden an der Ackerfläche insgesamt treten in den Küstenregionen und in den eiszeitlich beeinflussten Niederungslandschaften auf. Für eine ackerbauliche Nutzung wurde ein Großteil dieser Flächen drainiert. Aufgrund ihres hohen Mineralisierungspotenzials und erschwerten Bewirtschaftungsbedingungen sind diese im Hinblick auf den Wasserschutz von besonderem Interesse und wurden entsprechend in den Maßnahmenblättern als Standortmerkmal mit berücksichtigt.

Der Ökolandbau mit einem durchschnittlichen Flächenanteil von 4 % in Deutschland, findet sich mit höheren Flächenanteilen zum einen in den BKR mit hohen Grünlandanteilen (u. a. Mittelgebirgs- und Gebirgslagen) sowie auf Ackerstandorten mit geringeren Boden-

zahlen wie im Nordosten Mecklenburg-Vorpommerns. Eine Sonderstellung nimmt der Hochrhein-Bodenseeraum ein, wo der Anbau von Dauerkulturen für den Ökolandbau ein wichtiges Standbein ist.

Charakterisierung der Ackernutzung

In einem zweiten Schritt erfolgte eine Charakterisierung der 52 BKR hinsichtlich des Ackerbaus (vgl. Tabelle A2.3). Dominierende Kultur in Deutschland ist der Weizen, Gebiete mit hohen Weizenerträgen sind gleichzeitig Standorte mit mittelschweren bis schweren Böden und ausreichend Niederschlag, die eine intensive ackerbauliche Nutzung zulassen. Die typischen Weizenstandorte weisen aufgrund der guten Ertragskraft und Wasserverfügbarkeit der Böden eine geringe Ertragsvarianz (Standardabweichung der Kreisertragswerte 1994-2004 in Prozent des Ertragsmittelwerts) von 5-7 % auf. Eine geringe Ertragsvarianz bedeutet, dass sich die Düngeplanung im Mittel der Jahre auf einen stabilen Ertragszielwert ausrichten kann und N-Überschüsse in geringerem Maße durch nicht vorhersehbare, klimabedingte Ertragsschwankungen erklärt werden können.

In Deutschland sind im Durchschnitt 30 % der angebauten Ackerkulturen Sommerungen. Deutlich erhöhte Flächenanteile finden sich in den Silomais-, teilweise in den Kartoffelbauregionen sowie in den Höhenlagen und erreichen bis zu 60 % der Ackerfläche. Flächen mit Sommerungen bieten sich im Allgemeinen für den Zwischenfruchtanbau an. Im Vorjahr des Anbaus der Sommerung kann bei entsprechender Fruchtfolgegestaltung mit früh räumender Vorfrucht der Spätsommer und Herbst für den Zwischenfruchtanbau genutzt werden, die Referenzsituation wäre sonst i. d. R. Schwarzbrache. Diesbezüglich gibt es in einer Reihe von BKR noch ein hohes Potenzial, das nur in wenigen Regionen ausgeschöpft wird. Während in Süddeutschland (Donau-Süd, Donau- und Inntal und Voralpenland) auch bei hohen Maisanteilen auf mehr als 50 % der Fläche mit Sommerungen Zwischenfrüchte angebaut werden, sind die Anteile v. a. im Norden und Nordosten Deutschlands mit 1 % bis maximal 5 % sehr gering.

Bestimmte, aus Sicht des Wasserschutzes besonders problematische Kulturen werden eigens ausgewiesen (Raps, Kartoffeln, Silomais, Feldgemüse), da diese nach der Ernte oft hohe, auswaschungsgefährdete N-Restmengen hinterlassen. Die Angaben erlauben Aussagen hinsichtlich der typischen „Leitkulturen“ in den einzelnen BKR. Deren Anteile an der Ackerfläche sind für die Wahl geeigneter Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen bedeutsam. Im Landesdurchschnitt werden 10 % der Ackerfläche mit Raps bestellt, einen ebenso hohen Anteil hat der Silomaisanbau, Kartoffeln werden auf 2 % und Feldgemüse auf 1 % des Ackerlands angebaut. Bei all diesen Kulturen gibt es deutliche Konzentrationen in einzelnen Regionen. So findet der Rapsanbau vorrangig im Norden Deutschlands mit Ackerflächenanteilen bis 21 % statt, aber auch in den Mittelgebirgen (Harz, Rhön, Thüringer Wald und Erzgebirge) ist Raps mit 14-17 % vertreten. Auffallend gering mit

1 % ist der Rapsanteil im Westen Nordrhein-Westfalens sowie im südwestlichen Weser-Ems-Gebiet. In diesen Gebieten und auf weiteren leichten Standorten im Norden konzentriert sich der Kartoffelanbau (abgesehen vom Frühkartoffelanbau im Süden, z. B. in der Rheinebene) und erreicht bis zu 12 % in Weser-Ems. Den höchsten Anteil hat der Silomais mit 30 % im Süden Deutschlands im Voralpenland. Körnermais wird in der Agrarstatistik zwar erhoben, aber nicht für alle Bundesländer veröffentlicht und konnte daher leider nicht ausgewertet werden. Knapp ein Drittel der Ackerfläche wird im Elbe-Weser-Dreieck mit Silomais bestellt, und auch im übrigen Nordwesten Deutschlands hat der Silomaisanbau hohe Flächenanteile. Lediglich in den reinen Ackerbauregionen (z. B. Südhannover: 2 %) hat der Silomais (noch) deutlich geringere Flächenanteile, da bisher dessen Anbau vorrangig in Regionen mit hohen Tierbeständen erfolgt. Dies ändert sich derzeit aufgrund der Förderung von Biogasanlagen.

Charakterisierung der Tierhaltung und der Betriebstypen

Der durchschnittliche Viehbesatz beträgt in Deutschland 0,82 GV/ha LF (vgl. Tabelle A2.4). Die Tierbestände konzentrieren sich auf den Norden / Nordwesten v. a. in den Niederungsstandorten (max. 1,97 GV/ha LF) und den Süden / Südosten in Gebirgsrandlage (max. 1,60 GV/ha LF). Im Nordwesten setzen sich die Viehbestände aus Schweinen, Geflügel und Rindern zusammen, teilweise in Kombination mit Tierarten spezifischen Schwerpunkten, im Süden dominieren die Raufutter fressenden Großvieheinheiten. Ein hoher regionaler Viehbesatz bedingt hohe Ausbringungsmengen an organischem Stickstoff, der i. d. R. weniger gut verwertet werden kann und daher zu höheren N-Überschüssen beiträgt.

Zur Charakterisierung der Betriebstypen in den Maßnahmenblättern wurden daher neben der Nutzung von Acker- bzw. Grünland auch die organischen N-Mengen berücksichtigt. Es wurden fünf Klassen gebildet: Marktfruchtbetriebe (Betriebsform bedingt mit geringem organischem N-Input), Futterbaubetriebe zum einen mit organischer N-Zufuhr > 40 und < 120 kg/ha LF (entspricht maximal ca. 1-1,2 GV/ha) und Futterbaubetrieben mit > 120 kg N/ha LF. Die Gruppe der Veredelungsbetriebe wurde gleichfalls in zwei Klassen eingeteilt. Die Flächenanteile der einzelnen Betriebstypen, die durchschnittlichen organischen N-Mengen sowie deren regionale Verteilung auf die fünf Betriebsformen können der Tabelle A2.5 entnommen werden.

Im Hinblick auf Wasserschutzmaßnahmen werden bezüglich der fünf Betriebstypen unterschiedliche Schwerpunkte zu setzen sein. So können z. B. bei Betrieben mit hohem organischem N-Aufkommen vorrangig Maßnahmen im Bereich des Wirtschaftsdüngermanagements eine hohe Wasserschutzwirksamkeit entfalten. Ebenso sind in diesen Betrieben die Potenziale für eine verbesserte N-Wirksamkeit durch Düngeplanung besonders hoch. Bei den Marktfruchtbetrieben sind es ausschließlich Maßnahmen auf Ackerland, insbesondere im Bereich des Mineraldüngermanagements und der Begrünung im Winter, die für den Wasserschutz besonders wirksam sind.

8 Diskussion politischer Instrumente zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie im Bereich Landwirtschaft

In diesem Kapitel werden politische Instrumente diskutiert, die zur Umsetzung der analysierten technisch-organisatorischen Maßnahmen dienen. In diesem Abschnitt erfolgt auch eine Diskussion betriebswirtschaftlicher, volkswirtschaftlicher und fiskalischer Kosten. Ein Schwerpunkt der Betrachtung liegt auf Instrumenten zur Unterstützung von Maßnahmen, welche über die „Gute fachliche Praxis“ hinausgehen (Agrarumweltprogramme, Ausgleichszahlungen z. B. für obligatorische Maßnahmen, Beratung). Als „grundlegende Maßnahme“ zur Umsetzung der WRRL wird die Novelle der Düngeverordnung (DüV) analysiert, die auch als neue Referenz für die „Gute fachliche Praxis“ und damit als Maßstab dient, über den freiwillige Fördermaßnahmen künftig hinaus gehen müssen (vgl. auch Teil V). Weitere Instrumente wie Stickstoffsteuern und -quoten sollen nur kurz charakterisiert werden.

8.1 Zuordnung von Instrumenten und „policy mix“

Da politische Instrumente selten isoliert zum Einsatz kommen, ist dem Zusammenspiel und der Abstimmung zwischen den Instrumenten („policy mix“) besondere Beachtung zu schenken. Zu den für den Wasserschutz mit der Landwirtschaft relevanten politischen Instrumenten gehören das Ordnungsrecht, Planungsinstrumente, förderpolitische, finanzpolitische (ökonomische), organisatorische und informatorische Instrumente. Marktwirtschaftliche Instrumente umfassen Steuern, Abgaben und Quoten. Zu organisatorischen Instrumenten gehören freiwillige Selbstbeschränkungen und z. B. Kooperationsvereinbarungen zwischen Landwirtschaft und Wasserversorgern.

Im Mittelpunkt stehen auf einzelbetrieblicher Ebene umgesetzte, organisatorisch-technische Wasserschutzmaßnahmen, die durch förderpolitische, anreizorientierte Instrumente (Agrarumweltmaßnahmen, Vertrags-Wasserschutz) verbreitet werden sollen und durch informatorische (Beratung) und organisatorische Maßnahmen (Kooperation) unterstützt werden. Während durch das Ordnungsrecht eine Umsetzung von Maßnahmen erzwungen werden kann und auch die Einhaltung bestimmter Vorgaben bei den Planungsinstrumenten obligatorisch ist, ist eine Teilnahme bei Schaffung von förderpolitischen Anreizen oder im Falle informatorischer Instrumente wie der Beratung freiwillig. Förderung kann einerseits zur Kompensation von obligatorischen Auflagen erfolgen, dann aber meist für einen begrenzten Zeitraum. In der Mehrheit der Fälle werden Aktivitäten gefördert, die über ordnungsrechtlich festgelegte Standards hinausgehen.

8.2 Aktionsparameter für die Ausgestaltung von Umweltpolitiken und Kosten

Für die Ausgestaltung von Umweltpolitiken sind nach Scheele et al. (1993) neben dem politischen Instrument weitere Aktionsparameter zu definieren. Scheele et al. nennen als vier zu bestimmende Aktionsparameter das politische Instrument, die technologische Ansatzstelle, den Adressat und den Regelungsraum:

- Bei der Wahl des **politischen Instruments** wie Umweltstandards, hoheitliche Schutzgebietsauflagen, Beratung, Förderung und Flächenkauf sind neben Aspekten der Wirksamkeit und effizienten Mittelverwendung auch die administrative Umsetzbarkeit, die Kontrollierbarkeit, die politische Durchsetzbarkeit und Fragen der Verteilungsgerechtigkeit zu berücksichtigen.
- Durch die **technologische Ansatzstelle** wird der Bereich ausgewählt, der durch eine Maßnahme direkt beeinflusst werden soll. Aufgrund der begrenzten Messbarkeit diffuser Emissionsquellen kann in der Agrarumweltpolitik oft nicht an der tatsächlichen Emission angesetzt werden. Stattdessen müssen Stellvertretergrößen gefunden werden, z. B. der Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, die Viehbesatzdichte, die Art der Bodenbearbeitung oder die Fruchtfolge. Geeignete Ansatzstellen weisen einen hohen Zusammenhang mit dem Umweltproblem auf und müssen ausreichend mess- und kontrollierbar sein. Die beschriebenen technisch-organisatorischen Maßnahmen stellen Beispiele für solche Ansatzstellen dar.
- **Adressaten** im hier zu untersuchenden Politikbereich sind in der Regel landwirtschaftliche Betriebe. Weiterhin können als Vermittler oder Betroffene auch Gebietskörperschaften oder Wasser- und Bodenverbände auftreten. Im Falle von Steuern und Abgaben kann auch die Handelsstufe, etwa für N-Mineraldünger, der Adressat sein.
- Der **Regelungsraum** umfasst im Falle der Reduzierung diffuser landwirtschaftlicher Emissionsquellen ganze Wassereinzugsgebiete, wobei durch zusätzliche regionale oder flächenspezifische Anforderungen eine Differenzierung vorgenommen werden kann. Bei der Verbesserung der Gewässerstrukturen liegen dagegen parzellenscharfe Anforderungen an die Flächennutzung vor, z. B. mit dem Ziel einer Umwandlung landwirtschaftlicher Flächen im Auenbereich zur Schaffung ungenutzter Uferstrandstreifen oder Überflutungsflächen.

Das Zusammenwirken dieser Aktionsparameter ist entscheidend für die Wirkungsweise und Effektivität umweltpolitischer Maßnahmen. Bei der Umsetzung können durch den Verzicht auf Güterproduktion Opportunitätskosten entstehen, des Weiteren sind Administrations- und Kontrollkosten sowie Konsensfindungskosten zu berücksichtigen. Die Summe dieser Kosten stellen die volkswirtschaftlichen Kosten dar. Diese hängen somit nicht allein von der Wahl des Instruments, sondern auch von den anderen Parametern ab. Die Administrations- und Kontrollkosten werden beispielsweise vor allem über die Aus-

wahl der Adressaten und die dadurch steuerbare Anzahl der zu kontrollierenden Akteure sowie die Wahl einer für Kontrollen geeigneten technologischen Ansatzstelle bestimmt. Weiterhin sind die Verteilungswirkungen der Instrumente zu unterscheiden. Ordnungsrecht, Steuern, Abgaben und Quoten belasten die landwirtschaftlichen Betriebe, deren betriebswirtschaftliche Situation sich durch diese Instrumente verschlechtern kann. Förderpolitische Instrumente bieten dagegen zusätzliche Anreize. Über eine reine Kompensation von auflagenbedingten Mehraufwendungen und verringerten Erlösen hinaus kann es dabei auch zu positiven betrieblichen Einkommenseffekten kommen. Die Transferzahlungen an die Landwirtschaft im Rahmen förderpolitischer Instrumente stellen jedoch keine volkswirtschaftlichen, sondern fiskalische Kosten dar. Eine Umverteilung von Einkommen wird nicht den volkswirtschaftlichen Kosten zugerechnet, da in der Summe keine Wohlfahrtsveränderung stattfindet.

Eine alternative Sicht dieses Zusammenhangs ergibt sich, wenn der Einsatz öffentlicher Mittel im Wasserschutz als Investition mit Vorsorgecharakter betrachtet wird. Fördermittel sind dabei aufgrund haushaltspolitischer Vorgaben begrenzt und müssen möglichst effizient eingesetzt werden. Vermindert sich aufgrund hoher Einkommenseffekte die Wirkung öffentlich geförderter Maßnahmen, sollte nach anderen Wegen der Programmumsetzung gesucht werden. Dabei muss abgewogen werden, bis zu welchem Punkt eine Reduzierung von Mitnahmeeffekten angesichts steigender Verwaltungskosten und sinkender Akzeptanz von Maßnahmen zu rechtfertigen ist. Eine Optimierung muss also unter Betrachtung aller Programmkosten und der Wirkungen auf die Schutzziele erfolgen. Weitere Standpunkte und Vorgaben zur Entstehung und Legitimität von Einkommenseffekten im Zusammenhang mit Agrarumweltmaßnahmen werden in Osterburg und Stratmann (2002) diskutiert.

Bezüglich der Opportunitätskosten agrarumweltpolitischer Maßnahmen, die bei volkswirtschaftlicher Betrachtung zu unverzerrten Wettbewerbspreisen zu kalkulieren sind, kann es zu Überschätzungen kommen, wenn die Bewertung unter Verwendung der durch Stützungsmaßnahmen verzerrten, hohen EU-Binnenmarktpreise vorgenommen wird. Für die Konsensfindungskosten ist entscheidend, ob bereits eine klare Zuteilung von Eigentumsrechten vorliegt, auf deren Grundlage über die Verteilung der Lasten nach dem Verursacherprinzip (im Falle von Umweltbelastungen) oder nach dem Nutznießer- oder Gemeinlastprinzip (bei Umweltleistungen) entschieden werden kann. Mit der Einführung neuer umweltpolitischer Maßnahmen wird allerdings oft implizit eine Neuzuteilung der Eigentumsrechte diskutiert, was die Konsensfindungskosten erhöht.

8.3 Ordnungsrecht

Ordnungsrechtliche Eingriffe in die Wirtschaft mittels hoheitlicher Festlegung und Durchsetzung von Standards dienen der Gefahrenabwehr. Sie legen damit den Aktionsspielraum für die Wirtschaftsakteure fest und bilden die Basislinie, oberhalb derer freiwillige Maßnahmen entgolten werden können. Unentgeltlich einzuhaltende, ordnungsrechtliche Vorgaben sind in hohem Maße wettbewerbsrelevant, und zwar einerseits bei nationaler Gesetzgebung bezüglich der internationalen Wettbewerbsposition, bei regionalen oder standörtlich differenzierten Restriktionen bezüglich des Wettbewerbs innerhalb des deutschen Agrarsektors. Zum Ordnungsrecht gehören ordnungsrechtliche Normensetzungen (Genehmigungsvorschriften, Handlungsverbote, -beschränkungen), deren Kontrolle, die Ahndung von Verstößen sowie in diesem Zusammenhang ergangene Zwangsgeldfestsetzungen. Geltungsbereiche können sich auf die Bundes- (Düngeverordnung), Landes- (Wassergesetze der Länder) und lokale Ebene (Wasserschutzgebiete) beziehen. Mit Hilfe des Ordnungsrechts können mit hoher Verbindlichkeit Mindestanforderungen/ -standards (verbindliche Grundsätze der Guten fachlichen Praxis (GfP)) festgelegt und durchgesetzt werden, es entsteht jedoch kein Anreiz für darüber hinaus gehende Handlungen zur Verbesserung des Umweltzustands. Zudem führen einheitliche vorgegebene Standards nicht zu den kosteneffizientesten Lösungen, da alle Unternehmen unabhängig von Kostenerwägungen zu deren Einhaltung gezwungen werden. Zudem wirken horizontal vorgegebene Auflagen nicht zielgerichtet, da sie nicht an lokale Gegebenheiten angepasst sind. Einer Regionalisierung ordnungsrechtlicher Standards sind allerdings Grenzen gesetzt, da über das Niveau der Guten Fachlichen Praxis hinausgehende Auflagen nach Wasserhaushaltsgesetz innerhalb von Trinkwasserschutzgebieten ausgleichspflichtig sind. Sollten künftig zur Umsetzung der WRRL Einzugsgebiets-spezifische Auflagen erlassen werden, stellt sich auch hier die Frage nach Kompensationen. Zur Durchsetzung ordnungsrechtlicher Vorgaben bedarf es geeigneter Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen mit Sanktionen bei Nichteinhaltung. Insgesamt hat das Ordnungsrecht eine geringe Akzeptanz, der Landwirt hat keine Wahlfreiheit, er muss die Regelungen einhalten und die dabei entstehenden Anpassungskosten tragen, ansonsten verhält er sich gesetzeswidrig und ist Sanktionen ausgesetzt.

Eine Analyse der Wirkungen der im Jahr 2006 novellierten Düngeverordnung als „grundlegende Maßnahme“ erfolgt in Teil V dieses Sonderheftes. Die DüV dient der Umsetzung der Nitratrichtlinie in Deutschland und stellt damit die zentrale grundlegende Maßnahme zur Umsetzung der WRRL dar. Im Mittelpunkt der Analysen in Teil V stehen die Ausbringungsobergrenzen für Stickstoff aus tierischen Ausscheidungen pro Hektar, die Mindestlagerdauer für Gülle sowie die Begrenzung der N-Nettobilanz-Überschüsse nach DüV § 6 als ergebnisorientierte Vorgabe. Die Resultate der Untersuchungen sind im Folgenden kurz skizziert:

- Die DüV-Novelle bietet große Chancen, bundesweit eine anspruchsvolle Basislinie der guten fachlichen Praxis zu etablieren. Erstmals ist mit der Neufassung der DüV

ein Aktionsprogramm zur Umsetzung der Nitratrichtlinie in Deutschland definiert worden, das konform mit den EU-Vorgaben ist.

- Die umweltpolitische Relevanz der bestehenden Ausbringungsobergrenzen für organischen Stickstoff sollte angesichts der im Vergleich zum sektoralen Wirtschaftdüngeraufkommen geringen betroffenen Menge nicht überbewertet werden. Von Bedeutung sind auch die Vorgaben zum P-Saldo, die vor allem in Veredlungsbetrieben zu höheren Wirtschaftsdüngerüberschüssen führen und die über nährstoffangepasste Fütterung oder Export in andere Betriebe abzubauen sind. Die Ausbringungsobergrenzen dienen der Gefahrenabwehr, lassen aber nur geringe Verbesserungswirkungen gegenüber der Situation vor 2006 erwarten.
- Die Vorgabe einer Mindestlagerungsdauer für Gülle von 6 Monaten (die über Ländergesetze geregelt wird und nicht durch die DüV) lässt regional sehr unterschiedliche, noch erforderliche betriebliche Anpassungen erwarten. Ob mit der Kapazitätsausweitung die Herbstausbringung von Gülle deutlich eingeschränkt wird, ist angesichts der deutlich kürzeren Sperrfristen für die Ausbringung und die Unsicherheit über die Möglichkeiten der zeitigen Ausbringung im Frühjahr (Verbot der Ausbringung auf gefrorenen Boden, auf geschlossene Schneedecke) eher fraglich. Die baulichen Voraussetzungen für eine Verlagerung der Ausbringung ins Frühjahr werden aber besser und flächendeckender erfüllt, und dieses Potenzial zur Minderung von N-Bilanzüberschüssen sollte durch flankierende Maßnahmen, z. B. Information und Beratung, mobilisiert werden.
- Vor allem die Zielvorgaben für die N-Nettobilanz-Überschüsse nach DüV § 6 bieten das Potenzial zum Abbau von Nährstoffbelastungen, allerdings sind die Wirkungen nicht einfach zu prognostizieren, da viele Freiheitsgrade bei der Berechnung von tierischen Ausscheidungen und unvermeidbaren Verlusten bestehen. Bei Anwendung einer Flächenbilanz, die als Näherung an die Hoftorbilanz berechnet wurde, ergibt sich aufgrund der starken Streuung der Bilanzsalden in allen Betriebsgruppen (nach Betriebsform Marktfrucht, Futterbau, Veredlung, nach Viehbesatzdichte) unter Anwendung des Zielwerts für den Netto-N-Saldo von 60 kg N/ha die Notwendigkeit einer N-Überschussreduktion. Der sektoral zu erwartende Abbau der insgesamt in den Betriebsdaten erfassten N-Überschüsse liegt je nach Ausnutzung der genannten Freiheitsgrade zwischen 14 und 22 kg N/ha.

Werden bei der Bewertung der N-Bilanzen die Selbsteinschätzung der Betriebsleiter nicht überprüft oder pauschale Werte z. B. für Grünland- und Maiserträge sowie andere pflanzliche Erträge in Ansatz gebracht, können hohe Annahmen zur N-Abfuhr den rechnerischen N-Saldo deutlich senken. Dadurch würden die Vorgaben der DüV zu maximalen Bilanzüberschüssen an Wirkung verlieren. Hintergrund für diese potentielle Schwäche des DüV-Ansatzes ist die Vorgabe, der Bewertung Flächen-/Stall- oder summierte Schlagbilanzen zugrunde zu legen und keine Hoftorbilanzen. Letztere werden aus Sicht des Wasserschut-

zes als deutlich aussagekräftiger und weniger manipulierbar eingestuft. Da keine Hoftorbilanzen zur Bewertung nach DüV genutzt werden, sollten die Flächen-/ Stall-Bilanzen bzw. Schlagbilanzen einer Plausibilitätsprüfung unterzogen werden. Ohne eine solche Plausibilitätsprüfung dürfte die DüV als „grundlegende Maßnahme“ weitgehend wirkungslos bleiben, und die Vorgaben würden dann lediglich bürokratische Lasten verursachen. Überschätzungen der pflanzlichen N-Abfuhr über Verkaufsprodukte mit weit überdurchschnittlichen Erträgen oder innerbetrieblich erzeugte Futtermengen und entsprechend hohe N-Entzüge, denen keine entsprechenden Tierbestände gegenüber stehen, können jedoch auf relativ einfache Weise und ohne hohe bürokratische Zusatzkosten begrenzt werden.

Im Hinblick auf die DüV als grundlegende Maßnahme ist zu berücksichtigen, dass der ergebnisorientierte Ansatz nach §6 zur nach „guter fachlicher Praxis“ maximal zulässigen Höhe der Netto-N-Salden ein systematisches Problem für die künftige Agrarumweltförderung aufwirft. Letztere erfolgt bisher weitgehend handlungsbezogen, also unter Vorgabe bestimmter technischer Auflagen, die Maßnahmen können aber in ihrer Wirkung zur Erreichung des N-Bilanzziels gemäß DüV beitragen. Zur Erreichung der Zielvorgaben der DüV müssen landwirtschaftliche Betriebe künftig auf eigene Kosten technisch-organisatorische Maßnahmen ergreifen, wie sie in den Maßnahmenblättern beschrieben sind, wenn sie die DüV-Vorgaben auf andere Weise nicht einhalten können.

Eine klare Abgrenzung, was ergebnisorientiert über die DüV als Ordnungsrecht ohne Kompensation von landwirtschaftlichen Betrieben verlangt wird und wofür sie darüber hinaus im Rahmen der Freiwilligkeit gefördert werden können, wird künftig aufgrund der Vermischung von Ergebnis- und Handlungsorientierung problematisch werden. Eigentlich müsste zunächst geprüft werden, ob ein Betrieb auch ohne Förderung die DüV-Ziele erreicht, bevor eine Fördermaßnahme bewilligt wird. Da viele Betriebe fortlaufend in mehrjährigen Fördermaßnahmen eingebunden sind, gibt es aber oftmals keine klare Referenz für eine solche Überprüfung. Zur Schaffung von Rechtssicherheit und zur Stärkung der freiwilligen Förderansätze ist hier ein pragmatisches Vorgehen erforderlich, auch um die Akzeptanz freiwilliger Ansätze nicht zu schwächen. Das Vorgehen muss jedoch auch gegenüber der EU-Kommission gerechtfertigt werden können, die darüber wacht, dass mit der EU-kofinanzierten Agrarumweltförderung keine ordnungsrechtlichen Vorgaben auf Grundlage der EU-Nitratrichtlinie kompensiert werden.

8.4 Planungsinstrumente

Diese Instrumente legen Rahmenbedingungen für die Standortentwicklung fest, z. B. für Wasserschutzgebiete, und wirken innerhalb von Gebietskulissen. Planungen bedürfen einer gewissen Vorlaufzeit. Bei Vorliegen verbindlich verabschiedeter Planwerke ermöglichen sie eine Lenkung/Konzentration auf bestimmte Standorte. Dies führt gleichzeitig zu einer Bevorzugung bzw. Benachteiligung von Betrieben in bestimmten Gebieten. In der Planungsphase besteht häufig ein Veränderungsverbot. Durch Planungen lassen sich verschiedene Nutzungen und Nutzungsinteressen räumlich entzerren (z. B. Flurbereinigungsverfahren, agrarstrukturelle Entwicklungsplanung, Flächennutzungsplanung). Es gibt große Unterschiede bei den einzelnen Planungen hinsichtlich ihrer Verbindlichkeit, so haben Landschaftsplanung und Agrarplanung eine geringe Verbindlichkeit. Es besteht die Gefahr der Konkurrenz zwischen raumbezogenen Planungen der Wasserwirtschaft (Bewirtschaftungsplan) und anderen Nutzungsinteressen. Der künftige Einsatz von Planungsinstrumenten im Rahmen der Maßnahmenplanung zur Umsetzung der WRRL soll hier nicht näher diskutiert werden. Verwiesen sei darauf, dass in der Agrarförderung nach ELER-Verordnung zur Entwicklung des ländlichen Raums ein neues Förderinstrument zur Umsetzung von Bewirtschaftungsauflagen zur Umsetzung der WRRL geschaffen wurde.

8.5 Förderpolitische Instrumente

Um Landwirte zur Einführung umweltfreundlicher Praktiken zu bewegen, die über die obligatorischen Vorgaben des Ordnungsrechts hinausgehen, und dabei auftretende wirtschaftliche Verluste zu kompensieren, werden Prämien oder Ausgleichszahlungen als Anreiz gezahlt. Bei einer handlungsorientierten Ausgestaltung von Agrarumweltmaßnahmen erfolgt die Zahlung bei Einhaltung zuvor verbindlich vereinbarter Handlungen oder Unterlassungen („Auflagen“). Agrarumwelt- und Wasserschutzmaßnahmen als Instrumente zur Förderung entsprechender, technisch-organisatorischer Maßnahmen sind weit verbreitet. Die Erfahrungen aus ihrer Umsetzung bilden die Basis für die Erstellung der Maßnahmenblätter. Die Masse der heutigen Agrarumweltmaßnahmen wird im Rahmen der so genannten 'Zweiten Säule' der Agrarpolitik mit EU-Kofinanzierung durchgeführt. Dabei wacht die EU über die richtige Umsetzung des zugrunde liegenden Gemeinschaftsrechts und steuert die Ausgestaltung der Maßnahmen im Rahmen von Notifizierungsverfahren.

Bei der Ergebnisorientierung wird dagegen auf Grundlage eines umweltrelevanten, durch den Landwirt direkt beeinflussbaren Indikators ein Zielwert festgelegt und der Landwirt wird für dessen Erreichung finanziell entgolten. Erfahrungen dazu liegen aus einigen Wasserschutzgebieten vor, wobei der Herbst- N_{\min} -Wert als Zielindikator verwendet wird, der durch Landwirte nur bedingt beeinflusst werden kann. Die Einführung einer Agrarumweltmaßnahme, die auf den N-Netto-Saldo gemäß DüV aufbaut, ist in Sachsen-Anhalt und

Thüringen geplant. Ein ergebnisorientierter Ansatz wird auch im EU-LIFE-Projekt WAgriCo in Niedersachsen getestet. Ergebnisorientierte Förderinstrumente haben den Vorteil, dass die tatsächlich erreichte Umweltentlastung honoriert wird. Nachteil ist, dass auf Betriebs- und Verwaltungsseite zusätzlicher Aufwand für die Erfassung und Überprüfung des Zielindikators entsteht. Handlungsorientierte Ansätze sind dagegen meist leichter zu verwalten und haben insbesondere in Verbindung mit technisch-organisatorischen Maßnahmen mit hoher Wirkungssicherheit ihre Berechtigung.

Die Ausrichtung der Agrarumweltförderung auf „Extensivierung“ mit entsprechenden, handlungsorientierten Auflagen hat u. a. dazu geführt, dass sich die Förderung auf extensivere Betriebe konzentriert. Diese haben ihre Produktion im Zuge der Förderung z. T. weiter deutlich extensiviert, die Bewirtschaftungsintensität der teilnehmenden Betriebe ist bezüglich Düngung und Viehbesatzdichte meist jedoch vergleichsweise gering. Künftig sollte daher geprüft werden, wie gerade Betriebe mit höherer Intensität und überdurchschnittlichen Belastungspotenzialen in eine Förderung einbezogen werden können. Ziel sollte dabei nicht die Extensivierung der Produktion, sondern die Erhöhung der N-Effizienz sein. Je höher die N-Wirksamkeit liegt, desto geringer fallen bei gegebener Flächenproduktivität die N-Überschüsse aus. Die Streuung der N-Überschüsse in Betrieben gleicher Struktur (vgl. Teil V) zeigen, dass es noch erhebliche Effizienzreserven gibt, die allein durch das Ordnungsrecht sicher nicht ausgeschöpft werden können. Schließlich ist zu berücksichtigen, dass der EU-Rechnungshof mehrfach die bessere Kontrollierbarkeit von EU-kofinanzierten Agrarumweltmaßnahmen angemahnt hat, was zur Folge hat, dass z. B. eine graduelle Reduzierung der Düngung auf einzelnen Flächen keine Auflage für EU-kofinanzierte Maßnahmen sein kann, da sie nicht ausreichend kontrollierbar ist.

Auch durch Investitionsförderung können Beiträge für den Wasserschutz geleistet werden, z. B. bei Förderung spezieller Landtechnik oder der Erweiterung der Güllelagerkapazitäten. Zu berücksichtigen ist bei der Entwicklung von Programmen zur Umsetzung der WRRL, dass ein Nebeneinander von Agrarumweltmaßnahmen und investiver Förderung mit vergleichbaren Zielsetzungen zu einer unerwünschten Doppelförderung führen kann, die auszuschließen ist.

Cross-Compliance, also die Verknüpfung agrarpolitischer Direktzahlungen an die Landwirtschaft mit umweltpolitischen Anforderungen als Fördervoraussetzung kann als Ansatz zur Durchsetzung des Ordnungsrechts angesehen werden, gehört aber zur Förderpolitik. Bei Nichteinhaltung von rechtlich vorgeschriebenen Standards wird zusätzlich zu fachrechtlich festgelegten Bußgeldern ein Prämienabzug als Sanktion eingesetzt. Da die Nitratrichtlinie bei der Umsetzung von Cross Compliance berücksichtigt werden muss, fallen bestimmte Vorgaben der DüV in Deutschland unter diese Regelung. Die Einhaltung der für Cross Compliance relevanten Standards ist künftig auch für die EU-kofinanzierten Agrarumweltmaßnahmen eine Fördervoraussetzung. Durch die Betonung des ordnungsrechtlichen Charakters kann eine Sanktions-orientierte Umsetzung von Cross Compliance den

kooperativen Ansatz zwischen Wasserschutz und Landwirtschaft empfindlich stören und die Akzeptanz für Umweltmaßnahmen vermindern. Zu empfehlen sind daher Beratungsorientierte Ansätze der Umsetzung.

8.6 Andere fiskalische Instrumente

Dauerhafte Landnutzungsänderungen wie beispielsweise Vernässung von Auen und Mooren sind oft nur über Änderung der Eigentumsverhältnisse zu regulieren. Dabei spielt der Landkauf seitens der öffentlichen Hand eine wichtige Rolle, der durch Flurbereinigung und Flächentausch flankiert werden kann. Ein freiwilliges Herausnehmen produktiver landwirtschaftlicher Nutzflächen mit Hilfe förderpolitischer Ansätze mit jährlichen Zahlungen ist dagegen aufgrund geringer Akzeptanz nicht Erfolg versprechend. Dies zeigten auch die Antworten der befragten Experten zu Maßnahmen wie der Vernässung von Flächen.

8.7 Informatorische Instrumente

Unter informatorischen Instrumenten werden Beratung und umweltbezogene Bildung verstanden. Beide Elemente spielen im Wasserschutz eine zentrale Rolle. Umweltbezogene Bildung trägt dazu bei, das Bewusstsein für Ziele des Wasserschutzes und Wissen über umweltschonende Produktionstechniken in der Landwirtschaft zu verbreiten. Beratung kann der stärkeren Verbreitung freiwilliger Maßnahmen dienen und die Umsetzung auf betrieblicher Ebene unterstützen. Zu prüfen ist in Hinblick auf den zielführenden „policy mix“, in welchem Verhältnis Agrarumweltmaßnahmen (bzw. Investitionsförderung) und Wasserschutzorientierte Ausbildung und Beratung künftig stehen sollen und inwieweit die Unterstützung durch Beratung eine Erfolgsbedingung für bestimmte Maßnahmen wie die Düngeplanung darstellt.

Audits und Umweltmanagementsysteme dienen der Schwachstellenanalyse und der Darstellung des Ist-Zustands im landwirtschaftlichen Betrieb für das Betriebsmanagement und als Information für Behörden und ggf. die Abnehmer landwirtschaftlicher Produkte. Sie dienen damit einerseits der Verbesserung des innerbetrieblichen Informationsstands (informatorische Instrumente), können im Rahmen freiwilliger Selbstbeschränkungen eingesetzt werden (organisatorische Instrumente) und zur Information von Behörden im Rahmen von ordnungsrechtlichen Kontrollen beitragen. Ein Audit im Sinne des Wasserschutzes, das z. B. aus Nährstoffbilanzierung und Dokumentation der Dünge- und Anbauplanung bestehen könnte und ggf. mit der Beratung zu verknüpfen wäre, sollte Gegenstand weiterer konzeptioneller Arbeiten zur Umsetzung der WRRL sein.

8.8 Organisatorische Instrumente

Wasserschutzkooperationen stellen einen Rahmen für die Anwendung eines Instrumentenmix unter Einbeziehung informatorischer und förderpolitischer Instrumente dar, wobei die Kooperation einen dynamischen Abstimmungs- und Konsensfindungsprozess ermöglicht. Im Rahmen von Kooperationen kann der Instrumenteneinsatz äußerst flexibel und regional angepasst werden und die notwendige Akzeptanz geschaffen werden.

8.9 Ökonomische Instrumente

Zu den ökonomischen Instrumenten gehören sowohl die fiskalischen Instrumente wie Umweltabgaben, die eine Preiswirkung entfalten und darüber die Inputpreis-/Produktpreis-Relation verändern, als auch Instrumente mit Mengenwirkung wie die Quote (und Zertifikate), die entweder durch Verteuerung der Nutzung oder durch Verknappung der Verfügbarkeit zu einer effizienteren Ressourcennutzung führen. Eine ausführliche Analyse von Quoten, steuerlichen Instrumenten oder Abgabenregelungen würde den Rahmen dieses Kapitels sprengen. Verwiesen sei stellvertretend für viele andere Quellen zu diesem Themenfeld auf die Arbeiten von Köhne et al. (2001), Barunke (2002), Zeijts (1999) sowie Weingarten und Schleef (2000).

8.9.1 Quoten und Zertifikat

Während im Bereich der quantitativen Wassernutzung eine Zertifikatlösung denkbar ist, kommt der Einsatz eines Zertifikatsystems für die Sicherung der Wasserqualität im Falle diffuser Belastungen nicht in Frage. Die Komplexität der Wirkungszusammenhänge von Wasserbelastungen und die Begrenzung der Notwendigkeit weiterführender Maßnahmen auf einzelne Wasserkörper erschwert die Bestimmung der maximal zulässigen Emissionsmengen und die räumliche Abgrenzung ihrer Handelbarkeit. Deshalb sind handelbare Emissionsrechte kein geeignetes Instrument für den Wasserschutz (Grobosch, 2003). Quotenlösungen dagegen sind zur Reduktion der Nitratausträge in das Grundwasser durchaus praktikabel und werden bereits in anderen Ländern erfolgreich eingesetzt, z. B. in Dänemark (Kjaer et al., 2005). Auch in Niedersachsen wurden im Rahmen eines Pilotvorhabens Erfahrungen mit einer N-Quotierung gesammelt (Köhne et al., 2001).

8.9.2 Stickstoffsteuer

Die Besteuerung des Mineraldüngers und ggf. auch N-haltiger Futtermittel als eine für die N-Minderungsstrategie geeignete Ansatzstelle weist nur eine geringe Korrelation mit dem tatsächlichen Umweltproblem auf. Steuern, die allein am Mineraldüngerverkauf ansetzen, führen zu einem sehr ungleich im Raum verteilten Abbau der N-Überschüsse, da sich Marktfruchtbetriebe im Vergleich zu Tierhaltungsbetrieben stärker anpassen müssen (Schleef, 1999), obwohl heute schon die Marktfruchtbetriebe im Verhältnis zu Futterbau- und Veredelungsbetrieben relativ geringe N-Überschüsse je Flächeneinheit aufweisen (Osterburg et al., 2004). Ein Vorteil der Steuer ist es, das auf der Handelsstufe angesetzt werden kann und damit im Vergleich zu betrieblichen Maßnahmen nur wenige Adressaten erreicht werden müssen. Wird das Steueraufkommen zur Kompensation von Einkommensverlusten in der Landwirtschaft eingesetzt, steigt auch der Verwaltungsaufwand. Zudem handelt es sich bei Zweckbindung des Aufkommens um eine Abgabe (siehe nachfolgender Abschnitt). Nach Ergebnissen von Untersuchungen aus den 90er Jahren müsste der Preis für Stickstoff deutlich erhöht werden, wenn die Absatzzahlen merklich gesenkt werden sollen (vgl. van Zeijts, 1999; Weingarten, 1996). Nach Weingarten (1996) bewegen sich die Eigenpreiselastizitäten der N-Mineraldüngernachfrage in der Literatur je nach Annahmen zwischen -0,1 und -0,8. Allerdings sind ältere Untersuchungen zur N-Steuer aufgrund hoher Agrarpreise nicht auf heutige Verhältnisse übertragbar. So zeigt Strotmann (1992) anhand von Modellrechnungen, dass die Eigenpreiselastizität von N-Mineraldünger bei sinkenden Getreidepreisen ansteigt, und zwar von -0,28 bei hohen Getreidepreisen (35,3 DM/dt Winterweizen) auf -0,5 bei 23 DM/dt Winterweizen. Laut DLG (2006) gilt die Annahme einer sehr geringen Preiselastizität der Stickstoffnachfrage jedoch auch unter aktuellen Bedingungen: Eine Erhöhung des Preises für KAS-Dünger um 100 €/t (entspricht einer Preiserhöhung von über 50 %) hat demnach unter der Annahme einer Anpassung des optimalen N-Düngungsniveaus und einem Weizenpreis von 100 €/t lediglich eine Reduzierung von 2 kg N/ha zur Folge. Höhere Preiselastizitäten dürften sich in Vieh haltenden Betrieben ergeben, die noch Anpassungsspielräume zur Erhöhung der N-Düngeeffizienz aufweisen.

Um die Besteuerung von Mineraldünger wirksam umsetzen und kontrollieren zu können, ist ein großer Regelungsraum anzustreben, im günstigsten Fall der gesamte EU-Binnenmarkt. Länder, die N-Quoten oder Steuern eingeführt haben (Dänemark, Schweden), haben aufgrund ihrer geographischen Lage weniger Probleme mit nicht gemeldeten Mineraldüngerimporten aus dem EU-Binnenmarkt. Die Einführung einer EU-weiten N-Mineraldüngerbesteuerung dürfte auf erhebliche Konsensfindungsprobleme stoßen, da sich eine N-Steuer in Ackerbaugebieten ohne N-Überschussprobleme besonders negativ auf Produktion und landwirtschaftliches Einkommen auswirkt. Mitgliedstaaten mit geringen N-Überschussproblemen werden schwerlich zu überzeugen sein, die Nachteile einer Besteuerung mit zu tragen. Damit ergeben sich zwei grundsätzliche Probleme, nämlich einer-

seits die geringe Durchsetzbarkeit einer solchen Politik innerhalb der gesamten EU und andererseits die mangelnde Zielgenauigkeit bei Anwendung innerhalb eines großen Regelungsraums mit sehr unterschiedlichen Umweltbelastungen.

8.9.3 Umweltabgabe

Umweltabgaben sind Einnahmen der öffentlichen Hand, die an einen umweltrelevanten Tatbestand anknüpfen. Während Umweltsteuern umweltbezogene Zwangsabgaben ohne (direkte) Gegenleistung des Staates darstellen, deren Aufkommen nicht zweckgebunden ist, sind Umweltabgaben im engeren Sinn Zwangsabgaben, die der Staat von einer homogenen Bevölkerungsgruppe erhebt, die mit dem Abgabetatbestand in klarem sächlichem Zusammenhang steht und bei der eine klare Zweckbindung des Aufkommens besteht (Stehling, 1999).

Bei Input-Abgaben wird die Verwendung und Nutzung von Produkten verteuert, die mit einer Umweltbelastung einhergehen. Bei Output-Abgaben werden die Emissionen selbst verteuert. Die Festlegung der Höhe der Umweltabgabe, mit der die gewünschte und politisch festgelegte Schutzwirkung erzielt werden kann, ist sehr schwierig und erfordert in den meisten Fällen mehrmalige Anpassungen (Grobosch, 2003).

Der Abgabesatz ist der pro Einheit der Bemessungsgrundlage erhobene Geldbetrag; er stellt einen (staatlicherseits gesetzten) Preis für die betreffende Umweltnutzung dar (Stehling, 1999). Umweltabgaben entfalten eine Lenkungsfunktion indem sie die Ressourcennutzung, in diesem Fall die Nutzung von Wasser verteuern. Je höher der Abgabesatz desto größer ist der Anreiz die Umweltnutzung einzuschränken. Durch die Verteuierung der Nutzung wird ein effizienterer Umgang mit der Ressource erreicht. Zu den bekannten Umweltabgaben gehören die Wasserentnahmeentgelte. Sie sind gleichzeitig eine wichtige Finanzierungsquelle für Umweltleistungen, da die erhobenen Abgaben für den Gewässerschutz wieder verwendet werden (Interwies et al., 2004). In diesem Fall wird die Lenkungsfunktion der Abgabe noch verstärkt.

Denkbar ist auch die Erhebung einer Abgabe auf Wirtschaftsdünger aus nichtflächengebundener Tierhaltung (Interwies et al., 2004) oder auf Nährstoffbilanzüberschüsse oberhalb definierter Grenzwerte (SRU, 2004). Nährstoffbilanzüberschüsse als Ansatzstelle sind im Vergleich zu Input-bezogenen Steuern oder Abgaben zielgenauer auf das Umweltproblem gerichtet. Aufgrund der einzelbetrieblichen Ansatzstelle und Kontrollproblemen sind solche Abgaben jedoch mit einem relativ hohen Verwaltungsaufwand verbunden. Da Vorgaben zu Bilanzberechnungen bereits durch die Düngeverordnung festgeschrieben werden, könnte eine Abgabenregelung auf die vorhandenen Nährstoffaufzeichnungen aufbauen, wodurch der zusätzliche Verwaltungsaufwand stark begrenzt würde.

8.10 Verwaltungs- und Kontrollkosten

Um die Programmkosten seitens der öffentlichen Hand abschätzen zu können, sind neben Agrarumweltzahlungen für freiwillige Maßnahmen auch Verwaltungs- und Kontrollkosten, so genannte Transaktionskosten, zu berücksichtigen. Hinzu kommen weitere Aufwendungen für den Aufbau kooperativer Strukturen, Information und Beratung. Auch bei den Unternehmen fallen Transaktionskosten an, bei freiwilligen Maßnahmen ist aber davon auszugehen, dass diese durch die Entgelte bzw. Agrarumweltzahlungen abgedeckt sind. Zur Höhe der Transaktionskosten bei der Umsetzung von Agrarumweltmaßnahmen liegen nur wenige quantitative Daten vor (z. B. in Falconer und Whitby, 1999; Meyer, 2004), zudem werden die Kosten unterschiedlich abgegrenzt und ermittelt. In der Regel werden die zusätzlichen Verwaltungs- und Kontrollkosten bei Förderprogrammen in Prozent des Auszahlungsvolumens angegeben.

Falconer und Whitby (1999) stellten Mitte der 90er Jahre in Baden-Württemberg, Schweden und dem Vereinigten Königreich öffentliche Verwaltungskosten in Höhe zwischen 10 und 50 % der Summe der Agrarumweltförderungen fest, während die Transaktionskosten für Direktzahlungen im Ackerbau zwischen 0,8 und 4 % der Direktzahlungen lagen. Für Niedersachsen ermittelte Meyer (2004) öffentliche Verwaltungskosten in Höhe von 50 % für Agrarumweltmaßnahmen und Wasserschutzmaßnahmen im Rahmen von Kooperationen in Trinkwassergewinnungsgebieten. Für den Erschwernisausgleich, bei dem flächen- und betriebsindividuelle Ausgleichszahlungen in Naturschutzgebieten berechnet werden, erreichten nach Meyer die Verwaltungskosten sogar 100 % der Fördersumme. Tiemann et al. (2005) erhoben öffentliche Transaktionskosten der Umsetzung von Agrarumweltmaßnahmen in Höhe von 2,5 bis 4,5 % der Summe der Fördermittel. Gründe für diese vergleichsweise sehr geringen Transaktionskosten können in Baden-Württemberg das hohe Fördervolumen und in Thüringen zusätzlich die Größe der Betriebe sein.

Zeijts (1999) rechnet bei Anwendung einer N-Steuer anhand von Erfahrungen aus den Niederlanden mit Transaktionskosten von ca. 10 Euro je Betrieb, im Falle einer auf den Stickstoffbilanzüberschuss bezogenen Abgabe dagegen mit 100 – 600 Euro je Betrieb. Zu den öffentlichen Transaktionskosten der Förderung von Beratung konnten keine Veröffentlichungen gefunden werden. Da hier i. d. R. wenige Beratungsinstitutionen gefördert werden, dürften diese Kosten aber im Vergleich zu einzelbetrieblichen Fördermaßnahme sehr gering ausfallen.

Vatn (2002) hat die Transaktionskosten verschiedener agrarpolitischer Maßnahmen in Norwegen untersucht. Es wurden sowohl die öffentlichen (Administration), als auch die privaten Transaktionskosten (Informations-, Vertragsabschluss- und Kontrollkosten) erhoben. In der Veröffentlichung wurden diese jedoch nur als Summe ausgewiesen. Für die gesamten Transaktionskosten konnte Vatn folgendes feststellen: Je zielgenauer eine Maß-

nahme ausgestaltet ist, desto höher sind die damit verbundenen Transaktionskosten. Besonders hohe Transaktionskosten entstehen bei der Förderung von sehr speziellen Maßnahmen wie Bewahrung von Landschaftselementen oder der Erhaltung von Rinderrassen. Bezogen auf das Fördervolumen liegen die Transaktionskosten hier bei über 50 %. Dies begründet Vatn (2002) vor allem mit dem bei diesen Maßnahmen geringeren Fördervolumen je Betrieb.

Die wenigen quantitativen Aussagen zu Transaktionskosten lassen keine Schlüsse über deren exakte Höhe unter verschiedenen Rahmenbedingungen zu. Einige allgemeine Schlussfolgerungen sind jedoch möglich:

- Transaktionskosten fallen in Abhängigkeit von der Anzahl der Adressaten an.
- Auch hoheitliche Maßnahmen und marktwirtschaftliche Instrumente sind je nach Ausgestaltung mit Transaktionskosten belastet. Eine betriebliche Ansatzstelle, z. B. die Stickstoffbilanz, kann im Vergleich zu einer N-Steuer deutlich höhere Transaktionskosten nach sich ziehen.
- Bei Agrarumweltzahlungen fallen Transaktionskosten vor allem maßnahmen- und weniger flächenbezogen an, bei Maßnahmen mit geringem Fördervolumen je Betrieb (z. B. einzel- und teilflächenbezogene und standortspezifische Maßnahmen) liegen sie folglich prozentual besonders hoch. Mit dem Flächenumfang nimmt der Anteil der Transaktionskosten am Fördervolumen ab (Degression der Kosten).
- Zu Beginn der Umsetzung neuer Maßnahmen liegt der Transaktionskostenanteil aufgrund des noch geringen Mitteleinsatzes besonders hoch.
- Dauerhaft umzusetzende Maßnahmen der Landnutzungsänderung erfordern hohe Aufwendungen für die Konsensfindung, später fallen aber nur noch geringe jährliche Verwaltungskosten an.
- Spezifische, anspruchsvollere Auflagen (z. B. im Vertragsnaturschutz) und betriebsindividuelle Prämienberechnungen haben vergleichsweise höhere Transaktionskosten zur Folge.
- Kontrollkosten können von der Verwaltung an die Begünstigten verschoben werden. So machen Kontrollkosten im Ökologischen Landbau einen hohen Anteil an den privaten Transaktionskosten aus. Sie hängen von der Verpflichtung zu privatwirtschaftlichen Kontrollen ab.

Eine fachlich vertretbare Standardisierung von Maßnahmen sowie die Umsetzung wichtiger Maßnahmen mit höheren Fördervolumina können helfen, Verwaltungskosten von Agrarumweltmaßnahmen gering zu halten. Dies spricht für das Angebot von Maßnahmen in größeren Räumen zur Nutzung von Skaleneffekten und gegen zu starke lokale Zersplitterung des Maßnahmenangebots, solange hinreichende Maßnahmenwirkungen gewährleistet

bleiben. Die Anzahl von Institutionen, die an der konkreten Maßnahmenabwicklung beteiligt sind, sollte möglichst klein gehalten werden, z. B. durch Bündelung der Antragstellung mit anderen Förderprogrammen („one-stop-shop“) und einer gemeinsamen Verwaltung verschiedener flächenbezogener Maßnahmen. Unter günstigen Rahmenbedingungen liegen die Transaktionskosten der Abwicklung von Agrarumweltmaßnahmen unter 5 % des Fördervolumens.

Der Bezug der Verwaltungs- und Kontrollkosten der Umsetzung von Förderprogrammen auf das Auszahlungsvolumen verleitet dazu, Maßnahmen mit geringen Transaktionskosten für effizienter zu halten. Richtig ist es aber, die gesamten Programmkosten und die Wirkungen zu vergleichen. Dabei können höhere Transaktionskosten, wenn sie zu einer besseren Entfaltung von Schutzwirkungen beitragen, sehr wohl gerechtfertigt sein. Dies gilt insbesondere für einen zielgerichteten Einsatz der Fördermittel bezüglich Standort und Betriebssituation, und für die flankierende Förderung informatorischer Instrumente wie z. B. die Beratung.

Zu berücksichtigen ist allerdings, dass bei EU-kofinanzierten Maßnahmen nur die Fördermittel, nicht aber die öffentlichen Verwaltungskosten mit einem EU-Anteil finanziert werden. Einer Optimierung sind Grenzen gesetzt, da die Mittel für Verwaltung und für Förderung nicht aus einem Budget gezahlt werden und deshalb nicht ohne weiteres in die eine oder andere Richtung verschoben werden können. Vor diesem Hintergrund sind die Möglichkeit zu prüfen, Beratungsleistungen im Wasserschutz durch EU-Mittel kofinanzieren zu lassen, und eine Übertragung bestimmter Monitoring- und Kontrollpflichten an die Begünstigten vorzunehmen, wobei die damit verbundenen Aufwendungen pauschal über die ebenfalls EU-kofinanzierten Prämien entgolten werden können. Schließlich bietet das Integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVeKoS) zur Verwaltung aller flächenbezogener Zahlungen der Agrarpolitik erhebliche Potenziale zur Optimierung der räumlichen Verteilung von Fördermitteln. Das System enthält Informationen zur landwirtschaftlichen Flächennutzung der geförderten Betriebe und bietet über ein Geographisches Informationssystem eine Schnittstelle für gebietsbezogene Wasserschutzplanungen. Hierdurch ergeben sich erhebliche Chancen zur Effizienzsteigerung durch Nutzung technischer Möglichkeiten der Verwaltung und Abwicklung von Maßnahmen sowie bezüglich der Koordination von Vor-Ort-Kontrollen.

9 Schlussfolgerungen und Ausblick

Im Folgenden werden Schlussfolgerungen aus den vorgestellten Analysen gezogen. Betrachtet werden die Themenbereiche systematische Darstellung der Wasserschutzmaßnahmen, Ergebnisse der Literaturrecherche, Monitoring und Verifizierung von Maßnahmenwirkungen, Kostenwirksamkeitsanalysen, Aufstellung von Maßnahmenplänen und Optionen für die politische Umsetzung.

Systematische Darstellung der analysierten Wasserschutzmaßnahmen

Die in den Maßnahmenblättern beschriebenen 49 Wasserschutzmaßnahmen stellen einen Kompromiss zwischen Kontrollierbarkeit, Akzeptanz, bisherigen Erfahrungen mit existierenden Maßnahmen und dem Wunsch nach Qualifizierung der Maßnahmen im Sinne des Wasserschutzes dar. Für eine quantitative Beurteilung der Maßnahmen sind eine genaue Definition der Bewirtschaftungsbedingungen und das Verständnis der zugrunde liegenden Wirkungsmechanismen notwendig. Zu wichtigen Bestimmungsgründen der Wirksamkeit von wasserschutzorientierten Bewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit von Boden/Klima, Betriebsspezialisierung und Flächennutzung wurden qualitative Hinweise zusammengetragen, für eine vollständige Quantifizierung der komplexen Wirkungszusammenhänge fehlen aber die Informationsgrundlagen.

Bei der Umsetzung auf regionaler Ebene können die Bewirtschaftungsbedingungen an die jeweiligen Verhältnisse angepasst werden. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass sich dabei auch die Wasserschutzwirkungen verändern können. Vor diesem Hintergrund sollte der Maßnahmenkatalog also nicht als Auflistung starrer Vorschriften verstanden werden. Vielmehr soll mit Hilfe der Maßnahmenblätter eine Struktur für die Maßnahmenausgestaltung und die Wirkungsanalyse gegeben werden. Künftig kann auf dieser standardisierten Beschreibung der wichtigsten Maßnahmen aufgebaut werden.

Ergebnisse der Literaturrecherche

Bei der Sammlung und Sichtung von Publikationen zu Wasserschutzmaßnahmen ist deutlich geworden, dass die Kostenseite für viele Maßnahmen auf Grundlage bisher gezahlter Entgelte und Prämien in einer vergleichsweise engen Bandbreite beschrieben werden kann. Entgelte und Prämien können dabei als Näherungswert an die tatsächlichen einzelbetrieblichen Kosten angesehen werden, die kompensiert werden müssen, um bei freiwilligen Maßnahmen eine ausreichende Akzeptanz zu erzielen. Wesentlich größere Informationsdefizite und Unsicherheiten bestehen bezüglich der Schutzwirkungen der Maßnahmen. Die Literaturanalyse hat gezeigt, dass es zwar eine Vielzahl von Publikationen zu Wasserschutzmaßnahmen gibt, einer Systematisierung von Ergebnissen und der Quantifizierung statistisch signifikanter Wirkungen aber Grenzen gesetzt sind. Damit Veröffentli-

chungen zu Wasserschutzwirkungen künftig besseren Eingang in die Maßnahmenbeurteilung finden können, wird die Berücksichtigung der in Kapitel 2.2 genannten Kriterien für die Literaturlauswertung empfohlen.

Die Expertenbefragung hat zwar eine Überprüfung der Einschätzungen in den Maßnahmenblättern gewährleistet, dennoch sind die Bewertungen als vorläufig anzusehen und erfordern eine weitere Überprüfung. Bei der Literaturrecherche wurde ein Mangel an zitierfähigen, systematischen Übersichtsarbeiten festgestellt, die unter Praxisbedingungen gemessene Wirkungen gegenüber einer definierten Referenzsituation quantifizieren und statistisch-analytisch überprüfen und dabei über den Rahmen einzelner Gebiete und Jahre hinausgehen. Im Forschungsbereich fehlten offenbar bisher die Anreize für solche Arbeiten. Im Verwaltungs- und Beratungsbereich liegen zwar viele praxisbezogene Informationen vor, die systematische Zusammenführung und statistische Auswertung scheitert aber oftmals am hohen damit verbundenen Aufwand und am Zugang zu geeigneten methodischen Ansätzen. Schließlich besteht unter Experten große Skepsis, angesichts multifaktorieller Wirkungszusammenhänge und unterschiedlichster standörtlicher und betrieblicher Rahmenbedingungen standardisierte, quantitative Festlegungen zu den Maßnahmenwirkungen zu treffen. Die oft große Spannweite der ausgewiesenen Wirkungen der 49 beschriebenen Maßnahmen reflektiert diese Problematik. Für einige Maßnahmen liegen noch keine abgesicherten Werte zu Kosten und Wirkungen vor.

Monitoring und Verifizierung der Maßnahmenwirkungen

Der Nachweis von Maßnahmenwirkungen bleibt angesichts der Ergebnisse der Literaturanalyse weiterhin eine wichtige Aufgabe. Für die Beurteilung von „Erfolgen“ bzw. „Ergebnissen“ wird ein plausibles Messkonzept benötigt. Dieses Monitoring sollte Anforderungen an Transparenz, Aussagekraft, Kontrollierbarkeit und Nähe zum Umweltziel mit guter Praktikabilität verbinden. Auf der Ebene des Landwirtschaftsbetriebes liegt es nahe, die Bilanzierung nach Düngeverordnung zu nutzen, mit deren Erstellung für die Betriebe kein zusätzlicher Aufwand verbunden ist. Die Feld/Stall-Bilanz muss jedoch einer Plausibilitätsprüfung unterzogen werden, um große Diskrepanzen zur Hoftorbilanz auszuschließen.

Die Herbst- N_{\min} -Methode stellt eine verbreitete, bodenanalytische Untersuchungsmethode für die Erfolgskontrolle von Grundwasserschutzmaßnahmen und das Gebietsmonitoring dar, die voraussichtlich auch in Zukunft in beträchtlichem Umfang zum Einsatz kommen wird. Die Beprobungen sollten sich zukünftig noch stärker an einem verwertbaren Mit-/Ohne-Vergleich orientieren, um die reinen Maßnahmenwirkungen zu quantifizieren und die Randeekte wie sonstige Bewirtschaftungseinflüsse sowie klimatische Bedingungen und Bodenheterogenität so weit wie möglich auszuschließen.

Durch die im vorliegenden Projekt durchgeführte Datenanalyse konnten statistisch signifikante Minderungen der N-Belastung für die wichtigsten Grundwasserschutzmaßnahmengruppen nachgewiesen werden. Weitere Auswertungen von Herbst- N_{\min} -Werten sollten darauf angelegt sein, mehr Detailschärfe in den Stichproben abzubilden. Beispielsweise sollte der Paarvergleich nicht nur für Maßnahmengruppen, sondern auch für Einzelmaßnahmen durchgeführt werden. Hierzu müsste jedoch ein größerer Datenfundus genutzt werden, um auch bei Gruppierung nach den wichtigsten Rahmenbedingungen einen ausreichend großen Stichprobenumfang innerhalb der Stichproben zu haben. Die hier exemplarisch aufgezeigten Auswertungsmöglichkeiten sollten verstärkt genutzt werden, um sowohl die in größerem Umfang bereits vorhandenen Herbst- N_{\min} -Datenbestände als auch die zukünftig erhobenen Herbst- N_{\min} -Ergebnisse zur Darstellung ökologischer Maßnahmeneffekte besser nutzbar zu machen.

Auch bei der Analyse einzelbetrieblicher Stickstoffbilanzen konnten deutliche, statistisch signifikante Entlastungswirkungen im Zusammenhang mit Agrarumweltzahlungen nachgewiesen werden. Künftig sollten entsprechende Analysen soweit möglich nach Maßnahmen differenziert werden. Ergänzende statistische Auswertungen zu Kostenwirksamkeiten von Agrarumweltmaßnahmen sollten folgen, um die zum Teil sehr weiten Spannen bei den N-Minderungspotenzialen weiter eingrenzen zu können. Hierfür ist eine systematische Erhebung und Aufbereitung von Monitoringdaten sowie von Buchführungsabschlüssen auf Landes- und Bundesebene erforderlich.

Ein umweltbezogenes Wirkungsmonitoring wird auch seitens der EU-Kommission als Bestandteil des gemeinsamen Monitoring- und Evaluationsrahmens zur Umsetzung von Agrarumweltmaßnahmen im Rahmen der ELER-Verordnung gefordert (Verordnung (EG) 1698/2005 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums). Ein Großteil der künftigen Wasserschutzmaßnahmen wird über die ELER-Verordnung finanziert werden. Die Anstrengungen der Länder für das Wirkungsmonitoring sollten gebündelt werden, um für bedeutende Wasserschutzmaßnahmen systematische, überregional geltende Wirkungsnachweise führen zu können und den dafür notwendigen Aufwand zu minimieren.

Kostenwirksamkeitsanalysen

Aufbauend auf die Überprüfung der Wirkungen sollten die in diesem Bericht ermittelten Kostenwirksamkeiten fortgeschrieben werden. Im Weiteren sollte die Identifizierung von Bestimmungsgründen für besonders hohe Maßnahmenwirkungen und die daraus folgende, günstige Kostenwirksamkeit in den Mittelpunkt rücken. Hieraus lassen sich Schlussfolgerungen für die gezielte Lenkung von Fördermaßnahmen nach betrieblichen und standörtlichen Kriterien ziehen. Die Ergänzung der Entgelte als Näherungswert für die betriebswirtschaftlichen Kosten um öffentliche Verwaltungs- und Kontrollkosten und die Erweiterung

des quantitativen Bewertungsrahmens um andere Umweltwirkungen und Synergieeffekte sind weitere Herausforderungen. Schließlich ist eine Weiterentwicklung der Kostenwirksamkeitsanalysen in Richtung volkswirtschaftlicher Wohlfahrtsanalysen, die auch den Nutzen der Umweltschutzwirkungen berücksichtigt, zu prüfen.

Aufstellung von Maßnahmenplänen und Optionen für die politische Umsetzung

Dieser Bericht stellt lediglich Informationen zu technisch-organisatorischen Maßnahmen als ein zentrales Element für die bevorstehende Aufstellung von Maßnahmenplänen bereit. Dafür werden nach der Identifizierung von Wasserkörpern mit erhöhten Stickstoffbelastungen und der Quantifizierung der notwendigen Emissionsreduktionen die geeigneten Maßnahmen zu identifizieren sein. Zunächst müssen die Wirkungen der im Jahr 2006 novellierten Düngeverordnung und ihre verwaltungstechnische Implementierung analysiert werden. Die Düngeverordnung ist als wichtigste grundlegende Maßnahme der WRRL im Landwirtschaftsbereich anzusehen. Darauf aufbauend sind freiwillige Maßnahmen nach Kostenwirksamkeit und technischem Wirkungspotenzial auszuwählen. Bei der Umsetzung der Maßnahmen sind neben deren Schutzwirkung auch der technisch umsetzbare Umfang, beispielsweise bezogen auf die potenzielle Förderfläche, sowie die bei freiwilligen Maßnahmen zu erzielende Akzeptanz zu beachten.

Die Auswahl politischer Instrumente, mit Hilfe derer die Maßnahmen umgesetzt werden, ist von der Einzelmaßnahme abhängig. Viele der beschriebenen Maßnahmen können als handlungsorientierte Agrarumweltmaßnahme angeboten werden, während z. B. bei Wiedervernässung und einer damit verbundenen dauerhaften Landnutzungsänderung eher ein Flächenkauf oder Flächentausch, z. B. im Rahmen von Flurneuordnungsverfahren realisiert werden kann. Eine Umsetzung nur mit Hilfe von förderpolitischen Instrumenten ist insbesondere für komplexe Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen ungeeignet. Hier sind Beratungs-orientierte Ansätze sowie eine Intensivierung der Fort- und Ausbildung zu Wasserschutzaspekten zu empfehlen. Die Bildung von Paketen von Wasserschutzmaßnahmen, die durch Beratungsangebote flankiert werden, und die Lenkung von Fördermaßnahmen auf Zielflächen und in Betriebe mit potenziell höherer Wirksamkeit können zur Steigerung der Kosteneffizienz beitragen. Die Ergebnisse der einzelbetrieblichen Analysen zeigen, dass Agrarumweltzahlungen dort besonders hohe Entlastungswirkungen bezüglich der Stickstoffbilanz entfalten, wo sie nicht zur Extensivierung, sondern zur Steigerung der N-Ausnutzung bei hoher Viehbesatzdichte und Landnutzungsintensität beigetragen haben. Der Steigerung der N-Effizienz sollte daher künftig mehr Beachtung geschenkt werden, da sie im Vergleich zur Extensivierung der Produktion mehr Potenziale zur Minderung von Stickstoffemissionen bietet.

Wie in den Maßnahmenblättern dargestellt, sind eine Reihe handlungsorientierter Maßnahmen auf eine unmittelbare Minderung der Nitratauswaschung auf Einzelschlag-Basis

ausgerichtet (Herbst- N_{\min} und N-Fracht-Minderung). Hier entfalten Sie auch nachweisliche Wirkungen. Auf Einzelflächen bezogene, handlungsorientierte Maßnahmen weisen oft vergleichsweise hohe Kosten auf, und ihre gesamtbetriebliche Wirkung bleibt oft unklar (Anrechnung von Rest-N im Folgejahr, Verlagerungseffekte, z. B. durch verstärkte Wirtschaftsdüngerausbringung auf nicht geförderte Flächen). Daher sind Maßnahmen zur Minderung der Stickstoffüberschüsse ein wichtiger Bestandteil einer flächenhaften Wasserschutzpolitik. Es wird empfohlen, einen ergebnisorientierten Ansatz zur gezielten Honorierung einer Verbesserung des gesamtbetrieblichen Düngemanagements zu entwickeln, um eine Erhöhung der Stickstoffausnutzung bei der Düngung zu erreichen. Erste diesbezügliche Erfahrungen werden derzeit im Verbund von Praxis und Wissenschaft im Rahmen des EU-LIFE-Projektes WAgriCo gesammelt. Ein Vorteil solcher Ansätze ist es, dass die Honorierung pro kg verminderter Stickstoffüberschüsse erfolgt, also mit einer direkt ablesbaren Kostenwirksamkeit. Die landwirtschaftlichen Betriebe werden dabei als Unternehmer an Risiken und Erfolgen der Maßnahmenumsetzung beteiligt.

Die ELER-Verordnung ermöglicht die Kofinanzierung von freiwilligen Wasserschutzmaßnahmen, von Beratungsangeboten und von Ausgleichszahlungen für obligatorische Wasserschutzauflagen durch EU-Mittel. Die Programmierung und die Mittelplanung für den Förderzeitraum von 2007 bis 2013 sind bereits abgeschlossen, also zu einem Zeitpunkt, zu dem ein genauer Finanzbedarf für die Umsetzung der WRRL noch nicht vorlag. Ein erhöhter Finanzbedarf kann vor dem Jahr 2013 nur noch durch programminterne Umschichtungen oder eine Erhöhung der ELER-Mittel z. B. durch Modulation (Abzüge bei Direktzahlungen zugunsten des ELER-Budgets) erfolgen. Eine von vielen Seiten geforderte Umsetzung der WRRL durch Maßnahmen auf freiwilliger Basis unterliegt daher erheblichen finanziellen Restriktionen. Die knappen Finanzmittel sind deshalb zielgerichtet und unter Berücksichtigung günstiger Kostenwirksamkeiten vorrangig in Gebiete mit einem hohen N-Minderungsbedarf zur Erreichung des guten ökologischen Zustands zu lenken.

Literatur

- Antony, F. und Lagemann-Kohnhorst, C. (2003): Grundwasserschutz für große Räume. Pilotvorhaben zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie - Modellgebiet Große Aue. INGUS, Ingenieurdienst Umweltsteuerung. Hannover. S. 1-136.
- ATV-DVWK - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (2004): Möglichkeiten der Effizienzkontrolle von Maßnahmen zur grundwasserschonenden Bodennutzung am Beispiel des Stickstoffs. Hennef.
- Bach, M., Hoch, A. S., Friedrich, C. und Frede, H.-G. (2006): Evaluierung der Kooperationen zwischen Land- und Wasserwirtschaft in Hessen. Auswertung der Ergebnisse und Erfahrungen in Kooperationsprojekten zur grundwasserschonenden Landbewirtschaftung. Untersuchung im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz. S. 1-92.
- Barunke, A. (2002): Die Stickstoffproblematik in der Landwirtschaft. Erfahrungen mit Stickstoffminderungspolitik. Kiel.
- BMELV (2006): Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ für den Zeitraum 2006-2009.
- Böhm, E., Hillenbrand, T., Liebert, J., Schleich, J. und Walz, R. (2001): Kosten-Wirksamkeitsanalyse von nachhaltigen Maßnahmen im Gewässerschutz. In: Umweltbundesamt (Hrsg.): Forschungsvorhaben 299 21 289. Berlin.
- CEA Drafting Group (2006): Final Draft Document on Cost Effectiveness - Including the remarks of SCG. Cost Effectiveness Analysis document. Materialienband.S. 1-78.
- DLG - Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (Hrsg.) (2006): N-Düngung effizient gestalten. DLG-Merkblatt.
- DVWK - Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (1998): Einträge aus diffusen Quellen in Fließgewässer - Nähr- und Feststoffe. DVWK-Materialien. 5/1998.
- European Commission (Ed.) (2003): Common implementation strategie for implementation of the Water Framework Directive (2000/60/EC). Economics and the environment - The implementation challenge of the Water Framework Directive. Guidance no. 1.
- Falconer, K. und Whitby, M. (1999): The invisible cost of scheme implementation and administration. In: Van Huylenbroeck, G. und Whitby, M. (Hrsg.): Countryside Stewardship: Farmers, Policies and Markets. Oxford. S. 67-88.
- Frede, H.-G. und Dabbert, S. (Hrsg.) (1998): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. ecomed. Landsberg.

- Grobosch, M. (2003): Grundwasser und Nachhaltigkeit - Zur Allokation von Wasser über Märkte. Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
- Gutser, R. (1998): Zur Problematik von Stickstoffbilanzen. DLG-Arbeitsunterlagen: "Die Düngeverordnung auf dem Prüfstand"; DLG-Kolloquium vom 3.12.1997 in Kassel. S. 27-45.
- Gutser, R. (2006): Bilanzierung von Stickstoffflüssen im landwirtschaftlichen Betrieb zur Bewertung und Optimierung der Düngungsstrategien. Acta agric. Slovenica 87 (1), S. 129-141.
- Hartmann, E., Schekahn, A., Luick, R. und Thomas, F. (2006): Kurzfassungen der Agrarumwelt- und Naturschutzprogramme. Darstellung und Analyse von Maßnahmen der Agrarumwelt- und Naturschutzprogramme in der Bundesrepublik Deutschland. BfN-Skripten 161. Bundesamt für Naturschutz.
- Hartung, J., Elpelt, B. und Kösemer, H.-K. (2002): Statistik - Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. München Wien.
- Herold, L., Kerschberger, M. und Höpfer, E. (1996): Beziehungen zwischen N-Bilanz und N_{\min} -Gehalt des Bodens im Herbst. VDLUFA-Schriftenreihe 14, S. 587-590.
- Interwies, E. und Kraemer, A. (2001): Ökonomische Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie - Analyse der relevanten Regelungen und erste Schritte zur Umsetzung. Endbericht eines Projektes von ecologic an das UBA. Berlin.
- Interwies, E., Kraemer, A., Kranz, N., Görlach, B., Dworak, T., Borchardt, D., Richter, S. und Willecke, J. (2004): Grundlagen für die Auswahl der kosteneffizientesten Maßnahmenkombinationen zur Aufnahme in das Maßnahmenprogramm nach Artikel 11 der Wasserrahmenrichtlinie - Handbuch. UBA-Texte 02/04. Umweltbundesamt.
- Kjaer, S., Feenstra, P., Mikkelsen, S. und Iversen, T. M. (2005): The Regulation of Nutrient Losses in Denmark to Control Aquatic Pollution from Agriculture. In: OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development (Hrsg.): Evaluating Agri-Environmental Policies - Design, Practice and Results. [16], Paris. S. 295-308.
- Köhne, M., Isselstein, J., Barunke, A., Scheringer, J., Gerowitt, B. und Osewold, S. (2001): Das Niedersächsische Pilotprojekt zur Einführung einer reduzierten Stickstoffdüngung in landwirtschaftlichen Betrieben. ZLU - Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft und Umwelt, Georg-August-Universität Göttingen
- Lange, U., Döhler, H., Eurich-Menden, B., Gömann, H., Jäger, P., Kreins, P., Möller, C., Prigge, A., Ristenpart, E. und Schultheiß, U. (2006): Evaluation of policy measures and methods to reduce diffuse water pollution. In: Mohaupt, V. (Hrsg.): UBA-Text 25/06. Umweltbundesamt. Dessau.

- LAWA - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.) (2000): Gewässerschützende Landbewirtschaftung in Wassergewinnungsgebieten. Projekt des LAWA-Förderprogramms 1997-1998 W 5.13. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Schwerin.
- Meyer, M. (2004): Quantifizierung der Verwaltungskosten bei landwirtschaftlichen Direktzahlungen. Masterarbeit im wissenschaftlichen Studiengang Agrarwissenschaften an der Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Agrarwissenschaften, Studienrichtung: Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2005): In pursuit of optimal measure packages. Dutch handbook on costeffectiveness analyses for the EU Water Framework Directive. Working group Afwegingskader/cluster Milieu EU, KRW. S. 1-97.
- NLÖ - Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (2001a): Anwenderhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz. Grundwasserschutzorientierte Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft und Methoden zu ihrer Erfolgskontrolle. Hildesheim.
- NLÖ (Niedersächsisches Landesamt für Ökologie) (2001b): Gewässergütebericht 2000. 13/2001. Hildesheim.
- NLÖ - Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (2003): Vorläufige Empfehlungen zur Durchführung von Herbst-N_{min}-Programmen. Hildesheim. S. 15.
- NLWKN - Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2007): Empfehlungen zur Planung, Durchführung und Auswertung von Herbst-N_{min}-Programmen. (in Druck).
- Osinski, E., Meyer-Aurich, A., Huber, B., Rühling, I., Gerl, G. und Schröder, P. (2007): Landwirtschaft und Umwelt – ein Spannungsfeld - Ergebnisse des Forschungsverbunds Agrarökosysteme München (FAM). Ökom-Verlag. München.
- Osterburg, B. und Stratmann, U. (2002): Die regionale Agrarumweltpolitik in Deutschland unter dem Einfluss der Förderangebote der Europäischen Union. Agrarwirtschaft 51, S. 259-279.
- Osterburg, B., Schmidt, T. G. und Gay, S. H. (2004): Auswertung betrieblicher Daten zur Ermittlung des Stickstoffmineraldünger-Einsatzes [Endbericht für ein Forschungsvorhaben im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums] 387. Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie. 06/2004. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Institut für ländliche Räume. Braunschweig.
- Roßberg, Michel, Graf und Neukampf (2007): Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. In: Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (im Druck).
- Scheele, M., Isermeyer, F. und Schmitt, G. (1993): Umweltpolitische Strategien zur Lösung der Stickstoffproblematik in der Landwirtschaft. Agrarwirtschaft 42 (8/9), S. 294-313.

- Schleef, K.-H. (1999): Auswirkungen von Stickstoffminderungspolitiken. Landwirtschaftsverlag GmbH Münster-Hiltrup.
- Schultheiß, U., Jäger, P., Eurich-Menden, B. und Döhler, H. (2006): Effects of water protection measures on the profitability of farms. Diffuse Pollution Conference Dublin 2003. S. 12-13-12-18.
- SRU - Sachverständigenrat für Umweltfragen (2004): Umweltgutachten 2004. Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern. Nomos.
- Stehling, F. (1999): Ökonomische Instrumente der Umweltpolitik zur Reduzierung stofflicher Emissionen. Materialien. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg.
- Strotmann, B. (1992): Analyse der Auswirkungen einer Stickstoffsteuer auf Produktion, Faktoreinsatz, Agrareinkommen und Stickstoffbilanz unter alternativen agrarpolitischen Rahmenbedingungen - Eine regionalisierte Sektoranalyse für Regionen der alten Länder der Bundesrepublik Deutschland. Dissertation, Institut für Lebensmittel- und Ressourcenökonomik, Universität Bonn.
- Tiemann, S., Beckmann, V., Reuter, K. und Hagedorn, K. (2005): Ist der Ökologische Landbau ein transaktionskosteneffizientes Instrument zur Erreichung von Umweltqualitätszielen? In: Heß, J. und Rahmann, G. (Hrsg.): Ende der Nische. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau; siehe auch: Endbericht zum Bundesprogramm Ökologischer Landbau, Forschungsprojekt 02OE227. Kassel, 1.-4. März 2005.
- UBA - Umweltbundesamt (2004): Evaluation of policy measures and methods to reduce diffuse water pollution. Final Report.
- Urban, D. und Mayerl, J. (2006): Regressionsanalyse - Theorie, Technik und Anwendung. Wiesbaden.
- Vatn, A. (2002): Multifunctional agriculture: Some consequences for international trade regimes. *European Review of Agricultural Economics* 29 (3), S. 309-327.
- Water4all (2006): Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung. Praxishandbuch zur Reduzierung landwirtschaftlicher Einflüsse auf die Grundwasserqualität.
- Weingarten, P. und Schleef, K.-H. (2000): Auswirkungen und Bewertung agrarumweltpolitischer Maßnahmen im Problembereich Stickstoff. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege 71, S. 50-63.

Weingarten, P. (1996): Grundwasserschutz und Landwirtschaft - Eine quantitative Analyse von Vorsorgestrategien zum Schutz des Grundwassers vor Nitrateinträgen. In: H. de Haen: Landwirtschaft und Umwelt Schriften zur Umweltökonomik, Bd. 13, Wissenschaftsverlag Vauk, Kiel.

Zeijts, H. v. (1999): Economic instruments for nitrogen control in European agriculture. Utrecht, March 1999, Centre for Agriculture and Environment (CLM).

Anhang 1

Maßnahmenkombinationen

Tania Runge (FAL)

Petra Witt-Altfelder (INGUS)

Tabelle A1.1: Maßnahmenkombinationen der 49 ausgewählten Maßnahmen

Legende

Technische /praktische Kombinierbarkeit:

- keine Kombination auf gleicher Fläche;
- (-) Kombination nur in Ausnahme;
- (+) Kombination Maßnahmen immanent ;
- + Maßnahmenkombination immer möglich;
- ± Maßnahmenkombination z. T. möglich (abhängig von Fruchtfolge, mineralischer o. organischer Düngung)

Wirkungsweise:

- N = Reduzierung der N-Auswaschung (N_{\min} wirksam),
- B = Reduzierung des N-Überschusses (Bilanz wirksam),
- M = Reduzierung der Mineralisation,
- A = Reduzierung des oberflächigen Abflusses,
- () = Wirkung nicht immer gegeben

Wirkungskombinationen:

- N = gemeinsam Reduzierung der N-Auswaschung;
- B = gemeinsam Reduzierung des N-Überschusses;
- NB = gemeinsam N-Wirkung und B-Wirkung;
- 0 = keine zusätzliche Kombinationswirkung (da Kombination Maßnahmen immanent)

Indices zur Wirkung bei Kombinationen:

- + = deutlich verstärkende Wirkung;
- ° = keine zusätzliche positive Wirkung (evtl. Absicherung der Wirkung);
- kein Index = Absicherung der Wirkung, z. T. verstärkend

lfd. Nr.	Name	Wirkungsweise	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M18	M19	M20	M16	M17	M22	M21	M23	M24	
M1	Zwischenfrucht mit frühem Umbruch	N		-	-	-	-	-	-	-	(+)	-	-	-	-	+	+	+	-	-	±	-	-	-	-	+	
M2	Zwischenfrucht mit spätem Umbruch	N			-	-	-	-	-	-	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+	(+)	-	-	±	-	-	-	-	+	
M3	Winterrüben als Zwischenfrucht vor Wintergetreide	N				-	-	-	-	-	±	-	-	-	-	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
M4	Winterharte Zwischenfrucht mit spätem Umbruch	N					-	-	-	-	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+	-	-	-	±	-	-	-	-	+	
M5	Untersaaten	N						+	+	+	±	-	-	-	-	±	(-)	-	-	-	+	+	-	-	-	(-)	
M6	1-jährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht	N+B					N+		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
M7	2-jährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht	N+B					N			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
M8	Mehrjährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht	N+B					N				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
M9	Fruchtfolge "jährlicher Wechsel Sommerung - Winterung" (4-jährig)	N+B	0	B N	N	B N+	N					-	(+)	-	-	±	±	±	-	-	±	±	-	-	-	(+)	
M10	Frühernte Mais mit Zwischenfrucht und nachfolgender Sommerung	N(+B)		0		B N+							-	-	-	-	+	-	-	-	(+)	-	-	-	-	+	
M11	Zwischenfrucht nach Raps und nachfolgender Sommerung	N(+B)		0		B N+					0			-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	
M12	Zwischenfrucht nach Kartoffel und nachfolgende Sommerung	N(+B)		0		B N+											+	-	-	-	(+)	-	-	-	-	+	
M13	Zwischenfrucht nach Feldgemüse und nachfolgende Nicht-Gemüse-Sommerung	N(+B)		0		B N+											+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	
M14	Förderung von Extensivkulturen	B	N B	N B	N B	N B	N B				B						-	-	±	-	±	±	-	-	-	(+)	
M15	Maisensaat	N(+B)	N B	N B		N B					N B	N B	N B	N B	N B			-	-	(+)	+	±	-	-	-	+	
M18	Reduzierte Bodenbearbeitung nach Raps	N+M	N°								N								-	-	(+)	+	-	-	-	+	
M19	Verzicht auf Bodenbearbeitung bis Mitte November nach der Getreideernte vor Sommerung	N+M														B					-	±	±	-	-	+	
M20	Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung	N+M																				-	+	-	-	+	
M16	Mulchsaat zu Sommerungen	N+A	N	N+		N+	N				N	0	N+	0	N	N	N	N	N	N			-	-	-	+	
M17	Direktsaat	N+A					N				N					N	N	N	N	N				-	-	(+)	+
M22	Extensive Weidewirtschaft	N+B																						(-)	+	-	
M21	Grünlandextensivierung	N+B																					0		+	-	
M23	Umbruchlose Grünlanderneuerung	N+M																					0	0	N	-	
M24	Reduzierte N-Mineraldüngung (Acker)	B	B	B	B	B					B°	B	B	B	B	B	B+	NB	NB	NB	NB	NB					

lfd. Nr.	Name	Wirkungsweise	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M18	M19	M20	M16	M17	M22	M21	M23	M24
M26	Einsatz stabilisierter N-Mineraldünger bei Wintergetreide und Kartoffeln	N+B	NB	NB	NB	NB					NB	NB	NB	NB	NB	NB°		NB	NB	NB	NB	NB				B+
M27	Einsatz des CULTAN-Verfahrens	N+B	NB	NB	NB	NB					NB	NB	NB	NB				NB	NB	NB	NB	NB				B+
M25	Zeitpunkt der N-Mineraldüngung auf Acker	N(+B)	N+ B	N+ B	N+ B	N+ B	NB				NB	N+ B	N+ B	N+ B	NB			0	0	0	N	N		N		
M28	Verbesserte N-Mineraldünger- ausbringungstechnik (Exaktstreuer)	(B)	B	B	B	B	B				B+	B	B	B	B	B+								B	B	B+
M29	Reihendüngung in Kartoffeln	N+B	NB	NB		NB					NB	NB	NB					NB	NB	NB						0
M30	Teilflächenspezifische Düngung	B	B	B	B	B					B	B	B	B				B	B	B	NB	NB				B+
M31	Wirtschaftsdünger- management im Betrieb (Stall, Lagerung)	(B)																	B°	B°						B
M32	Einsatz von grundwasserschonender Ausbringungstechnik für Gülle und Gärsubstraten	B					NB				NB					B	B				B	B		N	N	
M33	Einsatz grundwasserschonender Ausbringungstechnik für Festmist	B	B	B	B	B	B				B	B	B	B	B	B	B		B					N		
M34	keine Wirtschaftsdünger- ausbringung nach Ernte	N+B	NB	NB	NB	NB					NB	NB	NB	NB	NB	NB		0	0	0	NB					
M37	N-reduzierte Fütterung bei Schweinen	B																B°	B°	B°				N° B°		
M38	N-reduzierte Fütterung bei Geflügel	B																B°	B°	B°				N° B°		
M36	Wirtschaftsdünger- export	B													B			B°	B°	B°						
M35	Verlängerung der Sperrfristen für Wirtschaftsdünger	N(+B)	NB	NB	NB	NB					NB	NB	NB	NB	NB	NB		0	0	0	NB			NB		
M39	Umwandlung von Ackerland in Grünland (mehrjährige Feldgras- bewirtschaftung >4 Jahre)	N+B																								
M40	Schaffung von (Ufer)Randstreifen	N+B+A						AN B°	AN B°	AN B°																
M42	Rückbau von Drainagen	A+(B)						AB	AB	AB													AB	AB	AB°	
M41	Baumaßnahmen am Gewässerufer zur Reduzierung des Oberflächenab- flusses in Vorfluter	A																								
M43	Wiedervernässung von Auen	M(+B)						MB	MB	MB													MB	MB	MB°	
M44	Wiedervernässung von Anmooren und Mooren	M(+B)						MB	MB	MB													MB	MB	MB°	
M45	Ökologischer Landbau	B (+N)	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB		B	B	B	B		B°	0	B	0
M46	Düngeplanung	B	B	B	B	B	B					B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		B		0
M47	Frühjahrs-Nmin-Analyse zur Unter- stützung der Düngeplanung	(B)	B	B	B	B	B					B	B	B	B	B	B					B	B			B+
M48	Pflanzenanalysen zur Unterstützung der vegetationsbegleitenden Düngeplg	(B)									B					B	B					B				B+
M49	Wirtschaftsdünger- Analysen zur Unterstützung der Düngeplg	(B)	B	B	B	B						B	B	B	B	B	B				B					

lfd. Nr.	Name	M26	M27	M25	M28	M29	M30	M31	M32	M33	M34	M37	M38	M36	M35	M39	M40	M42	M41	M43	M44	M45	M46	M47	M48	M49
M1	Zwischenfrucht mit frühem Umbruch	±	±	+	+	±	±	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	±
M2	Zwischenfrucht mit spätem Umbruch	±	±	+	+	±	±	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	±
M3	Winterrüben als Zwischenfrucht vor Wintergetreide	±	+	+	+	-	±	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	±
M4	Winterharte Zwischenfrucht mit spätem Umbruch	±	±	+	+	±	±	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	±
M5	Untersaaten	-	-	+	+	-	(-)	-	±	-	-	-	-	-	-	-	(-)	-	-	-	-	+	+	+	-	-
M6	1-jährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	(-)	-	-	-
M7	2-jährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	(-)	-	-	-
M8	Mehrjährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	(-)	-	-	-
M9	Fruchtfolge "jährlicher Wechsel Sommerung - Winterung" (4-jährig)	±	±	±	+	±	+	-	±	±	±	-	-	-	±	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	±
M10	Frühernte Mais mit Zwischenfrucht und nachfolgender Sommerung	±	±	+	+	±	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	±
M11	Zwischenfrucht nach Raps und nachfolgender Sommerung	±	±	+	+	±	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	±
M12	Zwischenfrucht nach Kartoffel und nachfolgende Sommerung	±	±	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	±
M13	Zwischenfrucht nach Feldgemüse und nachfolgende Nicht-Gemüse-Sommerung	±	-	+	+	-	(-)	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	±
M14	Förderung von Extensivkulturen	±	-	±	+	-	(-)	-	+	+	±	-	-	+	±	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	±
M15	Maisensaat	-	-	-	+	-	(-)	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
M18	Reduzierte Bodenbearbeitung nach Raps	±	±	(+)	-	±	+	(-)	(-)	(-)	(+)	+	+	+	(+)	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
M19	Verzicht auf Bodenbearbeitung bis Mitte November nach der Getreideernte vor Sommerung	±	±	(+)	-	±	+	+	(-)	+	(+)	+	+	+	(+)	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
M20	Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung	±	±	(+)	-	±	+	+	(-)	+	(+)	+	+	+	(+)	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
M16	Mulchsaat zu Sommerungen	±	+	+	-	±	+	-	±	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	±
M17	Direktsaat	±	+	+	-	-	+	-	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(-)	+	+	(-)	-
M22	Extensive Weidewirtschaft	-	-	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(-)	-	+	-	+	+	+	(-)	-	-	-
M21	Grünlandextensivierung	-	-	+	+	-	-	-	+	+	(-)	+	+	(-)	+	(-)	-	+	-	+	+	(+)	+	-	-	-
M23	Umbruchlose Grünlanderneuerung	-	-	(-)	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	(-)	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-
M24	Reduzierte N-Mineraldüngung (Acker)	+	+	-	+	(+)	+	+	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(+)	(+)	+	+	-

lfd. Nr.	Name	M26	M27	M25	M28	M29	M30	M31	M32	M33	M34	M37	M38	M36	M35	M39	M40	M42	M41	M43	M44	M45	M46	M47	M48	M49	
M26	Einsatz stabilerer N-Mineraldünger bei Wintergetreide und Kartoffeln		-	-	+	+	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	
M27	Einsatz des CULTAN-Verfahrens			-	(+)	-	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	
M25	Zeitpunkt der N-Mineraldüngung auf Acker				+	+	+	-	±	±	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
M28	Verbesserte N-Mineraldünger- ausbringungstechnik (Exaktstreuer)	B+	0	B		(+)	(+)	-	±	(-)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
M29	Reihendüngung in Kartoffeln	B+		B°	0		+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(-)	+	+	+	±	
M30	Teilflächenspezifische Düngung	B+	B+	B+	0			-	+	(-)	-	-	-	+	-	(-)	-	-	-	-	-	(-)	+	+	+	±	
M31	Wirtschaftsdünger- management im Betrieb (Stall, Lagerung)								+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	
M32	Einsatz von grundwasserschonender Ausbringungstechnik für Gülle und Gärs substraten		NB				B	B		-	+	+	(-)	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	
M33	Einsatz grundwasserschonender Ausbringungstechnik für Festmist		NB				B				+	(-)	+	+	+	(-)	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	
M34	keine Wirtschaftsdünger- ausbringung nach Ernte						B	B+	B			+	+	+	±	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	
M37	N-reduzierte Fütterung bei Schweinen						B	B°		B			(-)	+	+	(-)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	
M38	N-reduzierte Fütterung bei Geflügel									B°	B			+	+	(-)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	
M36	Wirtschaftsdünger- export						B	B	B	B	B+	B	B		+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	
M35	Verlängerung der Sperrfristen für Wirtschaftsdünger						B	B	B	B	B	B	B	B+		+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	
M39	Umwandlung von Ackerland in Grünland (mehrjährige Feldgras- bewirtschaftung >4 Jahre)			NB	B			NB		NB					NB		(-)	+	-	+	+	+	+	-	-	±	
M40	Schaffung von (Ufer)Randstreifen																	+	+	+	+	+	(-)	-	-	-	
M42	Rückbau von Drainagen																AB	AB		+	+	+	±	(-)	-	-	
M41	Baumaßnahmen am Gewässerufer zur Reduzierung des Oberflächen- abflusses in Vorfluter																	A		+	+	-	-	-	-	-	
M43	Wiedervernässung von Auen															AMB	AMB	AM	A		-	±	(-)	-	-	-	
M44	Wiedervernässung von Anmooren und Mooren															MB	AMB	AM	A			±	(-)	-	-	-	
M45	Ökologischer Landbau							B	B	B	B				B	NB	AB	AB		MB	MB		+	+	+	+	
M46	Düngeplanung		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B°	B	B°							B		+	+	+
M47	Frühjahrs-Nmin-Analyse zur Unterstützung der Düngeplanung	B	B			B	B+																B	B°		+	
M48	Pflanzenanalysen zur Unterstützung der vegetationsbegleitenden Düngeplg	B				B	B+																B°	B°	B		
M49	Wirtschaftsdünger-Analysen zur Unterstützung der Düngeplg					B	B	B+	B+	B+	B	B	B	B	B								B				

Quelle: Eigene Darstellung.

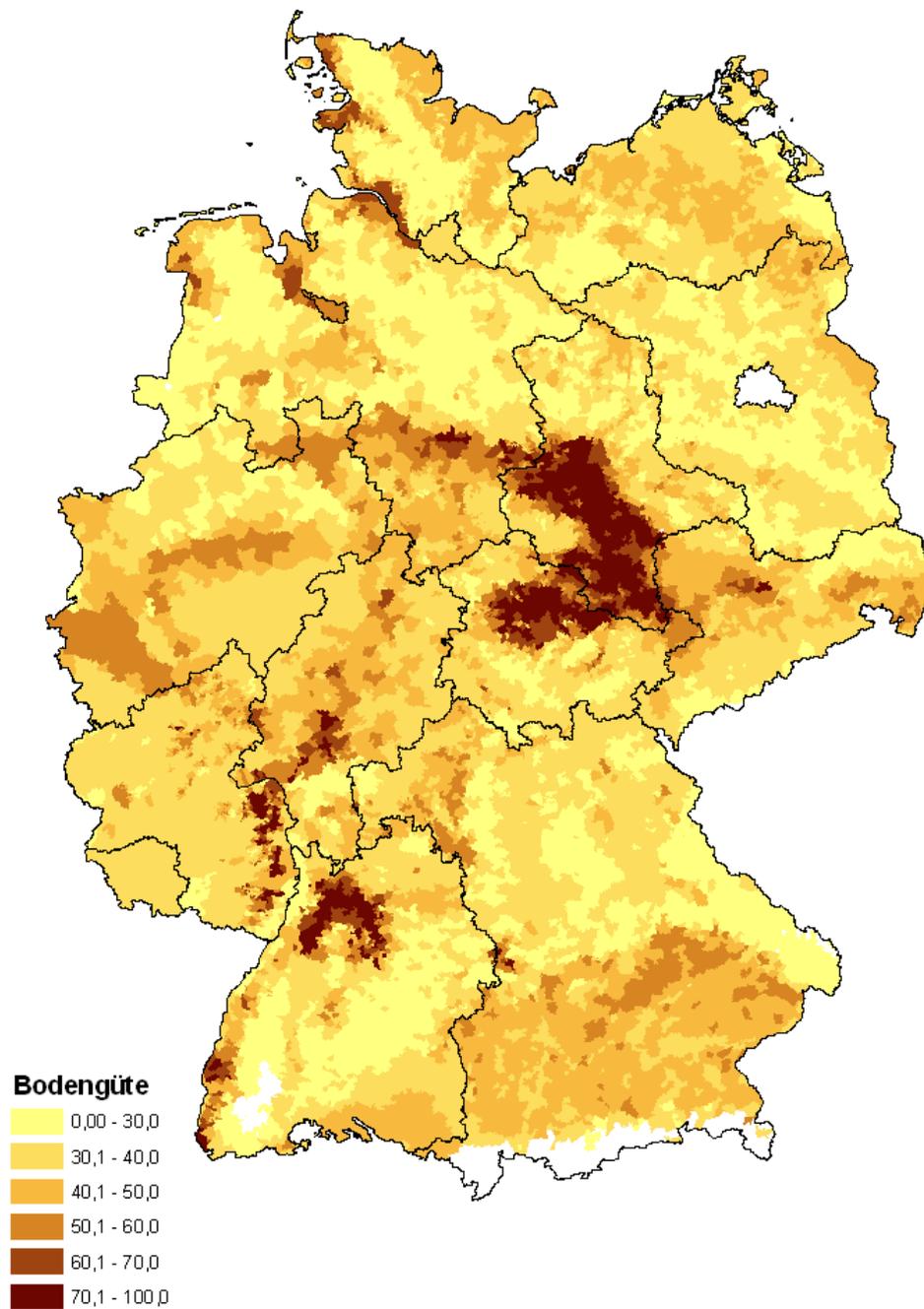
Anhang 2

Charakterisierung der Landwirtschaft in den Boden-Klima-Räumen

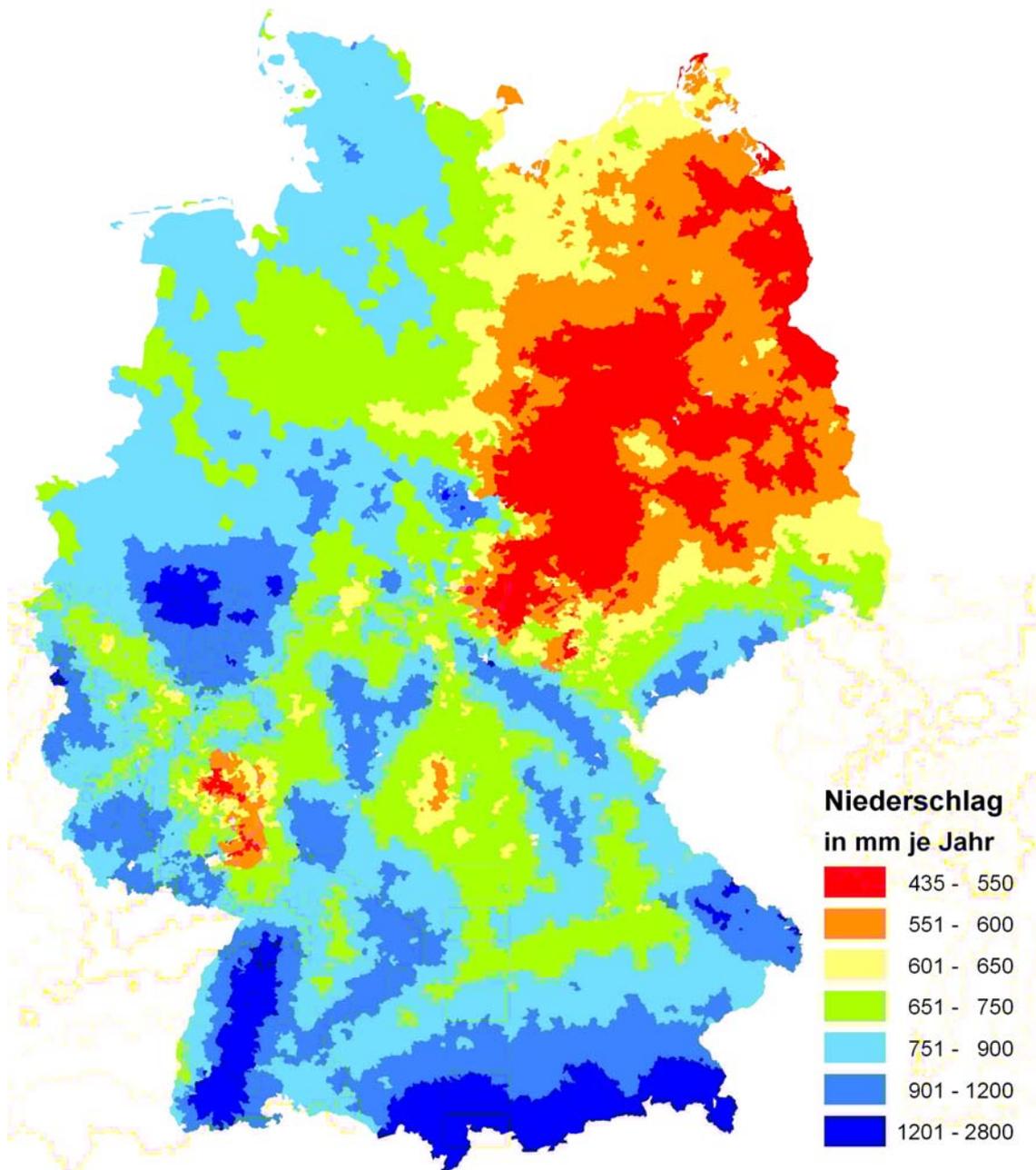
Kartendarstellung und tabellarische Auswertung

Bernhard Osterburg (FAL)

Karte A2.1: Bodenwertzahlen (Schätzwerte für die Ackerzahl auf Grundlage der BÜK1000 für Deutschland)



Quelle: Roßberg, Michel, Graf, Neukampf (2007): Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. In: Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (im Druck).

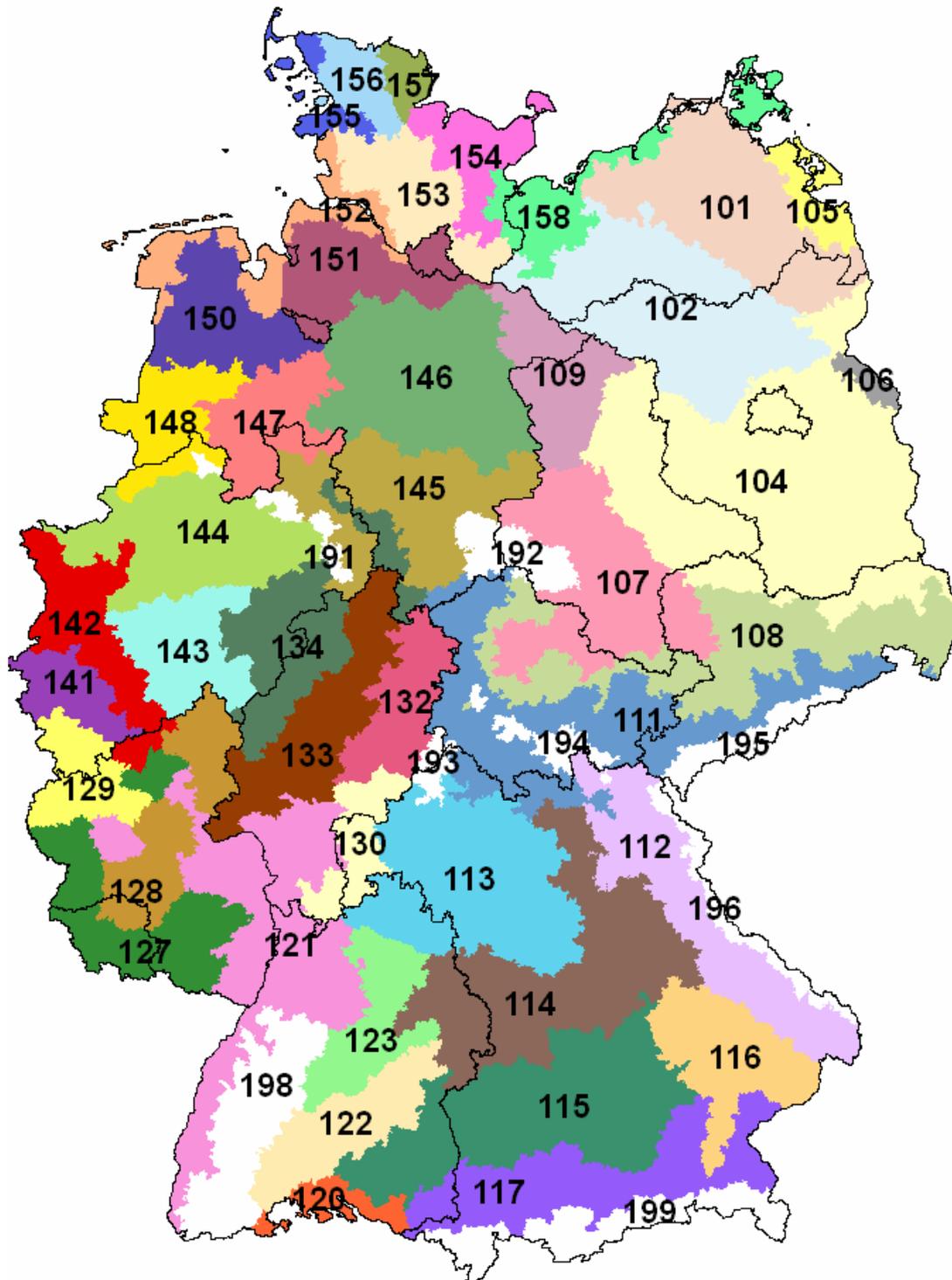
Karte A2.2: Verteilung der langjährigen Mittelwerte des Jahresniederschlags

Quelle: DWD-Daten.

Tabelle A2.1: Benennung und Zuordnung der Boden-Klima-Räume

Nr.	Name der Boden-Klima-Räume	
101	mittlere diluviale Böden MV und Uckermark	leicht, geringe Niederschlagsmenge
102	sandige diluviale Böden des nordostdeutschen Binnentiefl.	leicht, geringe Niederschlagsmenge
104	trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes	leicht, geringe Niederschlagsmenge
105	vorpommersche Sandböden im Uecker-Randow-Gebiet	leicht, geringe Niederschlagsmenge
106	Oderbruch	leicht, geringe Niederschlagsmenge
107	Lößböden in der Ackerebene (Ost)	schwer, geringe Niederschlagsmenge
108	Lößböden in den Übergangslagen (Ost)	schwer, hohe Niederschlagsmenge
109	diluviale Böden der Altmark und Überlappung nördliches Nds.	leicht, geringe Niederschlagsmenge
111	Verwitterungsböden in den Übergangslagen (Ost)	leicht, hohe Niederschlagsmenge
112	Verwitterungsböden in den Höhenlagen (Ost)	leicht, hohe Niederschlagsmenge
113	Nordwestbayern-Franken	schwer, hohe Niederschlagsmenge
114	Albflächen und Ostbayerisches Hügelland	leicht, hohe Niederschlagsmenge
115	Tertiär-Hügelland Donau-Süd	schwer, hohe Niederschlagsmenge
116	Gäu, Donau- und Inntal	schwer, hohe Niederschlagsmenge
117	Moränen-Hügelland und Voralpenland	schwer, hohe Niederschlagsmenge
120	Hochrhein-Bodensee	leicht, hohe Niederschlagsmenge
121	Rheinebene und Nebentäler	schwer, hohe Niederschlagsmenge
122	Schwäbische Alb, Baar	leicht, hohe Niederschlagsmenge
123	Oberes Gäu und körnermaisfähige Übergangslagen	schwer, hohe Niederschlagsmenge
127	Mittellagen Rheinland-Pfalz und Saarland	leicht, hohe Niederschlagsmenge
128	Hunsrück, Westerwald	leicht, hohe Niederschlagsmenge
129	Hocheifel / Höhenlagen	schwer, hohe Niederschlagsmenge
130	Odenwald, Spessart	schwer, hohe Niederschlagsmenge
132	Osthessische Mittelgebirgslagen	schwer, hohe Niederschlagsmenge
133	Zentralhessische Ackerbaugebiete, Warburger Börde	schwer, hohe Niederschlagsmenge
134	Sauerland, Briloner Höhen	schwer, hohe Niederschlagsmenge
141	Jülicher Börde, Zülpicher Börde / Niederungslagen, feucht	schwer, hohe Niederschlagsmenge
142	oberer Mittelrhein, Niederrhein, südliches Münsterland	schwer, hohe Niederschlagsmenge
143	Ost-Westfalen, Lippe, Haarstrang, Bergisches Land	schwer, hohe Niederschlagsmenge
144	Münsterland / Niederungslagen, trocken	leicht, hohe Niederschlagsmenge
145	Südhanover / Lehm Böden	schwer, hohe Niederschlagsmenge
146	Lüneburger Heide / Sandige Böden	leicht, hohe Niederschlagsmenge
147	mittleres Niedersachsen / leichte Lehm Böden	leicht, hohe Niederschlagsmenge
148	südwestliches Weser-Ems-Gebiet / sandige Böden	leicht, hohe Niederschlagsmenge
150	nordwestliches Weser-Ems-Gebiet / sandige Böden	leicht, hohe Niederschlagsmenge
151	Elbe-Weser-Dreieck / sandige Böden	leicht, hohe Niederschlagsmenge
152	Niedersächsische Küsten- und Elbmarsch	schwer, hohe Niederschlagsmenge
153	Geest - Süd	leicht, hohe Niederschlagsmenge
154	südliches schleswig-holsteinisches Hügelland	schwer, hohe Niederschlagsmenge
155	Marsch - Nord	schwer, hohe Niederschlagsmenge
156	Geest - Nord	leicht, hohe Niederschlagsmenge
157	nördliches schleswig-holsteinisches Hügelland	leicht, hohe Niederschlagsmenge
158	NW-Mecklenburg und Küstengebiet / bessere diluviale Böden	leicht, hohe Niederschlagsmenge
191	Teutoburger Wald	leicht, hohe Niederschlagsmenge
192	Harz	schwer, hohe Niederschlagsmenge
193	Rhön	leicht, hohe Niederschlagsmenge
194	Thüringer Wald	leicht, hohe Niederschlagsmenge
195	Erzgebirge	leicht, hohe Niederschlagsmenge
196	Bayrischer Wald	leicht, hohe Niederschlagsmenge
198	Schwarzwald	leicht, hohe Niederschlagsmenge
199	Alpen	leicht, hohe Niederschlagsmenge

Quelle: Eigene Darstellung.

Karte A2.3: Abgrenzung der Boden-Klima-Räume

Quelle: Roßberg, Michel, Graf, Neukampf (2007): Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. In: Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (im Druck).

Tabelle A2.2: Charakterisierung der Flächennutzungen in den Boden-Klima-Räumen

menge		Niederschlag	Höhe	LF	Betriebs-	Ackerland	Ackerland	Ackerland	Ackerland	Dauerkultur	Grünland	Ökolandbau
Nr.	Name der Boden-Klima-Räume	mm/Jahr	m.ü.NN	1000 ha	größe in ha	% von LF	Bodenzahl	anmoorig	Hang >8%	% von LF	% von LF	% von LF
101	mittlere diluviale Böden MV und Uckermark	578	28	773	277	83%	39	11%	0%	0%	17%	9%
102	sandige diluviale Böden des nordostdeutschen Binnentiefl.	579	39	742	210	73%	33	9%	0%	0%	27%	7%
104	trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes	548	47	1,227	194	79%	37	5%	0%	0%	20%	7%
105	vorpommersche Sandböden im Uecker-Randow-Gebiet	552	9	94	293	56%	34	28%	0%	0%	39%	17%
106	Oderbruch	483	9	53	225	93%	38	0%	0%	0%	7%	6%
107	Lößböden in der Ackerebene (Ost)	524	154	789	231	94%	68	0%	2%	1%	5%	3%
108	Lößböden in den Übergangslagen (Ost)	648	262	723	130	84%	50	0%	3%	1%	14%	3%
109	diluviale Böden der Altmark und Überlappung nördliches Nds.	573	54	334	133	77%	41	7%	0%	0%	24%	4%
111	Verwitterungsböden in den Übergangslagen (Ost)	731	375	658	79	72%	39	0%	13%	0%	28%	3%
112	Verwitterungsböden in den Höhenlagen (Ost)	886	527	397	23	46%	33	1%	11%	0%	47%	3%
113	Nordwestbayern-Franken	708	323	631	25	80%	46	0%	8%	1%	17%	3%
114	Albflächen und Ostbayerisches Hügelland	792	457	694	24	72%	42	0%	7%	0%	30%	3%
115	Tertiär-Hügelland Donau-Stüd	864	520	807	27	73%	48	6%	3%	0%	28%	4%
116	Gäu, Donau- und Inntal	820	404	422	24	93%	52	1%	5%	0%	12%	3%
117	Moränen-Hügelland und Voralpenland	1,208	608	513	23	20%	50	4%	3%	0%	78%	8%
120	Hochrhein-Bodensee	913	482	77	21	49%	43	0%	15%	13%	30%	13%
121	Rheinebene und Nebentäler	734	213	589	19	72%	57	1%	5%	14%	13%	3%
122	Schwäbische Alb, Baar	937	691	235	28	49%	37	0%	9%	0%	47%	7%
123	Oberes Gäu und körnermaisfähige Übergangslagen	861	378	199	21	64%	49	0%	6%	4%	30%	6%
127	Mittellagen Rheinland-Pfalz und Saarland	828	317	242	31	60%	43	1%	19%	4%	38%	3%
128	Hunsrück, Westerwald	883	354	193	30	49%	42	0%	18%	1%	50%	4%
129	Hocheifel / Höhenlagen	896	454	139	31	27%	46	0%	12%	0%	71%	3%
130	Odenwald, Spessart	900	290	84	26	45%	51	0%	17%	1%	52%	5%
132	Osthessische Mittelgebirgslagen	814	368	185	29	53%	45	0%	23%	0%	45%	8%
133	Zentralhessische Ackerbaugebiete, Warburger Börde	716	271	308	32	75%	47	0%	10%	1%	25%	6%
134	Sauerland, Briloner Höhen	893	329	274	28	53%	46	0%	18%	0%	45%	7%
141	Jülicher Börde, Zülpicher Börde / Niederungslagen, feucht	727	133	156	41	88%	66	0%	1%	2%	11%	2%
142	oberer Mittelrhein, Niederrhein, südliches Münsterland	771	159	235	30	74%	59	1%	1%	1%	24%	2%
143	Ost-Westfalen, Lippe, Haarstrang, Bergisches Land	1,121	260	152	23	28%	49	0%	15%	0%	72%	5%
144	Münsterland / Niederungslagen, trocken	787	84	538	27	79%	43	1%	0%	0%	20%	1%
145	Südhannover / Lehm Böden	741	156	483	46	89%	61	1%	7%	0%	11%	2%
146	Lüneburger Heide / Sandige Böden	691	50	653	54	78%	38	7%	0%	0%	21%	3%
147	mittleres Niedersachsen / leichte Lehm Böden	732	59	341	34	82%	39	8%	1%	0%	17%	2%
148	südwestliches Weser-Ems-Gebiet / sandige Böden	762	36	293	32	84%	31	16%	0%	0%	16%	1%
150	nordwestliches Weser-Ems-Gebiet / sandige Böden	763	11	375	38	48%	33	31%	0%	0%	51%	2%
151	Elbe-Weser-Dreieck / sandige Böden	763	20	306	45	47%	39	14%	0%	1%	54%	2%
152	Niedersächsische Küsten- und Elbmarsch	787	0	309	45	42%	47	2%	0%	4%	56%	2%
153	Geest - Stüd	809	22	333	43	47%	41	9%	0%	1%	47%	2%
154	südliches schleswig-holsteinisches Hügelland	719	32	252	60	85%	46	1%	0%	0%	16%	3%
155	Marsch - Nord	814	1	95	53	39%	46	0%	0%	0%	60%	2%
156	Geest - Nord	848	15	164	54	36%	42	15%	0%	0%	56%	2%
157	nördliches schleswig-holsteinisches Hügelland	793	22	84	55	86%	38	1%	0%	0%	13%	2%
158	NW-Mecklenburg und Küstengebiet / bessere diluviale Böden	624	28	293	187	85%	43	5%	0%	1%	15%	5%
191	Teutoburger Wald	869	195	51	27	78%	43	3%	8%	0%	18%	4%
192	Harz	709	364	50	119	74%	61	0%	8%	1%	26%	2%
193	Rhön	956	528	32	28	24%	42	0%	32%	0%	81%	8%
194	Thüringer Wald	872	590	28	117	39%	31	0%	27%	0%	67%	6%
195	Erzgebirge	874	636	51	69	46%	33	0%	20%	0%	63%	3%
196	Bayrischer Wald	840	726	52	23	53%	31	2%	10%	0%	57%	3%
198	Schwarzwald	1,193	567	201	16	28%	44	0%	7%	4%	67%	8%
199	Alpen	1,788	982	99	20	0%	.	.	.	0%	100%	10%
	leicht, geringe Niederschlagsmenge	564	40	3,223	205	78%	37	8%	0%	0%	22%	8%
	leicht, hohe Niederschlagsmenge	810	247	6,390	34	63%	39	6%	5%	1%	35%	3%
	schwer, geringe Niederschlagsmenge	524	154	789	231	94%	68	0%	2%	1%	5%	3%
	schwer, hohe Niederschlagsmenge	810	303	6,606	31	68%	52	1%	6%	2%	30%	4%
	Deutschland	753	227	17,008	40	70%	45	4%	4%	1%	29%	4%

Quelle: Daten des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2003; Roßberg et al. (2007); BÜK1000; RAUMIS; eigene Berechnungen.

Tabelle A2.3: Charakterisierung der Ackernutzungen in den Boden-Klima-Räumen

Nr.	Name der Boden-Klima-Räume	Winterweizen Ertrag dt/ha	Winterweizen Ertragsvarianz	Raps	Kartoffeln	Silomais in % vom Ackerland	Feldgemüse in % vom Ackerland	Sommerungen	Zw.früchte
101	mittlere diluviale Böden MV und Uckermark	60	10%	21%	1%	6%	0%	14%	1%
102	sandige diluviale Böden des nordostdeutschen Binnentiefl.	48	12%	14%	2%	9%	0%	20%	2%
104	trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes	44	15%	9%	1%	9%	1%	22%	3%
105	vorpommersche Sandböden im Uecker-Randow-Gebiet	56	11%	19%	2%	6%	0%	16%	1%
106	Oderbruch	38	14%	8%	0%	7%	1%	20%	1%
107	Lößböden in der Ackerebene (Ost)	68	9%	14%	1%	4%	0%	22%	1%
108	Lößböden in den Übergangslagen (Ost)	56	11%	17%	1%	8%	1%	25%	3%
109	diluviale Böden der Altmark und Überlappung nördliches Nds.	51	12%	8%	6%	9%	1%	28%	4%
111	Verwitterungsböden in den Übergangslagen (Ost)	58	9%	16%	0%	8%	0%	27%	3%
112	Verwitterungsböden in den Höhenlagen (Ost)	57	9%	8%	2%	13%	0%	48%	17%
113	Nordwestbayern-Franken	54	11%	10%	1%	9%	0%	30%	13%
114	Albflächen und Ostbayerisches Hügelland	57	10%	9%	2%	13%	0%	34%	16%
115	Tertiär-Hügelland Donau-Süd	63	9%	8%	4%	15%	1%	38%	20%
116	Gäu, Donau- und Inntal	61	9%	5%	3%	15%	1%	45%	26%
117	Moränen-Hügelland und Voralpenland	62	9%	4%	1%	30%	0%	48%	21%
120	Hochrhein-Bodensee	57	9%	5%	1%	14%	2%	40%	18%
121	Rheinebene und Nebentäler	55	8%	4%	3%	4%	5%	45%	13%
122	Schwäbische Alb, Baar	62	9%	10%	1%	7%	0%	34%	13%
123	Oberes Gäu und körnermaisfähige Übergangslagen	59	10%	8%	1%	7%	2%	36%	18%
127	Mittellagen Rheinland-Pfalz und Saarland	58	6%	9%	1%	7%	0%	28%	4%
128	Hunsrück, Westerwald	64	7%	13%	0%	5%	0%	34%	4%
129	Hocheifel / Höhenlagen	74	6%	7%	1%	5%	1%	41%	6%
130	Odenwald, Spessart	67	8%	10%	1%	8%	0%	29%	10%
132	Osthessische Mittelgebirgslagen	67	8%	13%	0%	5%	0%	21%	3%
133	Zentralhessische Ackerbaugebiete, Warburger Börde	73	7%	13%	1%	4%	0%	22%	3%
134	Sauerland, Briloner Höhen	73	7%	12%	1%	6%	0%	21%	4%
141	Jülicher Börde, Zülpicher Börde / Niederungslagen, feucht	84	7%	2%	6%	5%	3%	40%	13%
142	oberer Mittelrhein, Niederrhein, südliches Münsterland	79	7%	2%	8%	14%	5%	44%	15%
143	Ost-Westfalen, Lippe, Haarstrang, Bergisches Land	75	8%	8%	2%	13%	1%	30%	8%
144	Münsterland / Niederungslagen, trocken	80	7%	4%	1%	15%	1%	37%	12%
145	Südhannover / Lehmböden	76	7%	8%	1%	2%	1%	21%	6%
146	Lüneburger Heide / Sandige Böden	71	8%	4%	9%	7%	1%	38%	9%
147	mittleres Niedersachsen / leichte Lehmböden	75	6%	5%	5%	14%	2%	38%	11%
148	südwestliches Weser-Ems-Gebiet / sandige Böden	71	7%	1%	12%	22%	1%	60%	13%
150	nordwestliches Weser-Ems-Gebiet / sandige Böden	74	7%	3%	7%	24%	1%	52%	11%
151	Elbe-Weser-Dreieck / sandige Böden	75	6%	5%	4%	29%	1%	44%	5%
152	Niedersächsische Küsten- und Elbmarsch	81	8%	5%	2%	24%	3%	37%	2%
153	Geest - Süd	81	7%	15%	1%	14%	2%	23%	1%
154	südliches schleswig-holsteinisches Hügelland	89	7%	20%	0%	8%	0%	13%	1%
155	Marsch - Nord	81	5%	14%	1%	19%	1%	24%	1%
156	Geest - Nord	84	5%	14%	1%	20%	0%	25%	1%
157	nördliches schleswig-holsteinisches Hügelland	89	5%	15%	1%	21%	0%	27%	0%
158	NW-Mecklenburg und Küstengebiet / bessere diluviale Böden	75	7%	21%	1%	6%	0%	14%	1%
191	Teutoburger Wald	80	7%	7%	1%	10%	1%	29%	10%
192	Harz	69	9%	14%	0%	3%	0%	19%	1%
193	Rhön	55	10%	15%	0%	4%	0%	24%	5%
194	Thüringer Wald	56	9%	17%	0%	10%	0%	30%	1%
195	Erzgebirge	50	10%	14%	1%	11%	0%	37%	6%
196	Bayrischer Wald	59	8%	8%	2%	14%	0%	49%	18%
198	Schwarzwald	55	11%	7%	1%	6%	1%	44%	15%
199	Alpen	.	.	.	.	.	.	.	.
	leicht, geringe Niederschlagsmenge	52	12%	13%	2%	8%	0%	20%	2%
	leicht, hohe Niederschlagsmenge	69	8%	9%	3%	13%	1%	36%	9%
	schwer, geringe Niederschlagsmenge	68	9%	14%	1%	4%	0%	22%	1%
	schwer, hohe Niederschlagsmenge	67	9%	9%	2%	9%	1%	32%	11%
	Deutschland	65	9	10%	2%	10%	1%	30%	8%

Quelle: Daten des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2003; Roßberg et al. (2007); eigene Berechnungen.

Tabelle A2.4: Charakterisierung der Tierhaltung in den Boden-Klima-Räumen

Nr.	Name der Boden-Klima-Räume	Viehbesatz GV/ha LF	Schweine-/Gefl.- GV von ges.GV	Raufutterfressende GV / ges.GV	Org.-N aus Tierhaltung in kg/ha LF (ohne Stilllegung)				
					Markfrucht <40	Futterbau 40-120	>120	Veredlung 40-120 >120	
101	mittlere diluviale Böden MV und Uckermark	0,34	22%	78%	17	67	160	46	220
102	sandige diluviale Böden des nordostdeutschen Binnentiefl.	0,49	15%	85%	15	68	150	77	157
104	trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes	0,47	25%	75%	15	59	192	77	218
105	vorpommersche Sandböden im Uecker-Randow-Gebiet	0,58	6%	94%	3	82	.	86	.
106	Oderbruch	0,33	25%	75%	14	61	.	44	297
107	Lößböden in der Ackerebene (Ost)	0,27	44%	56%	9	59	145	79	.
108	Lößböden in den Übergangslagen (Ost)	0,46	27%	73%	15	70	148	63	.
109	diluviale Böden der Altmark und Überlappung nördliches Nds.	0,49	21%	79%	7	69	169	80	126
111	Verwitterungsböden in den Übergangslagen (Ost)	0,63	19%	81%	17	75	148	70	156
112	Verwitterungsböden in den Höhenlagen (Ost)	1,18	5%	95%	17	86	163	84	161
113	Nordwestbayern-Franken	0,63	29%	71%	9	77	147	79	180
114	Albflächen und Ostbayerisches Hügelland	0,97	20%	80%	8	89	158	76	171
115	Tertiär-Hügelland Donau-Süd	0,98	17%	83%	9	82	171	79	174
116	Gäu, Donau- und Inntal	0,81	38%	62%	6	83	179	84	197
117	Moränen-Hügelland und Voralpenland	1,65	2%	98%	11	96	189	73	146
120	Hochrhein-Bodensee	0,59	17%	83%	6	74	162	71	.
121	Rheinebene und Nebentäler	0,29	28%	72%	6	74	144	69	160
122	Schwäbische Alb, Baar	0,73	23%	77%	12	70	142	69	152
123	Oberes Gäu und körnermaisfähige Übergangslagen	0,74	34%	66%	9	77	154	84	162
127	Mittellagen Rheinland-Pfalz und Saarland	0,65	15%	85%	14	76	148	71	169
128	Hunsrück, Westerwald	0,68	7%	93%	9	71	160	63	146
129	Hocheifel / Höhenlagen	1,06	2%	98%	4	80	162	79	.
130	Odenwald, Spessart	0,83	9%	91%	10	92	162	65	190
132	Osthessische Mittelgebirgslagen	0,83	18%	82%	24	77	159	78	148
133	Zentralhessische Ackerbaugebiete, Warburger Börde	0,54	29%	71%	14	74	148	72	167
134	Sauerland, Briloner Höhen	0,91	22%	78%	11	79	170	84	165
141	Jülicher Börde, Zülpicher Börde / Niederungslagen, feucht	0,39	15%	85%	4	99	192	63	211
142	oberer Mittelrhein, Niederrhein, südliches Münsterland	0,96	27%	73%	3	91	194	84	214
143	Ost-Westfalen, Lippe, Haarstrang, Bergisches Land	1,18	10%	90%	11	87	165	95	160
144	Münsterland / Niederungslagen, trocken	1,60	53%	47%	6	86	203	85	204
145	Südhannover / Lehm Böden	0,42	49%	51%	5	70	163	75	178
146	Lüneburger Heide / Sandige Böden	0,67	35%	65%	6	74	164	68	172
147	mittleres Niedersachsen / leichte Lehm Böden	1,74	63%	37%	14	89	189	83	219
148	südwestliches Weser-Ems-Gebiet / sandige Böden	1,97	58%	42%	4	87	207	80	218
150	nordwestliches Weser-Ems-Gebiet / sandige Böden	1,88	31%	69%	8	92	191	89	207
151	Elbe-Weser-Dreieck / sandige Böden	1,42	13%	87%	13	97	182	81	176
152	Niedersächsische Küsten- und Elbmarsch	1,26	9%	91%	12	87	174	81	160
153	Geest - Süd	1,26	10%	90%	10	84	179	74	220
154	südliches schleswig-holsteinisches Hügelland	0,56	30%	70%	8	80	174	69	174
155	Marsch - Nord	1,50	9%	91%	15	74	180	75	159
156	Geest - Nord	1,59	8%	92%	6	85	179	77	169
157	nördliches schleswig-holsteinisches Hügelland	0,75	50%	50%	11	74	176	96	174
158	NW-Mecklenburg und Küstengebiet / bessere diluviale Böden	0,37	27%	73%	16	70	190	.	.
191	Teutoburger Wald	1,03	54%	46%	11	85	144	61	194
192	Harz	0,49	18%	82%	19	64	.	51	.
193	Rhön	1,14	4%	96%	20	72	153	.	.
194	Thüringer Wald	1,01	5%	95%	0	96	.	.	.
195	Erzgebirge	1,23	4%	96%	7	86	147	120	.
196	Bayrischer Wald	1,60	4%	96%	0	87	153	64	210
198	Schwarzwald	0,83	6%	94%	7	83	148	50	152
199	Alpen	1,49	0%	100%	.	94	158	.	.
	leicht, geringe Niederschlagsmenge	0,45	21%	79%	15	64	159	72	197
	leicht, hohe Niederschlagsmenge	1,11	29%	71%	11	82	176	77	198
	schwer, geringe Niederschlagsmenge	0,27	44%	56%	9	59	145	79	175
	schwer, hohe Niederschlagsmenge	0,78	19%	81%	9	78	174	76	178
	Deutschland	0,82	25%	75%	11	75	174	76	192

Quelle: Daten des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2003; Daten des deutschen Testbetriebsnetzes für das Jahr 2002/2003; Roßberg et al. (2007); eigene Berechnungen.

Tabelle A2.5: Charakterisierung der Betriebsformen in den Boden-Klima-Räumen

Nr.	Name der Boden-Klima-Räume	Flächenanteil der jeweiligen Betriebsgruppe in % der LF					Anteil der jeweiligen Betriebsgruppe in % vom ges. org.-N				
		Marktfrucht	Futterbau		Veredlung		Marktfrucht	Futterbau		Veredlung	
		<40	40-120	>120	40-120	>120	<40	40-120	>120	40-120	>120
101	mittlere diluviale Böden MV und Uckermark	69%	25%	1%	3%	2%	32%	48%	5%	4%	11%
102	sandige diluviale Böden des nordostdeutschen Binnentiefl.	39%	38%	10%	9%	2%	10%	46%	26%	13%	6%
104	trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes	47%	47%	1%	3%	1%	17%	66%	4%	6%	7%
105	vorpommersche Sandböden im Uecker-Randow-Gebiet	22%	71%	0%	7%	0%	1%	89%	0%	10%	0%
106	Oderbruch	65%	31%	0%	2%	1%	30%	60%	1%	3%	6%
107	Lößböden in der Ackerebene (Ost)	82%	11%	1%	5%	0%	37%	34%	7%	22%	0%
108	Lößböden in den Übergangslagen (Ost)	49%	41%	4%	5%	0%	16%	64%	12%	7%	1%
109	diluviale Böden der Altmark und Überlappung nördliches Nds.	47%	41%	6%	4%	1%	7%	62%	23%	6%	2%
111	Verwitterungsböden in den Übergangslagen (Ost)	27%	58%	7%	6%	1%	7%	67%	16%	7%	3%
112	Verwitterungsböden in den Höhenlagen (Ost)	13%	36%	41%	7%	2%	2%	28%	61%	5%	3%
113	Nordwestbayer-Franken	43%	28%	9%	12%	6%	6%	35%	23%	16%	19%
114	Albflächen und Ostbayerisches Hügelland	25%	35%	20%	12%	9%	2%	35%	35%	11%	17%
115	Tertiär-Hügelland Donau-Stid	39%	21%	21%	13%	6%	4%	22%	46%	14%	14%
116	Gäu, Donau- und Intal	38%	17%	22%	12%	11%	3%	16%	45%	11%	25%
117	Moränen-Hügelland und Voralpenland	3%	12%	83%	1%	1%	0%	7%	92%	0%	1%
120	Hochrhein-Bodensee	19%	25%	27%	9%	0%	2%	26%	62%	9%	0%
121	Rheinebene und Nebentäler	64%	15%	2%	8%	2%	15%	42%	10%	19%	13%
122	Schwäbische Alb, Baar	27%	51%	7%	10%	4%	5%	56%	16%	11%	11%
123	Oberes Gäu und körnermaisfähige Übergangslagen	32%	30%	12%	10%	10%	4%	33%	27%	12%	24%
127	Mittellagen Rheinland-Pfalz und Saarland	41%	36%	7%	9%	3%	10%	49%	20%	11%	10%
128	Hunsrück, Westerwald	42%	35%	4%	12%	2%	9%	54%	14%	17%	7%
129	Hocheifel / Höhenlagen	14%	36%	47%	2%	0%	0%	27%	71%	1%	0%
130	Odenwald, Spessart	32%	30%	34%	3%	2%	3%	30%	60%	2%	4%
132	Osthessische Mittelgebirgslagen	25%	42%	15%	13%	5%	8%	41%	30%	12%	10%
133	Zentralhessische Ackerbaugebiete, Warburger Börde	44%	23%	4%	27%	3%	12%	32%	11%	37%	8%
134	Sauerland, Briloner Höhen	33%	29%	15%	14%	9%	5%	30%	32%	15%	18%
141	Jülicher Börde, Zülpicher Börde / Niederungslagen, feucht	68%	11%	11%	4%	4%	6%	23%	47%	6%	19%
142	oberer Mittelrhein, Niederrhein, südliches Münsterland	53%	9%	19%	6%	12%	2%	11%	49%	7%	32%
143	Ost-Westfalen, Lippe, Haarstrang, Bergisches Land	13%	33%	44%	5%	5%	1%	24%	63%	4%	7%
144	Münsterland / Niederungslagen, trocken	17%	14%	21%	8%	39%	1%	8%	30%	5%	56%
145	Südnahwe / Lehm Böden	78%	5%	2%	9%	7%	13%	11%	9%	23%	43%
146	Lüneburger Heide / Sandige Böden	64%	15%	7%	9%	6%	8%	26%	28%	14%	24%
147	mittleres Niedersachsen / leichte Lehm Böden	10%	16%	22%	24%	27%	1%	11%	31%	15%	43%
148	südwestliches Weser-Ems-Gebiet / sandige Böden	8%	16%	33%	6%	37%	0%	8%	41%	3%	48%
150	nordwestliches Weser-Ems-Gebiet / sandige Böden	4%	21%	50%	9%	15%	0%	12%	62%	5%	20%
151	Elbe-Weser-Dreieck / sandige Böden	14%	18%	53%	9%	6%	1%	13%	72%	5%	8%
152	Niedersächsische Küsten- und Elbmarsch	18%	21%	40%	13%	4%	2%	17%	65%	10%	6%
153	Geest - Süd	16%	15%	57%	8%	2%	1%	10%	80%	5%	4%
154	südliches schleswig-holsteinisches Hügelland	43%	9%	21%	21%	6%	5%	10%	50%	20%	15%
155	Marsch - Nord	6%	7%	64%	17%	6%	1%	3%	80%	9%	7%
156	Geest - Nord	7%	9%	76%	6%	2%	0%	5%	89%	3%	3%
157	nördliches schleswig-holsteinisches Hügelland	28%	10%	28%	20%	13%	3%	7%	49%	19%	22%
158	NW-Mecklenburg und Küstengebiet / bessere diluviale Böden	72%	22%	5%	0%	0%	30%	40%	27%	0%	2%
191	Teutoburger Wald	29%	11%	7%	33%	20%	4%	12%	13%	25%	47%
192	Harz	86%	11%	0%	3%	0%	67%	27%	0%	6%	0%
193	Rhön	57%	36%	8%	0%	0%	24%	53%	24%	0%	0%
194	Thüringer Wald	1%	99%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
195	Erzgebirge	3%	94%	2%	1%	0%	0%	95%	4%	1%	0%
196	Bayrischer Wald	5%	41%	38%	10%	6%	0%	32%	52%	6%	11%
198	Schwarzwald	20%	54%	16%	3%	4%	2%	58%	31%	2%	8%
199	Alpen	0%	44%	56%	0%	0%	0%	32%	68%	0%	0%
	leicht, geringe Niederschlagsmenge	51%	39%	3%	5%	1%	17%	57%	12%	7%	7%
	leicht, hohe Niederschlagsmenge	27%	31%	22%	9%	10%	3%	27%	42%	7%	21%
	schwer, geringe Niederschlagsmenge	82%	11%	1%	5%	0%	37%	34%	7%	22%	0%
	schwer, hohe Niederschlagsmenge	45%	21%	17%	10%	5%	6%	25%	45%	11%	13%
	Deutschland	42%	28%	15%	8%	6%	6%	30%	39%	9%	16%

Quelle: Daten des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2003; Daten des deutschen Testbetriebsnetzes für das Jahr 2002/2003; Roßberg et al. (2007); eigene Berechnungen.

II. Bewertung der ökologischen Wirksamkeit und Eignung von technisch-organisatorischen Wasserschutz- maßnahmen in der Landwirtschaft

**Thomas G. Schmidt, Tania Runge, Kirsten Seidel, Bernhard Osterburg
(FAL)**

**Literaturstudie zu 'Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen nach
Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft'
im Auftrag der Bund / Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)
im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden
und Abfall“ 2006**



**WAgriCo
'Water Resources Management
in Cooperation with Agriculture'
EU-LIFE-Projekt**



**AGRUM Weser
'Analyse von Agrar- und Umweltmaßnahmen im Bereich des land-
wirtschaftlichen Gewässerschutzes vor dem Hintergrund der EG-
Wasserrahmenrichtlinie in der FGE Weser'
im Auftrag der Flussgebietsgemeinschaft Weser**

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	163
2 Struktur und inhaltliche Gliederung der Maßnahmenbeschreibungen	163
3 Diagnose- und Planungsmethoden zum Düngemanagement	165
3.1 Wirtschaftsdünger- und Bodenuntersuchungen	165
3.2 Düngeplanung	166
4 Technische Maßnahmen zur Reduzierung negativer Umweltwirkungen auf die Qualität des Grundwassers und der Oberflächengewässer	167
4.1 Maßnahmen zur Reduzierung der N-Auswaschung	167
4.1.1 Zwischenfruchtanbau	168
4.1.2 Untersaaten	171
4.1.3 Fruchtfolgeanpassungen und veränderte Anbauweise	172
4.2 Maßnahmen zur Reduzierung des N-Überschusses	174
4.2.1 Zeitpunkt der Düngerausbringung (mineralisch, organisch)	175
4.2.2 Technik der Düngerausbringung	177
4.2.3 Reduzierte N-Mineraldüngung, Acker	180
4.2.4 Anwendung von stabilisiertem N-Dünger/ Depotdüngung	183
4.2.5 Weidemanagement	185
4.2.6 Wirtschaftsdüngermanagement im Betrieb (Stall, Lager)	187
4.2.7 N-reduzierte Fütterung	189
4.3 Maßnahmen zur N-Immobilisation und zur Verminderung der Mineralisation	191
4.3.1 Aktive Begrünung von Stilllegungsflächen	191
4.3.2 Umwandlung von Ackerland in Grünland und Verzicht von Grünlandumbruch	194
4.3.3 Grünlandextensivierung	197
4.3.4 Zeitpunkt der Bodenbearbeitung	200
4.4 Maßnahmen zur Verminderung des Oberflächenabflusses, mit Einfluss auf direkte Eintragspfade in Oberflächengewässer	202
4.4.1 Konservierende Bodenbearbeitung	202
4.4.2 Uferrandstreifen	205
4.5 Produktionssysteme mit positiver Wirkung auf die Wasserqualität	206
4.5.1 Ökologischer Landbau	206
4.5.2 Teilflächenspezifische Düngung bei Precision Farming	209
4.6 Maßnahmen zur Erhöhung der Denitrifikation im Boden	212
4.6.1 Rückbau von Vorflutern	212

4.6.2	Aktive Flächenüberstauung	213
4.7	Überbetriebliches Wirtschaftsdüngermanagement	214
Literatur		218

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Anteil der Zwischenfruchtfläche an der Ackerfläche mit im Frühjahr bestellten Kulturen (Jahre 1977, 1991, 1995, 1999, 2003)	169
Abbildung 2: Ziel-Wirkungsdiagramm - Zwischenfrüchte und Untersaaten	170
Abbildung 3: Ziel-Wirkungsdiagramm - Fruchtfolgeanpassungen	174
Abbildung 4: Ziel-Wirkungsdiagramm - Zeitpunkt der Ausbringung von Wirtschaftsdünger, Zeitpunkt der Mineraldüngung	176
Abbildung 5: Ziel-Wirkungsdiagramm - Verbesserte Techniken für organische Düngerausbringung	179
Abbildung 6: Ziel-Wirkungsdiagramm - N-reduzierte Düngung und Einsatz von N-stabilisiertem Dünger	182
Abbildung 7: Ziel-Wirkungsdiagramm – Weidewirtschaft	187
Abbildung 8: Ziel-Wirkungsdiagramm - N-reduzierte Fütterung	190
Abbildung 9: Ziel-Wirkungsdiagramm - Begrünung von stillgelegten Flächen und aktivem Brachland	193
Abbildung 10: Flächenstilllegung nach Stilllegungsformen (in 1.000 ha)	193
Abbildung 11: Umwandlung von Ackerland in Grünland 2004 (Hessen: 2003, Thüringen: 2002) (in 1.000 ha), sowie der Anteil am gesamten Grünland (%) (Basis: 2004)	195
Abbildung 12: Ziel-Wirkungsdiagramm - Umwandlung von Ackerland in Grünland	196

Abbildung 13:	Fläche der extensiven Grünlandnutzung (in 1.000 ha) und Anteil (%) der im Rahmen der Agrarumweltprogramme geförderten extensiven Grünlandnutzung am gesamten Grünland (2004) (Thüringen: 2002)	198
Abbildung 14:	Ziel-Wirkungsdiagramm - Extensive Grünlandnutzung	199
Abbildung 15:	Ziel-Wirkungsdiagramm - Zeitpunkt der Bodenbearbeitung, konservierende Bearbeitung im Herbst	201
Abbildung 16:	Anteil der im Anbaujahr 2003/04 zur Hauptfrucht nicht gepflügte Fläche von der gesamten Ackerfläche (%)	203
Abbildung 17:	Umfang des Ökologischen Landbaus (1.000 ha) bzw. Anteil der ökologisch bewirtschafteten Fläche an der landwirtschaftlichen Nutzfläche (%) 2003	207
Abbildung 18:	Ziel-Wirkungsdiagramm - Ökologischer Landbau	208
Abbildung 19:	Ziel-Wirkungsdiagramm - Precision Farming	211
Abbildung 20:	Verteilung der bewerteten Gewässerstrecken (ca. 33.000 km) auf Strukturklassen 2001	213
Abbildung 21:	Übernahme von Wirtschaftsdünger in Niedersachsen	215
Abbildung 22:	Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz in landwirtschaftlichen Betrieben in Niedersachsen in Abhängigkeit vom N-Aufkommen aus tierischem Dung (Mittelwert der Jahre 1999/2000 und 2000/2001)	216

1 Einleitung

Dieser Teil des Sonderheftes enthält eine Literaturlauswertung von Maßnahmen zum Wasserschutz, die im Rahmen der Projekte

- 'Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft' im Auftrag der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2006
- WAgriCo 'Water Resources Management in Cooperation with Agriculture', EU-LIFE-Projekt
- AGRUM Weser 'Analyse von Agrar- und Umweltmaßnahmen im Bereich des landwirtschaftlichen Gewässerschutzes vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie in der FGE Weser' im Auftrag der Flussgebietsgemeinschaft Weser

erstellt wurde. Alle drei Projekte haben zum Ziel, den Prozess zur Entwicklung von Bewirtschaftungsplänen für die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie zu unterstützen und werden an der FAL (gemeinsam mit externen Partnern) bearbeitet.

In diesem Katalog werden die ökologischen Wirkungen von aktuellen Wasserschutzmaßnahmen beschrieben und mit dem Potenzial, der technischen Umsetzbarkeit und der Akzeptanz ergänzt. Damit wird die Grundlage für eine explizit definierte Maßnahmenbewertung gelegt.

2 Struktur und inhaltliche Gliederung der Maßnahmenbeschreibungen

Die technisch-organisatorischen Maßnahmen zur Reduzierung von Nitratemissionen sind entsprechend ihrer unterschiedlichen Ansätze in vier Kapitel gegliedert. Dabei steht jeweils eine Hauptwirkung im Vordergrund: Nitratauswaschung, Stickstoffüberschuss und N-Immobilisation im Boden. Zusätzlich zu diesen drei Hauptkategorien werden Maßnahmen analysiert, die vorrangig zu einer Reduzierung des oberflächigen Wasser- und Stoffabflusses beitragen sowie komplexe Maßnahmen mit Auswirkungen auf das gesamte Produktionssystem. Das Kapitel 3 beschreibt den Bereich der Diagnose- und Planungsmethoden, ihr Einsatz ist eine Grundvoraussetzung für erfolgreichen Wasserschutz. Erst eine Flankierung der im Folgenden genannten Maßnahmen durch Kenntnisse über Nährstoffvorrat im Boden und Düngbedarf der Pflanzen erlaubt eine hohe ökologische Wirksamkeit. Das Kapitel 4 enthält eine Zusammenstellung aller technischen Maßnahmen, die einer Wasserschutz orientierten, im Idealfall sogar einer Wasserschutz optimierten Landwirtschaft dienen. Darunter finden sich eine Reihe bekannter und bereits seit vielen Jahren praktizierter Agrarumweltmaßnahmen. In den Unterkapiteln 4.1 und 4.2 werden

Maßnahmen zur Reduzierung der N-Auswaschung und des N-Überschusses beschrieben. Unterkapitel 4.3 enthält Maßnahmen, die den im Oberboden gespeicherten Stickstoff halten und vor Mineralisierung und Auswaschung schützen. Während der zuletzt genannte Maßnahmenblock hauptsächlich den Grundwasserschutz bedient, werden im Unterkapitel 4.4 die Oberflächenschutzmaßnahmen beschrieben. Der Ökologische Landbau und das 'Precision Farming' als schlagübergreifende Produktionssysteme werden in Unterkapitel 4.5 angesprochen. Es folgt das Unterkapitel 4.6 mit zwei Maßnahmen zur Erhöhung der Denitrifikation im Boden. Diese Maßnahmen bewirken direkte Veränderungen bei Grund- bzw. Oberflächengewässern. Während die vorgenannten Maßnahmen eine Umsetzung auf Einzelflächen bzw. auf Betriebsebene erlauben, bedarf es bei Maßnahmen zur Erhöhung der Denitrifikation betriebsübergreifender, z. T. regionaler Abstimmungen. Das abschließende Kapitel (4.7) beschäftigt sich mit den Möglichkeiten eines überbetrieblichen Wirtschaftsdüngermanagements.

Die folgende Analyse der einzelnen ausgewählten Maßnahmen ist in fünf Abschnitte gegliedert:

a. Definition/kurze Beschreibung

Zunächst werden die typischen Ausgestaltungen der Maßnahmen und ihre ökologischen Hauptwirkungen beschrieben.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

Für Maßnahmen, die in Deutschland bereits gefördert werden bzw. wurden, beschreibt dieses Kapitel den Stand der Umsetzung. Dabei werden Unterschiede bei der Ausgestaltung z. B. in Form zusätzlicher oder besonderer Handlungsvorgaben berücksichtigt. In weiten Teilen wurde hier auf die Evaluierungsberichte von Agrarumweltmaßnahmen der einzelnen Bundesländer und Erfahrungen aus freiwilligen Vereinbarungen im Trinkwasserschutz zurückgegriffen.

c. Ökologische Auswirkungen

Die ökologische Wirksamkeit der Maßnahmen ist der Hauptaspekt dieses Berichts. Entsprechend dem Auftrag des WAgriCo-Projekts stehen die Wirkungen auf den Stickstoffhaushalt und deren Einfluss auf die Qualität von Grund- und Oberflächenwasser im Vordergrund. Für jede einzelne Maßnahme erfolgt eine detaillierte Beschreibung zum Wasserschutz mit Informationen über die beteiligten Prozesse sowie fördernde und hindernde Faktoren. Aussagen in diesem Kapitel basieren auf einer breit angelegten Literaturrecherche wissenschaftlicher Veröffentlichungen und Projekt- bzw. Evaluierungsberichten.

Sofern vorhanden, werden Zahlenwerte vorrangig aus Niedersachsen zitiert. Dieses Kapitel enthält zudem Ziel-Wirkungs-Diagramme, die einen Überblick über die Wirkungsweise auf Wasser, Luft, Boden, Biodiversität und Landschaft und, sofern vorhanden, auf die Tiergesundheit gibt. Deren Struktur wurde für die Evaluierung von Agrarumweltpro-

grammen entwickelt (Reiter et al., 2005a) und für die hier vorgestellten Wasserschutzmaßnahmen inhaltlich weiterbearbeitet.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Gegenüber der Wirkungsanalyse einer Maßnahme je Flächeneinheit, die Bestandteil des vorhergehenden Abschnitts ist, gibt die Potenzialabschätzung ein Maß für die mögliche Flächenausdehnung in Abhängigkeit geeigneter Betriebstypen. Wo sachgerecht, werden geeignete Standortverhältnisse benannt. Möglichkeiten die Maßnahme umzusetzen, Rahmenbedingungen und erforderliche Betriebsanpassungen werden unter dem Aspekt technische Umsetzbarkeit angesprochen. Bei allen hier vorgestellten Maßnahmen ist eine praktische Umsetzung möglich, jedoch mit unterschiedlich hohem organisatorischem und finanziellem Aufwand für den Betrieb. Bei hohem technischem Aufwand erleichtern große Betriebsstrukturen oder der Einsatz von Lohnunternehmern deren Umsetzung. Auch die Höhe der Ausgleichszahlungen hat einen deutlichen Einfluss auf die Akzeptanz, dieser Aspekt wird jedoch in einem gesonderten Bericht betrachtet. Die bisherige bzw. die zu erwartende Akzeptanz der Maßnahmen lässt sich anhand von Evaluierungsberichten belegen bzw. abschätzen. Der Informationsstand zu den einzelnen Maßnahmen ist sehr unterschiedlich, da bisher nicht alle hier beschriebenen Maßnahmen als Agrarumweltmaßnahmen angeboten wurden. Aber auch für Maßnahmen, die bereits seit vielen Jahren auf Betrieben praktiziert werden, fanden quantitative Auswertungen entweder nicht vollständig statt oder sie sind nur begrenzt zugänglich und zitierfähig.

e. Kontrollmöglichkeiten

Die einzelnen Maßnahmen werden hinsichtlich ihrer Kontrollfähigkeit, einem wichtigem Kriterium bei der Administrierbarkeit, betrachtet. Ein Hauptziel des Projektes ist es, Maßnahmen zu selektieren und so weiterzuentwickeln, dass sie im Rahmen der Agrarumweltförderung entweder handlungsorientiert oder ergebnisorientiert angeboten werden können (mit Kofinanzierung durch die EU als Bestandteil des EPLR). Hierfür ist gem. ELER-Verordnung (Rat der Europäischen Union, 2005) eine Kontrollierbarkeit der Maßnahme zu gewährleisten und diese muss möglichst kostengünstig durchführbar sein. Der Aspekt der Administrierbarkeit wird zu einem späteren Zeitpunkt genauer betrachtet.

3 Diagnose- und Planungsmethoden zum Düngemanagement

3.1 Wirtschaftsdünger- und Bodenuntersuchungen

a. Definition/kurze Beschreibung

Eine gute Düngeplanung benötigt ein Maximum an Informationen über die Nährstoffe im Betriebsablauf. Dazu gehören neben den absoluten Mengen aller In- und Outputs auch die prozentualen Anteile der verschiedenen Inhaltsstoffe. Entsprechende Angaben für Mine-

Mineraldünger und Ernteprodukte sind im Allgemeinen verfügbar. Teilweise müssen sie aus vergleichbaren Messreihen oder Faustzahlen abgeleitet werden. Allerdings sind die Inhaltsstoffe von Wirtschaftsdünger und Böden sowohl regional als auch zeitlich sehr variabel und sollten deshalb regelmäßig zeitnah vor der Düngeplanung bzw. Düngung erfasst werden. Bei einer labortechnischen Untersuchung werden die Proben auf verschiedene Inhaltsstoffe analysiert, die den Anteil und die Verfügbarkeit der darin enthaltenen Pflanzennährstoffe beschreiben. Alternativ kann auch eine einfache Quantofix-Messung (nur NH_4 im Wirtschaftsdünger) durchgeführt werden.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

Bei der Teilnahme an Maßnahmen zur umweltfreundlichen Gülleausbringung (z. B. NAU-A3) ist eine jährliche Wirtschaftsdüngeruntersuchung Pflicht, ebenso beim Transfer organischer Dünger von einem Betrieb auf einen anderen (Lieferschein mit Angabe der Inhaltsstoffe).

c. Ökologische Auswirkungen

Durch die größere Sicherheit infolge einer Düngeplanung kann Mineraldünger eingespart werden und dementsprechend sinkt der Bilanzüberschuss.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Das Verbesserungspotenzial durch Nährstoffuntersuchungen hängt von der Unsicherheit bei der Düngeplanung ab. Ist die mögliche Spannweite groß, so ist auch das Einsparpotenzial hoch.

Die technische Umsetzbarkeit ist gut, da die Beprobung und Analyse standardisiert und zunehmend auch professionalisiert sind.

Die Akzeptanz zur Durchführung von Boden- und Wirtschaftsdüngeranalysen ist mit viel Überzeugungsarbeit und einer z. T. 100 % Übernahme der Analysekosten (z. B. Wasserschutzkooperation in Niedersachsen und im Ruhreinzugsgebiet) verbunden.

e. Kontrollmöglichkeiten

Eine Kontrolle kann anhand der Laborprotokolle einfach und effizient stattfinden.

3.2 Düngeplanung

a. Definition/kurze Beschreibung

Eine Düngeplanung zeigt vor und während eines Wirtschaftsjahres die N-Situation auf Einzelschlägen (Flächenbilanz) und wird eventuell durch eine Hof- und Stallbilanz er-

gänzt. Der Entwurf geht von einem Ertragsziel aus, das mit geeigneten Düngemaßnahmen unter Berücksichtigung des vorhandenen Stickstoffs im Boden und dem Mineralisationspotenzial während der Wachstumsphase erreicht werden kann. In der Vegetationsperiode können die Vorgaben entsprechend weiterer Informationen aus Düngefenstern, Nitrachek-Messung, SPAD-Chlorophyllmeter und N-Sensor korrigiert werden.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

Die Düngeplanung ist ein anerkanntes Instrument zur optimalen Bestandesführung und wird entsprechend häufig eingesetzt. Oft ist es eine flankierende Maßnahme im Rahmen eines Agrarumwelt- bzw. Kooperationsprogramms und gilt als fester Bestandteil der betriebsspezifischen Beratung oder auch der Weiterbildung.

c. Ökologische Auswirkungen

Diese Maßnahme ist in jedem Fall sehr positiv zu bewerten, wenngleich die positive Wirkung einer Düngeplanung auf die Gewässerqualität sehr stark von der Ausgangssituation abhängt.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Das Minderungspotenzial der N-Salden durch eine Düngeplanung ist vom Ausgangsniveau abhängig, das erfahrungsgemäß sehr variabel ist. Mithilfe entsprechender EDV kann eine Planung sehr schnell und einfach durchgeführt werden, vorausgesetzt die Input-Daten sind bekannt. Die meisten Betriebsleiter führen -teilweise mithilfe von Beratern- eine Düngeplanung durch, wobei im Allgemeinen die Akzeptanz dieser Maßnahme mit zunehmender Beratungsintensität und Betriebsgröße ansteigt.

e. Kontrollmöglichkeiten

Eine Kontrolle erfolgt über die Dokumentation von Düngeplanung und Durchführung.

4 Technische Maßnahmen zur Reduzierung negativer Umweltwirkungen auf die Qualität des Grundwassers und der Oberflächengewässer

4.1 Maßnahmen zur Reduzierung der N-Auswaschung

Hierzu gehören alle Maßnahmen zur Begrünung von Schwarzbrachephasen. Durch eine Verkürzung der Zeiten ohne bzw. unzureichender Pflanzenbedeckung wird die Gefahr des N-Austrags in tiefere Bodenschichten reduziert. Von Bedeutung sind sowohl die Auswaschung im Herbst/Winter sowie die Frühjahrsauswaschung, die vor allem auf leichten Standorten zu hohen N-Auswaschungsverlusten führen können. Ziel ist es, den nach der

Ernte der Vorfrucht noch vorhandenen Stickstoff in der Pflanzenmasse/ im Oberboden zu konservieren und so für die folgende Hauptfrucht verfügbar zu halten. Hohe N_{\min} -Werte im Herbst weisen auf ein hohes Auswaschungsrisiko hin.

4.1.1 Zwischenfruchtanbau

a. Definition/kurze Beschreibung

Der Anbau von Zwischenfrüchten erfolgt in Abhängigkeit von der gewählten Pflanzenart als Gründüngung oder zur Futterproduktion entweder als Sommer- oder als Winterzwischenfrucht. Die Wahl der geeigneten Zwischenfrüchte ist abhängig von Standort, Fruchtfolge und Einsatz zu Futterzwecken bzw. zur Gründüngung. Als Zwischenfrüchte haben sich Phacelia und Senf, ganz besonders Ölrettich bewährt. Sie bilden sehr rasch nach der Einsaat einen dichten Pflanzenbestand und unterdrücken somit wirksam die Entwicklung von Unkräutern. Des Weiteren dienen sie zur biologischen Nematodenbekämpfung, z. B. innerhalb von Zuckerrübenfruchtfolgen. Der Anbau von Zwischenfrüchten zur Futternutzung hat angesichts rückläufiger Viehbestände bei gleichzeitig hohen Anforderungen an die Futterqualität weitgehend an Bedeutung verloren. Aus ökologischen Gründen kommt dem Zwischenfruchtanbau jedoch ein sehr hoher Stellenwert zu. So können durch Zwischenfrüchte Schwarzbrachephasen zwischen Winter- und Sommerfrüchten überbrückt werden. Dies schützt den Boden vor Wind- und Wassererosion und sorgt für eine Strukturverbesserung. Dies gilt für die Zwischenfrüchte selbst bzw. die als Mulch verbleibenden Zwischenfruchtreste. Gleichzeitig reduziert eine aufwachsende Zwischenfrucht durch ihre Nährstoffaufnahme und -bindung den Austrag von z. B. Nitratstickstoff in tiefere Bodenschichten. Damit stehen heute beim Zwischenfruchtanbau die erhöhte biologische Aktivität, die Strukturverbesserung, die Erreichung der nutzbaren Feldkapazität, die Minimierung der Nährstoffverluste (Nitrat Auswaschung) und der Erosionsschutz im Vordergrund.

Nach der Ernte der Hauptfrucht im Sommer erfolgt die Aussaat der Zwischenfrucht möglichst früh (spätestens Anfang September), um eine ausreichende Entwicklung und N-Aufnahme vor dem Winter zu gewährleisten. So können die Zwischenfrüchte den im Boden verfügbaren mineralischen Stickstoff nutzen und effizient vor der Auswaschung im Winter schützen. Um eine zügige Jugendentwicklung der Pflanzen zu gewährleisten ist eine Andüngung mit 40 und bei Futternutzung bis maximal 80 kg N/ha möglich. Diese Düngemenge muss allerdings bei der Düngung der folgenden Hauptfrucht bzw. Fruchtfolge berücksichtigt werden.

Um eine möglichst effiziente Minderung der N-Auswaschung über Winter zu erreichen, ist eine Einarbeitung der Zwischenfrucht erst kurz vor Bestellung der Folgefrucht wichtig, insbesondere wenn eine Sommerung mit spätem Bestandesschluss wie z. B. Zuckerrüben

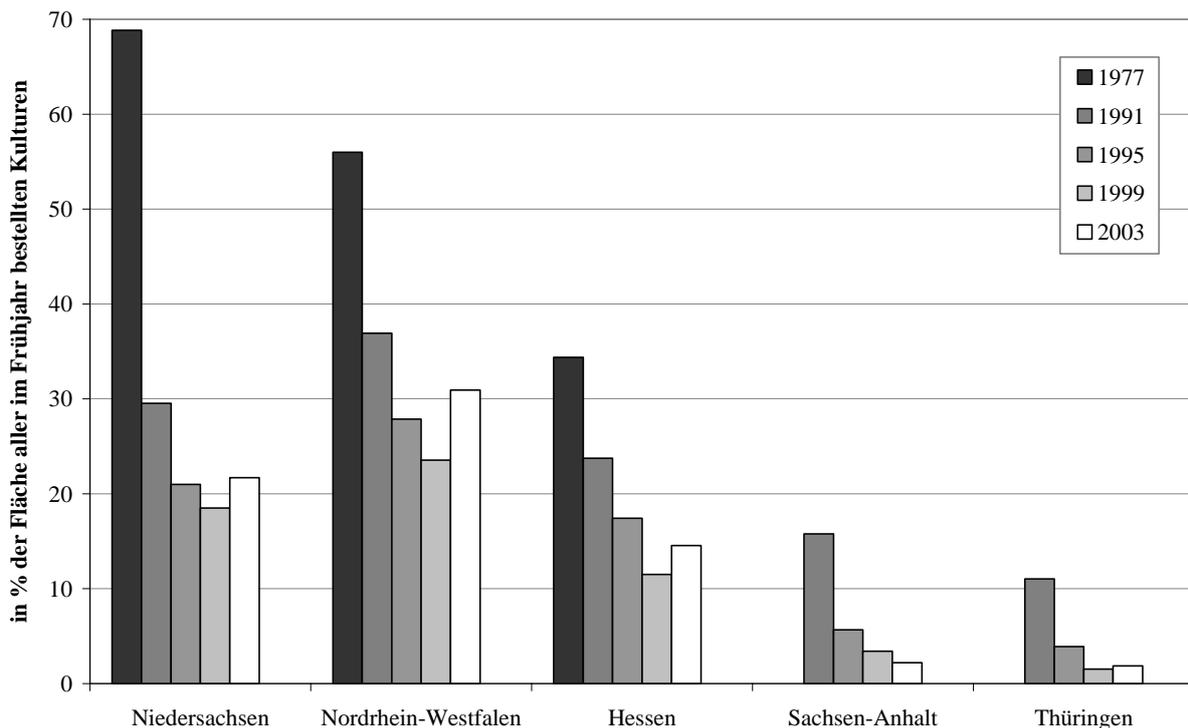
oder Mais folgt. Diese sollte dann nicht vor Mitte Februar, sondern eher später kurz vor der Aussaat der Sommerung, erfolgen. So kann eine vorzeitige Mineralisierung von Ernterückständen und organisch gebundenem Stickstoff im Boden vermieden werden, wenn noch keine Folgefrucht wächst, die diesen mineralischen Stickstoff aufnehmen könnte.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

Der Umfang des Zwischenfruchtanbaus und der Anteil der Zwischenfruchtfläche an der Ackerfläche mit im Frühjahr bestellten Kulturen betrug 2003 in Niedersachsen 158.514 ha (21,7 %), in Nordrhein-Westfalen 119.912 ha (30,9 %), in Hessen 18.287 ha (14,6 %), in Sachsen-Anhalt 5.473 ha (2,2 %) und in Thüringen 3.199 ha (1,9 %).

Die Entwicklung des Anteils an Zwischenfruchtfläche an der Ackerfläche mit im Frühjahr bestellten Kulturen in den entsprechenden Bundesländern zeigt Abbildung 1.

Abbildung 1: Anteil der Zwischenfruchtfläche an der Ackerfläche mit im Frühjahr bestellten Kulturen (Jahre 1977, 1991, 1995, 1999, 2003)



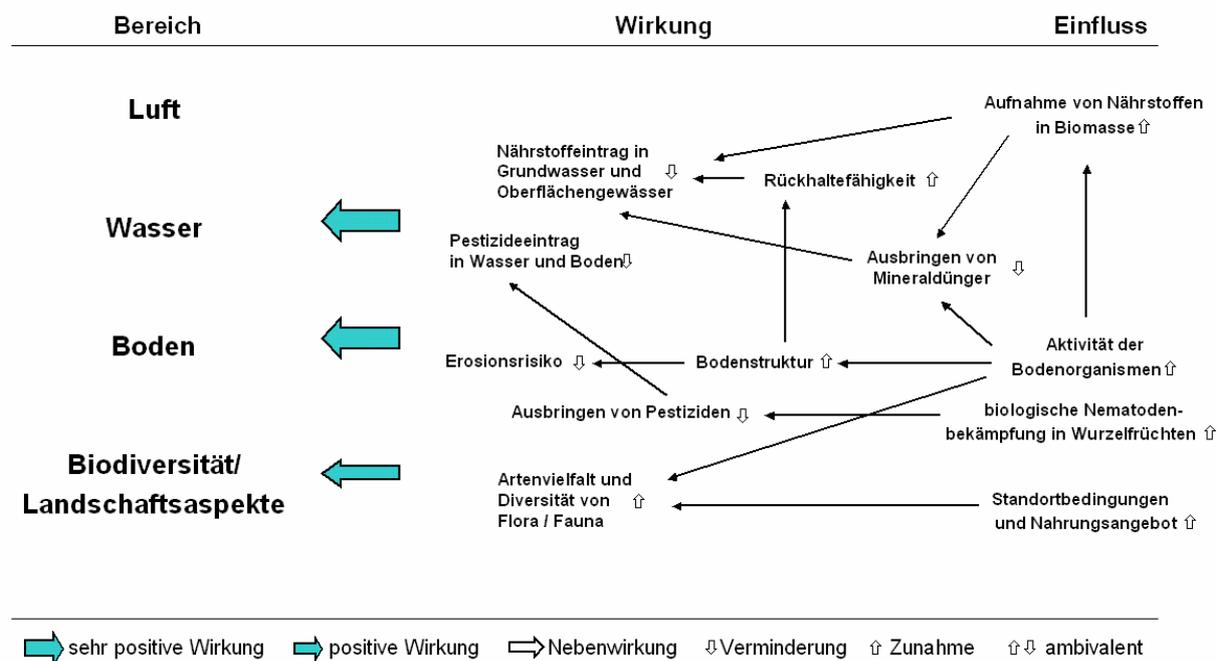
Quelle: Statistisches Bundesamt, 2003.

c. Ökologische Auswirkungen

Während das N-Saldo durch den Anbau von Zwischenfrüchten (außer bei Futternutzung und in Kombination mit anderen Maßnahmen) nicht vermindert wird, sondern im Fall einer N-Startgabe im Herbst um diese Menge sogar erhöht wird, kann der Zwischenfrucht-

bau bei optimaler Entwicklung und Frühjahrsumbruch die N_{\min} -Menge im Herbst um 30 bis 100 kg N/ha vermindern (Eichler et al., 2004; Martinez und Guiraud, 1990; Sörensen, 1992; Thorup-Kristensen, 2001). Eine Verminderung der N-Austräge im Winterhalbjahr um 10 bis 50 kg N/ha ist möglich (Catt et al., 1998; Garwood et al., 1999; Hösch, J. und Dersch, G., 2003; Jonczyk, 2004; Shepherd, 1999; Shepherd und Webb, 1999; Stauffer, W. und Spiess, E., 2001; Thomsen, 2005; Vos und Putten, 2004). Die Landwirtschaftskammer Hannover (ehem. Weser Ems, LWK Weser-Ems, 2005), untersuchte Standorte mit erhöhter N-Nachlieferung. Dabei schwankten die Herbst- N_{\min} -Werte im Boden bei grundwasserschutzorientierter Fruchtfolge mit Untersaaten und Zwischenfruchtanbau im auswaschungsgefährdeten Zeitraum von Oktober bis März zwischen 15 und 50 kg N/ha. Standortübliche Fruchtfolgen lagen deutlich darüber. Darüber hinaus entscheidet die Wahl der Zwischenfrucht über den erreichbaren Effekt. Miegel und Zachow (2002) ermittelten die höchsten N-Entzüge und somit die geringsten Nährstoffverluste bei Ölrettich, Raphanobrassica, Seradella, Phacelia und Senf.

Abbildung 2: Ziel-Wirkungsdiagramm - Zwischenfrüchte und Untersaaten



Quelle: Reiter et al., 2005a, verändert.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Der Anbau von Zwischenfrüchten ist auf Flächen begrenzt, auf denen im Folgejahr eine Sommerung angebaut wird. Lediglich beim Anbau von Sommerzwischenfrüchten erfolgt bereits im Herbst die Einsaat der folgenden Hauptfrucht (nur im Süden Deutschlands flächenmäßig von Bedeutung). Im Jahr 2003 lag der Anteil von Zwischenfruchtanbau auf diesen Flächen zwischen knapp 2 % (Thüringen) und knapp 31 % (Nordrhein-Westfalen),

mit einer deutlichen Abnahme des Anbauumfangs im Vergleich zu 1977 bzw. 1991. Die Anbauwürdigkeit von Zwischenfrüchten besteht aber nicht in allen Gebieten in gleicher Weise. Da der Zwischenfruchtanbau ein ausreichendes Wasserangebot im Herbst voraussetzt, lässt sich die Maßnahme in Gebieten mit unzureichender Niederschlagsmenge, wie in Sachsen-Anhalt und Thüringen, praktisch nur bedingt umsetzen.

Soweit die zusätzlichen Kosten für Saatgut etc. ihm Rahmen eines Förderprogramms erstattet werden, ist die Akzeptanz auf der Seite der Landwirte sehr gut. Durch das Auftreten von Arbeitsspitzen im Spätsommer/Frühherbst erfolgt die Aussaat der Zwischenfrüchte nicht immer zum optimalen Zeitpunkt direkt nach der Ernte der Vorfrucht.

e. Kontrollmöglichkeiten

Eine Kontrolle des Zwischenfruchtanbaus ist auf dem Feld möglich. Eingeschränkt können Kaufbelege von Saatgut für den Zwischenfruchtanbau für die Kontrolle herangezogen werden.

4.1.2 Untersaaten

a. Definition/kurze Beschreibung

Im Vergleich zu den Zwischenfrüchten, die nach der Ernte der Hauptfrucht etabliert werden, werden Untersaaten entweder mit der Hauptfrucht oder während der Wachstumsphase der Hauptfrucht ausgesät. Somit ist bereits zur Ernte der Hauptfrucht eine Bodenbedeckung gewährleistet und die Wuchsphase ist gegenüber dem Zwischenfruchtanbau verlängert. Um eine zusätzliche Nährstoffanreicherung im Boden zu vermeiden, werden für den Wasserschutz leguminosenfreie Untersaaten verwendet.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

Der Anbau von Untersaaten wird in den meisten Bundesländern nicht einzeln ausgewiesen, sondern ist im Anbauumfang der Zwischenfrüchte enthalten. In der Regel ist der Anbauumfang von Untersaaten aber recht gering, z. B. hatte er 2005 im Gebiet der NLWKN-Betriebsstelle Lüneburg einen Flächenanteil von knapp 2 % an der gesamten geförderten Fläche.

c. Ökologische Auswirkungen

Ähnlich wie bei den Zwischenfrüchten führt auch der Anbau von Untersaaten kaum zu einer Verminderung des N-Saldos. Durch die Speicherung von Stickstoff in Pflanzenmasse können die Herbst- N_{\min} -Werte um 20 bis 50 kg N/ha vermindert werden (Alvenäs und Marstorp, 1993; Lüttmann und Müller, 1994; Ott und Taube, 1995; Wallgren und Linden, 1994), eine Verminderung der N-Austräge um 5 bis 40 kg N/ha ist möglich (Alvenäs und

Marstorp, 1993; Aronsson und Torstensson, 1998; Askegaard et al., 2005; Bergström und Jokela, 2001; Hansen und Djurhuus, 1997; Lewan, 1994; Sjö Dahl-Svensson et al., 1994; Thomsen und Christensen, 1999; Torstensson und Aronsson, 2000).

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Untersaaten stellen im Vergleich zu Zwischenfrüchten höhere Anforderungen an die pflanzenbaulichen Kenntnisse der Landwirte, da gleichzeitig hohe Erträge der Hauptfrüchte und eine gute Etablierung der Untersaaten realisiert werden müssen. Bei zu stark entwickelten Untersaaten kann es zu Beeinträchtigungen in der Entwicklung der Deckfrüchte kommen, auch Wasserkonkurrenz zwischen Untersaat und Deckfrucht, die zu Ertragsminderungen führen kann, wird in trockenen Jahren befürchtet. Umgekehrt können stark entwickelte Deckfrüchte, z. B. Energiemais, die Untersaat gefährden. Zumeist sind auch Anpassungen im Pflanzenschutz erforderlich, was die Umsetzung erschwert.

e. Kontrollmöglichkeiten

Eine Kontrolle des Anbaus von Untersaaten ist direkt auf dem Feld oder eingeschränkt über Kaufbelege von Saatgut möglich.

4.1.3 Fruchtfolgeanpassungen und veränderte Anbauweise

a. Definition/kurze Beschreibung

Anpassungen bei der Fruchtfolge, die dem Gewässerschutz dienen, können entweder durch Fruchtartendiversifizierung (Wahl der Früchte) oder über einen verbesserten Wechsel einzelner Kulturarten (Fruchtstellung) erreicht werden. Geeignet sind Kulturen, die mit geringeren Düngegaben auskommen und/oder die im Boden von der Vorfrucht übrig gebliebenen Nährstoffe in einem möglichst großen Umfang in Pflanzenmasse binden. Ersetzen Extensivfrüchte wie der Roggen oder die Winterbraugerste Kulturen mit höherem Düngebedarf und/oder kürzerer Entwicklungszeit wie den Weizen oder die Sommergerste, so kann hierdurch die Gefahr einer N-Auswaschung reduziert werden. Beim Roggen wirken sich die im Verhältnis zum Weizen geringere Düngeintensität sowie das Ausbleiben einer Kopfdüngung positiv aus. Aufgrund des geringeren Nährstoffbedarfs haben die Landsorten gegenüber den Hybridsorten hinsichtlich des Wasserschutzes einen Vorteil. Die Winterbraugerste hat gegenüber der Sommerform den Vorteil, dass noch im Herbst Nährstoffe dem Boden entzogen werden. Zudem ist bei Verwendung als Braugerste insgesamt die Düngeintensität geringer.

Auch durch eine veränderte Anbauweise kann die Aufnahme der im Boden vorhandenen Nährstoffe verbessert und somit die Gefahr der N-Auswaschung reduziert werden. Bei der Maisensaat, wo die Einzelpflanzen gleichmäßiger über die Fläche verteilt sind, kann ein früherer Bestandesschluss erreicht werden. Im Idealfall haben die Pflanzen untereinander

und zur Nachbarreihe den gleichen Abstand zueinander (Quadratsaat), im Gegensatz zur konventionellen Reihensaat.

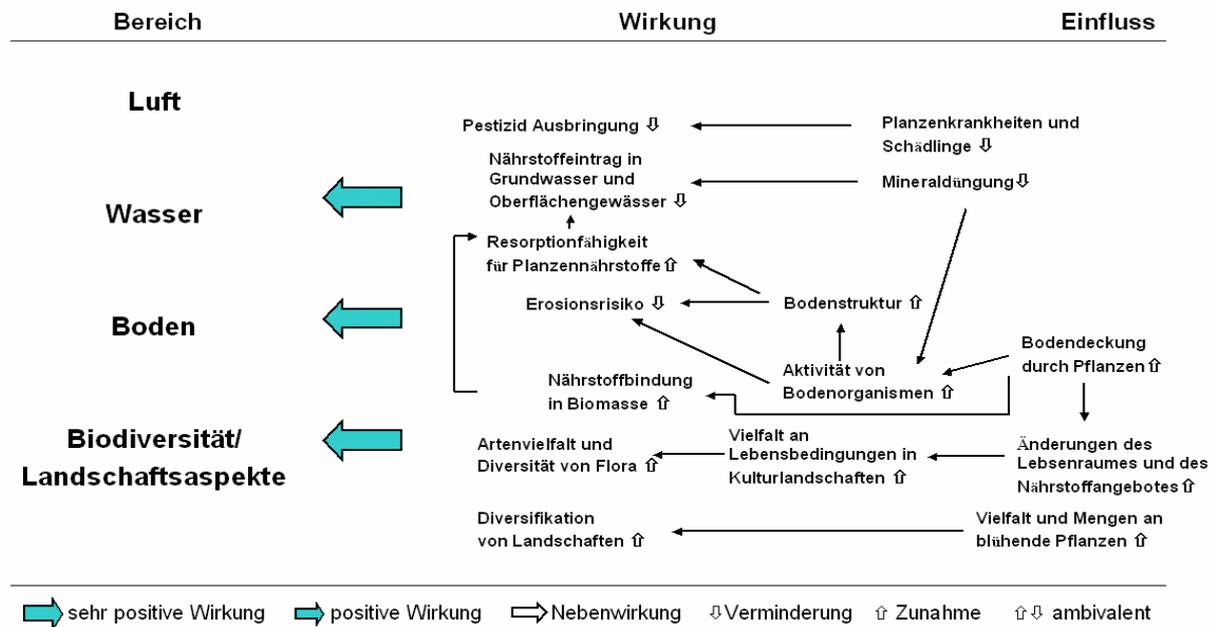
b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

In Trinkwasserschutzgebieten wird im Rahmen von freiwilligen Vereinbarungen der Anbau so genannter Extensivfrüchte unterstützt. Eine Fruchtfolgediversifizierung wird in NRW als AUM „vielfältige Fruchtfolge“ gefördert, in 2004 waren es knapp 25.000 ha (2,85 % der Ackerfläche in NRW). Voraussetzung ist der Anbau von mindestens fünf verschiedenen Hauptfruchtarten, darunter mindestens eine Leguminosenart (mindestens 7 % der Ackerfläche). Für den Wasserschutz kritisch ist die Pflicht des Leguminosenanbaus. In Niedersachsen wurde die Maisensaat in einigen Demonstrations- und Feldversuchen untersucht und konnte in einigen Regionen auch in der Praxis etabliert werden.

c. Ökologische Auswirkungen

Eine erweiterte Fruchtfolge wirkt sich positiv auf Pflanzen- und Bodengesundheit aus. Der Anbau von Extensivfruchtarten verlangt insgesamt weniger Düngereinsatz und bietet somit ein geringeres potenzielles Auswaschungsrisiko.

Versuche von Maisensaat bestätigen einen früheren Bestandesschluss, weniger Bodenerosion und geringere Wasserverdunstung. Eine Reduzierung der Maisreihenweiten führte bei Versuchen der LWK zu einem Anstieg der Ertragswirksamkeit der N-Düngung. Durch Maisensaat konnten Extrema bei der Auswaschung bei hohem Düngungsniveau vermieden werden. Hier wirkt sich die gleichmäßigere Durchwurzelung des Bodens positiv aus. Rieckmann und Möbius (2003a) beschreiben Versuchsergebnisse von 2 verschiedenen Standorten, die bei Engsaat im Mittel um 6 bzw. 11 kg N/ha geringere Restnitratwerte im Boden enthielten als bei normalen Reihenweiten. Testreihen aus Thüringen zeigen Unterschiede in den N_{\min} -Gehalten des Bodens nach der Silomaisenernte in 0 – 60 cm Tiefe von 17 bis 44 kg N/ha, wobei hohe Werte aus einem besonders ungünstigen Witterungsverlauf resultieren (TLL, 1998). Maisensaat trägt somit zur Risikominderung bei (LWK Niedersachsen, 2003).

Abbildung 3: Ziel-Wirkungsdiagramm - Fruchtfolgeanpassungen

Quelle: Reiter et al., 2005a, verändert.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Das Flächenpotenzial zur Fruchtfolgediversifizierung und extensiveren Getreidebauverfahren ist besonders in intensiven Ackerbauregionen sehr groß. Die technische Umsetzbarkeit stellt kein Problem dar, weil der notwendige Maschinenpark i. A. vorhanden ist. Jedoch sind die Erweiterung der Fruchtfolgen und der Anbau von Extensivkulturen oft mit Ertrags- und Gewinneinbußen verbunden, insbesondere wenn zusätzliche Kulturen angebaut werden, für deren Anbau zusätzliches Fachwissen erst noch erworben werden muss, so dass die Betriebe nur bei ausreichender Kompensation bereit sind, ihren Anbau entsprechend zu ändern.

e. Kontrollmöglichkeiten

Eine visuelle Vor-Ort-Kontrolle gewährleistet eine ordnungsgemäße Durchführung der Maßnahme.

4.2 Maßnahmen zur Reduzierung des N-Überschusses

Eine bedarfsgerechte Düngung mit dem Ziel eines nahezu ausgeglichenen Brutto-N-Saldos ist durch eine Reihe von Maßnahmen auf dem Acker, ergänzt durch Maßnahmen auf Grünland und im Stall erreichbar. Diese betreffen sowohl die Düngungspraktiken mit Mineraldünger als auch mit Wirtschaftsdünger. Bei Verwendung von organischem Dünger gilt es,

diesen so einzusetzen, dass eine hohe Düngewirkung erzielt wird. Durch einen hohen Ausnutzungsgrad des Wirtschaftsdüngers bei entsprechender Reduzierung des Mineraldüngereinsatzes lassen sich N-Überschüsse deutlich reduzieren, wenn auch nicht komplett vermeiden.

4.2.1 Zeitpunkt der Düngerausbringung (mineralisch, organisch)

a. Definition/kurze Beschreibung

Für eine gute Stickstoffverwertung muss die N-Verfügbarkeit optimal auf den Bedarf abgestimmt sein. Der Zeitpunkt der Düngergabe ist in Kombination von Applikationsmenge, Pflanzenstadium und Witterungsverlauf entscheidend für den Verbleib der Nährstoffe. Eine zeitliche Verschiebung der Düngung (Vermeidung einer Herbsdüngung oder durch Aufteilung in mehrere Einzelgaben) ermöglicht eine bedarfsgerechtere Düngung und erlaubt eine Reduzierung der ausgebrachten Düngemenge. Durch die Verkürzung des Zeitpunktes zwischen Nährstoffgabe und Aufnahme werden die Nährstoffausnutzung verbessert und die Umweltbelastung verringert. Die Ausbringung weit vor dem Bedarf, z. B. Gülledüngung im Spätherbst, kann dagegen zu großen Auswaschungsverlusten führen. Das Unterlassen einer Stickstoffgabe zur Strohrotte trägt ebenfalls zur Reduzierung des N-Überschusses bei.

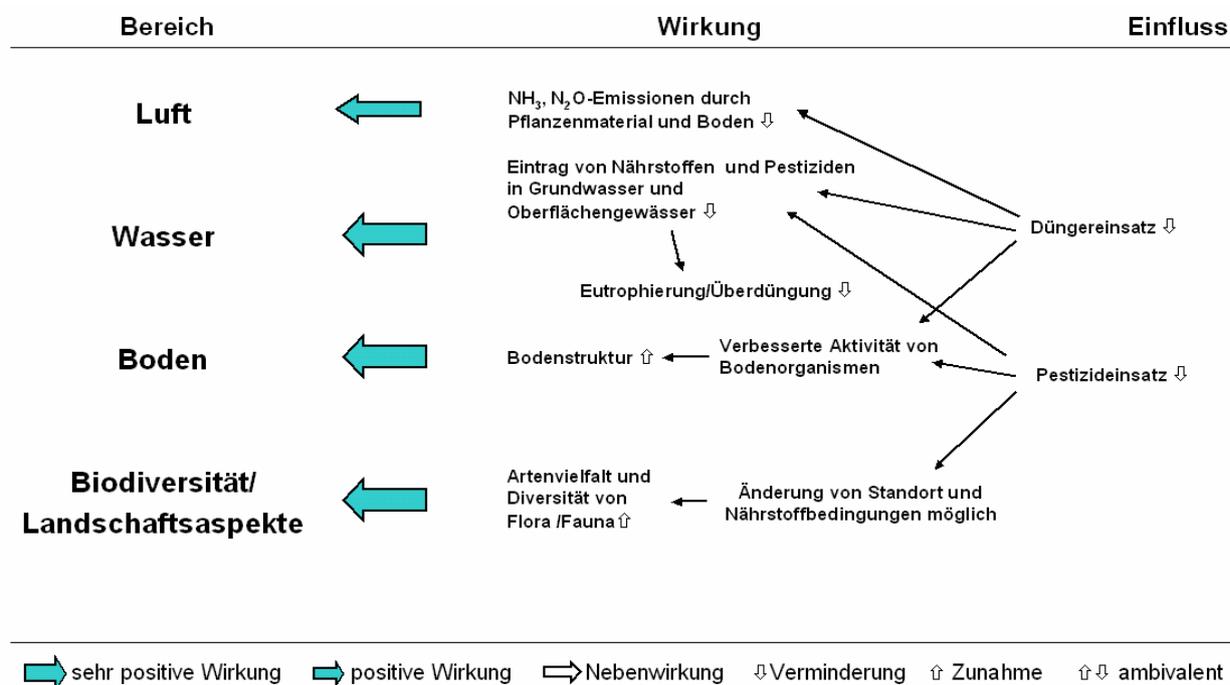
b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

Die bekannten Maßnahmen schränken die Herbsdüngung mit Wirtschaftsdünger ein und fordern somit insbesondere ein verbessertes Gülle-Management mit einer bedarfsnahen Ausbringung während der Vegetationszeit, was ausreichende Lagerkapazitäten und entsprechende Techniken voraussetzt. Letztere wurden in der Vergangenheit in Niedersachsen u. a. im Rahmen der Investitionsförderung oder bei Stallneubauten gefördert.

c. Ökologische Wirkungen

Auf auswaschungsgefährdeten Standorten entscheiden der Zeitpunkt der Wirtschaftsdünger- ausbringung und der Pflanzenbestand über die Höhe der Auswaschungsverluste (Chambers et al., 2000). Die Verluste sind im September und Oktober nahe 20 % des applizierten Gesamtstickstoffs von Gülle und Geflügeltrockenkot. Festmist liegt bei ca. 5-10 %. Die Auswaschungsverluste im Januar sind nahe Null. Bei Gülleausbringung auf Grünland im September kann noch ein Teil des verfügbaren N von den Pflanzen aufgenommen werden, dadurch ist die Auswaschungsgefahr bei einer Herbsdüngung auf Grünland geringer als auf Ackerland.

Abbildung 4: Ziel-Wirkungsdiagramm - Zeitpunkt der Ausbringung von Wirtschaftsdünger, Zeitpunkt der Mineraldüngung



Quelle: Eigene Darstellung.

In einem Feldversuch mit ¹⁵N-markierter Rindergülle weisen Goerges et al. (1997) aus, dass große Teile der im Herbst ausgebrachten Gülle ausgewaschen werden (ca. 40 kg N/ha) und nur geringe Mengen nutzbar sind (ca. 10 %), während die Frühjahrsgülle zu knapp 40 % im ersten Jahr genutzt wird.

Analoge Ergebnisse wiesen Smith et al. (2002) im Grasanbau nach und zeigten eine Steigerung der N-Aufnahme von knapp 20 % bei Applikation im Juni bis zu über 30 % bei der Gülleausbringung im Januar.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Bei dieser Maßnahme wird die Teilnahmebereitschaft ganz entscheidend von der aktuellen Betriebssituation beeinflusst. Durch eine Verkürzung der Ausbringungszeit, insbesondere wenn darüber hinaus die Ausbringung von Wirtschaftsdünger bei bestimmten Fruchtfolgegliedern nicht mehr zulässig ist, wird die Ausbringungsmenge im Herbst deutlich eingeschränkt. Dies erfordert eine Anpassungsstrategie der Betriebe. Es werden zusätzliche Lagerkapazitäten über Winter benötigt, die teilweise nicht vorhanden sind. Dies macht entweder eine Verbringung in außerbetriebliche Lager oder die Schaffung eigener zusätzlicher innerbetrieblicher Lagerkapazität erforderlich. Die Schaffung von zusätzlichen Lagerkapazitäten erfordert Investitionen, die durch die Förderung ausgeglichen werden müssen, sofern die Anforderungen über die Gute fachliche Praxis hinausgehen. Bei Ausbrin-

gung im Frühjahr in wachsende Bestände wird darüber hinaus eine aufwendige Ausbringtechnik (Schleppschlauch, Schleppschuh, Schlitzinjektion) benötigt. Wenn im Herbst der Wirtschaftsdünger durch Mineraldünger substituiert wird, kann es zu einem betrieblichen Überschuss an Wirtschaftsdünger kommen, der Anpassungsreaktionen z. B. in Form von Zupacht neuer Flächen oder den Einsatz von RAM-Futter erforderlich machen kann (LWK Niedersachsen, 2006).

e. Kontrollmöglichkeiten

Die Kontrolle von Lagerkapazität und Ausbringtechnik gibt Auskunft über die Möglichkeiten, die ein Betriebsleiter beim Düngermanagement von Wirtschaftsdüngern hat. Rechnungen von Lohnunternehmern, Düngeplan und Aufzeichnungen (Schlagkartei) geben Auskunft über Ausbringungszeitpunkte.

4.2.2 Technik der Düngerausbringung

a. Definition/kurze Beschreibung

Sowohl die Ausbringtechnik für mineralische als auch für organische Düngemittel hat sich hinsichtlich ihrer Präzision in den letzten Jahren deutlich verbessert. Bei den Mineraldüngern stehen bei der Weiterentwicklung der Streuer die Erreichung eines gleichmäßigen Streubildes auf der Fläche und die möglichst flächenscharfe Begrenzung der Ausbringung, z. B. entlang von Gewässern und Wegen, im Vordergrund. Gleichzeitig bietet die neue Technik immer größere Arbeitsbreiten bei gleich bleibend guter Ausbringungsqualität. Für Reihenkulturen bietet sich die Unterfußdüngung an. Dabei wird der Dünger direkt unter die Pflanzen gelegt (platziert), wodurch der Weg zur Aufnahme durch die Pflanzen verkürzt wird. Die Ausbringtechnik für organische Düngemittel wurde ebenfalls dahingehend verbessert, dass die Nährstoffe gleichmäßiger auf der Fläche verteilt werden. Beim Festmist bieten die Exaktmiststreuer diesbezüglich eine hohe Sicherheit, da sie eine gesteuerte Zufuhr zum Verteiler erlauben. Die verbesserte Technik für die Ausbringung von Gülle und Jauche bietet ebenfalls die Möglichkeit einer bodennahen Ausbringung. Doch während bei der Gülleausbringung mit den bisher noch dominierenden Pralltellern (künftig ausschließlich mit Abstrahlung nach unten) eine breitflächige, möglichst gleichmäßige Verteilung auf der Fläche erreicht wird, dienen die Schlepp-, Schlitz- und Injektionstechnik dazu, die Nährstoffe punkt- bzw. bandgenau entweder direkt auf der Bodenoberfläche oder sogar in den Oberboden hinein auszubringen. Während die Schleppschlauchtechnik am weitesten verbreitet ist und v. a. im Ackerbau verwendet wird, findet die Schleppschuhtechnik insbesondere auf Grünland Anwendung. Bei der Schleppschuhtechnik treten pro Schlauch geringere Güllemengen aus, außerdem wird die Grünlandnarbe unmittelbar vor der Gülleablage mit Hilfe einer Kufe oder Scheibe flach angeritzt.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

In Niedersachsen wird über das Agrarumweltprogramm NAU A3 der Einsatz von Schleppschlauch-, Schleppschuh- und Schlitztechnik gefördert, sofern Fremdtechnik zum Einsatz kommt. Als Modulationsmaßnahme wurde die umweltfreundliche Gülletechnik erstmals in 2004 angeboten: Es wurden knapp 1.300 Betriebe mit 173.000 GVE gefördert. Fördergegenstand war die Ausbringung der Gülle von rund 5,6 % der in Niedersachsen gehaltenen GVE. Von den Teilnehmern waren 65 % Schweinehalter, rund ein Drittel der Betriebe halten Rinder (Reiter et al., 2005a). In 2006 wurde diese Maßnahme für weitere Teilnehmer angeboten. Dominierende Technik ist die Schleppschlauchtechnik. Daneben wurden sowohl die Technik selbst als auch die Ausbringung mit Exaktmiststreuern und verbesserter Gülletechnik im Rahmen der freiwilligen Trinkwasserschutzvereinbarungen gefördert.

In einem Praxisversuch wurde in Niedersachsen der Einsatz von Schleppschlauchtechnik für die Unterfußdüngung von Mais getestet. Dabei wird vor der Aussaat des Mais die Gülle mit Hilfe eines Schleppschlauchverteilers möglichst exakt in einem schmalen Band im Abstand der späteren Maisreihen von 75 cm abgelegt, hierfür werden jeweils mehrere Schleppschläuche zusammengebunden. Dieses Verfahren hat das Ziel, den Nährstoffbedarf der Maispflanzen möglichst komplett über Gülle abzudecken.

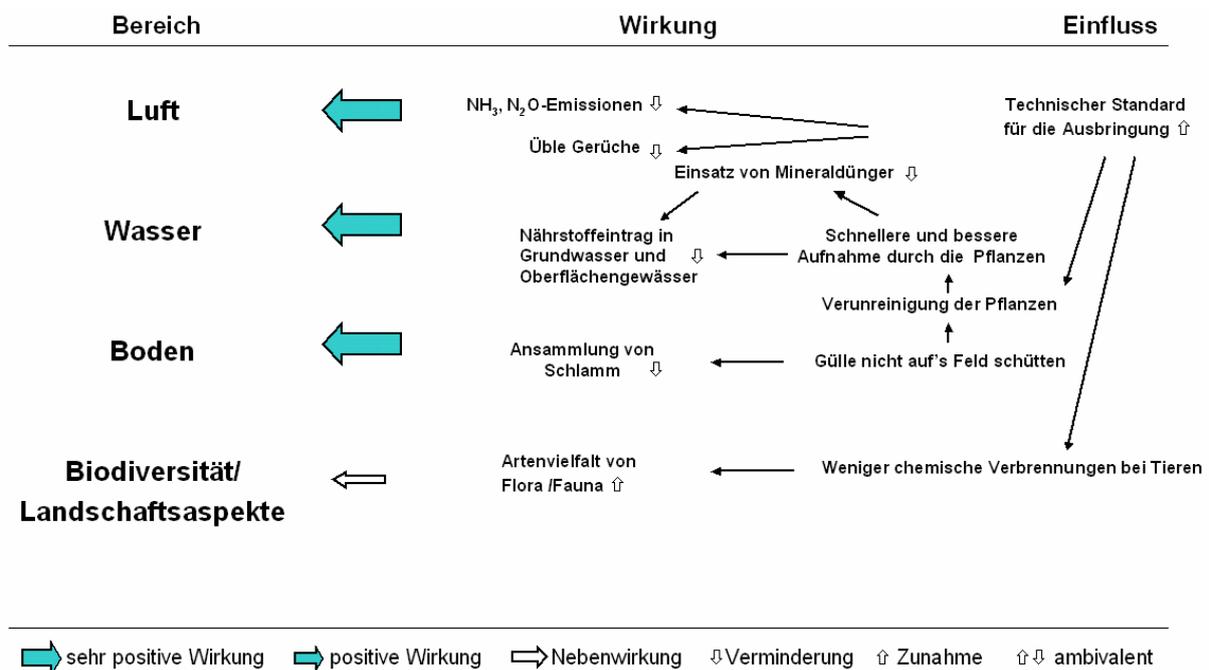
c. Ökologische Auswirkungen

Durch die verbesserte Technik bei der Düngerausbringung kann eine bessere N-Effizienz erreicht werden. Dies setzt jedoch voraus, dass bedarfsgerecht gedüngt wird und die bessere Düngewirkung bei gleichmäßiger/bodennaher Ausbringung berücksichtigt wird. Über- bzw. Unterversorgung innerhalb eines Schläges durch ungleichmäßige Düngerausbringung können vermieden werden. Gleichzeitig ermöglicht die neue Technik für Mineraldüngung eine genaue Steuerung der Düngemenge innerhalb heterogener Schläge (vgl. Kap. 4.5.2). Dem Schutz der Oberflächengewässer dient die Möglichkeit, das Streubild beim Grenzstreuen so zu verändern, dass anstelle einer trapez- bzw. keilförmigen Ausbringung mit gewünschtem Überlappungseffekt auf dem Feld, die Düngerausbringung einseitig flächenscharf begrenzt werden kann. Negativ wirkt sich die Verwendung von ungleichmäßig kalibriertem Dünger aus.

Die Mistausbringung mit Exaktmiststreuern verhindert, dass der Mist lokal zu dick ausgebracht wird, wodurch schlimmstenfalls Pflanzen vollständig abgedeckt werden und es zu Narbenschäden kommt. Die Nährstoffaufnahme unterbleibt bzw. ist gerade an den Stellen mit besonders hohem Angebot stark eingeschränkt. Insbesondere bei Mist mit hohem Nährstoffgehalt und einer schnellen Verfügbarkeit wie z. B. Geflügeltrockenkot können durch Ausbringung mit verbesserter Technik die Auswaschungsgefahr deutlich reduziert und die Nährstoffausnutzung verbessert werden.

Durch verbesserte Gülleausbringungstechnik lassen sich die Düngergaben zeitlich und räumlich dem Nährstoffbedarf der Pflanzen besser anpassen. Schleppschlauch-, Schleppschuh- und Schlitztechnik erlauben die Ausbringung von Gülle in wachsende Bestände, insbesondere bei Ackerkulturen kann auf diese Weise Mineraldünger eingespart werden (Kowalewsky, 2004b). Darüber hinaus wird die Verschmutzung der Pflanzen auf ein Minimum beschränkt und die Pflanzen werden in ihrem Wachstum nicht beeinträchtigt. Eine bodennahe Ausbringung, v. a. aber die direkte Einbringung in den Oberboden, hat zudem den Vorteil, dass die Nährstoffverluste über die Luft begrenzt werden. Dadurch kann indirekt die N-Deposition in anderen Ökosystemen und die damit einhergehende Bodenversauerung reduziert werden. Die höhere Düngewirksamkeit ist durch eine entsprechende Reduzierung der Ausbringungsmenge zu berücksichtigen, nur dann lassen sich durch verbesserte Technik N-Überschüsse reduzieren. Laut LUFA Oldenburg können auf Grünland Mineraldüngereinsparungen von 10 kg N/ha bei Einsatz von Schleppschuhtechnik realisiert werden (Kowalewsky und Müller, 1994).

Abbildung 5: Ziel-Wirkungsdiagramm - Verbesserte Techniken für organische Düngerausbringung



Quelle: Reiter et al., 2005a, verändert.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Die technischen Möglichkeiten für eine exakte Quer- und Längsverteilung des Mineraldüngers und die Vermeidung von Streuverlusten auf Feldrand und in Oberflächengewässer sind ausgereift. Eine gute Bedienung und Regelung der Düngezufuhr sind hierfür jedoch Voraussetzung. Insbesondere ist eine entsprechende Einstellung der Streuer bei Einsatz

unterschiedlicher Düngemittel sehr wichtig. Laut einer Untersuchung zu den unterschiedlichen Ausbringungstechniken (Bergschmidt, 2004) gibt es große Unterschiede innerhalb Niedersachsens hinsichtlich der verwendeten Technik. Während in 2004 im Kreis Osnabrück 37 % der Gülle mit emissionsmindernder Technik ausgebracht wurden, sind es im Kreis Ems lediglich 14 % bei einem deutlich höheren Anteil an Eigenmechanisierung.

Die Maßnahme kann entweder über die Güllemengen, die mit verbesserter Technik ausgebracht werden, oder über die Technikanschaffung selbst, gefördert werden. In den Wasserschutzgebieten wurde je nach gewählter Technik eine Prämie in Höhe von 1 bis 1,5 €/m³ (maximal 30 €/ha) ausbezahlt, bei der NAU A3-Maßnahme werden 15 €/StandardGVE gezahlt, wobei maximal zwei GVE pro Hektar angerechnet werden. Die Mehrkosten im Vergleich zum Breitverteiler liegen für den Schleppschlauchverteiler bei 0,5 €/m³ Gülle, für die Schleppschuhtechnik bei 1 €/m³ Gülle und für Injektoren bei 1,5 €/m³ (Kowalewsky, 2004a). Die Teilnahmebereitschaft der Betriebsleiter ist davon abhängig, ob die Prämie entweder die zusätzliche Arbeitszeit sowie die Kosten einer Anschaffung deckt (zumindest die Differenz zwischen Standardtechnik und der verbesserten), oder ob die Leistung zu einem Preis unterhalb der Prämie beim Lohnunternehmer eingekauft werden kann.

e. Kontrollmöglichkeiten

Beim Einsatz überbetrieblicher Technik lässt sich der Einsatz über Belege von Lohnunternehmen bzw. Maschinenringen dokumentieren. Bei Eigenmechanisierung gilt das Vorhandensein der Technik als Nachweis. Auch eine Kontrolle auf dem Feld/ Grünland ist im Frühjahr möglich.

4.2.3 Reduzierte N-Mineraldüngung, Acker

a. Definition/kurze Beschreibung

Diese Maßnahme fördert eine suboptimale Düngung von Kulturpflanzen, d. h. die Bemessung der Düngergaben liegt unterhalb der üblichen Düngung für das standörtliche Ertragsoptimum. Damit soll verhindert werden, dass bei Ertragsdepressionen wegen Krankheit oder Trockenheit zu viele Nährstoffe im Boden verbleiben. Auf Standorten mit einem hohen Nachlieferungspotenzial des Bodens ist auch eine suboptimale Düngung ohne Ertragseinbußen möglich. Für die Wirksamkeit einer Reduzierung der N-Düngung sind entscheidend, in welcher Höhe in der Ausgangssituation gedüngt wurde und welchen Wert der betriebliche N-Saldo aufweist. Als Referenz kann entweder die Höhe der N-Düngung auf Betriebsebene oder ein errechneter Wert für die einzelnen Kulturen dienen. Zu unterscheiden ist zwischen einer Reduzierung der N-Düngung auf Acker oder auf Grünland (siehe Grünlandextensivierung).

Bei einer Reduzierung der N-Düngung im Rahmen der freiwilligen AUM gelten beim handlungsorientierten Ansatz entweder auf Betriebsebene für alle Flächen oder für ausgewählte Kulturen bzw. Standorte Düngebeschränkungen. Daneben werden als mögliche politische Instrumente zur Reduzierung des Stickstoffeinsatzes die Stickstoffquote sowie die Besteuerung von stickstoffhaltigen Mineraldüngern diskutiert. Beide führen zu einer Verringerung des N-Einsatzes auf Betriebsebene.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

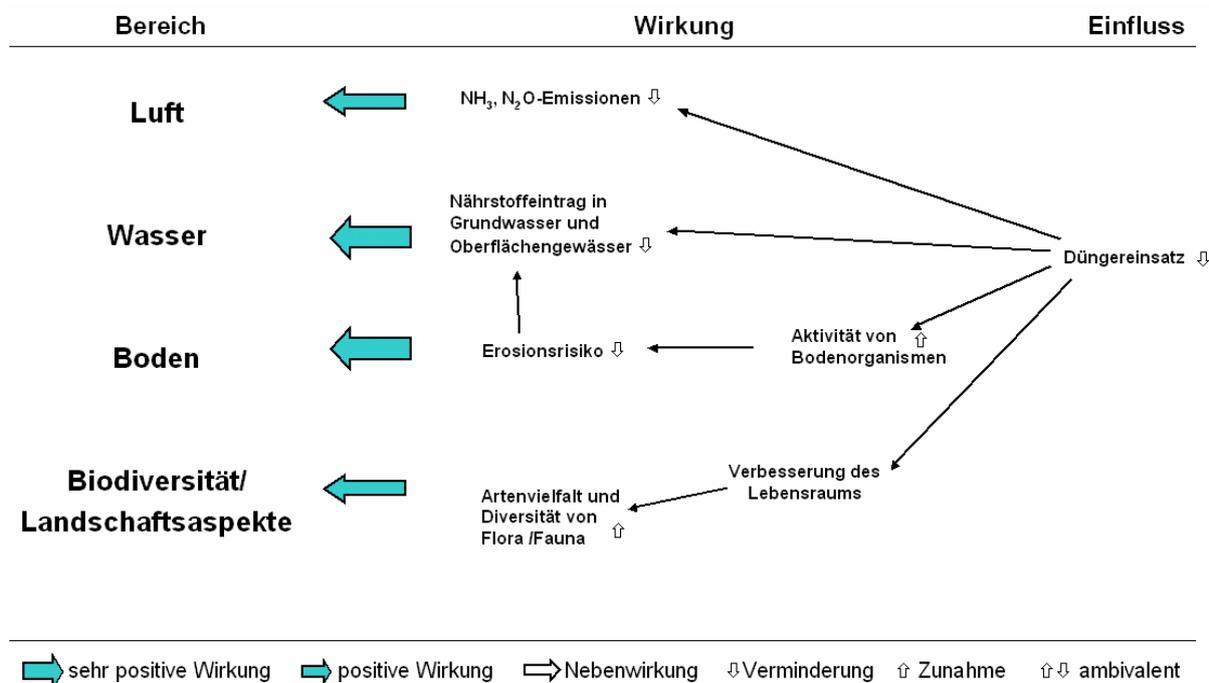
In einigen Wasserschutzgebieten wird eine prozentuale Reduzierung der N-Düngung als freiwillige Vereinbarung angeboten. Dabei gelten Düngeempfehlungen (Sollwert) auf Basis des Frühjahrs- N_{\min} als Referenz. Zudem gab und gibt es Regelungen zu einer verminderten Düngung in Wasserschutzgebieten über die Schutzgebietsverordnungen. Daneben ist eine Reduzierung der Düngung bzw. die Festlegung einer maximal zulässigen Ausbringungsmenge bei einigen Maßnahmen eine Zusatzbedingung.

Das Sächsische Programm für Umweltgerechte Landwirtschaft förderte eine 5 bzw. 20 %ige N-Reduzierung des Sollwertes nach Düngeempfehlung. In der aktuellen Richtlinie wird zusätzlich die extensive Grünlandbewirtschaftung mit reduziertem N-Einsatz gefördert (vgl. SMUL, 2005).

c. Ökologische Auswirkungen

Durch eine reduzierte Stickstoffdüngung lassen sich sowohl N-Überschüsse als auch Nitratauswaschung effektiv senken (Bechthold et al., 2006). Je nach Stickstoffbodenvorrat wirkt sich eine Reduzierung der N-Düngung unterhalb des Pflanzenbedarfs unterschiedlich stark aus. Düngebeschränkungen in Ackerbaubetrieben unterhalb des Pflanzenbedarfs führen z. T. zu sehr hohen Einkommensverlusten (Bokermann und Kern, 1988), insbesondere bei langjähriger suboptimaler Düngung. Bei Düngungsversuchen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL, 2002; LfL, 2004) war der Effekt unterschiedlicher Düngungsvarianten auf Grünland weder im Sickerwasser noch in den Frühjahrs- N_{\min} -Werten nachweisbar. Eine Ausnahme während der Versuchsjahre 1985/86 bewirkte der so genannte Priming-Effekt, der bei hoher Mineraldüngung die Entwicklung nitrifizierender Bakterien im Boden verstärkte, so dass die Nitratkonzentration im Sickerwasser stark anstieg.

Abbildung 6: Ziel-Wirkungsdiagramm - N-reduzierte Düngung und Einsatz von N-stabilisiertem Dünger



Quelle: Eigene Darstellung.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Als freiwillige Vereinbarung wurde beispielsweise eine reduzierte N-Düngung in Wasserschutzgebieten als Sollwertdüngung abzgl. 25 % inklusive Frühjahrs-N_{min} bei Anrechnung von organischem Dünger nach Kennwerttabelle angeboten. Je nach Kultur wurden 50 bis 254 €/ha ausgezahlt. Jahrelang war eine 20 %-ige Reduzierung der Düngung gegenüber dem Sollwert Bestandteil der Wasserschutzstrategie in Baden-Württemberg, hier wurde eine grundsätzliche Wirksamkeit festgestellt, aber auch eine starke Witterungs-, Fruchtfolge- und Kulturartabhängigkeit. Aufgrund der Gefahr von Ertragsdepressionen bei unzureichender Düngung und der Unmöglichkeit, den exakten Bedarf im Voraus abzuschätzen, findet diese Maßnahme nur sehr begrenzt Interesse bzw. es sind hohe Kompensationszahlungen notwendig, die einen Risikozuschlag beinhalten.

e. Kontrollmöglichkeiten

Eine Reduzierung der N-Düngung ist nur schwer kontrollierbar. Nur in Verbindung mit einer exakten Dokumentation (z. B. i. V. mit Precision Farming oder Einsatz der CUL-TAN-Technik) ist die Umsetzung einer reduzierten Düngung kontrollierbar. Bei verlässlichen Aufzeichnungen kann aus Veränderungen beim Bilanzüberschuss bei ansonsten unveränderten Betriebsstrukturen die Stickstoffreduzierung nachgewiesen werden. Aber ins-

besondere bei viehhaltenden Betrieben sowie bei Import von organischen Düngern ist auf Ebene des Einzelbetriebs eine direkte Kontrolle kaum möglich.

4.2.4 Anwendung von stabilisiertem N-Dünger/ Depotdüngung

a. Definition/kurze Beschreibung

N-stabilisierte Dünger verzögern die N-Freisetzung bzw. die verfügbare N-Bereitstellung für die Pflanze erfolgt in kontrollierter Form. Eingesetzt werden v. a. Urease-Inhibitoren und Nitrifikationsinhibitoren als Zusatzstoffe. Damit wird die Gefahr einer N-Auswaschung reduziert. Die Wirkung des Stickstoffs tritt verzögert ein, die N-Freisetzung ist jedoch stark witterungsabhängig, v. a. temperaturabhängig. Während hier die Pflanze den Stickstoff überwiegend in Form von Nitrat aufnimmt, wird der Stickstoff bei der Depotdüngung im CULTAN-Verfahren den Pflanzen überwiegend in Ammoniumform angeboten. Mit Inhibitoren versetzte mineralische Düngemittel können breitflächig und oberflächlich ausgebracht werden. Bei CULTAN (Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition) bedarf es einer speziellen (Injektions-)Technik, um eine Ausbringung in Wurzelnähe in den Boden hinein zu ermöglichen. Spezielle Schare und Techniken injizieren flüssige oder gasförmige Ammoniumdüngemittel punkt- oder linienförmig in den Wurzelraum als Depot. Aufgrund der chemischen Eigenschaften von Ammonium wird eine N-Auswaschung vermindert und die Pflanzen werden zwangsweise auf Ammoniumernährung umgestellt. Der bakterielle Denitrifikationsprozess wird unterbunden und die Pflanzen bilden ein enges Wurzelgeflecht rund um das Düngedepot und stabilisieren es damit zusätzlich (Grüning, 2004). Bei den N-stabilisierten Mineraldüngern sorgt dagegen eine Ummantelung für eine langsamere Freisetzung des Stickstoffs und somit verzögerte Düngewirkung. Werden der Gülle Nitrifikationsinhibitoren zugegeben, vorzugsweise direkt am Ort der Entstehung, so werden zum einen die atmosphärischen N-Verluste reduziert, zum anderen werden auch nach der Ausbringung bei entsprechender Witterung die Nährstoffe langsamer freigesetzt.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

In der Praxis wird bei der CULTAN-Technik häufig anstelle einer reinen auf Ammonium basierenden Düngung Ammoniumnitrat-Harnstofflösung mit einem geringen Nitratanteil verwendet, um neben dem langsam wirkenden Ammoniumdünger auch schnell verfügbares N zu applizieren. In einer Reihe von Wasserschutzgebieten, u. a. im Vogelsberg, Hessen, wird das CULTAN-Verfahren erfolgreich praktiziert. Die Injektionstechnik erfordert einmalig hohe Anschaffungskosten. In 2003 wurde das CULTAN-Verfahren deutschlandweit auf über 28.000 ha eingesetzt (Schellbach, 2003).

c. Ökologische Auswirkungen

Das CULTAN-Verfahren basiert auf einer verzögerten Düngewirkung des applizierten Ammoniumdüngers. Trotz einmaliger N-Gabe zu Beginn der Vegetationsperiode ist der Stickstoff nur allmählich pflanzenverfügbar. Dies führt zu einer latenten N-Mangelsituation in den Pflanzen und bewirkt Wurzeldominanz. Durch die stabile Ammoniumform wird die Gefahr der Nitratauswaschung im Frühjahr verringert. Gleiches gilt auch bei Einsatz von N-stabilisierten Mineraldüngern. Durch Verlangsamung der Freisetzung um 4-10 Wochen wird der N-Verlust in Form von Nitrat und / oder Lachgas deutlich reduziert. Durch den Einsatz von CMP bei Gülledüngung im Herbst konnte eine Verminderung des N-Austrages um 54 % (von durchschnittlich 163,5 auf 75 kg N/ha) erreicht werden (Görlitz, 1989). Nach Düngung im Frühjahr ist insbesondere auf flachgründigen, leichten bzw. sandigen Böden eine positive Auswirkung des Nitrifizidzusatzes feststellbar. Durch die stabilisierte Düngung ist, auch bei einmaliger Gabe, für eine ausreichende Versorgung der Pflanzen gesorgt. Die gesteigerte N-Effizienz erlaubt eine Reduzierung der Düngemenge ohne Ertragseinbußen. Insbesondere bei Gemüse, wo hohe Nitratgehalte der Pflanze unerwünscht sind, können neben höheren Erträgen (Hahndel und Strohm, 2001) auch bessere Produktqualitäten durch die langsam wirkenden Dünger erreicht werden (Waldorf und Schweiger, 2004). Auch in den Wintermonaten kann die Auswaschung reduziert werden, sofern den Düngemitteln N-Stabilisatoren beigefügt werden. Dies ist insbesondere bei Ausbringung von Herbst-Gülle von Bedeutung. Bei Gaben ab Mitte September wird die Nitrifikation ausreichend gehemmt (Görlitz, 1983). Insbesondere auf leichten Standorten mit hoher Auswaschungsgefährdung führt der Einsatz von N-Stabilisatoren bzw. der CULTAN-Technik zu einer deutlichen Verbesserung der N-Effizienz und trägt somit zum Wasserschutz bei. In Deutschland bisher in der Praxis kaum angewendet, kann auch auf Grünland durch Einsatz von Nitrifikationshemmern bei Gülleausbringung im Herbst die N-Auswaschung deutlich reduziert werden (Klein et al., 1996). So wurde in Versuchen ein um 1 bis 1,5 Jahre verzögerter Transport von N in tiefere Bodenschichten mit dem Sickerwasser festgestellt (Owens, 1987).

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Die CULTAN-Technik hat ein großes Potenzial, die Akzeptanz ist aufgrund der hohen Technikkosten die durch die spezielle Injektionstechnik entstehen begrenzt. Wo die Technik verfügbar ist, wird sie auch in größerem Umfang nachgefragt, insbesondere da die Ammoniumdüngung zu einer verbesserten Ertragssicherheit führt (Kücke, 2003). Daneben konnten in Versuchen Ertragssteigerungen (um ca. 5 %) nachgewiesen werden. Negativ auf die Ammoniumaufnahme durch die Pflanzen wirkt sich ein hoher Anteil an aus organischem Material mineralisiertem Nitrat im Boden aus, so dass die CULTAN-Technik auf leichten, nährstoffärmeren Standorten eine bessere Wirkung zeigt (Grüning, 2004).

Es gibt eine Reihe von N-stabilisierten Mineraldüngern auf dem Markt (Waldorf und Schweiger, 2004), daneben gibt es Zusätze mit nitrifikationshemmender Wirkung, die aus unterschiedlichen Wirkstoffkomplexen bestehen (Nitrapyrin, Dicyandiamid). Bei den stabilisierten N-Mineraldüngern ist entscheidend, ob arbeitswirtschaftliche Vorteile überwiegen, um den höheren Preis zu kompensieren (ein- bis zweimalige Düngergabe anstatt einer zwei- bis dreimaligen). Da der Erfolg des Einsatzes von N-Stabilisatoren stark witterungsabhängig ist, sind die Erfahrungen aus der Praxis nicht immer überzeugend. So führte die verzögerte N-Freisetzung zum Teil zu Mangelsituationen bzw. es wurden hohe Reststickstoffmengen nach der Ernte im Boden festgestellt.

Für den Einsatz der CULTAN-Technik wurden 20-25 €/ha im Rahmen der freiwilligen Vereinbarungen im Trinkwasserschutz in Niedersachsen gezahlt. In gleicher Höhe wurde auch der Einsatz stabilisierter N-Dünger in Getreide honoriert. Der Kartoffel- und Zuckerrübenanbau wurde mit bis zu 60€ gefördert.

e. Kontrollmöglichkeiten

Bei Einsatz der CULTAN-Technik, die zumeist überbetrieblich erfolgt, erlaubt der Nachweis der eingesetzten Technik selbst eine ausreichende Kontrolle. Durch Einkaufsbelege bei stabilisierten Mineraldüngern bzw. den Zusatzstoffen für Gülle kann deren Verwendung dokumentiert werden. Bei reinen Marktfruchtbetrieben ist eine Effizienzkontrolle leicht möglich, da der gesamte Dünger zugekauft wird und somit Aufzeichnungen über den insgesamt verwendeten N-Dünger vorliegen. Bei Kombinationen von organischer Düngung mit stabilisierten N-Mineraldüngern ist für die Ermittlung der Effizienz die Gesamtmenge des ausgebrachten Stickstoffs von Bedeutung.

4.2.5 Weidemanagement

a. Definition/kurze Beschreibung

Weidemanagement beinhaltet die Steuerung der Weidenutzung sowohl hinsichtlich der Besatzdichte als auch der Nutzungsdauer, die Weidepflege und die Düngung. Im Hinblick auf den Nährstoff Stickstoff ist eine an den Entzug angepasste N-Zufuhr über die tierischen Ausscheidungen und die Düngung von entscheidender Bedeutung. Durch gutes Weidemanagement sollen ein gleichmäßiger Entzug der Grünmasse und eine an den Bedarf angepasste Nährstoffversorgung des Grünlands erzielt werden. Hierbei bietet sich die Möglichkeit der Flächenparzellierung an, wodurch nicht nur der Futterentzug sondern auch die Nährstoffrücklieferung über Exkremate gesteuert werden kann (Tonn et al., 2006). Es gibt deutliche Unterschiede hinsichtlich der Nutzungsintensität, die ihr Maximum beim Wirtschaftsgrünland mit reinen Weidelgrasbeständen und ihr Minimum auf extensiv genutzten Weiden, z. B. in Naturschutzgebieten, erreicht. Auch in der Nutzungsdauer unterscheiden sich verschiedene Weidesysteme erheblich und reichen von der täg-

lich wechselnden Portionsweide bis zur ganzjährig genutzten Standweide. In allen Systemen sind die Bereiche rund um die Futtertröge und Tränken, die Liegeflächen, die so genannten hot-spots (Kot- und Harnflecken), und, sofern vorhanden, die Flächen in Stallnähe kritisch zu sehen (Behrendt et al., 2003). Ein wesentlicher Aspekt des Weidemanagements ist die bedarfsgerechte Düngung der Weideflächen, denn auch wenn unter Grünland insgesamt relativ wenig N ausgetragen wird, so kann es durch Überdüngung oder durch nicht bedarfsgerechte Düngung im zeitigen Frühjahr bzw. späten Herbst auch unter Weide zur N-Auswaschung kommen.

Ein früher Weidebeginn und eine späte Weidenutzung im September/Okttober führen zu höheren Auswaschungsrisiken. Winterweideflächen sind besonders anspruchsvoll hinsichtlich Pflege und Nutzungsintensität. Nur ein Bereitstellen von Winterfutter in ausreichender Menge und Qualität "auf dem Halm" führt dazu, dass sich die Tiere die meiste Zeit über die Fläche verteilt aufhalten (Priebe, 1998) und somit unerwünschte lokale Nährstoffkonzentrationen vermieden werden.

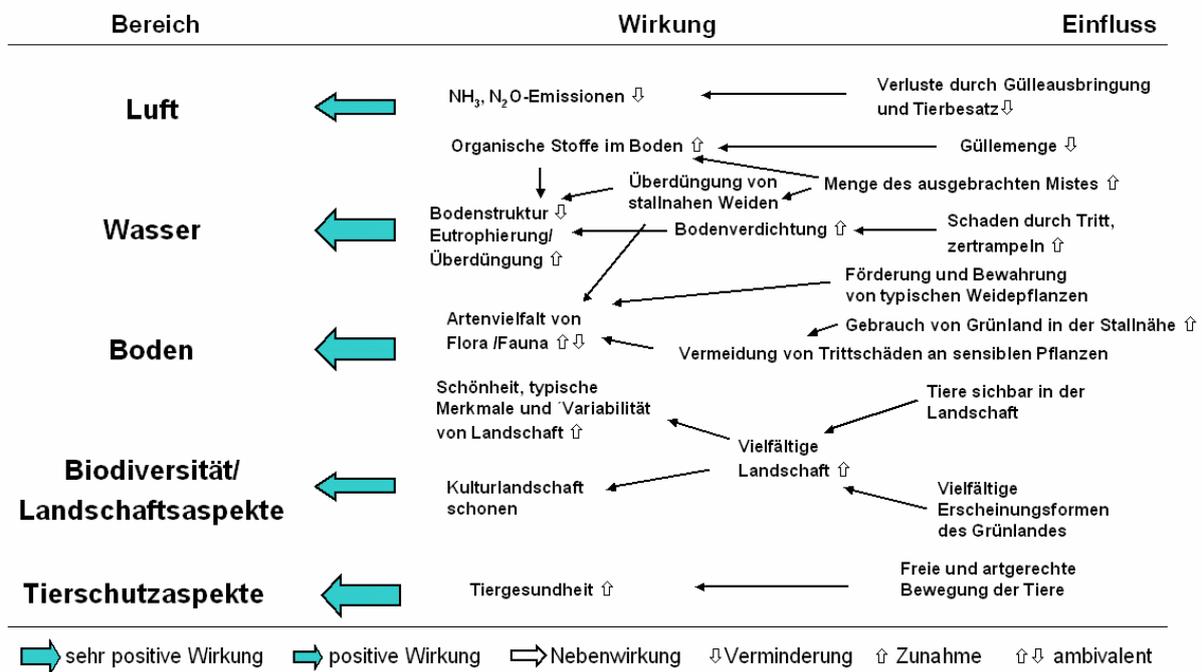
b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

In NRW wird die Weidehaltung von Milchvieh als Agrarumweltmaßnahme angeboten. Hier stehen nicht das Weidemanagement an sich im Blickpunkt, sondern Aspekte des Tiereschutzes und eine positive Wirkung auf das Landschaftsbild durch weidende Kühe. Bisher gibt es in Deutschland nur für ausgewählte Schutzgebiete Vorgaben bezüglich der Beweidung, die sich zumeist auf die Besatzdichte und die Nutzungsdauer selbst beziehen. Aspekte des Wasserschutzes sind von untergeordneter Bedeutung, die Vorgaben richten sich gezielt auf Flora und Fauna. Lediglich durch das Abzäunungsgebot zum Schutz der oberflächigen Gewässer aus phytosanitären Gründen werden gleichzeitig auch Direkteinträge in Form von Exkrementen vermieden.

c. Ökologische Auswirkungen

Bei Weidenutzung kommt es lokal zu sehr hohen N-Einträgen durch Urin und Kot (Kühbauch et al., 1997), bei Narbenschäden durch Tritt besteht gegenüber reiner Schnittnutzung eine erhöhte Auswaschungsgefahr. Ein gewisser Weißkleeanteil ist aus Gründen der Ertragsverbesserung und -stabilisierung erwünscht. Gerade auf extensiver genutztem Grünland wird das Vermögen von Leguminosen Stickstoff aus der Luft zu fixieren gezielt für eine höhere Ertragsleistung ausgenutzt. Gleichzeitig besteht hierdurch die Gefahr erhöhter N-Austräge, insbesondere auf Wechselgrünland.

Abbildung 7: Ziel-Wirkungsdiagramm – Weidewirtschaft



Quelle: Eigene Darstellung.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Eine finanzielle Förderung für stickstoffauswaschungsarmes Weidemanagement gibt es nicht. Da ein gleichmäßiger Futteraufwuchs auch ökonomische Vorteile bringt, ist die Behebung von Managementfehlern relativ kostengünstig erreichbar bzw. führt sogar zu Einsparungen. Bei extensiver ganzjähriger Beweidung ist eine ungleichmäßige Verteilung von Kot- und Harnstellen über die Fläche und die damit verbundene ungleichmäßige Nährstoffversorgung bzw. kleinräumige Ertragsvariabilität nicht gänzlich vermeidbar.

e. Kontrollmöglichkeiten

Besatzdichte und Nutzungsdauer lassen sich, ebenso wie die Abzäunung von Oberflächengewässern, relativ leicht kontrollieren. Die Düngung von Weideflächen dagegen ist nur schwer kontrollierbar.

4.2.6 Wirtschaftsdüngermanagement im Betrieb (Stall, Lager)

a. Definition/kurze Beschreibung

Das Management auf der Hofstelle beeinflusst die Qualität des Wirtschaftsdüngers hinsichtlich Viskosität und Nährstoffgehalt. Insbesondere bauliche Maßnahmen führen auf der Hofstelle zu verminderten Emissionen.

Die Lagerzeit und die Ausstattung der Lager für Gülle (mit/ohne Abdeckung) und Festmist (mit/ohne befestigte Bodenplatte) beeinflussen die gasförmigen Emissionen und damit die potentielle Nährstoffmenge, die zur Pflanzenernährung zur Verfügung steht. Durch geeignete Maßnahmen kann verhindert werden, dass die leicht verfügbare N-Fraktion mit der höchsten Düngewirkung im Ausbringungsjahr gasförmig entweicht.

Das Milchanlagenspülwasser wird zumeist ins Güllesilo oder in die örtliche Abwasserkanalisation abgeleitet, sodass keine direkte Emissionsgefahr besteht. Wo dies nicht möglich ist, müssen Einzellösungen gefunden werden.

Zur Förderung der Bewegung und des Sozialverhaltens der Kühe werden Freigelände vor dem Stall angelegt, auf dem sich die Tiere tagsüber aufhalten. Diese Flächen sind befestigt oder unbefestigt bzw. überdacht oder offen. Die geringste Gefahr punktueller Extrembelastung durch Nährstoffeinträge ist bei wasserundurchlässigen Belägen, am besten in überdachter Form gewährleistet.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

Die Güllelagerabdeckung wurde in der Vergangenheit vielerorts gefördert und ist heute in Deutschlands bereits gute fachliche Praxis (KTBL und UBA, 2005). Ebenso ist die Behandlung von Oberflächenabfluss, sofern es sich um die Lauffläche von Tieren handelt, verbindlich vorgeschrieben. Der Abfluss von anderen Hofflächen, der durch Bröckelverluste und Exkremate z. T. hoch belastet ist, wird häufig noch direkt in die Vorfluter eingeleitet. Demonstrationsvorhaben zur Retention und Reinigung des Oberflächenabflusses wurden z. B. durch das Sächsische Programm für Umweltgerechte Landwirtschaft gefördert.

c. Ökologische Wirkungen

Die Abdeckung der Güllesilos zur Minderung von Ammoniakemissionen wirkt nur auf den Gesamtsaldo und mindert die Belastung der Atmosphäre. Für den Grund- und Oberflächenwasserschutz ist dies jedoch relativ unerheblich, außer wenn der Eintrag durch Deposition nicht oder nur teilweise in der N-Bilanzierung angerechnet wird.

Während hochkonzentrierte Silosickersäfte in die Güllesilos oder Jauchegruben abgeleitet werden, besteht vielerorts keine Behandlung von Oberflächenabfluss. Probleme können hier bei hofnahen Oberflächengewässern entstehen, die durch Starkregenereignisse hervorgerufene Einschwemmung von organischem Material eutrophieren.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Durch Abdeckung der Güllelager kann eine Minderung der Ammoniakverluste von bis zu 95 % erreicht werden.

e. Kontrollmöglichkeiten

Die Kontrolle wird durch Abnahme der Baumaßnahme gewährleistet.

4.2.7 N-reduzierte Fütterung

a. Definition/kurze Beschreibung

Der Stickstoffbedarf von Schweinen und Geflügel sinkt mit zunehmendem Alter der Tiere. Während bei jungen Tieren ein recht hoher Rohproteingehalt im Futter notwendig ist, um das Wachstumspotential der Tiere voll auszuschöpfen, nimmt dieser Bedarf bei fortschreitender Mast deutlich ab. Bei Mastschweinen kann der N-Gehalt im Futter statt durchgängig 17-18 % (25-115 kg) unter Zusatz von essentiellen Aminosäuren auf 16 % (25-40 kg), 14,5 % (40-70 kg) und 13,5 % (70-115 kg) vermindert werden, ohne dass die täglichen Zunahmen beeinträchtigt werden. So kann die N-Versorgung an den veränderten Bedarf der Tiere während des Wachstums angepasst und eine deutliche Minderung der N-Ausscheidungen realisiert werden.

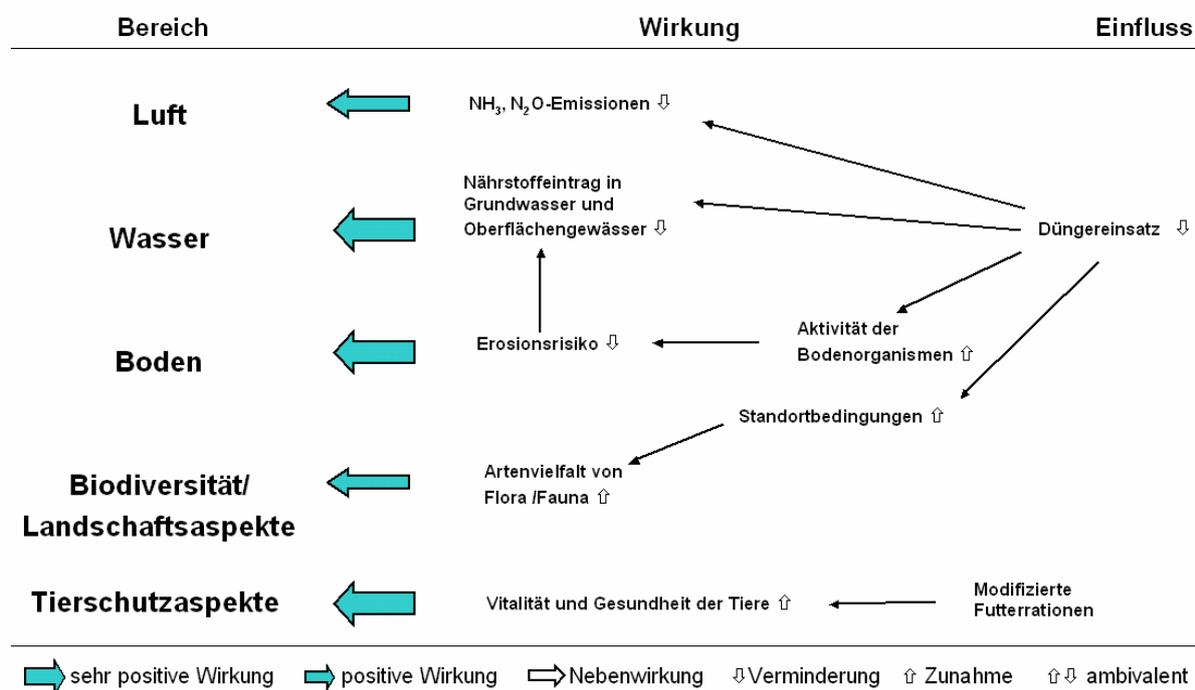
Die Restriktionen für Futtermischungen im Rahmen der RAM-Verträge in Weser-Ems geben für Rohprotein für den Mastabschnitt bis ca. 60 kg einen maximalen Gehalt von 17 % vor, in der Endmast beträgt dieser Grenzwert 14 %. Der maximale Gehalt an Phosphor beträgt 0,55 bzw. 0,45 %.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

In viehstarken Gebieten (z. B. Weser-Ems) wird die N-reduzierte Fütterung (RAM-Fütterung = ursprünglich Rohprotein angepasste Mast, heute: eiweiß- und phosphorreduziertes Phasenfutter) in großem Umfang durchgeführt, um die Vorgaben der Düngeverordnung einhalten zu können. So werden im Gebiet Weser-Ems ca. 70 % der Mastschweine mit RAM-Futter gefüttert (Bohnenkemper, 2007). In 2005 bestanden dort insgesamt 136 Verträge mit Futtermittelherstellern für RAM-Futter, davon 94 für Schweine- und 42 für Geflügelfutter. Zusätzlich bestanden insgesamt 430 Verträge mit Hofmischern, 408 für Schweine- und 22 für Geflügelfutter.

c. Ökologische Auswirkungen

Bei Schweinen ist eine Minderung der N-Ausscheidungen um 15 bis 25 % möglich (Bellof und Stadler, 1998; Lindermayer und Probstmeier, 1995; Spiekers et al., 1991; Walz und Pallauf, 2002), bei Geflügel beträgt das Minderungspotential ca. 5 bis 15 %.

Abbildung 8: Ziel-Wirkungsdiagramm - N-reduzierte Fütterung

Quelle: Eigene Darstellung.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

In Niedersachsen erfolgt die Fütterung der Tiere in Gebieten mit hoher Viehbesatzdichte (Weser-Ems) zum großen Teil mit N-reduziertem Futter, so dass hier das Potenzial schon weitgehend ausgeschöpft ist. Eine weitere Minderung der N-Gehalte im Futter wäre nicht ohne Leistungseinbußen möglich. In Gebieten mit geringeren Tierbesatzdichten ist diese Maßnahme anwendbar, hat aber aufgrund der geringeren Tierzahlen weniger starke Auswirkungen auf den Flächensaldo.

Die Umsetzbarkeit ist bei Futterzukauf sehr einfach, bei Eigenmischung auf dem Hof ist sie mit einem größeren Aufwand für den Landwirt verbunden.

Aufgrund der Notwendigkeit der Reduzierung des N-Anfalls aus Wirtschaftsdünger zur Einhaltung der Düngeverordnung im Raum Weser-Ems war die Akzeptanz der RAM-Fütterung dort bislang sehr gut. Zusätzlich hat die Preisgleichheit von RAM-Futter und konventionellem Futter zu hoher Umsetzung beigetragen. Dagegen war das RAM-Futter im Gebiet Hannover früher um 1 DM/dt teurer, die N-reduzierte Fütterung ist hier kaum verbreitet. In Abhängigkeit von der zukünftigen Preisentwicklung von Getreide und Soja können sich die Preisrelationen von konventionellem Mastfutter und RAM-Futter jederzeit ändern. Ein deutlicher Preisanstieg von Getreide kann zu einem vermehrten Einsatz von Soja in der konventionellen Futtermischung führen. Im RAM-Futter ist dies nur einge-

schränkt möglich, da sonst die Restriktion von einem Rohproteingehalt von 14 % im Endmastfutter nicht eingehalten werden könnte. Hier muss weiterhin Getreide eingesetzt werden, auch wenn dieses teurer wird. Diese zukünftigen Preisentwicklungen dürften auch einen großen Einfluss auf die Akzeptanz der Landwirte haben.

e. Kontrollmöglichkeiten

Durch Zahlungsbelege für Futtermittel lässt sich die Durchführung der N-reduzierten Fütterung anhand der Futterzusammensetzung gut kontrollieren. Bei hofeigener Herstellung von Futtermischungen müssten regelmäßig Futtermittelanalysen durchgeführt werden.

4.3 Maßnahmen zur N-Immobilisation und zur Verminderung der Mineralisation

Alle Maßnahmen die dazu beitragen, die Bodenruhe zu verlängern bzw. diese ermöglichen, reduzieren die potenzielle Stickstoffmineralisation. Auch eine intensive Durchwurzelung des Bodens trägt dazu bei, den Stickstoff im Oberboden festzulegen. Dies vermögen die Grasbestände extensiven Grünlands sehr viel besser als intensiv bewirtschaftete reine Weidelgrasbestände, die zum Teil als Wechselgrünland genutzt werden. Eine Rückführung zur ursprünglichen Nutzung birgt in allen Fällen die Gefahr von Mineralisierungsschüben. Das zusätzliche N-Angebot ist daher bei der Folgenutzung zu berücksichtigen, um hohe N-Auswaschungen zu vermeiden.

4.3.1 Aktive Begrünung von Stilllegungsflächen

a. Definition/kurze Beschreibung

Ziel der aktiven Begrünung ist die zeitnahe Etablierung eines geschlossenen Pflanzenbestandes auf temporär ungenutzten Agrarflächen anstelle einer Selbstbegrünung. Meist handelt es sich hierbei um obligatorische Stilllegungsflächen im Rahmen der GAP, die im Zeitraum vom 15. Januar bis 31. August nicht zur Nahrungsmittelproduktion genutzt werden dürfen. Der Aufwuchs muss zerkleinert und auf der Fläche verteilt werden, wobei neuerdings eine Sperrfrist vom 1. April bis 15. Juli besteht. Dadurch erhöht sich die Bedeutung der aktiven Begrünung, da bei Selbstbegrünung die Gefahr der eskalierenden Flächenverunkrautung steigt. Eine Nutzung des Aufwuchses ist nach dem 15. Juli durch die traditionelle Wandertierhaltung erlaubt und nach dem 1. September kann der Aufwuchs zur Futternutzung im eigenen Betrieb eingesetzt werden. Anstelle einer Neuansaat nach Ernte der Vorfrucht ist auch eine Begrünung durch Untersaaten möglich, diese haben zusätzlich den Vorteil, dass sie einen noch schneller geschlossenen Pflanzenbestand garantieren und sich die Saatbettbereitung für die Begrünung erübrigt. Auf den Stilllegungsflächen ist keine Düngung nach Ernte der Vorfrucht bis Umbruch zulässig.

Zur Ansaat eignen sich besonders Gras- und Kleegrasmischungen, z. B. Deutsches Weidelgras, Knaulgras, Rotschwingel und Weissklee. Die Beimengung von bis zu 10 % Kleeanteil verbessert die Wüchsigkeit der Ansaaten und erhöht den Vorfruchtwert, dies erhöht aber auch den N-Input in der Hoftorbilanz und muss in der Düngeplanung der Folgejahre angerechnet werden. Im Wasserschutz werden daher reine Graseinsaaten bevorzugt.

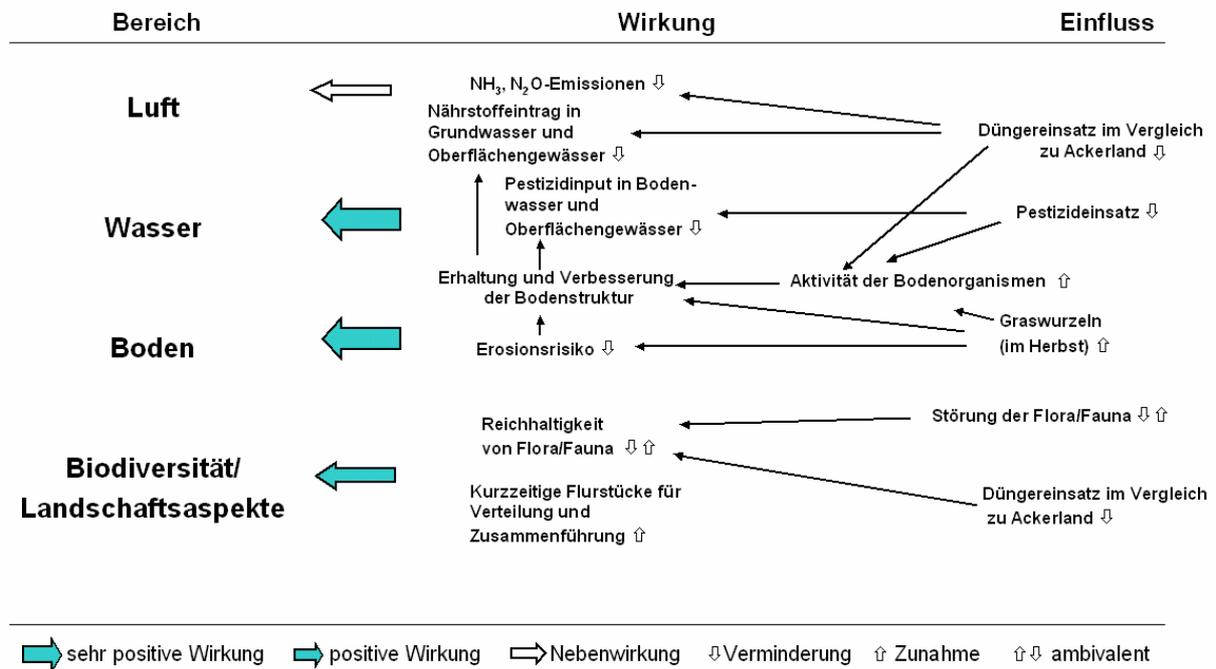
b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

Im Rahmen des Trinkwasserschutzes von niedersächsischen Wassergewinnungsgebieten wurde die AUM 'Grundwasserschonende Bewirtschaftung von gem. VO (EG) Nr. 1251/1999 stillgelegten Ackerflächen' von 2000 bis 2006 angeboten. Die Auflagen umfassten eine leguminosenfreie Begrünung, zeitliche Festlegung, begrenzte Pflegemaßnahmen und ein Verbot zum Anbau nachwachsender Rohstoffe. In Niedersachsen wurden damit 5.500 ha gefördert (Reiter et al., 2005a). Der *Beschluss der Europäischen Kommission vom 18.09.06 zur Staatlichen Beihilfe Nr. N 67/2006 – Deutschland (Niedersachsen) Trinkwasserschutz*, erlaubt weiterhin eine Förderung mit max. 150 €/ha, allerdings wird diese Maßnahme im aktuellen Programm nicht mehr angeboten. Im Rahmen von Trinkwasserkooperationen gibt es jedoch weiterhin die Möglichkeit einer Förderung von „Verdünnungsflächen“. Hier steht die Lenkung von Brache in für den Wasserschutz wichtige Bereiche im Vordergrund.

c. Ökologische Auswirkungen

Ein rasch geschlossener Pflanzenbestand verhindert größtenteils die Auswaschung des Reststickstoffs, der nach der Ernte im Boden verbleibt, daher sollte die aktive Begrünung bereits im Herbst erfolgen. Der in der Krume gespeicherte Stickstoff muss jedoch bei der Düngung der Folgekultur berücksichtigt werden, ansonsten kommt es durch einen Mineralisierungsschub bei Wiederaufnahme der Bewirtschaftung zu hohen N-Austrägen in den Folgejahren. Weitere positive Nebeneffekte sind die Unkrautunterdrückung und Nematodenbekämpfung sowie die Steigerung der Biodiversität, insbesondere bei Einsaat von Blühpflanzen und die Reduzierung des Erosionsrisikos.

Abbildung 9: Ziel-Wirkungsdiagramm - Begrünung von stillgelegten Flächen und aktivem Brachland

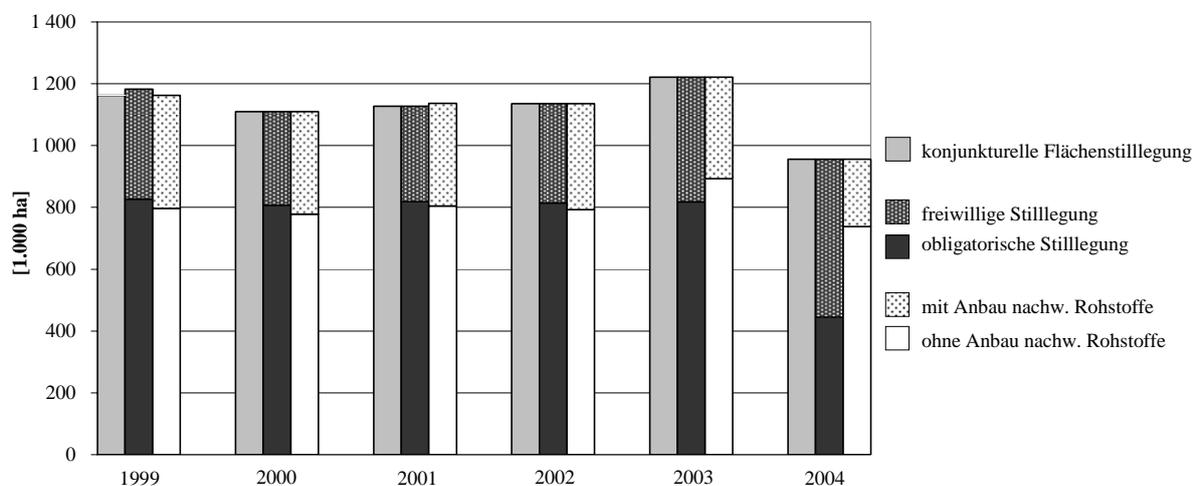


Quelle: Reiter et al., 2005a, verändert.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Das Potenzial einer aktiven Begrünung orientiert sich an der allgemeinen Stilllegungsfläche, abzüglich der Flächen mit Anbau nachwachsender Rohstoffe. Bundesweit handelt es sich hierbei um ca. 800.000 ha (vgl. Abbildung 10).

Abbildung 10: Flächenstilllegung nach Stilllegungsformen (in 1.000 ha)



Quelle: Statistisches Jahrbuch BMELV (div. Jgg.).

Die technische Umsetzung stellt, außer eventuellen Arbeitsspitzen zur Einsaatzeit, keine Probleme dar. Jedoch sind die Niederschlagsverhältnisse entscheidend für den Erfolg und die Akzeptanz der Maßnahme, da zu geringe Niederschläge die Entwicklung der Begrünung und vor allem der nachfolgenden Hauptfrucht behindern.

e. Kontrollmöglichkeiten

Bei einer Vor-Ort-Kontrolle können der geschlossene Pflanzenbestand und die Artenzusammensetzung geprüft werden.

4.3.2 Umwandlung von Ackerland in Grünland und Verzicht von Grünlandumbruch

a. Definition/kurze Beschreibung

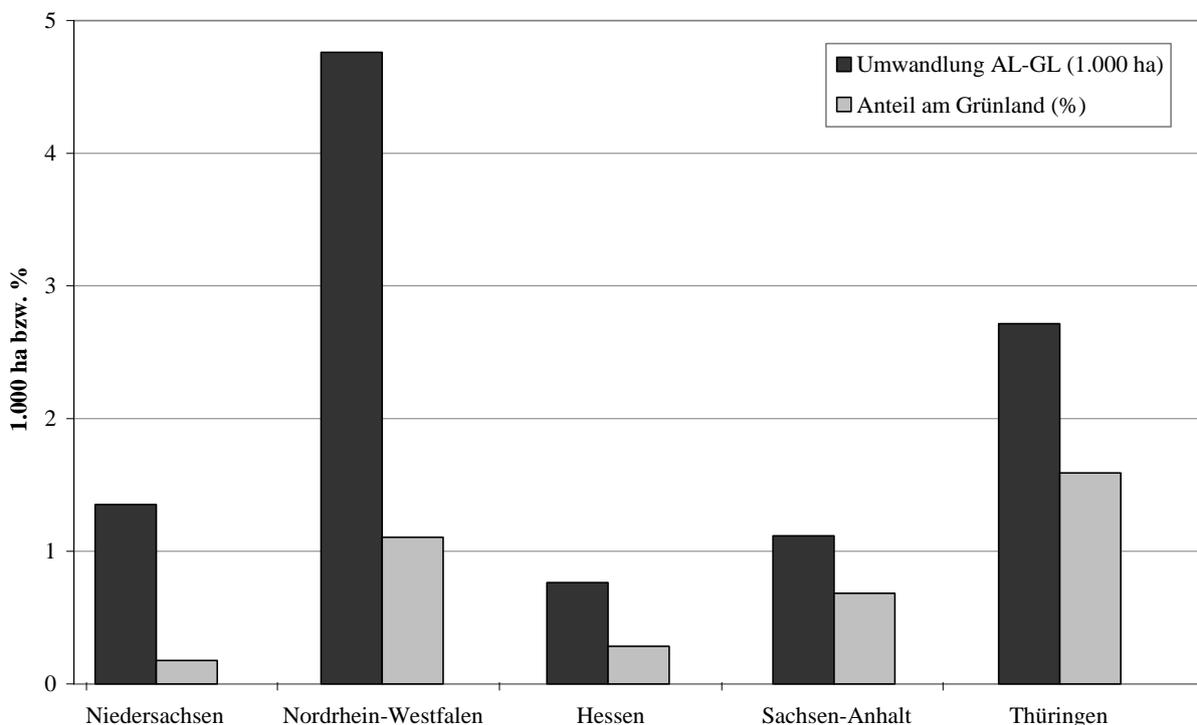
Die Höhe der Nitratauswaschung von landwirtschaftlich genutzten Flächen hängt in hohem Maße von der Nutzungsart ab. Der Einfluss der Nutzung resultiert aus Unterschieden in der Pflanzenart, der Dauer und Jahreszeit der Bodenbedeckung, der Wurzelraumtiefe sowie der Häufigkeit und Intensität der Bodenbearbeitung (Böttcher und Strebel, 1985; Scheffer und Schachtschabel, 2002; Strebel et al., 1984). Unter Grünland kommt es aufgrund der hohen Stickstoff- und Wasseraufnahme, der langen Vegetationsperiode, langer Bodenruhe ohne Bodenbearbeitung sowie auch höheren Denitrifikationsverlusten in der Regel zu deutlich niedrigeren Stickstoffauswaschungsverlusten (Dressel und Jung, 1983; Foerster, 1973; Kolenbrander, 1969). Bei Weidenutzung ist die N-Auswaschung wegen der zusätzlichen, örtlich beträchtlichen N-Zufuhr über Harn und Kot der Weidetiere größer als bei Schnittnutzung (Kolenbrander, 1981) und nimmt ab einer Düngung von 240 kg N/ha tendenziell zu (Benke, 1992). Andererseits kann durch extensive Beweidung eine Verminderung der N-Austräge erreicht werden, die das Niveau von geschnittenem Grünland erreichen (Anger et al., 2002).

Unter Dauergrünland können die im Humus gebundenen C- und N-Mengen im Mittel mehr als doppelt so hoch sein wie unter vergleichbaren Ackerflächen (Richter et al., 1988; Strebel et al., 1988). Beim Umbruch von Grünland mit anschließender Ackernutzung wird das stabile Bodengefüge, das während der langjährigen Bodenruhe entstanden ist, zerstört und es setzt verstärkt die Mineralisation von organisch gebundenem Stickstoff (u. a. auch Belüftungseffekte) ein. Der freiwerdende Stickstoff kann von den Folgefrüchten oft nicht in vollem Umfang aufgenommen werden, so dass ein hohes Risiko des Nitrataustrages besteht. Viele Untersuchungen ermittelten einen N-Austrag von ca. 100 kg N/ha nach dem Umbruch von Grünland mit Neuansaat oder anschließender Ackernutzung (Djurhuus und Olsen, 1997; Johnston et al., 1994; Scholefield et al., 1993; Shepherd et al., 2001), aber auch N-Austräge bis über 700 kg N/ha im ersten Jahr wurden festgestellt (Lloyd, A, 1992).

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

Die Umwandlung von Ackerland in Grünland (Abbildung 11) wurde 2003 in Hessen auf 764 ha gefördert, in Thüringen 2002 auf 2.716 ha, 2004 in Niedersachsen auf 1.353 ha, in Nordrhein-Westfalen auf 4.761 ha und in Sachsen-Anhalt auf 1.117 ha (jeweils 2004), das entspricht einem Anteil am gesamten Grünland von 0,2 (Niedersachsen) bis 1,6 % (Thüringen).

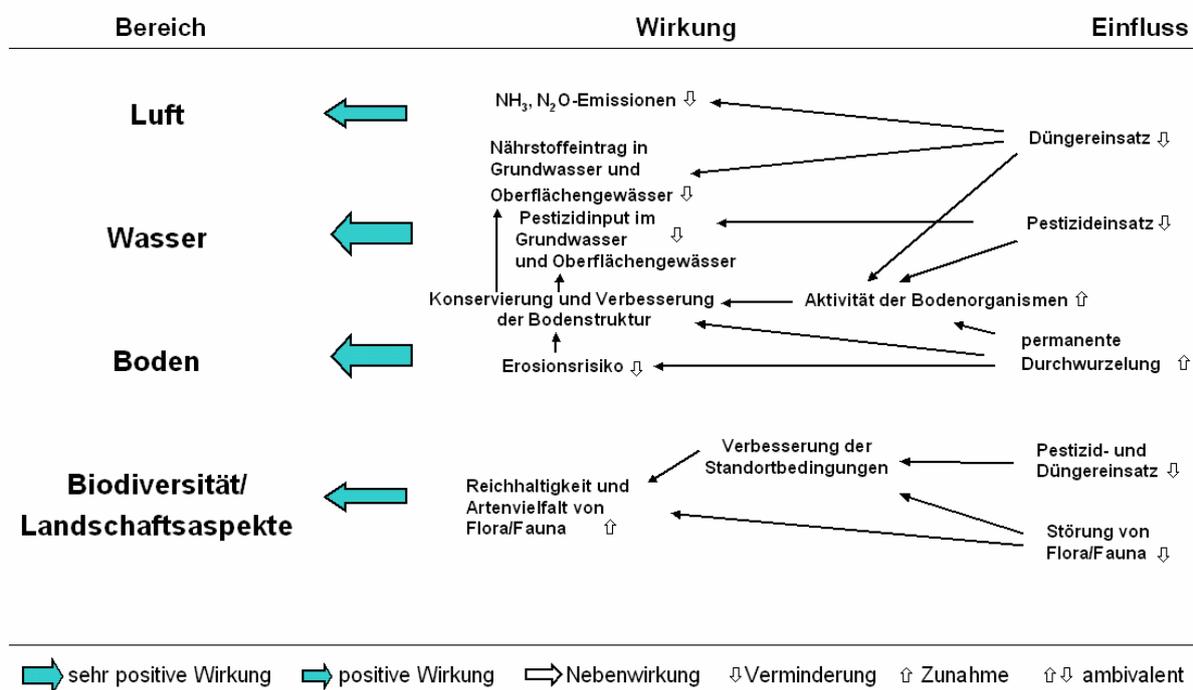
Abbildung 11: Umwandlung von Ackerland in Grünland 2004 (Hessen: 2003, Thüringen: 2002) (in 1.000 ha), sowie der Anteil am gesamten Grünland (%) (Basis: 2004)



Quelle: Deimer et al., 2005; Hochberg et al., 2003; Reiter et al., 2005c; Reiter et al., 2005b; Reiter et al., 2005a.

c. Ökologische Auswirkungen

Die Umwandlung von Ackerland in Grünland führt durch die ganzjährige Bodenbedeckung und die fehlende Bodenbearbeitung zu einer verminderten Mineralisation und zu einem geringeren Gehalt an mineralischem Stickstoff im Boden. Die N_{\min} -Werte im Herbst können um 20 bis 80 kg N/ha, der Nitrataustrag um 10 bis 60 kg N/ha vermindert werden (Diepolder et al., 2006; Rieß, 1993).

Abbildung 12: Ziel-Wirkungsdiagramm - Umwandlung von Ackerland in Grünland

Quelle: Reiter et al., 2005a, verändert.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

In intensiven Ackerbauregionen ohne Tierhaltung und in Veredelungsbetrieben ist die Umwandlung von Ackerland in Grünland nicht sinnvoll, da das anfallende Futter nicht verwertet werden kann. In Futterbaubetrieben besteht eher die Möglichkeit, anfallendes Grundfutter zu nutzen, allerdings ist eine Umwandlung von Ackerland in Grünland nur in begrenztem Umfang möglich. Aufgrund der flexibleren Nutzung von Ackerland (Anbau von Marktfrüchten oder auch Ackerfutterbau) ist die Akzeptanz der Umwandlung von Acker- in Grünland wenig ausgeprägt.

Auch der Verzicht auf Grünlandumbruch ist in reinen Ackerbau- oder Veredelungsbetrieben oder bei Aufgabe der Rinderhaltung nicht sehr attraktiv, da die Nutzungsmöglichkeiten des Grünlandes fehlen.

e. Kontrollmöglichkeiten

Die Durchführung der Umwandlung in Grünland und die Beibehaltung von Grünland kann aus den Flächenanträgen entnommen und mit Vor-Ort-Kontrollen abgeglichen werden.

4.3.3 Grünlandextensivierung

a. Definition/kurze Beschreibung

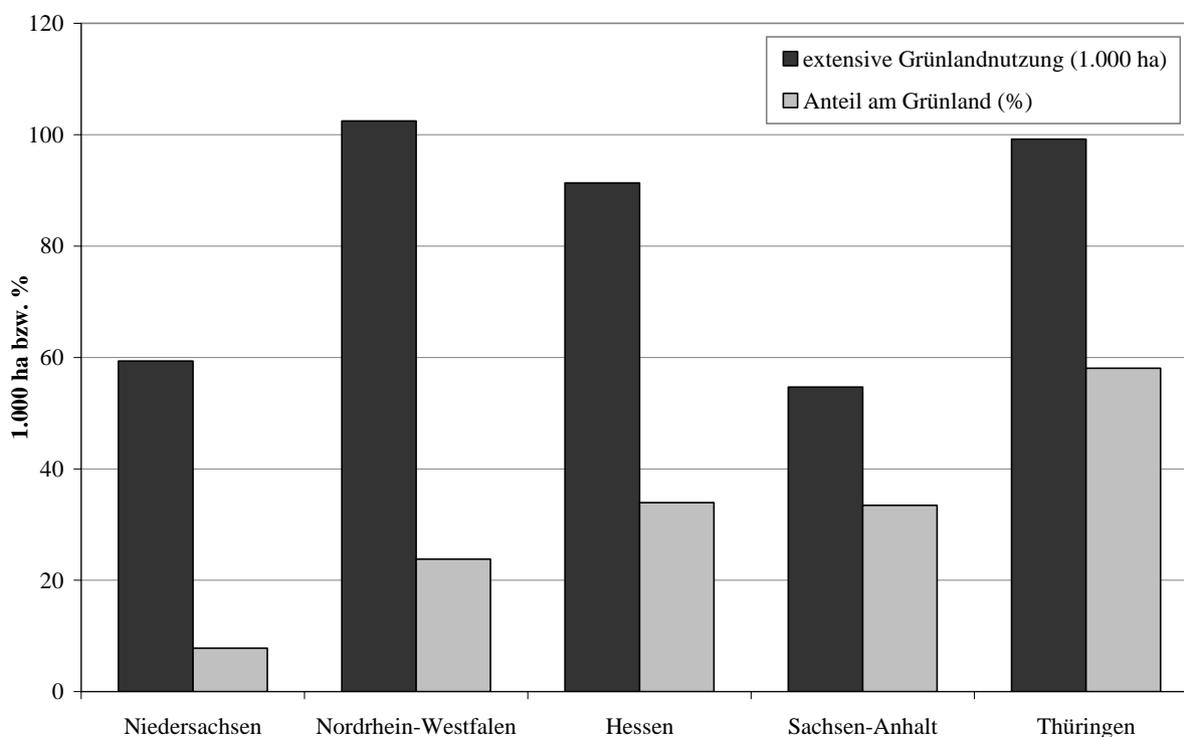
Unter Grünland mit Schnittnutzung sind die N-Austräge unabhängig von den Düngemengen aufgrund der hohen N-Erträge meist recht gering (Benke, 1992). Bei Weidenutzung wird ein Großteil des aufgenommenen Stickstoffs von den Weidetieren wieder ausgeschieden, bei Milchkühen sind es 70 bis 80 %, bei Nachzucht- und Mastrindern sind es bis zu 95 % des aufgenommenen Stickstoffs (Ball und Ryden, 1984). Dabei kommt es zu einer starken räumlichen Konzentration des Stickstoffs auf Kot- und in erster Linie auf Harneintragsstellen. Eine Reduzierung der Viehbesatzdichte und der N-Düngungsintensität bei Beweidung kann aus diesen Gründen zu einer Verminderung der N-Austräge beitragen (Anger et al., 2002; Büchter, 2003).

Grünlandextensivierung umfasst eine Reihe von Einzelmaßnahmen, die in unterschiedlicher Kombination und unterschiedlichem Umfang (Einzelflächen bzw. gesamtes Grünland) auf den einzelnen Betrieben realisiert werden. Änderungen in der Bewirtschaftung betreffen: Reduzierung oder Weglassen mineralischer Düngung, Verändern von Nutzungsart, -häufigkeit und erstem Nutzungszeitpunkt (v. a. beim ersten Aufwuchs), Reduzierung der Besatzdichte/Beweidungsdauer, veränderte Pflege (Verminderung der Narbenverbesserung, -erneuerung), z. T. Änderungen im Wasserhaushalt. Grenzen der Grünlandextensivierung setzt die „noch“ Verwertbarkeit des Aufwuchses.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

Der Umfang der im Rahmen der Agrarumweltprogramme geförderten extensiven Grünlandnutzung (Gesamtbetrieb) betrug 2004 in Niedersachsen 59.351 ha, in Nordrhein-Westfalen 102.467 ha, in Hessen 91.354 ha, in Sachsen-Anhalt 54.672 ha und 2002 in Thüringen 99.206 ha, das entspricht einem Anteil von 8 % am gesamten Grünland in Niedersachsen bis zu 58 % in Thüringen. Daneben wird die Extensivierung von Einzelflächen gefördert, hierbei steht aber die Biodiversität im Vordergrund.

Abbildung 13: Fläche der extensiven Grünlandnutzung (in 1.000 ha) und Anteil (%) der im Rahmen der Agrarumweltprogramme geförderten extensiven Grünlandnutzung am gesamten Grünland (2004) (Thüringen: 2002)



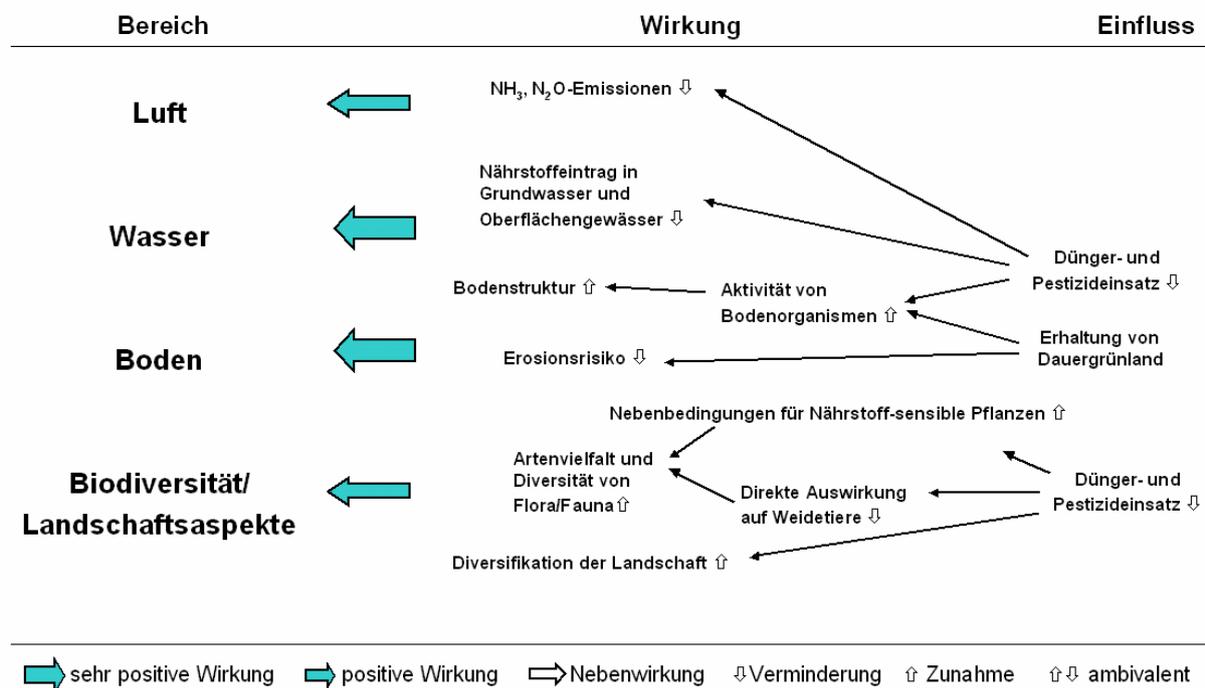
Quelle: Deimer et al., 2005; Hochberg et al., 2003; Reiter et al., 2005c; Reiter et al., 2005b; Reiter et al., 2005a.

c. Ökologische Auswirkungen

Die ökologischen Wirkungen sind stark von der Dauer der Extensivierung und dem Extensivierungsgrad abhängig. In Abhängigkeit von der Nutzungsintensität des Grünlandes vor der Extensivierung kann diese zu einer deutlichen Minderung des N-Saldos um zum Teil über 200 kg N/ha führen (Dyckmans und Weissbach, 1997; Ernst, 1995; Hoppe, 1995; Klempt, 1997; Pfeffer et al., 1995). Ein gänzlicher Verzicht auf mineralische Düngung des Grünlands, wie in NRW gefordert, führt zu einer besonders deutlichen Reduzierung des N-Saldos. Anger (1997) untersuchte konventionell und extensiv wirtschaftende Betriebe in drei unterschiedlichen Mittelgebirgsregionen Nordrhein-Westfalens und ermittelte einen um 90 kg/ha geringeren N-Saldo bei Extensivbetrieben gegenüber der konventionellen Vergleichsgruppe.

Außerdem führt die Extensivierung von Grünland zu Sicherung und Entwicklung von Pflanzen- und Tierarten mit den dazugehörigen Lebensgemeinschaften sowie zum Schutz und zur Entwicklung der landwirtschaftlichen Eigenart und Schönheit des Landschaftsbildes durch traditionelle Nutzungsweise.

Abbildung 14: Ziel-Wirkungsdiagramm - Extensive Grünlandnutzung



Quelle: Reiter et al., 2005a, verändert.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Bei der Extensivierung von Grünland ist es aufgrund der dann abnehmenden Erträge wichtig, den Futterbedarf der Tiere anderweitig sicherzustellen. Entweder müssen bei gleich bleibenden Tierzahlen Flächen dazugepachtet oder Futter zugekauft werden, oder es muss eine Anpassung über den Rückgang der Tierzahlen erfolgen. In jedem Fall ist die Umsetzung der gesamtbetrieblichen Extensivierung mit weit reichenden Veränderungen verbunden. Dementsprechend hängt die Akzeptanz der extensiven Grünlandnutzung in starkem Maße von der Intensität der Produktion an den verschiedenen Standorten ab. Zum Beispiel wird ein großer Teil des Grünlandes in Thüringen und Hessen extensiv bewirtschaftet, da die Standorte aufgrund der Bodeneigenschaften oder der Hanglage in vielen Fällen keine intensive Nutzung erlauben. Hingegen werden große Teile des Grünlandes in Niedersachsen intensiv für die Milchviehhaltung genutzt, eine Extensivierung würde hier starke Veränderungen in der Agrarstruktur erfordern.

e. Kontrollmöglichkeiten

Die durchschnittliche Viehbesatzdichte lässt sich einfach über die Viehbestände und die Betriebsfläche bzw. Grünlandfläche ermitteln. Eine Kontrolle für jede einzelne Grünlandfläche lässt sich jedoch schwieriger durchführen, da sich die Viehbesatzdichten durch Weideumtriebe jederzeit verändern lassen und auch nicht kontrolliert werden kann, welche

Düngermenge auf jede Fläche verbraucht wurde. Zeigerpflanzen geben Hinweise auf die Nutzungs- und Düngungsintensität.

4.3.4 Zeitpunkt der Bodenbearbeitung

a. Definition/kurze Beschreibung

Bodenbearbeitung führt infolge Durchmischung und Durchlüftung des Bodens zu einer verstärkten Mineralisation des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden und aus Ernterückständen. Soll nach der Ernte einer Hauptfrucht eine Sommerung folgen, so würde bei einer Bodenbearbeitung im Herbst ein Großteil des mineralisierten Stickstoffs durch fehlendes Pflanzenwachstum vom Herbst bis zum Frühjahr nicht genutzt werden können und wäre potenziell auswaschungsgefährdet. Eine Verschiebung der Bodenbearbeitung ins Frühjahr hemmt den Mineralisationsschub und trägt so zu einer Reduzierung der N-Austräge bei. Die Bodenbearbeitung im Frühjahr sollte frühestens ab dem 1. Februar, bei Mais als Nachfrucht ab dem 15. März durchgeführt werden. Eine einmalige flache Bodenbearbeitung direkt nach der Ernte von Getreide oder Raps ist zulässig, um zügiges Auflaufen von Ausfallgetreide zu fördern.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

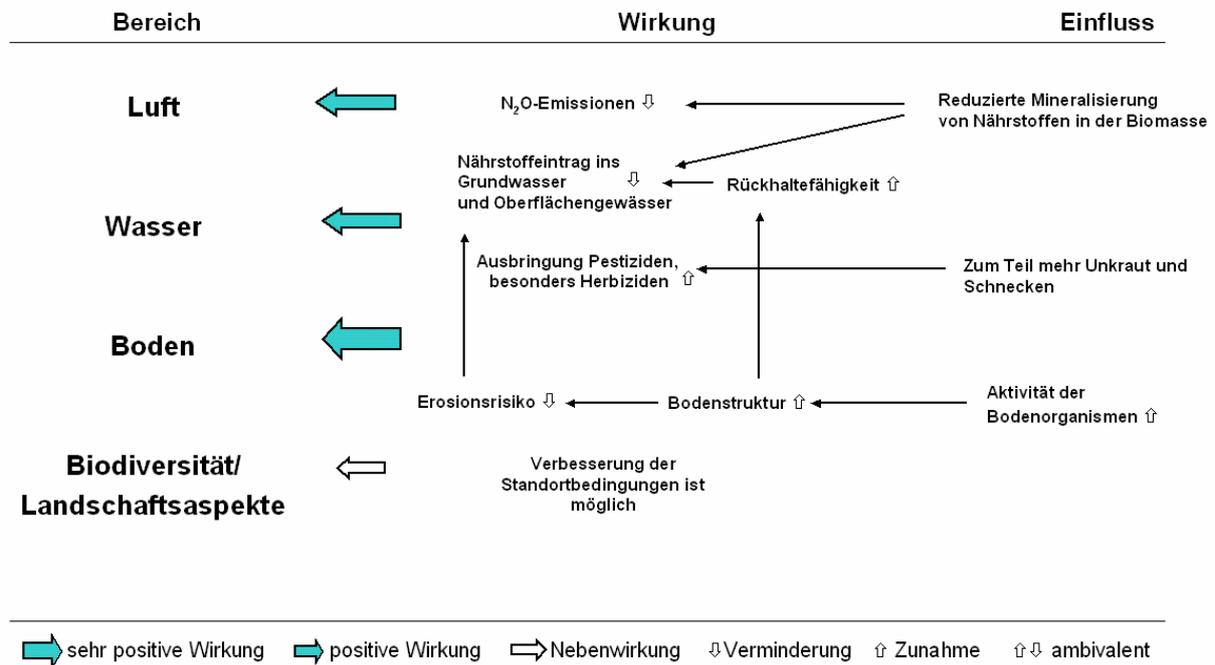
Die Verschiebung des Zeitpunktes der Bodenbearbeitung wurde bis jetzt im Rahmen der Agrarumweltprogramme noch nicht angeboten. Als ergänzende Auflage wird in einzelnen Maßnahmen der früheste Umbruchtermin definiert, z. B. bei der Anlage von Blühstreifen oder bei der Begrünung von Stilllegungsflächen.

c. Ökologische Auswirkungen

Durch die Verschiebung der Bodenbearbeitung vom Herbst ins Frühjahr kann eine Verminderung der N-Austräge um bis zu 20 kg N/ha erreicht werden (Garwood et al., 1999; Hansen und Djurhuus, 1997).

Durch die nicht zerstörten Grobporen und die verbleibenden Ernterückstände auf der Bodenoberfläche wird zudem die Infiltrationsleistung des Bodens erhöht und das Erosionsrisiko vermindert.

Abbildung 15: Ziel-Wirkungsdiagramm - Zeitpunkt der Bodenbearbeitung, konservierende Bearbeitung im Herbst



Quelle: Reiter et al., 2005a, verändert.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Grundsätzlich wäre eine Verschiebung der Bodenbearbeitung vom Herbst auf das Frühjahr auf allen Flächen möglich, auf denen im Folgejahr eine Sommerung angebaut wird. Bei schwereren Böden und nassen Standorten kann eine Bodenbearbeitung im Frühjahr problematisch sein, da nicht immer eine ausreichende Befahrbarkeit des Bodens gewährleistet ist. Zudem wird auf sehr schweren Standorten gezielt die Frostgare über Winter ausgenutzt, um im Frühjahr ein feinkrümeliges Saatbett herstellen zu können.

Das Unterlassen der intensiven Bodenbearbeitung im Herbst und somit das Belassen der Ernterückstände auf dem Acker über Herbst und Winter kann zu einem vermehrten Auftreten von Unkräutern und Schnecken führen, insbesondere in Kombination mit der Mulchsaat, wodurch die Akzeptanz seitens der Landwirte begrenzt ist.

e. Kontrollmöglichkeiten

Eine Kontrolle ist nur direkt durch die Überprüfung auf dem Feld möglich, daneben können Betriebsaufzeichnungen eingesehen werden.

4.4 Maßnahmen zur Verminderung des Oberflächenabflusses, mit Einfluss auf direkte Eintragspfade in Oberflächengewässer

Zu den Maßnahmen, die vorrangig auf den Oberflächenabfluss wirken, gehören die Erosionsschutzmaßnahmen, wie konservierende Bodenbearbeitung in Form von Mulch- und Direktsaat bzw. –pflanzverfahren, die Anlage von Ackerrand- und Grünstreifen sowie die Bewirtschaftung quer zum Hang, z. T. in Kombination mit Schlagteilungen. Ackerrand- und Grünstreifen haben den gleichen Wirkungsmechanismus wie Uferrandstreifen und werden daher nicht gesondert betrachtet. Schlagteilungen haben nur eine positive Wirkung, wenn die Teilflächen unterschiedlich bewirtschaftet werden. Ihre Wasserschutzwirkung ist somit abhängig von einer Änderung der Fruchtfolge. Die Kosten einer Bewirtschaftung quer zum Hang sowie die Schlagteilung sind stark abhängig von Schlaggröße und –form. Auch ihre Wirksamkeit ist abhängig von Hangneigung und Schlaglänge (vgl. auch Krimly, 2006).

4.4.1 Konservierende Bodenbearbeitung

a. Definition/kurze Beschreibung

Der Begriff konservierende Bodenbearbeitung wurde aus dem Amerikanischen übersetzt (conservation tillage). Hiermit werden Bodenbearbeitungsverfahren beschrieben, die im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitung Boden- und Wasserverluste vermindern (Sommer et al., 1981). Hierzu zählen umbruchlose Grünlanderneuerung, Mulch-, Direktsaat und Mulchpflanzverfahren.

Grundsätzlich wird die konservierende Bodenbearbeitung durch zwei Aspekte gekennzeichnet. Zum einen soll die übliche Intensität der Bodenbearbeitung (Art, Tiefe und Häufigkeit des mechanischen Eingriffs) vermindert werden, mit dem Ziel, durch die längere Bodenruhe ein stabiles, tragfähiges Bodengefüge zum Schutz gegen Verdichtungen durch nachfolgendes Befahren zu erreichen. Zum zweiten sollen Pflanzenrückstände der Vor- bzw. Zwischenfrüchte nahe oder auf der Bodenoberfläche belassen werden, mit dem Ziel, eine möglichst ganzjährige Bodenbedeckung über einem intakten Bodengefüge als vorbeugenden Schutz vor Erosion und Verschlammung zu erreichen (Sommer et al., 1995).

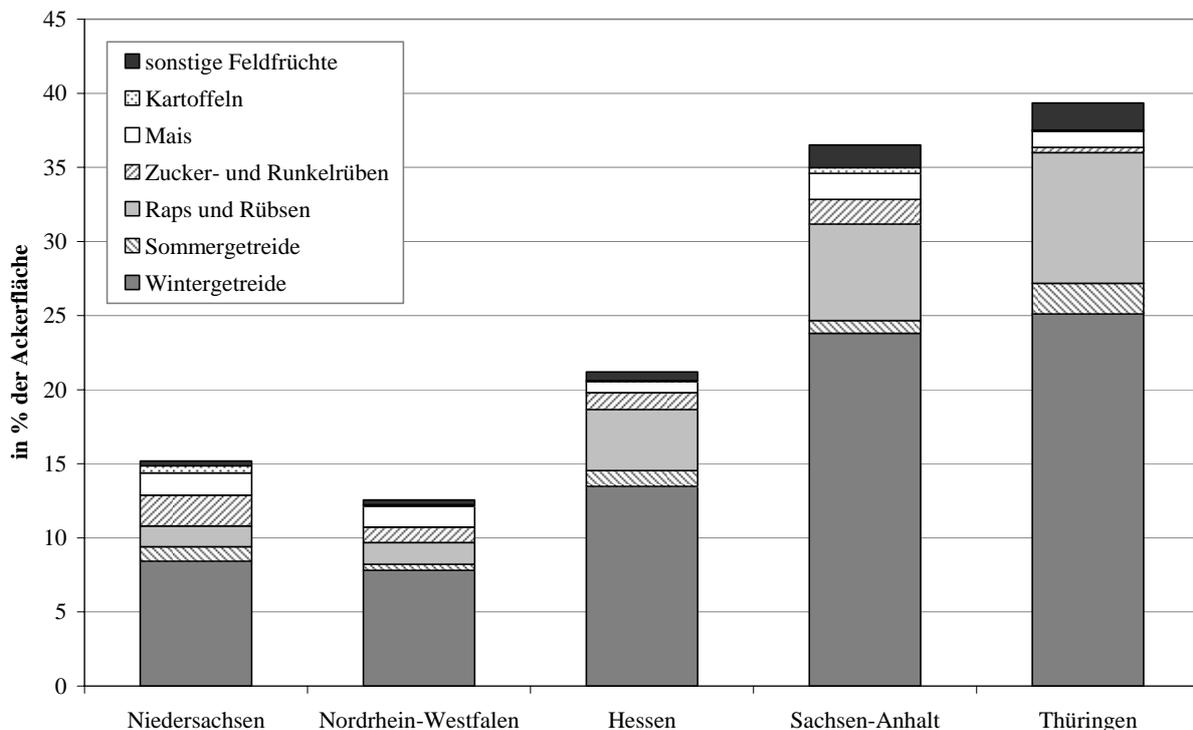
Zwei Varianten der Mulchsaat werden unterschieden: Bei der Mulchsaat mit Saatbettbereitung werden die Pflanzenrückstände vor oder während der Bestellung flach eingearbeitet, wohingegen bei der Mulchsaat ohne Saatbettbereitung die Hauptfrucht ohne jegliche Bearbeitung in die Zwischenfrucht bzw. –stoppel gesät wird, zu der in der Regel eine Grundbodenbearbeitung durchgeführt wurde (Sommer et al., 1995).

Die Direktsaat hingegen wird als ein Bestellverfahren ohne jegliche Bodenbearbeitung seit der vorangegangenen Ernte definiert. Mit Zinkensächaren oder Scheibenmaschinen werden Säschnitte geöffnet, in die das Saatgut abgelegt wird (Sommer et al., 1995).

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

Im Anbaujahr 2003/04 betrug der Flächenumfang der zur Hauptfrucht nicht gepflügten Ackerfläche bzw. der Anteil der nicht gepflügten Fläche an der gesamten Ackerfläche in Niedersachsen 280.264 ha (15,2 %), in Nordrhein-Westfalen 135.511 ha (12,6 %), in Hessen 101.243 ha (21,2 %), in Sachsen-Anhalt 365.449 ha (36,5 %) und in Thüringen 242.242 ha (39,3 %) (Abbildung 16).

Abbildung 16: Anteil der im Anbaujahr 2003/04 zur Hauptfrucht nicht gepflügte Fläche von der gesamten Ackerfläche (%)



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2005.

c. Ökologische Auswirkungen

Im Vergleich zum Pflugeinsatz wird bei der Mulchsaat durch die fehlende starke Durchmischung und Belüftung des Bodens die Mineralisation gehemmt. Die geringeren Herbst- N_{\min} -Werte und die im Winterhalbjahr verminderte Mineralisation tragen dazu bei, dass die N-Austräge um bis zu 25 kg/ha vermindert werden können (Goss et al., 1993; Hansen und Djurhuus, 1997; Zhao, 1993). Auch die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2002) wies in Feldversuchen der Jahre 2000 und 2001 die positive Wirkung konservie-

render Bodenbearbeitung nach, wobei allerdings die absoluten Werte wesentlich geringer waren. Dies bedeutet, dass das Minderungspotenzial sehr stark von der Witterung abhängt.

Bei Direktsaat kann es im Sommerhalbjahr bei intensiven Niederschlägen zu einer schnellen Versickerung des Wassers durch Makroporen (bypass-flow) kommen (Beisecker, 1994). Wenn kurz vor diesem Ereignis eine Düngung erfolgt, kann eine große Menge an Nährstoffen, sowohl N als auch P, in tiefere Bodenschichten versickern, ohne dass eine Nutzung durch die Pflanzen möglich wäre.

Neben der Verminderung der N-Auswaschung durch reduzierte Bodenbearbeitung trägt diese auch zum Erosionsschutz bei. Durch Direktsaat können der Sedimentverlust sowie der N-Austrag um 80 bis 100 % vermindert werden (Lütke Entrup et al., 2002; Rosner und Klik, 2001; Wegener, 2001; Wolfgarten et al., 1987).

Die Landwirtschaftskammer Hannover (ehem. Weser-Ems) weist auf einen erhöhten Düngbedarf bei Mulch- und Direktsaatverfahren von ca. 20 – 40 kg/ha hin und führt dies auf eine geringere Mineralisationsrate zurück (LWK Weser-Ems, 2005).

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Da die konservierende Bodenbearbeitung grundsätzlich auf allen Böden möglich ist, ist das Potenzial sehr groß. Weniger geeignet sind allerdings staunässebeeinflusste Böden und Böden in schlechtem Strukturzustand, z. B. durch Bodenverdichtungen.

Für die Mulch- oder Direktsaat ist die Anschaffung geeigneter Maschinen für die Bodenbearbeitung und Aussaat notwendig. Eine Möglichkeit wäre die überbetriebliche Nutzung dieser Maschinen, bei ausreichender Flächenausstattung lohnt sich die Anschaffung nach kurzer Zeit. Durch die reduzierte Zahl der Bearbeitungsgänge und die deutlich erhöhte Hektarleistung der Bodenbearbeitungs- und Sämaschinen ist es möglich, gegenüber der konventionellen Pflugtechnologie 30-50 % der Kosten einzusparen.

Grundsätzlich scheint die Akzeptanz für Erosionsschutzmaßnahmen bei den Landwirten nicht besonders ausgeprägt zu sein, da Bodenverluste und Offsiteschäden (z. B. Gewässer-eutrophierung) mikroökonomisch kaum bewertbar sind und daher der direkte Anreiz zur Umsetzung fehlt (KTBL, 1998).

e. Kontrollmöglichkeiten

Beim Einsatz überbetrieblicher Technik z. B. von Direktsaatmaschinen lässt sich dies über Belege von Lohnunternehmern bzw. Maschinenringen dokumentieren. Bei Eigenmechanisierung gilt das Vorhandensein der Technik als Nachweis. Auch eine Kontrolle auf dem Feld ist möglich.

4.4.2 Uferrandstreifen

a. Definition/kurze Beschreibung

Als Uferrandstreifen werden die Randbereiche entlang von Oberflächengewässern bezeichnet, die keiner landwirtschaftlichen Nutzung mehr unterliegen. Ziel ist es, einen naturnahen Gewässerrand wiederherzustellen und den Nährstoffeintrag und damit auch die Nährstoffbelastung des Oberflächenwassers zu vermindern. Die Pflegemaßnahmen werden, auch zur Förderung des Hochwasserschutzes, auf ein Minimum begrenzt. Die Randstreifen begleiten entweder künstliche Gewässer wie Gräben und Kanäle oder natürliche Fließ- und Stillgewässer. Es handelt sich dabei um Flächen in einer Breite von rund 10 bis 25 m, z. T. bis 50 m, die eine geschlossene Vegetationsdecke aufweisen. Einige Uferrandstreifen sind mit Baumbewuchs bestanden. Um ihren ökologischen Zweck zu erfüllen, ist es erforderlich, Randstreifen möglichst langfristig nicht mehr zu bewirtschaften.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

Bereits seit Jahren bietet NRW im Rahmen seines Agrarumweltprogramms die Förderung von Uferrandstreifen entlang ausgewählter Gewässer an. In Niedersachsen erfolgt die Anlage von dauerhaften Uferrandstreifen häufig in Verbindung mit Baumaßnahmen als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme, z. B. werden auch im Rahmen von Flurbereinigungsverfahren Uferrandstreifen angelegt.

c. Ökologische Auswirkungen

Uferrandstreifen dienen dem Gewässerschutz und erfüllen vielfältige Funktionen: Sie sind Puffer gegen Nährstoffeinträge (insbesondere gegen Direktapplikation und Abdrift), dienen als Schutzstreifen gegen Uferschäden z. B. durch Viehtritt, erhöhen die Selbstreinigungskraft und Güte der Gewässer, sind wichtige Elemente der Biotopvernetzung und Lebensraum für Tiere und Pflanzen, bieten Deckungs- und Rückzugsraum für Wild und tragen außerdem zur Bereicherung des Landschaftsbildes bei. Die ökologische Wirksamkeit von Uferrandstreifen ist sowohl von deren Breite und deren Länge abhängig. Nur durchgängige, zumindest bedeutende Gewässerabschnitte begleitende Gewässerrandstreifen können sowohl ihre Funktion im Gewässerschutz als auch als lineare Verbindungselemente und Lebensräume für Flora und Fauna zufrieden stellend erfüllen. Jede Unterbrechung stört die Wirksamkeit erheblich, zumal die Uferrandstreifen nicht gleichmäßig durchströmt werden, sondern sich der Durchfluss auf einzelne Bereiche konzentriert. Daneben beeinflusst die konkrete räumliche Situation (Relief, Lage in Überschwemmungsgebiet, angrenzende Nutzung) die ökologische Wirksamkeit von Uferrandstreifen. Um eine Nährstoffakkumulation entlang der Gewässer zu vermeiden, bietet es sich an, zuvor ackerbaulich genutzte Flächen als Grünland einzusäen und einmal jährlich zu mähen sowie das Mahdgut abzufahren.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Nur rund 3 % der Fließgewässer in Niedersachsen befinden sich nach einer Abschätzung des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie (heute NLWKN) noch in einem naturnahen Zustand. Entsprechend hoch ist das Potenzial für die Anlage von Uferrandstreifen, selbst wenn diese aufgrund von Verbauung oder Verrohrung nicht immer mit vegetationsbestandenen Randstreifen versehen werden können. Da Uferrandstreifen möglichst langfristig oder gänzlich aus der landwirtschaftlichen Nutzung herausgenommen werden sollen, ist die Akzeptanz beschränkt. Vor allem ertragsreiche Ackerflächen werden nur ungern langfristig aus der Produktion genommen. In Niedersachsen wurde als NAU-Maßnahme die Anlage von Blühstreifen angeboten, diese können prinzipiell auch entlang von Gewässern angelegt werden, sind aber mit vorgegebenen Blühmischungen zu versehen. Entsprechend handelt es sich hierbei nicht um Uferrandstreifen im eigentlichen Sinn.

e. Kontrollmöglichkeiten

Die Anlage von Uferrandstreifen sowie die Produktionsaufgabe auf definierten Flächen entlang von Gewässern ist leicht zu kontrollieren. Bei bestimmten Auflagen wie Verbot des Befahrens, Verbot der Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln ist eine Sichtkontrolle ebenfalls möglich, z. T. jedoch nur in zeitlicher Nähe zur Handlung.

4.5 Produktionssysteme mit positiver Wirkung auf die Wasserqualität

4.5.1 Ökologischer Landbau

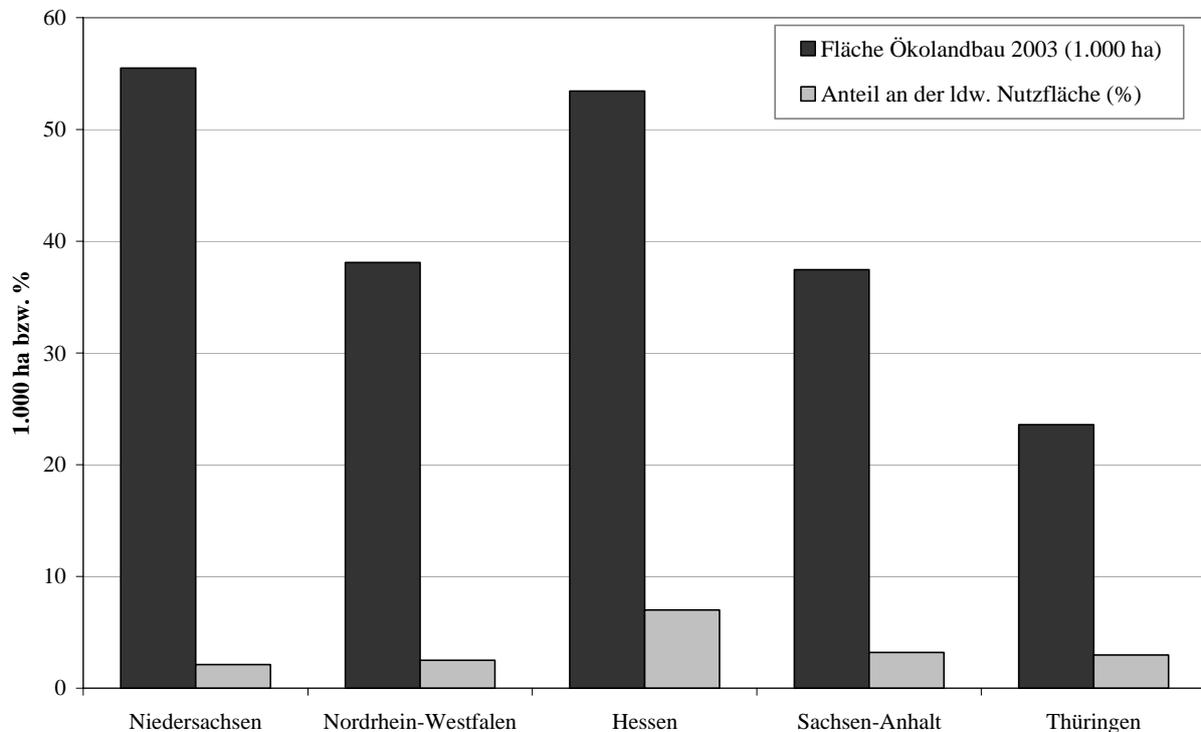
a. Definition/kurze Beschreibung

Die ökologischen Anbauverfahren müssen der VO (EWG) Nr. 2092/91 des Rates vom 24. Juni 1991 über den Ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel sowie des dazugehörigen EU-Folge-rechts entsprechen. Die Mindestlaufzeit beträgt in der Regel fünf Jahre.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

Im Jahr 2003 betrug der Anteil der ökologisch bewirtschafteten Flächen an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche in Niedersachsen 2,1 %, in Nordrhein-Westfalen 2,5 %, in Hessen 7,0 %, in Sachsen-Anhalt 3,2 % und in Thüringen 3,0 % (Abbildung 17).

Abbildung 17: Umfang des Ökologischen Landbaus (1.000 ha) bzw. Anteil der ökologisch bewirtschafteten Fläche an der landwirtschaftlichen Nutzfläche (%) 2003



Quelle: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2002.

c. Ökologische Auswirkungen

Die Umstellung auf ökologische Wirtschaftsweise wird als mögliche Maßnahme gesehen, um negative Umweltwirkungen der Landwirtschaft zu vermindern (Berg et al., 1997; Frede und Dabbert, 1998; Haas, 2001; Köpke, 2002). Bezüglich der Wasserqualität betrifft dies die Austräge von Pflanzenschutzmitteln sowie N- und P-Austräge (Hansen et al., 2001). Die Verringerung der Nitrat austräge ist in erster Linie auf die geringere Besatzdichte, den verminderten N-Input und den häufigeren Anbau von Zwischenfrüchten über Herbst und Winter zurückzuführen (Hansen et al., 2001). So ist eine deutliche Minderung des N-Saldos sowie der N_{\min} -Werte im Herbst und der N-Austräge möglich (Berg et al., 1999; Dalgaard et al., 1998; Kurzer und Suntheim, 1999; Neve et al., 2003; Peters et al., 1990; Hege und Weigelt, 1991).

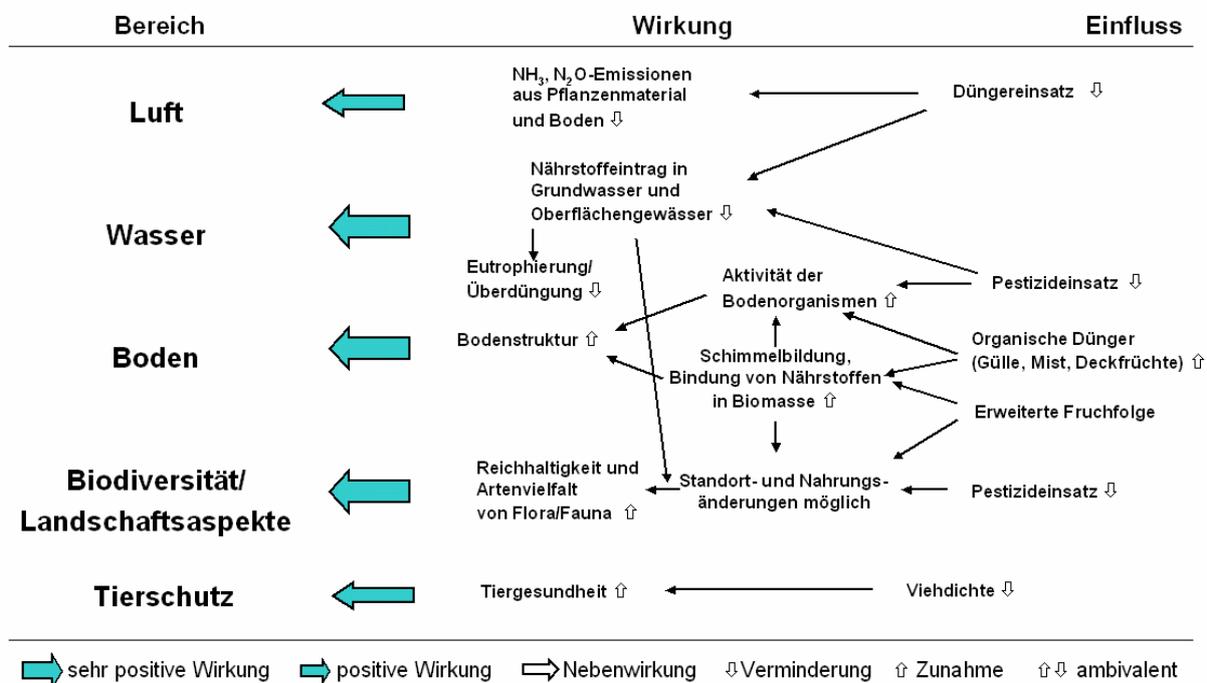
Eine Modellrechnung zur Umstellung auf Ökologischen Landbau ermittelte für Deutschland (Rheinland) ein Minderungspotential von durchschnittlich 100 kg N/ha auf ein Hof-torsaldo von durchschnittlich 21 kg N/ha. Die N-Effizienz stieg von 42-49 % auf 62-71 %, die Nitratrestmengen und somit das Nitrat austragspotential wurden um 55 % vermindert (Haas et al., 1998). Die Untersuchungen von Kern et al. (2006) auf ökologisch bewirt-

schafteten Flächen weisen darauf hin, dass die N-Auswaschung auf leichten Standorten sehr stark von den Niederschlagsverhältnissen abhängt. So wurde in dem extrem trockenen Jahr 2003 (< 300 mm) ein Austrag von 12 kg N/ha und ein Jahr später mit über 600 mm Niederschlag von 29 kg N/ha gemessen.

Außer der Bedeutung des Ökologischen Landbaus für die Gewässerqualität sind noch weitere positive Einflüsse auf die Umwelt von Bedeutung. So haben Versuche gezeigt, dass sich langjährige ökologische Bewirtschaftung positiv auf zahlreiche bodenmikrobiologische Parameter auswirkt. So ist der Gehalt an Biomasse im Boden höher als bei konventioneller Bewirtschaftung, Artenvielfalt und Dichte von Laufkäfern und Regenwürmern ist größer. Durch den geringeren Viehbesatz im Ökologischen Landbau sind die Ammoniakemissionen deutlich niedriger, vor allem im Vergleich zu Veredelungsbetrieben. Es sind flächen- und produktbezogene Einsparungen an Energie sowie Verminderungen von Kohlendioxidemissionen von bis zu 60 % möglich (Köpke und Haas, 1997).

Bezüglich des biotischen Ressourcenschutzes trägt der Ökologische Landbau zum Erhalt der biologischen Vielfalt bei. Auf Ackerland werden 1,2 bis 6 mal höhere Artenzahlen in ökologisch bewirtschafteten Äckern gefunden, Dauergrünland erhält bis zu 25 % höhere Artenzahlen (Köpke und Haas, 1997).

Abbildung 18: Ziel-Wirkungsdiagramm - Ökologischer Landbau



Quelle: Reiter et al., 2005a, verändert.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Die Einführung des Ökologischen Landbaus hängt in starkem Umfang von den Vermarktungsmöglichkeiten ab. Die niedrigeren Erträge müssen durch die Erzielung höherer Verkaufserlöse ausgeglichen werden.

Die Produktion nach den Richtlinien des Ökologischen Landbaus hat meist weit reichende Konsequenzen für die Betriebsstruktur, da in den meisten Fällen der gesamte Betrieb umgestellt werden muss. Oft ist es notwendig, im Bereich der Tierhaltung umfangreiche Umbauten vorzunehmen, da die Anforderungen in diesem Bereich, z. B. für den Platzbedarf im Stall oder das Angebot von Auslaufflächen, deutlich von den konventionellen Bedingungen abweichen. Die Umstellung muss darüber hinaus für mindestens fünf Jahre erfolgen.

e. Kontrollmöglichkeiten

Die Kontrolle erfolgt problemlos über die Einhaltung der VO (EWG) Nr. 2092/91.

4.5.2 Teilflächenspezifische Düngung bei Precision Farming

a. Definition/kurze Beschreibung

Precision Farming, zu deutsch "präziser Ackerbau", ist ein integriertes informations- und produktionsbasiertes Managementsystem. Ziel ist es, pflanzenbauliche Maßnahmen zur richtigen Zeit am richtigen Ort durchzuführen, hierdurch die Produktivität, Profitabilität und Effizienz zu erhöhen und gleichzeitig unerwünschte Effekte auf die natürlichen Ressourcen zu minimieren. Dabei dienen die Anwendung (neuer) Technologien und die Beachtung agrarökonomischer Prinzipien dazu, kleinräumige Unterschiede innerhalb landwirtschaftlicher Nutz- und Ackerflächen zu berücksichtigen. Neben der teilflächenspezifischen N-Düngung gehören die teilflächenspezifische Optimierung von Saatgut, Grunddünger sowie Pflanzenschutzmitteln zu den Bestandteilen eines erfolgreichen Precision Farmings. Bei der teilflächenspezifischen N-Düngung erfolgt die Düngung in Abhängigkeit vom Ertragspotenzial der Teilfläche. Dabei erhalten Bereiche innerhalb eines Schlagens mit höherem Ertragspotenzial höhere N-Gaben als die Bereiche mit geringerem Ertragspotenzial, wobei die Differenzierung umso ausgeprägter ist, je größer die Heterogenität innerhalb eines Schlagens ist. Bei der teilflächenspezifischen N-Düngung mit Mineraldünger finden unterschiedliche Verfahren Anwendung: Offlineverfahren (Kartenansatz, eher geeignet für Grunddüngung), Onlineverfahren (Sensoransatz, misst aktuelle Stickstoffversorgung der Kulturpflanze, hieraus wird N-Bedarf abgeleitet) und die Kombination von Offline- mit Online-Verfahren (Sensoransatz mit Kartenüberlagerung). Das größte Potenzial hat letzteres Verfahren beim Einsatz zum Wasserschutz, da nur dann flächenspezifisch Düngungsobergrenzen festgelegt werden können (z. B. entlang Oberflächengewäs-

ser, in WSG) und diese auch dann nicht überschritten werden, wenn z. B. durch Sensormesswerte eine höhere N-Gabe angezeigt wäre.

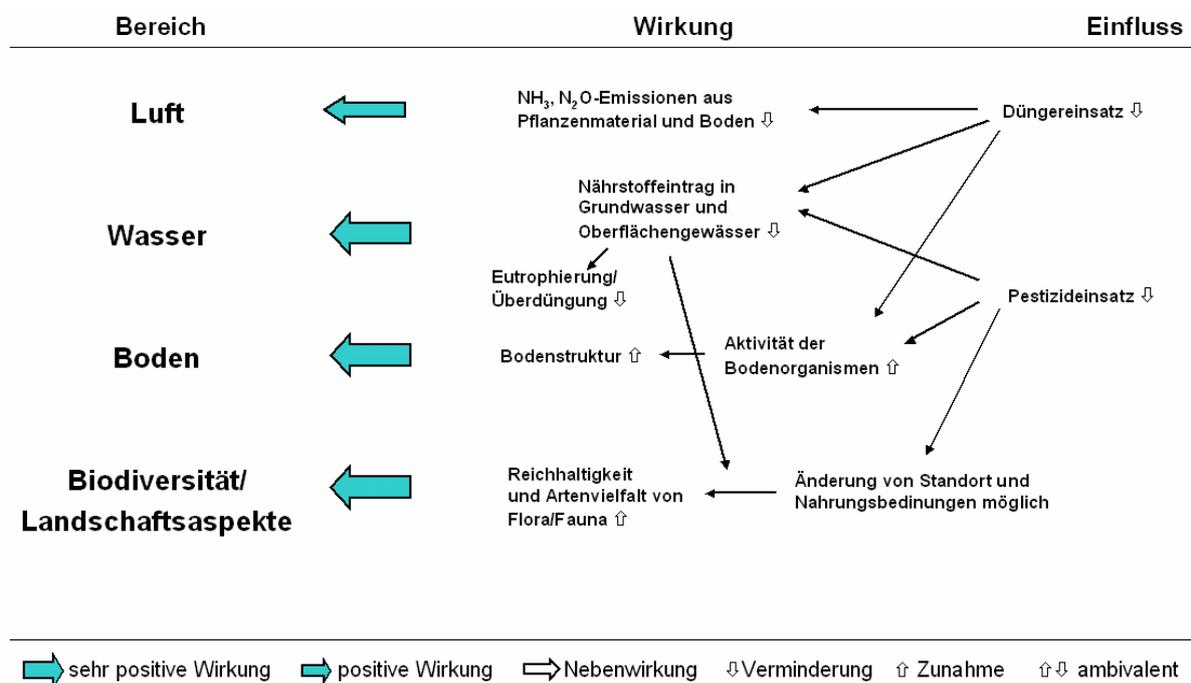
b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

In der Praxis dominieren noch die Verfahren, die der Informationsgewinnung dienen, wie Flächenvermessung mit GPS-Technik, Bodenbeprobung und Ertragskartierung. Diese Techniken sind Voraussetzung für eine erfolgreiche Umstellung auf die teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Der Stickstoffsensor wird auf rund 400.000 ha (3,4 % der Ackerfläche) eingesetzt, hauptsächlich in den neuen Bundesländern, ansatzweise auch in Niedersachsen und Schleswig-Holstein (Rösch et al., 2005). Auf Betrieben mit viel Fläche und heterogenen Bodenverhältnissen ist Precision Farming besonders interessant (Schneider und Wagner, 2006), in 2005 lag die durchschnittliche Betriebsgröße der Anwender bei 904 ha (Rösch et al., 2005). Die größte Praxisrelevanz hat bisher die differenzierte Grund- und Stickstoffdüngung erlangt. In den meisten Fällen erfolgt jedoch noch eine intensive wissenschaftliche Begleitung. Die Betriebe stellen schrittweise auf die neue Technologie um und steigern Flächenumfang und Einsatzbereiche allmählich.

c. Ökologische Auswirkungen

Durch teilflächenspezifische Düngung kann Dünger eingespart werden, bei gleich bleibenden bis höheren Erträgen. Hierdurch lassen sich die N-Überschüsse und die N-Auswaschung reduzieren. Durch ein gezieltes Aussparen sensibler Bereiche (z. B. entlang von Oberflächengewässern) erbringt Precision Farming auch einen Beitrag zum Wasserschutz.

Abbildung 19: Ziel-Wirkungsdiagramm - Precision Farming



Quelle: Eigene Darstellung.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Die teilflächenspezifische N-Düngung erfordert hohe Investitionskosten. Bereits die Sensortechnik allein kostet rund 22.000 € bei Nutzung in Verbindung mit Ertragskartierung und GIS liegen die Anschaffungskosten bereits bei 32.000 €. Erst bei Einsatz auf Flächen von mindestens 1.000 ha sinken die Kosten für Sensor mit Kartenüberlagerung auf unter 10 €/ha. Bei einem Düngepreis von 0,5 €/kg N und einem Produktpreis von 10 €/dt lohnt sich der Einsatz der Sensorstrategie bei einem Mehrertrag von 2 dt/ha bzw. ab einer Düngereinsparung von 40 kg N/ha oder Kombinationen hiervon. Doch während die Kosten für Datenerfassung, Entscheidungsmodelle sowie die Applikations- und Navigationstechnik bekannt sind, lässt sich der Nutzen durch Düngereinsparung und Mehrertrag nur schwer abschätzen, da er von verschiedenen Faktoren abhängig ist, wie feldinterne Standortheterogenität, angebaute Kulturpflanze und Produktionsintensität, aber auch von nicht beeinflussbaren jährlich schwankenden Faktoren, wie Witterungsverlauf. Durch Einsatz von Technik durch Lohnunternehmen können Schwellenwerte weiter herabgesetzt werden. Noch gibt es großen Forschungsbedarf bei der Formulierung geeigneter Entscheidungsregeln für die optimale N-Düngung (z. B. mehr oder weniger N-Düngung auf wuchsschwachen Getreidebeständen). Diese sind zudem stark standortabhängig. Der Mineräldüngeraufwand kann durch eine teilflächenspezifische N-Düngung bei heterogenen Standortverhältnissen um 7 % bzw. 14 kg N/ha reduziert werden, bei bis zu 6 % höheren Erträgen (Rösch et al., 2005). Verfahren zur teilflächenspezifischen Ausbringung von Wirtschaftsdüngern sind erst in der Entwicklung und haben noch keine Praxisreife erlangt.

e. Kontrollmöglichkeiten

Die technische Ausstattung und Dokumentation des Einkaufs von Betriebsmitteln sowie deren schlagbezogene Anwendung belegen eine ordnungsgemäße Umsetzung.

4.6 Maßnahmen zur Erhöhung der Denitrifikation im Boden

Flächen, auf denen diese Maßnahmen umgesetzt werden, werden entweder vollständig aus der landwirtschaftlichen Nutzung herausgenommen oder sind in ihrer künftigen Nutzung stark eingeschränkt. Weder der Rückbau von Vorflutern als technische Maßnahme noch die aktive Flächenüberstauung (entweder in Folge von einem Rückbau von Vorflutern oder den Einbau spezieller Stauwehre) lassen sich auf einzelne Betriebsflächen begrenzen. Diese Maßnahmen erfolgen zumeist im Rahmen lokaler, z. T. auch regionaler Aktivitäten.

4.6.1 Rückbau von Vorflutern

a. Definition/kurze Beschreibung

Die Fließgewässer werden wieder an ihre natürlichen Überschwemmungsgebiete angeschlossen, Bsp. Renaturierung von Auen und Rückverlegung von Deichen. Dadurch werden temporär überstaute Flächen geschaffen.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

Das Land Schleswig-Holstein hat im Rahmen der Maßnahme 'Naturnahe Entwicklung von Fließgewässern, Wiedervernässung von Niedermooren' ca. 5 Mio. € verausgabt (Zeitraum 2000 bis 2004). Etwa ein Viertel dieser Summe wurde für Flächenkauf ausgegeben (Eberhardt et al., 2005).

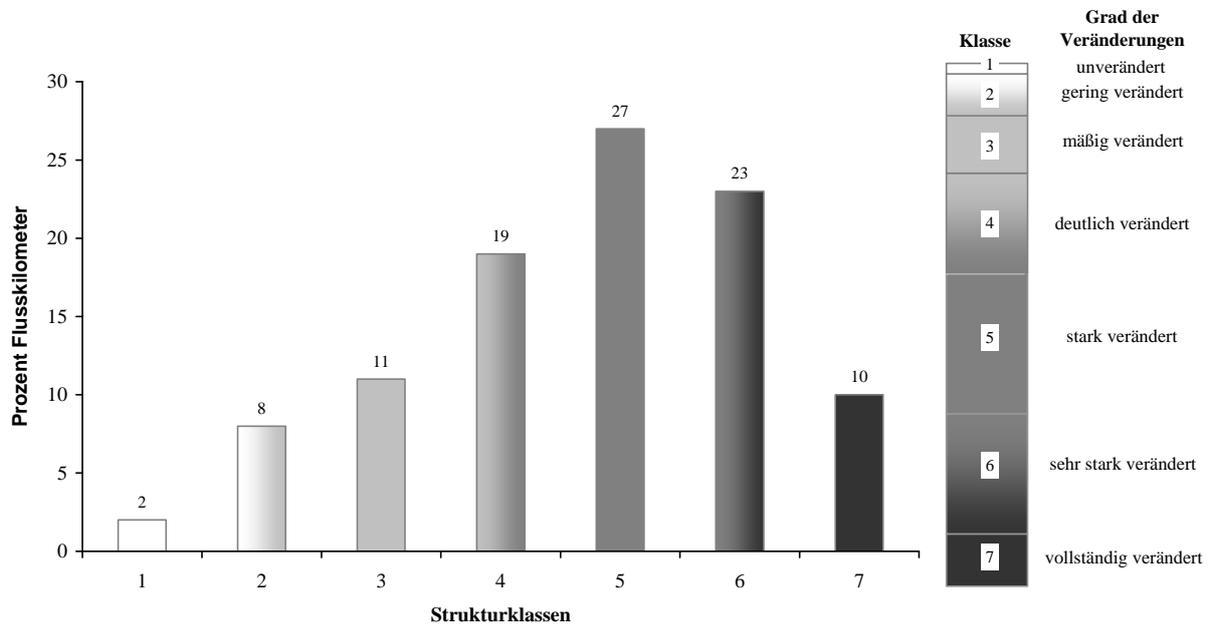
c. Ökologische Auswirkungen

Flora und Fauna passen sich an das veränderte Feuchteregeime an. Die Sauerstoffverhältnisse im Boden verändern sich, so dass längere Phasen anaerober mikrobieller Aktivitäten zu erhöhter Denitrifikationsleistung führen. Gleichzeitig steigt jedoch auch die (klimaschädliche) Methanproduktion.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Ca. 60 % der Gewässerstrecken sind stark bis vollständig verändert (Abbildung 20). D. h. es besteht ein großes Potenzial zur Renaturierung von Fließgewässern (z. T. auch in nicht agrarischen Gebieten), wobei sich der Aufwand am Grad der Veränderung bemisst und die Akzeptanz an der alternativen Flächennutzung.

Abbildung 20: Verteilung der bewerteten Gewässerstrecken (ca. 33.000 km) auf Strukturklassen 2001



Quelle: Verändert nach: Umweltbundesamt, Daten der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser 2002 – UBA/LAWA, Gewässergüteatlas der Bundesrepublik Deutschland, Gewässerstruktur in der Bundesrepublik Deutschland 2001, Hannover 2002.

e. Kontrollmöglichkeiten

Kontrollmöglichkeiten sind durch visuelle Vor-Ort-Kontrolle (Bauabnahme) und schriftliche Dokumentation gegeben.

4.6.2 Aktive Flächenüberstauung

a. Definition/kurze Beschreibung

Diese Maßnahme bewirkt die Wiedervernässung von Niedermoorstandorten durch Anstau von Gewässern, die Errichtung von Abdämmungen und die Beseitigung von Entwässerungsanlagen.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

In Brandenburg werden Maßnahmen, wie Neubau von Stauanlagen und Schöpfwerken, an wasserwirtschaftlichen Anlagen in Gewässern II. Ordnung gefördert. Schleswig-Holstein finanziert die 'Wiedervernässung von Niedermooren'. In Niedersachsen werden zwei LI-

FE-Natur-Projekte zur 'Wiedervernässung der Dümmerniederung' und 'Wiedervernässung des Hohen Moores'¹ gefördert.

c. Ökologische Auswirkungen

Eine Überstauung führt zu anaeroben Verhältnissen im Untergrund und verhindert somit eine weitere Mineralisation der organischen Substanz im Boden. Damit ist der vorhandene Stickstoff gebunden. Andererseits wird dadurch die Methanproduktion (CH₄) gesteigert.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

In Niedersachsen sind weitere Maßnahmen zur Wiedervernässung auf eigens erworbenen Naturschutzflächen geplant (Koch et al., 2003).

e. Kontrollmöglichkeiten

Wie alle baulichen Maßnahmen ist die aktive Flächenüberstauung sehr einfach visuell zu kontrollieren.

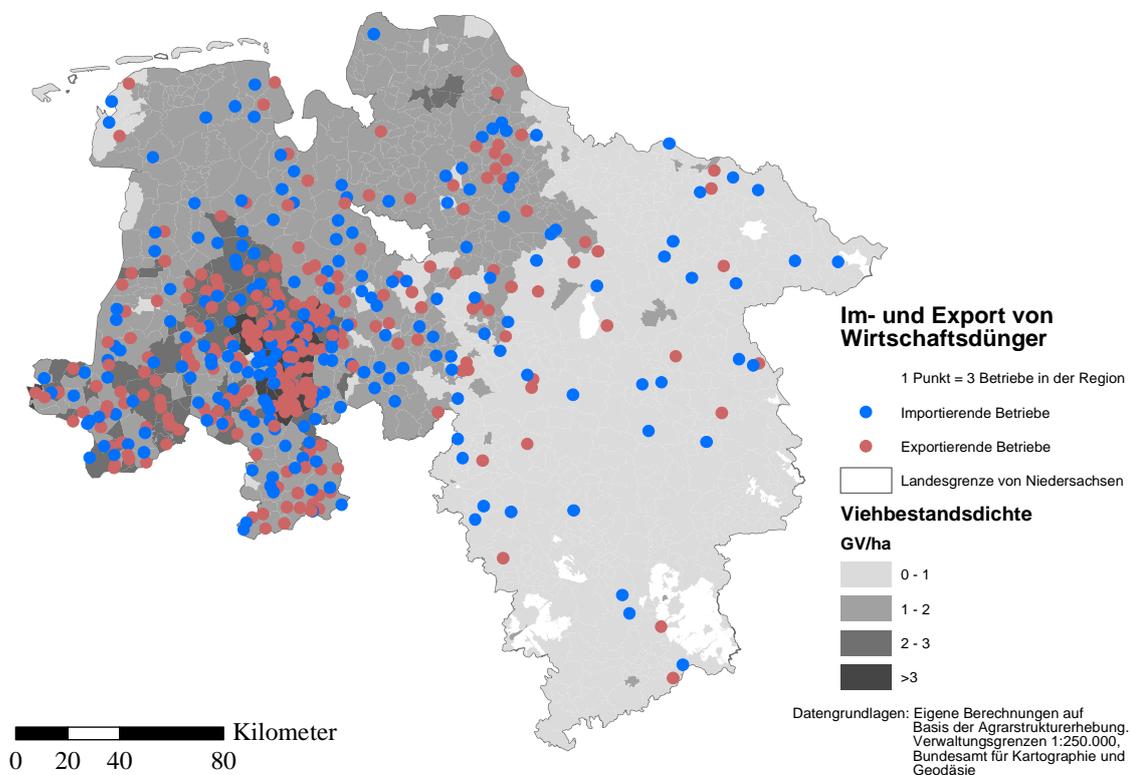
4.7 Überbetriebliches Wirtschaftsdüngermanagement

a. Definition/kurze Beschreibung

In Niedersachsen gaben bei der Agrarstrukturerhebung 2003 ca. 800 Betriebe (=1,5 %) an, organischen Dünger abzugeben, während ca. 700 Betriebe (=1,3 %) Gülle aufnehmen und auf betriebseigenen Flächen verwerteten (Abbildung 21). Die regionale Verteilung orientiert sich sehr stark an der Viehdichte, sowohl für die abgebenden als auch für die aufnehmenden Betriebe, d. h. ein überregionaler Transfer findet nur in geringem Umfang - hauptsächlich in Form von Trockenkot - statt.

¹ LIFE-Natur-Projekte des NLWKN (letzter Zugriff: 15.01.2007):

http://www.nlwkn.niedersachsen.de/master/C13641495_N10539753_L20_D0_I5231158.html

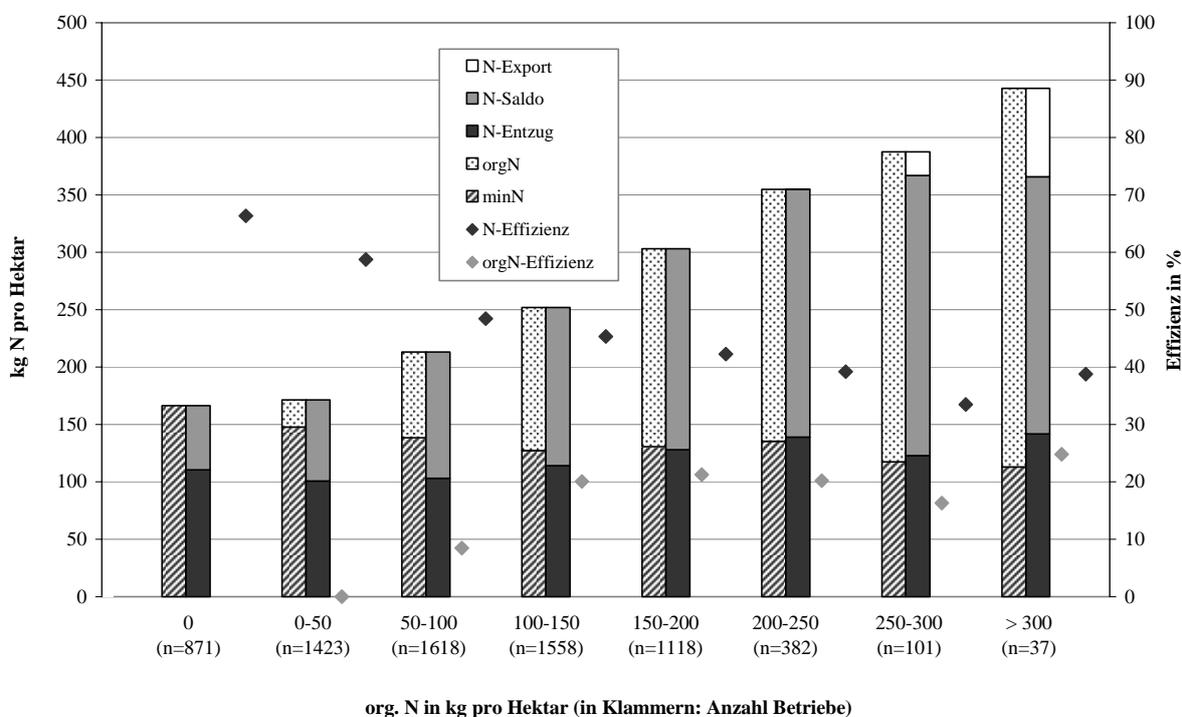
Abbildung 21: Übernahme von Wirtschaftsdünger in Niedersachsen

Quelle: Eigene Darstellung nach Agrarstatistik 2003.

Die Exporte sind vor allem der Düngeverordnung geschuldet, die den Einsatz von Wirtschaftsdünger im Allgemeinen auf $170 \text{ kg N/ha} \cdot \text{a}$ begrenzt, aber auch eine ausgeglichene Phosphorbilanz fordert.

Ein Lysimeterversuch mit Gülleanwendung aus den Jahren 1990 bis 1995 (Lorenz und Steffens, 1997) zeigt leicht abfallende Austragsraten im Winterroggen auch unterhalb der vorgeschriebenen Höchstmenge und nahezu gleich bleibend geringe Auswaschraten unter Mais. Insofern ist ein weitergehender Export von Wirtschaftsdünger, als ihn die Düngeverordnung vorschreibt, zumindest für Getreidebaubetriebe sinnvoll. Auf der anderen Seite ist zu bedenken, dass die Effizienz des Wirtschaftsdüngereinsatzes sehr stark variiert und es deshalb mehr auf das Management als auf die absolute Menge ankommt. Eine Betriebsdatenauswertung von Osterburg et al. (2004) zeigt einen sehr deutlichen Anstieg der organischen N-Effizienz bei steigendem Viehbesatz, während jedoch die Gesamt-N-Effizienz eher abnimmt.

Abbildung 22: Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz in landwirtschaftlichen Betrieben in Niedersachsen in Abhängigkeit vom N-Aufkommen aus tierischem Dung (Mittelwert der Jahre 1999/2000 und 2000/2001)



Quelle: Osterburg et al., 2004.

Der Gülleexport aus viehstarken Betrieben in viehschwache kann eine sinnvolle Maßnahme sein, wenn der Ausnutzungsgrad hoch angesetzt und günstige Ausbringzeiten beachtet werden.

b. Bereits erfolgter Einsatz der Maßnahme, wo und in welchem Umfang

Extensivierungsmaßnahmen mit Beschränkung der Wirtschaftsdüngeranwendung existieren bereits, während Maßnahmen zur Abgabe von Mist und Gülle bisher nicht bekannt sind.

c. Ökologische Wirkungen

Durch die Betriebsdatenauswertung lässt sich zwar keine Effizienzsteigerung belegen, jedoch kann man eine Effizienzsteigerung erwarten, wenn flankierende Maßnahmen, wie Beratung und Fortbildung, durchgeführt werden.

d. Potenzial, technische Umsetzbarkeit, Akzeptanz

Wie Abbildung 21 zeigt, ist das Potenzial in viehstarken Regionen sehr groß und wird aber auch durch die Düngeverordnung schon sehr stark reglementiert.

e. Kontrollmöglichkeiten

Bei Inanspruchnahme von Lohnunternehmern ist die Kontrollmöglichkeit durch Abrechnungsbelege sehr gut. Die Verbringung von Wirtschaftsdünger durch betriebseigene Fahrzeuge ist nur durch Dokumentenvergleich von abgebenden und aufnehmenden Betrieben möglich.

Literatur

- Alvenäs, G. und Marstorp, H. (1993): Effect of a ryegrass catch crop on soil inorganic-N content and simulated nitrate leaching. *Swedish Journal of Agricultural Research* 23, S. 3-14.
- Anger, M. (1997): Hoftorbilanzierung konventioneller und extensiver Grünlandbetriebe des Mittelgebirgsraumes. *VDLUFA-Schriftenreihe* 46. S. 347-350.
- Anger, M., Hüging, H., Huth, C. und Kühbauch, W. (2002): Nitrat-Austräge auf intensiv und extensiv beweidetem Grünland, erfasst mittels Saugkerzen- und N_{\min} -Beprobung. I. Einfluss der Beweidungsintensität. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165 (5), S. 640-647.
- Aronsson, H. und Torstensson, G. (1998): Measured and simulated availability and leaching of nitrogen associated with frequent use of catch crops. *Soil Use and Management* 14 (1), S. 6-13.
- Askegaard, M., Olesen, J. E. und Kristensen, K. (2005): Nitrate leaching from organic arable crop rotations: effects of location, manure and catch crop. *Soil Use and Management* 21 (2), S. 181-188.
- Ball, P. R. und Ryden, J. C. (1984): Nitrogen relationships in intensively managed temperate grasslands. *Plant and Soil* 76, S. 23-33.
- Bechthold, K., Berger, E. und Übelhör, W. (2006): SchALVO-Nitrat-Bericht 2005. In: Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg und Stuttgart (Hrsg.): Ergebnisse der Nitratuntersuchungen von Böden aus Wasserschutzgebieten (WSG) im Rahmen der SchALVO-Kontrolle. S. 1-7.
- Behrendt, A., Schalitz, G., Müller, L. und Schindler, U. (2003): Nährstoffdynamik auf extensiv genutzten Niedermoorweiden - Weide und Lysimeterversuch. 10. Gruppensteiner Lysimentertagung, 29.-30. April 2003. S. 129-132.
- Beisecker, R. (1994): Einfluß langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf das Bodengefüge, die Wasserinfiltration und die Stoffverlagerung eines Löß- und eines Sandstandortes. *Bodenökologie und Bodengenese* 12.
- Bellof, G. und Stadler, J. (1998): Stickstoff- und Phosphorausscheidungen senken. *DGS Magazin* 51/52, S. 18-20.
- Benke, M. (1992): Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Grünland mittels der Saugkerzen-Methode in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Schnitt/Weide), der Nutzungshäufigkeit, der Bestandeszusammensetzung (mit/ohne Weißklee) und der Stickstoffdüngung. Dissertation, Universität Kiel.

- Berg, M., Haas, G. und Köpke, U. (1999): Flächen- und produktbezogener Nitrataustrag bei Integriertem und Organischem Landbau in einem Wasserschutzgebiet am Niederrhein. In: Hoffmann, H. und Müller, S. (Hrsg.): Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 23.-25. Februar 1999 Berlin. S. 239-242.
- Berg, M., Haas, G. und Köpke, U. (1997): Water protection areas: comparison of nitrate leaching in organic, integrated and conventional farming systems. Schriftenreihe - Institut für Organischen Landbau 4, S. 28-34.
- Bergschmidt, A. (2004): Entwicklung und Erprobung von Erhebungsmethoden zum Wirtschaftsdüngermanagement in landwirtschaftlichen Betrieben. Projektbericht "TAPAS 2003 Deutschland. Agrarumweltaspekte - Art und Umfang der Ausbringungstechniken für Wirtschaftsdünger in landwirtschaftlichen Betrieben". Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL). Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie. 07/2004.
- Bergström, L. F. und Jokela, W. E. (2001): Ryegrass cover crop effects on nitrate leaching in spring barley fertilized with $15\text{NH}_4\text{15NO}_3$. *Journal of Environmental Quality* 30, S. 1659-1667.
- Bohnenkemper, O. (2007): Persönliche Mitteilung, 10.01.2007.
- Bokermann, R. und Kern, M. (1988): Einfluss einer begrenzten Stickstoff-Düngung auf Flächenerträge und landwirtschaftliche Einkommen. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch. 65 [7], S. 777-787.
- Böttcher, J. und Strebel, O. (1985): Die mittlere Nitratkonzentration des Grundwassers in Sandgebieten in Abhängigkeit von der Bodennutzungsverteilung. *Wasser und Boden* 8, S. 383-387.
- Büchter, M. (2003): Nitratauswaschungen unter Grünland und Silomais in Monokultur auf sandigen Böden Norddeutschlands. Dissertation, Universität Kiel.
- Catt, J. A., Howse, K. R., Christian, D. G., Lane, P. W., Harris, G. L. und Goss, M. J. (1998): Strategies to decrease nitrate leaching in the Brimstone Farm Experiment, Oxfordshire, UK, 1988-1993: the effects of winter cover crops and unfertilised grass leys. *Plant and Soil* 203, S. 57-69.
- Chambers, B. J., Smith, K. A. und Pain, B. F. (2000): Strategies to encourage better use of nitrogen in animal manures. *Soil Use and Management* 16, S. 157-161.
- Dalgaard, T., Halberg, N. und Kristensen, I. (1998): Can Organic Farming help to reduce N-losses? – Experiences from Denmark. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 52, S. 277-287.
- Deimer, C., Heyer, W. und Lüdigg, R. (2005): Evaluation des Entwicklungsplanes für den ländlichen Raum für den Interventionsbereich der EAGFL-Garantie im Förderzeitraum 2000 bis 2006 des Landes Sachsen-Anhalt. Landesgesellschaft Sachsen-Anhalt mbH; Institut für Strukturpolitik und Wirtschaftsförderung Halle-Leipzig e.V.; Institut für Nachhaltige Landwirtschaft.

- Diepolder, M., Peretzki, F., Heigl, L. und Jakob, B. (2006): Nitrat- und Phosphorbelastung des Sickerwassers bei Acker- und Grünlandnutzung. Schule und Beratung 4/06, S. III 3-III 10.
- Djurhuus, J. und Olsen, P. (1997): Nitrate leaching after cut grass/clover leys as affected by time of ploughing. Soil Use and Management 13, S. 61-67.
- Dressel, J. und Jung, J. (1983): Nährstoffverlagerung in einem Sandboden in Abhängigkeit von der Bepflanzung und Stickstoffdüngung (Lysimeterversuche). Landwirtschaftliche Forschung 36, S. 363-372.
- Dyckmans, A. und Weissbach, F. (1997): Untersuchungen zur Weidewirtschaft mit wachsenden Rindern und Schafen unter Verzicht auf Stickstoffdüngung. DLG Arbeitsunterlagen, Tagungsband der gemeinsamen Fachtagung der DLG-Ausschüsse "Grünland und Futterbau" und "Futterkonservierung", 1997. S. 51-57.
- Eberhardt, W., Koch, B., Raue, P., Tietz, A., Bathke, M. und Dette, H.-H. (2005): Aktualisierung der Halbzeitbewertung des Programms 'Zukunft auf dem Land', Kapitel 9. In: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Ländliche Räume (Hrsg.): Halbzeitbewertung des Programms 'Zukunft auf dem Land' (ZAL) gem. Verordnung (EG) Nr. 1257/1999. Braunschweig, Hannover.
- Eichler, B., Zachow, B., Bartsch, S., Köppen, D. und Schnug, E. (2004): Influence of catch cropping on nitrate contents in soil and soil solution. Landbauforschung Völkenrode 1/2004, S. 7-12.
- Ernst, P. (1995): Futterproduktion, tierische Leistung und Nährstoffbilanz bei differenzierter Stickstoffdüngung und Beweidung auf Dauergrünland. VDLUFA-Schriftenreihe 40. S. 189-192.
- Foerster, P. (1973): Einfluß hoher Güllegaben und üblicher Mineraldüngung auf die Stoffbelastung (NO_3 , NH_4 , P und SO_4). Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 137, S. 270-286.
- Frede, H.-G. und Dabbert, S. (Hrsg.) (1998): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. ecomed. Landsberg.
- Garwood, T. W. D., Davies, D. B. und Hartley, A. R. (1999): The effect of winter cover crops on yield of the following spring crops and nitrogen balance in a calcareous loam. Journal of Agricultural Science 132, S. 1-11.
- Goerges, T., Dittert, K. und Sattelmacher, B. (1997): Verwertung und Umsetzung von ^{15}N -markierter Rindergülle nach Herbst- und Frühjahrsapplikation. VDLUFA-Schriftenreihe 46. S. 619-622.
- Görlitz, H. (1983): Untersuchungen zur Anwendung von Nitrifikationsinhibitoren bei der Gülledüngung - Ergebnisse von Feldversuchen. Archiv für Acker-, Pflanzenbau und Bodenkunde 27 (8), S. 525-534.

- Görlitz, H. (1989): Verringerung der N-Verlagerung im Boden nach Gülledüngung durch Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren - Ergebnisse aus Lysimeteruntersuchungen. *Archiv für Acker-, Pflanzenbau und Bodenkunde* 33 (10), S. 567-572.
- Goss, M. J., Howse, K. R., Lane, P. W., Christian, D. G. und Harris, G. L. (1993): Losses of nitrate-nitrogen in water draining from under autumn-sown crops established by direct drilling or mouldboard ploughing. *Journal of Soil Science* 44, S. 35-48.
- Grüning, K. (2004): Das Geheimnis des wurzelumhüllten Ammoniumdepots. *Die Grüne, Schweizerische Landwirtschaftliche Zeitschrift* 6, S. 30-33.
- Haas, G. (2001): Organische Landbau in Grundwasserschutzgebieten: Leistungsfähigkeit und Optimierung des pflanzenbaulichen Stickstoffmanagements. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau Verlag Dr. Köster. Berlin.
- Haas, G., Berg, M. und Köpke, U. (1998): Grundwasserschonende Landnutzung. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau 10. Verlag Dr. Köster. Berlin.
- Hahndel, R. und Strohm, M. (2001): New stabilized N-fertilizers: further studies. *Gemüse (München)* 37 (6), S. 13-14.
- Hansen, B., Alroe, H. und Kristensen, E. (2001): Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 83 (1/2), S. 11-26.
- Hansen, E. und Djurhuus, J. (1997): Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. *Soil and Tillage Research* 41 (3/4), S. 203-219.
- Hege, U. und Weigelt, H. (1991): Nährstoffbilanzen alternativ bewirtschafteter Betriebe. *Landwirtschaftliches Jahrbuch*. 68 [4], S. 403-407.
- Hochberg, H., Finke, C., Schwabe, M., Zopf, D. und Matthes, I. (2003): Halbzeitbewertung des Entwicklungsplanes für den ländlichen Raum Thüringen, 2000 - 2006. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Hoppe, T. (1995): Untersuchungen zur Weidewirtschaft mit Milchkühen bei Verzicht auf Stickstoffdüngung. Dissertation, Universität Kiel. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 161.
- Hösch, J. und Dersch, G. (2003): Einfluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den zeitlichen Verlauf von N-Verlusten. 10. Gumpensteiner Lysimetertagung, Irdning, Österreich, 29. und 30. April 2001. S. 67-70.
- Johnston, A., McEwen, J., Lane, P., Hewitt, M., Poulton, P. und Yeoman, D. (1994): Effects of one to six year old ryegrass-clover leys on soil nitrogen and on the subsequent yields and fertilizer nitrogen requirements of the arable sequence winter wheat, potatoes, winter wheat, winter beans (*Vicia faba*) grown on a sandy loam soil. *Journal of Agricultural Science* 122, S. 73-89.

- Jonczyk, K. (2004): The content of mineral nitrogen in soil in the ecological and conventional crop production systems. *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska. Sectio E, Agricultura.* 59. S. 391-397.
- Kern, J., Hellebrand, H.-J. und Kavdir, Y. (2006): Nitrogen Leaching in an Aquatical Terrestrial Transition Zone. In: Baba, A. (Hrsg.): *Groundwater and Ecosystems.* Springer. Netherlands. S. 195-204.
- Klein, C., Logtestijn, R., Meer, H. und Geurink, J. (1996): Nitrogen losses due to denitrification from cattle slurry injected into grassland soil with and without a nitrification inhibitor. *Plant and Soil* 183 (2), S. 161-170.
- Klempt, L. (1997): Ermittlungen zum Nitrataustrag aus Dauergrünland unter Weidenutzung auf Flußmarsch unter besonderer Berücksichtigung von Exkrementstellen. In: *Universität - Gesamthochschule Kassel (Hrsg.): Ökologie und Umweltsicherung* 13.
- Koch, B., Eberhardt, W., Hartthaler, S., Tietz, A., Wollenweber, I., Bathke, M., Sourell, H. und Dette, H.-H. (2003): Halbzeitbewertung von PROLAND Niedersachsen - Programm zur Entwicklung der Landwirtschaft und des Ländlichen Raumes, Kapitel 9. In: *Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Ländliche Räume (Hrsg.): Halbzeitbewertung des Programms 'Zukunft auf dem Land' (ZAL) gem. Verordnung (EG) Nr. 1257/1999.* Braunschweig, Hannover.
- Kolenbrander, G. J. (1981): Leaching of nitrogen in agriculture. In: Brogan, J. C. (Hrsg.): *Nitrogen losses and surface run-off from landspreading of manures.* Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk. The Hague / Boston / London. S. 199-216.
- Kolenbrander, G. J. (1969): Nitrate content and nitrogen loss in drainwater. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 17, S. 246-255.
- Köpke, U. (2002): Umweltleistungen des ökologischen Landbaus. *Ökologie und Landbau* 122, S. 6-18.
- Köpke, U. und Haas, G. (1997): Umweltrelevanz des Ökologischen Landbaus. *Landbauforschung Völkenrode Sonderheft* 175, S. 119-146.
- Kowalewsky, H.-H. (2004a): Luftnummer. *Landwirtschaftsblatt Weser-Ems* 29, S. 14-16.
- Kowalewsky, H.-H. (2004b): Geruchsarm. *Landwirtschaftsblatt Weser-Ems* 4, S. 11-14.
- Kowalewsky, H.-H. und Müller, J. (1994): Gülle auf Grünland: Schleppschuhe sind die Lösung. Wann sich die Schleppschuhe für Sie rechnen. *Top agrar* 5, S. 60-64.
- Krimly, T. (2006): Vorschriften können Zielen zuwiderlaufen. *Landwirtschaftliches Wochenblatt* 47, S. 11-12.

- KTBL - Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hrsg.) (1998): Bodenbearbeitung und Bodenschutz, Schlußfolgerungen für gute fachliche Praxis. Arbeitspapier 266. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL). Darmstadt.
- KTBL und UBA (Hrsg.) (2005): Ammoniak-Emissionen in der Landwirtschaft mindern. aid-KTBL Broschüre 1454. aid - Infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e.V. Bonn.
- Kücke, M. (Hrsg.) (2003): Anbauverfahren mit N-Injektion (CULTAN) - Ergebnisse, Perspektiven, Erfahrungen. Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 245.
- Kühbauch, W., Anger, M. und Roth, M. (1997): Wirkung von Exkrementstellen auf die Nitratverlagerung unter beweidetem Grünland in Abhängigkeit vom Nutzungstermin und Standort. Forschungsberichte des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft" Universität Bonn.
- Kurzer, J. und Suntheim, L. (1999): Nitratgehalte im Boden (Dauertestflächen) als Kriterium für die Erfolgskontrolle umweltentlastender Maßnahmen nach dem Förderprogramm "Umweltgerechte Landwirtschaft" (UL) in Sachsen. Infodienst Pflanzenproduktion. S. 56-60.
- Lewan, E. (1994): Effects of a catch crop on leaching of nitrogen from a sandy soil: Simulations and measurements. *Plant and Soil* 166, S. 137-152.
- LfL - Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2002): Berichte und Versuchsergebnisse, Spitalhof Kempten, 2. Ausgabe. Kapitel 5 - Nitratauswaschung. Kempten.
- LfL - Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2004): Berichte und Versuchsergebnisse, Spitalhof Kempten, 3. Ausgabe. Kapitel 2.3 - Nitratauswaschung. Kempten.
- Lindermayer, H. und Probstmeier, G. (1995): Schweinemast mit eiweißreduziertem Futter. Schule und Beratung 5, S. IV 23-IV 26.
- Lloyd, A. (1992): Nitrate leaching following the break-up of grassland for arable cropping. *Aspects of Applied Biology* 30, S. 243-248.
- Lorenz, F. und Steffens, G. (1997): Stickstoffauswaschung bei Mais und Winterroggen nach Gülledüngung in gestaffelten Gaben (Lysimeterversuch). *Agribiological Research* 50 (3), S. 193-203.
- Lütke Entrup, N., Barth, H.-K., Gröblichhoff, F.-F. und Erlach, F. (2002): Boden- und Stoffabtrag von ackerbaulich genutzten Flächen - Ausmaß und Minderungsstrategien. Teilprojekt 2: Konservierende Bodenbearbeitung als ackerbauliche Maßnahme zur Verringerung des diffusen Eintrages von Pflanzenschutzmitteln (PSM) und Nährstoffen in Oberflächengewässer.

- Lüttmann, G. und Müller, J. (1994): Viele Erfahrungen liegen vor. *Landwirtschaftsblatt Weser-Ems* 12, S. 18-21.
- LWK Niedersachsen - Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.) (2006): Ausgleichsleistungen in Wasserschutzgebieten gemäß § 51a NGW für das Erntejahr 2005.
- LWK Niedersachsen - Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.) (2003): Einfluss unterschiedlicher Maisreihenweiten auf die Ertrags- und Qualitätsmerkmale von Silomais sowie die N-Dynamik im Boden.
- LWK Weser-Ems - Landwirtschaftskammer Weser-Ems (Hrsg.) (2005): Versuche und Versuchsergebnisse zur grundwasserschutzorientierten Landbewirtschaftung. Feldversuche in Wasserschutzgebieten in Weser-Ems im Rahmen der fachbehördlichen Aufgaben gemäß § 47h NWG. Oldenburg.
- Martinez, J. und Guiraud, G. (1990): A lysimeter study of the effects of a ryegrass catch crop, during a winter wheat/maize rotation, on nitrate leaching and on the following crop. *Journal of Soil Science* 41, S. 5-16.
- Miegel, K. und Zachow, B. (2002): Parzellenversuch an der Lysimeterstation Groß Lüsewitz zur Untersuchung des Einflusses von Zwischenfruchtanbau auf den N-Austrag in den Wintermonaten. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse der Jahre 1999/2000, 2000/2001 und 2001/2002. S. 1-18.
- Neve, S. d., Dieltjens, I., Moreels, E. und Hofman, G. (2003): Measured and simulated nitrate leaching on an organic and a conventional mixed farm. *Biological Agriculture & Horticulture* 21 (3), S. 217-229.
- Osterburg, B., Schmidt, T. G. und Gay, S. H. (2004): Auswertung betrieblicher Daten zur Ermittlung des Stickstoffmineraldünger-Einsatzes [Endbericht für ein Forschungsvorhaben im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums] 387. Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie. 06/2004. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Institut für ländliche Räume. Braunschweig.
- Ott, H. und Taube, F. (1995): Untersaaten im Silomaisanbau in Schleswig-Holstein – eine Zwischenbilanz. *Bauernblatt für Schleswig-Holstein und Hamburg* 15, S. 2096-2098.
- Owens, L. B. (1987): Nitrate leaching losses from monolith lysimeters as influenced by Nitrapyrin. *Journal of Environmental Quality* 16 (1), S. 34-38.
- Peters, M., Blume, H.-P., Gömpel, H. und Sattelmacher, B. (1990): Nährstoffdynamik und -bilanz eines Podsols unter konventioneller und alternativer Ackernutzung. *Journal of Agronomy and Crop Science* 165, S. 289-296.
- Pfeffer, E., Spieker, H., Ernst, P. und Hahner, I. (1995): Leistungen und N-Bilanzen in der Milchviehhaltung bei Verzicht auf mineralische N-Düngung des Grünlandes. Forschungsberichte des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft" Universität Bonn.

- Priebe, R. (1998): Vergleich der Weidehaltung von zwei Milchkuhherden auf extensiv und intensiv bewirtschafteten Grünland eines Gemischtbetriebes in Brandenburg. Extensivierung - Intensität contra Rentabilität?, Vorträge der Fachtagung des DLG- Ausschusses "Grünland und Futterbau", 23.6.1998. S. 37-42.
- RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (2005): VERORDNUNG (EG) Nr. 1698/2005 DES RATES vom 20. September 2005 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER). Amtsblatt der Europäischen Union L 277, Brüssel.
- Reiter, K., Roggendorf, W., Runge, T., Schnaut, G., Horlitz, T. und Leiner, C. (2005a): Aktualisierung der Halbzeitbewertung von PROLAND NIEDERSACHSEN Programm zur Entwicklung der Landwirtschaft und des ländlichen Raums, Kapitel 6, Agrarumweltmaßnahmen - Kapitel VI der VO (EG) Nr. 1257/1999. In: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Ländliche Räume (Hrsg.): Aktualisierung der Halbzeitbewertung von PROLAND NIEDERSACHSEN Programm zur Entwicklung der Landwirtschaft und des ländlichen Raumes gem. Verordnung (EG) Nr. 1257/1999. Braunschweig, Hamburg, Hannover. S. 1-155.
- Reiter, K., Roggendorf, W., Runge, T., Schnaut, G., Horlitz, T. und Leiner, C. (2005b): Aktualisierung der Halbzeitbewertung des NRW-Programms Ländlicher Raum, Kapitel 6, Agrarumweltmaßnahmen - Kapitel VI der VO (EG) Nr. 1257/1999. In: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Ländliche Räume (Hrsg.): Aktualisierung der Halbzeitbewertung des NRW-Programms Ländlicher Raum gem. Verordnung (EG) Nr. 1257/1999. Braunschweig.
- Reiter, K., Roggendorf, W., Runge, T., Schnaut, G., Horlitz, T. und Leiner, C. (2005c): Aktualisierung der Halbzeitbewertung des Hessischen Entwicklungsplans für den ländlichen Raum, Kapitel 6, Agrarumweltmaßnahmen - Kapitel VI der VO (EG) Nr. 1257/1999. In: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Ländliche Räume (Hrsg.): Aktualisierung der Halbzeitbewertung des Hessischen Entwicklungsplans für den ländlichen Raum gem. Verordnung (EG) Nr. 1257/1999. Braunschweig. S. 1-124.
- Richter, G., Hoffmann, A. und Richter, J. (1988): N-Mineralisation nach Krümmenvertiefung und Grünlandumbruch in lehmigen Ackerböden. VDLUFA Schriftenreihe 28. S. 43-52.
- Rieckmann, C. und Möbius, N. (2003): Wertvolle Tips zur Maisensaat. Land und Forst 15, S. 18-24.
- Rieß, F. (1993): Untersuchungen zur Nitratauswaschung nach mineralischer und organischer Düngung von Ackerland und Grünland mittels Saugkerzen-Methode. Dissertation, Universität München.
- Rösch, C., Dusseldorp, M. und Meyer, R. (2005): Precision Agriculture. 2. Bericht zum TA-Projekt "Moderne Agrartechniken und Produktionsmethoden - ökonomische und ökologische Potenziale. TAB-Arbeitsbericht Nr. 106.

- Rosner, J. und Klik, A. (2001): Wirtstoffabtrag bei konventionell, konservierend und direkt bewirtschafteten Ackerflächen. 9.Gumpensteiner Lysimetertagung, Irnding, Österreich 24.und 25.April 2001. 9, S. 219-210.
- Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2002): Entwicklung von dauerhaft umweltgerechten Landbewirtschaftungsverfahren im sächsischen Einzugsgebiet der Elbe. Teilthema I: Begleitende Untersuchungen zur praktischen Anwendung und Verbreitung von konservierender Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtanbau sowie Mulchsaat in den Ackerbaugebieten Sachsens zur Minderung von Wassererosion und Nährstoffaustrag im Elbeeinzugsgebiet. Leipzig.
- Scheffer, F. und Schachtschabel, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg, Berlin.
- Schellbach, I. (2003): Im Getreide nur einmal Stickstoff düngen? Top agrar 3/2003, S. 66-68.
- Schneider, M. und Wagner, P. (2006): Heterogene Böden und viel Fläche. Bauernzeitung 47. Woche, S. 15-17.
- Scholefield, D., Tyson, K., Garwood, E., Armstrong, A., Hawkins, J. und Stone, A. (1993): Nitrate leaching from grazed grassland lysimeters: effects of fertilizer input, field drainage, age of sward and patterns of weather. *Journal of Soil Science* 44, S. 601-613.
- Shepherd, M. A. (1999): The effectiveness of cover crops during eight years of a UK sandland rotation. *Soil Use and Management* 15, S. 41-48.
- Shepherd, M. A. und Webb, J. (1999): Effects of overwinter cover on nitrate loss and drainage from a sandy soil: consequences for water management? *Soil Use and Management* 15, S. 109-116.
- Shepherd, M., Hatch, D., Jarvis, S. und Bhogal, A. (2001): Nitrate leaching from reseeded pasture. *Soil Use and Management* 17, S. 97-105.
- Sjödahl-Svensson, K., Lewan, E. und Clarholm, M. (1994): Effects of a ryegrass catch crop on microbial biomass and mineral nitrogen in an arable soil during winter. *Swedish Journal of Agricultural Research* 23, S. 31-38.
- Smith, K., Beckwith, C., Chalmers, A. und Jackson, D. (2002): Nitrate leaching following autumn and winter application of animal manures to grassland. *Soil Use and Management* 18 (4), S. 428-434.
- SMUL - Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (Hrsg.) (2005): Richtlinie des SMUL zur Förderung einer umweltgerechten Landwirtschaft im Freistaat Sachsen (UL). Dresden.
- Sommer, C., Brunotte, J. und Ortmeier, B. (1995): Einführung von Verfahren der Konservierenden Bodenbearbeitung in die Praxis. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL). Darmstadt.

- Sommer, C., Zach, M. und Dambroth, M. (1981): Bodenerosion erfordert alternative Formen der Bodenbearbeitung. Berichte über Landwirtschaft Sonderheft 197, S. 71-77.
- Sörensen, J. N. (1992): Effect of catch crops on the content of soil mineral nitrogen before and after winter leaching. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 155, S. 61-66.
- Spiekers, H., Grünewald, K.-H., Seiwert, C., Struth, R. und Niess, E. (1991): Reduction of N-excretion of piglets and fattening pigs by feeding synthetic amino acids. Agribiological Reseach 44 (2-3), S. 235-246.
- Statistisches Bundesamt (2005): Ergebnisse einer Sondererhebung.
- Statistisches Bundesamt (2003): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Fachserie 3, Reihe 3.1.8, Pflanzliche Erzeugung, 1977, 1991, 1995, 1999, 2003.
- Statistisches Bundesamt (2004): Ökolandbau - Betriebswirtschaftliche Ausrichtung, Bodennutzung und Viehhaltung 2003.
- Stauffer, W. und Spiess, E. (2001): Einfluss unterschiedlicher Fruchtfolgen und nachwachsender Rohstoffe auf die Nitratauswaschung. 9.Gumpensteiner Lysimeter-tagung, Irnding, Österreich 24.und 25.April 2001. S. 47-50.
- Strebel, O., Böttcher, J., Eberle, M. und Aldag, R. (1988): Quantitative und qualitative Veränderungen im A-Horizont von Sandböden nach Umwandlung von Dauergrünland in Ackerland. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 151, S. 341-347.
- Strebel, O., Böttcher, J. und Duynisveld, W. H. M. (1984): Einfluß von Standortbedingungen und Bodennutzung auf Nitratauswaschung und Nitratkonzentration des Grundwassers. Landwirtschaftliche Forschung 37, S. 34-44.
- Thomsen, I. (2005): Nitrate leaching under spring barley is influenced by the presence of a ryegrass catch crop: results from a lysimeter experiment. Agriculture, Ecosystems & Environment 111 (1/4), S. 21-29.
- Thomsen, I. und Christensen, B. (1999): Nitrogen conserving potential of successive ryegrass catch crops in continuous spring barley. Soil Use and Management 15 (3), S. 195-200.
- Thorup-Kristensen, K. (2001): Are differences in root growth of nitrogen catch crops important for their ability to reduce soil nitrate-N content, and how can this be measured? Plant and Soil 230 (2), S. 185-195.
- TLL - Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (1998): Förderprojekt Maisengreihen-anbau. Abschlussbericht. Abschlussbericht. 27.06.640/1998. Jena.

- Tonn, B., Weckherlin, P. und Thumm, U. (2006): Kotstellenverteilung auf einer Umtriebsweide - Beeinflussung durch das Weidemanagement. In: LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (Hrsg.): Schriftenreihe 17. Die Zukunft von Praxis und Forschung in Grünland und Futterbau. 50. Jahrestagung der AGGF. S. 217-220.
- Torstensson, G. und Aronsson, H. (2000): Nitrogen leaching and crop availability in matured catch crop systems in Sweden. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 56 (2), S. 139-152.
- Vos, J. und Putten, P. (2004): Nutrient cycling in a cropping system with potato, spring wheat, sugar beet, oats and nitrogen catch crops. II. Effect of catch crops on nitrate leaching in autumn and winter. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 70 (1), S. 23-31.
- Waldorf, N. und Schweiger, P. (2004): Wirkung des stabilisierten N-Düngers ENTEC® in Feldversuchen Baden-Württembergs 1998 - 2003. "ENTEC-Versuche". Informationen für die Pflanzenproduktion, Sonderheft 2. Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim.
- Wallgren, B. und Linden, B. (1994): Effects of catch crops and ploughing times on soil mineral nitrogen. *Swedish Journal of Agricultural Research* 24, S. 67-75.
- Walz, O. P. und Pallauf, J. (2002): Microbial phytase combined with amino acid supplementation reduces P and N excretion of growing and finishing pigs without loss of performance. *International Journal of Food Science and Technology* 37, S. 835-848.
- Wegener, U. (2001): Dauerhafte Bodenbearbeitungsverfahren in Zuckerrübenfruchtfolgen - Ertragsbildung, Rentabilität, Energiebilanz und Bodenerosion im Vergleich. Dissertation, Universität Göttingen.
- Wolfgarten, H. J., Franken, H. und Altendorf, W. (1987): Einfluß der Anbautechnik bei Zuckerrüben auf Bodenerosion und Ertrag. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 53, S. 343-348.
- Zhao, B. (1993): Auswirkungen konservierender Bodenbearbeitung auf die Nährstoffverlagerung und einige bodenphysikalische Parameter. Dissertation, Universität Hohenheim.

III.
Wasserschutzwirkung von Agrarum-
weltmaßnahmen – Statistische Auswertung
von Herbst-N_{min}-Werten aus nieder-
sächsischen Wassergewinnungsgebieten

Thomas G. Schmidt (FAL)

Burkhard Gödecke und Franz Antony (INGUS)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	233
2 Datengrundlage	233
2.1 Datenherkunft und Gruppierung	233
2.2 Verteilungsmuster und Auswertungsgrundlage	235
3 Auswertungsmethodik	236
4 Ergebnisse	236
4.1 Multiple paarweise Vergleiche	237
4.2 Abgrenzung der Maßnahmenwirkung von anderen Einflussfaktoren durch eine Regressionsanalyse	238
5 Diskussion	240
6 Ausblick	240
Literatur	242
Anhang: Statistische Auswertung	243

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung der Herbst- N_{\min} -Werte niedersächsischer Wassergewinnungsgebiete	235
Abbildung 2: Box-Whisker-Plot der gemessenen N_{\min} -Werte von 1996 bis 2006	237

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Anzahl der N_{\min} -Werte nach Maßnahmengruppen und Jahren	234
Tabelle 2: Ergebnis der multiplen paarweise Vergleiche zur Maßnahmenwirkung (Maßnahmengruppen und Schichtungsbeispiele für einen Mit-/Ohne-Vergleich)	238
Tabelle 3: Ergebnis einer multiplen Regressionsanalyse mit Dummy-Variablen	239

1 Einleitung

Die Wirkung von Gewässerschutz-Maßnahmen wird oft durch die Bewirtschaftungshistorie und den Witterungsverlauf überprägt. Zur Bestimmung des Maßnahmenerfolges ist daher neben der Auswertung von Feldversuchen auch die Untersuchung eines sehr breiten Spektrums von Praxisanwendungen sinnvoll. Hier bietet sich der Indikator 'Herbst- N_{\min} ' an, da dieser Wert einen direkten Zusammenhang zur Auswaschungsgefährdung von Stickstoff während der Vegetationspause bietet und in der Vergangenheit schon sehr häufig beprobt wurde, so dass eine mehrjährige Massendatenauswertung über das gesamte Anwendungsspektrum (unterschiedliche Standorte und Betriebstypen) möglich ist. Die folgende statistische Auswertung langjähriger Herbst- N_{\min} -Werte aus der niedersächsischen Wasserschutzgebiets-Beratung hat zum Ziel, signifikante Maßnahmenwirkungen zu dokumentieren und weiteren Untersuchungsbedarf für nicht nachweisbare Wirkungen aufzuzeigen.

2 Datengrundlage

2.1 Datenherkunft und Gruppierung

Der verwendete Datenpool von Herbst- N_{\min} -Werten basiert auf Beprobungen des Büros INGUS (Hannover) in 30 niedersächsischen Wassergewinnungsgebieten. Die Durchführung der Beprobung entspricht den in NLÖ (2003) beschriebenen Grundsätzen. Datenbanktechnisch wurden die vorhandenen Herbst- N_{\min} -Werte mit den Standort-Daten, Anbaufrüchten, Betriebsdaten, Klimadaten und durchgeführten Grundwasserschutz-Maßnahmen verbunden. Eine Eignungsprüfung für die massenstatistische Auswertung zur Maßnahmenbewertung erfolgte durch die Wasserschutzgebiets-Berater in den jeweiligen INGUS-Zweigstellen. Von der Auswertung ausgeschlossen wurden Herbst- N_{\min} -Werte von N-Quellen- und Senkenstandorten (z. B. ehemalige Niedermoor- und Hochmoorflächen), sowie von Spezial-Untersuchungsprogrammen (z. B. Baumschulflächen, Rübenanhängerde-Aufträge etc.). Die Höhe der Herbst- N_{\min} -Werte war dagegen kein Ausschlusskriterium (keine pauschale 'Ausreißer-Eliminierung'), da besonders niedrige oder hohe N_{\min} -Werte nicht automatisch unplausibel sind.

Nach der Prüfung wurden 8.640 Datensätze mit durchgängigen Angaben zu Standort, Beprobungsdatum, Wasserschutz-Maßnahme, Vorfrucht und Betriebstyp in die Auswertung übernommen. Die ggf. durchgeführten (von Fall zu Fall etwas unterschiedlich festgelegten) Wasserschutz-Maßnahmen wurden den Maßnahmcodes der 'LAWA-Maßnahmen-Steckbriefe' dieses Berichtes zugeordnet.

Für die weitere Auswertung wurden die Maßnahmen nach neun Maßnahmengruppen und der Flächengruppe 'ohne' Maßnahme zusammengefasst. Tabelle 1 zeigt den Stichprobenumfang nach Maßnahmengruppen und Jahren.

Tabelle 1: Anzahl der N_{\min} -Werte nach Maßnahmengruppen und Jahren

Massnahmengruppe	Anzahl Nmin-Daten nach Jahren												
	gesamt	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Vergleich (ohne Maßnahme)	4759	32	296	350	187	467	485	219	508	720	504	482	509
Begrünung	1219		38	47	28	27	32	27	150	244	192	226	208
Fruchtfolge	372		1		14	20	25	13	68	62	53	58	58
Bodenbearbeitung	532		9	13	6	14	28	15	40	101	103	102	101
Grünland	80						1		4	20	18	16	21
N-Mineraldüngung	878		27	40	21	41	45	52	149	138	113	127	125
Wirtschaftsdünger	555							13	97	126	92	109	118
Landnutz.änderung	169					1	4	2	30	39	30	28	35
Düngemanagement	76						5	7	18	14	11	10	11
Summe	8640	32	371	450	256	570	625	348	1064	1464	1116	1158	1186

Quelle: Eigene Darstellung.

Für die Jahre 2002-2006 liegen jeweils über 1000 auswertbare Herbst- N_{\min} -Datensätze vor, für die Jahre 1996-2001 jeweils ca. 300-600. Die Maßnahmengruppen weisen sehr unterschiedliche Stichprobenumfänge auf (in der Summe zwischen 76 und 1219 Herbst- N_{\min} -Werte). Die Vergleichsgruppe umfasst mehr als die Hälfte aller Herbst- N_{\min} -Werte.

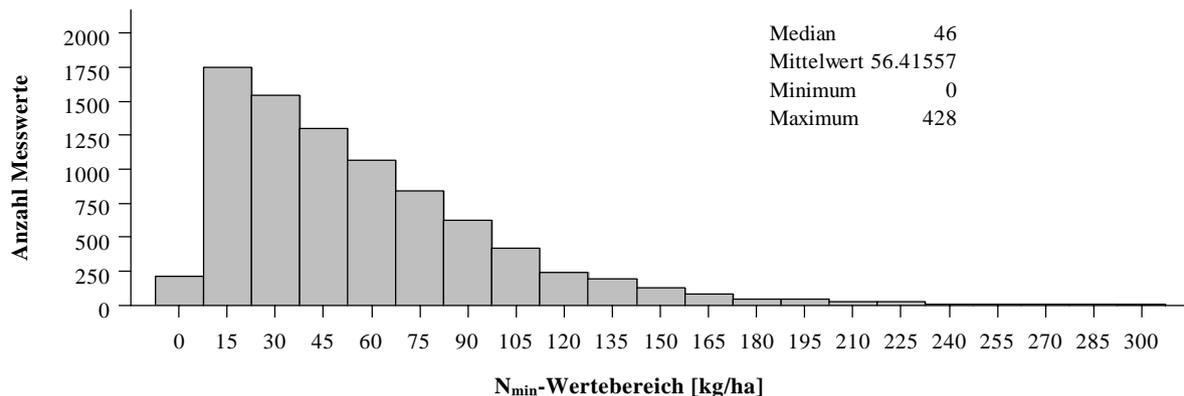
Innerhalb der Maßnahmengruppen und Jahre wurden die Herbst- N_{\min} -Werte weiter differenziert nach

- 14 Fruchtartengruppen (Fruchtkategorien, 'Hackfrüchte' zusätzlich nach Fruchtarten differenziert)
- 4 Boden-/Klima-Klassen (Boden: Nitrataustragsgefährdung (NAG) > 3 / ≤ 3 , nur N-Gleichgewichtsstandorte; Niederschlag: > 600 mm / ≤ 600 mm)
- 4 bzw. 2 Betriebstyp-Klassen (Veredelung / Futterbau / Marktfrucht / Gemischt bzw. mit / ohne Viehhaltung)

2.2 Verteilungsmuster und Auswertungsgrundlage

Das nachfolgende Histogramm zeigt die Häufigkeitsverteilung der ausgewerteten Herbst- N_{\min} -Werte.

Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung der Herbst- N_{\min} -Werte niedersächsischer Wassergewinnungsgebiete



Quelle: Eigene Darstellung.

Es liegt keine Normalverteilung der Grundgesamtheit vor. Die Messwerte zeigen ein deutlich linkssteiles Verteilungsmuster, das sich auch in Teil-Stichproben, z. B. für einzelne Früchte oder Grundwasserschutz-Maßnahmen wiederholt. Der arithmetische Mittelwert von Herbst- N_{\min} -Werten wird durch die wenigen hohen Messwerte stark beeinflusst und ist daher meist größer als der Median. Der Median ist dadurch definiert, dass 50% der Messwerte größer und 50% kleiner (oder genauso groß) sind. Im Unterschied zum Mittelwert wird der Median praktisch nicht durch 'Ausreißer' beeinflusst, die überwiegend nicht durch die Maßnahme bedingt sind. Er ist der 'Erwartungswert', d. h. der 'wahrscheinlichste' Wert. Im Vergleich zu dem arithmetischen Mittelwert ist der Median ein besser geeignetes Kriterium für die Maßnahmenbewertung¹ (NLÖ, 2003).

Für die Gesamtstichprobe liegt der Median mit 46 kg N/ha deutlich unter dem arithmetischen Mittelwert (56 kg N/ha).

¹ Im Unterschied hierzu wird für das Gebietsmonitoring weiterhin der arithmetische bzw. flächengewichtete Mittelwert als Grundlage empfohlen, da die besonders hohen Herbst- N_{\min} -Werte sonst nicht repräsentativ berücksichtigt werden.

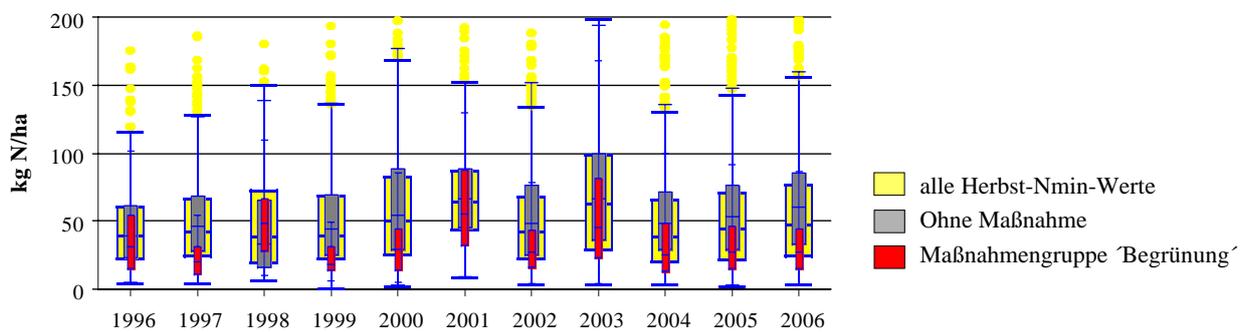
3 Auswertungsmethodik

Der vorliegende Datenpool wurde neben einer deskriptiven Statistik mit zwei unterschiedlichen statistischen Methoden analysiert: Einerseits durch multiple paarweise Vergleiche mit dem Kruskal-Wallis-Test (H -Test) und andererseits durch eine multiple Regressionsanalyse mit Dummy-Variablen. Der H -Test prüft, ob sich die Mittelwerte der Stichproben signifikant unterscheiden (Hartung et al., 2002). Dabei sind keine Normalverteilung (nur stetige Verteilung) und keine gleichen Reihenlängen gefordert. Der p -Level (oder α -Fehler) beschreibt das Signifikanzniveau (Irrtumswahrscheinlichkeit), auf dem die Stichproben unterschieden werden können. Bei diesen Stichproben handelt es sich jeweils um zwei vergleichbare Gruppen (Paarvergleiche), die denselben Standort- und Bewirtschaftungseinfluss haben, aber entweder mit oder ohne Wasserschutzmaßnahme durchgeführt wurden. Ergänzend hierzu wurde eine Regressionsanalyse mit Dummy-Variablen (Urban et al., 2006) durchgeführt. Dadurch kann sowohl der Maßnahmeneffekt als auch der Jahreseinfluss quantifiziert und ein Modell abgeleitet werden. Das Bestimmtheitsmaß des Modells gibt an, welcher Anteil der Varianz bei gegebener Irrtumswahrscheinlichkeit erklärt werden kann.

4 Ergebnisse

Die deskriptive Statistik gibt einen Überblick über die Mittelwerte, Mediane, Quartile und ein Maß für die Streuung der Werte innerhalb einer Gruppe. In Tabelle 4 sind alle Einzelergebnisse zusammengefasst und mit den Kennzahlen der 'multiple paarweise Vergleiche' gekoppelt. Die nachfolgende Box-Whisker-Darstellung vermittelt einen Eindruck über die große Streubreite der gemessenen Werte und die relativen Unterschiede zwischen den Jahren (1996-2006), die aus den unterschiedlichen Witterungsverläufen resultieren. Die Boxen zeigen jeweils das untere und obere Quartil, sowie den Median. 50 % der Werte liegen also jeweils innerhalb der Box. Die breiten Boxen basieren auf der Gesamtstichprobe aller gemessenen Herbst- N_{\min} -Werte (sowohl mit als auch ohne Maßnahme) in den jeweiligen Jahren, die schmalen Boxen berücksichtigen nur Werte aus der Maßnahmenkategorie 'Zwischenfrucht' und die Boxen mittlerer Breite beschreiben die Messwerte ohne Maßnahme. Hier lässt sich schon visuell der Maßnahmeneffekt des Zwischenfruchtanbaus erkennen, der im folgenden Kapitel quantifiziert wird.

Die durch eine durchgehende Linie dargestellten 'Whiskers' zeigen den Bereich der Extremwerte an, der maximal 1,5 Quartile lang ist.

Abbildung 2: Box-Whisker-Plot der gemessenen N_{\min} -Werte von 1996 bis 2006

Quelle: Eigene Berechnungen.

4.1 Multiple paarweise Vergleiche

In einer statistischen Auswertung mit dem Kruskal-Wallis-Test wurde untersucht, ob signifikante Unterschiede der Herbst- N_{\min} -Werte zwischen zwei Gruppen (mit und ohne Maßnahme) bestehen. Der gesamte Datensatz wurde dabei neun Mal in unterschiedlichster Weise geschichtet, so dass insgesamt 304 Untergruppen getestet werden konnten. Als Schichtungselemente dienen 4 verschiedene Standorte (Böden mit hoher oder geringer NAG kombiniert mit hohen oder geringen Niederschlagssummen), 4 Betriebstypen (Marktfucht, Futterbau, Veredelung, andere) und 13 Fruchtartenkategorien sowie Kombinationen aus diesen Elementen. Jede Untergruppe besteht aus zwei Datensätzen: mit und ohne Maßnahme.

In der ersten Bewertungsgruppe (Schichtung nach Maßnahmen) sind aufgrund großer Stichproben alle Maßnahmengruppen signifikant von den Beprobungsflächen ohne Maßnahmen zu unterscheiden (vgl. Tabelle 2). Große positive Effekte weisen die Maßnahmen Begrünung, Grünland, Landnutzungsänderung und Düngemanagement auf.

Die Maßnahmen, die auf ein verbessertes Wirtschaftsdünger-Management abzielen, erscheinen in dieser Auswertung eher als contraproduktiv. Bei der Interpretation dieser Werte ist allerdings zu achten, dass die miteinander verglichenen Stichproben z. T. unterschiedlichen Rahmenbedingungen unterliegen, die in dieser pauschalen Auswertung nicht berücksichtigt wurden. So weisen im Beispiel 'Wirtschaftsdüngermanagement' Flächen mit Maßnahme eine andere Historie bzw. Hintergrundbelastung auf, als die Flächen ohne Maßnahme: Flächen mit z. T. langjähriger Wirtschaftsdünger-Ausbringung werden mit Flächen überwiegend ganz ohne Wirtschaftsdünger-Ausbringung verglichen. Deshalb wurden weitere Gruppierungskriterien (sog. Schichtungsebenen) in die Auswertung einbezogen. So kann ein positiver Effekt der Wirtschaftsdünger-Maßnahmen für Herbst- N_{\min} -Werte nach Wintergetreide festgestellt werden. Dieser ist allerdings nicht signifikant (s. Maßnahme 6.1). Hierzu sollten weitere Untersuchungen folgen.

Die Kombination der N-Minderung mit einem mittleren Entgelt je Maßnahmengruppe gibt die Spannweite der Kostenwirksamkeit wieder. Die Angaben in Euro pro kg N-Minderung beziehen sich nur auf das Wasserschutzziel und berücksichtigen nicht, dass evtl. weitere Umweltleistungen (z. B. Biodiversität) damit erbracht werden. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der ersten Schichtungsebene und zwei Beispiele für tiefer gegliederte Stichproben. Im Anhang sind die Ergebnisse aller Schichtungsebenen aufgelistet.

Tabelle 2: Ergebnis der multiplen paarweise Vergleiche zur Maßnahmenwirkung (Maßnahmengruppen und Schichtungsbeispiele für einen Mit-/Ohne-Vergleich)

	Maßnahmen- gruppe	α -Fehler	Stichproben- umfang		Median mit Maß- nahme	Differenz (N _{min} - Minde- rung)	mittleres Entgelt	Kosten- wirk- samkeit
			mit Maßn.	ohne Maßn.	[kg N/ha]	[kg N/ha]			[€/ha]	[€/kg N]
1	Begrünung	< 0,0001	1209	4715	29	23	80-120	3,5-5,2
2	Fruchtfolge	0,0004	370	4715	44	8	100-200	12,5-25
3	Bodenbearbeitung	0,0248	528	4715	49	4	25-50	6,3-12,5
4	Grünland	< 0,0001	80	4715	24	28	25-70	0,9-2,5
5	N-Mineraldüngung	0,0005	876	4715	47	5	75-100	15-20
6	Wirtschaftsdünger	0,0026	555	4715	58	-6	30-50	-
6.1	Wirtschaftsdünger / Wi-Getreide	0,1723	235	1818	52	2	-	-
7	Landnutzungsände- rung	< 0,0001	169	4715	14	38	150-300	3,9-7,9
9	Düngemanagement	< 0,0001	76	4715	24	29	-	-
9.1	Düngemanagment / Marktfruchtbetrie- be / NAG <3 / <600mm Nieder- schlag	< 0,0001	21	933	18	33	-	-

Quelle: Eigene Berechnungen.

4.2 Abgrenzung der Maßnahmenwirkung von anderen Einflussfaktoren durch eine Regressionsanalyse

Die Ableitung eines Regressionsmodells erfolgte schrittweise, so dass nur die Variablen mit signifikantem Einfluss auf das Ergebnis (Signifikanzniveau: 0,05) ausgewiesen werden. Dabei ist festzustellen, dass nicht alle Jahre und auch nicht alle Fruchtarten signifikanten Einfluss auf das Ergebnis haben.

Die hier untersuchten Einflussfaktoren Maßnahme, Anbaufrucht, Standort, Betriebstyp und Einzeljahr (Witterungsverlauf) lassen sich entweder nicht zahlenmäßig ausdrücken, oder die zugrunde liegenden Zahlenwerte (z. B. mittlere Austauschhäufigkeit nach DIN 19732) wurden durch Klassenbildung zusammengefasst. Die Regressionsanalyse wurde daher mit Dummy-Variablen durchgeführt. Dabei entsprechen die berechneten Regressionskoeffizienten jeweils einem absoluten Wert mit der Einheit [kg N/ha]. Alle Regressionskoeffizienten sind für die zu schätzenden Kombinationen additiv zu werten. Das Bestimmtheitsmaß (R^2) von nur 0,19 zeigt aber auch, dass das Modell keinen hohen Erklärungsgehalt hat.

Die Regressionskoeffizienten der Maßnahmen weisen mittlere Niveaus für die Herbst- N_{\min} -Werte aus, die mit Zu- und Abschlägen für bestimmte Jahre und Fruchtarten sowie jeweils ein Koeffizient für Boden und Betriebstyp belegt werden können. Während die meisten Variablen eine erhöhende Wirkung haben, wurden Abschläge für das Jahr 1999, für Bracheflächen, unbestimmtes Ackerland, Grünland und Zuckerrüben ermittelt (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Ergebnis einer multiplen Regressionsanalyse mit Dummy-Variablen

Variable	Regressionskoeffizient	<i>mit/ohne Vergleich</i>	Standardfehler	Pr > F
ohne Maßnahme	52,10	-	1,17	< 0,001
Maßnahme 1 (Begrünung)	29,97	-22,14	1,49	< 0,001
Maßnahme 2 (Fruchtfolge)	39,90	-12,20	2,27	< 0,001
Maßnahme 3 (Bodenbearbeitung)	37,62	-14,48	1,96	< 0,001
Maßnahme 4 (Grünland)	30,27	-21,83	4,50	< 0,001
Maßnahme 5 (N-Mineraldüngung)	44,41	-7,70	1,50	< 0,001
Maßnahme 6 (Wirtschaftsdünger)	49,40	-2,70	1,95	< 0,001
Maßnahme 7 (Landnutzungsänderung)	31,79	-20,32	3,59	< 0,001
Maßnahme 9 (Düngemanagement)	15,92	-36,19	4,64	0,0006
Böden mit hoher FK	3,93		0,94	< 0,001
Jahr 1997	4,42		2,01	0,028
Jahr 1999	-4,34		1,80	0,0163
Jahr 2000	7,85		1,72	< 0,001
Jahr 2001	14,04		2,19	< 0,001
Jahr 2003	18,98		1,21	< 0,001
Jahr 2006	4,15		1,31	0,0015
Viehbetriebe	1,95		0,95	0,0403
Acker unbestimmt	-8,41		1,86	< 0,001
Brache	-23,26		2,39	< 0,001
Eiweißpflanzen	18,46		6,50	0,0045
Futterpflanzen	-17,64		2,93	< 0,001
Gemüse	50,95		3,42	< 0,001
Kartoffeln	18,23		1,97	< 0,001
Mais	28,02		1,42	< 0,001
Raps	12,82		1,91	< 0,001
Sommergetreide	3,85		1,70	0,0232
Zuckerrüben	-17,45		1,77	< 0,001

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die von Schweigert et al. (2004), Schweigert und van der Ploeg (2002) festgestellten Zusammenhänge zwischen Herbst- N_{\min} und September- und Oktoberniederschlag bzw. Oktobertemperatur konnten in dieser Auswertung nicht belegt werden.

5 Diskussion

Sowohl die Ergebnisse der multiple paarweise Vergleiche als auch das Regressionsmodell zeigen signifikante Einflussgrößen auf die Herbst- N_{\min} -Werte. An erster Stelle ist die Aggregationsebene der Maßnahmengruppen 1 bis 7 und 9 zu nennen, die aufgrund ihres großen Stichprobenumfangs bei der Regressionsanalyse in allen Fällen einen signifikanten Herbst- N_{\min} -Minderungseffekt zeigte. Im Paarvergleich lässt sich eine Herbst- N_{\min} -Minderung jedoch nicht bei allen Maßnahmen nachweisen, wenn nicht auch die Randbedingungen Anbaufrucht, Betriebstyp etc. berücksichtigt werden. Die Berücksichtigung der relevanten Einflussgrößen führt hierbei jedoch z. T. zu sehr kleinen Stichproben, deren Analyse nicht mehr zu signifikanten Ergebnissen führt.

Dies gilt insbesondere für die Maßnahmengruppe des Wirtschaftsdünger-Managements. Dabei müssen zunächst die Einzelmaßnahmen in Kombination mit der Fruchtart und ggf. auch mit dem Betriebstyp ausgewertet werden. In diesem Zusammenhang wäre eine Zusatzinformation über die Höhe des Wirtschaftsdüngereinsatzes von besonderer Bedeutung. Des Weiteren wird es zukünftig notwendig sein, einzelne Maßnahmen -anstatt wie hier Maßnahmengruppen- auszuwerten. Ein weiterer Punkt, der in der vorliegenden Auswertung noch nicht berücksichtigt wurde, ist der Einfluss der jährlich schwankenden Witterung und die damit in Zusammenhang stehenden Unschärfen in den Ergebnissen, da die Anzahl der Beprobungen über die Jahre nicht einheitlich erfolgte.

6 Ausblick

Da die Herbst- N_{\min} -Methode aktuell die günstigste bodenanalytische Untersuchungsmethode für die Erfolgskontrolle von Grundwasserschutz-Maßnahmen und das Gebietsmonitoring darstellt, werden auch in Zukunft voraussichtlich in beträchtlichem Umfang Herbst- N_{\min} -Untersuchungen durchgeführt werden.

Die massenstatistische Auswertung von Herbst- N_{\min} -Werten bietet in zweierlei Hinsicht ein wichtiges Erkenntnispotenzial:

- Der Paarvergleich (Gruppenvergleich) ermöglicht eine fundierte Bewertung der quantitativen Maßnahmenwirkung.
- Durch die Regressionsanalyse mit Dummy-Variablen kann der Einfluss der Rahmenbedingungen quantitativ erfasst werden: Jahres- bzw. Witterungseffekt, langjährige

Wirtschaftsdünger-Ausbringung und andere Einflüsse können im Prinzip als 'Korrekturwerte' (in kg N/ha) ermittelt werden. Hierdurch lässt sich in Zukunft möglicherweise die Vergleichbarkeit von Herbst- N_{\min} -Werten für das Maßnahmen- und Gebiets-Monitoring (Trendermittlung) entscheidend verbessern.

Die hier durchgeführte Datenanalyse lieferte signifikante Ergebnisse für die wichtigsten Grundwasserschutz-Maßnahmengruppen. Weitere Auswertungen von N_{\min} -Werten sollten darauf angelegt sein, mehr Detailschärfe in den Stichproben abzubilden. Beispielsweise sollte der Paarvergleich nicht nur für Maßnahmengruppen, sondern für Einzelmaßnahmen durchgeführt werden; worauf dann auch eine exaktere Kostenwirksamkeitsanalyse aufbauen kann. Hierzu müsste jedoch ein größerer Datenfundus genutzt werden, um auch bei Gruppierung nach den wichtigsten Rahmenbedingungen einen ausreichend großen Stichprobenumfang innerhalb eines Samples zu haben.

Die hier exemplarisch aufgezeigten Auswertungsmöglichkeiten sollten verstärkt genutzt werden, um sowohl die bereits vorhandenen Herbst- N_{\min} -Datenbestände, als auch die zukünftig erhobenen Herbst- N_{\min} -Ergebnisse besser zu verwerten.

Literatur

- Hartung, J., Elpelt, B. und Kösemer, H.-K. (2002): Statistik - Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. München Wien.
- NLÖ - Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (Hrsg.) (2003): Vorläufige Empfehlungen zur Durchführung von Herbst-N_{min}-Programmen. Grundwasser [Bd. 3], S. 15. Hildesheim. (Neuaufgabe 2007 in Fertigstellung)
- Schweigert, P., Pinter, N. und van der Ploeg, R.R. (2004): Regression analyses of weather effects on the annual concentrations of nitrate in soil and groundwater. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde / J.Plant Nutr.Soil Sci. 167, S. 309-318.
- Schweigert, P. und van der Ploeg, R.R. (2002): N-Effizienz der landwirtschaftlichen Produktion in der Bundesrepublik Deutschland nach 1950: Fakten und Bewertung. Berichte über Landwirtschaft 80, [2], S. 185-212.
- Urban, D. und Mayerl, J. (2006): Regressionsanalyse - Theorie, Technik und Anwendung. Wiesbaden.

Anhang

Statistische Auswertung

Statistische Auswertung

In der ersten Spalte stehen die Nummern der Maßnahmengruppen 1-9, wobei für die Maßnahmengruppe 8 (Wasserbau) keine N_{\min} -Werte existieren, so dass diese hier nicht gelistet ist. Die Spalte 2 'Gruppe' bezeichnet das Schichtungselement: Standort - n0=Niederschlag < 600 mm, n1=Niederschlag \geq 600 mm, b0= Austauschhäufigkeit des Bodenwassers nach DIN 19732 > 1, b1 entspricht $AH \leq 1$ Betriebstyp - F=Futterbau, M=Marktfrucht, V=Veredelung, X=Andere, o-Vieh=ohne Vieh, mVieh=mit Vieh und Fruchtartengruppe. In Spalte 3 stehen die Signifikanzniveaus: fett gedruckte Werte zeigen Gruppen mit einem alpha-Fehler < 5 %. Die Gruppen, die keine signifikanten Unterschiede aufweisen, haben meist geringe Stichprobenumfänge. In einigen Fällen wurde ein negativer Maßnahmeneffekt festgestellt (positive Differenzen im Mittelwert- und Median-Vergleich, fett gedruckt).

Entscheidend für die Maßnahmen-Bewertung ist der in der letzten Spalte angegebene Median-Vergleich. Ergänzend sind die Mittelwerte und der Mittelwert-Vergleich dargestellt.

Maßnahme	Gruppe	α	Stichprobenumfang (mit M.)	Stichprobenumfang (ohne M.)	Mittelwert (mit M.)	Standardabweichung (mit M.)	Mittelwert-Vergleich (mit-ohne M.)	Median-Vergleich (mit-ohne M.)
Alle Beprobungen nach Maßnahmen sortiert:								
1 (Begrünung)		<0,0001	1209	4715	43	42	18	23
2 (Fruchtfolge)		0,0004	370	4715	53	37	8	8
3 (Bodenbearbeitung)		0,0248	528	4715	56	41	5	4
4 (Grünland)		<0,0001	80	4715	39	42	22	28
5 (N-Mineraldüngung)		0,0005	876	4715	55	38	6	5
6 (Wirtschaftsdünger)		0,0026	555	4715	65	41	-4	-6
7 (Landnutzungsänderung)		<0,0001	169	4715	20	19	41	38
9 (Düngemanagement)		<0,0001	76	4715	33	26	29	29
Schichtung nach Maßnahmen und Standort:								
1	n0b0	<0,0001	655	2710	36	34	24	27
1	n0b1	<0,0001	140	983	38	33	21	23
1	n1b1	<0,0001	414	1018	56	51	12	17
2	n0b0	<0,0001	279	2710	48	35	12	16
2	n0b1	0,7209	12	983	65	48	-6	-19
2	n1b1	0,1466	79	1018	70	38	-3	-8
3	n0b0	0,2789	327	2710	56	39	3	2
3	n0b1	0,0001	77	983	46	54	13	20
3	n1b0	0,2403	2	4	67	10	12	17
3	n1b1	0,8849	122	1018	62	37	5	0
4	n0b0	<0,0001	37	2710	36	34	24	27
4	n0b1	0,4290	16	983	56	49	3	11
4	n1b1	<0,0001	27	1018	35	44	33	38
5	n0b0	0,0168	810	2710	55	38	5	4
5	n0b1	0,2676	65	983	53	37	6	3
5	n1b1	0,1509	1	1018	136	0	-69	-80
6	n0b0	0,0012	473	2710	65	41	-5	-7

Maßnahme	Gruppe	α	Stichprobenumfang (mit M.)	Stichprobenumfang (ohne M.)	Mittelwert (mit M.)	Standardabweichung (mit M.)	Mittelwert-Vergleich (mit-ohne M.)	Median-Vergleich (mit-ohne M.)
6	n0b1	0,0597	82	983	66	40	-7	-7
7	n0b0	<0,0001	144	2710	19	17	41	37
7	n0b1	0,0035	19	983	36	31	23	22
7	n1b1	0,0007	6	1018	16	4	52	43
9	n0b0	<0,0001	48	2710	30	24	30	29
9	n0b1	0,0039	28	983	38	27	21	15
Schichtung nach Maßnahmen und Bodenklasse:								
1	b0	<0,0001	655	2714	36	34	24	27
1	b1	<0,0001	554	2001	51	48	12	16
2	b0	<0,0001	279	2714	48	35	12	17
2	b1	0,0289	91	2001	69	39	-6	-12
3	b0	0,2964	329	2714	57	39	3	3
3	b1	0,0271	199	2001	56	45	7	5
4	b0	<0,0001	37	2714	36	34	24	28
4	b1	<0,0001	43	2001	43	47	20	26
5	b0	0,0154	810	2714	55	38	5	5
5	b1	0,1194	66	2001	54	38	9	5
6	b0	0,0013	473	2714	65	41	-5	-7
6	b1	0,2382	82	2001	66	40	-3	-5
7	b0	<0,0001	144	2714	19	17	41	38
7	b1	<0,0001	25	2001	31	28	32	37
9	b0	<0,0001	48	2714	30	24	30	30
9	b1	0,0014	28	2001	38	27	25	17
Schichtung nach Maßnahmen und Niederschlagsklasse:								
1	n0	<0,0001	795	3693	36	34	23	26
1	n1	<0,0001	414	1022	56	51	12	17
2	n0	<0,0001	291	3693	48	36	11	16
2	n1	0,1521	79	1022	70	38	-3	-7
3	n0	0,0079	404	3693	55	43	5	5
3	n1	0,9016	124	1022	62	36	5	1
4	n0	<0,0001	53	3693	42	40	18	27
4	n1	<0,0001	27	1022	35	44	33	38
5	n0	0,0091	875	3693	55	38	5	4
5	n1	0,1506	1	1022	136	0	-69	-79
6	n0	0,0002	555	3693	65	41	-5	-7
7	n0	<0,0001	163	3693	21	20	39	37
7	n1	0,0007	6	1022	16	4	52	43
9	n0	<0,0001	76	3693	33	26	27	28
Schichtung nach Maßnahmen und Vorfrucht:								
1	Acker unbest.	0,4046	11	568	78	78	-31	8
1	Brache	0,0019	99	141	20	25	10	6
1	Eiweißfrucht	0,2056	4	25	43	31	37	25
1	Feldfutter	0,0009	27	91	19	10	24	15
1	Gemüse	0,1783	34	84	125	97	25	34
1	Grünland	0,0200	4	257	15	17	47	34
1	Kartoffel	<0,0001	53	345	53	42	23	33
1	Mais	0,0366	165	373	79	47	9	9
1	Raps	<0,0001	70	251	37	33	40	47
1	So-Getreide	<0,0001	140	261	34	29	30	30
1	Wi-Getreide	<0,0001	598	1818	35	26	27	27

Maßnahme	Gruppe	α	Stichprobenumfang (mit M.)	Stichprobenumfang (ohne M.)	Mittelwert (mit M.)	Standardabweichung (mit M.)	Mittelwert-Vergleich (mit-ohne M.)	Median-Vergleich (mit-ohne M.)
1	ZRübe	0,5794	3	487	38	13	2	-1
1	sonstige	0,3173	1	6	77	0	-16	-19
2	Acker unbest.	0,7749	3	568	52	39	5	3
2	Brache	0,2456	7	141	15	9	15	4
2	Eiweißfrucht	0,2051	1	25	27	0	54	37
2	Feldfutter	0,1640	15	91	44	50	-1	17
2	Kartoffel	0,5941	10	345	67	39	10	0
2	Mais	0,1625	101	373	77	37	10	1
2	Raps	<0,0001	8	251	22	11	55	51
2	So-Getreide	0,1367	92	261	53	37	12	9
2	Wi-Getreide	<0,0001	91	1818	39	27	23	22
2	ZRübe	0,4876	40	487	35	23	5	2
2	sonstige	0,7389	2	6	85	60	-23	-26
3	Acker unbest.	0,3174	5	568	76	61	-30	-21
3	Brache	0,0658	2	141	86	64	-56	-68
3	Eiweißfrucht	0,8413	1	25	60	0	21	4
3	Feldfutter	0,1812	1	91	90	0	-47	-60
3	Gemüse	0,9762	7	84	128	146	-28	-7
3	Kartoffel	0,0174	10	345	47	34	30	38
3	Mais	0,0019	178	373	73	37	15	10
3	Raps	0,0167	68	251	62	29	14	10
3	So-Getreide	0,9409	23	261	58	37	7	5
3	Wi-Getreide	<0,0001	193	1818	41	33	21	25
3	ZRübe	0,0052	40	487	33	29	8	11
4	Feldfutter	0,3719	3	91	22	12	21	6
4	Grünland	0,0005	77	257	40	42	22	18
5	Acker unbest.	0,9680	10	568	48	38	-1	9
5	Brache	0,9110	2	141	23	21	7	5
5	Feldfutter	0,5593	1	91	22	0	21	8
5	Gemüse	0,5148	3	84	145	116	-45	-109
5	Grünland	0,6674	1	257	61	0	1	-19
5	Kartoffel	0,5273	20	345	77	36	-1	-13
5	Mais	0,1586	103	373	79	42	9	6
5	Raps	0,0259	43	251	61	35	15	15
5	So-Getreide	0,0023	64	261	47	44	17	17
5	Wi-Getreide	<0,0001	621	1818	51	35	11	10
5	ZRübe	0,8322	8	487	39	21	1	5
6	Acker unbest.	0,0212	3	568	100	43	-54	-56
6	Brache	0,1585	2	141	44	0	-14	-26
6	Feldfutter	0,0173	23	91	28	29	15	16
6	Gemüse	0,7444	1	84	67	0	33	19
6	Grünland	0,1306	47	257	45	37	17	16
6	Kartoffel	0,3492	7	345	95	58	-19	-31
6	Mais	0,8378	145	373	83	40	4	1
6	Raps	0,7164	39	251	77	43	-0	-5
6	So-Getreide	0,4861	42	261	68	47	-3	-5
6	Wi-Getreide	0,1723	235	1818	57	33	5	2
6	ZRübe	0,0055	11	487	76	48	-36	-41
7	Acker unbest.	0,1044	2	568	17	6	29	22
7	Brache	0,0017	109	141	17	17	13	5

Maßnahme	Gruppe	α	Stichprobenumfang (mit M.)	Stichprobenumfang (ohne M.)	Mittelwert (mit M.)	Standardabweichung (mit M.)	Mittelwert-Vergleich (mit-ohne M.)	Median-Vergleich (mit-ohne M.)
7	Feldfutter	<0,0001	38	91	19	15	25	16
7	Grünland	0,4297	12	257	42	27	20	10
7	Raps	0,4705	1	251	53	0	23	16
7	So-Getreide	0,7369	2	261	65	42	-0	-11
7	Wi-Getreide	0,0672	5	1818	34	27	28	28
9	Acker unbest.	0,4838	1	568	25	0	21	14
9	Brache	0,8409	6	141	26	20	4	-5
9	Eiweißfrucht	0,1335	6	25	47	36	34	29
9	Gemüse	0,0061	8	84	30	17	70	58
9	Grünland	0,0046	7	257	17	15	45	33
9	Kartoffel	0,0002	8	345	30	20	46	47
9	Mais	0,4402	2	373	60	17	28	17
9	So-Getreide	0,0002	24	261	32	26	33	32
9	Wi-Getreide	0,0198	14	1818	39	31	23	25
Schichtung nach Maßnahmen und Betriebstyp:								
1	F	<0,0001	456	1383	49	40	16	18
1	M	<0,0001	378	1562	33	31	27	28
1	V	<0,0001	107	507	33	27	31	31
1	X	<0,0001	268	1259	52	56	7	17
2	F	0,5136	129	1383	59	37	5	3
2	M	<0,0001	143	1562	45	36	15	18
2	V	0,3049	75	507	57	36	7	4
2	X	0,8014	23	1259	60	47	0	7
3	F	0,2641	171	1383	67	49	-3	-1
3	M	<0,0001	191	1562	40	32	19	21
3	V	0,1382	87	507	66	36	-3	-10
3	X	0,4417	79	1259	61	38	-1	-9
4	F	<0,0001	60	1383	38	40	26	31
4	M	0,8442	7	1562	56	44	3	1
4	V	0,0433	2	507	17	10	46	37
4	X	0,0152	11	1259	40	51	20	26
5	F	0,0360	219	1383	58	43	7	8
5	M	0,0213	382	1562	53	37	6	4
5	V	0,0309	186	507	55	36	8	4
5	X	0,9884	89	1259	57	37	2	1
6	F	0,3235	190	1383	59	39	5	2
6	M	0,3471	46	1562	63	42	-4	-14
6	V	0,1870	200	507	65	37	-2	-6
6	X	0,0002	119	1259	75	47	-16	-15
7	F	<0,0001	43	1383	23	21	41	40
7	M	<0,0001	47	1562	15	11	44	37
7	V	<0,0001	37	507	28	20	36	33
7	X	<0,0001	42	1259	17	22	43	40
9	F	0,3850	2	1383	78	20	-14	-23
9	M	<0,0001	46	1562	32	25	27	27
9	V	0,1060	1	507	11	0	52	43
9	X	0,0001	27	1259	32	25	28	26
Schichtung nach Maßnahmen und Betriebstyp sowie Standort:								
1	F n0b0	<0,0001	174	890	42	38	22	25
1	F n0b1	0,0002	39	131	31	24	28	19

Maßnahme	Gruppe	α	Stichprobenumfang (mit M.)	Stichprobenumfang (ohne M.)	Mittelwert (mit M.)	Standardabweichung (mit M.)	Mittelwert-Vergleich (mit-ohne M.)	Median-Vergleich (mit-ohne M.)
1	F n1b1	0,0052	243	361	56	41	11	17
1	M n0b0	<0,0001	258	933	31	30	29	31
1	M n0b1	<0,0001	72	436	42	37	15	19
1	M n1b1	<0,0001	48	193	30	29	34	36
1	V n0b0	<0,0001	89	354	31	25	28	29
1	V n0b1	0,0005	11	73	32	25	39	42
1	V n1b1	0,1899	7	80	51	49	23	23
1	X n0b0	<0,0001	134	531	42	39	12	16
1	X n0b1	0,0373	18	343	42	35	16	22
1	X n1b1	0,0102	116	382	66	71	2	13
2	F n0b0	0,0023	55	890	45	32	19	20
2	F n0b1	0,1247	1	131	13	0	46	29
2	F n1b1	0,2976	73	361	70	37	-2	-3
2	M n0b0	<0,0001	133	933	42	33	17	20
2	M n0b1	0,4896	8	436	74	55	17	45
2	M n1b1	0,9498	2	193	84	112	-20	-28
2	V n0b0	0,6729	74	354	56	36	3	2
2	V n0b1	0,7431	1	73	76	0	-4	-7
2	X n0b0	0,7938	17	531	59	54	-4	13
2	X n0b1	0,9830	2	343	52	13	7	0
2	X n1b1	0,5581	4	382	69	28	1	22
3	F n0b0	0,6738	106	890	64	42	0	0
3	F n0b1	0,2187	8	131	118	137	-59	-24
3	F n1b1	0,6548	57	361	66	34	1	1
3	M n0b0	<0,0001	110	933	40	34	20	22
3	M n0b1	<0,0001	49	436	36	24	21	21
3	M n1b1	0,0779	31	193	49	35	15	27
3	V n0b0	0,0383	75	354	66	36	7	12
3	V n0b1	0,2351	3	73	47	22	24	22
3	V n1b1	0,5862	9	80	73	35	1	-20
3	X n0b0	0,0450	36	531	65	38	-11	-20
3	X n0b1	0,0778	17	343	42	26	17	19
3	X n1b0	0,3458	1	3	60	0	16	23
3	X n1b1	0,6762	25	382	67	42	1	-16
4	F n0b0	0,0030	24	890	43	41	21	31
4	F n0b1	0,1251	9	131	35	24	24	13
4	F n1b1	<0,0001	27	361	35	44	33	42
4	M n0b0	0,0890	1	933	5	0	55	46
4	M n0b1	0,4890	6	436	65	41	-8	-7
4	V n0b0	0,0464	2	354	17	10	42	35
4	X n0b0	0,0089	10	531	25	7	30	22
4	X n0b1	0,0916	1	343	194	0	-135	-142
5	F n0b0	0,0908	201	890	58	42	6	7
5	F n0b1	0,2055	17	131	49	53	11	3
5	F n1b1	0,1458	1	361	136	0	-69	-76
5	M n0b0	0,0279	341	933	53	38	7	6
5	M n0b1	0,9108	41	436	54	32	2	-2
5	V n0b0	0,2291	183	354	55	36	4	3
5	V n0b1	0,7187	3	73	60	14	12	15
5	X n0b0	0,2591	85	531	58	38	-3	-4

Maßnahme	Gruppe	α	Stichprobenumfang (mit M.)	Stichprobenumfang (ohne M.)	Mittelwert (mit M.)	Standardabweichung (mit M.)	Mittelwert-Vergleich (mit-ohne M.)	Median-Vergleich (mit-ohne M.)
5	X n0b1	0,6736	4	343	46	18	13	9
6	F n0b0	0,6145	162	890	60	39	4	0
6	F n0b1	0,7175	28	131	53	37	6	-10
6	M n0b0	0,3383	43	933	63	42	-4	-9
6	M n0b1	0,8088	3	436	62	47	-5	-26
6	V n0b0	0,0855	168	354	63	35	-4	-7
6	V n0b1	0,6966	32	73	76	42	-4	-1
6	X n0b0	<0,0001	100	531	76	49	-22	-19
6	X n0b1	0,1256	19	343	69	36	-10	-11
7	F n0b0	<0,0001	35	890	20	16	44	40
7	F n0b1	0,6701	6	131	48	33	11	-7
7	F n1b1	0,0396	2	361	12	1	55	49
7	M n0b0	<0,0001	38	933	13	9	47	39
7	M n0b1	0,0063	8	436	25	16	31	24
7	M n1b1	0,2179	1	193	20	0	43	36
7	V n0b0	<0,0001	37	354	28	20	31	31
7	X n0b0	<0,0001	34	531	14	18	41	37
7	X n0b1	0,1425	5	343	37	45	22	45
7	X n1b1	0,0161	3	382	16	4	51	39
9	F n0b0	0,3502	2	890	78	20	-14	-23
9	M n0b0	<0,0001	21	933	25	20	35	33
9	M n0b1	0,0102	25	436	38	28	19	11
9	V n0b0	0,1042	1	354	11	0	48	41
9	X n0b0	0,0008	24	531	31	25	24	23
9	X n0b1	0,3845	3	343	39	27	19	4
Schichtung nach Maßnahmen und Produktionsschwerpunkt (spiegelt Einsatz von Wirtschaftsdünger wider):								
1	mVieh	<0,0001	831	3153	48	45	14	20
1	oVieh	<0,0001	378	1562	33	31	27	28
2	mVieh	0,5054	227	3153	58	37	4	3
2	oVieh	<0,0001	143	1562	45	36	15	18
3	mVieh	0,0252	337	3153	65	43	-3	-7
3	oVieh	<0,0001	191	1562	40	32	19	21
4	mVieh	<0,0001	73	3153	38	41	24	29
4	oVieh	0,8442	7	1562	56	44	3	1
5	mVieh	0,0204	494	3153	57	39	6	5
5	oVieh	0,0213	382	1562	53	37	6	4
6	mVieh	0,0147	509	3153	65	40	-3	-5
6	oVieh	0,3471	46	1562	63	42	-4	-14
7	mVieh	<0,0001	122	3153	22	21	40	38
7	oVieh	<0,0001	47	1562	15	11	44	37
9	mVieh	0,0001	30	3153	34	27	28	29
9	oVieh	<0,0001	46	1562	32	25	27	27
Schichtung nach Maßnahmen und Produktionsschwerpunkt sowie Standort:								
1	mVieh n0b0	<0,0001	397	1777	40	36	20	25
1	mVieh n0b1	<0,0001	68	547	34	27	26	25
1	mVieh n1b1	0,0001	366	825	59	52	9	15
1	oVieh n0b0	<0,0001	258	933	31	30	29	31
1	oVieh n0b1	<0,0001	72	436	42	37	15	19
1	oVieh n1b1	<0,0001	48	193	30	29	34	36
2	mVieh n0b0	0,0393	146	1777	53	37	8	10

Maßnahme	Gruppe	α	Stichprobenumfang (mit M.)	Stichprobenumfang (ohne M.)	Mittelwert (mit M.)	Standardabweichung (mit M.)	Mittelwert-Vergleich (mit-ohne M.)	Median-Vergleich (mit-ohne M.)
2	mVieh n0b1	0,6796	4	547	48	27	12	0
2	mVieh n1b1	0,1663	77	825	70	37	-2	-7
2	oVieh n0b0	<0,0001	133	933	42	33	17	20
2	oVieh n0b1	0,4896	8	436	74	55	-17	-45
2	oVieh n1b1	0,9498	2	193	84	112	-20	-28
3	mVieh n0b0	0,0109	217	1777	65	39	-5	-9
3	mVieh n0b1	0,2838	28	547	64	81	-4	11
3	mVieh n1b0	0,2765	1	4	60	0	19	24
3	mVieh n1b1	0,3718	91	825	67	36	1	-3
3	oVieh n0b0	<0,0001	110	933	40	34	20	22
3	oVieh n0b1	<0,0001	49	436	36	24	21	21
3	oVieh n1b1	0,0779	31	193	49	35	15	27
4	mVieh n0b0	<0,0001	36	1777	37	34	24	28
4	mVieh n0b1	0,1520	10	547	51	55	9	23
4	mVieh n1b1	<0,0001	27	825	35	44	34	38
4	oVieh n0b0	0,0890	1	933	5	0	55	46
4	oVieh n0b1	0,4890	6	436	65	41	-8	-7
5	mVieh n0b0	0,2389	469	1777	57	39	3	3
5	mVieh n0b1	0,0880	24	547	50	45	11	11
5	mVieh n1b1	0,1551	1	825	136	0	-68	-79
5	oVieh n0b0	0,0279	341	933	53	38	7	6
5	oVieh n0b1	0,9108	41	436	54	32	2	-2
6	mVieh n0b0	0,0039	430	1777	65	41	-5	-6
6	mVieh n0b1	0,1453	79	547	66	40	-6	-4
6	oVieh n0b0	0,3383	43	933	63	42	-4	-9
6	oVieh n0b1	0,8088	3	436	62	47	-5	-26
7	mVieh n0b0	<0,0001	106	1777	21	19	39	37
7	mVieh n0b1	0,1286	11	547	43	37	18	19
7	mVieh n1b1	0,0016	5	825	15	4	54	43
7	oVieh n0b0	<0,0001	38	933	13	9	47	39
7	oVieh n0b1	0,0063	8	436	25	16	31	24
7	oVieh n1b1	0,2179	1	193	20	0	43	36
9	mVieh n0b0	0,0001	27	1777	33	28	27	28
9	mVieh n0b1	0,3869	3	547	39	27	21	4
9	oVieh n0b0	<0,0001	21	933	25	20	35	33
9	oVieh n0b1	0,0102	25	436	38	28	19	11

Quelle: Eigene Berechnungen.

IV.
Analysen zur Wirkung
von Agrarumweltzahlungen
auf die Senkung von N-Salden

Bernhard Osterburg (FAL)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	257
2 Datengrundlage	257
3 Auswertungsmethodik	258
4 Ergebnisse	259
4.1 Regressionsanalyse	259
4.2 Multiple paarweise Vergleiche	261
5 Diskussion	264
Literatur	266

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Minderung des N-Saldos in Betriebsgruppen mit Agrarumweltförderung gegenüber Vergleichsgruppe ohne/mit geringer Förderung (geschichtet nach Region, Betriebsform und Dungaufkommen je Hektar)	263
Abbildung 2: Kostenwirksamkeit der Minderung des N-Saldos in Betriebsgruppen mit Agrarumweltförderung	264

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Parameterschätzung zur Erklärung der N-Salden	260

1 Einleitung

Der für die Analyse verwendete Datenbestand einzelbetrieblicher Buchführungsabschlüsse enthält als Merkmale Prämien für ökologischen Landbau, Zahlungen für sonstige Agrarumweltmaßnahmen sowie Ausgleichszahlungen für Umweltauflagen, z. B. in Naturschutzgebieten. Im Folgenden sollen Zusammenhänge zwischen N-Saldo und Agrarumweltzahlungen untersucht werden. Mit Ausnahme des ökologischen Landbaus lassen sich den Merkmalen zur Agrarumweltförderung bzw. zum Ausgleich hoheitlicher Auflagen keine konkreten technisch-organisatorischen Maßnahmen zuordnen. Hinter der Förderung steht eine Vielzahl von Maßnahmen, die auf unterschiedliche Ziele wie z. B. Bodenschutz, Wasserschutz, Naturschutz und Landschaftspflege ausgerichtet sind. Ein Schwerpunkt der Agrarumweltförderung lag im Zeitraum von 1999 bis 2001, für den die Buchführungsabschlüsse vorliegen, auf Grünlandextensivierungsmaßnahmen.

Aufbauend auf die Wirkungen dieser Förderungen hinsichtlich des N-Saldos können Kostenwirksamkeiten in Euro Agrarumweltzahlung je Kilogramm Saldominderung berechnet werden. Aufgrund der vielfältigen Ziele der Agrarumweltförderung ist zu erwarten, dass Kostenwirksamkeiten, die anhand unterschiedlichster Agrarumweltmaßnahmen ermittelt werden, vergleichsweise ungünstiger ausfallen, als wenn nur spezielle Wasserschutzmaßnahmen untersucht würden. Weitere Maßnahmenkosten für Verwaltung und Beratung sind bei der Betrachtung ausgeklammert. Die hier ermittelten Kostenwirksamkeiten für eine Minderung der N-Bilanzüberschüsse lassen sich nicht mit Kostenwirksamkeiten für die Minderung der Herbst- N_{\min} -Werte vergleichen, da sie sich auf einen anderen Zielindikator beziehen.

2 Datengrundlage

Den folgenden statistischen Analysen liegen 29.560 einzelbetriebliche Buchführungsabschlüsse im Zweijahresmittel der Wirtschaftsjahre 1999/2000 und 2000/2001 zugrunde. Der Datensatz und seine Aufbereitung sind in Teil V ausführlich beschrieben. Die Schichtung für die Paaranalysen erfolgt nach den für das Untersuchungsverfahren festgelegten Betriebstypen (Marktfruchtbetriebe mit weniger als 40 kg N/ha aus tierischen Ausscheidungen, Futterbau mit tierischen Ausscheidungen vorwiegend aus der Rinderhaltung, Veredlung mit tierischen Ausscheidungen vorwiegend aus der Schweinehaltung), nach Regionen (Nord: Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen; Mitte: Hessen, Rheinland-Pfalz; Süd: Baden-Württemberg, Bayern; Ost: Sachsen-Anhalt), nach innerbetrieblichem Anfall von Stickstoff aus tierischen Ausscheidungen (Dungaufkommen in 10-kg-Schritten, brutto vor Abzügen für gasförmige Verluste) und nach Betrieben mit und ohne bzw. geringer Agrarumweltförderung.

3 Auswertungsmethodik

Der Datensatz wurde ähnlich wie in der im Teil III dargelegten Vorgehensweise mittels zwei unterschiedlicher statistischer Methoden analysiert, nämlich durch multiple Paarvergleiche mit dem Kruskal-Wallis-Test und durch eine multiple Regressionsanalyse. Beim Paarvergleich handelt es sich jeweils um Betriebe gleichen Typs in der gleichen Region und mit der gleichen N-Menge aus tierischen Ausscheidungen je Hektar (also der gleichen Viehbesatzdichte). Betriebe mit Prämien für Ökolandbau oder sonstigen Agrarumweltzahlungen einschließlich Ausgleichszahlungen einerseits und Betriebe ohne bzw. mit geringer Agrarumweltförderung andererseits bilden jeweils die Vergleichspaare. Untersucht wurde jeweils, ob sich der aus der N-Teilbilanz berechnete N-Bruttobilanz-überschuss zwischen den Vergleichspaaren signifikant unterscheidet. Dabei wurde mit dem Mittelwert gerechnet und nicht mit dem Median, da sich diese Werte i. d. R. kaum unterscheiden.

Bei der Analyse handelt es sich um einen statischen Vergleich für einen Zeitpunkt. Dadurch können unterschiedliche N-Salden identifiziert werden, die bei vergleichbarer Betriebsstruktur im Zusammenhang mit Agrarumweltzahlungen stehen und in erster Linie Ergebnis des Düngemanagements sind. Strukturveränderungen im Zeitablauf in Richtung Extensivierung der Produktion, wie sie durch Agrarumweltzahlungen ausgelöst werden können, sind im Datensatz nicht erkennbar und werden nicht bewertet. Beispielsweise kann es sein, dass Betriebe mit Agrarumweltzahlungen aufgrund der Zahlungen durch Flächenzupacht ihre Viehbesatzdichte gesenkt haben. Der Analyse zugänglich ist aber nur der Viehbesatz im beobachteten Zustand und die dabei auftretenden N-Salden, und nicht eine zuvor durch die Zahlungen möglicherweise ausgelöste Strukturveränderung. Für die Kostenwirksamkeitsanalyse hat dies den Vorteil, dass Verlagerungs- und Verdrängungseffekte aufgrund von Flächenzupacht durch Betriebe mit Agrarumweltzahlungen bei der Bewertung ausgeschlossen werden. Die Aufnahme von Flächen in Extensivierungsbetrieben kann zur „Verdünnung“ der N-Salden führen. Die Verlagerung von „Verdünnungsflächen“ zwischen Betrieben muss aber bei regional gleich bleibenden Viehbeständen nicht zu einer regionalen Minderung des N-Saldos führen, denn der Saldo kann sich in Betrieben erhöhen, denen die „Verdünnungsflächen“ entzogen werden.

Bei der Regressionsanalyse wurde für den gesamten Datensatz und für die regionalen Teilgruppen ein Erklärungsmodell entwickelt, das den jeweils auftretenden N-Bruttobilanz-überschuss durch technische und betriebliche Parameter erklärt. Bei der Mehrheit der verwendeten Variablen handelt es sich um Elemente der N-Zufuhr und N-Abfuhr. Daneben wurden Variablen wie Betriebsgröße, Alter sowie Ausbildungsstand des Betriebsleiters getestet. Schließlich wurden auch die Variablen Prämien für ökologischen Landbau, sonstige Agrarumweltzahlungen und Ausgleichszahlungen, jeweils in Euro pro Hektar, im Modell verwendet, um den Zusammenhang zwischen Zahlungen und N-Bilanzüberschuss zu ermitteln.

In Betrieben mit Grünlandextensivierung und ökologischem Landbau kann die legume N-Bindung durch Weißklee gegenüber den Betrieben der Vergleichsgruppe mit Mineraldüngung deutlich zunehmen, was aus Wasserschutzsicht als kritisch angesehen wird. Die tatsächliche legume N-Bindung kann aber nicht direkt den Betriebsabschlüssen entnommen werden und ist selbst in der Praxis nur schwer zu quantifizieren. Deshalb wurde die N-Teilbilanz einmal ohne legume N-Bindung und einmal mit einer vergleichsweise hohen Einschätzung der legumen N-Zufuhr berechnet. In Betrieben mit Grünland ohne Mineraldüngereinsatz wird mit einer N-Bindung von 65 kg N/ha Grünland gerechnet, die mit Zunahme der Mineraldüngung sinkt. Ab ca. 30 kg Mineraldünger-N-Zufuhr je Hektar liegt die legume N-Bindung nur bei 10 kg/ha Grünland, da Mineraldüngung den Weißklee verdrängt. Diesen Schätzungen liegen Daten von Scheringer und Isselstein (2001a und 2001b) sowie Anger (1997) zugrunde. Hinzu kommt bei ökologischem Landbau die Annahme, dass nicht genutzte Flächenstilllegung mit Klee gras begrünt wird, welches mit einer legumen N-Bindung von 135 kg/ha angerechnet wird. Da Grünlandbetriebe die legume N-Bindung auch auf Einzelflächen fördern können, ist die Abschätzung der legumen N-Zufuhr mit Hilfe des durchschnittlichen Düngungsniveaus des Gesamtbetriebs für viele Grünlandbetriebe mit Unsicherheiten behaftet. Betriebe des ökologischen Landbaus werden allerdings durch den Berechnungsansatz mit einer vergleichsweise hohen legumen N-Bindung kalkuliert.

4 Ergebnisse

4.1 Regressionsanalyse

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Regressionsanalyse. Die linke Tabellenhälfte beschreibt die Modellparameter für den N-Teilsaldo ohne legume N-Bindung, die rechte Hälfte steht entsprechend für den N-Teilsaldo mit legumer N-Bindung. Alle Parameter sind so ausgewiesen, dass eine Minderung der Bilanz als positiver Koeffizient erscheint, ein negativer Wert also eine Erhöhung des Bilanzüberschusses anzeigt. Zur Interpretation der Koeffizienten wird nicht der genaue Wert betrachtet, sondern deren Größenordnung, das Vorzeichen und das Signifikanzniveau des Koeffizienten. Schätzparameter, die bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von <5% von 0 unterschieden sind, werden in der Tabelle fett gedruckt dargestellt.

Tabelle 1: Parameterschätzung zur Erklärung der N-Salden

Region		alle	Nord	Mitte	Süd	Ost	alle	Nord	Mitte	Süd	Ost
Betriebszahl		29.560	14.334	2.960	11.871	397	29.560	14.334	2.960	11.871	397
R ²		0,69	0,71	0,53	0,72	0,29	0,69	0,71	0,53	0,70	0,24
Variable	Einheit	Parameterschätzungen (kg N/ha) zur Erklärung der N-Bilanz ¹⁾ (mineralische N-Zufuhr + Wirtschaftsdünger, ohne legume N-Bindung)					Parameterschätzungen (kg N/ha) zur Erklärung der N-Bilanz (mineralische N-Zufuhr + Wirtschaftsdünger + legume N-Bindung) ²⁾				
Achsenabschnitt	0/1	-52,90	-75,07	-41,93	-27,39	-70,21	-63,02	-77,49	-49,08	-39,23	-84,30
Dummy Nord	0/1	-11,81	.	.	.	.	-8,52	.	.	.	.
Dummy Mitte	0/1	-1,52	.	.	.	.	0,18	.	.	.	.
Dummy Süd	0/1	8,70	.	.	.	.	12,53	.	.	.	.
Dummy Ost	0/1	0,00	.	.	.	.	0,00	.	.	.	.
org.N Rinder	kg N/ha	-1,10	-1,19	-1,23	-0,92	-1,05	-1,03	-1,08	-1,26	-0,94	-0,96
org. N Schweine	kg N/ha	-0,84	-0,84	-0,88	-0,83	-0,84	-0,93	-0,94	-0,92	-0,90	-0,89
org. N Geflügel	kg N/ha	-0,79	-0,78	-0,73	-0,87	-5,59	0,20	0,21	0,26	0,12	-2,61
org.N Schafe und Pferde	kg N/ha	-1,02	-1,14	-0,91	-0,93	-0,90	-1,09	-1,18	-0,94	-1,07	-0,80
N-Abfuhr Winterweizen	kg N/ha	0,11	0,23	0,04	-0,15	0,25	0,15	0,25	0,04	-0,05	0,36
N-Abfuhr Sommerweizen	kg N/ha	0,43	0,33	0,62	0,38	-1,32	0,37	0,25	0,39	0,39	-1,38
N-Abfuhr Roggen	kg N/ha	0,21	0,28	-0,74	-0,25	0,15	0,31	0,35	-0,66	-0,14	0,36
N-Abfuhr Wintergerste	kg N/ha	0,29	0,37	0,14	0,06	0,41	0,46	0,51	0,24	0,26	0,48
N-Abfuhr Sommergerste	kg N/ha	0,14	0,40	0,33	-0,11	0,52	0,24	0,49	0,42	0,01	0,73
N-Abfuhr Hafer	kg N/ha	0,83	1,13	2,10	0,80	0,35	0,96	1,06	2,26	1,01	1,44
N-Abfuhr Körnermais	kg N/ha	-0,36	-0,78	-1,06	-0,78	1,03	-0,21	0,71	-0,83	-0,54	1,04
N-Abfuhr sonstiges Getreide	kg N/ha	0,41	0,46	0,05	-0,06	0,07	0,51	0,57	0,06	0,03	0,35
N-Abfuhr Raps	kg N/ha	-0,19	0,23	-0,26	-0,32	0,01	-0,07	0,27	-0,16	-0,17	-0,05
N-Abfuhr sonstg. Ölsaaten	kg N/ha	-2,60	-0,09	-2,17	-2,16	-0,43	-2,27	-0,54	-3,15	-1,45	0,53
N-Abfuhr Kartoffeln	kg N/ha	0,14	0,30	-1,03	-0,23	-0,10	0,22	0,35	-0,93	-0,12	-0,37
N-Abfuhr Zuckerrüben	kg N/ha	0,02	0,04	0,67	0,13	0,48	0,12	0,00	0,83	0,28	0,31
N-Abfuhr Silomais	kg N/ha	0,98	1,32	1,31	0,31	1,23	0,82	1,09	1,35	0,33	1,16
N-Abfuhr Grünland	kg N/ha	1,02	1,03	0,96	0,95	0,95	0,97	0,95	0,92	0,92	0,77
Feldgemüsefläche (Faktor)	ha/ha	-141,13	-126,00	-216,84	-148,63	39,71	-123,35	-114,86	-200,38	-126,60	84,05
Milchproduktion	t/ha	-5,02	-4,83	-6,06	-4,53	-2,08	-6,93	-7,96	-6,28	-4,75	-0,38
Agrarumweltförderung (ohne ÖkoLB)	Euro/ha	0,16	0,37	0,37	0,08	0,53	0,11	0,26	0,31	0,05	0,47
Ausgleichszahlungen	Euro/ha	0,37	0,40	0,15	0,20	0,48	0,23	0,37	0,12	0,08	0,40
Förderung Ökolandbau	Euro/ha	0,39	0,99	0,45	0,24	0,56	0,14	0,51	0,14	0,03	0,19
aus dem Modell abgeleitete Kostenwirksamkeit											
Agrarumweltförderung (ohne ÖkoLB)	Euro/kg N	6,28	2,70	2,73	12,74	1,88	9,28	3,82	3,19	21,10	2,11
Ausgleichszahlungen	Euro/kg N	2,73	2,48	6,73	4,94	2,08	4,27	2,68	8,49	11,85	2,50
Förderung Ökolandbau	Euro/kg N	2,54	1,01	2,24	4,12	1,78	7,33	1,96	7,21	30,85	5,20

1) Anmerkung: Modellparameter wurden so ausgewiesen, dass positive Werte als Minderung der N-Bilanz zu verstehen sind, negative Werte als Erhöhung.

2) legume N-Bindung: für Grünland pauschal 30 kg N/ha, Klee gras 135 kg, Hülsenfrüchte 200 kg; im ökologischen Landbau erhöhte Werte für Grünland mit 65 kg N/ha sowie für Flächenstilllegung (Klee gras) mit 135 kg N/ha, bei Extensivgrünland max. 65 kg N legume N-Bindung ohne mineralische N-Düngung, ab ca. 40 kg min./ha 10 kg legume N-Bindung/ha Grünland.

Werte bei Signifikanzniveau <0,05 fett gedruckt (Wert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% und mehr von 0 unterschieden).

Quelle: Einzelbetriebliche Buchführungsdaten der Wirtschaftsjahre 1999/2000 u. 2000/2001, eigene Berechnungen.

Für die Grundgesamtheit wird ein Bestimmtheitsmaß von ca. 0,7 ausgewiesen, für die Region Ost liegt das Bestimmtheitsmaß dagegen aufgrund der kleinen Stichprobe nur bei ca. 0,3. Der Achsenabschnitt gibt Auskunft über das zu erwartende Niveau des Bilanzüberschusses. Der hohe negative Betrag in der Region Nord weist auf eine höhere Landnutzungsintensität und höhere N-Überschüsse je Hektar in den Betrieben dieser Region hin, während der Achsenabschnitt in der Region Süd auf ein deutliches niedrigeres Überschussniveau verweist. Die Zufuhr von organischem Stickstoff aus tierischen Ausscheidungen hat im Modell einen deutlichen erhöhenden Einfluss auf den N-Saldo, dem mindernde Effekte der N-Abfuhr über die Ernteprodukte gegenüberstehen. Rinderdung erhöht die Bilanz stärker als Schweine- und Geflügeldung, und zwar mit einer Saldoerhöhung von über einem kg je kg N aus Rinderdung. Dieser Effekt kann jedoch durch die Abfuhr über Silomais und Grünland mit einem hohen, Saldo mindernden Effekt ausgeglichen werden. Je kg Grundfutter-N-Abfuhr erniedrigt sich der Saldo im Modell auch um ca. 1 kg.

Die Wirkungen der N-Abfuhr über die Getreideernte auf den Saldo fallen demgegenüber weniger deutlich aus. Die N-Abfuhr über Winterweizen wirkt dabei weniger stark vermindern auf den Saldo, wohingegen die höheren Koeffizienten bei Hafer und sonstigem Getreide auf eine bessere N-Verwertung hinweisen, die den Saldo stärker senken. Ein unein-

heitliches Bild der Schätzparameter in den untersuchten Regionen ergibt sich bei einigen, unbedeutenderen Kulturen (Sommerweizen, Körnermais, sonstige Ölsaaten) und auch bei Kartoffeln und Zuckerrüben. Dagegen treten die Bilanz erhöhenden Effekte des Anbaus von Raps und Feldgemüse regelmäßig deutlich hervor. Die Variable Milchproduktion in t/ha weist einen Saldo erhöhenden Effekt auf, im Modell erhöht die Milchproduktion je t den Saldo um ca. 5 kg.

Für die Variablen Betriebsgröße und Berufsausbildung des Betriebsleiters (Lehre, Meister, Fachschule/Universität) und Ausgaben für Zwischenfrucht-Saatgut konnten keine signifikanten, den N-Saldo erklärende Zusammenhänge nachgewiesen werden. Das Alter des Betriebsleiters und der Schulabschluss zeigten hingegen einen leichten Einfluss. Zunehmendes Alter hat dabei einen mindernden Effekt auf den Saldo, ebenso eine höhere Schulbildung. Beide Variablen stehen nicht für alle Betriebe zur Verfügung und wurden daher nicht in die dargestellte Regression einbezogen.

Abschließend wurden die Variablen für die drei verschiedenen Agrarumweltzahlungen in das beschriebene Erklärungsmodell für den N-Saldo eingeführt. Sie sind in den meisten Fällen signifikant und weisen immer einen mindernden Effekt auf den Saldo aus. Umgerechnet auf die Kostenwirksamkeit in Euro je kg Saldominderung ergeben sich Werte zwischen 1 und 13 Euro (ohne legume N-Bindung) bzw. 2 und 21 Euro (mit legumer N-Bindung). In allen Regionen zusammen wurden Werte von 2,50 bis 9,50 Euro/kg N-Minderung berechnet. Bei Berücksichtigung der legumen N-Bindung stellen sich die Kostenwirksamkeiten jeweils deutlich ungünstiger dar, was auf die hohe Bedeutung der Förderung von Grünlandextensivierung hinweist. Auffällig ist die günstige Kostenwirksamkeit in der Region Nord mit Werten zwischen 1 und 4 Euro/ kg N. In dieser Region fallen die Agrarumweltbudgets im Vergleich zur Region Süd geringer aus und gehen Agrarumweltzahlungen nur an eine Minderheit der Betriebe. In der Region Süd erhält dagegen die Mehrheit der Betriebe mehr oder minder hohe Agrarumweltzahlungen, hinzu kommen viele Fördermaßnahmen wie z. B. Mulchsaat, die den N-Saldo nicht oder nur geringfügig beeinflussen. Dies könnte erklären, warum im Regressionsmodell in dieser Region keine so deutliche Wirkung der Förderung erkennbar wird.

4.2 Multiple paarweise Vergleiche

Beim Paarvergleich werden Betriebe gleichen Typs in der gleichen Region und mit der gleichen N-Menge aus tierischen Ausscheidungen je Hektar verglichen. Unterscheidungsmerkmal ist die Agrarumweltzahlung (für ökologischen Landbau sowie alle sonstigen Agrarumweltzahlungen einschließlich Ausgleichszahlungen). Alle Betriebe mit Agrarumweltzahlungen über 25 Euro/ha wurden der Teilnehmergruppe zugeordnet, Betriebe ohne bzw. mit geringer Agrarumweltförderung gehören jeweils zur Referenzgruppe. In der Re-

gion Süd wurden aufgrund des höheren Niveaus der Agrarumweltzahlungen nur Betriebe mit mehr als 50 Euro/ha der Teilnehmergruppe zugerechnet.

Von den 7.481 Betrieben mit Agrarumweltförderung standen bei einer Mindestgröße von mindestens 5 Betrieben je analysierter Gruppe mit Förderung noch 7.386 Betriebe (98,7%) für die Analyse zur Verfügung. Darunter befinden sich 133 Betriebe des ökologischen Landbaus (1,8%), die bei den Paarvergleichen gesondert analysiert wurden. Während sich die Betriebe des ökologischen Landbaus immer von der jeweiligen konventionellen Vergleichsgruppe signifikant unterscheiden, unabhängig davon ob ohne oder mit legumer N-Bindung gerechnet wird, ist dies nur bei 5.102 Betrieben mit anderen Agrarumweltzahlungen der Fall. 2.150 Betriebe (29% der 7.386 untersuchten Betriebe) gehören Gruppen an, die im Paarvergleich keine signifikanten unterschiedlichen N-Bilanzüberschüsse gegenüber der Vergleichsgruppe aufweisen. Über 90% dieser Betriebe sind Marktfrucht- und Veredlungsbetriebe, für die nur wenige signifikant unterschiedliche Gruppen auftreten. Bei den Betriebsgruppen mit signifikanten Unterschieden liegen ausnahmslos Minderungen des N-Saldos gegenüber der Vergleichsgruppe vor. Bei diesen Betrieben handelt es sich fast ausschließlich um Futterbaubetriebe.

Abbildung 1 zeigt die Höhe der durchschnittlich je Betriebsgruppe erzielten N-Saldominderung in kg N/ha im Paarvergleich gegenüber der Gruppe ohne bzw. mit geringen Agrarumweltzahlungen. In den Paarvergleichen mit signifikantem Unterschied treten Minderungen von 20 bis über 80 kg N/ha auf, im ökologischen Landbau ohne Anrechnung der legumen N-Bindung sogar noch höhere Werte. Für die Betriebe des ökologischen Landbaus werden in der Abbildung je Gruppe zwei Werte angegeben, einmal ohne legume N-Bindung und einmal mit („& leg N“). Auch bei hoher Einschätzung der legumen N-Zufuhr bleibt eine starke Minderung gegenüber der Vergleichsgruppe sichtbar.

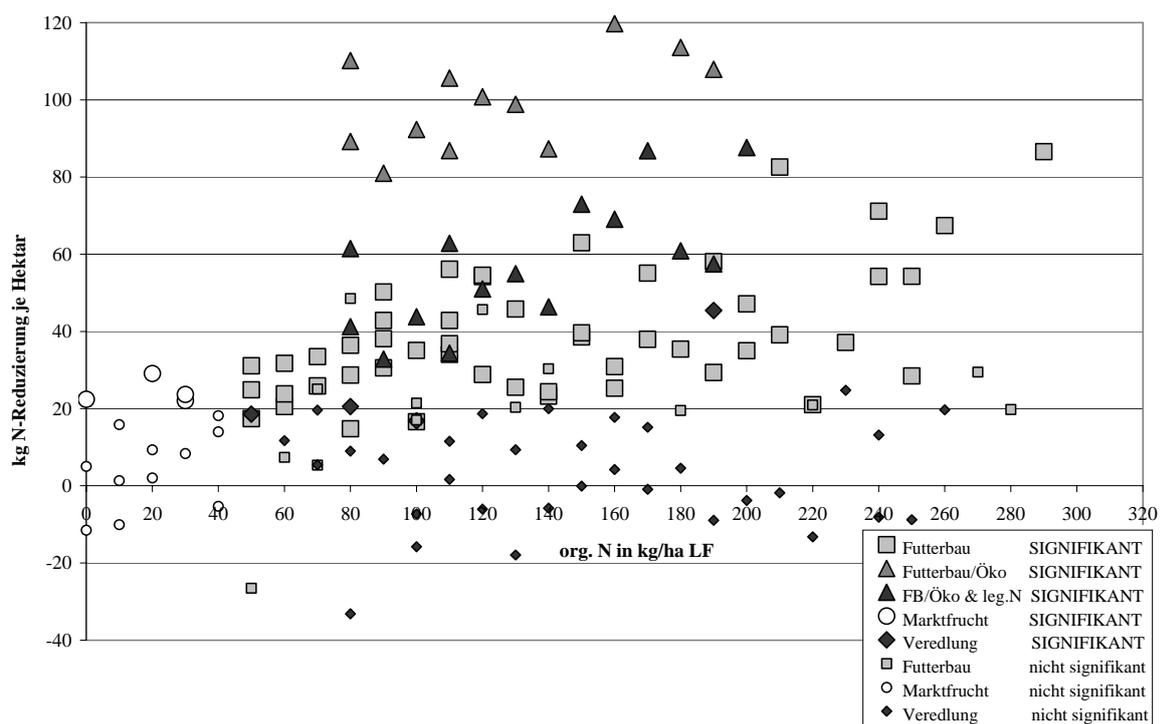
Die Minderung des Saldos steigt mit zunehmender Viehbesatzdichte tendenziell an (org.N in kg/ha), was auf Möglichkeiten einer N-Effizienzverbesserung gerade in viehstärkeren Betrieben hinweist. Für Marktfrucht- und Veredlungsbetriebe werden nur wenige signifikante Minderungseffekte ausgewiesen, die Mehrheit der Paarvergleiche zeigt nicht signifikante Unterschiede mit Saldominderungen bis etwa 20 kg N/ha. Es treten aber bei Veredelung und Marktfrucht auch einige Fälle mit Saldoerhöhungen auf (Werte unterhalb der Nulllinie).

Werden die Agrarumweltzahlungen auf die Saldominderung bezogen, ergibt sich die Kostenwirksamkeit in Euro je kg N. Die in Abbildung 2 ausgewiesenen Kostenwirksamkeiten für signifikante Saldowirkungen liegen zwischen 0,5 und 5 Euro/kg N. Die Werte sinken tendenziell bei zunehmender Viehbesatzdichte. Somit können bei zunehmender Viehdichte günstigere Kostenwirksamkeiten erreicht werden. Die Kostenwirksamkeiten für Betriebsgruppen, die sich nicht signifikant von der Vergleichsgruppe unterscheiden, streuen sehr

stark. Am Beispiel des ökologischen Landbaus wird die Wirkung einer Anrechnung hoher legumer N-Bindung auf die Kostenwirksamkeiten aufgezeigt. Der Verzicht auf Mineraldünger kann durch legume N-Bindung teilweise kompensiert werden. Wird die dadurch verringerte Wirkung berücksichtigt, verschlechtert sich auch die Kostenwirksamkeit, z. T. um mehr als einen Euro/kg N.

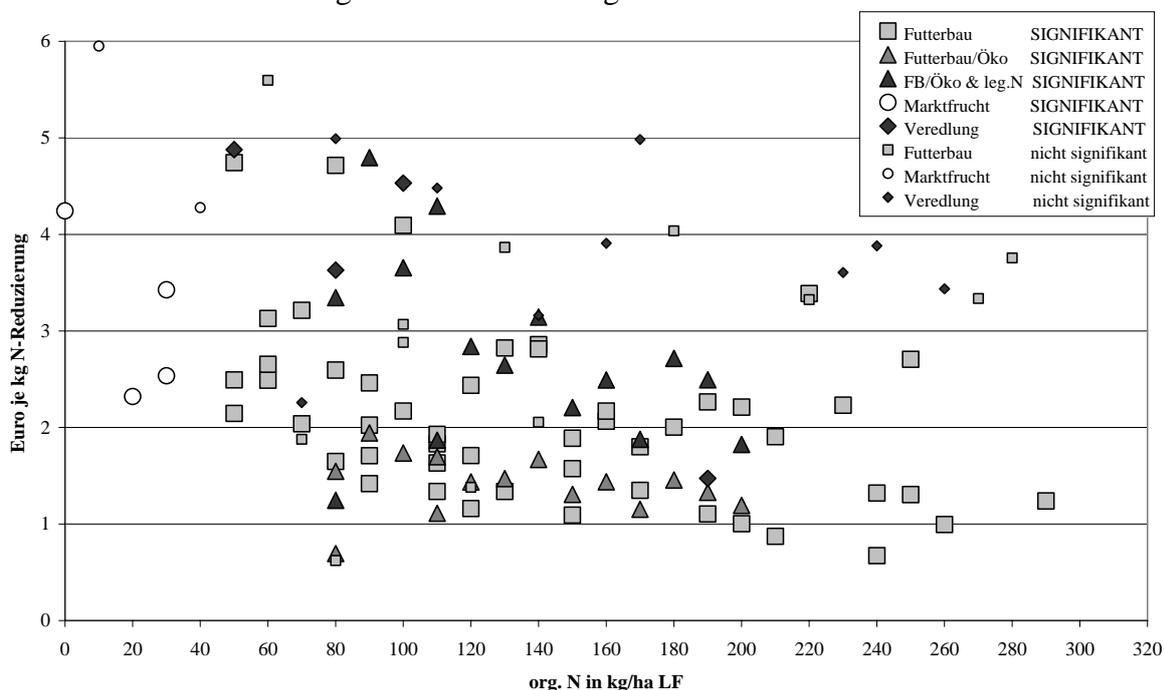
Wird ein einfacher (nicht flächengewichteter) Mittelwert der Kostenwirksamkeiten aus den Paarvergleichen mit signifikantem Unterschied berechnet, liegt die Kostenwirksamkeit für die Situation ohne Anrechnung legumer N-Bindung bei 2,50 Euro/kg N. Unter Einbeziehung aller, also auch der nicht signifikant unterschiedenen Betriebspaare ergibt sich mit 4 Euro/kg N eine ungünstigere Kostenwirksamkeit. Wird mit legumer N-Bindung gerechnet, liegen die Kostenwirksamkeiten bei 3,60 Euro/kg N für die signifikant unterschiedenen Betriebspaare und für alle Betriebe bei einem Betrag von über 10 Euro/kg N.

Abbildung 1: Minderung des N-Saldos in Betriebsgruppen mit Agrarumweltförderung gegenüber Vergleichsgruppe ohne/mit geringer Förderung (geschichtet nach Region, Betriebsform und Dungaufkommen je Hektar)



Quelle: Einzelbetriebliche Buchführungsdaten der Wirtschaftsjahre 1999/2000 u. 2000/2001, eigene Berechnungen.

Abbildung 2: Kostenwirksamkeit der Minderung des N-Saldos in Betriebsgruppen mit Agrarumweltförderung



Quelle: Einzelbetriebliche Buchführungsdaten der Wirtschaftsjahre 1999/2000 u. 2000/2001, eigene Berechnungen.

5 Diskussion

Bei der Analyse der Zusammenhänge zwischen Agrarumweltzahlungen und betrieblichen N-Salden konnten deutliche Minderungen bei den Teilnehmern gegenüber einer Vergleichsgruppe ohne bzw. mit geringen Agrarumweltzahlungen nachgewiesen werden. Die statistischen Tests zeigen für die Mehrheit der Paarvergleiche signifikant unterschiedliche N-Salden, vor allem für Futterbaubetriebe. Die gezeigten, signifikanten Zusammenhänge sind kein kausaler Nachweis der Wirkungen von Agrarumweltzahlungen. So könnte das Ergebnis auch durch die Umwelteinstellung der Betriebsleiter erklärt werden. Sowohl die verminderten N-Salden als auch die Teilnahme an Agrarumweltmaßnahmen wäre dann als Folge der Umwelteinstellung zu interpretieren. Da verringerte N-Salden und Agrarumweltzahlungen in der Mehrheit der untersuchten Paarvergleiche systematisch und statistisch signifikant zusammenhängen, kann für die Ableitung von Kostenwirksamkeiten von einer Wirkung der Agrarumweltmaßnahmen ausgegangen werden.

Die Mehrheit der berechneten Kostenwirksamkeiten liegt in einer Bandbreite von 1 bis 3 Euro/kg N. Allerdings bestehen Unsicherheiten bezüglich der Bewertung der legumener N-Bindung. Durch die pauschale, hohe Anrechnung dieser N-Zufuhr kann gezeigt werden, dass sich die für Futterbaubetriebe kalkulierte Kostenwirksamkeit merklich verschlechtert. Fraglich ist allerdings, ob von legumener N-Bindung die gleichen Gefährdungspotentiale für

den Wasserschutz ausgehen wie von der N-Zufuhr über Mineraldüngung oder Wirtschaftsdüngerabbringung. Zu berücksichtigen ist, dass Agrarumweltzahlungen für unterschiedlichste Agrarumweltmaßnahmen erfolgen, die nicht immer auf eine Minderung des N-Saldos abzielen, sondern andere Ziele verfolgen. Hinzu kommt, dass ein statischer Vergleich vorliegt, der Effekte auf die Betriebsstruktur nicht einbezieht. Die berechneten Kostenwirksamkeiten sind daher als vergleichsweise günstig anzusehen. Deutlich wird auch, dass Möglichkeiten zur Verbesserung der Kostenwirksamkeit bestehen, etwa wenn die Agrarumweltzahlungen in Futterbaubetriebe mit hoher Viehbesatzdichte gelenkt werden. Die Erzielung statistisch signifikanter Minderungen des N-Saldos scheint in Marktfrucht- und Veredlungsbetrieben dagegen schwieriger zu sein, zumindest mit den 1999/2000 und 2000/2001 angebotenen Maßnahmen. Dies kann auch damit zusammenhängen, dass in diesen Betrieben verstärkt Maßnahmen zum Einsatz kommen, die nicht oder nur geringfügig auf die N-Bilanz wirken. Für solche Maßnahmen ist die Ermittlung einer auf N-Minderung bezogenen Kostenwirksamkeit nicht sinnvoll.

Ein Teil der nachgewiesenen Minderungswirkungen ist auf die vergleichsweise hohen N-Saldoüberschüsse in den Vergleichsbetrieben ohne Agrarumweltzahlungen zurückzuführen. Sehr hohe N-Überschüsse werden im Rahmen der Umsetzung der novellierten Düngeverordnung künftig voraussichtlich gesenkt werden. Aufgrund künftiger Verbesserungen in den Vergleichsgruppen wird sich die Kostenwirksamkeit der Agrarumweltzahlungen künftig ungünstiger darstellen, da die zusätzlich erzielbare Saldominderung kleiner ausfällt. Ferner sei darauf verwiesen, dass Kosten für Verwaltung und Beratung noch nicht in diese Kostenwirksamkeitsbetrachtung einbezogen sind und sich die Kostenwirksamkeit bei Berücksichtigung dieser zusätzlichen Kostenkomponenten verschlechtert.

Bei Maßnahmen mit unterschiedlichen Zielen hat der Bezug der Agrarumweltzahlungen allein auf die Saldominderung eine ungünstigere Kostenwirksamkeit zur Folge. Im Gegenzug sind dann aber alle sonstigen positiven Wirkungen quasi kostenlos, da sie bereits durch die ungünstigere Kostenwirksamkeit für die N-Saldominderung erkaufte worden sind. Aktuell fehlt es jedoch an formalen Quantifizierungskonzepten und Berechnungswegen, um gleichzeitig auch andere Wirkungen bei der Ermittlung von Kostenwirksamkeiten berücksichtigen zu können.

Literatur

- Anger, M. (1997): Hoftorbilanzierung konventioneller und extensiver Grünlandbetriebe des Mittelgebirgsraumes. In: VDLUFA-Schriftenreihe 46, Kongressband 1997, S. 347-350.
- Osterburg, B., Plankl, R., Bernhards, U., Klockenbring, C., Rudow, K., Becker, H., Gömann, H., Kreins, P., Stegmann, S. (2003) Auswirkungen der Luxemburger Beschlüsse auf ländliche Räume, Agrarumweltmaßnahmen und die Ausgleichszulage : Studie im Auftrag des BMVEL. Braunschweig : FAL, Arbeitsbericht, Inst. f. Betriebswirtschaft,. Agrarstruktur und Ländliche Räume 03/9.
- Scheringer, J., Isselstein, J. (2001a): Nitrogen Budgets of Organic and Conventional Dairy Farms in North-West Germany. In: Grassland Science in Europe, Vol. 6: Organic grassland farming (Vortragsmanuskript).
- Scheringer, J., Isselstein, J. (2001b): Zur Variabilität der Stickstoffeffizienz in Futterbaubetrieben Niedersachsens. (unveröffentlichtes Manuskript zu einem Vortrag auf der VDLUFA-Tagung 2001).

V.
Analysen zur
Düngerordnungs-Novelle
vom Januar 2006

Bernhard Osterburg (FAL)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	273
2 Datengrundlage und methodische Vorgehensweise	276
3 Wirkungen der Ausbringungsobergrenzen für organischen Stickstoff	283
4 Anpassungsbedarf aufgrund der Ausweitung der Güllelagerkapazität auf mindestens 6 Monate	286
5 Wirkungen einer Begrenzung der Stickstoff- und Phosphatbilanzüberschüsse	288
5.1 Datengrundlage: Buchführungsdaten mit Angaben zum Stickstoff-Mineraldüngerzukauf	289
5.2 Beurteilung der Repräsentativität der untersuchten Betriebsdaten	289
5.3 Analyse der einzelbetrieblichen Daten in Hinblick auf N-Salden	291
6 Schlussfolgerungen	298
Literatur	302

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Verteilung der analysierten Betriebe nach Spezialisierung und Klassen des Stickstoffaufkommens aus tierischen Ausscheidungen je Hektar	293
Abbildung 2: Verteilung der analysierten Betriebe nach Spezialisierung und Klassen des Stickstoffaufkommens aus tierischen Ausscheidungen je Hektar	294
Abbildung 3: Verteilung der analysierten Betriebe nach Spezialisierung, Klassen des Stickstoffaufkommens aus tierischen Ausscheidungen je Hektar sowie Nettoüberschuss nach DüV (< 60, 60 -<90, >90 kg/ha)	294
Abbildung 4: Verteilung des N-Bruttosaldos in Tonnen N in den analysierten Betrieben, geschichtet nach Spezialisierung und Klassen des Stickstoffaufkommens aus tierischen Ausscheidungen je Hektar	295
Abbildung 5: Verteilung der aufgrund der DüV-Zielwerte notwendigen Bilanzsenkungen in Tonnen N in den analysierten Betrieben	295
Abbildung 6: Entwicklung des N-Mineraldüngerverbrauchs und der Stickstoffpreise in Deutschland	301

Verzeichnis der Übersichten

	Seite
Übersicht 1: Analyisierte Elemente der geplanten Novelle der Düngeverordnung	274
Übersicht 2: Verwendete einzelbetriebliche Datengrundlagen	281

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Für die Berechnung der Stickstoffbilanzen verwendete Koeffizienten	282
Tabelle 2: Für die Berechnung der Phosphorbilanzen verwendete Koeffizienten	283
Tabelle 3: Betriebliche Betroffenheit von Ausbringungsobergrenzen für organischen Stickstoff sowie Kostenentwicklung bei Erhöhung der Obergrenzen auf Grünland	284
Tabelle 4: Anteil der Großvieheinheiten in Betrieben mit 5 und mehr Monaten Güllelagerkapazität nach Bundesländern und LF-Größenklassen im Jahr 2003	287
Tabelle 5: Zielwerte für den betrieblichen N-Netto-Überschuss nach DüV	288
Tabelle 6: Vergleich der aggregierten Betriebsdaten mit Daten der Agrarstatistik	290
Tabelle 7: Merkmale der analysierten Betriebe	291
Tabelle 8: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang des Brutto-N-Bilanzüberschusses mit ausgewählten Kennzahlen für alle untersuchten Betriebe sowie nach Betriebsformen	297

1 Einleitung

Im Folgenden sollen ausgewählte Elemente der Novelle der Düngeverordnung (DüV) vom 13. Januar 2006 (BGBl Jg. 2006, Teil I Nr. 2, 33ff.) und die voraussichtlichen Auswirkungen auf die Entwicklung der Stickstoffbilanzsalden untersucht werden. Festlegungen zu den Nährstoffgehalten und Ausscheidungskoeffizienten durch die Verordnung zur Änderung saatzgutrechtlicher und düngemittelrechtlicher Vorschriften vom 27. September 2006 (BGBl Jg. 2006, Teil I Nr. 44, 2163ff.) werden berücksichtigt (vgl. Tabellen 1 und 2). Die Düngeverordnung kann als *die* grundlegende Maßnahme zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie angesehen werden.

Mit der genannten DüV-Novelle liegt erstmalig ein Aktionsprogramm vor, das die Vorgaben der EU-Nitratrichtlinie vollständig umsetzt. Die Neuerungen enthalten erhebliche Fortschritte gegenüber der bisherigen Regelung:

- Die Ausbringungsobergrenzen für Stickstoff aus tierischen Ausscheidungen wurden generell auf 170 kg/ha festgelegt. Auf Grünland galten bisher pauschal 210 kg. Die Ausnahmeregelung für höhere Ausbringungsmengen ist an strenge Auflagen geknüpft.
- Erstmals wurde eine Mindestlagerdauer für Gülle von 6 Monaten festgelegt.
- Für die Berechnung von Stickstoff aus tierischen Ausscheidungen wird die bisherige Vielfalt unterschiedlicher Ausscheidungswerte durch einen bundesweit einheitlichen Wertekatalog abgelöst.
- Die Regelannahme der Einhaltung der Guten fachlichen Praxis bei der Düngung gilt künftig nur, wenn die N- und P-Salden unterhalb festgelegter Schwellenwerte liegen.

Die Analyse ist sowohl hinsichtlich der Abschätzung der zu erwarteten Wirkungen auf die Stickstoffemissionen aus der Landwirtschaft und des verbleibenden Handlungsbedarfs relevant, als auch in Hinblick auf die künftige Abgrenzung zwischen guter fachlicher Praxis und darüber hinausgehenden, freiwilligen Maßnahmen. Bezüglich der Kostenwirksamkeit freiwilliger Maßnahmen kann die angestrebte Verschiebung der Referenzsituation der guten fachlichen Praxis in Richtung geringerer N-Überschüsse dazu führen, dass die Wirkungen der Agrarumweltmaßnahmen im Vergleich zur verbesserten Referenzsituation abnehmen, wodurch auch deren Kostenwirksamkeit abnimmt.

Die analysierten Regelungen der Düngeverordnung sind in Übersicht 1 zusammengefasst. Die Novelle soll zugleich der Umsetzung der Nitratrichtlinie (Richtlinie 91/676/EWG) in Deutschland dienen. Zum einen werden die **Ausbringungsobergrenzen** für organischen Stickstoff pro Hektar betrachtet. Erstmals wird neben Sperrfristen für die Dungausringung eine **Mindestlagerkapazität** für Wirtschaftsdünger vorgegeben. Weiterhin ist von landwirtschaftlichen Betrieben eine Nährstoffbilanz für Stickstoff und Phosphat zu berechnen, auf deren Grundlage eine **Begrenzung der Nährstoffüberschüsse** erfolgen soll. Die

zu verwendenden Anrechnungskoeffizienten für den organischen Stickstoff unterscheiden zwischen der Berechnung der Ausbringungsobergrenze und der Nährstoffbilanz und sind darüber hinaus nach Tierarten, Wirtschaftsdüngerform (Mist, Gülle) sowie Stall- und Weidehaltung differenziert. Die Nährstoffüberschüsse sind bei Stickstoff im dreijährigen Mittel und bei Phosphat im sechsjährigen Mittel nach einem Flächenbilanzansatz zu berechnen. Für Stickstoff wird nach Abzug von Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverlusten für organischen Stickstoff in Betrieben mit Tierhaltung eine Netto-Bilanz verwendet.

Übersicht 1: Analyisierte Elemente der geplanten Novelle der Düngeverordnung

Ausbringungsobergrenzen

Gemäß DüV § 4 (3) darf pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche nur eine begrenzte Stickstoffmenge aus Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft ausgebracht werden. In der Regel dürfen bis zu 170 kg N/ha ausgebracht werden, auf Grünland und Feldgras nach Ausnahmegenehmigung bis zu 230 kg Stickstoff. Die Stickstoffmenge tierischer Herkunft wird entweder gemäß der Ergebnisse von Laboranalysen des Wirtschaftsdüngers angesetzt, mindestens aber in Höhe der Ausscheidungskoeffizienten, die im September 2006 festgelegt wurden (BGBl Jg. 2006, Teil I Nr. 44, 2163ff.). Dabei können Stall- und Lagerungsverluste nach Anlage 6 (in der Januar-Fassung Anlage 2) in Abzug gebracht werden. Gegenüber den seit Frühjahr 2003 geltenden pauschalen Prozentsätzen für Stall- und Lagerungsverluste für Gülle in Höhe von 10 % liegen die Abzüge nun höher (Rindergülle 15 %, Schweinegülle 30 %). Für Stallmist gelten höhere Verlustabzüge. Damit nähern sich die Werte wieder dem in der ursprünglichen DüV von 1996 festgelegten Abzug aufgrund von Stall- und Lagerungsverlusten in Höhe von 28 %. Die Ausbringungsobergrenzen wirken ähnlich wie eine Viehbesatzobergrenze, sie setzen an der *Betriebsstruktur* an. Anpassungsmöglichkeiten bestehen in Flächenzupacht, Tierbestandsabstockung, Wirtschaftsdüngerexport in andere Betriebe sowie in der Schweine- und Geflügelhaltung in der N-reduzierten Fütterung.

Mindestlagerkapazität für Dung

Nicht über die DüV, sondern über Länderverordnungen geregelt wird die Mindestlagerkapazität für Dung von 6 Monaten, die nach einer Übergangsfrist ab Ende 2008 gelten soll (Ambros, 2006). Dies kann zu einer Verbesserung der Ausnutzung von Stickstoff aus Dung beitragen. Hierbei handelt es sich um eine auf bauliche Anlagen bezogene, *technische* Anforderung. Die zu erwartenden Anpassungen werden anhand der Agrarstatistik zur Güllelagerkapazität diskutiert.

Nährstoffüberschüsse

Gemäß DüV § 6 sollen die nach einer Schlag- oder gesamtbetrieblichen Flächenbilanz berechneten Nährstoffbilanzüberschüsse bewertet werden. Dabei werden Schwellenwerte definiert, die bei zeit- und bedarfsgerechter Düngung eingehalten werden können. Wird der Schwellenwert überschritten, gilt die Regelannahme nicht mehr, dass eine zeit- und bedarfsgerechte Düngung nach DüV §3 (4) vorliegt. Ein Überschreiten ist aber nicht bußgeldbewehrt, die Folgen können in einer Pflichtberatung oder behördlichen Anweisungen im Falle wiederholter Überschreitungen bestehen. Für die Stickstoffbilanz wird der Stickstoff aus tierischen Ausscheidungen um Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste vermindert. Der im dreijährigen Mittel einzuhaltende Nettoüberschuss beträgt im Mittel der Jahre 2006-2008 90 kg N/ha und wird bis zum Jahr 2011 schrittweise auf 60 kg/ha gesenkt.

Für die P-Bilanz wird ein sechsjähriger Mittelwert zugrunde gelegt werden. Der Schwellenwert beträgt 20 kg P₂O₅/ha. Bei Überschusswerten über 50 kg P₂O₅/ha soll ein Bußgeld verhängt werden. Die Begrenzung der Nährstoffüberschüsse setzt am Düngungsmanagement an und ist *ergebnisorientiert*. Anpassungen umfassen die gesamte Breite des Düngungsmanagements und des Pflanzenbaus zur Senkung unproduktiver Nährstoffüberschüsse.

Weitere *handlungsorientierte* und *technologische* Auflagen sind nicht Gegenstand der vorliegenden Analysen. Diese leiten sich aus den Vorgaben der Nitratrichtlinie ab (z. B. Sperrfristen für die Wirtschaftsdüngerausbringung über Winter für Ackerland vom 1. 11. bis 31.01. und Grünland vom 15.11. bis 31.01., die unverzügliche Einarbeitung von organischen, N-haltigen Düngern auf unbewachsenen Flächen, Abstandsaufgaben an Gewässern) oder sind als zusätzliche Bedingung für eine erhöhte Ausbringungsobergrenze von 230 kg Wirtschaftsdünger-N auf Grünland geplant (Grünlandnutzung mit 4 Schnitten oder 3 Schnitten und Weidehaltung; Einsatz von Stickstoffverluste vermindender Wirtschaftsdünger-Ausbringungsverfahren).

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Düngeverordnung in der Fassung vom 13. Januar 2006 (BGBl Jg. 2006, Teil I Nr. 2, 33ff.).

2 Datengrundlage und methodische Vorgehensweise

Die folgenden Auswertungen bauen auf Studien für das BMVEL vom Mai 2002 „*Ökonomische und ökologische Auswirkungen einer weiteren Begrenzung der ausgebrachten Stickstoffmenge aus Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft pro Hektar*“ (Osterburg, 2002) sowie auf eine Studie vom August 2004 „*Betroffenheit landwirtschaftlicher Betriebe von unterschiedlichen Ausbringungsobergrenzen für organischen Dung auf Grünland*“ (Osterburg, 2004) auf.

Grundlage der Analyse der **Ausbringungsobergrenzen** bilden die **Testbetriebsdaten** des Jahres 2002/2003 mit 11.791 Betrieben (zu den verwendeten Betriebsdaten siehe Übersicht 2). Diese Daten werden zur Ermittlung der Einkommenslage in der Landwirtschaft repräsentativ erhoben und können anhand des Stichprobenplanes hochgerechnet werden. Für andere Merkmale wie z. B. umweltrelevante Strukturen und Management sind die Daten nur bedingt repräsentativ für den deutschen Agrarsektor und die betrachteten Regionen, die Daten geben aber im relativen Vergleich zwischen Betrieben und Regionen ein umfassendes Bild über die Situation in landwirtschaftlichen Betrieben. Insbesondere die in großen Teilen gewerbliche Geflügelproduktion ist im Testbetriebsnetz unterrepräsentiert. Als Angaben aus den Testbetrieben werden die Flächennutzung, die durchschnittlichen Tierbestände sowie die Angaben zur Milchleistung verwendet. Die anrechenbaren organischen N-Mengen zur Beurteilung der Ausbringungsobergrenzen gemäß § 4 (3) der DVO-Novelle wurden gemäß Anlage 6 (bisher: Anlage 2), Spalte 2 und 3 aus den geschätzten, gesamten tierischen Ausscheidungen berechnet. Die Verlustwerte beinhalten keine Ausbringungsverluste, sondern nur Stall- und Lagerungsverluste und gelten im Fall von Rindern und Schweinen für Gülle. Im Fall von Rinderdung beträgt der Verlustabzug 15 %, bei Schweinedung 30 %, und bei anderem Dung 45 % (Pferde, Schafe) (vgl. Tabellen 1 und 2). Gegenüber der derzeit geltenden Anzugsregelung mit einheitlich 10 % Stall- und Lagerungsverlusten ergibt sich durch den vorliegenden DVO-Entwurf eine deutliche Lockerung bezüglich der anzurechnenden organischen N-Mengen. Die aufgrund von Obergrenzenüberschreitungen zu exportierende Wirtschaftsdüngermenge nimmt entsprechend ab.

Geflügeldung wird in den Berechnungen zu Obergrenzen nicht berücksichtigt, da er als Trockenkot leicht in andere Betriebe exportiert werden kann und i. d. R. Erlöse für den Düngewert erzielt werden. Geflügel haltende Betriebe können sich daher im Vergleich zu Rinder und Schweine haltenden Betrieben leichter an Ausbringungsobergrenzen anpassen. Der Anteil des Geflügeldungs am sektoralen tierischen Dungaufkommen liegt nach am Institut für Ländliche Räume durchgeführten Kalkulationen mit dem Agrarsektormodell RAUMIS bezüglich des enthaltenen Stickstoffs unter 5 % und bezüglich des enthaltenen Phosphats bei ca. 6 %. Eine verlässliche, zugängliche Datengrundlage über Wirtschaftsdünger-Ex- und Importmengen besteht in Deutschland allerdings nicht. Da Geflügelbetriebe oft gewerblich sind und über wenig Betriebsfläche verfügen, dürfte ein Großteil des Geflügel-

dungs unabhängig von graduellen Änderungen der politischen Rahmenbedingungen in andere Landwirtschaftsbetriebe exportiert werden. Eine Nichtberücksichtigung des Geflügeldungs bei der Analyse von Ausbringungsobergrenzen erscheint daher vertretbar.

Für die Ausscheidungskoeffizienten der Tiere gemäß Anlage 5 des Entwurfs zur DVO-Novelle werden die jeweils höheren Werte gewählt, also z. B. hohe Stickstoff-Ausscheidungen bei Grünland-basierter Fütterung von Milchkühen und Färsen und einphasiger Fütterung der Mastschweine. Zusätzlich wird für die Milchkühe eine von der Milchleistung abhängige Berechnung der Nährstoffausscheidung vorgenommen. Auf Basis dieser Annahmen ergibt sich eine vergleichsweise hohe Betroffenheit von Ausbringungsobergrenzen. Die folgenden Bestimmungsgründe können dazu führen, dass die Ausbringungsobergrenzen weniger restriktiv wirken:

- Bei Rinderhaltung auf Festmist ergeben sich höhere Abzüge für Stall- und Lagerungsverluste in Höhe von 30 %.
- Die Stickstoff-Ausscheidung kann unter Nutzung anderer Koeffizienten gemäß Verordnung zur Änderung saattgutrechtlicher und düngemittelrechtlicher Vorschriften vom 27. September 2006 deutlich niedriger ausfallen. Entscheidend sind hierbei die Koeffizienten für Milchkühe („Grünland“ oder „Ackerfutterbau“, Milchleistungsstufen 6.000, 8.000 und 10.000 kg Milch/Kuh und Jahr) sowie die Fütterung der Mastschweine (Standard oder N-/P-reduziert).

Da die tatsächliche Bedeutung von Gülle- und Festmistsystemen und der Fütterung in den Testbetriebsdaten nicht dokumentiert ist, können zu den unterschiedlichen Verlustabzügen und N-Ausscheidungskoeffizienten nur Variationsrechnungen durchgeführt werden. Die Annahmen zu den berechneten Szenarien sind in Tabelle 1 dargestellt, die verwendeten Koeffizienten für Stickstoff in Tabelle 2. Als Bezugsfläche für die Berechnung der Ausbringungsobergrenzen wird grundsätzlich die landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) ohne ungenutzte, stillgelegte Fläche verwendet, aber einschließlich der für den Anbau nachwachsender Rohstoffe verwendete konjunkturelle Stilllegungsfläche (verwendetes Kürzel: LfoS). Dies ist die Fläche, die als Ausbringungsfläche für Wirtschaftsdünger zur Verfügung steht und auf der auch eine Nährstoffabfuhr mit den pflanzliche Erträgen stattfindet.

Als „N-Überhang“ wird im folgenden die Menge an organischem Stickstoff verstanden, die aus von Ausbringungsobergrenzen betroffenen Betrieben exportiert werden muss. Die Kosten des Exports von N-Überhängen wurden anhand der Pachtpreise abgeschätzt, wobei vergleichsweise hohe Kosten von bis zu 1,80 Euro pro kg Stickstoff bzw. über 5 Euro pro Kubikmeter Gülle resultieren. Die tatsächlichen Anpassungskosten können daher niedriger liegen. Die vorliegenden Kostenschätzungen sind vor allem für einen relativen Vergleich der Betroffenheit geeignet und geben keine Auskunft über die tatsächlich eintretenden Anpassungskosten.

Um die Unterschreitung definierter **Schwellenwerte für Nährstoffüberschüsse** pro Hektar nach DüV § 6 einschätzen zu können, sollen flächenbezogene Nährstoffvergleiche berechnet werden. Bilanzüberschüsse können auf Grundlage der vorliegenden Testbetriebsdaten nicht vorgenommen werden, da wichtige physische Eingangsdaten fehlen. So liegen nur monetären Angaben zum Mineraldüngerkauf vor. Neben den Nährstoffexporten über pflanzliche und tierische Produkte sind vor allem die zugekauften Dünge- und Futtermittel entscheidend für die Entstehung von Nährstoffüberschüssen.

Zur Beurteilung der Schwellenwerte werden daher zusätzlich Auswertungen auf Grundlage von **einzelbetrieblichen Buchführungsabschlüssen** von 29.787 landwirtschaftlichen Betrieben der Buchführungsgesellschaft LandData GmbH untersucht, die der FAL für wissenschaftliche Zwecke zur Verfügung stehen. Diese Datensätze enthalten neben Informationen zur Flächennutzung und Tierhaltung, die in den Testbetriebsdaten vergleichbar sind, auch naturale Angaben über den Stickstoff-Mineraldüngerzukauf und erlauben deshalb auf Grundlage von Flächen-Teilbilanzen weitergehende Schlussfolgerungen über die entstehenden Nährstoffbilanzüberschüsse. Zur Glättung von Jahresschwankungen wurde mit einem Zweijahresmittel für die Wirtschaftsjahre 1999/2000 und 2000/2001 gerechnet.

Da die Verbuchung der zugekauften Mineraldüngermengen z. T. differenziert nach Düngerart (z. B. „Kalkammonsalpeter“), z. T. aber in Gruppen („Mineraldünger“, „NPK-Dünger“) erfolgt, können nicht alle Buchführungsdaten ausgewertet werden. Es wurden nur Datensätze von Betrieben verwendet, für die mindestens 90 % des Mineraldüngerzukaufs eindeutig verbucht wurden. Für die Analyse von N-Bilanzen stehen von über 40.000 Buchführungsabschlüssen 29.787 Betriebe mit verlässlichen Mineraldüngerbuchungen zur Verfügung. Nicht auswertbare Mineralbilanzen deuten aber nicht darauf hin, dass ein Teil der Betriebe keine ordnungsgemäße Düngungsbilanz berechnet. Die Berechnung natürlicher Mineraldüngerdaten innerhalb der in erster Linie für steuerliche Zwecke betriebenen ökonomischen Buchführung ist nicht erforderlich, da hier nur monetäre Angaben und aggregierte Zuordnungen („Materialaufwand: Düngemittel“) benötigt werden. Die Erfassung von zugekauften Nährstoffen zur Berechnung von Nährstoffvergleichen kann daher auch separat von der ökonomischen Buchführung erfolgen.

Die legume N-Bindung und andere organische N-Dünger wie Klärschlamm und Kompost werden in dieser Teilbilanz aufgrund fehlender Daten und Vorgaben für pauschale Anrechnungen nicht berücksichtigt. Die verwendeten Koeffizienten und Annahmen sind in Tabelle 2 wiedergegeben, die Koeffizienten für die P-Düngung wurden äquivalent zu den Annahmen für N gewählt. Geflügeldung wird, soweit Daten vorliegen (nur für Legehennen) in den Nährstoffbilanzrechnungen berücksichtigt. Die Geflügelhaltung spielt in den analysierten Betrieben nur eine geringe Rolle. Eine genauere Beschreibung der verwendeten Daten und Methoden enthält der Arbeitsbericht 6/2004 des FAL-Bereichs Ökonomie (Osterburg et al., 2004).

Die berechnete Teilbilanz (unvollständige Flächenbilanz) zur Überprüfung der Einhaltung von Grenzen für Nährstoffüberschüsse enthält die folgenden, für die Höhe der Flächenbilanzsalden wichtigsten Elemente:

Flächen-Teilbilanz =

- Abfuhr über pflanzliche Produkte (incl. Futteraufnahme bei Weide, Haupternteprodukte ohne Nebenernteprodukte wie Stroh)
- + Zufuhr durch zugekauften Mineraldünger
- + Zufuhr mit tierischen Ausscheidungen * Anrechnungskoeffizient
- Nährstoffexport bei Überschreitung der Ausbringungsobergrenze

Bei der N-Brutto-Bilanz wird ein Anrechnungskoeffizient für organischen Stickstoff von 1 gewählt, für N-Netto-Bilanzen zur Berechnung der Obergrenzen (Koeffizienten nach DüV, Anlage 6 (bisher 2), Spalten 2 und 3) und der Nährstoffbilanzen (Koeffizienten nach DüV, Anlage 6, Spalten 4 und 5) werden geringere Anrechnungswerte verwendet (vgl. Tabelle 2). Der zugekaufte Mineraldünger wird nicht in jedem Fall auch im gleichen Jahr zur Düngung eingesetzt, daher wurden Bilanzüberträge aus Vorjahren und auf Folgejahre berücksichtigt. Genutzt werden Mittelwerte der zwei Wirtschaftsjahre 1999/2000 und 2000/2001, die analysierten 2-Jahresmittel sorgen für eine Glättung der Jahresschwankungen.

Nebenernteprodukte wie Stroh werden nicht berücksichtigt, da davon ausgegangen wird, dass sie i. d. R. im Betrieb verbleiben, entweder direkt auf der Fläche oder als Einstreu. Diese Bilanz ist mit dem Nährstoffvergleich nach § 5 DVO-Entwurf vergleichbar. Ein Unterschied besteht darin, dass für die analysierten Betriebsdaten kein Wert für die legume N-Bindung geschätzt wurde. Die tatsächlich aus dem jeweiligen Betrieb exportierten Nährstoffmengen sind in den Buchführungsdaten nicht enthalten, ebenso wenig die importierten Wirtschaftsdünger. Daher wird lediglich der kalkulatorische Nährstoffexport bei Überschreitung von Ausbringungsobergrenzen ermittelt und von der Nährstoffbilanz abgesetzt. Dadurch wird die Nährstoffbilanz in den Wirtschaftsdünger importierenden Betrieben unterschätzt.

Auch die Grundfutterexporte werden in den Betriebsdaten im Gegensatz zum Grundfutterzukauf nicht hinreichend ausgewiesen. Sie dürften sektoral jedoch nur eine geringe Rolle spielen und werden daher nicht berücksichtigt. Im Einzelfall wird hierdurch die Nährstoffabfuhr durch pflanzliche Erträge unterschätzt. Erhöhter Nährstoffbedarf nach Vorgabe von Länderstellen, z. B. für Qualitätsweizen und Gemüse oder erhöhte Bilanzüberschüsse aufgrund von Ernteaussfällen (vgl. DüV, Anlage 6) werden bei den Analysen nicht berücksichtigt.

Zusätzlich zu den oben genannten Schwankungsbereichen aufgrund unterschiedlicher N-Verlustabzüge und Ausscheidungskoeffizienten ergibt sich bei der Flächenbilanzberechnung das Problem, die korrekte Nährstoffabfuhr über pflanzliche Erträge zu bestimmen. Unter Nährstoffabfuhr wird der Export von der Fläche durch Ernte und die Verwertung durch Beweidung verstanden. Die Berücksichtigung der Grundfutterproduktion auf Silo-

mais-, anderen Feldfutter- und Grünlandflächen stellt eine besondere Schwierigkeit dar, da in den Buchführungsabschlüssen keine Erntemengen dokumentiert sind. Die Nährstoffabfuhr über das Grundfutter steht aber in Relation zur Nährstoffausscheidung durch den grundfutterverwertenden Tierbestand (Rinder, Schafe, Pferde), zu den Produktionsleistungen (Milch, Lebendgewichtzuwachs) und zu den an diese Tiere zusätzlich verfütterten Kraftfuttermengen. Auf Grundlage der Tierbestände, der kalkulierten tierischen Nährstoffausscheidungen und dem in den Buchführungsabschlüssen dokumentierten Futterzukauf für Rinder sowie der Verfütterung von selbst erzeugtem Getreide lässt sich die Nährstoffabfuhr über das betrieblich erzeugte Grundfutter abschätzen (vgl. auch Erläuterungen in Tabelle 1, Fußnote 2):

innerbetrieblich erzeugtes und verwertetes Grundfutter =
tierische N-Ausscheidungen
+ Verkauf tierischer Produkte/Tiere (anhand von Tierbestand, Milchleistung)
– Zukauf von Futtermitteln
– Getreide u. a. innerbetrieblich erzeugtes Kraftfutter

Das verwendete Schätzverfahren für die Nährstoffabfuhr über Grundfutter entspricht einer vereinfachten Annäherung an die Hoftorbilanz, ausgehend von der durch die DüV vorgeschriebenen Flächenbilanz. Es verhindert erhebliche Überschätzungen der tatsächlich für die Tierernährung verwerteten Grünland- und Feldfutterbau-Erträge und stellt damit die Bilanzwahrheit innerhalb der Nährstoffbilanzierung sicher. Die angesetzte Abfuhr durch Grundfuttererträge stellt eine entscheidende Größe für die Nährstoffbilanzierung in Futterbaubetrieben und die Höhe der berechneten Salden dar.

Da in den genannten Futterbauverfahren die ganze Pflanze geerntet wird, kann die Nährstoffabfuhr sehr hoch liegen. Bereits geringe Abweichungen der Schätzwerte beeinflussen daher in starkem Maße den Saldo zwischen Nährstoffabfuhr und organischer Düngung. Hinzu kommt, dass je nach Fütterung und Haltungsform die Ausscheidungs- und Anrechnungskoeffizienten gerade im Futterbau stark variieren. Aufgrund der zugrundeliegenden Schätzung unterliegen die Bilanzelemente besonders in Futterbaubetrieben einer entsprechenden Unsicherheit. Die Unsicherheiten betreffen aber vor allem den innerbetrieblichen N-Umsatz (N-Abfuhr über Grundfutter, N-Ausscheidungen der Tiere) und weniger den N-Saldo, da die N-Exporte über tierische Produkte weniger stark schwanken und die N-Importe im Kraftfutter über die monetär gebuchten Werte abgeschätzt werden können.

Die wichtigsten Informationen zu den Datengrundlagen und den verwendeten Nährstoffkoeffizienten sind in der folgenden Übersicht und den nachfolgenden zwei Tabellen zusammengefasst.

Übersicht 2: Verwendete einzelbetriebliche Datengrundlagen

Datenherkunft	Testbetriebsnetzdaten	Buchführungsabschlüsse der LandData GmbH
Anzahl Betriebe	11.791 Testbetriebe für ganz Deutschland, Wirtschaftsjahr 2002/2003; Hochrechnungsfaktoren erlauben eine Hochrechnung auf 278.401 repräsentierte Betriebe	29.787 ausgewertete Betriebe, nur Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Hessen, Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg, Bayern und Sachsen-Anhalt; Wirtschaftsjahre 1999/2000 und 2000/2001, keine Hochrechnung
Repräsentativität	Gute Repräsentativität für Einkommen und Betriebsform aufgrund Stichprobenauswahl aus nach sozioökonomischen Kriterien geschichteter Grundgesamtheit; gewerbliche Betriebe (z. B. Geflügel) unterrepräsentiert	Repräsentativität eingeschränkt, Zufallsauswahl buchführungspflichtiger landwirtschaftlicher Betriebe; gewerbliche Betriebe (z. B. Geflügel) und kleinere Betriebe unterrepräsentiert
Schichtung	EU-Betriebssystematik (Schwelle für spezialisierte Betriebe: Deckungsbeiträge aus Betriebszweig >66% am Gesamtdeckungsbeitrag)	Alte deutsche Betriebssystematik (Schwelle für spezialisierte Betriebe: Deckungsbeiträge aus Betriebszweig >50% am Gesamtdeckungsbeitrag)
Analysierte Daten	Aus BMELV-Jahresabschluss: Flächennutzung, Tierhaltung, Aufwand für Kraftfutter und Düngemittel, ökonomische Erfolgsgrößen	Aus BMELV-Jahresabschluss und natürlicher Buchführung: Flächennutzung, Erträge, Tierhaltung, Aufwand für Kraftfutter sowie Innenumsatz Futtergetreide, Naturaldaten über zugekaufte Mineraldüngerart und Menge, ökonomische Erfolgsgrößen
Verwendet für	Analysen der Betroffenheit von Ausbringungsobergrenzen für tierischen Dung anhand der Flächennutzung und Tierhaltung	Analysen der Nährstoffüberschüsse auf Grundlage geschätzter Teilbilanzen

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 1: Für die Berechnung der Stickstoffbilanzen verwendete Koeffizienten

Pflanzenbau	N-Abfuhr		Tierhaltung	N-Ausscheidung	optional: vermindert um Faktor
	(ohne Nebenprodukte wie Stroh)				
Einheit	kg/dt	kg/Hektar	Einheit	kg/Stallplatz	
Weizen	2		Milchkühe (Formel)		0,9
Sommerweizen	2		a + b (nur im Grünlandbetrieb) + c x Milchleistung kg/Kuh * Jahr		
Roggen	1,5		a: Fixes Element	50,7	
Wintergerste	1,7		b: Fixer Zuschlag Grünland	16,7	
Sommergerste	1,55		c: leistungsabhängig	0,00825	
Hafer	1,5		Altkühe	70	0,9
Körnermais	1,5		Mutterkühe	106	0,9
Sonstiges Getreide	1,8		Bullen	40,2	0,9
Hülsenfrüchte	4,1		Kälber	15,3	0,9
Winterraps	3,3		Färsen	60	0,9
Sonstige Ölfrüchte	3,3		Sauen	37,3	0,85
Kartoffeln	0,35		Mastschweine	13,6	0,85
Zuckerrüben	0,18		Schafe	18,6	
Gemüse		130	Pferde	63,5	
			Geflügel (Legehennen) ¹⁾	0,74	
Silomais, Futterrüben	Schätzung anhand der kalkulierten Ausscheidung der raufutterfressenden Tiere ²⁾		N-Export durch Produkte als Anteil des aufgenommenen N		
Klee- und Feldgras, Grünland			Milch	25%	
			Rindfleisch	10%	
			Umrechnung des monetären Futtermittelaufwands		
			Euro/kg N (=Wintergerste)	7,669	
			Anrechnung org. Stickstoff (für Ausbringungsobergrenzen) ³⁾		
			Haltungssystem	für Gülle	geringer Wert
			Rind	85%	77%
			Schwein	70%	60%
			Schafe, Pferde	-	55%
			Geflügel	-	60%
			Verfügbarkeit des org. Stickstoffs (für N-Netto-Bilanz) ⁴⁾		
			Haltungssystem	Gülle/ohne Weide	mit Weide
			Milchkühe	70%	61%
			andere Rinder	70%	48%
			Schwein	60%	-
			Schafe, Pferde	50%	38%
			Geflügel	50%	-
			Weide (Rinder, Schafe, Pferde)		25%

1) Sonstiges Geflügel nicht berücksichtigt; Geflügelhaltung hat in den analysierten Betrieben eine vergleichsweise geringe Bedeutung.

2) unter Berücksichtigung von N-Export im Produkt (Fleisch und Milch) und N aus Kraftfutter. Abfuhr über Grundfutter ist höchstens so hoch wie die N-Ausscheidung von Kühen (Milchkühe incl. Leistungsbedarf für 3000 kg Milch/Kuh und Jahr), Färsen, Bullen, Schafen und Pferden. Diese N-Menge wird für Fleischproduktion mit dem Faktor 1,1111 erhöht (zur Berücksichtigung des N im Lebendgewichtszuwachs = 10% der N-Aufnahme) und bei Milchkühen um den Faktor 1,3333 (zur Berücksichtigung des N in der produzierten Milch = 25% der N-Aufnahme). Kraftfutterzukauf wird mit einem N-Gehalt wie bei Wintergerste angerechnet. Wird mehr als der N-Futterbedarf für die Milchproduktion über 3000 kg/Kuh und Jahr aus Kraftfutter eingesetzt (einschließlich Getreide aus Eigenanbau), so wird die N-Abfuhr über Grundfutteranbau entsprechend vermindert.

3) Nach Abzug von Stall- und Lagerungsverlusten verbleibende N-Menge in % der Ausscheidungen in Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft nach DüV, Anlage 2, Spalten 2 und 3.

4) Anzurechnende Mindestwerte in % der Ausscheidungen in Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft nach DüV, Anlage 2, Spalten 4 und 5 (Zufuhr nach Abzug der Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste).

Quelle: Musterverwaltungsvorschrift für den Vollzug der DüV (1996), Bach und Frede (2002), DüV in der Fassung vom 13. Januar 2006, sowie Verordnung zur Änderung saattgutrechtlicher und düngemittelrechtlicher Vorschriften vom 27. September 2006.

Tabelle 2: Für die Berechnung der Phosphorbilanzen verwendete Koeffizienten

Pflanzenbau	P-Abfuhr		Tierhaltung	P-Ausscheidung	optional: vermindert um Faktor
	(ohne Nebenprodukte wie Stroh)				
Einheit	kg/dt	kg/Hektar	Einheit	kg/Stallplatz	
Weizen	0,8		Milchkühe (Formel)		
Sommerweizen	0,8		a + b (nur im Grünlandbetrieb) + c x Milchleistung kg/Kuh * Jahr		
Roggen	0,8		a: Fixes Element	21	
Wintergerste	0,8		b: Fixer Zuschlag Grünland	2,3	
Sommergerste	0,8		c: leistungsabhängig	0,00233	
Hafer	0,8		Altkühe	33	
Körnermais	0,8		Mutterkühe	25	
Sonstiges Getreide	0,8		Bullen	15,4	
Hülsenfrüchte	1,2		Kälber	6,5	
Winterraps	1,8		Färsen	18,7	
Sonstige Ölfrüchte	1,8		Sauen	18,6	0,8
Kartoffeln	0,14		Mastschweine	6	0,8
Zuckerrüben	0,1		Schafe	6	
Gemüse		40	Pferde	28	
Silomais, Futterrüben	Schätzung anhand der kal-		Geflügel (Legehennen) ¹⁾	0,41	0,7
Klee- und Feldgras,	kultierten Ausscheidung der				
Grünland	raufutterfressenden Tiere ²⁾				

1) Sonstiges Geflügel nicht berücksichtigt; Geflügelhaltung hat in den analysierten Betrieben eine vergleichsweise geringe Bedeutung.

2) Berechnung für N wird proportional auf P übertragen.

Quelle: Musterverwaltungsvorschrift für den Vollzug der DüV (1996), Bach und Frede (2002), DüV in der Fassung vom 13. Januar 2006, sowie Verordnung zur Änderung saatzgutrechtlicher und düngemittelrechtlicher Vorschriften vom 27. September 2006.

3 Wirkungen der Ausbringungsobergrenzen für organischen Stickstoff

Im Folgenden werden die auf Grundlage der Testbetriebsanalysen abgeschätzten betrieblichen Betroffenheiten von Ausbringungsobergrenzen für Stickstoff aus tierischen Ausscheidungen je Hektar vorgestellt. Nach EU-Nitratrichtlinie soll die Ausbringungsobergrenze für Wirtschaftsdünger bei 170 kg N/ha liegen. Nur in begründeten Ausnahmefällen können für Grünland höhere Grenzen festgelegt werden, die vom EU-Nitratausschuss genehmigt werden müssen. Im Zuge der Reform der DüV wurde die bisher bei 210 kg N/ha liegende Grenze für Grünland auf 230 kg/ha erhöht. Daneben wurden die Verlustabzüge verändert.

In der nachfolgenden Tabelle 3 wird ein Überblick über die betrieblichen Betroffenheiten gegeben, differenziert nach der EU-Betriebssystematik. Von Ausbringungsobergrenzen sind wegen der in diesen Betrieben höheren Tierbesatzdichten vor allem Futterbau- und Veredlungsbetriebe betroffen. Den Analysen zufolge betrifft eine Obergrenze von 170 kg N/ha knapp 19.000 Betriebe in Deutschland (hochgerechnete Werte). Bei einer Verschiebung der Ausbringungsobergrenze auf Grünland von 170 auf 230 kg N/ha würde für knapp 9.000 Betriebe die Restriktion aufgrund der Ausbringungsbegrenzung entfallen (vgl. Tab. 3). Grünland spielt vor allem in Futterbaubetrieben eine Rolle, weshalb sich eine Verschiebung der Ausbringungsobergrenze auf Grünland in erster Linie in dieser Betriebsform auswirkt (Einteilung nach EU-Betriebssystematik). Veredlungsbetriebe zeigen dagegen

eine bei Verschiebung der Obergrenze auf Grünland weitgehend gleich bleibende Betroffenheit, die von der unverändert bei 170 kg/ha liegenden Ausbringungsobergrenze auf Ackerland ausgeht. Gleiches gilt für die anderen, in Bezug auf die Betroffenheit weniger bedeutenden Betriebsformen.

Für Veredlungsbetriebe war bisher das Verbot der P-Düngung auf gut versorgten Böden bedeutsamer als die Obergrenze für Stickstoff. Diese Begrenzung wurde mit der neuen DüV durch die Vorgabe zum P-Überschuss von unter 20 kg P₂O₅/ha ersetzt und schafft somit mehr Spielräume als die alte Regelung. Auch bei Berechnung mit P-reduzierter Fütterung (Ausscheidungen der Schweine um Faktor 0.85 gemindert) ergeben sich nach Tabelle 3 vor allem in Veredlungsbetrieben Gülle-Exportmengen aufgrund der neuen DüV. Die aufgrund der Beschränkung der Phosphatüberschüsse zu reduzierenden P-Überhänge liegen mit 10 – 15 % des P-Aufkommens aus tierischen Ausscheidungen in den Veredlungsbetrieben weit über den aufgrund der N-Ausbringungsgrenze bestehenden Gülleüberschüssen.

Tabelle 3: Betriebliche Betroffenheit von Ausbringungsobergrenzen für organischen Stickstoff sowie Kostenentwicklung bei Erhöhung der Obergrenzen auf Grünland

Betriebsform ¹⁾		Summe	Marktfrucht	Veredlung	Futterbau	Gemischt	Dauerkultur	sonstige
Testbetriebe	Anzahl	11.791	3.119	1.643	4.467	1.062	895	605
Repräsentierte Betriebe	hochgerechnete Anzahl	278.401	92.780	33.471	100.112	22.577	19.755	9.706
Grünlandanteil	in % der LF	22,4%	7,5%	5,5%	58,0%	21,8%	8,8%	1,2%
Anteil des zu exportierenden organischen N-Überschusses am gesamten org.Stickstoffaufkommen (ohne Geflügeldung)								
170 kg/ha / Grünland 230	in % von ges. org. N	0,9%	1,1%	1,9%	0,7%	0,2%	0,0%	0,0%
170 kg/ha	in % von ges. org. N	1,7%	1,5%	2,0%	2,1%	0,3%	0,1%	0,0%
Anteil des zu exportierenden organischen P-Überschusses am gesamten org.P-Aufkommen (ohne Geflügeldung) bei max. 20 kg P₂O₅/ha²⁾								
ohne Strohexport	in % von ges. org. P	4,9%	7,2%	13,9%	1,2%	0,0%	0,4%	0,0%
mit Strohexport	in % von ges. org. P	4,1%	6,5%	11,1%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%
Anzahl der von N-Ausbringungsobergrenzen betroffenen Betriebe (hochgerechnet)								
170 kg/ha / Grünland 230	hochgerechnete Anzahl	9.093	1.563	2.914	4.109	507	0	0
170 kg/ha	hochgerechnete Anzahl	18.986	1.979	3.193	13.185	589	40	0
Anteil der von N-Ausbringungsobergrenzen betroffenen Betriebe an allen repräsentierten Betrieben (hochgerechnete Betriebszahlen)								
170 kg/ha / Grünland 230	in % von gesamt	3,3%	1,7%	8,7%	4,1%	2,2%	0,0%	0,0%
170 kg/ha	in % von gesamt	6,8%	2,1%	9,5%	13,2%	2,6%	0,2%	0,0%
Kosten des Exports von N-Überhängen aufgrund von Ausbringungsobergrenzen (geschätzt anhand der Pachtkosten)								
170 kg/ha / Grünland 230	in Mio. Euro	18,7	4,0	6,8	7,4	0,6	0,0	0,0
170 kg/ha	in Mio. Euro	33,5	5,3	7,2	20,3	0,7	0,0	0,0
Kostenminderung bei Erhöhung der Obergrenze für organischen Stickstoff auf Grünland (geschätzt anhand der Pachtkosten)								
Grünland von 170 auf 230	in Mio. Euro	14,8	1,4	0,4	12,9	0,2	0,0	0,0

1) nach EU-Betriebsystematik 2) unter der Annahme P-reduzierter Fütterung der Schweine.

Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage der Testbetriebsnetzdaten des Jahres 2002/2003.

Als Anpassung an die Ausbringungsobergrenzen müssen die betroffenen Betriebe Gülle an andere Betriebe abgeben oder Flächen zupachten. Die mit der Pacht zusätzlicher Fläche verbundenen Kosten ließen sich durch Verschiebung der Obergrenzen von 170 kg/ha auf 230 kg/ha um ca. 15 Millionen Euro verringern (vgl. Tab. 1), da in weniger Betrieben ein N-Überhang auftritt und die zu exportierende Menge deutlich abnimmt. Die Kostenschät-

zung liegt an der Obergrenze der tatsächlich zu erwartenden Kosten, dennoch handelt es sich bezogen auf den gesamten Agrarsektor um vergleichsweise geringe Beträge. Einzelbetrieblich können die Kosten allerdings stärker ins Gewicht fallen und bis zu 5 – 10 % des Gewinns erreichen.

Bei den von Obergrenzen betroffenen Futterbaubetrieben handelt es sich um sehr intensiv wirtschaftende Betriebe, die neben einer hohen Viehbesatzdichte, hoher Milchproduktion pro Hektar LF und pro Hektar Hauptfutterfläche auch einen überdurchschnittlich hohen monetären Aufwand für Kraftfutter und Mineraldünger aufweisen. Auffällig ist ein deutlich überdurchschnittlicher, flächenbezogener Aufwand für Düngerzukauf in diesen Betrieben. Diese Zahlen weisen darauf hin, dass neben den hohen organischen Düngemengen zusätzlich hohe mineralische Nährstoffmengen zum Einsatz kommen und dadurch potentiell hohe Nährstoffüberschüsse entstehen. Da die Genehmigung einer Ausbringungsgrenze von 230 kg/ha von der Einhaltung geringer N-Nettobilanzüberschüsse abhängt, müssten sich die Betriebe ggf. entsprechend anpassen. Zu Regionen mit überdurchschnittlich hohem Anteil von Grünlandbetrieben, die von Ausbringungsgrenzen betroffen sind, zählen Schleswig-Holstein, Niedersachsen (vor allem Regierungsbezirk Weser-Ems sowie Lüneburg), Nordrhein-Westfalen und Bayern (vor allem Oberbayern).

Insgesamt bleiben die Stickstoffmengen, die von der N-Obergrenzenregelung erfasst werden und z. B. exportiert werden müssten, bei unter 2 % des gesamten, in den Testbetriebsnetzdaten repräsentierten organischen Düngaufkommens (ohne Geflügeldung). Dagegen fällt die Begrenzung der P-Bilanzen mit 4 – 5 % des Wirtschaftsdüngeraufkommens (ohne Geflügeldung) als potentielle Exportmenge deutlich stärker ins Gewicht, in Futterbaubetrieben wird sie aber kaum wirksam. Aufgrund der technischen und bürokratischen Anforderungen an eine Ausnahmegenehmigung für Grünland für eine Ausbringungsmenge bis 230 kg N/ha ist nicht damit zu rechnen, dass viele Betriebe diese Option wählen.

Bedeutender als die genaue Obergrenze für Stickstoff in kg/ha ist der Abzugsbetrag für Stall- und Lagerungsverluste. Hohe Verlustwerte schieben die faktische Viehbesatzbegrenzung ausgehend von 170 kg/ha deutlich über die Marke von 200 kg/ha N aus tierischen Ausscheidungen. Zu berücksichtigen ist ferner, dass Ausbringungsobergrenzen zwar Wirtschaftsdüngerexporte auslösen, aber nicht eine bessere Nährstoffverwertung in den aufnehmenden Betrieben garantieren können. Der Einsatz von Wirtschaftsdünger in Betrieben mit geringerem oder ohne Tierbesatz muss nicht automatisch zu einer besseren Nährstoffverwertung führen. Ohne verbesserte Verwertung handelt es sich jedoch lediglich um eine räumliche Verlagerung von N-Frachten.

4 Anpassungsbedarf aufgrund der Ausweitung der Güllelagerkapazität auf mindestens 6 Monate

Die Güllelagerungsdauer wird in Betrieben mit Anfall von Gülle im Rahmen der Agrarstrukturhebung erfasst. Zuletzt wurde dieses Merkmal im Jahr 2003 in allen landwirtschaftlichen Betrieben Deutschlands erhoben und erstmals auch ausgewertet und veröffentlicht. Die Auswertungen der Güllelagerungsdauer in Hinblick auf die diskutierte Mindestlagerdauer von sechs Monaten werden dadurch erschwert, dass die Klasseneinteilung der veröffentlichten Agrarstatistik keine eindeutige Abgrenzung erlaubt, da fünf und sechs Monate Lagerkapazität zusammengefasst wurden und in dieser Klasse ein besonders großer Teil der gesamten Tierbestände gehalten wird.

Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass in der statistischen Erfassung alle Betriebe mit Gülle in die Auswertung eingehen, unabhängig davon, ob ein Teil der Tiere auch auf Festmist gehalten wird. In Deutschland sind Mischsysteme aber die Regel, so werden über 50 % aller Großvieheinheiten (GV) in Betrieben gehalten, in denen sowohl Gülle als auch Festmist anfällt. Die Zahlen zur Lagerkapazität sollten mit Vorsicht interpretiert werden, da eine geringe Güllelagerungsdauer u. U. verstärkt in Betrieben mit einer höheren Bedeutung von Festmist auftreten. Die Hochrechnung der Lagerdauer anhand aller GV im Betrieb mit Gülle ist daher eigentlich das falsche Merkmal. Richtiger wäre es, die Lagerdauer mit den GV zu gewichten, die in Ställen mit Güllesystem gehalten werden. Dieses Merkmal wird jedoch nicht erfasst.

Die nachfolgende Tabelle 4 gibt die prozentualen Anteile an GV wieder, die in Betrieben mit mindestens fünfmonatiger Güllelagerkapazität gehalten werden, auf Basis der gesamten GV in der jeweiligen Betriebsgruppe. Für Deutschland ergibt sich hier insgesamt ein Anteil von 79 %. Geringere GV-Anteile in Betrieben mit mindestens fünfmonatiger Güllelagerkapazität zeigen sich in Betriebsgruppen mit 10 bis 30 ha LF und insbesondere in der Mitte und im Süden der alten Bundesländer (Hessen, Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Bayern). Sehr kleine Betriebe unter 10 ha LF weisen dagegen im Durchschnitt sehr hohe Viehdichten auf. Hier dürfte es sich vor allem um Veredlungsbetriebe handeln, die im Fall sehr flächenarmer Betriebe überdurchschnittliche Lagerkapazitäten aufweisen. In größeren Betrieben sind durchschnittliche oder leicht überdurchschnittliche Lagerkapazitäten zu beobachten. Durch höhere Lagerkapazitäten zeichnen sich auch die nordwestdeutschen sowie die neuen Bundesländer aus.

Würde von einer Gleichverteilung innerhalb der Klasse 5-6 Monate ausgegangen, kann ein Näherungswert für die GV in Betrieben mit über sechs Monaten Güllelagerkapazität geschätzt werden (GV in Klasse 5-6 Monate $\cdot 1/2$). In Deutschland ergibt sich bei dieser Schätzung ein Anteil von 55 % der GV in solchen Betrieben. Dies würde bedeuten, dass noch erheblicher Nachholbedarf zur Einhaltung einer sechsmonatigen Mindestlagerdauer für Gülle besteht. Zu bedenken ist aber, dass bereits in der Vergangenheit beispielsweise

im Zusammenhang mit der einzelbetrieblichen Investitionsförderung 6 Monate Mindestlagerkapazität gefordert wurden. Daher ist zu erwarten, dass der Anteil der Betriebe und GV mit 6 Monaten innerhalb der Gruppe 5-6 Monate Lagerdauer höher liegt als der Anteil mit 5 Monaten Lagerdauer. Diese Gründe sprechen dafür, dass die getroffene Annahme einer Gleichverteilung nicht zutrifft und die Lagerungsdauer von 6 Monaten in mehr Betrieben bzw. für mehr GV eingehalten wird.

Tabelle 4: Anteil der Großvieheinheiten in Betrieben mit 5 und mehr Monaten Güllelagerkapazität nach Bundesländern und LF-Größenklassen im Jahr 2003

	SH	NI	NW	HE	RP	BW	BY		BB	MV	SN	ST	TH	D	
Anteil an ges. GV in Deutschland	8,3	24,3	13,6	2,9	2,3	8,2	24,7		3,2	3,4	3,3	2,8	2,6	100,0	
Großvieheinheiten (GV) in Betrieben mit Güllelagerkapazität von 5 Monaten und mehr															
in % der gesamten GV je Betriebsgruppe															
LF je Betrieb in ha								LF je Betrieb in ha							
unter 2	88	90	94	90	104	100	68	unter 2	94	96	100	94	63	89	
2 - 5	96	75	81	80	.	58	67	2 - 5	.	.	.	.	.	76
5 - 10	78	76	93	71	.	82	66	5 - 10	50	.	.	.	.	75
10 - 20	83	79	84	66	60	60	60	10 - 20	.	89	.	.	.	67	
20 - 30	88	83	86	62	75	61	60	20 - 30	.	.	93	50	.	68	
30 - 50	91	80	89	60	57	64	64	30 - 50	.	.	54	100	107	74	
50 - 100	89	84	90	71	68	70	71	50 - 100	88	95	96	90	95	81	
100 und mehr	89	82	89	74	74	76	73	100 und mehr	89	88	99	88	94	86	
darunter:								darunter:							
50 - 75	91	83	91	69	67	71	70	100 - 200	92	87	100	92	98	81	
75 - 100	87	84	90	73	69	69	72	200 - 500	89	85	98	89	97	87	
100 - 200	88	81	89	74	71	76	73	500 - 1000	91	92	98	75	94	91	
Insgesamt	89	82	89	70	69	68	66	Insgesamt	90	88	98	88	92	79	

Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 3 / Reihe 2.2.2 Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft in landwirtschaftlichen Betrieben. Agrarstrukturerhebung 2003 (Betriebe mit Lagerkapazität für Gülle nach Monaten 2003).

Auch bei optimistischeren Annahmen zur Lagerungsdauer der anfallenden Gülle verbleibt eine erhebliche Anzahl von Betrieben und GV, die derzeit unterhalb den geforderten 6 Monaten Lagerdauer liegen. Von den Anpassungsanforderungen sind vor allem kleinere Betriebe sowie die strukturschwächeren Regionen in der Mitte und im Süden der alten Bundesländer betroffen. Die strukturellen Wirkungen einer Festlegung von Mindestlagerkapazitäten sollen durch die Übergangsfrist bis Ende 2008 und ggf. durch flankierende Maßnahmen wie Investitionsförderung abgedeckt werden. Mit einer deutlichen Erweiterung der Lagerkapazität ist folglich nur in der Mitte und im Süden der alten Bundesländer, nicht aber im Norden und Osten Deutschlands zu rechnen. Auf Ackerland sind Sperrfristen für die Wirtschaftsdüngerausbringung über Winter vom 1. 11. bis 31.01. und für Grünland vom 15.11. bis 31.01. einzuhalten. Da diese Sperrfristen lediglich 2,5 bis 3 Monate betragen und im frühen Frühjahr die Gülleausbringung durch geringe Befahrbarkeit oder gefrorene Böden eingeschränkt sein kann, ist die erwartete Verlagerung der Ausbringung ins Frühjahr und die damit angestrebten Verbesserung der N-Ausnutzung kein Automatismus, sondern muss z. B. durch Beratung unterstützt werden.

5 Wirkungen einer Begrenzung der Stickstoff- und Phosphatbilanzüberschüsse

Im Folgenden werden zunächst einige Besonderheiten der analysierten Daten beschrieben und deren Repräsentativität diskutiert. Anschließend wird die potentielle Betroffenheit von Betrieben durch eine Begrenzung der Bilanzüberschüsse in der Ist-Situation ohne Berücksichtigung künftiger Anpassungen dargestellt und die Ursachen für auftretende Überschüsse analysiert. Im Mittelpunkt steht dabei die Frage, welche rechnerischen Bilanzüberschüsse sich in diesen Betrieben ergeben und mit welchen Anpassungen an die Vorgaben der DüV an maximale N-Nettoüberschüsse zu rechnen ist.

Nach §6 (2) der DüV wird ein N-Netto-Bilanzüberschuss berechnet, bei dem die tierischen Ausscheidungen mit Faktoren von beispielsweise 70 % für Rindergülle und 60 % für Schweinegülle anzurechnen sind (vgl. Tabelle 1). Bei Weidegang sind nur 25 % der tierischen N-Ausscheidungen anzurechnen. Für Gärsubstrate aus Biogasanlagen gibt es bisher keine Vorgaben. Durch die Abschläge sollen unvermeidbare Verluste aus tierischen Ausscheidungen berücksichtigt werden. Wie die folgende Tabelle zeigt, wird das zu unterschreitende Dreijahresmittel des N-Bilanzüberschusses bis 2009-2011 von 90 auf 60 kg N/ha abgesenkt. Kommt es im 2006 beginnenden Düngejahr zu hohen Überschüssen, muss der Überschuss bereits in den Folgejahren sehr stark abgesenkt werden, um die Zielwerte des gleitenden Dreijahresmittels einzuhalten. Ein Betrieb mit 140 kg Nettobilanzüberschuss im Jahr 2006 muss beispielsweise bereits im Jahr 2007 den Überschuss um 50 kg N senken, um den Zielwert in den Folgejahren einhalten zu können. Dies bedeutet, dass es in Betrieben mit hohen Überschüssen zu in den nächsten Jahren messbaren Anpassungen an die DüV kommen wird, einen entsprechenden Vollzug vorausgesetzt.

Tabelle 5: Zielwerte für den betrieblichen N-Netto-Überschuss nach DüV

N-Netto-Bilanzüberschuss in kg/ha		Ist-Werte als Beispiel							
Zielwerte nach DüVO		Beispiel 1		Beispiel 2		Beispiel 3		Beispiel 4	
Dreijahresmittel nach §6 (2) Satz 1		1 Jahr	3-J.-Mittel	1 Jahr	3-J.-Mittel	1 Jahr	3-J.-Mittel	1 Jahr	3-J.-Mittel
2006	} 90 } } 80 } } 70 } } 60 }	80	} 80 } } 73 } } 67 } } 60 }	100	} 90 } } 80 } } 70 } } 60 }	120	} 90 } } 72 } } 65 } } 60 }	140	} 90 } } 65 } } 65 } } 62 }
2007		80		90		80		65	
2008		80		80		70		65	
2009		60		70		65		65	
2010		60		60		60		60	
2011ff.	60	60	50	57	55	58	60	60	

Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf Vorgaben der Düngeverordnung in der Fassung vom 13. Januar 2006 (BGBl Jg. 2006, Teil I Nr. 2, 33ff.).

Da anders als bei Obergrenzen für die Wirtschaftsdüngerausbringung der N-Saldo zur technischen Ansatzstelle für die Regulierung gemacht wird, können Anpassungen grundsätzlich in allen Betrieben mit hohen Bilanzüberschüssen, unabhängig von deren Struktur, erwartet werden.

5.1 Datengrundlage: Buchführungsdaten mit Angaben zum Stickstoff-Mineraldüngerzukauf

Datengrundlage für die folgenden Analysen bilden Buchführungsdaten der LandData GmbH (Gesellschaft für Verarbeitung Landwirtschaftlicher Daten mit Sitz in Visselhövede), die von der FAL für wissenschaftliche Zwecke erworben wurden und die differenzierte Daten über die zugekauften Mineraldüngermengen enthalten. Diese Daten werden im Folgenden als „einzelbetriebliche Buchführungsdaten“ bezeichnet. Ermöglicht wurden die Beschaffung der Daten und die Entwicklung des hier eingesetzten Analyseinstrumentariums durch Drittmittelprojekte mit umweltpolitischem Hintergrund, die durch den Sachverständigenrat für Umweltfragen und das Niedersächsische Umweltministerium finanziert wurden (Gay et al., 2004; Osterburg et al., 2004). Im Rahmen der Vorlaufforschung sind diese Projekte am Institut für Ländliche Räume der FAL dazu genutzt worden, Datengrundlagen für die wissenschaftliche Analyse des tatsächlichen Düngungsmanagements in landwirtschaftlichen Betrieben zu prüfen und darauf aufbauende Methoden und Auswertungsprogramme zu entwickeln.

Bei diesen Arbeiten und der Darstellung von Ergebnissen geht es nicht darum, „gutes“ oder „schlechtes“ Management pauschal bloßzustellen und zu verurteilen. Ziel ist vielmehr, quantitatives Zahlenmaterial für eine fachliche, differenzierte Diskussion zur Düngungspolitik bereitzustellen. Einzeldaten oder Daten für Betriebsgruppen mit geringer Besetzung sind mit Vorsicht zu interpretieren, da es keine Möglichkeit gibt, Eingabefehler in der Buchführung vollständig auszuschließen. Im Mittelpunkt der Analyse stehen daher die Streuungen der Nährstoffbilanzen in den untersuchten Betriebsgruppen und nicht die jeweiligen Einzelwerte.

5.2 Beurteilung der Repräsentativität der untersuchten Betriebsdaten

Bevor Analyseergebnisse vorgestellt werden, soll zunächst die Frage der Repräsentativität der Daten geklärt werden. Die einzelbetrieblichen Buchführungsdaten wurden nicht repräsentativ erhoben, sondern beinhalten lediglich die Betriebe, deren Buchführung durch die LandData GmbH unterstützt wird. Dies ist keine Zufallsauswahl, da es sich um nach Steuerrecht buchführungspflichtige Betriebe handelt. Kleinbetriebe, aber auch gewerbliche Betriebe wie z. B. flächenarme Geflügelbetriebe sind unterrepräsentiert. Die 29.787 ausgewerteten Betriebe liegen in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Hessen, Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg, Bayern und Sachsen-Anhalt. Durch die Betriebe werden 1,9 Millionen Hektar oder 11 % der LF in Deutschland repräsentiert (vgl. Tabelle 6). In der Summe wird im Vergleich zum nationalen Durchschnitt eine höhere Viehbesatzdichte abgebildet, was auf die stark repräsentierten Länder Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Bayern zurückzuführen ist. Für die meisten betrieblichen Situationen der Alten Bundesländer weist

der Datensatz sehr hohe Stichprobenumfänge auf. Eine Ausnahme sind Betriebe aus den Neuen Ländern, nur Sachsen-Anhalt ist im Datensatz vertreten.

Tabelle 6: Vergleich der aggregierten Betriebsdaten mit Daten der Agrarstatistik

	Betriebe insg. Anzahl	Landw. Nutz- fläche ha	Acker- land ha	Dauer- grün- land ha	Milch- kühe 1000 Stk.	Mast- schweine 1000 Stk.	Milch- kühe/ha Grünland Tiere/ha	Mast- schweine/ha Ackerld. Tiere/ha
Summe der ausgewerteten einzelbetrieblichen Daten								
Niedersachsen	8.745	625.169	410.043	192.849	204.754	704.821	1,1	1,7
Nordrhein-Westfalen	5.720	267.381	189.267	71.782	104.944	976.808	1,5	5,2
Hessen	623	42.044	32.042	8.344	9.537	67.770	1,1	2,1
Rheinland-Pfalz	2.350	192.709	104.929	85.783	66.377	76.041	0,8	0,7
Baden-Württemberg	5.438	311.199	202.495	106.533	114.434	331.811	1,1	1,6
Bayern	6.514	326.722	214.061	112.163	175.875	396.258	1,6	1,9
Sachsen-Anhalt	397	90.850	69.102	17.727	16.889	10.332	1,0	0,1
gesamt	29.787	1.856.075	1.221.940	595.182	692.808	2.563.840	1,2	2,1
Vergleich der ausgewerteten einzelbetrieblichen Daten mit der Agrarstatistik (1999)								
	<i>in % aller Betriebe des jeweiligen Landes bzw. in Deutschland</i>						Viehbesatz nach Statistik	
							Tiere/ha	Tiere/ha
Niedersachsen	13%	23%	23%	23%	26%	13%	0,9	3,0
Nordrhein-Westfalen	10%	18%	18%	17%	25%	24%	1,0	3,8
Hessen	2%	5%	7%	3%	5%	12%	0,6	1,2
Rheinland-Pfalz	7%	27%	26%	35%	49%	35%	0,6	0,5
Baden-Württemberg	7%	21%	24%	19%	26%	30%	0,8	1,3
Bayern	4%	10%	10%	10%	12%	18%	1,2	1,0
Sachsen-Anhalt	8%	8%	7%	11%	11%	2%	1,0	0,6
gesamt von Deutschland	6%	11%	10%	12%	15%	16%	0,9	1,4
Aufteilung nach Betriebsformen								
	<i>in % aller Futterbau-, Marktfrucht-, Veredlungs- und Gemischtbetriebe des jeweiligen Datensatzes</i>							
							Tiere/ha	Tiere/ha
Summe der ausgewerteten einzelbetrieblichen Daten								
Futterbau	54%	52%	38%	87%	94%	12%	1,3	0,6
Marktfrucht	30%	35%	46%	9%	4%	31%	0,4	1,4
Veredlung	12%	9%	12%	1%	0%	48%	0,2	8,6
Gemischt	4%	4%	4%	3%	3%	9%	1,1	4,4
Agrarstatistik Deutschland insgesamt								
Futterbau	52,8%	44,2%	29,6%	78,9%	88,7%	10,5%	1,1	0,3
Marktfrucht	33,3%	45,4%	58,0%	15,5%	7,6%	27,5%	0,5	0,4
Veredlung	7,3%	5,0%	6,4%	1,5%	0,2%	46,3%	0,1	6,3
Gemischt	6,7%	5,5%	6,0%	4,2%	3,5%	15,7%	0,8	2,3
Anteil der untersuchten vier Betriebsformen an den Gesamtumfängen der Agrarstatistik								
	<i>in % aller in der Agrarstatistik erfassten Betriebsbereiche</i>							
alle vier Betriebsf.	82,0	95,9	97,6	95,6	99,3	99,2		

Quelle: Sonderauswertung der Landwirtschaftszählung 1999 des Statistischen Bundesamtes, einzelbetriebliche Buchführungsabschlüsse, eigene Berechnungen.

Fazit: Die analysierten einzelbetrieblichen Daten spiegeln in Bezug auf die Tierhaltung im Vergleich zu durchschnittlichen Verhältnissen in Deutschland intensivere Produktionsverhältnisse wider. In der Folge werden die Nährstoffbilanzüberschüsse vergleichsweise höher ausfallen als im sektoralen Durchschnitt, was bei der Interpretation der Analysen zu be-

rücksichtigen ist. Bezüglich der Flächennutzung und der Verteilung nach Betriebsformen stimmen die Betriebsdaten dagegen stärker mit den sektoralen Vergleichsdaten überein.

5.3 Analyse der einzelbetrieblichen Daten in Hinblick auf N-Salden

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Einblick in die untersuchten Betriebe, unterteilt in die im Vorhaben vereinbarte Betriebssystematik.

Tabelle 7: Merkmale der analysierten Betriebe

Betriebsform org.N in kg/ha		alle	Marktfrucht <40	Veredlung 40-<120	Veredlung ≥ 120	Futterbau 40-<120	Futterbau ≥ 120
Betriebe	Anzahl	29.787	5.403	2.405	4.003	6.666	11.310
Landwirtschaftliche Nutzfläche	1000 ha	1.856	413	151	182	516	594
Ackerfläche	% der LF	66%	88%	90%	88%	58%	44%
Grünland	% der LF	32%	6%	4%	6%	40%	58%
Getreide ohne Mais	% der Ackerfläche	57%	62%	65%	65%	58%	41%
Körner- und Silomais	% der Ackerfläche	14%	3%	4%	9%	14%	37%
Raps	% der Ackerfläche	7%	9%	10%	7%	7%	2%
Kartoffeln	% der Ackerfläche	3%	6%	5%	2%	3%	1%
Flächenstilllegung	% der Ackerfläche	7%	7%	7%	7%	7%	5%
Nachwachsende Rohstoffe	% der Ackerfläche	2%	2%	3%	2%	2%	1%
Viehbesatz	GV/ha	0,98	0,10	0,67	1,67	0,78	1,64
Rinder/ha	Stk./ha	1,07	0,09	0,05	0,16	1,08	2,24
Schweine/ha	Stk./ha	1,68	0,24	4,41	10,87	0,17	0,52
N-Mineraldünger	kg N/ha	118,5	147,7	133,4	109,7	104,7	109,6
N aus Wirtschaftsdünger	kg N/ha	106,6	10,2	79,5	186,1	83,6	173,5
Gülleexport (2000)	kg N/ha	2,1	0,0	0,0	12,0	0,0	2,9
Gülleexport (2007)	kg N/ha	4,4	0,0	0,0	25,3	0,0	5,9
Legume N-Bindung	kg N/ha	13,3	4,4	3,5	3,2	16,4	22,1
N-Abfuhr	kg N/ha	132,7	105,9	105,2	101,0	116,8	180,0
N-Saldo (Brutto) ohne Leg.N	kg N/ha	92,4	52,0	107,6	194,9	71,6	103,1
Standabweichung N-Min.dünger	% des Mittelwerts	46%	31%	33%	37%	51%	52%
Standabweichung Wirtschaftsdünger	% des Mittelwerts	62%	134%	29%	22%	26%	23%
Standardabweichung N-Abfuhr	% des Mittelwerts	44%	27%	25%	28%	31%	35%
Standardabweichung N-Saldo	% des Mittelwerts	75%	83%	43%	28%	70%	74%
N-Reduzierung (DüV) I	kg N/ha ges. LF	21,5	10,3	25,5	65,3	12,9	22,2
Anteil betroffener Betriebe der Gruppe	%	48%	34%	64%	92%	39%	41%
N-Reduzierung (DüV) II	kg N/ha ges. LF	14,3	9,6	20,5	48,8	7,8	11,3
Anteil betroffener Betriebe der Gruppe	%	38%	32%	57%	86%	26%	26%

Quelle: Einzelbetriebliche Buchführungsdaten der Wirtschaftsjahre 1999/2000 und 2000/2001, eigene Berechnungen.

In Hinblick auf die N-Salden fällt die hohe N-Mineraldüngung in Betrieben mit hoher Viehbesatzdichte auf. Besonders in Futterbaubetrieben weist der Mineraldüngereinsatz eine hohe Variabilität auf, ausgedrückt als Standardabweichung der Mittelwerte des N-Mineraldüngereinsatzes pro Hektar. Gegenüber den im Jahr 2000 geltenden Verlustabzügen von 28 % des Wirtschaftsdünger-Stickstoffs gelten aktuell restriktivere Bedingungen, weshalb der kalkulierte Wirtschaftsdüngerexport zunehmen würde. Für die berechneten Bruttosalden wurde jedoch die Situation im Jahr 2000 mit hohen Verlustabzügen und entsprechend geringeren Gülleexporten zugrunde gelegt. Bei Verlustabzügen von 28 % ergeben sich maximale N-Ausscheidungen vor Verlustabzug je Hektar von 236 kg N/ha.

Die aufgrund der Zielwerte der DüV notwendige Senkung des Nettobilanzsaldos wurde in zwei Szenarien berechnet.

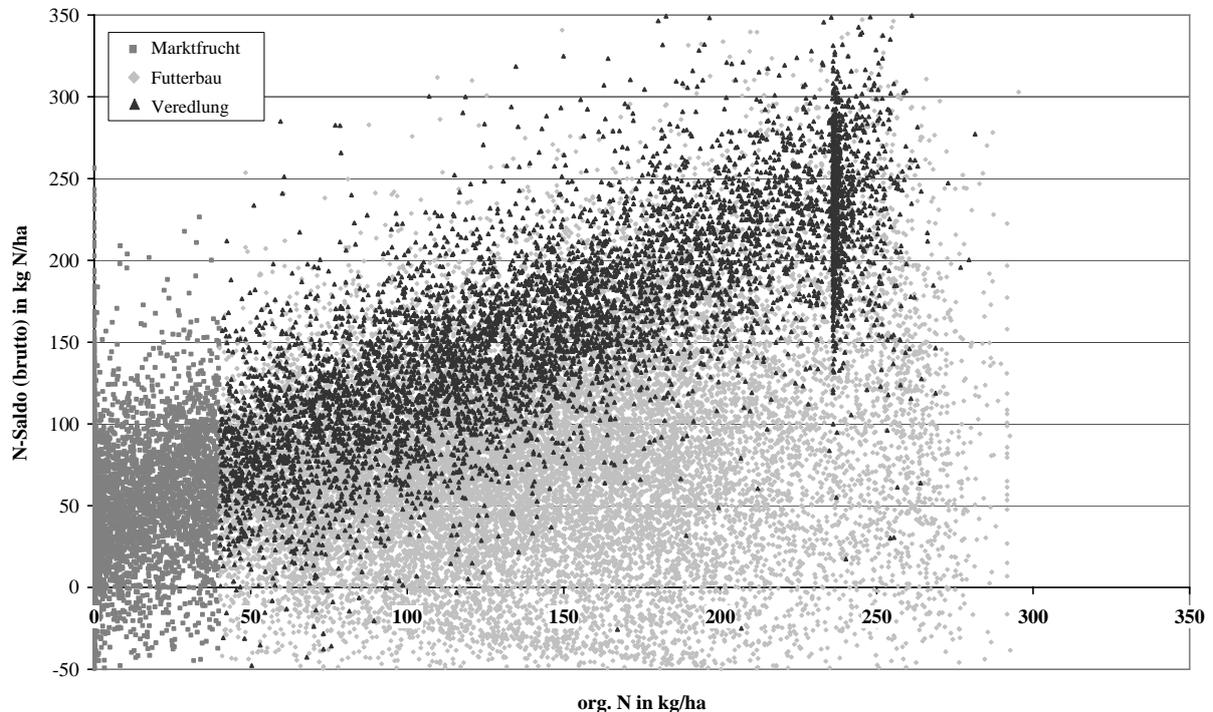
- Im Szenario DüV I werden hohe tierische Ausscheidungen und keine Weidehaltung angenommen,
- im Szenario DüV II niedrigere tierische Ausscheidungen und Weidehaltung im Sommer (Koeffizienten vgl. Tabelle 1, vorletzte und letzte Spalte).

Damit wird der Unsicherheit über die tatsächlichen betrieblichen Bedingungen bezüglich Fütterungs- und Haltungsbedingungen sowie der Variationsbreite der daraus resultierenden N-Mengen und Verlustwerte für die Bilanzberechnung Rechnung getragen. Ausnahmeregelungen nach DüV, Anhang 6 Zeilen 12-15 (in der Fassung vom Januar 2006 Anhang 2), für Feldgemüse und Besonderheiten bei bestimmten Betriebstypen, Düngemitteln, Kulturen, Qualitäten, Tierarten, Haltungsformen und Ernteauffällen wurden nicht berücksichtigt. Feldgemüse spielt mit unter 0,3 % der Ackerfläche im Durchschnitt aller untersuchten Betriebe nur eine geringe Rolle, und die sonstigen Ausnahmeregelungen hängen von der künftigen Verwaltungspraxis der Länder ab.

Im Szenario I würde es sektoral zu einer Senkung der N-Bruttobilanz von über 20 kg N/ha kommen, im Szenario II wären es noch etwa 14 kg N/ha. Der Senkungsbedarf konzentriert sich vor allem auf Veredlungsbetriebe und intensive Futterbaubetriebe. Die Anteile betroffener, also zu Anpassungen gezwungener Betriebe zeigen aber, dass es in allen Betriebsformen einen erheblichen Anteil an Betrieben mit Notwendigkeit zur Senkung der Nettosalden gibt. Dies ist so zu interpretieren, dass die bisherige N-Ausnutzung in vielen Betrieben unabhängig von der Spezialisierung noch Effizienzreserven aufweist. Die neue DüV zieht somit einen erheblichen Vollzugsbedarf nach sich, der sich keineswegs nur auf Betriebe mit hohem Viehbesatz beschränkt.

Abbildung 1 zeigt die hohe Streuung der N-Bruttosalden je Hektar für die drei Betriebsformen und Stufen des Wirtschaftsdüngeraufkommens je Hektar. Ein deutlicher Zusammenhang mit der Viehbesatzdichte ist vor allem bei den Veredlungsbetrieben erkennbar. Vor allem bei Futterbaubetrieben, aber auch bei den anderen Betriebsformen fällt auf, dass auch bei vergleichbarer Viehbesatzdichte N-Salden in sehr unterschiedlicher Höhe auftreten. Dies kann mit der starken Streuung der Anrechnung des organischen Stickstoffs erklärt werden, die sich in einer entsprechenden Varianz des Mineraldüngereinsatzes widerspiegelt. Anhand der Gruppe der viehlosen Marktfruchtbetriebe wird deutlich, dass eine hohe Varianz der Salden auch bei ausschließlichem Einsatz von Mineraldünger auftreten kann.

Abbildung 1: Verteilung der analysierten Betriebe nach Spezialisierung und Klassen des Stickstoffaufkommens aus tierischen Ausscheidungen je Hektar

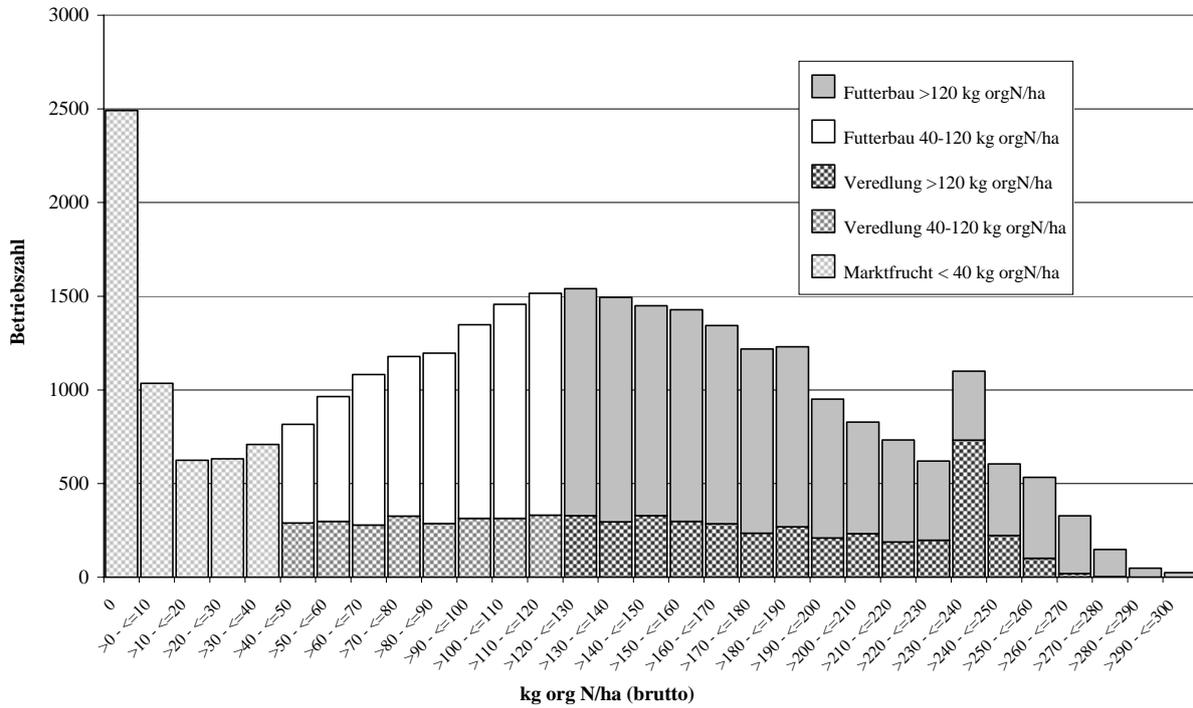


Quelle: Einzelbetriebliche Buchführungsdaten der Wirtschaftsjahre 1999/2000 u. 2000/2001, eigene Berechnungen.

Dies wird auch anhand von Abbildungen 2 und 3 deutlich, welche die Betriebsverteilung nach Betriebsformen und Anfall von Wirtschaftsdünger je Hektar darstellen. In Abbildung 3 wird zusätzlich die Zuordnung der Betriebe in Nettobilanz-Gruppen für das Szenario I ausgewiesen. In allen Betriebsgruppen treten danach Fälle auf, die Saldosenkungen um mehr als 30 kg N/ha (rot bzw. dunkelorange Balkenabschnitte) bzw. von bis zu 30 kg N/ha (orange) erforderlich machen. Ein Großteil der Veredlungsbetriebe liegt aufgrund überdurchschnittlicher Bilanzüberschüsse in der Gruppe der zu weiteren Bilanzsenkungen verpflichteten Betriebe.

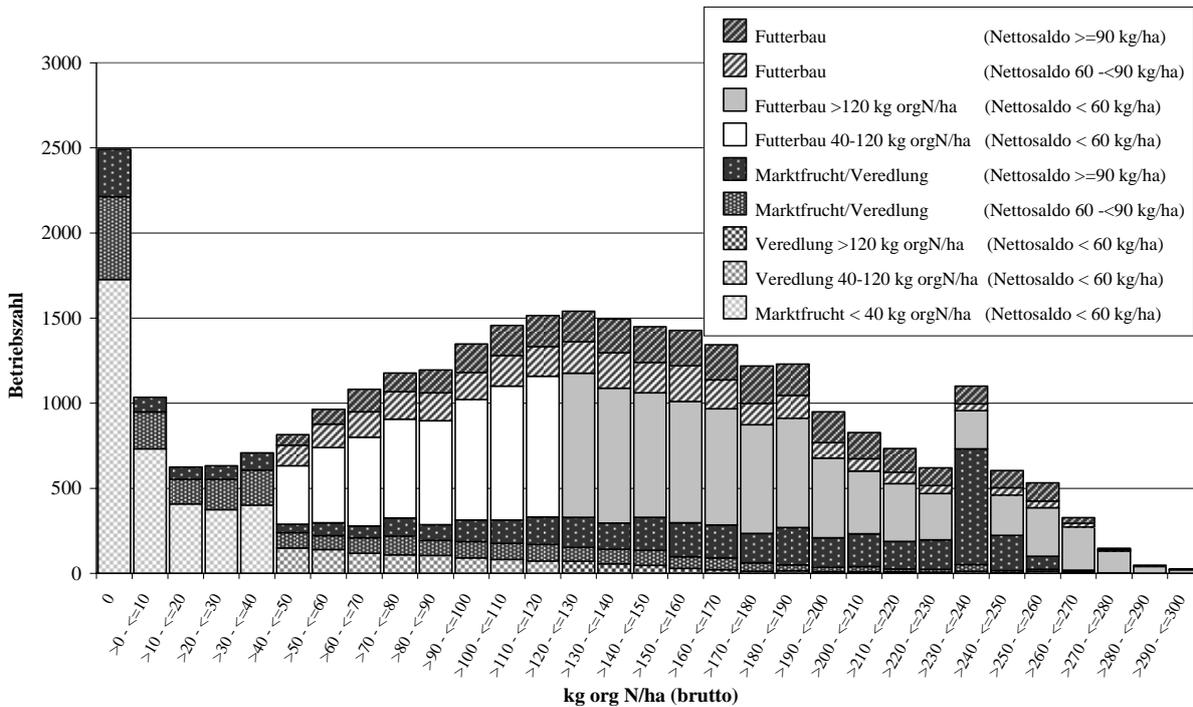
Die danach folgenden Abbildungen 4 und 5 stellen die Verteilung des N-Bruttosaldos in Tonnen über alle analysierten Betriebe dar, sowie die nach Szenario I aufgrund der DüV-Zielwerte notwendigen Saldoreduktionen. Dabei wird eine Ausbringungsobergrenze für N aus Düng von einheitlich 170 kg N/ha angesetzt, die zu vergleichsweise hohen Exportmengen führt. Eine Anpassung kann auch durch andere Anpassungen wie z. B. N- und P-reduzierte Fütterung erfolgen.

Abbildung 2: Verteilung der analysierten Betriebe nach Spezialisierung und Klassen des Stickstoffaufkommens aus tierischen Ausscheidungen je Hektar



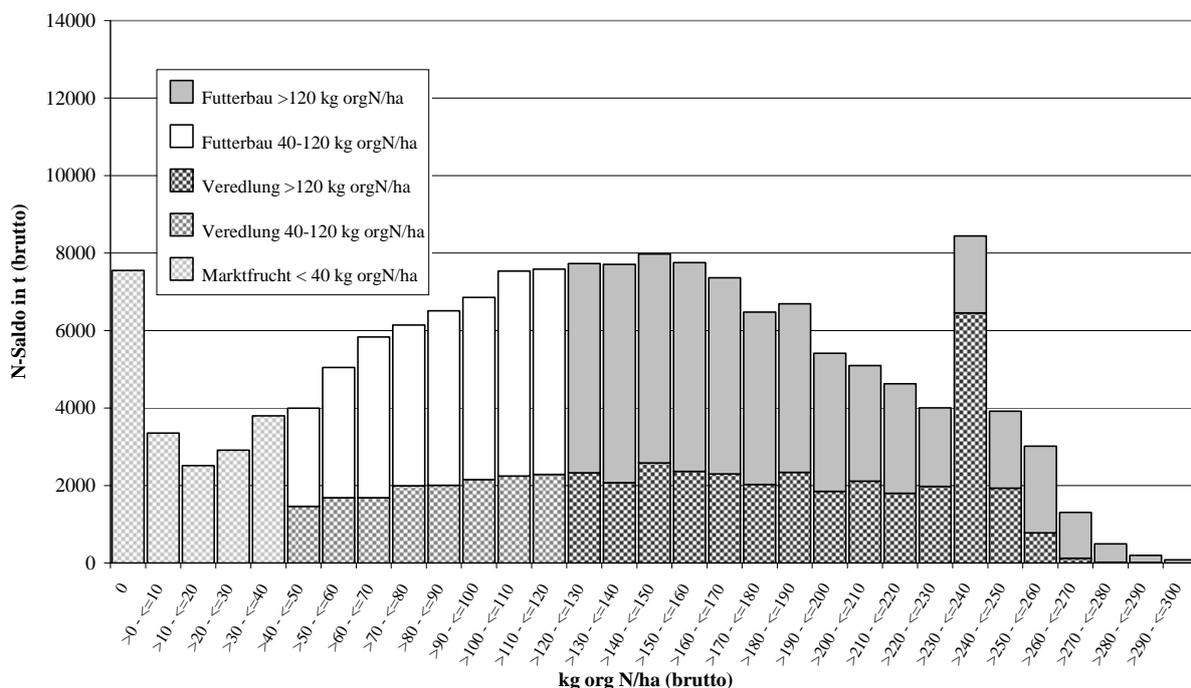
Quelle: Einzelbetriebliche Buchführungsdaten der Wirtschaftsjahre 1999/2000 u. 2000/2001, eigene Berechnungen.

Abbildung 3: Verteilung der analysierten Betriebe nach Spezialisierung, Klassen des Stickstoffaufkommens aus tierischen Ausscheidungen je Hektar sowie Nettoüberschuss nach DüV (< 60, 60 -<90, >90 kg/ha)



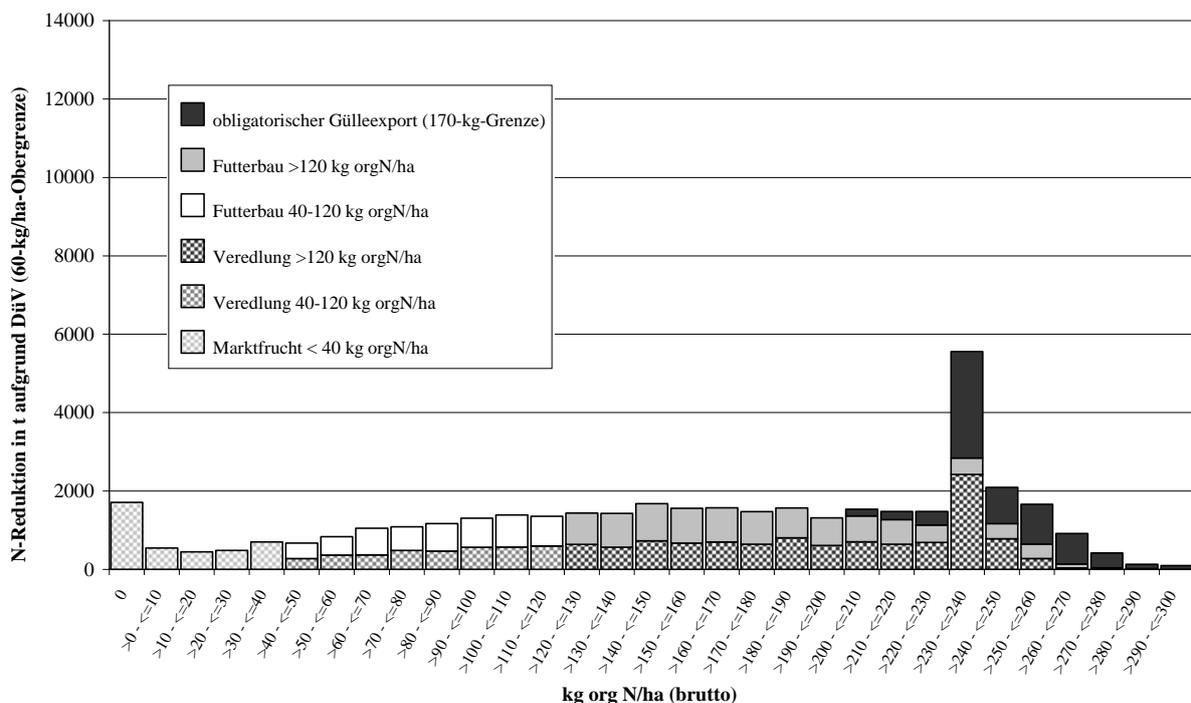
Quelle: Einzelbetriebliche Buchführungsdaten der Wirtschaftsjahre 1999/2000 u. 2000/2001, eigene Berechnungen.

Abbildung 4: Verteilung des N-Bruttosaldos in Tonnen N in den analysierten Betrieben, geschichtet nach Spezialisierung und Klassen des Stickstoffaufkommens aus tierischen Ausscheidungen je Hektar



Quelle: Einzelbetriebliche Buchführungsdaten der Wirtschaftsjahre 1999/2000 u. 2000/2001, eigene Berechnungen.

Abbildung 5: Verteilung der aufgrund der DüV-Zielwerte notwendigen Bilanzsenkungen in Tonnen N in den analysierten Betrieben



Quelle: Einzelbetriebliche Buchführungsdaten der Wirtschaftsjahre 1999/2000 u. 2000/2001, eigene Berechnungen.

Im Folgenden sollen mit Hilfe statistischer Analysen Variablen identifiziert werden, die mit der Höhe des N-Bilanzsaldos in Zusammenhang stehen. Diese Analyse kann Hinweise zur Eignung möglicher technischer Ansatzstellen für politische Instrumente und zu möglichen betrieblichen Anpassungen geben.

Für die statistische Analyse werden für alle Betriebe zusammen sowie getrennt nach den Betriebsformen Marktfrucht, Veredlung und Futterbau Einfachkorrelationen nach SPEARMAN berechnet (vgl. Tab. 8). Im Ergebnis steht der Korrelationskoeffizient r_s , dessen absoluter Wert zwischen 0 und 1 liegt und die Symmetrie der Varianzen zwischen zwei Variablen wiedergibt. 0 bedeutet, dass keinerlei Zusammenhang vorliegt, 1 steht für den stärksten möglichen Zusammenhang zwischen den Verteilungen beider Variablen. Das Vorzeichen zeigt an, ob es sich um positive oder negative Zusammenhänge handelt. Ein negativer Wert bedeutet z. B., dass mit steigender Agrarumweltförderung geringere N-Bilanzsalden auftreten. Das Kürzel p ist ein Maß für die Güte der Abbildung und bezeichnet die Wahrscheinlichkeit, dass der ausgewiesene Korrelationskoeffizient nicht von 0 unterschieden ist und somit kein statistisch signifikanter Zusammenhang besteht. Unterhalb eines Niveaus von 0,05 wird i. d. R. von einem statistisch signifikanten Zusammenhang ausgegangen. Dies bedeutet aber nicht, dass tatsächlich ein kausaler Einfluss von einer der Variablen auf die andere ausgeht. Beträge des Korrelationskoeffizienten von 0,5 bis 0,7 werden als „mittlere“ Korrelation, Beträge von 0,7 bis 0,9 als „hohe“ über 0,9 als sehr hohe Korrelation bezeichnet. Beträge unter 0,5 gelten als geringe Korrelation, unter 0,2 als sehr geringe (Zöfel, 1988). In der Tabelle sind Korrelationen ab 0,4 bei einem Signifikanzniveau unter 0,05 fett unterlegt.

In allen Betrieben zusammen tritt eine hohe Korrelation mit der Summe mineralischer und organischer N-Zufuhr auf. Einzeln betrachtet weisen die N-Mineraldüngung und die organische Zufuhr nur mittlere Korrelationskoeffizienten auf. Bei der Betrachtung der einzelnen Betriebsformen fällt auf, dass in Marktfrucht- und Futterbaubetrieben die Mineraldüngung stärker mit dem N-Saldo korreliert, in Veredlungsbetrieben dagegen die organische N-Zufuhr. Für Marktfruchtbetriebe ohne oder mit geringem Tierbestand ist diese Ausprägung der Zusammenhänge zu erwarten. In der Gruppe der Futterbaubetriebe zeigt der Zusammenhang, dass weniger die Viehbesatzdichte als das Düngeverhalten des Bewirtschafters die Höhe des N-Saldos bestimmt.

Keine interpretierbaren Zusammenhänge ergeben sich für die Bodenklimazahl und den Getreideertrag pro Hektar. Der Maisanteil an der LF sowie die Milchproduktion je Hektar Hauptfutterfläche weisen einen schwach positiven Zusammenhang auf. Das Betriebseinkommen ist in Veredlungsbetrieben gering positiv mit dem N-Bilanzüberschuss korreliert. Dies ist auf die höhere Viehbesatzdichte in Betrieben mit höherem Bilanzüberschuss zurückzuführen, die zu höheren Einkommenswerten pro Hektar führt. Der Zusammenhang

mit dem Gewinn fällt deutlich geringer aus, was auf erhöhte Pachtaufwendungen in viehstarken Betrieben zurückgeführt werden kann. Die auf die Großvieheinheiten bezogenen Einkommenswerte zeigen nur sehr geringe, meist negative Korrelationen mit den Bilanzüberschüssen. Hohe Überschüsse stehen den Korrelationen zufolge in keinem engen Zusammenhang mit den betrachteten ökonomischen Erfolgsgrößen. Dies lässt sich so interpretieren, dass ein stärkeres, den N-Saldo erhöhendes Vorhalten von Nährstoffen in keinem deutlichen Zusammenhang mit dem ökonomischen Erfolg von Betrieben steht, sich also im Mittel weder positiv noch negativ auf den ökonomischen Erfolg auswirkt.

Tabelle 8: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang des Brutto-N-Bilanzüberschusses mit ausgewählten Kennzahlen für alle untersuchten Betriebe sowie nach Betriebsformen

	alle		Marktfrucht		Veredlung		Futterbau	
Anzahl Betriebe	29.787		5.403		6.408		17.976	
org.N in kg/ha LF			<40		>=40		>=40	
	r_s ¹⁾	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
Mineraldünger-N/ha	0,47	<.0001	0,66	<.0001	0,14	<.0001	0,75	<.0001
organischer N/ha ²⁾	0,41	<.0001	0,21	<.0001	0,79	<.0001	0,22	<.0001
N-Zufuhr/ha ³⁾	0,71	<.0001	0,74	<.0001	0,91	<.0001	0,65	<.0001
N-Abfuhr/ha	0,21	<.0001	0,21	<.0001	0,29	<.0001	0,12	<.0001
Düngeraufwand Euro/ha	0,26	<.0001	0,34	<.0001	0,04	0,0007	0,54	<.0001
Ackerland in % der LF	0,22	<.0001	-0,08	<.0001	-0,09	<.0001	0,25	<.0001
Maisanbau in % der LF	0,20	<.0001	0,08	<.0001	0,35	<.0001	0,27	<.0001
Viehbesatzdichte in GV/ha	0,15	<.0001	0,19	<.0001	0,42	<.0001	0,19	<.0001
Milch in kg/ha Hauptfutterfl.	-0,02	<.0001	0,02	0,1015	0,14	<.0001	0,17	<.0001
Bodenklimazahl	-0,10	<.0001	-0,06	<.0001	-0,14	<.0001	-0,03	0,0003
Getreideertrag/ha	0,13	<.0001	-0,08	<.0001	-0,08	<.0001	0,21	<.0001
Betriebseinkommen/ha	0,22	<.0001	-0,13	<.0001	0,36	<.0001	0,06	<.0001
Gewinn/ha	0,14	<.0001	-0,15	<.0001	0,29	<.0001	-0,01	0,2298
Betriebseinkommen/Großvieheinheit	0,04	<.0001	.	.	-0,06	0,0431	-0,09	<.0001
Gewinn/Großvieheinheit	-0,01	0,5144	.	.	-0,12	0,0001	-0,13	<.0001
Agrarumweltförderung/ha	-0,25	<.0001	-0,03	0,0278	-0,15	<.0001	-0,37	<.0001

1) r_s : Korrelationskoeffizient nach SPEARMAN, p: Überschreitungswahrscheinlichkeit zum Test gegen die 0-Hypothese, Werte bei $p \leq 0,05$ und einem Betrag von des Korrelationskoeffizienten über 0,4 fett gedruckt. 2) gesamte tierische N-Ausscheidungen ohne Verlustabzüge.

3) N-Zufuhr = N-Mineraldüngerzukauf und gesamte tierische N-Ausscheidungen ohne Verlustabzüge.

Quelle: Einzelbetriebliche Buchführungsdaten der Wirtschaftsjahre 1999/2000 u. 2000/2001, eigene Berechnungen.

Die Agrarumweltförderung hängt gering negativ mit dem N-Bilanzüberschuss zusammen, d. h. dass Betriebe mit geringerem Überschuss gleichzeitig auch eine Umweltförderung erhalten. Eine sichere Aussage über den Erfolg der Agrarumweltförderung ist auf Grundlage des nachgewiesenen Zusammenhangs nicht möglich. Der Frage der Nachweisbarkeit von Wirkungen der Agrarumweltförderung auf die N-Salden soll im Teil IV näher eingegangen werden.

Eine Beurteilung der richtigen Ansatzstelle für umweltpolitische Instrumente und betriebliche Anpassungsspielräume kann nicht allein anhand der Betrachtung aller Betriebe zusammen vorgenommen werden, sondern erfordert eine Analyse der unterschiedlichen Betriebsformen. Für die Gruppe der Futterbaubetriebe unterscheiden sich die Korrelationskoeffizienten stark von den Werten in Veredlungsbetrieben. Die Bilanzüberschüsse stehen hier in einem starken Zusammenhang mit dem Mineraldüngereinsatz und kaum mit der Viehbesatzdichte. Aus dem Vergleich der Betriebsformen folgt, dass die Viehbesatzdichte und die Höhe der organischen Düngung nicht für alle Betriebsformen eine geeignete Ansatzstelle für umweltpolitische Maßnahmen zur Reduzierung von Nährstoffbilanzüberschüssen darstellen.

6 Schlussfolgerungen

Die novellierte DüV schreibt den Handlungsrahmen für die Düngepraxis fest und hat in vielen Punkten die Mindestanforderungen der Guten fachlichen Praxis erhöht. Neben der Gefahrenabwehr sind auch Beiträge zur Senkung der Nährstoffbilanzüberschüsse zu erwarten, vor allem durch Vorgabe von Mindestlagerzeiten für Gülle und die Festlegung von maximalen Nährstoffüberschüssen. Diese Wirksamkeit der DüV und die Nutzung der genannten Potentiale hängen nun von ihrer verwaltungstechnischen Umsetzung und von der Flankierung durch Beratung und Kontrollen ab.

Die umweltpolitische Relevanz der bestehenden Ausbringungsobergrenzen für organischen Stickstoff für weitere Verbesserungsschritte zur Erreichung der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie sollte angesichts der im Vergleich zum sektoralen Wirtschaftdüngeraufkommen geringen betroffenen Menge nicht überbewertet werden. Sie stellt damit eine wichtige Begrenzung für die Entstehung neuer Betriebe mit hohen Viehbestandsdichten dar und verhindert somit Verschlechterungen der Umweltsituation. Neben den N-bezogenen Obergrenzen sind die Vorgaben zum P-Saldo zu berücksichtigen, die vor allem in Veredlungsbetrieben die maximale Wirtschaftsdünger-Ausbringungsmenge zusätzlich begrenzen. Die sinnvolle Begrenzung der Ausbringung organischer N-Dünger pro Hektar kann allerdings nicht das Problem einer allgemein geringen Anrechnung des organischen Stickstoffs lösen. Eine im Vergleich zum exportierenden Betrieb bessere Anrechnung des Wirtschaftsdünger-Stickstoffs im aufnehmenden Betrieb ist Voraussetzung dafür, dass eine Minderung der N-Fracht und nicht nur eine räumliche Verlagerung erreicht wird. Die Voraussetzungen hierfür haben sich durch die neuen Anforderungen der DüV an Unterschreitung von maximalen Nährstoffüberschüssen verbessert. Aufgrund hoher „Freibeträge“ für Futterbaubetriebe mit Weidegang kommen diese Betriebe neben Marktfruchtbetrieben verstärkt als Importbetriebe in Frage.

Die Vorgabe einer Mindestlagerungsdauer für Gülle von 6 Monaten lässt regional sehr unterschiedliche Wirkungen erwarten. In den nördlichen und östlichen Bundesländern besteht nur geringer Anpassungsbedarf, zu den stärksten Ausweitungen der bestehenden Kapazitäten wird es in kleineren Betrieben in der Mitte und im Süden der alten Bundesländer kommen. Ob mit der Kapazitätsausweitung die Herbstausbringung von Gülle deutlich eingeschränkt wird, ist angesichts der deutlich kürzeren Sperrfristen für die Ausbringung und die Unsicherheit über die Möglichkeiten der zeitigen Ausbringung im Frühjahr noch unsicher. Die baulichen Voraussetzungen werden aber besser und flächendeckender erfüllt, die Verlagerung der Ausbringung ins Frühjahr sollte nun z. B. durch Beratung zusätzlich unterstützt werden.

Die Wirkungen der Zielvorgaben für die N-Nettobilanzüberschüsse sind nicht einfach zu prognostizieren, da viele Freiheitsgrade bei der Berechnung von tierischen Ausscheidungen und unvermeidbaren Verlusten bestehen. Wichtige Koeffizienten wie die N-Ausscheidung von Milchkühen sind nicht eindeutig zuzuordnen, da nicht weiter definierte Kategorien (Grünland, Ackerfutterbau) und 2.000-kg-Schritte für die Milchleistung pro Kuh vorgegeben werden. Die Festlegung des Nährstoffvergleichs auf eine Flächenbilanz wirft die Frage auf, wie künftig die innerbetrieblich erzeugten und verwerteten Futtermittel bewertet werden sollen. Werden hier Selbsteinschätzung der Betriebsleiter oder pauschale Werte z. B. für Grünland- und Maiserträge in Ansatz gebracht, können sehr hohe Annahmen zur N-Abfuhr den rechnerischen N-Saldo deutlich senken. In den vorliegenden Berechnungen wurde der Grundfutterumsatz anhand der tierischen Ausscheidungen, Kraftfutteraufwendungen und Annahmen zur N-Abfuhr über tierische Produkte abgeschätzt und damit in einem plausiblen Rahmen gehalten. Da Futterbaubetriebe auf über 40 % der LF wirtschaften und einen erheblichen Teil der N-Überschüsse verursachen, sind die Unsicherheiten der Saldoermittlung relevant für die DüV als grundlegende Maßnahme der WRRL. Es sollte eine Plausibilitätsprüfung eingeführt werden, die die N-Abfuhr über das Grundfutter zur innerbetrieblichen Verfütterung anhand der Angaben der tierischen Ausscheidungen von Rindern, Schafen und Pferden auf ein plausibles Maß begrenzt.

Unter der Annahme plausibler Bilanzrechnungen und der Überprüfung der Salden mit der Folge einer Saldosenkung ergibt sich im Mittel der analysierten Betriebe je nach Annahmen zur Berechnung der tierischen Ausscheidungen eine Reduzierung der N-Salden zwischen 14 und 21 kg N/ha LF. Fraglich ist bisher, welche Folgen eine Überschreitung des Zielwertes der DüV für den N-Nettosaldo für die betroffenen Betriebe hat und ob eine Senkung hoher Salden tatsächlich durchgesetzt werden kann. Da die Viehdichte sektoral geringer ausfällt als in den untersuchten Betrieben, dürfte die durchschnittliche Entlastung je Hektar in Deutschland etwas geringer ausfallen. Unsicher ist auch, welche Rolle der Wirtschaftsdüngerexport als Anpassungsmaßnahme spielen wird. Damit stünde dem Abbau der N-Überschüsse im Exportbetrieb eine Erhöhung der Bilanzüberschüsse in den im-

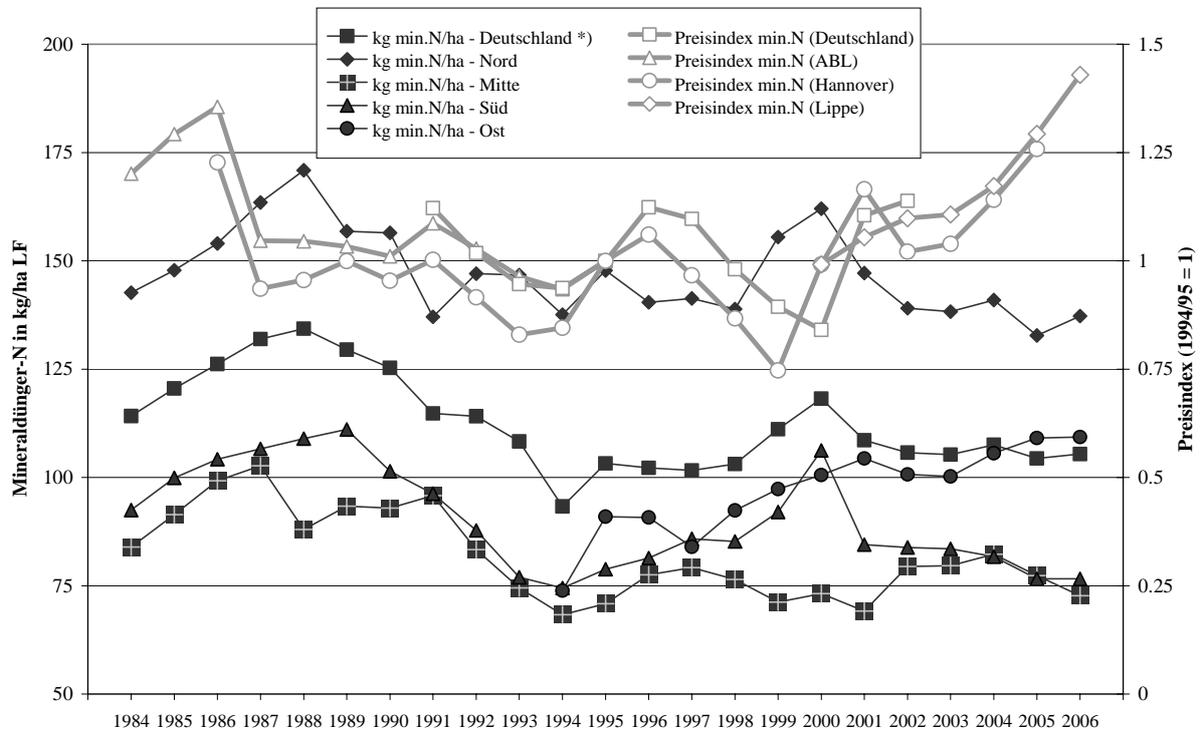
portierenden Betrieben gegenüber, und die regionale Senkung der N-Überschüsse würde geringer ausfallen.

In allen Betriebsgruppen konnten sehr hohe N-Salden beobachtet werden. Deshalb ist zu erwarten, dass sich Betriebe in allen Betriebsformen und Klassen des organischen Düngaufkommens an die Zielwerte anpassen müssen. Eine Wirkung ist daher auch außerhalb besonders viehstarker Regionen zu erwarten. Besonders betroffen sind Veredlungsbetriebe, denen aufgrund der bisher in vielen Fällen recht hohen Mineraldünger-Einsatzmengen aber noch Spielraum für eine Substitution von Mineral- durch Wirtschaftsdüngerstickstoff zur Verfügung steht. Futterbaubetriebe müssen sich dagegen besonders im Fall von Weidehaltung weniger stark anpassen. Die durch die DüV zu erwartende Senkung der N-Überschüsse dürfte künftig auch durch die steigenden Preise für Stickstoff-Mineraldünger unterstützt werden (vgl. Abbildung 6).

Die DüV stellt die entscheidende, grundlegende Maßnahme zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in der Landwirtschaft in Bezug auf N-Bilanzüberschüsse dar. Weitergehende Maßnahmen wie z. B. freiwillige Agrarumweltmaßnahmen können nur gefördert werden, wenn die Gute fachliche Praxis nach DüV eingehalten wird. Die Notwendigkeit dieser Abgrenzung wirft die Frage auf, wie künftig handlungsorientierte Maßnahmen, die zur Einhaltung der ergebnisorientierten Nährstoffbilanzziele der DüV beitragen, gefördert werden sollen und welche Fördervoraussetzungen erfüllt werden müssen. Aufgrund der Vermischung von handlungs- und ergebnisorientierten Elementen ist eine klare Abgrenzung problematisch. Da sowohl die beteiligten Behörden als auch die Landwirte ein Interesse haben, künftige Förderungen auf eine sichere Basis zu stellen, sollte an Konzepten zur Abgrenzung zwischen Guter fachlicher Praxis und darüber hinausgehenden Agrarumweltmaßnahmen gearbeitet werden.

Nach der Einführung der DüV im Jahr 1996 gab es keine systematische Überprüfung ihrer Wirkungen. Die jüngste DüV-Novelle und die auf sie gerichteten Erwartungen als grundlegende Maßnahme zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie legen es nahe, zeitnah mit einer Wirkungsanalyse zu beginnen. Ein verbessertes Verständnis der Wirkungen der gesetzlichen Vorgaben und ihrer verwaltungstechnischen Umsetzung ist eine wichtige Grundlage für die Maßnahmenplanung im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie.

Abbildung 6: Entwicklung des N-Mineraldüngerverbrauchs und der Stickstoffpreise in Deutschland



*) Angaben für Deutschland: Bis 1993 nur Alte Bundesländer, danach Alte und Neue Bundesländer zusammen.
Nord: Schleswig-Holstein, Hamburg, Niedersachsen, Bremen, Nordrhein-Westfalen; *Mitte*: Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland; *Süd*: Baden-Württemberg, Bayern; *Ost*: Neue Bundesländer. ABL = Alte Bundesländer

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten des Stat. Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 8.2, Düngemittelversorgung, Stat. Jahrbuch des BMELV, Land & Forst (LWK Hannover) sowie Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe (div. Jgg.).

Literatur

- Ambros, W. (2006): Konsequenzen der neuen Agrarpolitik für die Wasserwirtschaft. In: Wasser und Abfall 7-8/2006, 10-15.
- Gay, H., Osterburg, B., Schmidt, T. (2004): Szenarien der Agrarpolitik – Untersuchung möglicher agrarstruktureller und ökonomischer Effekte unter Berücksichtigung umweltpolitischer Zielsetzungen. Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (Hrsg.), Materialien zur Umweltforschung, Nr. 37.
- Osterburg, B. (2002): Ökonomische und ökologische Auswirkungen einer weiteren Begrenzung der ausgebrachten Stickstoffmenge aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft pro Hektar. Teil 1: Analyse der regionalen und betrieblichen Betroffenheit. Studie im Auftrag des BMVEL. Braunschweig, im Mai 2002.
- Osterburg, B.; Schmidt, T.; Gay, H. (2004): Auswertung betrieblicher Daten zur Ermittlung des Stickstoffmineraldünger-Einsatzes. Endbericht für ein Forschungsvorhaben im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums. Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie 06/2004. Braunschweig im Dezember 2004, korrigierte Fassung vom Februar 2005
(im Internet unter <http://www.bal.fal.de/download/ab_oekon_06_04.pdf>)
- Osterburg, B. (2004): Betroffenheit landwirtschaftlicher Betriebe von unterschiedlichen Ausbringungsobergrenzen für organischen Düng auf Grünland. Analysen zur vorgeschlagenen DüngeVO-Novelle. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL), Braunschweig, im August 2004
- Zöfel, P: (1988): Statistik in der Praxis. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

274	Folkhard Isermeyer (Hrsg.) (2004) Ackerbau 2025	9,00€
275	Abdelaziz Ibrahim Abdelaziz Aly Omara (2004) Further development of a mobile wind energy plant for a low-pressure irrigation system	9,00€
276	Gerold Rahmann . Hiltrud Nieberg . Susanne Drengemann . Alois Fenneker . Solveig March . Christina Zurek Bundesweite Erhebung und Analyse der verbreiteten Produktionsverfahren, der realisierten Vermarktungswege und der wirtschaftlichen sowie sozialen Lage ökologisch wirtschaftender Betriebe und Aufbau eines bundesweiten Praxis-Forschungs-Netzes (2004)	13,00€
278	Maria del Carmen Lamas (2005) Factors affecting the availability of uranium in soils	8,00€
279	Ulrich Dämmgen (Hrsg.) (2005) Bestimmung von Ammoniak-Einträgen aus der Luft und deren Wirkung auf Waldökosysteme (ANSWER-Projekt)	7,00€
280	Hans-Joachim Weigel und Ulrich Dämmgen (Hrsg.) (2005) Biologische Senken für atmosphärischen Kohlenstoff in Deutschland — Tagungsband	9,00€
281	Albert Sundrum and Friedrich Weißmann (eds.) (2005) Organic pig production in free range systems	7,00€
282	Folkhard Isermeyer . Alexander Gocht . Werner Kleinhanß . Bernd Küpker . Frank Offermann . Bernhard Osterburg . Joachim Riedel und Ulrich Sommer (2005) Vergleichende Analyse verschiedener Vorschläge zur Reform der Zuckermarktordnung	7,00€
283	Luit J. De Kok and Ewald Schnug (eds.) (2005) Proceedings of the 1st Sino-German Workshop on Aspects of Sulfur Nutrition of Plants	11,00€
284	Rainer Oppermann and Gerold Rahmann (2005) Transforming Rural Communication Three sociological case studies in a developed an urbanized rural area of northern Germany: regional partnership Lübeck bay, organic farming and nature protection	7,00€
285	Jyldyz Uzakbaeva (2005) Effect of different tree species on soil quality parameters in forest plantations of Kyrgyzstan	8,00€
286	Silvia Haneklaus, Rose-Marie Rietz, Jutta Rogasik and Susanne Schroetter (eds.) (2005) Recent advances in in agricultural chemistry	11,00€
287	Maria del Carmen Rivas (2005) Interactions between soil uranium contamination and fertilization with N, P and S on the uranium content and uptake of corn, sunflower and beans, and soil microbiological parameters	8,00€
288	Alexandra Izosimova (2005) Modelling the interaction between Calcium and Nickel in the soil-plant system	8,00€
290	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2005) Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2005	9,00€
292	Franz-Josef Bockisch und Elisabeth Leicht-Eckardt (Hrsg.) (2006) Nachhaltige Herstellung und Vermarktung landwirtschaftlicher Erzeugnisse	15,00€
293	Judith Zucker (2006) Analyse der Leistungsfähigkeit und des Nutzens von Evaluationen der Politik zur Entwicklung ländlicher Räume in Deutschland und Großbritannien am Beispiel der einzelbetrieblichen Investitionsförderung	12,00€
294	Gerhard Flachowsky (Hrsg.) (2006) Möglichkeiten der Dekontamination von "Unerwünschten Stoffen nach Anlage 5 der Futtermittelverordnung (2006)"	15,00€

295	Hiltrud Nieberg und Heike Kuhnert (2006) Förderung des ökologischen Landbaus in Deutschland — Stand, Entwicklung und internationale Perspektive	14,00€
296	Wilfried Brade und Gerhard Flachowsky (Hrsg.) (2006) Schweinezucht und Schweinefleischerzeugung - Empfehlungen für die Praxis	12,00€
297	Hazem Abdelnabby (2006) Investigations on possibilities to improve the antiphytopathogenic potential of soils against the cyst nematode <i>Heterodera schachtii</i> and the citrus nematode <i>Tylenchulus semipenetrans</i>	8,00€
298	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2006) Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2006	9,00€
299	Franz-Josef Bockisch und Klaus-Dieter Vorlop (Hrsg.) (2006) Aktuelles zur Milcherzeugung	8,00€
300	Analyse politischer Handlungsoptionen für den Milchmarkt (2006)	12,00€
301	Hartmut Ramm (2006) Einfluß bodenchemischer Standortfaktoren auf Wachstum und pharmazeutische Qualität von Eichenmisteln (<i>Viscum album</i> auf <i>Quercus robur</i> und <i>petraea</i>)	11,00€
302	Ute Knierim, Lars Schrader und Andreas Steiger (Hrsg.) (2006) Alternative Legehennenhaltung in der Praxis: Erfahrungen, Probleme, Lösungsansätze	12,00€
303	Claus Mayer . Tanja Thio . Heike Schulze Westerath . Pete Ossent . Lorenz Gyga . Beat Wechsler und Katharina Friedli (2007) Vergleich von Betonspaltenböden, gummimodifizierten Spaltenböden und Buchten mit Einstreu in der Bullenmast unter dem Gesichtspunkt der Tiergerechtigkeit	8,00€
304	Ulrich Dämmgen (Hrsg.) (2007) Calculations of Emissions from German Agriculture — National Emission Inventory Report (NIR) 2007 for 2005	16,00€
[304]	Introduction, Methods and Data (GAS-EM)	
[304A]	Tables	
	Berechnungen der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft — Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2007 für 2005	
[304]	Einführung, Methoden und Daten (GAS-EM)	
[304 A]	Tabellen	
305	Joachim Brunotte (2007) Konservierende Bodenbearbeitung als Beitrag zur Minderung von Bodenschadverdichtungen, Bodenerosion, Run off und Mykotoxinbildung im Getreide	14,00€
306	Uwe Petersen . Sabine Kruse . Sven Dänicke und Gerhard Flachowsky (Hrsg.) (2007) Meilensteine für die Futtermittelsicherheit	10,00€
307	Bernhard Osterburg und Tania Runge (Hrsg.) (2007) Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie	15,00€

ISBN 978-3-86576-031-9



9 7 8 3 8 6 5 7 6 0 3 1 9