

Grundwasser

Niedersächsisches
Landesamt für
Ökologie

Anwenderhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz

Grundwasserschutzorientierte
Bewirtschaftungsmaßnahmen in der
Landwirtschaft und Methoden zu ihrer
Erfolgskontrolle

Herausgeber:

Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
Abt. 3: Wasserwirtschaft, Gewässerschutz
An der Scharlake 39
31135 Hildesheim

Autoren:

Dr. Franz Antony, Ingenieurdienst UmweltSteuerung
Dr. Christine von Buttlar, Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt
Lars Fiedler, Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt
Burkhard Gödeke, Ingenieurdienst UmweltSteuerung
Dr. Josef Hölscher, Bezirksregierung Braunschweig
Andreas Löloff, Bezirksregierung Braunschweig
Hubertus Schültken, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
Hella Wacker, Bezirksregierung Braunschweig

Titelbild:

Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt

1. Auflage: November 2000, 750 Stück

Schutzgebühr: 45,- DM zzgl. Versandkostenpauschale z.Zt. 5,- DM
Verzeichnis der bisher erschienenen Publikationen s. letzte Seite

Bezug:

Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
Postfach 101062
31110 Hildesheim
e-mail: heinrich.klaholt@nloe.niedersachsen.de
<http://www.nloe.niedersachsen.de>

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
Veranlassung	8
Teil A: Praktische Grundwasserschutz-Maßnahmen zur Umsetzung in Trinkwassergewinnungsgebieten	
Einleitung	12
A 1 Landwirtschaftliche Beratungsleistungen	14
1.1 Grundwasserschutz-orientiertes Düngekonzept	14
1.1.1 Düngeplanung nach dem "Erweiterten Bilanzansatz"	14
1.1.2 Spezial-Düngeberatung auf Böden mit hoher N-Nachlieferung	20
1.1.3 Wirtschaftsdünger-Analysen	22
1.2 Vegetationsbegleitende Düngeberatung nach Pflanzenanalysen (Nitrachek-Methode).....	26
1.3 Sonstige Beratungsmaßnahmen	32
1.3.1 Optimierung der Bodenbearbeitung	32
1.3.2 Beratung zum Pflanzenschutz	38
A 2 Einzelmaßnahmen.....	44
2.1 Zwischenfrucht-Anbau.....	44
2.2 Konservierende Bodenbearbeitung durch Mulchsaat.....	50
2.3 Einjährige Flächenstilllegung.....	56
2.4 Reduzierter Herbizideinsatz – Mechanische Unkrautbekämpfung.....	60
A 3 Mehrjährige Maßnahmen.....	66
3.1 Reduzierte N-Düngung.....	66
3.2 Grundwasserschutz-orientierte Gestaltung von Anbausystemen	70
3.3 Ökologischer Landbau	76
3.4 Umwandlung von Acker in Grünland und extensive Grünland-Bewirtschaftung	82
3.5 Dauerbrachen.....	88
A 4 Gesamtbetriebliche und überbetriebliche Maßnahmen	94
4.1 Effizienter Umgang mit Wirtschaftsdünger.....	94
4.1.1 Erweiterung der Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger.....	98
4.1.2 Förderung exakter Ausbringungstechniken für Wirtschaftsdünger	102
4.2 Aufbau einer Grundwasserschutz-orientierten Ackerschlagkartei	108
4.3 Anlage von Demonstrationsversuchen.....	112

4.4	Management auf Gesamtbetriebsebene – Schwerpunkt Stickstoffoptimierung.....	118
A 5	Fachübergreifende Planung: Landesplanung, Naturschutz, Forstwirtschaft.....	124
5.1	Nutzung von Naturschutz-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen und Vernetzung mit den Maßnahmen zum Trinkwasserschutz.....	124
5.2	Reaktivierung von Feuchtarealen	130
5.3	Grundwasserschutzwald	136
5.4	Perspektive: Agenda 2000.....	142
A 6	Modellierung als Planungsinstrument.....	146
Teil B: Methoden zur Erfolgskontrolle von Grundwasserschutzmaßnahmen		
	Einleitung	158
B 1	Das Zonenmodell als Grundlage für die Erfassung des Stoffzustandes	160
B 2	Nährstoffbilanzierung.....	164
2.1	Hoftorbilanzen.....	164
2.2	Einzel Schlagbilanzen	172
B 3	Untersuchung der Wurzelzone - Herbst-Nmin.....	180
B 4	Untersuchung der Sickerwasser-Dränzone	186
4.1	Saugkerzen und Lysimeter	186
4.2	Tiefbohrungen mit tiefenabgestufter Probenahme	190
B 5	Überwachung der Grundwasser-Beschaffenheit	196
5.1	Beprobung der Grundwasseroberfläche.....	196
5.2	Vorfeldmessstellen: Mindestanforderungen an Planung und Betrieb	200
5.2.1	Flach verfilterte Messstellen	206
5.2.2	Mehrfach-Messstellen.....	210
5.2.3	Multilevel-Messstellen.....	214
5.3	Rohwasser-Untersuchung.....	218
B 6	Beprobung der Dränausläufe und Fließgewässer	222

Teil C: Verfahrensablauf in der Zusatzberatung

C 1	Niedersächsisches Prioritätenprogramm Trinkwasserschutz	230
C 2	Anwendungsbeispiel für Einzelgebiete	236
2.1	Ablaufschema	236
2.2	Gebietserfassung	238
2.3	Stoffliche IST-Zustandsanalyse.....	242
2.4	Innergebietliche Prioritätensetzung.....	246
2.5	Planung von Grundwasserschutz-Maßnahmen	250
2.6	Vermittlung und Durchführung von Maßnahmen	254
2.7	Erfolgs- und Effizienzkontrolle	260
Ausblick	264
Ansprechpartner	266

Abkürzungsverzeichnis

AfA	Amt für Agrarstruktur
C	Kohlenstoff
dt/ha	Dezitonne pro Hektar
GIS	Geographisches Informationssystem
GW	Grundwasser
GWOF	Grundwasser-Oberfläche
GVE	Großvieheinheiten
HF	Hauptfrucht
IPS	Integrierter Pflanzenschutz
Kap.	Kapitel
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche (Acker- und Grünlandflächen incl. Stilllegungsflächen)
LN	Landwirtschaftliche Nutzfläche
LK	Landkreis
LWK	Landwirtschaftskammer
N	Stickstoff
NAG	Nitrat-Austragsgefährdung
NAU	Niedersächsisches Agrar-Umweltprogramm
N _{min}	mineralisierter Bodenstickstoff
NO ₃	Nitrat
NH ₃	Ammoniak
NH ₄	Ammonium
mg/l	Milligramm pro Liter
min.	mineralisch
MU	(Niedersächsisches) Umweltministerium
ML	(Niedersächsisches) Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten
NLÖ	Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
NWG	Niedersächsisches Wassergesetz
org.	organisch
ppm	parts per million (≈ mg/l)
PSM	Pflanzenschutzmittel
SO ₄	Sulfat
SchuVO	Schutzgebietsverordnung
SW	Sickerwasser
SW-Dz	Sickerwasser-Dränzone
SWR	(jährliche) Sickerwasserrate
TVO	Trinkwasserverordnung
W-Auflage	Anwendungsbeschränkung für Pflanzenschutzmittel in Wasserschutzgebieten
WGG	Wassergewinnungsgebiet
WVG	Wasservorranggebiet
WSG	Wasserschutzgebiet
WVU	Wasserversorgungsunternehmen
ZF	Zwischenfrucht

Teil B Eignungsbewertung:

-	keine Maßnahmeneignung
O	Maßnahmeneignung
+	Gute Maßnahmeneignung

Vorwort

Mit der Änderung des Niedersächsischen Wassergesetzes im Jahr 1992 und der damit verbundenen Erhebung der Wasserentnahmegebühr hat das Land Niedersachsen die Grundlage dafür geschaffen, auf vielfältige Weise einen aktiven und vorsorgenden Trinkwasserschutz zu fördern. Im Bereich der Land- und Forstwirtschaft werden seither im Rahmen des Niedersächsischen Kooperationsmodells zahlreiche Maßnahmen zum Trinkwasserschutz durch die Zusatzberatung Wasserschutz umgesetzt.

Eine fachliche Unterstützung erfahren diese Grundwasserschutzaktivitäten durch Pilotprojekte, die seit 1993 federführend vom Niedersächsischen Landesamt für Ökologie koordiniert werden. Durch die Auswertung und Publikation der Projektergebnisse in Leitfäden und Broschüren leisten die im einzelnen Modellgebiet gesammelten Erfahrungen einen wichtigen Beitrag bei der Planung und Umsetzung von Trinkwasserschutzmaßnahmen in Gebieten mit vergleichbaren standörtlichen Verhältnissen.

Vor dem Hintergrund der Notwendigkeit zum effizienten Haushaltsmitteleinsatz für den Bereich Trinkwasserschutz steht seit längerem die Frage nach geeigneten Methoden und Instrumenten zur Beurteilung des Erfolges von umgesetzten Grundwasserschutzmaßnahmen im Vordergrund. Konkret sind geeignete Instrumente gefordert, anhand derer der Erfolg der durchgeführten Maßnahmen beurteilt werden kann.

Zur Beantwortung der Fragen im Bereich der Erfolgskontrolle von Grundwasserschutzorientierten Maßnahmen wurde daher ein entsprechendes Pilotprojekt im Dezember 1996 mit einer Laufzeit von drei Jahren gestartet.

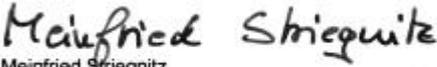
Die Ergebnisse dieses Projektes sind in dem vorliegenden Anwenderhandbuch zusammenfassend dargestellt. Neben der Dokumentation und Bewertung der sehr unterschiedlichen Maßnahmen zum Trinkwasserschutz wird insbesondere auf die Methoden der Erfolgskontrolle eingegangen.

Zusätzlich werden in einem Fallbeispiel die Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Methoden und Maßnahmen demonstriert. Dem Zusatzberater Wasserschutz wird somit mit dem Anwenderhandbuch eine fundierte und gleichermaßen praktische Entscheidungshilfe an die Hand gegeben. Diese soll sowohl die Planung und Umsetzung als auch die Erfolgs- und Effizienzkontrolle durchgeführter Maßnahmen unterstützen.

Zusätzlich wird mit dem Anwenderhandbuch der landeseinheitliche Einsatz von definierten Kontrollparametern im Rahmen der Zusatzberatung gefördert und damit letztlich die Basis für eine Bewertung des Erfolges auf regionaler und überregionaler Ebene geschaffen.

Darüber hinaus bietet das Anwenderhandbuch für alle weiteren fachlich Beteiligten des Niedersächsischen Kooperationsmodells nützliche Informationen und konkrete Anregungen für die jeweiligen Aufgabengebiete.

Ein besonderer Dank gilt denjenigen, die zur Realisierung des Anwenderhandbuches beigetragen haben.


Meinfried Striegnitz
Präsident des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie

Veranlassung

Der Schutz der Gewässer ist im Niedersächsischen Wassergesetz geregelt. Trotz dieser Schutzvorschriften ist das Grundwasser vielfach verunreinigt; insbesondere wird im oberflächennahen Grundwasser in vielen Gebieten eine unnatürlich hohe Belastung mit Nitrat festgestellt. Die Nitratbelastungen finden sich auch in den Wasservorranggebieten für die Trinkwassergewinnung. Ursache ist in der Regel die intensive Landwirtschaft. Um diese Belastungen des Grundwassers effizient zu vermindern, sieht das Niedersächsische Wassergesetz für die Land- und Forstwirtschaft sowie für den Erwerbsgartenbau verschiedene freiwillige und ordnungsrechtliche Möglichkeiten in Trinkwassergewinnungsgebieten vor. Hierzu gehören insbesondere die Gründung von Kooperationen zwischen Land- und Wasserwirtschaft, die Grundwasserschutz-orientierte Zusatzberatung sowie Auflagen zur Flächennutzung (vgl. NIEDERSÄCHSISCHES UMWELT-MINISTERIUM 1999). Diese Bereiche werden seit 1993 aus der Wasserentnahmegebühr finanziert.

Die verfügbaren Grundwasserschutz-orientierten Bewirtschaftungsmaßnahmen sind zusammengestellt in der Methodensammlung für die Zusatzberatung nach § 47 h(3) Nr. 4a NWG, NLO (1998). Einzelne Bezirksregierungen haben daraus „Pflichtenhefte“ für die Zusatzberatung Wasserschutz abgeleitet, die ständig fortgeschrieben werden. Mittlerweile liegen umfangreiche Erfahrungen zum Einsatz dieser Maßnahmen in der Landwirtschaft und zu deren Erfolgskontrolle vor.

Eine aktuelle Zusammenstellung mit dem Schwerpunkt der praktischen Erprobung und Bewertung möglicher Grundwasserschutz-Maßnahmen erfolgte im Rahmen eines Pilotprojektes des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie. Den Maßnahmen wurden einsatzfähige Methoden zur Erfolgskontrolle zugeordnet. Die Arbeiten im Projekt führten während der Laufzeit von Dezember 1996 bis November 1999 die beiden Ingenieurbüros INGUS (Hannover) und IGLU (Göttingen) in verschiedenen Trinkwassergewinnungsgebieten durch. Die Projektleitung und -koordination oblag dem Staatlichen Amt für Wasser und Abfall Braunschweig, ab Januar 1998 der Bezirksregierung Braunschweig. Das vorliegende Anwenderhandbuch fasst die Projektergebnisse und die praktischen Erfahrungen aus dem Niedersächsischen Kooperationsmodell zusammen. Es gibt vielfältige praxisbezogene Hilfestellungen zur zukünftigen Durchführung und Optimierung der Zusatzberatung Wasserschutz.

Das Anwenderhandbuch ist in drei Teile gegliedert:

- Teil A beschreibt und bewertet die untersuchten Grundwasserschutz-Maßnahmen,
- Teil B diskutiert einsetzbare Methoden zur Erfolgskontrolle,
- Teil C zeigt den Einsatz der erforderlichen Einzelschritte als Verfahrensablauf in der Zusatzberatung Wasserschutz.

Die Diskussion der Methoden kann hier nur in verkürzter Darstellung erfolgen, um grundlegende Hinweise zu ihrer Anwendung zu geben. Das Handbuch ersetzt nicht die einschlägigen Richtlinien, Normen und Handlungsanweisungen, die bei der Anwendung der beschriebenen Verfahren grundsätzlich zu beachten sind. Beim Einsatz der vorgestellten fach- und medienübergreifenden Methoden in der Zusatzberatung sollten die entsprechenden Fachdisziplinen beratend hinzugezogen werden. Bei allen analytischen Verfahren müssen die geforderten spezifischen Qualitätssicherungsmaßnahmen (QS nach DIN/ISO) unbedingt angewendet werden.

Literatur

MU, NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1999): Effizienzkontrolle der Maßnahmen in der Landwirtschaft aus der Wasserentnahmegebühr - Prioritätenprogramm Trinkwasserschutz. Statusbericht und Vorschläge des ad-hoc-Arbeitskreises 'Prioritätenprogramm'.

NLÖ, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (1998): Methodensammlung zu Grundwasserschutzmaßnahmen im Rahmen der "Zusatzberatung Grundwasserschutz" gemäß § 47h Abs. 3 Ziffer 4a des Nds. Wassergesetzes. Abschlussbericht der Arbeitsgruppe "Methodensammlung Zusatzberatung" des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie.

Teil A

Praktische Grundwasserschutz-
Maßnahmen zur Umsetzung in
Trinkwassergewinnungsgebieten

Einleitung

Die Arbeitsschwerpunkte der Zusatzberatung Wasserschutz liegen in der

- fortlaufenden Erfassung von Datengrundlagen
 - zur einzelbetrieblichen landwirtschaftlichen Produktion,
 - zur bodenkundlichen Flächenausstattung und
 - zur stofflichen Belastungssituationund in der
- Entwicklung und Vermittlung von standort- und betriebsspezifischen Maßnahmen zur Verminderung des flächenhaften Stoffaustrages.

Grundwasserschutz-Maßnahmen beziehen sich sowohl auf den ausschließlich landwirtschaftlichen (bilateralen) Bereich als auch auf den Bereich der fachübergreifenden Planung (multilateral).

Bilaterale Schutzmaßnahmen sind z. B.:

- Düngeplanung und Reduzierung der Düngung,
- Beratung zu Bodenbearbeitung und Pflanzenschutz,
- Zwischenfruchtanbau,
- Gestaltung von Anbausystemen,
- Grünlandbewirtschaftung,
- Flächenstilllegungen,
- Beratung zum Betriebsmanagement und
- zum Einsatz grundwasserschonender Betriebstechnik.

Multilaterale Maßnahmen werden bisher nur in Einzelfällen genutzt. Sie bieten sich insbesondere in der fachübergreifenden Planung folgender Bereiche an:

- Regional- und Landesplanung,
- Flächennutzungsplanung,
- naturschutzfachliche Planung,
- forstwirtschaftliche Planung.

Der Teil A des Handbuches beschreibt Grundwasserschutz-Maßnahmen, die in den vorgenannten Bereichen zur Anwendung kommen. Es werden jeweils die typischen Anwendungsbereiche erläutert und praktische Hinweise zur Durchführung der Maßnahme gegeben. Abschließend erfolgt zu den behandelten Maßnahmen eine Erfolgs- und Eignungsbewertung für die Zusatzberatung.

In den Kapiteln A 1 bis A 4 werden die ausschließlich landwirtschaftlichen Grundwasserschutz-Maßnahmen beschrieben. Darin enthalten sind:

- Reine Beratungsleistungen der Zusatzberatung ohne Abschluss von Freiwilligen Vereinbarungen (Kap. A 1),
- schlagbezogene Einzelmaßnahmen mit vertraglicher Bindung für eine Einzelernte oder ein Anbaujahr (A 2),
- schlagbezogene mehrjährige Maßnahmen mit Freiwilligen Vereinbarungen für einen Mehrjahres-Zeitraum, z. B. für die Dauer einer Fruchtfolge (A 3), sowie
- gesamtbetriebliche und überbetriebliche Maßnahmen inklusive der Anlage von Demoversuchen (A 4).

Die Kapitel A 5 und A 6 behandeln multilaterale Grundwasserschutz-Maßnahmen sowie die Modellierung als Planungsinstrument zur Vorab-Einschätzung des gesamtgebietlichen Grundwasserschutz-Erfolges.

- In Kap. A 5 wird die Berücksichtigung von Grundwasserschutz-Zielen bei der Gestaltung von Naturschutz- und Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, in der Forstwirtschaft, und bei der Umsetzung der Agenda 2000 thematisiert. Zudem wird auf den Grundwasserschutz durch Reaktivierung von Feuchtarealen eingegangen.
- Kap. A 6 behandelt die Modellierung des Nährstoff- und Wasserhaushaltes von Boden und Pflanze und des Grundwasserhaushaltes. Die Einbindung der Teilmodelle dient als Entscheidungshilfe für die Planung landwirtschaftlicher und multilateraler Grundwasserschutz-Maßnahmen.

1 Landwirtschaftliche Beratungsleistungen

1.1 Grundwasserschutz-orientiertes Düngekonzept

1.1.1 Düngeplanung nach dem "Erweiterten Bilanzansatz"

Kurzcharakteristik

Grundlage:
Kalkulation der NO₃-Konzentration im Sickerwasser nach N-Bilanzüberschuss

Der Erweiterte Bilanzansatz (NLÖ 1997) ist ein Rechenmodell zur Ermittlung der maximal zulässigen Stickstoff-Düngung unter der Zielvorgabe, dass der Grenzwert der Trinkwasserverordnung (TVO, BMJFG 1990) von 50 mg NO₃/l bereits im Sickerwasser einzuhalten ist. Hierzu wird die N-Düngung in Abhängigkeit von der Ertragerwartung so bemessen, dass der N-Bilanzüberschuss – als Nitrat im jährlichen Sickerwasseraufkommen gelöst – eine Einhaltung des Vorgabewertes ergibt.

Zielvorgabe:
Unterschreitung von 50 mg NO₃/l im Sickerwasser (Anpassung an andere Vorgaben ist möglich)

In die Berechnung der N-Düngeempfehlung gehen die zu erwartende N-Abfuhr mit dem Haupternteget, der Frühjahrs-N_{min}-Wert, ein Bodentoleranzwert und ein Sickerwassertoleranzwert ein. Zur Berücksichtigung besonderer Ansprüche der Hauptfrucht und der N-Freisetzung aus Ernterückständen der Vorfrucht werden Zu- und Abschläge auf die N-Düngung angesetzt, die sich in einem Mehrjahreszeitraum ausgleichen.

Anwendungsbereich

Voraussetzung:
Geringe N-Quellen-/Senken-Eigenschaften des Standortes

Der Erweiterte Bilanzansatz ist im Prinzip auf alle N-Gleichgewichts-Standorte ohne nennenswerte Denitrifikation, Stickstoff-Festlegung oder Freisetzung in der Wurzelzone anwendbar. Er kann leicht an unterschiedliche Zielvorgaben hinsichtlich der Nitratkonzentration im Sickerwasser angepasst werden.

Für Böden mit erhöhter N-Nachlieferung (Niedermoor- und Auenbereiche, humusreiche Auftragsböden sowie Flächen mit langjähriger Wirtschaftsdünger-Ausbringung) ist eine Spezial-Düngeberatung erforderlich, siehe Kap. 1.1.2.

Auf Löss-Standorten weicht die Düngeempfehlung kaum von der SOLLWERT-Methode ab.

Das Konzept des Erweiterten Bilanzansatzes wurde ursprünglich für das Südniedersächsische Löss-Bergland entwickelt. Auf tiefgründigen, ertragsstarken Böden liegt der berechnete N-Düngebedarf nahe den Werten nach der SOLLWERT-Methode (LWK HANNOVER 1998a). Auf flachgründigen Standorten und den leichteren Böden der Niedersächsischen Geest ergibt sich hingegen eine bedeutende Reduktion der N-Düngung (siehe *Exkurs*, S. 16). Die Eingriffsintensität und damit die Vermittelbarkeit werden also maßgeblich durch die Standort-Eigenschaften bestimmt.

Flachgründige und leichte Böden erfordern dagegen eine deutliche N-Düngungsreduzierung

Durchführung

Berechnung der N-Düngungshöhe

Die Ermittlung der N-Düngungshöhe nach dem Erweiterten Bilanzansatz ist in **Abb. 1** dargestellt. Die schlagspezifische Datengrundlage hierfür wird in **Tab. 1** zusammengefasst.

Die Berechnung kann erfolgen, sobald die aktuellen Frühjahrs- N_{\min} -Werte vorliegen. Bei sehr hoher Ertragserwartung können die Rechenergebnisse über der Düngeempfehlung nach der SOLLWERT-Methode liegen. In diesen Fällen wird die SOLLWERT-Methode zugrunde gelegt.

Abb. 1: Berechnungsschema für die Düngeplanung nach dem Erweiterten Bilanzansatz

Abfuhr mit dem Erntegut	standortabhängige Ertragserwartung $\frac{\text{t}}{\text{ha}}$	mittlerer N-Gehalt $\frac{\text{t}}{\text{t}}$ im Erntegut				
+ Sickerwassertoleranzwert (SWtol)	Max. zulässiger N-Überschuss zur Einhaltung von 50 mg NO_3/l im Sickerwasser; SWtol ist abhängig von der jährlichen Sickerwasserspende (SWR):					
	SWR [mm]	100	150	200	250	300
	SWtol [kg N/ha]	15	20	25	30	35
- anrechenbarer Teil des Frühjahrs- N_{\min} -Wertes (A)	nur wenn Frühjahrs- N_{\min} -Wert > Bodentoleranzwert: $A = N_{\min}$ minus Bodentoleranzwert (Btol); der Bodentoleranzwert wird in Abhängigkeit vom Wasser-Speichervermögen (FKWe) des Bodens festgelegt.					
	FKWe [mm]	<150	150-250	250 -350	>350	
	Btol [kg N/ha]	15	25	35	45	
- Abzug für Vorfruchteffekt (V)	N-Nachlieferung aus N-reichen Ernterückständen bestimmter Vorfrüchte:					
	Vorfrucht:	Raps	Körnermais	Zuckerrübe	Kleegras	
	V [kg N/ha]	40	30	20	40	
+ Zuschlag zur Hauptfrucht (H)	Nach Praxiserfahrungen erforderlicher N-Düngungszuschlag für bestimmte Hauptfrüchte:					
	Hauptfrucht:	Raps	Körnermais	Zuckerrübe		
	H [kg N/ha]	40	30	20		
- Düngung zur Zwischenfrucht	Die Düngung zur Zwischenfrucht wird in vollem Umfang von der Düngung zur Hauptfrucht abgezogen					
= fruchtspezifische N-Düngungshöhe nach dem "Erweiterten Bilanzansatz"						

Der Erweiterte Bilanzansatz wird von verschiedenen Beratungsträgern in Südniedersachsen und im Bereich der Lössgrenze angewandt. Das Berechnungsverfahren ist komplizierter als bei der SOLLWERT-Methode. Aufgrund der EDV-technischen Umsetzung können die Düngungsempfehlungen allerdings sehr schnell und in übersichtlicher Form erstellt werden.

Tab. 1: Eingangsgrößen und ihre Datengrundlage zur Ermittlung der N-Düngungshöhe nach dem Erweiterten Bilanzansatz

Eingangsgröße	Datengrundlage
Ertragserwartung	langjähriger Durchschnittsertrag (Angabe des Landwirtes) oder standorttypisches Ertragsniveau
N-Gehalt im Erntegut	Analysewerte oder Faustzahlen aus den Erläuterungen der LWK zur Aufzeichnungspflicht nach § 3 der SchuVO
Jährliche Sickerwasserbildung (SWR)	Berechnung nach MÜLLER 1997 auf Basis der bodenkundlichen Gebietskartierung
Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (FKWe)	
Frühjahrs-N _{min} -Wert	eigene Messung oder Ableitung aus aktuellen Messwerten hinsichtlich Standort + Vorfrucht vergleichbarer Flächen
Vorfrucht und aktuelle Hauptfrucht	Angaben des Landwirtes
N-Düngung zur Zwischenfrucht	

Verordnung über Schutzbestimmungen in Wasserschutzgebieten, Nds. Umweltministerium 1995

Exkurs: Vergleich des Erweiterten Bilanzansatzes mit der SOLLWERT-Methode

Die N-Düngung nach der "SOLLWERT"-Methode (auch "Nmin-Methode" genannt) wird als Grundlage einer ordnungsgemäßen Landwirtschaft im Sinne der bundesweit gültigen Düngeverordnung angesehen. Der N-Düngebedarf ergibt sich nach der SOLLWERT-Methode aus einem fruchtspezifischen N-Sollwert abzüglich des Frühjahrs-Nmin-Wertes. Die N-Sollwerte geben die zur Erzielung von Höchstserträgen erforderliche Stickstoffmenge an, die im Verlauf der Vegetationsperiode pflanzenverfügbar sein muss. Sie wurden durch die Landwirtschaftskammer Hannover in langjährigen Feldversuchen ermittelt. Standort-Unterschiede des natürlichen Ertragspotentials werden durch Zu- und Abschläge der N-Düngung z. T. ausgeglichen. Beispielsweise erhalten humusarme Sandstandorte einen N-Düngungszuschlag von 20 kg/ha.

Im Gegensatz dazu wird bei der Düngung nach dem Erweiterten Bilanzansatz das standörtliche Nitrat-Austragsverhalten und das durchschnittlich erreichte Ertragsniveau berücksichtigt. Daher erhalten z. B. leichte Sandstandorte eine deutlich geringere N-Düngung als nach der SOLLWERT-Methode, vgl. **Tab. 2**.

Tab. 2: N-Düngungsminderung gegenüber der SOLLWERT-Methode bei Anwendung des Erweiterten Bilanzansatzes (Sickerwasserrate [SWR]), Frühjahrs-Nmin-Wert und Ertragserwartung basieren auf einem Regressionsansatz nach Daten der Zusatzberatung in vier niedersächsischen Wasserschutzgebieten 1995-1998.)

FKWe [mm]	SWR [mm/a]	Nmin [kg/ha]	N-Reduzierung [kg/ha] gegenüber SOLLWERT-Methode			
			Zuckerrübe	Winterweizen	Wintergerste	Winterroggen
100	229	43	(71) ¹	(94) ¹	71	77
200	191	47	37	55	33	39
300	153	51	23	15	16	21
400	115	56	0 (-11) ²	0 (-4) ²	0 (-22) ²	0 (-16) ²

¹ Zuckerrüben und Winterweizen werden auf den sehr leichten Böden praktisch nur mit Feldberegnung angebaut. Die angegebenen Werte sind daher nicht praxisrelevant.

² Wenn der Erweiterte Bilanzansatz eine höhere Düngeempfehlung als die SOLLWERT-Methode ergibt, wird die SOLLWERT-Methode angewandt.

Die Auswertung verdeutlicht, dass die Düngebedarfsermittlung nach dem Erweiterten Bilanzansatz auf Böden mit einem mittleren Wasserhaltevermögen (FKWe 200 bis 300 mm) zu realistischen Reduzierungen in der N-Düngung führt, während auf den sehr leichten Böden ggf. mit Ertragseinbußen zu rechnen wäre. Auf den sehr guten Standorten der Lössböden ist dagegen bereits bei Düngung nach der SOLLWERT-Methode mit einer Unterschreitung der Nitratkonzentration von 50 mg NO₃/l zu rechnen, so dass der Erweiterte Bilanzansatz hier eine höhere Düngung zulassen würde.

Beratungspraxis

Für die Flächen, auf denen der Frühjahrs- N_{\min} -Wert gemessen wurde, wird dem Landwirt die **schlagbezogene N-Düngeempfehlung** zusammen mit einer Erläuterung des Rechenweges (linke Spalte von **Abb. 1** mit den konkreten Werten) mitgeteilt. Pro Schlag wird ein Blatt ausgefüllt.

Der Empfehlungsbogen soll dem Landwirt auch die Möglichkeit geben, die N-Düngungsmenge an abweichende Ertrags Erwartungen (Menge und ggf. N-Gehalt) anzupassen. Hierzu wird in dem Empfehlungsbogen die Schätzung der N-Abfuhr im Detail erläutert.

Für Schläge ohne eigene N_{\min} -Messwerte wird eine allgemeine Düngeempfehlung versandt, welche die aktuellen vorfrucht- und standorttypischen N_{\min} -Mittelwerte enthält und zusätzlich zu den Angaben der **Abb. 1** die N-Abfuhr der Hauptfrüchte für unterschiedliche Ertragsniveaus aufführt.

Erfolgsbewertung

Für Standorte ohne bedeutende N-Umsetzungen in der Wurzelzone gibt der Erweiterte Bilanzansatz die aus Sicht des Grundwasserschutzes zu fordernde Obergrenze der N-Düngung wieder. Auf den ertragsstarken Standorten, die z. T. bisher schon eine gute Grundwasserqualität liefern, liegt diese im Bereich der Düngung nach der SOLLWERT-Methode. Für Flächen mit einem geringen standörtlichen Ertragspotential ergibt sich dagegen eine Minderung der N-Düngung um z. T. mehr als 70 kg N/ha gegenüber der SOLLWERT-Methode (**Tab. 2**).

Die Auswertung der bisherigen Versuche im Regierungsbezirk Braunschweig zum Vergleich zwischen dem Erweiterten Bilanzansatz und der SOLLWERT-Methode ist noch nicht abgeschlossen.

Vorläufige Erfolgsbewertung:

Da die N-Düngungsreduzierungen auf den leichten Standorten nicht ohne Ertragsminderungen (z. T. nur Rückgang des Rohproteingehaltes bei Getreide) zu haben sind, fällt die Minderung des N-Saldos deutlich geringer aus als die Düngungsreduzierung.

Bei den Herbst- N_{\min} -Werten zeichnet sich noch keine Reduzierung durch Einführung des Erweiterten Bilanzansatzes ab. Der Grund hierfür ist in der Pufferwirkung des Humusgehaltes der Böden zu suchen, der sich hinsichtlich Menge und C/N-Verhältnis erst auf ein verringertes Düngungsniveau einstellen muss.

In Abhängigkeit von den Ergebnissen einer Exakt-Auswertung der bisherigen Versuchsergebnisse ist für die leichten Böden ggf. die Einführung einer Ausgleichszahlung in Form einer Freiwilligen Vereinbarung „Düngung nach dem Erweiterten Bilanzansatz“ zu erwägen.

Ohne einen solchen ökonomischen Anreiz zur Umsetzung auf den leichten Standorten stellt der Erweiterte Bilanzansatz derzeit vor allem ein Schema zum besseren Verständnis der Ursachen standortabhängig unterschiedlicher Nitratgehalte im Sickerwasser dar. Dabei muss der zusätzliche Einfluss von Stickstoff-Freisetzung / Festlegung / Denitrifikation bedacht werden, der im Erweiterten Bilanzansatz nicht berücksichtigt ist.

Literatur

BMELF, BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1997): Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 26. Januar 1996 (BGBl. I, S. 118ff).

BMJFG, BUNDESMINISTER FÜR JUGEND, FAMILIE UND GESUNDHEIT (1990): Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasserverordnung - TrinkwV) vom 5. Dezember 1990. BGBl. I, S. 2613).

LWK, LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER (1998a): Empfehlungen zur Stickstoffdüngung nach der Nmin-Methode. (Faltblatt)

LWK, LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER (1998b): Erläuterungen zur Aufzeichnungspflicht nach §3 der Schutzverordnung für Wasserschutzgebiete. Stand: 1.5.1998.

MÜLLER, U. (1997): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). 6. Auflage. NLFB, Hannover.

NLÖ, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (1997): Pilotprojekt Mechtshausen. Konzept für eine gewässerschutzorientierte Stickstoffdüngung im südniedersächsischen Festgesteinsgebiet.

MU, NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1995): Verordnung über Schutzbestimmungen in Wasserschutzgebieten (SchuVO). Vom 24. Mai 1995. Niedersächsisches Gesetz- und Verordnungsblatt Nr. 11/1995, S. 133ff.

1.1.2 Spezial-Düngeberatung auf Böden mit hoher N-Nachlieferung

Kurzcharakteristik

Der Erweiterte Bilanzansatz berücksichtigt die N-Nachlieferung des Bodens während der Wachstumszeit nicht.

Auf N-Quellenstandorten wird daher eine vegetationsbegleitende N-Düngeberatung empfohlen.

Auf humusreichen Böden mit hoher N-Nachlieferung (sog. „N-Quellenstandorte“) führt die Düngeplanung nach dem Erweiterten Bilanzansatz zu überhöhten N-Gaben, da die Stickstoff-Freisetzung des Bodens bei der N-Bilanzierung nicht berücksichtigt wird. Für solche Standorte wird daher ein gesonderter Düngungsansatz gewählt.

Anstelle der Vorab-Düngeplanung wird eine vegetationsbegleitende N-Düngeberatung durchgeführt, welche die N-Freisetzung des Bodens im Vegetationsverlauf berücksichtigt. Letztere kann durch mehrfach wiederholte N_{\min} -Bestimmungen, oder indirekt durch Pflanzentests zur Nährstoffversorgung erfasst werden. Wegen des geringeren Aufwandes und der größeren Aussagekraft für die Düngeberatung werden Pflanzentests bevorzugt, z. B. die Nitrathek-Methode (s. Kap. A 1.2).

Anwendungsbereich

Unter langjährig konstanten Bewirtschaftungsbedingungen stellt sich in Ackerböden ein "Humusgleichgewicht" ein, bei dem die N-Freisetzung aus dem Bodenhumus im Mittel der N-Festlegung in der organischen Substanz entspricht. Eine Spezial-Düngeberatung wird hingegen dann erforderlich, wenn die N-Freisetzung gegenüber der N-Festlegung überwiegt. Typische Ursachen hierfür sind u.a.:

- Grundwasser-Absenkung, d. h. erhöhte Belüftung nährstoffreicher Niedermoor-, Anmoor- und Auenböden,
- Grünland-Umbruch,
- langjährige Wirtschaftsdünger-Anwendung,
- Auftrag von humusreichem Bodenmaterial mit hoher N-Freisetzung (z. B. Rüben-Anhangerde).

Dabei hält die erhöhte N-Freisetzung häufig jahrzehntelang an. Die Identifizierung der Problemflächen stützt sich auf Angaben der Landwirte, Kartierergebnisse und Grundwasserstandsdaten sowie eventuell auf boden- und sickerwasseranalytische Untersuchungen. Teilweise lassen sich die mineralisationsstarken Standorte bereits an der Krautflora erkennen.

In Wassergewinnungsgebieten sind erhöhte N-Freisetzungen durch Entwässerung (bedingt durch die Grundwasserentnahme und durch landwirtschaftliche Drainage) von Niederungsstandorten besonders häufig. Daher sind hohe Einsparungen bei der N-Düngung möglich, durch die in vielen Fällen eine ausreichende Abpufferung der bodenbedingten N-Freisetzung gewährleistet ist.



Abb. 1: Entwässertes Niedermoor mit hoher N-Freisetzung

Durchführung

Die aktuelle N-Nachlieferung mineralisationsstarker Böden muss zu allen Düngeterminen gesondert berücksichtigt werden.

Die **Start-Düngung** zu Vegetationsbeginn wird in Abhängigkeit von dem Ergebnis einer Frühjahrs- N_{\min} -Beprobung festgelegt. Die zu erwartende N-Nachlieferung des Bodens führt in dieser Phase nur bei früher Bodenerwärmung oder spätem Düngungstermin zu einem Düngungsabschlag.

Für die **weiteren N-Gaben** werden pflanzenanalytische Methoden angewandt, siehe Kap. A 1.2. Damit kann auf Phasen mit erhöhter N-Nachlieferung aus dem Boden durch Reduzierung oder Unterlassung einer Düngung reagiert werden.

Die modellgestützte Abschätzung des pflanzenverfügbaren Stickstoffgehaltes mineralisationsstarker Standorte im Vegetationsverlauf ist wegen der vielen Einflussfaktoren derzeit nur bedingt möglich und setzt eine umfassende einzelstandörtliche Untersuchung des Bodenhumus voraus. Anwendungsbeschränkungen für die pflanzenanalytischen Methoden ergeben sich bei ausgeprägter Bodentrockenheit (Wiederholung der Messung nach Niederschlag oder Beregnung oder alternativ N_{\min} -Beprobung).

Bei Vorliegen einer Nitrifikationshemmung – d. h. wenn N_{\min} -Beprobungen erhöhte NH_4 -Gehalte im Vergleich zu den NO_3 -Werten ergeben – ist der Chlorophyll-Test dem Nitratek-Test für die Düngebedarfsermittlung vorzuziehen. Eine Nitrifikationshemmung kann v. a. bei Auftragsböden auftreten.

Erfolgsbewertung

Durch die Spezial-Düngeberatung lassen sich auf Standorten mit erhöhter N-Nachlieferung häufig N-Düngungs-Einsparungen von 50 bis 100 kg N pro Hektar und Jahr erzielen, ohne dass es zu einer Ertragsminderung kommt. Dementsprechend vermindert sich der N-Saldo um den gleichen Betrag. In manchen Fällen kann sogar ganz auf eine N-Düngung verzichtet werden. Diese Einsparung rechtfertigt den insgesamt deutlich erhöhten Beratungsaufwand für mineralisationsstarke Standorte.

Standorte mit erhöhter N-Nachlieferung sind in jedem Fall Problemstandorte in Wassergewinnungsgebieten, obwohl das Nitrat-Freisetzungspotenzial bei der Festlegung der Nitrat-austragsgefährdungs(NAG)-Klassen nicht berücksichtigt wird. Beispielsweise übersteigt die N-Freisetzung durch Niedermoor-Mineralisation häufig den N-Bedarf der Anbaufrüchte. Vorrangiges Ziel der Zusatzberatung muss deshalb auf Niedermoorstandorten die Konservierung der Boden-N-Vorräte sein (siehe Kap. A 1.3.1, A 2.2 und A 5.2).

Minderung um		
N-Düngung	50-100	kg N/ha
N-Saldo	50-100	kg N/ha
Herbst-N _{min}	*	kg N/ha
Sickerwasser-Konzentration	*	mg NO ₃ /l

* Überlagerung durch hohe Nachlieferung

1.1.3 Wirtschaftsdünger-Analysen

Kurzcharakteristik

Die große Schwankungsbreite der Nährstoffgehalte von Jauche, Gülle und Festmist erschwert ihre korrekte Anrechnung bei der Düngeplanung. In der Düngepraxis führt dies häufig zu „Sicherheitszuschlägen“, und damit im Mittel zu einer Überdüngung.

Wirtschaftsdünger-Analysen werden daher als Maßnahme der Zusatzberatung in Wassergewinnungsgebieten durchgeführt. Neben einer verbesserten Düngeplanung geht es dabei auch um die Schaffung von Bewußtsein für den realen Düngewert der Wirtschaftsdünger.

Anwendungsbereich

Hauptzielsetzung ist die Optimierung der Düngung.

Wirtschaftsdünger-Analysen kommen für alle Betriebe in Frage, die Wirtschaftsdünger auf Flächen im Wassergewinnungsgebiet ausbringen. Der mögliche Nutzen richtet sich nach der einzelbetrieblichen Ausbringungsmenge und nach der möglichen Schwankungsbreite der Nährstoffgehalte der eingesetzten Wirtschaftsdünger.

- Die Nährstoffgehalte reiner **Jauche** und **Gülle** einer Tierart variieren in Abhängigkeit von Fütterungsweise, Lagerungsdauer und Behandlung während der Lagerung in einer Größenordnung von $\pm 30\%$ bezogen auf den Faustwert. Zulauf von Wasser (Reinigungs- und Regenwasser) kann den Schwankungsbereich erweitern.
- Die Zusammensetzung von **Festmist** wird zusätzlich durch die Einstreumenge bestimmt. Die mittlere Schwankungsbreite der Nährstoffgehalte ist daher größer als bei unverdünnter Gülle und Jauche, d. h. bei einem hohen Festmist-Anfall ist die Nährstoff-Analyse von besonders großer Bedeutung.

Weiteres Ziel ist die Erfolgskontrolle Grundwasser-schutz-orientierter Fütterungsstrategien.

Vor allem in Gebieten mit einer hohen Viehbesatzdichte können die Nährstofffrachten durch die Wirtschaftsdünger-Anwendung zu bestimmten Zeiten oder in der Jahressumme den pflanzenbaulichen Bedarf übersteigen. Analysen von Jauche und Gülle dienen hier zur Planung und Erfolgskontrolle von **Fütterungsstrategien** wie z. B. der eiweißreduzierten Fütterung, die auf eine Verminderung der tierischen Nährstoff-Ausscheidungen abzielen.

Durchführung

Zur Gewährleistung repräsentativer, untereinander vergleichbarer Proben sollte die Probenahme durch die Zusatzberatung durchgeführt werden. Die Zusatzberatung organisiert auch die Laboranalyse und teilt den Landwirten die Ergebnisse in aufbereiteter Form mit.

Eine qualifizierte Probenahme ist erforderlich.

Probenahmezeitpunkt

Bei der Lagerung von Wirtschaftsdünger kommt es zu gasförmigen Stickstoff-Verlusten, die laut Düngeverordnung mit maximal 10 % für Jauche und Gülle und 25% für Festmist anzusetzen sind, bei ungünstigen Bedingungen aber auch noch größer sein können. Um diese Schätzunsicherheit zu umgehen, erfolgt die Probenahme und Analyse – insbesondere bei Festmist – möglichst kurz vor der Ausbringung.

Zur Beurteilung der Fütterungsstrategie ist frische Jauche oder Gülle optimal, z. B. direkt aus dem Güllekanal entnommen. Wegen der relativ geringen Lagerungsverluste läßt sich die Fütterungsstrategie aber auch noch anhand von Proben aus dem Güllelager beurteilen, sofern das mittlere Alter der Jauche oder Gülle berücksichtigt wird.

Beprobung von Jauche und Gülle

Unmittelbar vor der Probenahme muss der Landwirt die Jauche bzw. Gülle aufrühren (homogenisieren). Der Probenahmetermin muss deshalb telefonisch vereinbart werden.

Repräsentative Beprobung von Jauche und Gülle setzt ausreichendes Aufrühren voraus.

Zur Beprobung wird ein Glas oder eine Weithals-Flasche (500 bis 1000 ml) in den Lagerbehälter eingetaucht. Das Probenahmeprotokoll enthält den Namen des Landwirts, ggf. die Bezeichnung des Lagerbehälters, den Termin der letzten Entleerung, die Tierart und ggf. Angaben zur Fütterung, zu Fremdwasser-Zulauf (z. B. angeschlossene Dachfläche) sowie zur Behandlung der Gülle/Jauche während der Lagerung (Rühren, Belüftung, Zusatzstoffe).

Beprobung von Stallmist

Zur Probenahme werden Kunststoffbehälter (Eimer oder Säcke) verwendet. Diese werden mit Mischproben von ca. 10 Stellen des zur Ausbringung anstehenden Misthaufens gefüllt, wobei möglichst alle Verrottungsstufen und Trockensubstanzgehalte in repräsentativen Anteilen erfasst werden sollen.

Bei Festmist werden Mischproben hergestellt.

Analyseparameter und Ergebnis-Auswertung

Dem untenstehenden Beispiel sind die relevanten Parameter für Wirtschaftsdünger-Analysen zu entnehmen. Die wichtigsten sind N (NH₄-N und Gesamt-N), P und K. Der Trockensubstanzgehalt wird in % angegeben, die übrigen Gehalte in kg/m³ (Gülle und Jauche) bzw. kg/t (Stallmist).

Für die Düngeplanung genügt die Frischsubstanz (FS) als Bezugsgröße, für den Vergleich unterschiedlicher Analyseergebnisse und zur Beurteilung der Fütterung sind die Gehalte bezogen auf die Trockensubstanz entscheidend. Mit Ausnahme

von Stickstoff werden die Nährstoffgehalte meistens als Oxide angegeben.

Die Gegenüberstellung mit den Faustzahlen dient der besseren Beurteilung der Analyseergebnisse. Für die konkrete Düngberatung wird zusätzlich die Anrechenbarkeit genannt.

Betrieb Müller Pferdemist Beprobung am 8.7.99 Mittl. Alter: 6 Monate	Faustzahl (LWK '98)		Analysewert			
	FS	TS (berechnet)	FS	TS (berechnet)		
Trockensubstanz [%]	25	100	34,4	100	Anrechenbarkeit	
	kg/t FS	kg/t TS	kg/t FS	kg/t TS	Anbaujahr	Folgejahre
Gesamt-N [kg/t]	6	24	4,6	13,4	30 %	50 %*
davon NH ₄ -N [kg/t]					80 %*	-
Phosphor (P ₂ O ₅) [kg/t]	2,7	10,8	2,3	6,7	100 % über eine Fruchtfolge	
Kalium (K ₂ O) [kg/t]	6	24	7,4	22	100 % über eine Fruchtfolge	
Calcium (CaO) [kg/t]			11,5	33	100 % über eine Fruchtfolge	
Magnesium (MgO) [kg/t]			2,6	8	100 % über eine Fruchtfolge	

Anmerkung: Bei der Anrechnung des N-Gehaltes werden 20% Ausbringungsverlust (Ammoniak-Ausgasung) angenommen.

Die dargestellten Analyseergebnisse einer Pferdemist-Probe zeigen im Vergleich zu den Faustzahlen einen deutlich höheren Trockenmasse-Anteil. Die Trockensubstanz-bezogenen Werte sind für Gesamt-N deutlich geringer als die Faustzahl, für P ist der Unterschied nicht ganz so ausgeprägt und für K ergibt sich fast keine Differenz. Dies deutet auf eine verhältnismäßig hohe Einstreumenge hin, zusätzlich sind höhere N-Lagerungsverluste aufgetreten, als bei den Faustzahlen zugrundegelegt.

Erfolgsbewertung

Nährstoffanalysen sind eine **notwendige Voraussetzung** zur Senkung von Düngungsüberschüssen, da die Variabilität der Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdünger in der Praxis zu Sicherheitszuschlägen bei der Düngung führt, wenn der aktuelle Nährstoffgehalt nicht bekannt ist. Dem Landwirt ermöglichen Wirtschaftsdünger-Analysen die pflanzenbauliche und ökonomische Optimierung der Düngung. Sie können somit zur Erhöhung der Akzeptanz der Zusatzberatung beitragen.

Weitere Voraussetzungen für die korrekte Anrechnung der Nährstoffausbringung durch Wirtschaftsdünger sind:

- Bei Stallmist die richtige Abschätzung der Ausbringungsmengen (t/ha). Die Nährstoffmengen, die sich aus den Angaben des Landwirtes ergeben, können im Rahmen einer Stallbilanz überprüft werden.
- Bei Gülle eine ausreichende Homogenisierung vor der Entnahme aus dem Lager.

Bei überhöhten Viehbesatzdichten je Hektar und bei ungenügenden Lagerkapazitäten für Wirtschaftsdünger sind **Nährstoffgehaltsanalysen allein nicht ausreichend**, um eine grundwasserschonende Wirtschaftsdünger-Anwendung zu gewährleisten (vgl. Kap. A 4.1). Sie stellen jedoch ein wichtiges Glied in der Planung und Erfolgskontrolle nährstoffeffizienter Fütterungsstrategien dar.

Die korrekte Berücksichtigung der **N-Lagerungsverluste** bereitet in der Praxis bei Verwendung von Faustzahlen Schwierigkeiten, weil in den Tabellenwerken häufig die Angabe fehlt, ob die Werte den Lagerungsverlust bereits berücksichtigen, oder nicht. Hier ist unbedingt Abhilfe zu fordern.

- N-Düngung und
- N-Saldo

können – je nach der bisherigen Berücksichtigung der Nährstoffgehalte im Wirtschaftsdünger – durch Wirtschaftsdünger-Analysen meistens verringert werden.

- Herbst-N_{min}-Wert und
- Nitrat-Konzentration im Sickerwasser

reagieren darauf erst mit u. U. mehrjähriger Verzögerung.

Literatur

Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 26. Januar 1996. (BGBl. I, S. 118ff).

LWK, LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER (1998): Nährstoffvergleich gemäß § 5 Düngeverordnung auf Feld-Stall-Basis und Hoftor-Basis.

NLÖ, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (1998): Methodensammlung zu Grundwasserschutzmaßnahmen im Rahmen der „Zusatzberatung Grundwasserschutz“ gemäß § 47h Absatz 3 Ziffer 4a des Nds. Wassergesetzes. Abschlußbericht der Arbeitsgruppe „Methodensammlung Zusatzberatung“, Hildesheim.

1.2 Vegetationsbegleitende Düngberatung nach Pflanzenanalysen (Nitrachek-Methode)

Kurzcharakteristik

Die vegetationsbegleitende Düngberatung dient der fortlaufenden Anpassung der *Düngeplanung* an den tatsächlichen Düngbedarf einzelner Anbaufrüchte. Ausgangspunkt zur Bemessung der Düngegaben ist die Ermittlung des Nährstoff-Versorgungszustandes durch Pflanzenanalysen. Düngergaben werden erst empfohlen, wenn der Versorgungszustand einen Optimalbereich unterschreitet. Das schlagspezifische Nährstoff-Nachlieferungspotenzial des Bodens (z. B. Vorfruchteffekte, mineralisationsstarke Standorte) geht somit unmittelbar in die Düngeempfehlung ein. Praxisreife Methoden existieren überwiegend für Stickstoff. Wesentliche Ziele der Maßnahme sind:

- Eine Düngereinsparung durch Berücksichtigung der bodeneigenen Stickstoff-Nachlieferung, bei gleichzeitig optimaler Ertragsbildung,
- die Reduzierung möglicher N-Bilanz-Überschüsse durch verringerte N-Zufuhr bei gleichbleibender N-Abfuhr und
- die Etablierung einer für den Grundwasserschutz nachweislich wirksamen, aber nicht betriebswirtschaftlich nachteiligen Düngestrategie.

Methoden und ihre Einsatzbereiche

Laboranalyse

Sehr genaue Bestimmung aller Pflanzennährstoffe. Wegen hohen Zeit- und Kostenaufwandes praktisch nur für pflanzenbauliche Sonderfragen (z. B. Verdacht auf Spurenelement-Mangel) einsetzbar.

Probe	N	P	K	S	Ca	Mg	Fe	Mn
	g/kg TS							
1 Stroh	9,2	0,5	11,0	1,0	3,0	0,8	83	12
1 Ähre	23,2	1,9	7,8	1,5	0,4	1,0	54	2
2 Stroh	8,8	0,9	11,1	0,7	3,6	0,7	61	9,1
2 Ähre	19,1	2,4	7,8	1,1	0,5	0,9	47	2



Abb. 1: Hydro-N-Tester für Chlorophyll-Messungen im Bestand

Chlorophyll-Methode

Messung des Chlorophyll-Gehaltes im Blatt mit einem optischen Verfahren. Unkomplizierte und rasche Durchführung der eigentlichen Messung. Nach 30 Einzelmessungen wird automatisch der Mittelwert ausgegeben. Für die Auswertung der Messergebnisse müssen sortenspezifische Korrekturwerte angewendet werden. Praxis-Erfahrungen mit der Chlorophyll-Methode liegen bisher nur aus dem Bereich des düngereintensiven Getreideanbaus vor.

Nitrachek-Methode

Exakte Bestimmung der Nitratkonzentration im Pflanzenpresssaft durch Kombination von Indikatorstreifen und einem Reflektometer-Messgerät. Durchführung durch den Berater oder Landwirt. Ermöglicht die Einhaltung hoher Ertrags- und Qualitätsziele bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Gewässerschutzes. Wegen ihrer großen praktischen Bedeutung wird im folgenden die Nitrachek-Methode im Detail vorgestellt.



Abb. 2: Nitrachek-Gerät für die NO_3^- -Gehalts-Bestimmung mit Teststreifen

Anwendungsbereich der Nitrachek-Methode

Die Methode realisiert Düngereinsparungen durch Verzögerung bzw. Verzicht von N-Gaben bei ausreichendem N-Versorgungszustand der Pflanzen. Je größer die N-Nachlieferung des Bodens, um so größer ist das Düngereinsparpotenzial. Hauptvorteil ist die pflanzenbaulich optimale Terminierung der einzelnen N-Düngegaben, darüber hinaus aber auch die Bemessung der Düngungshöhe. Dies führt zu einer besseren Ertragsabsicherung bei gegebenem oder auch vermindertem Düngenniveau.

Es handelt sich um eine Feldmethode, die prinzipiell für alle gängigen Kulturarten geeignet ist. Konkrete Anwendungsempfehlungen liegen bisher für Getreide, Mais und Kartoffeln vor. An Empfehlungen für Zuckerrüben wird aktuell gearbeitet. Für jede Fruchtart existieren spezifische Richtwerte (in ppm im Pflanzensaft), die eine Optimalversorgung kennzeichnen.

Methodische Einschränkungen ergeben sich bei:

- Blattdüngung vor der Probenahme, da hierbei der N-Versorgungszustand des Pflanzenbestandes durch die Nitrachek-Messungen nicht vollständig erfasst wird;
- Trockenheit vor der Probenahme, da die N-Aufnahme der Pflanzen durch Wassermangel stark eingeschränkt wird, so dass geringe N-Konzentrationen im Pflanzensaft nicht auf einen tatsächlichen Düngbedarf schließen lassen;
- Verwendung von Nitrifikationshemmstoffen (z. B. DIDIN), weil hierbei die N-Aufnahme und der Transport in der Pflanze zu einem größeren Anteil in Form von NH_4 erfolgt, das durch die Nitrachek-Methode nicht erfasst wird.

Theorie

Bei ausreichender N-Aufnahme wird der Stickstoff vorwiegend als Nitrat in den Spross transportiert. In den grünen Pflanzenteilen erfolgt dann der Einbau in pflanzeneigene Stoffe. Nur bei N-Mangel wird ein größerer Anteil des aufgenommenen Stickstoffes schon in der Wurzel für den Aufbau organischer Verbindungen verwendet, die dann in den Spross transportiert werden.

Die NO_3^- -Konzentration im Pflanzensaft der Sprossbasis ist daher bei N-Mangel um ein Vielfaches geringer als bei ausreichender Versorgung. Sie ist also ein sehr empfindlicher Maßstab für den aktuellen N-Versorgungszustand der Pflanze.

Durchführung

Probenahme und Messung

Für die Messung wird die Sprossbasis repräsentativer Einzelpflanzen beprobt. Die Gewinnung des Pflanzensaftes und die Messung erfolgen unmittelbar anschließend, wie in der Geräteanleitung beschrieben. Für einwandfreie Messergebnisse und sachgerechte Auswertung sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Beprobung erfolgt unmittelbar vor der geplanten Düngungsmaßnahme. Bei Trockenheit muss der Untersuchungstermin (und die Düngung) hinausgezögert werden, bis der Bodenwassergehalt für die Pflanzenversorgung ausreicht. Wenn der Nitratgehalt im Pflanzensaft noch im Optimalbereich liegt, wird die N-Düngung verschoben und je nach Witterung und Entwicklungszustand des Bestandes nach z. B. 14 Tagen eine erneute Nitrachek-Untersuchung durchgeführt.
- Probenahme vormittags, bei bedecktem Himmel auch ganztags möglich.
- Auswahl eines repräsentativen Teilstückes (ggf. die N_{\min} -Beprobungsparzelle); diagonal in den Schlag hineingehen und durchschnittliche Einzelpflanzen aussuchen; bei jedem erneuten Beprobungstermin den gleichen Bereich beproben.
- Probenmaterial: jeweils 30 Pflanzen;
Getreide: unteres 1-cm-Teilstück des Haupt-Halmes
Kartoffel: weißes 1-cm-Teilstück des zuvor freigelegten Hauptstengels
Mais: unteres 1-cm-Teilstück des Stengels.
- Das Probenmaterial muss trocken und sauber sein.
- Presssaft-Gewinnung und Messung unmittelbar (innerhalb von 4 Stunden) nach der Probenahme, sonst das Probenmaterial bis zur Messung kühlen.
- Eichung des Messgerätes mit Eichlösung für jede neue Packung Messstreifen.
- Verdünnen des Presssaftes, so dass der Meßbereich von 500 ppm nicht überschritten wird (nach orientierender Messung ggf. erneut verdünnen und messen).
- Erforderliche Zusatzinformationen :
 - Bodenzustand (Feuchte),
 - Entwicklungsstadium des Pflanzenbestandes und
 - bisherige Düngergaben (Ausbringungsweise, Düngerform, Düngungshöhe, Termine).



Abb. 3 bis 7: Probenahme, Presssaft-Gewinnung und NO_3 -Gehaltsmessung mit dem Nitrachek-Gerät

Auswertung und Beratungsempfehlung

Für den Fall ausschließlicher Boden-Düngung und ohne Einsatz von Nitrifikations-Hemmstoffen existieren Nomogramme zur N-Düngung von Getreide, Kartoffeln und Mais (NITSCH 1997a).

Getreide: Der Optimalbereich der N-Versorgung liegt in der ganzen Vegetationsperiode bei 800 bis 1000 ppm (Abb. 8). Die Düngplanung erfolgt nach der SOLLWERT-Methode. Die Düngungen zu Vegetationsbeginn, zum Schossen und die N-Spätgabe werden jedoch jeweils bis zur Unterschreitung eines Grenzwertes von etwa 600 ppm hinausgezögert.

Mais: In der Hauptwachstumsphase liegt der Optimalbereich bei 3000 bis 5000 ppm. Bei optimaler N-Düngung fällt die Konzentration in den letzten Wochen vor der Ernte auf 1000 bis 2000 ppm ab (Abb. 9).

Kartoffeln: Die Untergrenze des Optimalbereiches nimmt von 6500 ppm im Austrieb bis auf etwa 3500 ppm im EC-Stadium 60 ab (Abb. 10). Bei Unterschreitung werden Düngempfehlungen zwischen 60 und 100 kg N/ha ausgegeben.

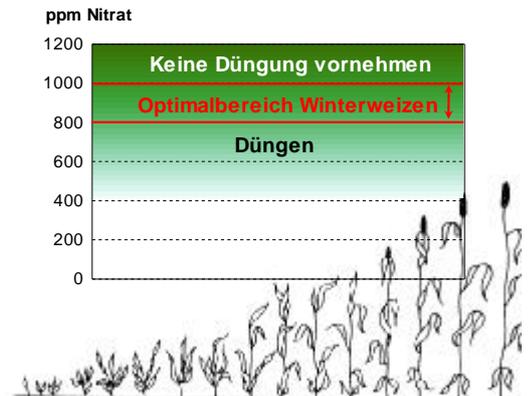


Abb. 8: Optimale NO₃-Konzentration im Vegetationsverlauf bei Winterweizen (verändert nach NITSCH 1997a)

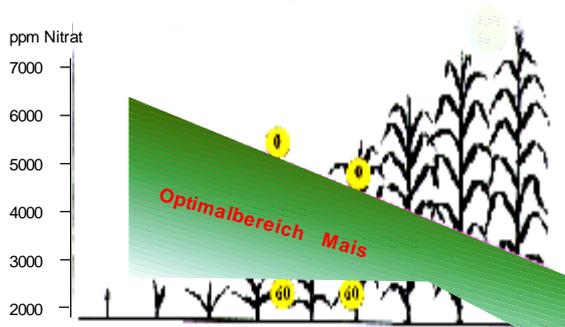


Abb. 9: Optimale NO₃-Konzentration im Vegetationsverlauf bei Mais (verändert nach NITSCH 1997a)

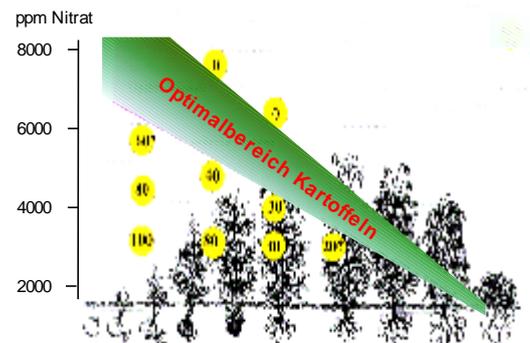


Abb. 10: Optimalbereich der NO₃-Konzentration im Vegetationsverlauf bei Kartoffeln (verändert nach NITSCH 1997a)

Praxiserfahrungen

"Risiko-Zuschläge" bei der N-Düngung werden gekappt.

Bei Wintergetreide sind große N-Dünger-Einsparungen möglich.

Erfolgsbewertung

Mit der beschriebenen Methode ist es möglich, in der Praxis übliche Risiko-Zuschläge bei der N-Düngung zu kappen und die N-Nachlieferung des Bodens voll zu berücksichtigen. Dies führt zu einer deutlichen Reduzierung der N-Düngung bei gleichzeitig hohen Erntegut-Erträgen und Qualitäten, und damit zu einer Verringerung des N-Bilanzsaldos.

Nach Daten der LWK Hannover wurde mit der Nitrachek-Methode 1995 bis 1998 auf insgesamt 1000 ha Beratungsfläche eine Düngungseinsparung von etwa 30 kg N pro ha und Jahr im Mittel aller Früchte erreicht, wobei die N-Einsparung bei dem Wintergetreide am größten war (**Abb. 11**).

**N-Dünger-Einsparung
(kg N/ha u. Jahr)**

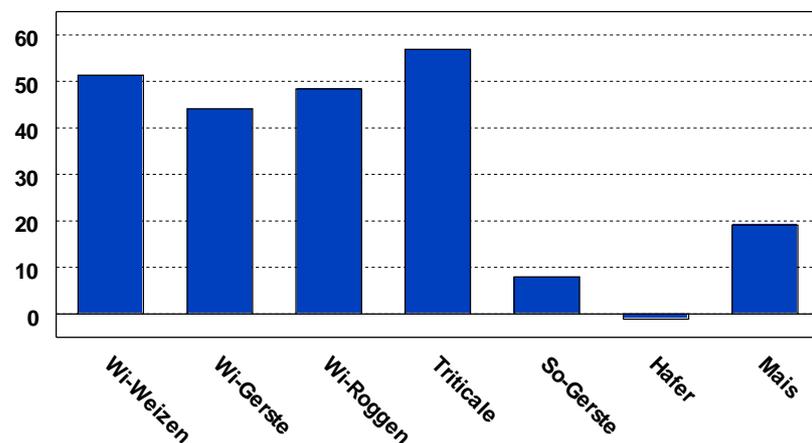


Abb. 11: N-Dünger-Einsparung 1995-1998 durch Einsatz der Nitrachek-Methode (Daten der LWK Hannover, 1000 ha Beratungsfläche).

Bedarfsgerechte N-Düngung ist auch auf Standorten mit hoher N-Nachlieferung möglich.

Für düngungsbegrenzende Freiwillige Vereinbarungen wird eine Akzeptanzsteigerung erreicht.

Die Durchführung der Nitrachek-Untersuchungen ist z. T. in Eigenregie der Landwirte möglich.

Besonders hohe Einspareffekte sind auf Standorten mit bodenbedingt hoher N-Nachlieferung (z. B. Niedermoore, Anmoore, Auftragsböden) und bei Wirtschaftsdünger-Anwendung zu erzielen.

Zusammenfassend lässt sich die Nitrachek-Methode als bestandesnahe pflanzenbauliche Beratungsmethode mit hoher Erfolgserwartung charakterisieren. Neben dem unmittelbaren Grundwasserschutz-Erfolg durch Verringerung des N-Bilanzsaldos kann die Methode durch verbesserte Ertragsabsicherung zu einer Erhöhung der Bereitschaft zum Abschluss Freiwilliger Vereinbarungen beitragen.

Der Einsatz der Nitrachek-Methode empfiehlt sich zunächst in Form von Messprogrammen mit Demonstrations-Charakter für einzelne WSGe. Durch Geräte-Bereitstellung an interessierte Landwirte und begleitende Gruppenberatungen oder Feldbegehungen wird ein Multiplikationseffekt erreicht.

Literatur

LEHRKE, U. (1999): Intelligente Düngestrategien anwenden.
Land und Forst 8/99, S. 24ff.

NITSCH, A. (1997a): Arbeitsanleitung für Nitratbestimmungen
mit Teststreifen und dem Reflektometer Nitrachek 404.
Fa. Hermann Wolf, Wuppertal.

NITSCH, A. (1997b): Mehr Sicherheit in der N-Düngung.
Land und Forst 16/97, S. 14ff.

1.3 Sonstige Beratungsmaßnahmen

1.3.1 Optimierung der Bodenbearbeitung

Kurzcharakteristik

Eine Optimierung der Bodenbearbeitung im Sinne des Grundwasserschutzes geht über die Umsetzung der nach §17 BBodSchG (Bundes-Bodenschutzgesetz) vorgeschriebenen „Guten fachlichen Praxis“ hinaus. Die Boden- und Grundwasser-schutz-orientierte Bodenbearbeitung sieht folgende Ziele vor:

- Reduzierung des mechanischen Eingriffs in den Boden, um die natürlichen Gefügeeigenschaften zu fördern,
- Schutz der Bodenfruchtbarkeit und der Regulations- sowie Lebensraumfunktion des Bodens und
- Begrenzung der Mineralisationsvorgänge im Boden und damit Minimierung von Nährstoffausträgen aus dem Boden in das Grundwasser.

Diese Ziele sind zu erreichen, wenn Böden standortspezifisch genutzt werden und der Geräteeinsatz unter Berücksichtigung von Bodentyp, Bodenart und Bodenzustand standortangepasst erfolgt z. B. durch:

- Verwendung von Mulchsaat- oder Direktsaat-Techniken (s. Kap. A 2.2) und
- Optimierung der Bodenbearbeitung hinsichtlich des **Bearbeitungszeitpunktes** und des **eingesetzten Gerätes** in enger Wechselwirkung mit der **Gestaltung von Fruchtfolgen**.

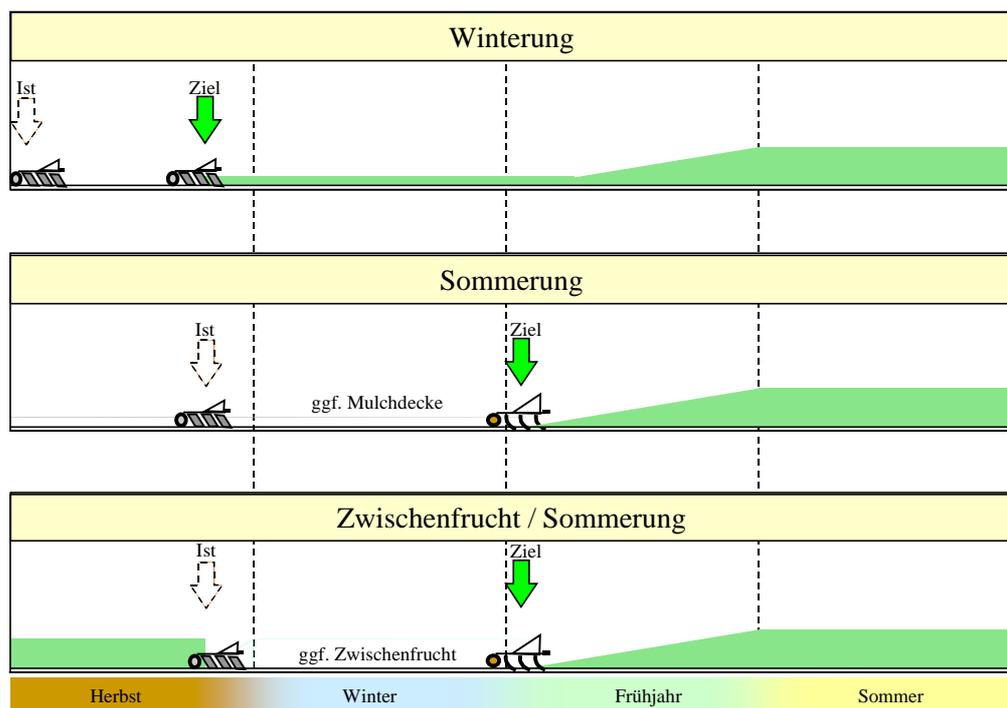


Abb. 1: Beispiele für eine Optimierung der Bearbeitungszeitpunkte

Anwendungsbereich und Durchführung

Vermeidung von Nährstoffaustrag

Die Bodenbearbeitung beeinflusst die Nährstoffverfügbarkeit, die Verlagerung und Auswaschung gelöster Stoffe ins Grundwasser sowie die Abschwemmung mit dem Oberflächenabfluss. Neben einer grundsätzlichen Umstellung der Bodenbearbeitung z. B. durch **konservierende Bodenbearbeitung** (s. Kap. 2.2) kommt der Wahl von **Bearbeitungszeitpunkt** und **Bearbeitungstiefe** im Hinblick auf die herbstliche N-Mineralisation entscheidende Bedeutung zu:

- Zu Winterungen sollte die Bodenbearbeitung möglichst spät im Herbst, direkt vor der Aussaat der Winterung erfolgen. Auf eine Strohausgleichsdüngung sollte verzichtet werden.
- Zu Sommerungen ist eine Verschiebung der Bodenbearbeitung ins Frühjahr sinnvoll. Auch Zwischenfrüchte werden besser im Frühjahr eingearbeitet.
- Die Bodenbearbeitung sollte möglichst flach erfolgen. Eine Krumentiefung ist wegen der schwer kalkulierbaren Nährstoffdynamik und Destabilisierung der Unterkrume zu vermeiden.

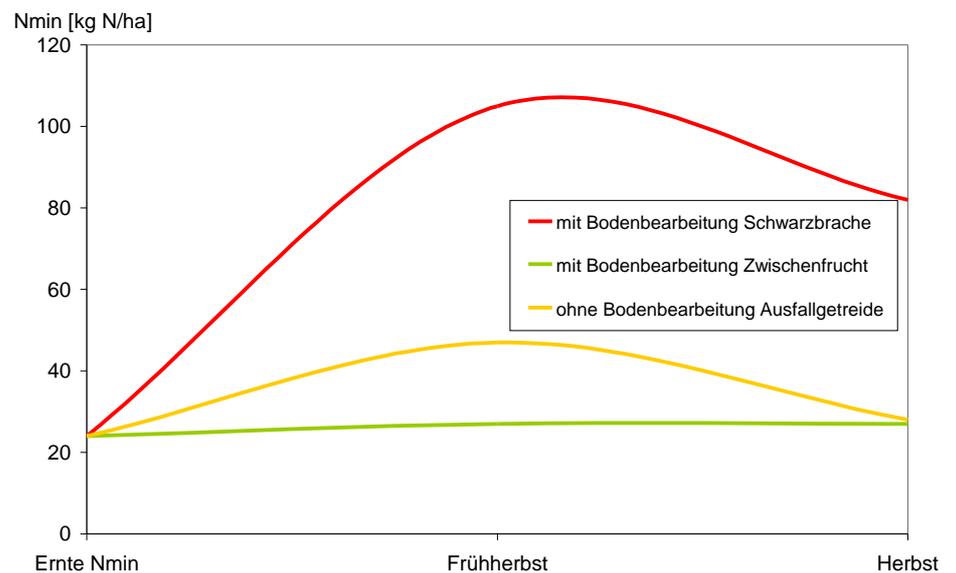


Abb. 2: Beispiel für N_{min} -Verläufe von Sommer bis Herbst bei unterschiedliche Bodenbearbeitung und Zwischenfruchtanbau (Daten aus einen Streifenversuch)

Weitere Möglichkeiten:

- Einführung der konservierenden Bodenbearbeitung, ggf. im Wechsel mit wendender Bearbeitung auf Standorten, die aufgrund hoher N-Nachlieferung ein großes N-Auswaschungspotenzial haben. Geeignet ist das Verfahren z. B. bei Hackfrüchten nach Zwischenfrucht.
- Keine intensive Bearbeitung vor einer Stilllegung.
- In der Regel ist der Umbruch von Grünland in Wasserschutzgebieten verboten oder nur mit Genehmigung zulässig. Bei Überführung von Dauergrünland in Ackernutzung eignet sich dann die Verwendung pflugloser Bearbeitungsverfahren.

Verminderung der Bodenerosion

Eine Folge der Bodenerosion ist die Abnahme der Bodenfruchtbarkeit. Ferner entstehen Mehrkosten für Neubestellungen und Nachsaaten von geschädigten Flächen. Der erodierte Bodenabtrag sammelt sich in Form von Kolluvien an Hangfüßen und Auengebieten, wo es zu deutlichen Nährstoffakkumulationen im Boden kommt. Große, schlecht steuerbare Mineralisationspotenziale sind die Folge. Ferner tragen Einträge erodierten Bodenmaterials zur Eutrophierung von Oberflächengewässern bei. Erosion muss am Entstehungsort vermieden werden. Dies ist durch eine standort- und bedarfsgerechte Bodenbearbeitung möglich.

Folgende Maßnahmen stehen zur Verfügung:

- *Anbaumaßnahmen:*
 - Fruchtfolgegestaltung, z. B. durch den Anbau erosionsmindernder Kulturen wie den Ackerfutterbau und durch die Vermeidung erosionsanfälliger Kulturen wie Mais ohne Untersaat auf erosionsgefährdeten Standorten,
 - Zwischenfruchtanbau mit Umbruch im kommenden Frühjahr,
 - Flächenstilllegung als Fruchtfolgeglied (mit aktiver Begrünung) und
 - Verlängerung der Bodenbedeckung durch Untersaaten (in Mais und Getreide), Anbau von Mischkulturen.
- *Bodenbearbeitungsmaßnahmen:*
 - Bearbeitung quer zum Gefälle,
 - Erosionsschutzstreifen (z. B. mit Wintergerste),
 - Schlitzdränung der Fahrspuren bei mäßiger Hangneigung,
 - Vermeidung von Verschlammung durch grobkrümelige Saatbettbereitung nach Pflugfurche und
 - Aufbau einer hohen Infiltrationskapazität durch konservierende Bodenbearbeitung (Mulchsaat).
- *Landschaftsgestalterische Maßnahmen*
 - Erosionsmindernde Flurgestaltung durch Begrenzung der Schlaglänge in Fließrichtung, Grasfeldraine, Windschutzstreifen etc. z. B. im Rahmen von Flurbereinigungsverfahren.



bb. 3: Erosionsschäden reduzieren die Bodenfruchtbarkeit

Verminderung von Bodenschadverdichtung

Bodenverdichtungen haben negative Auswirkungen auf die Bodenfunktionen und sind ein von Standort, Bodenfeuchte und Bearbeitung abhängiges Problem der Pflanzenproduktion. Bodenverdichtung führt zu Mindererträgen und verursacht durch eingeschränktes Infiltrationsvermögen Erosion. Bei Verdichtung nimmt die pflanzliche Aufnahme von Nährstoffen ab. Diese unterliegen damit einer verstärkten Auswaschung. In der Praxis wird in der Folge versucht, durch höhere N-Düngegaben gegenzusteuern, was sich negativ auf die N-Bilanz auswirkt.

Verdichtungen steigern die unproduktive Wasserverdunstung. Biochemische Prozesse in schadverdichteten Böden verlaufen zunehmend anaerob, was zu erheblichen Stickstoffverlusten durch Denitrifikation führt. Die biologische Aktivität und damit die Intensität von Zersetzungs- und Abbauprozessen geht zurück.

Bodenverdichtung lässt sich durch die Anpassung von Arbeitsverfahren und die Begrenzung der mechanischen Belastung vermeiden. Folgende Maßnahmen stehen zur Verfügung:

- Reduzierung des Kontaktflächendrucks, z. B. durch den Einsatz von Breitreifen, Giterrädern bzw. Zwillingsrädern oder Gummiraupenlaufwerken, durch Absenken des Reifeninnendrucks oder Begrenzung der Radlast (z. B. hohe Bunkerkapazität unter feuchten Bedingungen nicht auslasten).
- Bodenschonende Kraftübertragung, z. B. durch Allradantrieb, Pflügen mit wechselnder Pflugtiefe und mit guter Furchenräumung. Ferner Verringerung von Radlast und Schlupf durch den Einsatz von Aufsattel- statt Aufbaugeräten. Wahl von angepassten Reifenstollen (Grünlandreifen).
- Bodenschonende Gestaltung der Arbeitsverfahren, z. B.

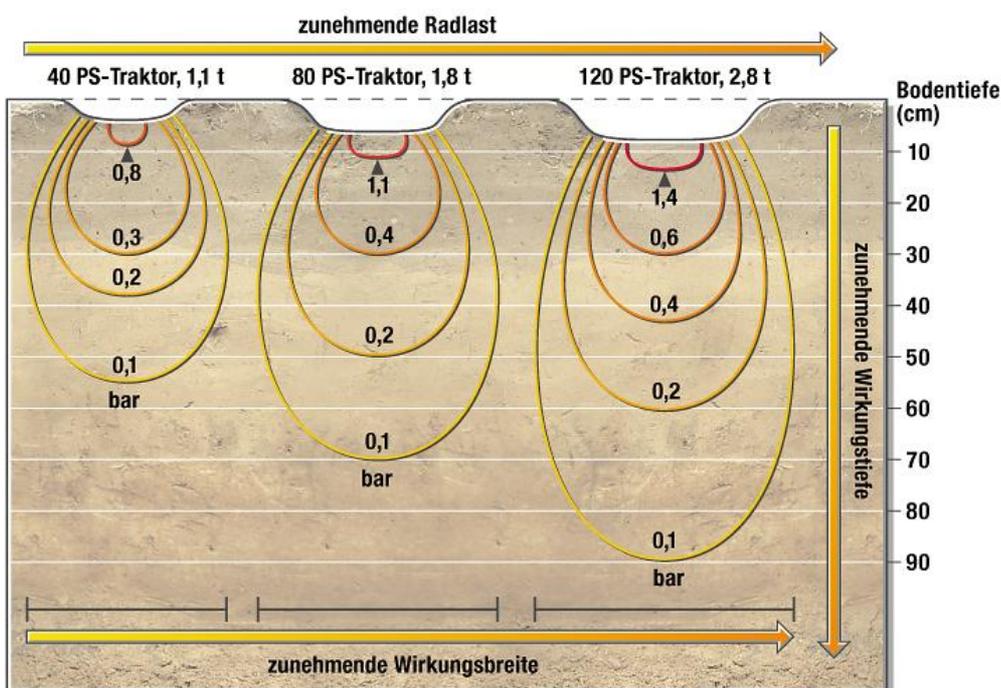


Abb. 4: Druckzwiebeln unter einem Traktorhinterrad mit Standardbereifung

durch Befahren nur bei entsprechendem Bodenzustand, Kombination von Geräten und Arbeitsgängen zur Senkung der Überrollhäufigkeit.

- Anwendung konservierender Bodenbearbeitung mit reduzierter, nicht wendender Grundbodenbearbeitung nach Hackfrüchten, Raps, Körnerleguminosen und Zwischenfrüchten.

Verbesserung des Bodenlebens

Schutzmaßnahmen zur Schonung und Förderung der Bodenorganismen beinhalten die Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität (Art, Häufigkeit und Zeitpunkt). Eine Schlüsselstellung nimmt hier die konservierende Bodenbearbeitung oder Direktsaat ein. Folgende Maßnahmen stehen zur Verfügung:

- Pflugarbeit in Zeiten geringer Bodenaktivität (Frühjahr, Herbst),
- Reduzierung der mechanischen Schädigung der Bodenlebewesen z. B. durch schonende, nicht wendende Bodenbearbeitung,
- Sicherstellung der Ernährung der Bodenorganismen, z. B. durch flaches Einarbeiten pflanzlicher Reststoffe oder Zwischenfruchtanbau mit nachfolgender Mulchsaat, und
- Schutz von Nützlingen (Laufkäfer, Regenwürmer etc.) durch Mulchmaterial auf dem Acker.

Methoden zur Ableitung von Einsatzempfehlungen

Einsatzempfehlungen für die genannten Maßnahmen müssen in Abhängigkeit von der standort- und nutzungsbedingten Erosions- bzw. Verdichtungsgefahr gegeben werden.

- Zur Bewertung des standortbedingten Erosionsrisikos steht über die Daten aus der Standorterkundung im Rahmen der Zusatzberatung hinaus in Niedersachsen die NIBIS-Datenbank (Niedersächsisches Boden-Informationssystem des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung, NLFb) zur Verfügung.
- Zur Ermittlung des nutzungsbedingten Risikos muss der Grad der Bodenbedeckung erfasst werden und eine Bewertung der Häufigkeit und Tiefe von Fahrspuren als bevorzugte Erosionsrinnen erfolgen.
- Das Ausmaß von Verdichtungserscheinungen wird in der Praxis am Niveau der Ertragseinbußen festgemacht, Messungen sind im Rahmen der Zusatzberatung nicht üblich.

Erfolgsbewertung

Die Optimierung der Bodenbearbeitung leistet neben dem ohnehin wichtigen Bodenschutz einen erheblichen Beitrag zum Grundwasserschutz.

Die Grundwasserschutz-Effekte sind in erster Linie:

- Verminderung des Herbst N_{\min} -Wertes durch angepasste Wahl von Bodenbearbeitungszeitpunkten und -Tiefen,
- Verminderung der Nährstoffverlagerung durch Bodenerosion und
- Verbesserung der Nährstoffeffizienz durch geringe Bodenverdichtung.

Literatur

BUNDES-BODENSCHUTZGESETZ (BBodSchG) BGBl. I 1998, S.502.

ESTLER, M., H. KNITTEL (1996): Praktische Bodenbearbeitung, Frankfurt/Main.

KTBL, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (1998): Bodenbearbeitung und Bodenschutz – Schlussfolgerungen für die Praxis. Arbeitspapier 266, Darmstadt.

1.3.2 Beratung zum Pflanzenschutz



Abb. 1: Pflanzenschutzmittelausbringung

Kurzcharakteristik

Neben Stickstoffeinträgen durch die Düngung gefährden insbesondere Pflanzenschutzmittel (PSM) das Grundwasser. Pflanzenschutzmittel-Rückstände längst verbotener Produkte können noch heute im Grundwasser nachgewiesen werden, da sie schlecht abbaubar sind. Selbst aufwendige und teure Reinigungsmaßnahmen können einmal erfolgte Gewässerverschmutzungen nicht immer rückgängig machen.

In Wasserschutzgebieten dürfen nur noch solche Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden, die nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand bei sachgerechter Anwendung keine Gefahr für das Grundwasser darstellen. Pflanzenschutzmittel, die aufgrund ihrer Abbau- und Verlagerungseigenschaften mit der sogenannten W-Auflage (nach Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung PflSchAnwV) versehen sind, dürfen hier nicht eingesetzt werden. Da die meisten zugelassenen Pflanzenschutzmittel keine W-Auflage mehr haben, besteht in Wasserschutzgebieten kaum noch eine Einschränkung bei der Mittelwahl. Dennoch sollten vorbeugende Maßnahmen zur Reduzierung des PSM-Aufwandes genutzt werden, um Restrisiken, die z. T. erst nach Jahren mit Nachweisen der Wirkstoffe oder von Metaboliten im Grundwasser erkannt werden, zu vermeiden.

Tab. 1: Einflussgrößen auf die Verlagerung von PSM im Untergrund (HLFU 1999, verändert)

verstärkte PSM-Verlagerung bei:
Klima
hohen Niederschlägen, geringer Verdunstung, hoher GW-Neubildung
Boden
geringer Wasserspeicherfähigkeit
geringer Mächtigkeit von schützenden Deckschichten oberhalb des GW-Spiegels
Vorbelastung des Bodens durch PSM
geringer mikrobieller Aktivität im Boden und der SW-Dränzone
Pflanzenbestand
spät schließender Pflanzendecke, längerem Brachliegen der Ackerflächen
Bewirtschaftungsintensität
nicht standortangepasster Beregnung auf leichten Böden
langjähriger Anwendung eines Mittels (Monokultur, überhöhte Dosierung)
häufigerem und/oder tiefem Pflügen
stoffliche Eigenschaften
hoher Persistenz des PSM

Anwendungsbereich

Standort

Bedarf zur Pflanzenschutzberatung besteht grundsätzlich zu allen Kulturen und auf allen Flächen. Speziell für den Grundwasserschutz sind allerdings Standorte prioritär, die unter ungünstigen Umständen eine Verlagerung von PSM ins Grundwasser zulassen. Neben den Parametern des Wasserhaushaltes wie Feldkapazität und Grundwasser-Flurabstand, die auch einen wesentlichen Einfluss auf das nährstoffbezogene Verlagerungspotenzial haben, stehen bei der PSM-Verlagerung Parameter des Abbau- und Sorptionsmilieus des Bodens im Vordergrund (s. Tab. 1). Da zusätzlich auch stoffspezifische Parameter zu berücksichtigen sind, ist die Abschätzung der Verlagerungsgefahr außerordentlich komplex.

In der Praxis kann davon ausgegangen werden, dass Böden mit einer hohen Nitrat-Austragsgefährdung auch für PSM ein geringes Rückhalte- und Abbaupotenzial besitzen.

Wirkstoffe

Besonderes Augenmerk sollte bei der Beratung zum PSM-Einsatz auf solche Wirkstoffgruppen gelegt werden, die bereits im Grundwasser nachgewiesen werden und deren Verlagerbarkeit damit erwiesen ist. Aufgrund der großen Zeiträume, die zwischen Applikation auf dem Feld und Nachweis im Grundwasser liegen, werden aktuell eine Reihe von Wirkstoffen nachgewiesen, deren Anwendung bereits seit Jahren verboten ist (z. B.

Atrazin, Simazin, Hexazinon, Bromacil). Allerdings werden zunehmend auch Substanzen, die noch eingesetzt werden und die keine W-Auflage besitzen (z. B. Bentazon, Metalaxyl, Isoproturon und Mecoprop), im Grundwasser nachgewiesen. Die gemeinsame Aufbringung von Spritzmischungen mit Düngemitteln oder unterschiedlichen PSM hat Auswirkungen auf den Abbau der PSM im Boden, die bei der Beratung zu beachten sind.

Durchführung

„Gute fachliche Praxis“ im Pflanzenschutz

Mindeststandards für einen umweltgerechten Pflanzenschutzmitteleinsatz werden im Pflanzenschutzgesetz und der Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung vorgegeben. Ihre Umsetzung ist als „gute fachliche Praxis“ festgeschrieben (BMELF 1998). Sie umfasst neben der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auch vorbeugende acker- und pflanzenbauliche oder andere nichtchemische Maßnahmen. Neben Maßnahmen zur Vorbeugung von Schadbefall, wie angepassten Fruchtfolgen, einer schonenden Bodenbearbeitung und der Einhaltung der optimalen Pflanz- bzw. Saatzeitpunkte, gelten folgende Grundsätze der „Guten fachlichen Praxis“ im Pflanzenschutz:

- Maßnahmen zur Befallsreduktion sollten sich an der **wirtschaftlichen Schadensschwelle** orientieren und nicht die Vernichtung der Schadorganismen zum Ziel haben,
- Bewährte kulturtechnische und andere **nichtchemische Maßnahmen** zur Schadensreduzierung sollten genutzt werden,
- **Selektive Pflanzenschutzmittel** sind solchen mit Breitenwirkung vorzuziehen und
- **Beratungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten** sollten genutzt werden.

Wirtschaftliche Schadensschwelle

Die richtige Einschätzung und Bewertung des Schadens durch Schädlinge, Wildpflanzen oder Krankheiten setzt eine gute Beobachtung des Gesundheitszustandes der Bestände voraus. **Eine Pflanzenschutzmaßnahme sollte nur dann erfolgen, wenn der Befall aus wirtschaftlicher Sicht bekämpfungswürdig ist**, (d. h. wenn der Aufwand für die Pflanzenschutzmaßnahme geringer ist als der voraussichtliche Schaden bei Unterlassen der Pflanzenschutzmaßnahme).

Einsatz mechanischer Verfahren

Umweltverträgliche nichtchemische Verfahren zur Befallsbekämpfung sollten verstärkt eingesetzt werden. Eine bedeutende Stellung in Wasservorranggebieten hat die mechanische Unkrautbekämpfung mit Hacke und Striegel erlangt (s. Kap. A 2.4).

Rund 20% der notwendigen Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung können mittels mechanischer Verfahren durchgeführt werden. Besonders Kartoffeln, Rüben und Mais auf leichten Standorten sind geeignete Kulturen.

Sachgerechte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln

Voraussetzung für eine sachgerechte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln sind regelmäßig geprüfte Geräte und ein sachkundiger Anwender.

Für jede einzelne Anwendung wird gefordert :

- Auswahl des jeweils für die Situation am besten geeigneten Mittels.
- Einhaltung der Anwendungsbestimmungen
 - nur für die Kultur zugelassene Mittel einsetzen,
 - Einhaltung des Mindestabstandes zu Oberflächen-gewässern,
 - keine Ausbringung bei Windgeschwindigkeiten über fünf Meter pro Sekunde.
- Vermeidung von Resistenzbildungen durch Wechsel der Wirkstoffe bzw. der Wirkstoffkombinationen.
- Sorgfältige Vorab-Kalkulation der anzusetzenden Menge, um den Anfall größerer Restmengen zu vermeiden.
- Reinigung der Spritzgeräte nach Aufbringen des PSM noch auf dem Schlag.
- Dokumentation der Pflanzenschutzmaßnahmen in geeigneter Form, z. B. in der Schlagkartei.

Integrierter Pflanzenschutz (IPS)

In Wassergewinnungsgebieten sollten, ggf. auf Grundlage der Abschätzung der Empfindlichkeit des Grundwasserkörpers gegenüber Stoffeinträgen, über die „gute fachliche Praxis“ hinaus die Möglichkeiten des IPS zur Reduzierung von Befallsdruck und PSM-Einsatz genutzt werden.

Der integrierte Pflanzenschutz gilt als Leitbild für die zukünftige Gestaltung landwirtschaftlichen Pflanzenschutzes. Er wird definiert als *ein System, in dem alle wirtschaftlich, ökologisch und toxikologisch geeigneten Verfahren in möglichst guter Abstimmung verwendet werden, um Schadorganismen unter der wirtschaftlichen Schadschwelle zu halten, wobei die bewusste Ausnutzung natürlicher Begrenzungsfaktoren im Vordergrund steht* (HEITEFUSS 1987).

Die entscheidenden Ergänzungen und Unterschiede zu den Grundsätzen der „Guten fachlichen Praxis“ sind:

- Nutzung **natürlicher Regelmechanismen** durch Nützlingsförderung,
- Einbeziehung weiterer Produktionsfaktoren in ein **komplexes Pflanzenschutzkonzept**,
- Ersatz der Abschätzung des Schadens durch Schadorganismen durch die **Erfassung mit standardisierten Methoden**,
- Entscheidung über Abwehrmaßnahmen nach festgelegten und nach festem Muster erhobenen **Schwellenwerten** und
- Anwendung chemischer PSM nur, wenn keine **praktikable nichtchemische Bekämpfungsmaßnahme** möglich ist.

Einbeziehung weiterer Produktionsfaktoren im IPS

Der nachhaltige Ansatz des IPS liegt in der Einbeziehung fast aller Produktionsfaktoren des landwirtschaftlichen Betriebes:

- Fruchtfolgegestaltung,
- Wahl resistenter Sorten,
- Standortgerechte Bodenbearbeitung,
- Termin der Aussaat,
- Flächenstilllegung (z. B. Randstreifen),
- Gezielte Anwendung von PSM nach Schadschwellen,
- Nützlingsförderung,
- biologische Schadorganismen-Bekämpfung.

Winterweizen

Unkräuter

Windhalm, Ackerfuchsschwanz, Klettenlabkraut, Vogelmiere, Kamille-Arten, Ehrenpreis, Ackerstiefmütterchen u.a.

Bedeutung

In der Regel kann auf Unkrautbekämpfung nicht verzichtet werden

Vorbeugende Maßnahmen

Verunkrautung wird vermindert durch:

- Vorfrucht (Anteil Getreide in der Fruchtfolge <67%)
- Bestandesdichte nicht unter standortspezifischer Norm
- Vermeidung extrem früher bzw. später Aussaattermine
- Unkrautfreies Saatbett
- Zwischenfrucht und konkurrenzstarke Sorten

Mechanische Unkrautbekämpfung

Im Frühjahr mit Striegel ab 3.Blattstadium (DC 13) des Weizens

Kontrolltermin

Herbst ab DC 11 und im Frühjahr bis DC 29

Kontrollmethode

Zählen der Unkräuter im Zählrahmen an den 5 Punkten der Boniturlinie an 2 Schlagseiten (quer zu Drillreihen) entsprechend der Kenntnis zur Unkrautverteilung.

Bekämpfungsschwelle

Schwankt zwischen 0,1 (Klettenlabkraut) und 50 (Ehrenpreis, Stiefmütterchen) Pflanzen/m²

Wichtige Hinweise zur situationsbezogenen Bekämpfung

- Entscheidung zur Bekämpfungsnotwendigkeit durch Schätzung der Ertragsverluste präzisieren.
- In Abhängigkeit von Leitunkräutern das geeignete Herbizid auswählen (jährliche Hinweise der amtlichen PS Beratung beachten)
- Verringerung der Aufwandmenge bis zu 50% bei: Unkräutern bis 2-Blatt-Stadium, geringe Verunkrautung bzw. Zusatz von AHL
- Kombinationsmöglichkeit mit Fungiziden gegen Fußkrankheiten und mit AHL überprüfen
- Pfluglose Bodenbearbeitung, insbesondere Direktsaat, begünstigt die Verunkrautung vor allem mit ausdauernden Arten sowie Tauber Trespe, Windhalm und Kamille

Abb. 3: Beispiel: IPS in Winterweizen, BBA 1997, verändert

Winterweizen

Fußkrankheiten

Halbbruchkrankheit

Bedeutung

Bei feucht-milden Wintern und/oder feucht-kühlem Frühjahr auf mittleren bis schweren Böden wichtiger Schadorganismus; unbedingt Prognose des amtlichen Warndienstes beachten.

Vorbeugende Maßnahmen

Befall ist geringer, wenn:

- Anteil Wintergetreide in der Fruchtfolge <67%
- Sorgfältige Stoppelbearbeitung und Pflugfurche zur Vermeidung von Durchwuchsgetreide
- Aussaattermin nicht zu früh
- Standfeste Sorten

Schadbild

An Jungpflanzen Verbünungen der Blattscheiden in Bodennähe, später „Augenflecke“ an der Halmbasis, zur Abreife weiße Ähren und Umknicken der Halme

Bekämpfungsentscheidung nach Prognose des amtlichen Warndienstes z.Z. DC 30-32

Zusätzlich kann der Befall genauer bestimmt werden mit Farbe- oder Enzymtest

Kontrolltermin

Schossen (DC30-32)

Kontrollmethode

Probenahme und Bewertung entsprechend der Gebrauchsanweisung

Bekämpfungsschwelle

25% befallene Pflanzen

Wichtige Hinweise zur situationsbezogenen Bekämpfung

- Hinweise der amtlichen Pflanzenschutzberatung zur Mittelwahl berücksichtigen
- Bei der Fungizidwahl die Wirkungsbreite gegen Fuß- und Blattkrankheiten beachten (z.B. bei Frühbefall mit Mehltau)
- Pfluglose Bodenbearbeitung begünstigt den Befall

Überwachungsmethoden

Der IPS sieht die systematische Überwachung des Befalls mit Schadorganismen vor. Der aktuelle Schadorganismenbefall wird mittels Schätzrahmen oder Gelbschale nach festen Regeln ermittelt. Den unterschiedlichen Feldfrüchten sind bevorzugte Kontrolltermine zugeordnet, um den Untersuchungsaufwand gezielt reduzieren zu können. Die Dokumentation von Pflanzenschutz-Maßnahmen geht im IPS deutlich über das Ausmaß üblicher Aufzeichnungen hinaus. So werden die ermittelten Befallsdaten dokumentiert und auch Schläge mit Schadorganismenbefall unterhalb der Schwellenwerte erfasst.



Abb. 2: Ackerschätzrahmen

Notwenige Hilfsmittel zur Überwachung des Schadorganismenbefalls

Informationsquellen

- Methodische Anleitungen
- Warndienstinfo amtlicher Pflanzenschutzdienste
- Bestimmungsliteratur
- Empfehlungen der Pflanzenschutzberatung
- Sortenlisten
- PSM-Listen

Technische Hilfsmittel

- Lupe
- Zählrahmen
- Gelbschalen
- Wasserkanister
- ggf. Getreide-Diagnose-System

Erfolgsbewertung

Die Erfolgsbewertung der Pflanzenschutz-Maßnahmen orientiert sich an den Größen Wirkungsgrad, Ertrag und Deckungsbeitrag. Pflanzenschutzämter und langjährige Projekte (z. B. INTEX-Projekt) dokumentieren die Beziehungen zwischen PSM-Einsatz, Ertrag und Deckungsbeitrag.

Der Trend zeigt ein deutliches Einsparungspotenzial an Pflanzenschutzmitteln bei konstantem oder erhöhtem Deckungsbeitrag, obwohl Ertrag und Qualität in der Regel durch den geringeren Einsatz von Pflanzenschutzmitteln abfallen.

Deutlich ist auch die ökonomische Wirkung der Einhaltung von Schadschwellen. Mehrerträge durch PSM-Behandlungen unterhalb der Schadschwelle gleichen in der Regel nicht die Kosten für den Pflanzenschutzmitteleinsatz aus (Tab. 2).

Da im integrierten Pflanzenschutz auch betriebsweite Produktionsfaktoren mitberücksichtigt werden, ergeben sich aus Sicht des Grundwasserschutzes interessante Wechselwirkungen:

- Der Verzicht auf Hohertragsorten zugunsten von robusteren Sorten ermöglicht eine Reduzierung der N-Düngung.
- Die reduzierte N-Düngung vermindert ihrerseits die Befallsanfälligkeit.
- Zwischenfruchtanbau hat sowohl unter phytosanitären als auch unter Grundwasserschutz bezogenen Gesichtspunkten positive Wirkungen (Kap. A 2.1).

Tab. 2: Ertrag und Ertragsleistung bei unterschiedlichen Herbizidanwendungen (Daten nach GUTSCHE, 1995, aus INTEX-Projekt)

Kultur	Ertrag ohne Herbizideinsatz [dt/ha]	Ertrag mit Herbizideinsatz [dt/ha]	Ertragsleistung im Vergleich zur Variante "ohne Herbizideinsatz" [DM/ha]	
			nach Herbizideinsatz unterhalb der Schadschwelle	nach Herbizideinsatz oberhalb der Schadschwelle
WG	58,4	64,5	-30,9	49,5
WR	51,1	54,5	-68,4	13,6
WW	66,2	75	80,6	197,2
SG	48,3	51,4	-60,9	71,6

Die Beratung zum Pflanzenschutzmitteleinsatz in Wassergewinnungsgebieten ist ein wichtiges Instrument, um einen fachgerechten und sparsamen PSM-Einsatz, wie er unter dem Begriff der „Guten fachliche Praxis“ zusammengefasst ist, flächendeckend umzusetzen. Über die Anforderungen der „Guten fachlichen Praxis“ hinaus sollte in Wassergewinnungsgebieten „Integrierter Pflanzenschutz“ praktiziert werden.

Da PSM-Neuentwicklungen aus Sicht des Grundwasserschutzes noch keine völlige Grundwasserverträglichkeit garantieren, ist eine Beratung hinsichtlich der gezielten Wahl von Wirkstoffgruppen sinnvoll, um

- Wirkstoffe, die im Grundwasser nachgewiesen werden, nicht einzusetzen und
- gezielt nur Wirkstoffe einzusetzen, die benötigt werden.

Auch standörtliche Faktoren sollten intensiv in die Beratung zum Pflanzenschutz einbezogen werden.

Ein sparsamer und effizienter Umgang mit PSM sollte wegen der erläuterten Risiken auch außerhalb von Wasservorranggebieten angestrebt werden.

Literatur

BBA, BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1997): Integrierter Pflanzenschutz im Ackerbau, Berlin, Braunschweig.

BMELF, BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1998): Gute fachliche Praxis im Pflanzenschutz, Bonn.

FREDE, H. G., S. DABBERT [Hrsg.] (1998): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft, Landberg.

GEROWITT, B., WILDENHAYN, M. (1997): Ökologische und ökonomische Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen im Ackerbau, Göttingen.

GUTSCHE, V. (1995): Integrierter Pflanzenschutz. Mitteilungen der BBA. Berlin, Braunschweig.

HEITEFUSS, R. (1987): Pflanzenschutz, Stuttgart.

HLFU, HESSISCHE LANDESANSTALT FÜR UMWELT (1999): Hydrologie in Hessen, Handbuch Teil III: Grundwasser, Wiesbaden.

LAWA, LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (1997): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit, Berlin.

Verordnung über Anwendungsverbote für Pflanzenschutzmittel (Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung, PfISchAnwV) vom 10.11.92 (BGBl. I S. 1887), geändert am 24.01.97 (BGBl. I, S. 60)

RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFAGEN (1998): Flächendeckend wirksamer Grundwasserschutz, Bonn.

2 Einzelmaßnahmen

2.1 Zwischenfrucht-Anbau

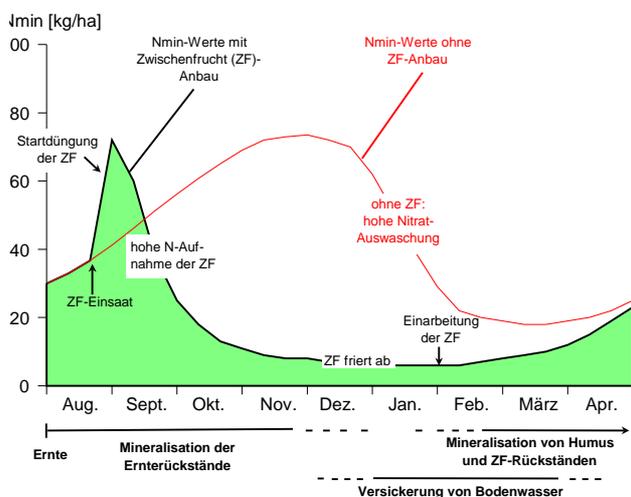
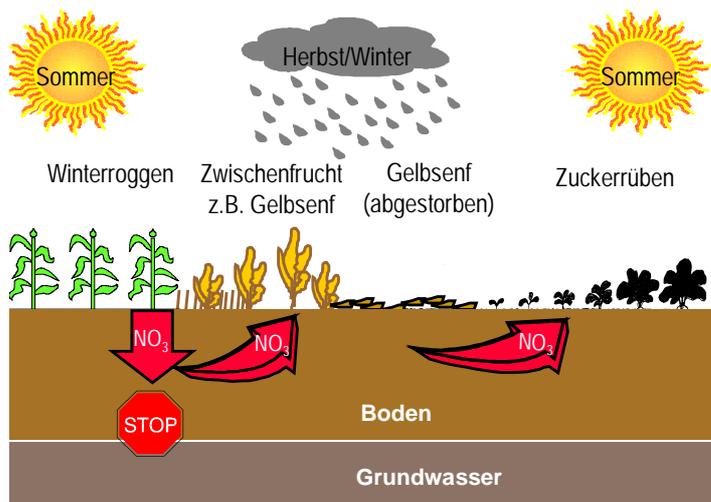


Abb. 1: Stickstoff-Transfer vom Herbst ins Frühjahr durch Zwischenfruchtanbau

Kurzcharakteristik

Nach der Ernte der Hauptfrucht bleiben je nach Fruchtart mehr oder weniger große Mengen Stickstoff (N) in mineralischer oder leicht mineralisierbarer Form im Boden zurück. Bei Fehlen einer N-aufnahmestarken Herbstbe-grünung kann dieser Stickstoff u. U. zu einer erhöhten Nitrat-Belastung des winterlichen Sickerwassers führen. Wenn keine Winterung eingesät wird, stellt der Zwischenfruchtanbau eine Möglichkeit der Konservierung mineralischen Boden-Stickstoffs durch den Einbau in die Pflanzenmasse dar. Dabei wird der Stickstoff durch Mineralisierung der Zwischenfrucht-Pflanzenmasse im Frühjahr für die nachfolgende Sommerfrucht nutzbar und ermöglicht dann eine Einsparung von Mineraldünger.

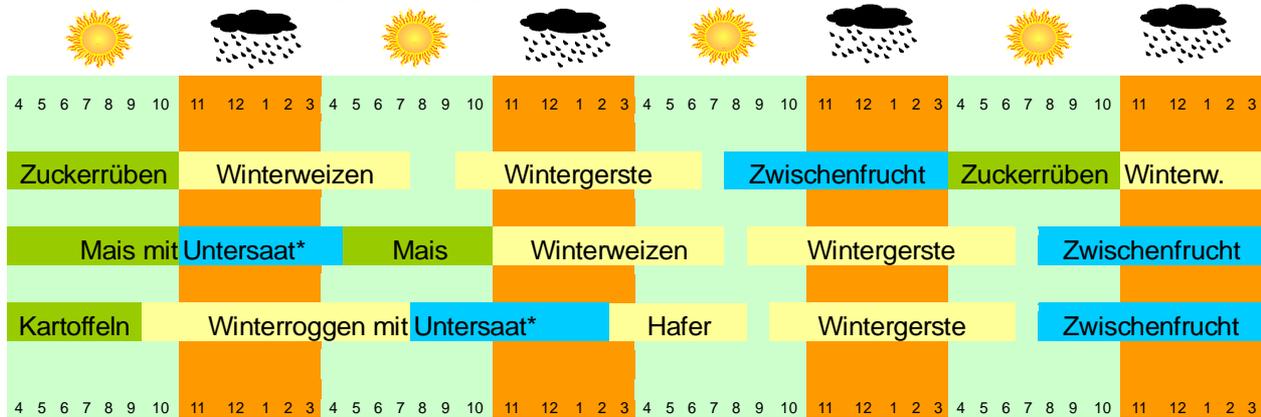
Das im Vergleich zu den meisten Winterfrüchten sehr hohe N-Aufnahmevermögen vieler Zwischenfrüchte im Herbst ist der Grund dafür, dass z. B. bei der Grundwasserschutz-orientierten Fruchtfolgegestaltung (s. Kap. A 3.2) ein hoher Anteil von Sommerungen mit der Möglichkeit der Zwischenfruchteinsaat angestrebt wird. Neben der Nährstoff-Konservierung haben Zwischenfrüchte eine positive Wirkung in Bezug auf den Erosionsschutz und die Humuserhaltung. Weitere Vorteile ergeben sich für den Landwirt z. T. durch die Möglichkeit der Futtererzeugung und die Nematodenbekämpfung mit bestimmten Ölrettich- und Senfsorten.

Anwendungsbereich

Einbau in die Fruchtfolge

Für den Anbau von Zwischenfrüchten eignen sich grundsätzlich alle Fruchtfolgen, die eine erhebliche Zeitspanne ohne Bodenbedeckung beinhalten. Dies sind vor allem Fruchtfolgen, die frühräumende Früchte mit anschließenden Sommerungen und Früchte mit großen Ernterückständen ohne N-aufnahmestarke Folgefrucht aufweisen.

Tab. 1: Beispiele für Fruchtfolgen mit integriertem Zwischenfruchtglied



*nach Ernte der Hauptfrucht bleibt die Untersaat als Zwischenfrucht stehen.



Frühjahr bis Herbst - keine wesentliche Sickerwasserbildung



Bildung von Sickerwasser im Winter

Die Palette der üblichen Zwischenfrüchte reicht von Ausfall-Getreide, Auflauf-Raps über Gräser und Kreuzblütler zu Leguminosen.

Für Grundwasserschutz-Ziele werden Zwischenfrüchte mit einem hohen Stickstoff-Aufnahmevermögen im Herbst wie z. B. Raps, Senf, Ölrettich, Grünroggen, Weidelgräser und Sonnenblumen bevorzugt. Der Erntetermin der Hauptfrucht hat einen entscheidenden Einfluss auf die Wahl der Zwischenfrucht.

Tab. 2: Zwischenfrüchte, die unter Grundwasserschutz-Aspekten geeignet sind (FREDE/DABBERT 1998, verändert)

Zwischenfrucht	Einsaat spätestens bis ...	Saatstärke kg/ha	Saatgut-Kosten DM/ha	Mögliche N-Bindung kg N/ha	Futter-nutzung	Sonstiges
Gelbsenf	Anfang September	15 – 20	40	90 – 130		v. a. nach Winterweizen (spätsaatverträglich)
Phacelia	Mitte August	10 – 12	60	75 – 105		für nachfolgende Mulchsaat gut geeignet
Ölrettich	Mitte August	20 – 25	70	135 – 160		vor Zuckerrüben zur Nematoden - Bekämpfung; evtl. Abschlegeln nötig
Feldgras (Weidelgräser)	Mitte August	40 – 50	110	90 – 135	x	guter Futterwert
Grünroggen	Anfang Oktober	160 – 180	300	90 – 135	x	v. a. nach Kartoffeln (sehr hohe N-Aufnahme)
Raps (meist Auflauf-Raps)	Ende August			75 – 135	x	

Standortvoraussetzungen

Der Zwischenfruchtanbau vor Sommerungen eignet sich prinzipiell für alle Standorttypen. Nur auf Standorten mit als „sehr gering“ eingestufte Nitrat-Austragsgefährdung kann aus Sicht des Grundwasserschutzes auf den Zwischenfruchtanbau verzichtet werden. In trockenen Gebieten kann der Wasserbedarf der Zwischenfrucht zum Problem für die Folgefrucht werden, wenn durch die Transpiration der Zwischenfrucht die winterliche Auffüllung der Feldkapazität des Bodens verhindert wird. Diese Gefahr ist jedoch auf den prioritär mit Zwischenfruchtanbau zu belegenden Standorten mit „hoher“ bis „sehr hoher“ Nitrat-Austragsgefährdung gering, da bei der verhältnismäßig kleinen nutzbaren Feldkapazität dieser Böden die Winterniederschläge trotz der Transpiration ausreichen, um die Speicherkapazität des Bodens aufzufüllen.

Durchführung

Saatverfahren/Düngung/Bodenbearbeitung

Die Saat der Zwischenfrüchte kann nach der Ernte der Hauptfrucht oder als Untersaat in die Hauptfrucht erfolgen. Die Untersaat ermöglicht eine frühe Entwicklung der Zwischenfrucht und eignet sich für Regionen mit einer relativ kurzen Vegetationsperiode und Sommertrockenheit sowie für relativ späträumende, erosionsanfällige Kulturen wie Mais. Winterzwischenfrüchte werden in der Regel als Stoppelsaat ausgebracht. Die Aussaat sollte so früh wie möglich erfolgen, da nur dichte Zwischenfruchtbestände eine hinreichende N-Aufnahme und damit einen spürbaren Grundwasserschutz-Effekt gewährleisten.

Zwischenfrüchte zu Gewässerschutzzwecken werden bei hohen N_{\min} -Werten nicht, sonst mit maximal 40 kg N/ha angedüngt.

Die zur Zwischenfrucht verabreichten Düngermengen sind bei der Düngeplanung der Folgefrucht voll zu berücksichtigen.

Der Umbruch von Zwischenfrüchten, die nicht zur Futtererzeugung genutzt werden, sollte vor Sommerungen relativ spät im März oder April erfolgen, damit der Mineralisationsschub in den Zeitraum hohen N-Bedarfs der Folgefrucht fällt. Nichtwendende Bodenbearbeitung verhindert die Bildung von „Matratzen“ aus Pflanzenmaterial, die zu einer Beeinträchtigung des Pflanzenwachstums der Folgefrucht führen können. In wüchsigen Jahren kann das Abschlegen hochgewachsener Zwischenfruchtbestände die Einarbeitung wesentlich erleichtern.

Aus Sicht des Grundwasserschutzes bietet sich der Verzicht auf den Zwischenfruchtumbruch mit **Mulchsaat** der Folgefrucht (s. Kap. A 2.2) an. Damit werden Mineralisationsschübe vermieden und die Erosionsanfälligkeit reduziert.

Erfolgsbewertung

Die Zwischenfruchtanbau-Fläche in Wassergewinnungsgebieten konnte in den vergangenen Jahren erheblich ausgeweitet werden. Zum einen wurde ein größerer Prozentanteil der Sommerungsflächen mit Zwischenfrüchten bestellt, und zum anderen bewirkten Grundwasserschutz-orientierte Fruchtfolgegestaltungen (s. Kap. A 3.2) eine Zunahme des Sommerungsanteiles in den Wasserschutzgebieten.

Bisher keine Verminderung der Nährstoff-Bilanzsalden

Die Verminderung der Nährstoff-Auswaschungsverluste durch den Zwischenfruchtanbau ermöglicht eine Verringerung der Bilanzsalden durch Senkung des N-Düngeinsatzes zur Hauptfrucht. In der Praxis ist dies bisher aber nicht durchgängig feststellbar, da die Zwischenfrucht-Düngung z. T. nicht vollständig auf die Düngergaben zur Folgefrucht angerechnet wird. Die Zusatzberatung muss hier gegensteuern.

Deutliche Verringerung der Herbst-N_{min}-Werte

Die Auswirkungen des Zwischenfruchtanbaus auf die N_{min}-Gehalte im Herbst verdeutlichen die Abbildungen 2 und 3. Besonders in Jahren starker spätsommerlicher und frühherbstlicher Mineralisation ist der Zwischenfrucht-Effekt in den gemessenen N_{min}-Werten deutlich ablesbar.

Längerfristige Grundwasserschutz-Wirkungen

Die NO₃-Konzentration im Sickerwasser kann nur im Rahmen längerfristiger Maßnahmen, z. B. der Fruchtfolgegestaltung, sinnvoll untersucht werden. Der Zwischenfrucht-Effekt ist hierbei weniger deutlich als bei der Verminderung der Herbst-N_{min}-Werte, weil der Wasserbedarf der Zwischenfrucht die jährliche Sickerwasserbildung örtlich vermindert. Die erhöhte Zufuhr organischer Substanz durch die Zwischenfrucht kann eine Zunahme des Humusgehaltes der Böden bewirken. Dies ist wegen der erhöhten Gefahr unkontrollierter Nährstoff-Freisetzung z. B. bei einer Nutzungsänderung (Stilllegung, Rückkehr zum alten Anbausystem ohne Zwischenfrüchte) aus Sicht des Grundwasserschutzes unerwünscht. Die Humus-Anreicherung lässt sich vermeiden durch eine erhöhte vegetationsbegleitende Bodenbearbeitungs-Intensität, z. B. durch eine mechanische Unkrautbekämpfung,

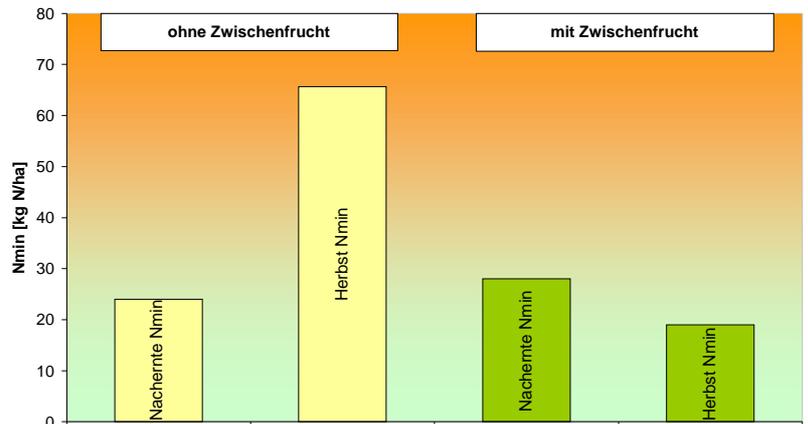


Abb. 2: Beispiele für die Entwicklung des N_{min}-Gehaltes nach der Ernte (Getreide) bis Vegetationsende im Herbst (Daten der Zusatzberatung im LK Osterode 1998)

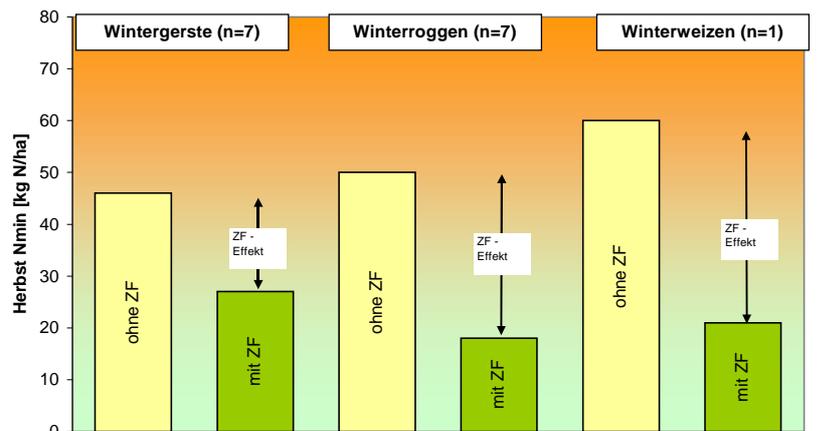


Abb. 3: Herbst N_{min}-Gehalte mit und ohne ZF-Anbau nach verschiedenen Hauptfrüchten. Auswahl mineralisationsstarker Spätsommer 1999 (Daten der Zusatzberatung im LK Osterode)

bei der die erhöhte Nährstoff-Mineralisation gezielt der Hauptfrucht zur Verfügung gestellt wird.

Erosionsschutz

Neben dem direkten Grundwasserschutz-Nutzen von Zwischenfrüchten bietet die herbstliche und ggf. winterliche Feldbegrü- nung einen effektiven Schutz gegen Bodenerosion. Dies trägt auch zur Reduzierung von Nährstoffeinträgen in Oberflächen- gewässer bei.

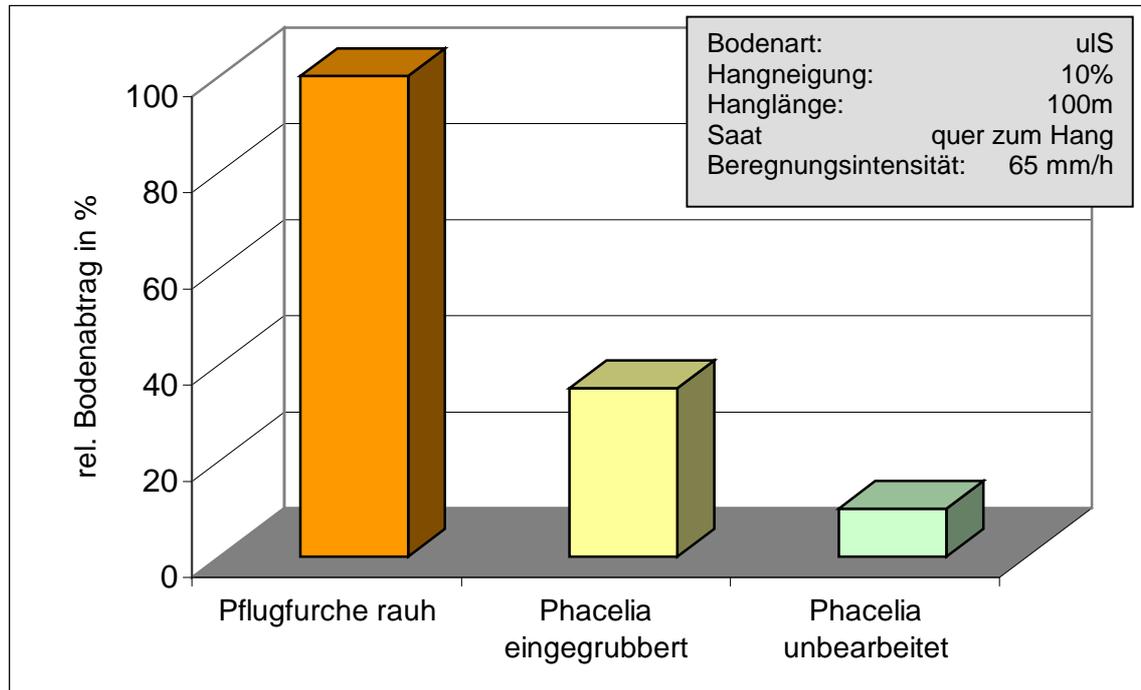


Abb. 4: Erosionsschutz durch Zwischenfruchtanbau (FREDE/DABBERT 1998, verändert)

Zwischenfruchtanbau hat folgende Effekte:

- deutliche Reduzierung des Herbst N_{\min} -Wertes,
- erhebliche Verbesserung der Stickstoff-Ausnutzung durch Senkung der Auswaschungsverluste,
- geringfügige Steigerung der Erträge der nachfolgenden Hauptfrüchte,
- Erosionsschutz durch Bodenbedeckung,
- phytosanitäre Wirkung einiger Zwischenfrüchte,
- ggf. Nutzung des Zwischenfruchtaufwuchses als Futter,
- geeignet in Kombination mit Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung.

Parameter	Bewertung
Düngungsminderung	durch Anrechnung des im Boden konservierten N möglich
Saldominderung	in Einzelfällen nachgewiesen
N_{\min} -Minderung	deutlich bis zu 100 kg N/ha
Sickerwasserentlastung	klar nachweisbar

Nicht geeignet für den Zwischenfruchtanbau sind:

- trockene Standorte und
- extrem arme Standorte, die keine geschlossene Zwischenfrucht-Pflanzendecke bis zum Winter entstehen lassen.

Literatur

CLAUPEIN, W. (1994): Zwischenfruchtanbau und Untersaaten zur Vermeidung des Stickstoffaustrages - Möglichkeiten und Grenzen. KTBL Arbeitspapier 206, S. 51 – 61.

FREDE, H. G., S. DABBERT [Hrsg.] (1998): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft, Landberg.

OEHMICHEN, J. (1986): Pflanzenproduktion, Bd. 2 Produktionstechnik, Berlin, Hamburg.

2.2 Konservierende Bodenbearbeitung durch Mulchsaat

Kurzcharakteristik

Folgende Grundgedanken kennzeichnen die konservierende Bodenbearbeitung im Hinblick auf Bodenschutz und Grundwasserschutz:

- Die Bearbeitungsintensität wird reduziert und der Boden nur noch bei Bedarf mit nicht wendenden Geräten gelockert. Ziel ist es, ein stabiles, gut befahrbares Bodengefüge mit hoher Tragkraft aufzubauen. Damit wird ein vorbeugender Bodenschutz gegen Verdichtungen beim Fahrverkehr und ihre negativen Folgeerscheinungen betrieben.
- Die vorhandenen Ernterückstände der Vorfrucht und/oder Zwischenfruchtbestände werden oberflächennah in den Boden eingemischt oder verbleiben als Mulchdecke auf der Bodenoberfläche. Ziel ist eine möglichst ganzjährige Bodenbedeckung über einem intakten Bodengefüge als vorbeugender Schutz des Bodens gegen Wasser- und Winderosion, Verschlammung und Verkrustung.
- Durch eine reduzierte Bodenbearbeitung nach der Ernte der Hauptfrucht werden die Mineralisierungsbedingungen nicht unnötig begünstigt. Die herbstliche Anreicherung von Nitrat wird gebremst.

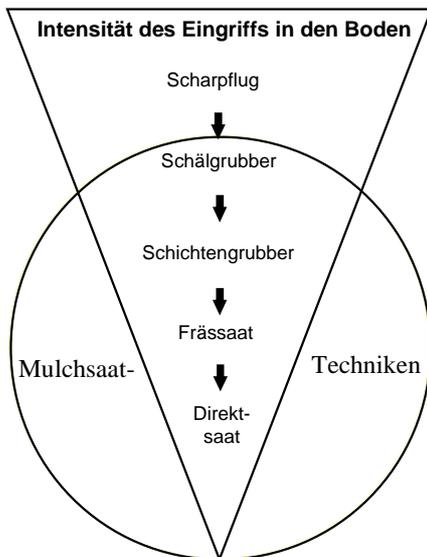


Abb. 1: Verringerung der Intensität des Eingriffs in den Boden beim Übergang vom Scharpflug zu pfluglosen Bestellverfahren, ESTLER/KNITTEL 1996, verändert

Anwendungsbereiche für Mulchsaat ohne Saatbettbereitung

- günstiger Zustand des Bodens im Saathorizont, also leichte, humose oder durch Frosteinwirkung physikalisch gelockerte Böden,
- brüchiger, gut abgetrockneter Pflanzenmulch,
- Bodenoberfläche frei von Fahrspuren oder Verdichtungen,
- besonders erosionsgefährdete Lagen im hängigen Gelände.

Anwendungsbereiche für Mulchsaat mit Saatbettbereitung

- schwer bearbeitbare Böden,
- langsam erwärmbare Böden,
- dichtlagernde oder durch das Befahren verdichtete Böden,
- Flächen mit sehr massigem Zwischenfruchtaufwuchs,
- verunkrautete Felder, auf denen die zusätzliche unkrautbekämpfende Wirkung der Saatbettbereitung vorteilhaft ist.

Anwendungsbereich

Einstufung der Techniken

Die Techniken der konservierenden Bodenbearbeitung werden nach ihrer Eingriffsintensität gegliedert. Die nach dem Pflug nächst geringere Eingriffsintensität bietet die lockernde Grundbodenbearbeitung mit dem Grubber. Die Frässaat stellt eine weitere Eingriffsreduktion dar, während bei der Direktsaat als unmittelbarster Form der Feldbestellung der Boden gar nicht mehr bearbeitet wird. Mulchsaatverfahren mit schonender Lockerung liegen in der Intensität zwischen dem Pflug und der Direktsaat.

Bedeutung erlangt im Trinkwasserschutz derzeit die Mulchsaat in Kombination mit dem Zwischenfruchtanbau.

Obwohl zur Erosionsverminderung entwickelt, haben sich auf vielen Standorten auch Grundwasserschutz-Effekte gezeigt, so dass Mulchsaat auch auf nicht erosionsgefährdeten Standorten (nicht zuletzt wegen des relativ geringen Einsatzes von Betriebsmitteln) angewendet wird.

Innerhalb der Mulchsaat werden zwei Verfahren unterschieden:

- Bei einer *Mulchsaat ohne Saatbettbereitung* verbleiben die Pflanzenreste auf der Bodenoberfläche. Die Saat erfolgt als Direktsaat durch oder unter die Pflanzendecke.

- Bei einer *Mulchsaat mit Saatbettbereitung* werden die pflanzlichen Reste in einem gesonderten Arbeitsgang oder zugleich mit der Aussaat oberflächlich in den Boden eingearbeitet. Der Vorteil ist eine bessere Abtrocknung und Bodenerwärmung im Saathorizont, die Bodenkapillarität und damit die ungehinderte Verdunstung wird unterbrochen, gleichzeitig erfolgt eine mechanische Unkrautbekämpfung.

Boden- und Standortbedingungen

Auf **Löss- und Tonböden** wird die winterliche N-Auswaschung durch die Mulchsaat gegenüber der wendenden Bodenbearbeitung in der Regel reduziert. Dies wird auf die verringerte Mineralisation zurückgeführt. Das weitgehend ungestörte Bodengefüge weist eine hohe Anzahl von Makroporen auf, die Wasser relativ schnell in tiefere Bodenschichten verlagern, ohne dass dabei die gesamte Bodenmatrix durchspült wird.

Sandböden haben dagegen generell ein hohes Auswaschungsrisiko. Da Regenwurmgänge in Sandböden auch bei Mulchsaat nicht wesentlich zunehmen, besteht kein zusätzlicher Makroporenfluss. Pfluglos bewirtschaftete Sandböden sollten jedoch in regelmäßigem Wechsel krumentief gelockert werden, um oberflächennahe Bodenverdichtungen und die dadurch schlechtere Nährstoffaufnahme sowie vermindertes Wurzelwachstum zu vermeiden.

Auf Standorten mit **starker Erosionsgefährdung** sind Verfahren ohne Saatbettbereitung empfehlenswert. Flächen ohne extreme Hanglagen können dagegen vor der Saat gelockert werden, was den Unkrautdruck reduziert und bei großen Mengen Mulchmaterial die gleichmäßige Verteilung vereinfacht.

Mulchsaatverfahren für Reihenfrüchte

Mulchsaatverfahren eignen sich insbesondere für den Anbau von Reihenfrüchten (Zuckerrüben, Mais etc.). Dies liegt an der speziellen **Problematik dieser Kulturen**:

- erhöhte Gefahr der Bodenverschlammung und -verkrustung und der Bodenerosion durch lange Zeitspannen zwischen Aussaat der Reihenfrüchte und Schließen der Bestände.
- Bei konventioneller Bearbeitung besteht die Gefahr der Überlockerung der Krume und dadurch erhöhte Anfälligkeit hinsichtlich Verdichtungen.
- Das Fehlen der Bodenbedeckung während der niederschlagsreichen Wintermonate erhöht die Gefahr von Nährstoffauswaschungen.

Mulch: Definition und Funktion

Unter Mulch wird sowohl ein Gemisch aus Boden und pflanzlichen Reststoffen (bei flacher Einmischung), aber auch eine nicht eingearbeitete, auf der Bodenoberfläche liegende Mulchdecke aus Pflanzenresten verstanden.

Dem Mulch kommt die Aufgabe zu, durch die oberirdische Stengel- und Blattmasse einen wirksamen Schutz der Bodenoberfläche sowie durch intensive Durchwurzelung der gesamten Krume eine Verbesserung des Bodengefüges zu gewährleisten. Mulch kann aus Pflanzenresten der Vorfrucht bestehen; eine ausreichende Sicherheit, die angestrebten Effekte auch nachhaltig zu erzielen, bietet jedoch nur der Anbau von Zwischenfrüchten.

Durchführung

Durch die Zusatzberatung wird derzeit die Mulchsaat zu Blattfrüchten oder Mais in Kombination mit einem Zwischenfruchtanbau als Freiwillige Vereinbarung angeboten.

Beispiele für Raps- und Zuckerrüben-Fruchtfolgen mit Einsatz der Mulchsaattechnik

Tab. 1: Reduzierte Bodenbearbeitung in einer Zuckerrübenfruchtfolge

Jahr	Monat	Kultur	Bearbeitung
1.	Juli	Wintergerste	Ernte
1.	August	Zwischenfrucht (Phacelia, Ölrettich, Senf)	Pflug/ Zinkenrotor
2.	Mai	Zuckerrüben	Mulchsaat
2.	Oktober	Winterweizen	Pflug

Tab. 2: Reduzierte Bodenbearbeitung in einer Rapsfruchtfolge

Jahr	Monat	Kultur	Bearbeitung
1.	Juli	Winterraps	Ernte
1.	August	Zwischenfrucht (Auflaufraps)	keine Bearbeitung
2.	März	Sommergetreide	Mulchsaat
2.	Oktober	Wintergetreide	Pflug
3.	Oktober	Wintergerste/ Triticale	ggf. Stoppel- Mulchsaat

In **Zuckerrüben-Fruchtfolgen** wird der Blattfrucht eine Zwischenfrucht vorangestellt. Diese bindet den im Herbst mineralisierenden Stickstoff (siehe Kap. A 2.1). Bei Mulchsaat besteht die Tendenz zu verzögert einsetzender Mineralisation im Frühjahr. Die gegenüber konventioneller Bodenbearbeitung verspätete, dann aber höhere Nährstoffnachlieferung des Bodens muss bei der Düngeplanung berücksichtigt werden. Generell sollte eine effektive Gräserbekämpfung in der Blattfrucht vorgenommen werden.

In **Rapsfruchtfolgen** ist der Anbau einer Sommerung nach dem Raps wünschenswert, wobei nach der Raps-ernte auf eine Bodenbearbeitung verzichtet wird und der Auflaufraps als Zwischenfrucht stehen bleibt. Die folgende Sommerung wird dann als Mulchsaat eingebracht. Das pfluglose Drillen von Raps ist dagegen aufgrund der hohen Saatbettansprüche nur von geringer Bedeutung.

Die **pfluglose Getreidebestellung** hat in der Praxis nur auf schweren Böden oder zu Sommerungen Bedeutung. Einerseits sind die Bestände im Herbst schwer zu etablieren, andererseits muss bei pflugloser Bestellung mit Problemen durch Auflaufgetreide gerechnet werden. Zudem gibt es insbesondere im pfluglos bestellten Weizen verstärkt Probleme mit Blattkrankheiten (DTR).

Im **Zwischenfruchtanbau** ist heute der Ersatz des Pfluges durch den Grubber die Regel. Eine Direktsaat ist möglich. Ziel ist in jedem Fall die Etablierung eines geschlossenen Bestandes mit hohem N-Aufnahmevermögen.

Die Etablierung eines guten Pflanzenbestandes mit Mulchsaattechnik setzt einige Erfahrung mit dem System und der Anpassung der Produktionstechnik voraus. Daher ist insbesondere beim Neueinstieg eine intensive Umstellungsberatung nötig.

Erfolgsbewertung

Das Mulchsaatverfahren weist eine Reihe von Auswirkungen auf, die mittelbar oder unmittelbar die Problematik des Grundwasserschutzes betreffen:

- Der Boden wird vor Erosion und Verdichtung geschützt.
- Die Reduzierung der Verdunstung führt zu einer höheren Speicherung pflanzenverfügbaren Wassers im Boden.
- Der Nitratintrag ins Grundwasser wird reduziert. Durch die Kombination von Zwischenfruchtanbau und Mulchsaat wird die Ergänzung von zwei Grundwasserschutzmaßnahmen angestrebt. Die Zwischenfrucht sorgt für herbstlich/winterliche Nährstoffspeicherung, die folgende Mulchsaat verhindert Mineralisationsschübe, die durch die Einarbeitung der Zwischenfrucht entstehen könnten. Über mehrere Jahre kommt es zu einer Anreicherung von *organischer Substanz* im Oberboden, die in verstärktem Maße zur N-Speicherung durch Immobilisierung beiträgt.
- Bei reduzierter Bodenbearbeitung muss mit einem erhöhten Bedarf an Pestiziden gerechnet werden.
 - *Herbizide*: Es ist mit ca. 30% Mehraufwand zu rechnen. Problematisch sind insbesondere Gräser, deren Vermehrung auf jeden Fall vermieden werden sollte.
 - *Fungizide*: Es entsteht ein Mehraufwand für Fungizide im Getreide. Vorteil der pfluglosen Bearbeitung ist die Beschränkung auf Oberflächenfungizide, die gegenüber den Bodenfungiziden kürzere Verfallzeiten und eine geringere Persistenz haben.
 - *Insektizide*: Mehraufwand entsteht zum Teil bei Schneckenproblematik. Hier ist darauf zu achten, dass Ausfallgetreide gut bekämpft wird, damit keine Futterbrücken entstehen.
- Der Bedarf an Arbeitszeit und Dieselkraftstoff nimmt ab (im Vergleich zum Pflug 50-70% weniger). Ökonomische Vorteile ergeben sich ab ca. 200 ha Ackerfläche oder in Betriebsgemeinschaften ab ca. 30 ha LN (KÖLLER 1999).

Zu berücksichtigen ist, dass die Anforderungen an die Produktionstechnik und Fruchtfolgegestaltung steigen. Das Einarbeiten von Pflanzenresten, die Kontrolle von Ausfallgetreide und Gräsern, die Saatgutablage sowie die Bekämpfung von Schädlingen stellt besondere Ansprüche an den Bewirtschafter.

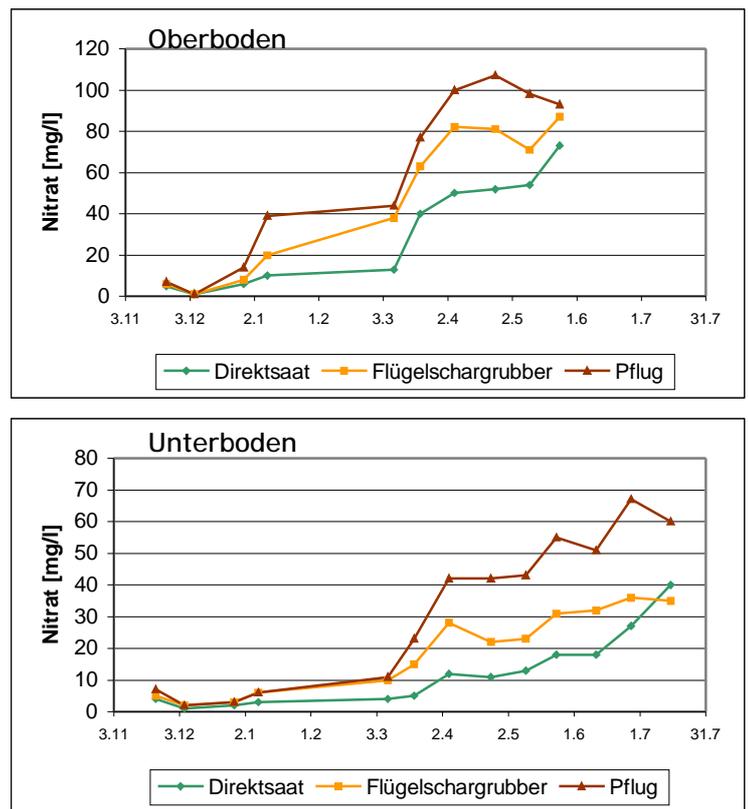


Abb. 2: Verlauf der Nitratgehalte in der Bodenlösung des Ober- und Unterbodens bei langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitung, FRIEBE 1992

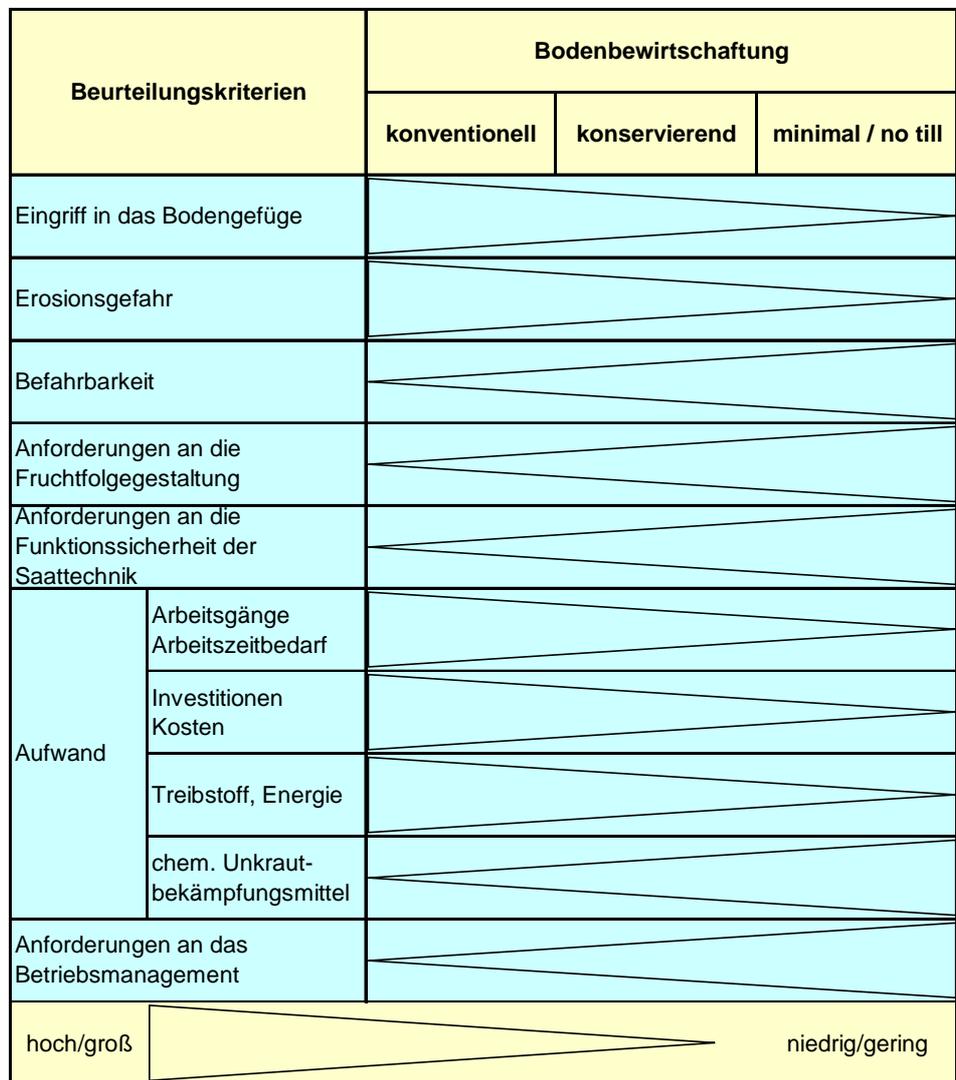


Abb. 3: Beurteilungen unterschiedlicher Intensitäten der Bodenbearbeitung hinsichtlich ökologischer und ökonomischer Kriterien, ESTLER/KNITTEL 1996, verändert

Parameter	Bewertung
Düngungsminderung	keine Tendenz
Saldominderung	möglich
Herbst-N _{min} -Minderung	Ja, aber Standort- unterschiede
Sickerwasserentlastung	ja
Ertrag	neutral
Deckungsbeitrag	steigt

Die konservierende Bodenbearbeitung stellt insbesondere in Kombination mit dem Zwischenfruchtanbau eine sinnvolle Alternative zur konventionellen Praxis dar. Neben N-konservierenden Effekten sind Aspekte des Bodenschutzes und der Energieeinsparung von Bedeutung. Für eine erfolgreiche Umsetzung von reduzierten Bearbeitungssystemen und die individuelle Anpassung der Technik an die lokalen Standortgegebenheiten muss die Beratung den nötigen Informationstransfer leisten.

Literatur

ESTLER, M., H. KNITTEL (1996): Praktische Bodenbearbeitung – Grundlagen, Gerätetechnik, Verfahren, Bewertung. Verlags Union Agrar, Frankfurt /Main.

FRIEBE, B. (1992): Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden. Beiträge zum 3. Symposium vom 12. – 13. Mai 1992 in Gießen.

GEROWITT, B., M. WILDENHAYN (1997): Ökologische und ökonomische Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen im Ackerbau. Ergebnisse des Göttinger INTEX-Projektes 1990 – 94, Göttingen.

KÖLLER, K. (1999): Mulchsaat-Praxis. Zwischenbilanz. DLG-Mitteilungen 12/99. S.43

KTBL, KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (1992): Ergebnisse von Versuchen zur Bodenbearbeitung und Bestellung. Arbeitspapier 190, Münster-Hiltrup.

KTBL, KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (1995): Einführung von Verfahren der Konservierenden Bodenbearbeitung in die Praxis. Abschlußbericht des FuE-Vorhabens 87 UM 01, Darmstadt.

KTBL, KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (1998): Bodenbearbeitung und Bodenschutz-Schlussfolgerungen für die Praxis. Arbeitspapier 266, Darmstadt.

2.3 Einjährige Flächenstilllegung

Kurzcharakteristik und Rahmenbedingungen

Konjunkturelle Flächenstilllegung gemäß der EU-Agenda 2000

- Obligatorische Stilllegung auf min. 10 %, Stilllegungsprämie für max. 33 % der flächenzahlungsberechtigten Fläche
- Stilllegungszeitraum: 15. Jan. - 31. Aug.
- Selbstbegrünung oder Einsaat
- keine Düngung, keine PBSM-Anwendung
- keine Beerntung bis 15. Jan. des Folgejahres
- Vorbereitung für Folgefrucht ab 15. Juli
- Futter-Mahd + Beweidung ab 15. Juli eingeschränkt zulässig
- Anbau nachwachsender Rohstoffe wird wie Stilllegung behandelt.

Als Instrument zur Verminderung von Produktionsüberschüssen in der Landwirtschaft wird die Flächenstilllegung aus Mitteln der Europäischen Union gefördert. Mit Ausnahme von Kleinbetrieben ist ein Stilllegungsanteil von mindestens 10 % der flächenzahlungsfähigen Fläche des Einzelbetriebs verpflichtend für die vollständige Gewährung der EU-Flächenzahlungen (BMELF 2000; RAT DER EU 1999). Die Stilllegungsprämie wird für maximal 33 % der Fläche gewährt. Ihre Höhe entspricht der Flächenzahlung für Getreide. Die Stilllegung kann auf jährlich wechselnden oder immer denselben Flächen erfolgen. Der Anbau nachwachsender Rohstoffe (keine Nahrungs- oder Futtermittel) wird wie die Stilllegung behandelt.

jährlich
wechselnde
Schläge

ohne
Flächen-
wechsel

einjährige
Flächenstilllegung
(Rotationsbrache)

mehnjährige
Flächenstilllegung /
Dauerbrachen

GWschutz-orientierte
Zusatz-Maßnahmen:

- Einsaat einer leguminosenfreien Brachebegrünung
- kein Anbau nachwachsender Rohstoffe
- keine Beweidung
- besondere Vorgaben zu Umbruchtermin u. Bodenbearbeitung

(siehe Kap. A 3.5)

Flächenstilllegung bedeutet einen Verzicht auf Bodenbearbeitung, Düngung und Pflanzenschutz-Maßnahmen. Aus Sicht des Grundwasserschutzes ist die dauerhafte Flächenstilllegung (Kap. A 3.5) einer einjährigen Stilllegung wechselnder Schläge vorzuziehen, da die z. T. großen Vorräte leicht abbaubarer organischer Substanz bei Ackerböden einen ein- bis mehrjährigen Nachlauf von Sickerwasser mit hoher Nährstoffbelastung bewirken können.

Um jedoch auch aus der einjährigen Flächenstilllegung den maximalen Grundwasserschutz-Erfolg ziehen zu können, werden mit den Landwirten in Trinkwasser-Gewinnungsgebieten Zusatzmaßnahmen und Nutzungseinschränkungen vereinbart, die über die Auflagen der EU-Flächenstilllegung hinausgehen (siehe Schema links).

Das vorrangige Ziel ist hierbei eine aufnahmestarke, leguminosenfreie Brachebegrünung, um die bei der Mineralisierung von Bodenhumus und Ernterückständen freigesetzten Nährstoffe im Aufwuchs zu binden und so vor der Auswaschung zu bewahren. Durch terminliche Vorgaben zum Umbruch der Brachebegrünung wird eine bedarfsgerechte Freisetzung der in der Pflanzenmasse „zwischengespeicherten“ Nährstoffmenge zum Wachstum der Folgefrucht angestrebt.

Anwendungsbereich

Freiwillige Vereinbarungen zur Brachebegrünung haben lediglich die Grundwasserschutz-orientierten Zusatzmaßnahmen auf Stilllegungsflächen zum Gegenstand. Welche Flächen im Rahmen der EU-Flächenstilllegung stillgelegt werden, entscheidet der Landwirt nach pflanzenbaulichen und standörtlichen Kriterien.

Pflanzenbauliche Kriterien umfassen die Auswirkungen eines Brachejahres auf die Folgefrüchte. Von Bedeutung ist hierbei

insbesondere die Nematodenbekämpfung in Hackfrucht-Fruchtfolgen durch Einsaat nematodenresistenter Ölrettich- und Senfsorten sowie die N-Bindung durch Leguminosen.

Die fehlende standörtliche Differenzierung der EU-Flächenstilllegungs-Prämien macht in der Tendenz die Stilllegung der ertragsschwächsten Schläge besonders lohnend. Dies sind häufig Standorte mit hoher bis sehr hoher Nitrat-Austragsgefährdung, also Standorte mit hoher Grundwasserschutz-Priorität. Wenn pflanzenbauliche Kriterien von untergeordneter Bedeutung sind, werden die ertragsschwachen Standorte häufig dauerhaft stillgelegt, was dem Grundwasserschutz stark entgegenkommt (s. Kap. A 3.5).

Demgegenüber wird die Flächenstilllegung hauptsächlich dann als einjährige Rotationsbrache durchgeführt, wenn die pflanzenbaulichen Kriterien überwiegen, also z. B. in Hackfrucht-Fruchtfolgen oder im ökologischen Landbau. Die leguminosenhaltige Stilllegungsbegrünung wird im Rahmen der Zusatzberatung Wasserschutz allerdings nur in Betrieben des Öko-Landbaus in begrenztem Umfang gefördert.

Durchführung

Der Anbau nachwachsender Rohstoffe und die Beweidung von Stilllegungsflächen werden im Rahmen Freiwilliger Vereinbarungen generell ausgeschlossen. Die Möglichkeiten einer gezielten Brachebegrünung werden durch den Erntetermin der Vorfrucht und die Witterung vorbestimmt.

Nach Getreide und Frühkartoffeln:

- Bei ausreichender Bodenfeuchte:
Einsaat einer winterharten Gräsermischung bis Ende August.
- Bei anhaltender Trockenheit im Herbst:
 - einmalige flache Bodenbearbeitung (5 cm),
ggf. Auflaufgetreide wachsen lassen;
 - leguminosenfreie Frühjahrsbegrünung
z. B. Ölrettich, Gelbsenf, 1-jähriges Weidelgras.

Nach späträumenden Hackfrüchten:

- Nach Kartoffeln und Mais möglichst Grünroggen-Einsaat im Herbst (bis Ende September).
- Nach Zuckerrüben:
 - keine Bodenbearbeitung im Herbst,
 - leguminosenfreie Frühjahrsbegrünung (s.o.).

Die Flächenauswahl trifft der Landwirt.

Bei Überwiegen standörtlicher Auswahlkriterien: dauerhafte Stilllegung ertragsschwacher Standorte (s. Kap. A 3.5).

Bei großer Bedeutung pflanzenbaulicher Kriterien: einjährige Stilllegung als Teil der Fruchtfolge (z. B. ZR - WW - Brache)

Weitere Anforderungen:

- Einmaliges Abschlegeln des Aufwuchses, um Aussamen, Verholzen und übermäßigen Wasserverbrauch zu verhindern und die Einarbeitung zu erleichtern;
- Umbruch / Einarbeitung frühestens drei Wochen vor der Nachfrucht-Bestellung, bei nachfolgender Sommerung frühestens ab Mitte Januar (nur bei umsetzungsträgen Böden ggf. ab Ende November).

Erfolgsbewertung

Auf Stilllegungsflächen mit einer leguminosenfreien Begrünung ist der

- **N-Saldo** ≤ 0

(ohne N-Deposition; Salden < 0 nur bei Mähgut-Abfuhr).

Bei frühzeitiger Einsaat der Brachebegrünung im Herbst vor dem Stilllegungszeitraum kann ein

- **Herbst-Nmin-Wert**
 $< 25 \text{ kg N/ha}$

erwartet werden. Eine Unterschreitung von $50 \text{ mg NO}_3/\text{l}$ im Sickerwasser ist wegen der zeitlichen Befristung der Maßnahme nicht immer nachweisbar.

Die Auflagen für die EU-geförderte, vorwiegend marktwirtschaftlich motivierte Flächenstilllegung können allein keine spürbare Verbesserung der Sickerwasserqualität garantieren.

Nur durch eine gezielte Brachebegrünung (Einsaat) kann der bei der Mineralisation von Bodenhumus und Ernterückständen freigesetzte Stickstoff weitgehend vor der Auswaschung bewahrt werden. Die Einsaat sollte möglichst frühzeitig im Herbst vor dem Stilllegungsjahr erfolgen. Der einjährigen Stilllegung sollte eine Sommerung folgen, so dass der Herbst-Umbruch der Brache vermieden werden kann.

Auf diese Weise können niedrige Herbst-Nmin-Werte und damit eine geringe Nitratbelastung des Sickerwassers erreicht werden.

Da die Mineralisierungsleistung des Bodens allmählich zurückgeht, ermöglicht die dauerhafte Flächenstilllegung (siehe Kap. A 3.5) in der Regel eine stärkere Minderung der Nitratkonzentration im Sickerwasser als die einjährige Stilllegung.

Literatur

BEZIRKSREGIERUNG BRAUNSCHWEIG (1998):
Pflichtenheft der Bezirksregierung Braunschweig für die
Zusatzberatung gem. § 47h (3) Nr. 4a NWG.

BMELF, BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2000): Agenda 2000 - pflanzlicher Bereich. Für das Erntejahr 2000. Referat Öffentlichkeitsarbeit, Bonn, Januar 2000.

RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (1999): Verordnung (EG) 1251/1999 vom 17. Mai 1999 zur Einführung einer Stützungsregelung für Erzeuger bestimmter landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Amtsblatt L 160 vom 26.6.1999, 1-14.

2.4 Reduzierter Herbizideinsatz - Mechanische Unkrautbekämpfung



Abb. 1: Striegeleinsatz im Getreide

Kurzcharakteristik

In Deutschland werden ca. 14.800 t Herbizide pro Jahr ausgebracht (Daten für 1994, ISENBECK-SCHRÖTER et al. 1998). Herbizide haben somit mengenmäßig die größte Bedeutung unter den eingesetzten Pflanzenschutzmitteln (PSM, Σ 28.000 t/Jahr). PSM durchlaufen aufwendige Tests und Untersuchungen vor ihrer Zulassung. Aufgrund von Unsicherheiten, die auf standörtliche, klimatische oder sonstige Variabilitäten zurückzuführen sind, kann jedoch nicht mit absoluter Sicherheit ausgeschlossen werden, dass PSM oder deren Abbauprodukte (Metabolite) nach ihrer Applikation das Grundwasser erreichen. Daher führt jede Maßnahme zur Einsparung von PSM zu einer Verminderung des Risikos für das Grundwasser.

Durch den Einsatz von mechanischen Geräten zur Unkrautbekämpfung kann die Intensität des Herbizideinsatzes auf Ackerflächen reduziert werden. Die Techniken der mechanischen Unkrautbekämpfung greifen auf historische Entwicklungen zurück. Für die Integrierte Pflanzenproduktion und insbesondere für den Ökologischen Landbau erfolgte in den letzten Jahren eine Neuentwicklung dieser Technologien. Im Ökologischen Landbau passt sich der konsequente Verzicht auf chemische Unkrautbekämpfung in ein gesamtes Anbausystem ein und zeigt gute Erfolge. Gleichwohl kann der Einsatz als Ergänzung zur chemischen Unkrautbekämpfung auch bei der konventionellen Betriebsführung sinnvoll sein.

Anwendungsbereich

Die Anwendungsbereiche der nichtchemischen Unkrautbekämpfung werden nach geeigneten Standorten, angewandeter Technik und nach geeigneten Kulturen gegliedert.

Standortvoraussetzungen

Der Einsatz mechanischer Geräte zur Unkrautbekämpfung ist auf leichten Böden problemloser und erfolgversprechender als auf schweren Böden. Der Boden muss zur mechanischen Unkrautbekämpfung trocken sein.

Technik

Die Wirkungsweise der praxisrelevanten Methoden Hacken und Striegeeln beruht auf dem Verschütten und Abreißen der Unkräuter. Zusätzlich werden verbleibende Unkräuter mechanisch geschädigt. Ein Nebeneffekt beider Techniken ist die Bodenlockerung.

- **Striegel:** Einsatz vor allem in Getreidekulturen, aber auch für Hack- und Reihenfrüchte geeignet. Der Einsatzzeitpunkt liegt vor dem Auflaufen und in jungen Beständen. Es werden Federzinkenstriegel (regulierbarer federnder Druck), Netzegge und Hackstriegel (feststehende Zinken) unterschieden. Die Arbeitsbreiten des Striegels liegen meist zwischen 6 m und 24 m, um eine hohe Schlagkraft zu gewährleisten.
- **Hacke:** Der traditionelle Einsatzbereich liegt bei Hack- und Reihenfrüchten, zunehmend wird aber auch in Getreide, kombiniert mit dem Striegel, gehackt. Die Wirkungsweise des Hackens liegt sowohl in dem Ausreißen der Unkräuter als auch in deren Verschüttung. In der Regel wird in zwei Durchgängen gehackt. Neben der Unkrautregulierung soll durch die Behandlung auch das Wurzelwachstum der Anbaufrucht angeregt werden.
- **Bürste:** Bürstengeräte, die die Unkräuter freilegen und herausbürsten, werden wegen der geringen Flächenleistung und der hohen Investitionskosten selten im Ackerbau eingesetzt. Der Anwendungsschwerpunkt liegt im Kartoffel- und Gemüsebau.

Eine besondere Eignung der unterschiedlichen Geräte für bestimmte Unkräuter gibt es nicht. Der Einsatz der Hacke wird gegen Wurzelunkräuter bevorzugt. Beste Ergebnisse werden immer mit einer Kombination von Hacken und Striegeln erzielt. Problemunkräuter wie Ackerkratzdistel und Ampfer lassen sich mit keinem der vorgestellten Verfahren wirkungsvoll bekämpfen.

Durchführung

Als Durchführungsbeispiele werden hier Getreide und Raps dargestellt. Der Einsatz der mechanischen Unkrautbekämpfung ist allerdings nicht auf diese Kulturen beschränkt.

Striegeln im Getreide

Generell gilt der frühestmögliche Einsatztermin als optimal. Häufig wird auch blind (also vor Aufgang der Saat) gestriegelt, wobei die Bearbeitungstiefe geringer als die Saattiefe sein muss. Mehrmaliger Einsatz ist in der Regel erforderlich. Das zweite Striegeln erfolgt bis hinein in die Schosserphase. Bei Einsatz der Hacke ist eine Kombination mit dem Striegel sinnvoll, um durch das Hacken verschüttete Getreidepflanzen wieder freizulegen.

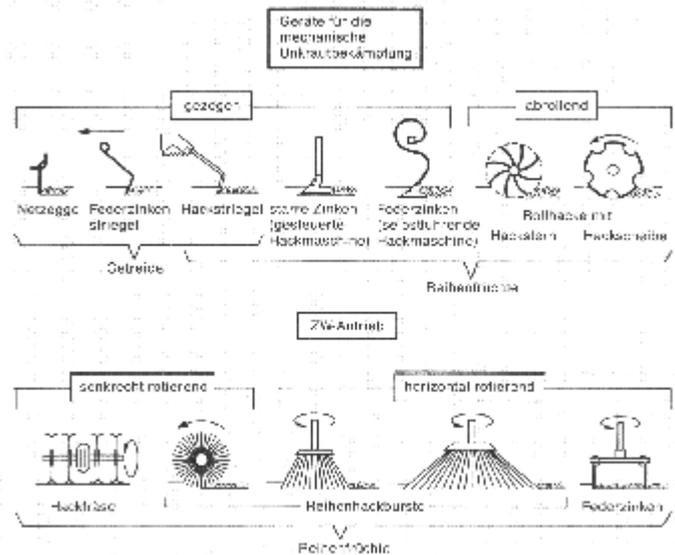


Abb. 2: Schematische Darstellung der Werkzeuge für mechanische Unkrautbekämpfung, ESTLER 1991.

Vorbeugende Maßnahmen zur Unkrautregulierung

Neben der direkten Bekämpfung des Unkrautes haben folgende Faktoren einen regulierenden Einfluss auf die Unkrautflora:

- **Fruchtfolge**
Fördert Konkurrenzfähigkeit der Hauptfrüchte gegenüber Unkraut.
- **Zwischenfrüchte**
Unkrautunterdrückende ZF sind z. B. Gelbsenf, Ölrettich und Sonnenblumen.
- **Abdeckungen**
Bodenabdeckung durch Folien oder organische Mulchmaterialien wirkt unkrautreduzierend.
- **Bodenbearbeitung**
Gezielter Einsatz des Pfluges und intensive Vorbereitung des Saatbettes wirkt unkrautreduzierend.
- **Sortenwahl**
Wuchshöhe und Blattmorphologie als Parameter der Bodenbeschattung stärken die Konkurrenzkraft.
- **Saat**
Wahl des optimalen Saatzeitpunktes stärkt die Konkurrenzkraft.

Hacken und Striegeln zu Raps

Raps ist eine stark unkrautunterdrückende Kultur, die meist nur einen geringen Aufwand unkrautregulierender Maßnahmen erfordert. Blindstriegeln ist im Raps wegen der geringen Saattiefe nicht möglich. Vom 2- bis zum 6-Blatt Stadium kann eine mechanische Unkrautbekämpfung mit der Hacke oder dem Striegel, am besten jedoch mit einer Kombination beider Systeme durchgeführt werden. Mit beginnendem Längenwachstum des Rapses sorgt die zunehmende Bodenbeschattung im Allgemeinen für eine ausreichende Unkrautunterdrückung.

Erfolgsbewertung

Wirkungsgrad der Maßnahme

Der Wirkungsgrad in Prozent stellt die Effektivität der Unkrautbekämpfungsmaßnahme dar. Verglichen werden die Unkrautdichte (Anzahl Pflanzen pro m², erhoben mit dem Schätzrahmen 0,1 m²; 30-fache Wiederholung), oder die Trockenmassen der Verunkrautung vor und nach bzw. mit und ohne Maßnahmendurchführung. Wenn der Wirkungsgrad auf die Trockenmasse bezogen wird, ist auch der Effekt der Schädigung der Restverunkrautung berücksichtigt, die zum späteren Absterben oder einer deutlichen Beeinträchtigung der Konkurrenzfähigkeit führen kann. Der Wirkungsgrad liegt bei den mechanischen Verfahren der Unkrautregulierung ca. 30 % unter dem der chemischen Unkrautbekämpfung.

Tab. 1: Wirkungsgrade in % der Bekämpfungsverfahren gegen Klettenlaubkraut (*Galium aparine*) bei chemischer bzw. mechanischer Unkrautbekämpfung durch Striegeln. (INTEX Vergleichsflächen)

	chemisch	mechanisch
Raps	98	65
Weizen	90	64
Gerste	100	68

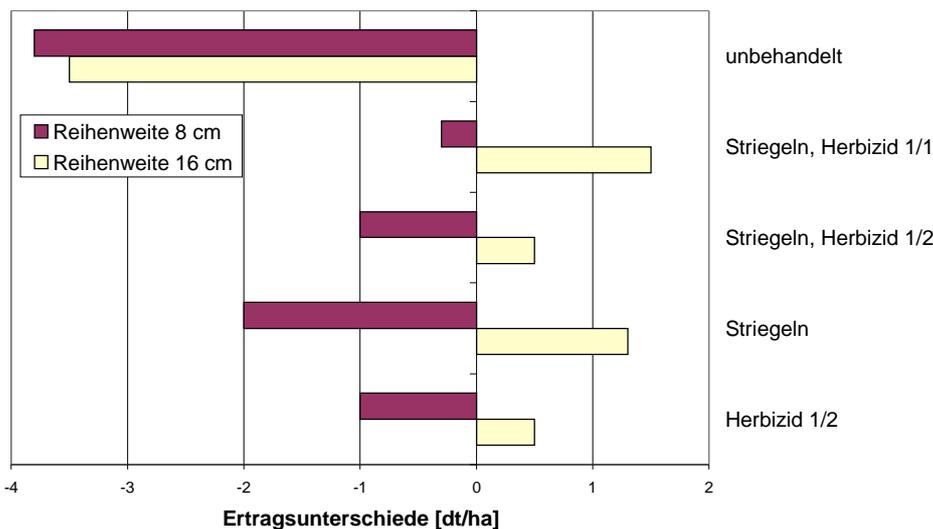


Abb. 3: Ertragsunterschiede der Unkrautbekämpfungsverfahren am Beispiel eines Sommerweizens im Vergleich zur üblichen Herbizidmenge (IRLA 1991, verändert). 1/1=volle Aufwandmenge PSM; 1/2 =halbe Aufwandmenge PSM

Ertrag

Die Darstellung des Wirkungsgrades beantwortet nicht die Frage nach der ertragsschädigenden Wirkung der Verunkrautung. Versuche hierzu unterliegen großen Schwankungen. Generell führt bei Getreide der Ersatz der chemischen Unkrautbekämpfung durch mechanische Verfahren zu einem Ertragsrückgang von 0 bis 5 dt/ha. Einen erheblichen Einfluss auf die Effizienz der Unkrautbekämpfung und damit die ertragsschädigende Wirkung der Restverunkrautung, hat der Reihenabstand der Saat. Größere Reihenweiten erlauben eine wesentlich größere Effizienz der mechanischen Unkrautbekämpfung, wie Abb. 3 verdeutlicht. Auch die Sortenwahl spielt hinsichtlich des Ertrages eine entschei-

dende Rolle. Die Wahl sollte auf robuste, konkurrenzstarke Sorten fallen.

Kosten

Durch den Einsatz von mechanischen Verfahren der Unkrautbekämpfung entstehen zusätzliche Kosten im Bereich des Arbeitsaufwandes. Der Erlös über die Ertragsmenge sinkt im Allgemeinen. Diesen Kosten und Mindererlösen stehen Einsparungen im Herbizideinkauf gegenüber, die im günstigen Einzelfall durchaus zu einer Erhöhung des Deckungsbeitrages führen können.

- Durch den Einsatz mechanischer Verfahren der Unkrautregulierung wird eine Reduzierung der potentiellen Verunreinigung des Grundwassers mit Herbiziden oder Herbizid-Metaboliten erreicht.
- Die mechanische Unkrautbekämpfung regt die Mineralisierung in den obersten Zentimetern der Krume während einer Zeit hohen N-Pflanzenbedarfs an und erhöht damit die bodenbürtige N-Nachlieferung.
- In Kombination mit einer Anpassung von Fruchtfolgen, Sorten, Reihenabstand und Bodenbearbeitung lassen sich für den Bewirtschafter ökonomische Einsparpotentiale erschließen (siehe Kap. A 5.3).
- Ein gänzlicher oder teilweiser Verzicht auf Herbizide führt zu einer gewissen Restverunkrautung, die Nährstoffverluste über Oberflächenabfluss verhindert.

Die Reduzierung des PSM-Einsatzes lässt sich nur schwer als isolierte Maßnahme auf einzelnen Schlägen durchführen. Die gegenseitige Abhängigkeit von ökologischen und ökonomischen Faktoren zeigt, dass zu einem sinnvollen Einsatz der mechanischen Unkrautbekämpfung eine Anpassung des ganzen Produktionssystems notwendig ist. In der beratenden Begleitung solcher Umstellungsprozesse liegt hier die besondere Aufgabe der Zusatzberatung.

Literatur

BBA, BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT (1998): Jahrebericht des Instituts für Folgenabschätzung im Pflanzenschutz, Braunschweig.

BMELF, BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1998): Gute fachliche Praxis im Pflanzenschutz. Baden-Baden.

DIERAUER, H. U. (1994): Unkrautregulierung ohne Chemie. Stuttgart.

ESTLER, M. (1991): Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung von mechanisch-physikalischen Maßnahmen. KTBL-Arbeitspapier 150, S. 39 – 57.

GEROWITT, B., M. WILDENHAYN, M. (1997): Ökologische und ökonomische Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen im Ackerbau, Göttingen.

IRLA, E. (1991): Vergleich mechanischer und chemischer Unkrautbekämpfungsverfahren im Getreide. FAT-Berichte 398.

ISENBECK-SCHRÖTER, M., M. KOFOD, B. KÖNIG, T. SCHRAMM, E. BEDBUR, G. MATTHESS (1998): Auftreten von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässern und im Grundwasser. Grundwasser 3, S. 57 – 66, Hannover.

3 Mehrjährige Maßnahmen

3.1 Reduzierte Stickstoffdüngung

Kurzcharakteristik

Die Reduzierung der Stickstoffdüngung ist ein wesentliches Anliegen der Zusatzberatung Wasserschutz.

- Als Maßnahme „reduzierte Stickstoffdüngung“ wird der Abschluss Freiwilliger Vereinbarungen mit einer festen Begrenzung der maximalen N-Düngungshöhe bezeichnet. Die Maßnahme zielt ab auf eine ausgeglichene bis leicht negative N-Bilanz auf „hoch“ bis „sehr hoch“ austragsgefährdeten Standorten.
- Neben dieser Freiwilligen Vereinbarung strebt die Zusatzberatung eine generelle Senkung des N-Düngeniveaus z. B. durch den Einsatz des Erweiterten Bilanzansatzes (s. Kap. A 1.1.1) zur Berechnung von Düngeempfehlungen an.

Der Grundwasserschutz-Erfolg einer reduzierten N-Düngung ist kurzfristig nur über einen ggf. reduzierten N-Bilanzsaldo nachweisbar. Eine Minderung der Herbst N_{\min} -Werte oder der Nitrat-Konzentration im Sickerwasser ist bei einer Düngereduktion nur zu erwarten, wenn das Ausgangsniveau deutlich oberhalb der Düngung nach SOLLWERT-Methode lag. Im Normalfall dominieren die standortgebundenen Parameter des Stickstoffumsatzes im Boden langjährig über die Bewirtschaftungseinflüsse, so dass eine Senkung des N-Düngeniveaus erst nach mehrjähriger Verzögerung im Boden nachweisbar ist.

Eine flächendeckende Auswertung von ein- und mehrjährigen Versuchen zur Stickstoffdüngung wird derzeit für Niedersachsen erstellt.

Tab. 1: Korrelation zwischen N-Austrag und diversen Stickstoffgrößen, ENGELS 1993

	N-Austrag auf Sandböden	N-Austrag auf Lehmböden
N-Düngung	0,31	0,55
N-Angebot	0,34	0,52
N-Bilanz	0,4	0,49
Nmin-Rest (0-90)	0,67*	0,42
Nmin-Rest (30-60)	0,04	0,85**
Nmin-Rest (0-90)+ N-Mineralisation (Ernte bis März)	0,87**	0,53

* = schwach signifikanter Zusammenhang
** = signifikanter Zusammenhang

Anwendungsbereich

Auf „hoch“ oder „sehr hoch“ austragsgefährdeten Standorten wird eine Reduzierung der N-Düngung bis auf das Niveau entsprechender **Freiwilligen Vereinbarungen** angestrebt, da auf diesen Standorten davon auszugehen ist, dass aufgrund kurzer Umsatzzeiten des Wasserhaushaltes und geringer Denitrifikation die Düngebegrenzung direkten Einfluss auf die Größe des auswaschungsgefährdeten N-Pools hat. Allerdings sind bei einer Stickstoff-Reduzierung auf diesen Standorten Ertragseinbußen die Regel.

Für eine reduzierte N-Düngung ist das gesamte Fruchtartenspektrum geeignet. Schwerpunktartig werden Freiwillige Vereinbarungen für Wintergetreide und Winterraps angeboten. Gleichwohl liegen auch in anderen Anbaufrüchten, wie z. B. der Zuckerrübe, Einsparungspotenziale.

Durchführung

Die Düngeplanung nach dem „Erweiterten Bilanzansatz“ ist wegen der großen Bedeutung für die flächendeckende Reduzierung des N-Düngereinsatzes in Wassergewinnungsgebieten in einem eigenen Kapitel (A 1.1.1) detailliert dargestellt.

Freiwillige Vereinbarungen

Freiwillige Vereinbarungen zur reduzierten N-Düngung in verschiedenen Wintergetreidearten und zu Winterraps gehen von einer fruchtartenspezifischen **Deckelung des N-Angebotes** aus. Die Verteilung der Düngermengen auf die Düngezeitpunkte wird nicht vorgeschrieben, jedoch wird eine **Düngung vor Winter ausgeschlossen**. Ziel der Zusatzberatung, die die detaillierte Düngeplanung durchführt, ist es, eine zu **hohe Qualitätsgabe zu vermeiden**, die erfahrungsgemäß hohe Herbst N_{\min} -Gehalte hervorruft.

Erfolgsbewertung

Beispiel Winterweizen (Wintergetreide)

Die in der Größenordnung der Freiwilligen Vereinbarung reduzierte N-Düngung (max. 180 kg N-Angebot/ha) in Winterweizen

- führt zu einem deutlichen Ertragsrückgang, der sich in der Regel zwischen 5 und 20 % bewegt (INTEX, LWK NORTHEIM, ENGELS);
- lässt den Rohproteingehalt um bis zu 3 % sinken;
- erreicht eine nahezu ausgeglichene N-Flächen-Bilanz.

Durch Anrechnung von Ausgleichszahlungen für die Freiwilligen Vereinbarungen werden die wirtschaftlichen Verluste in der Regel kompensiert und der Erlös u. U. sogar erhöht.

Tab. 2: Beispiel WW-Exaktversuche Mittelwerte der Versuche 1998 im LK Northeim

		ohne N-Düngung	Freiwillige Vereinbarung	erw. Bilanz-Ansatz	praxisüblich
N-Düngung	[kg N/ha]	0	114	146	214
Rohproteingehalt	[%]	9	10,2	10,8	11,9
Ertrag	[dt/ha]	46	71	72	77
N-Bilanz	[kg N/ha]	-72	-18	8	48
Erlös	[DM/ha]	1999	2486	2446	2517
Ausgleich FV 1998	[DM/ha]	0	210	0	0

Daten: LWK 1998

Auswirkungen der reduzierten N-Düngung auf N_{min} -Wert und N-Bilanzsaldo

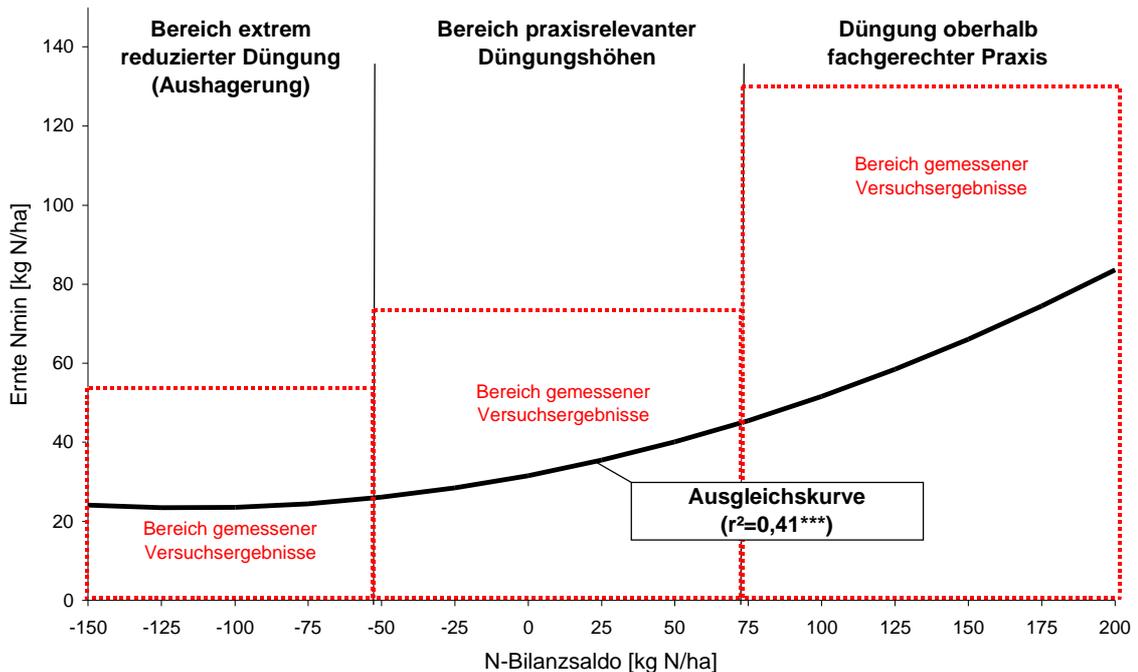


Abb. 1: Beziehung zwischen N-Bilanz und Ernte N_{min} -Wert, ENGELS 1993, verändert

Zwischen der N-Düngung und dem N-Bilanzsaldo besteht auf Standorten „hoher“ oder „sehr hoher“ Nitrataustragsgefährdung ein relativ enger Zusammenhang. Die Beziehung des N-Bilanzsaldos zu dem N_{min} -Wert zur Ernte oder dem Herbst N_{min} -Wert ist komplexer. Während sich zum Ernte N_{min} -Wert noch eine schwache aber signifikante Beziehung ergibt (Tab. 1), ist eine Beziehung zwischen N-Bilanzsaldo und Herbst N_{min} -Wert nicht belegt (s. Kap. B 2.2).

Folgende Faktoren sind für die Unschärfe zwischen vereinfacht berechnetem Wert (N-Bilanz) und Messwert (N_{min} -Wert) verantwortlich:

- Die Bilanz ist abhängig vom N_{min} -Ausgangswert, der jedoch in die Berechnung nicht mit einbezogen wird.
- Die Umsetzungen innerhalb des Stickstoffpools des Bodens (Mineralisierung, Nitrifikation, Denitrifikation, Immobilisation) sind von schwankenden Einflüssen abhängig. In erster Linie handelt es sich um die Milieuparameter Bodentemperatur und Wassergehalt, die durch die Witterung beeinflusst werden.
- In hochgedüngten Beständen wird mehr N in Humus festgelegt.
- Die Krümmenvertiefung hat eine Stickstoffsänke geschaffen, die die Versuchsergebnisse der letzten Jahrzehnte überlagert.

Die Reduzierung der N-Düngung ist der direkteste Ansatz, um die hohen Nährstoffüberschüsse in der Landwirtschaft zu regulieren. Sofortige Auswirkungen sind

- ein ausgeglichener bis leicht negativer N-Flächenbilanz-Saldo und
- Ertragseinbußen.

Langfristig erfolgt

- eine Reduzierung der Herbst- und Nachernte- N_{\min} -Werte und die
- Verringerung der Nitratkonzentration im Sickerwasser.

Die Begrenzung der N-Düngung ist ein zentrales Anliegen der Zusatzberatung. Ziel sollte nicht eine starre Begrenzung der N-Düngungshöhe, sondern eine standort- und nutzungsangepasste Düngeplanung sein. Für eine effektive und auch schnelle Verringerung von N_{\min} -Werten und Nitratkonzentrationen ist die Flankierung durch weitere Maßnahmen (z. B. Nachernte-Management im Wintertraps, Bodenbearbeitung, Zwischenfrüchte) empfehlenswert.

Parameter	Bewertung
Düngungsminderung	min. 30 kg N/ha gegenüber SOLLWERT
Saldominderung	in der Größenordnung der Düngereduktion
N_{\min} -Minderung	nur in der Tendenz nachweisbar
Sickerwasserentlastung	nur in der Tendenz nachweisbar

Literatur

BERG, B. (1997): Auswirkungen einer N-Düngerbegrenzung auf Kenngrößen der Pflanzenproduktion und der Bodenökologie in zwei Regionen Niedersachsens. Dissertation Universität Göttingen.

ENGELS, T. (1993): Nitratauswaschung aus Getreide- und Zuckerrübenanbau bei unterschiedlichem N-Angebot. Dissertation Universität Hannover.

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER (LWK) HANNOVER (1998): Stickstoffdüngung, Ergebnisse aus Versuchen in Wasserschutzgebieten 1998. Landwirtschaftskammer Hannover, Bezirksstelle Northeim.

3.2 Grundwasserschutz-orientierte Gestaltung von Anbausystemen

Kurzcharakteristik

Innerhalb des Ackerbaus lässt sich der größte Grundwasserschutz-Erfolg durch die Kombination einer Grundwasserschutz-orientierten Fruchtfolgegestaltung mit flankierenden Einzelmaßnahmen erreichen. Nur so ist unter Ackerfruchtfolgen die dauerhafte Einhaltung des TVO-Grenzwertes von 50 mg NO₃/l im Sickerwasser möglich.

Ausgehend von den bisherigen „IST“- Fruchtfolgen werden zunächst „SOLL“- Fruchtfolgen mit den folgenden Zielvorgaben entworfen:

- N-effiziente Einzelfrüchte, d. h. eine hohe Ausnutzung des Stickstoff-Angebotes aus Düngung und Mineralisation; → niedrige N-Bilanzsalden
- hoher Anteil von Sommerungen in Kombination mit Vorfrüchten, deren Erntetermin einen effektiven Zwischenfruchtanbau ermöglicht. → niedrige Herbst-N_{min}-Werte

Die Fruchtfolge-Neugestaltung stellt einen deutlichen Eingriff in die Bewirtschaftungsweise dar. Agrarstrukturelle, ökonomische und standörtliche Aspekte müssen dabei berücksichtigt werden. Die Ziel-Fruchtfolgen werden daher gebietspezifisch entwickelt. Den Betriebsleitern müssen hierbei ausreichende Freiräume zur Anpassung an die einzelbetriebliche Situation eingeräumt werden.

Die Grundwasserschutz-orientierte Fruchtfolgegestaltung wird durch weitere Grundwasserschutz-Maßnahmen ergänzt, deren effiziente Platzierung ein wesentliches Ziel der Fruchtfolgeplanung ist. Welche Einzelmaßnahmen (vgl. Kap. A 1, 2 und 3.1) eingesetzt werden, hängt von den Hauptfrüchten, der Grundwasserschutz-Priorität und der Bereitschaft der Bewirtschafter ab.

Die Ausgleichszahlung für die Grundwasserschutz-orientierte Anbausystemgestaltung ergibt sich aus der Minderung des Deckungsbeitrags gegenüber dem gebiets- oder betriebsüblichen Anbausystem.

Anwendungsbereich

In ackerbaulich geprägten Regionen mit geringer Bedeutung der Tierhaltung ist die Grundwasserschutz-orientierte Weiterentwicklung der bisherigen Anbausysteme das vorrangige Langzeit-Ziel der Zusatzberatung. Je nach Einstufung des Wassergewinnungsgebietes nach dem Niedersächsischen Prioritätenprogramm (NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM 2000) und der Nitrataustragsgefährdung (NAG) der Einzelfläche werden

Begriffsdefinitionen

- **Fruchtabfolge** = zeitliche Abfolge von Einzelfrüchten auf einer Fläche
- **Fruchtfolge** = periodisch wiederkehrende Fruchtabfolge
- **Anbausystem** = Gesamtheit von *Fruchtfolge*, *Bodenbearbeitung* und *Bestandesführung* (Sortenwahl, Saat- und Erntetermin, Düngung, Pflanzenschutz)

Die Eingriffsintensität variiert - je nach Grundwasserschutz-Priorität der Einzelfläche.

dabei nur einige, oder alle Elemente der Grundwasserschutz-orientierten Anbausystemgestaltung eingesetzt.

Eine komplette Neugestaltung der Fruchtfolge kommt v. a. für mineralisationsstarke Standorte und Flächen der NAG-Klassen „hoch“ oder „sehr hoch“, für brunnennahe Flächen mit der NAG „mittel“, also für Teilgebiete mit einer hohen Grundwasserschutz-Priorität in Frage.

Durchführung

Grundwasserschutz-orientierte Anbausysteme werden gebiets-spezifisch entwickelt. Die Anpassung an die einzelbetriebliche Situation erfolgt durch die Betriebsleiter in Zusammenarbeit mit der Zusatzberatung. Hierfür sind in den Freiwilligen Vereinbarungen Wahlmöglichkeiten bzw. entsprechende Freiräume vor-zusehen.

Erfassung der Ausgangssituation

Die Ausgangssituation ist charakterisiert durch die natürlichen Standortbedingungen (Klima, Böden, Relief) und die vorhan-denen Anbausysteme.

Die folgende Tabelle zeigt die relevanten Aspekte der Anbau-systeme und wie Informationen hierzu zu beschaffen sind (am Beispiel des Wirtschaftsjahres 1999/2000).

Aspekte der Anbausysteme	Daten bzw. Informationsquelle
1. Flächenanteil der Einzelfrüchte 2. Fruchtfolgen bzw. Fruchtfolgen	Jahresbericht bzw. Flächennutzungserhebung der Zusatzberatung
3. Intensität, Zeitpunkt und Technik der Bodenbearbeitung und Bestellung 4. Pflanzenschutz	Kenntnisse der Landwirte und Berater vor Ort
5. Düngungshöhe und Düngerform 6. Ertragerwartung	Auswertung von Ackerschlagkarteien sowie Kenntnisse der Landwirte und Berater vor Ort
7. Verwertungsrichtungen	Kenntnisse der Landwirte und Berater vor Ort
8. Marktpreise 9. Beihilfesätze 10. Variable Kosten 11. Arbeitszeitbedarf	FID-Richtwertdeckungsbeiträge 1999 (bei starken Abweichungen u. U. regionale Anpassung), Agenda 2000 (BMELF 2000, siehe Kap. A 2.3)

Bei gebietlichen Besonderheiten können weitere Quellen für die Punkte 8 bis 11 herangezogen werden (vgl. Literaturverzeichnis):

- Das „KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft“ (KTBL 1998) liefert Werte für die Arbeitszeitbedarfs-Berechnung und die Maschinenkosten-Berechnung bei Abweichungen von den Annahmen in den FID-Richtwert-Deckungsbeiträgen.
- Die „Verrechnungssätze für Maschinen- und Betriebshilfsdienstringe“ enthalten wichtige Anhaltswerte für den Zukauf von Fremdleistungen.

- Die „Richtwerte verschiedener Verfahren der Pflanzenproduktion“ (LWK WESER-EMS 1998) enthalten z. B. Deckungsbeiträge für Produktionsverfahren mit und ohne Wirtschaftsdüngereinsatz.
- Die „Berechnungsgrundlagen für Ausgleichsleistungen in Wasserschutzgebieten gemäß § 51 a NWG“ enthalten alle wesentlichen Berechnungsansätze und Ausgleichsleistungen.

Anhand der genannten Daten werden die vorhandenen Anbausysteme hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Bedeutung und ihres Flächenanteiles innerhalb des Wassergewinnungsgebietes charakterisiert.

Erarbeitung Grundwasser-schonender Anbausysteme

Fruchtfolge-Optimierung

Umstellung der Fruchtfolge

Ausgehend von der bisherigen Fruchtfolge (bzw. den prozentualen Anteilen der Einzelfrüchte in einer mehrjährigen Fruchtfolge), wird zunächst überprüft, inwieweit durch Umstellung der Fruchtfolgeglieder eine Grundwasserschutz-bezogene Verbesserung möglich ist. Beispielsweise wird angestrebt, vor Sommerungen bevorzugt Früchte mit einem frühen Erntetermin zu positionieren, um eine gute Zwischenfrucht-Entwicklung zu erreichen.

Austausch von Einzelfrüchten

Der Austausch von Einzelfrüchten bzw. die Verlängerung der Fruchtfolge durch Einschaltung zusätzlicher Hauptfrüchte dient

Einschaltung zusätzlicher Einzelfrüchte (Fruchtfolge-Streckung)

- der Erhöhung des Anteiles von Sommerungen (um mehr Zwischenfrüchte anbauen zu können) und
- der Erhöhung des Anteiles Grundwasser-schonender Einzelfrüchte.

Dabei lassen sich besonders rentable Früchte, die gleichzeitig Probleme für den Grundwasserschutz darstellen, u. U. nur schwer austauschen, da der Austausch hohe Ausgleichszahlungen erfordert und gleichzeitig möglicherweise auf Akzeptanzprobleme bei den Bewirtschaftern trifft.

Flankierende Maßnahmen zur Wirkungsoptimierung

Zusatzmaßnahmen

Die Vorgaben zur Fruchtfolgegestaltung werden in den Freiwilligen Vereinbarungen mit flankierenden Einzelmaßnahmen wie der reduzierten Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtanbau usw. kombiniert, die in den Kapiteln A 1, 2 und 3.1.1 beschrieben sind. Diese Maßnahmen-Kopplung dient der Wirkungsoptimierung, da insbesondere die Minimierung der N-Bilanzsalden erst langfristig eine Grundwasser-Entlastung bewirkt. Die Minderung des Verwaltungsaufwandes, die sich durch die Regelung komplexer Bewirtschaftungsaufgaben im Rahmen nur einer Freiwilligen Vereinbarung ergibt, ist ein erwünschter Nebeneffekt.

Kalkulation der Ausgleichszahlungen

Die erforderlichen Ausgleichszahlungen ergeben sich aus der Differenz der mittleren jährlichen Deckungsbeiträge der Ziel-

Fruchtfolge gegenüber der Ausgangsfruchtfolge zuzüglich der Ausgleichszahlungen für die Zusatzmaßnahmen, die im Katalog der Freiwilligen Vereinbarungen der Bezirksregierungen festgelegt sind.

In die Berechnung der Deckungsbeiträge gehen ein:

- die WGG-spezifischen Erträge und Qualitäten der Früchte;
- die Marktpreise der letzten 3 Erntejahre, die variablen Kosten des Anbaus und der Arbeitszeitbedarf;
- die regionspezifischen Flächenprämien nach der Agenda 2000.

Beispiele mit Kosten-Nutzen-Analyse

Im folgenden werden zwei Beispiele für die Fruchtfolge-Neugestaltung und die hierdurch z. T. erst ermöglichten Zusatzmaßnahmen beschrieben. Neben den Kosten wird dabei auch der zu erwartende Grundwasserschutz-Nutzen abgeschätzt und zu den Kosten in Beziehung gebracht. Die Beispiele wurden mit Hilfe einer EXCEL-Tabellenkalkulation durchgerechnet, die für die Planung von Grundwasserschutz-orientierten Anbausystemen entwickelt wurde (ARBEITSKREIS „GRUNDWASSERSCHONENDE ANBAUSYSTEME IN DER GEEST“ 1999).

$$\begin{aligned}
 & \text{mittlerer jährlicher Deckungsbeitrag der Ausgangsfruchtfolge} \\
 & \quad - \\
 & \text{mittlerer jährlicher Deckungsbeitrag der Soll-Fruchtfolge} \\
 & \quad + \\
 & \text{mittlere jährliche Ausgleichszahlungen für flankierende Maßnahmen} \\
 & \quad = \\
 & \text{jährliche Ausgleichszahlung für die Grundwasserschutz-orientierte Anbausystemgestaltung}
 \end{aligned}$$

Beispiel 1: Änderung der Fruchtfolge und Einbau von Zusatzmaßnahmen
(kein Austausch von Einzelfrüchten)

	Frucht 1			Frucht 2			Frucht 3			Fruchtfolge-Durchschnitt					
		Deckungsbeitrag [DM/ha]	Herbst-N _{min} [kg N/ha]	N-Saldo [kg N/ha]		Deckungsbeitrag [DM/ha]	Herbst-N _{min} [kg N/ha]	N-Saldo [kg N/ha]	Deckungsbeitrag [DM/ha]	Herbst-N _{min} [kg N/ha]	N-Saldo [kg N/ha]				
Ausgangs-Fruchtfolge	Z-Rübe	2369,-	45	90	So-Gerste	1139,-	50	20	Roggen	1310,-	60	40	1606,-	52	50
	A				Brau				Brot						
Soll-Fruchtfolge	Z-Rübe	2369,-	45	90	Roggen	1310,-	60	40	So-Gerste	1139,-	50	20	1606,-	52	50
	A				Brot				Brau						
	Differenz									0,-	0	0			
Zusatzmaßnahmen	Mulch	80	10	0	N-Red WR	190	10	40	ZF 1.9.	200	33	0	257,-	33	13
					WR-Spät	100	10	0							
					ZF 1.9.	200	33	0							
mittl. jährl. Ausgleichsbetrag / Herbst-N_{min}-Red. / N-Saldo-Reduzierung:										257,-	33	13			
Kosten je kg N:											7,70	19,25			

In den farbigen Spalten stehen in den Fruchtfolge-zeilen zu jeder Frucht und als Mittelwert der gesamten Fruchtfolge jeweils von links nach rechts der Deckungsbeitrag, der im Mittel zu erwartende Herbst-N_{min}-Wert und der erwartete N-Bilanzsaldo (am Beispiel von Erfahrungswerten aus der Niedersächsischen Geest). Bei den Zusatzmaßnahmen stehen stattdessen die Ausgleichszahlungsbeträge und die erwartete N_{min}- bzw. Bilanzsaldo-Minderung.

Die Änderung der Fruchtfolge führt bei geringer Eingriffsintensität in die landwirtschaftlichen Betriebsabläufe in Beispiel 1 zu einer Minderung der Herbst-N_{min}-Werte nach der Zuckerrübe. Der Nachteil des späteren Roggen-Saattermins (höherer Saatgut-Aufwand und Ertragsminderung) wird als „Zusatzmaßnahme Spätsaat“ ausgeglichen.

Die N-Düngungsreduktion zum Brotroggen ist wegen des hohen Vorfrucht-Effektes der Zuckerrübe gut durchführbar. Außerdem lassen sich in der geänderten Frucht-Abfolge zwei statt bisher einer Zwischenfrucht realisieren.

Mit Kosten von DM 7,70 pro kg zu erwartender Herbst-N_{min}-Minderung ist mit der Gesamt-Maßnahme eine relativ kostengünstige, zeitnahe Verbesserung der Sickerwasser-Qualität zu erwarten, während die Minderung des N-Bilanzsaldos geringer ausfällt und damit pro kg N teurer ist.

Beispiel 2: Änderung der Fruchtfolge, Austausch von Einzelfrüchten und Einbau von Zusatzmaßnahmen

	Frucht 1				Frucht 2				Frucht 3				Frucht 4				Fruchtfolge-Durchschnitt		
																	D.beitrag bzw. Ausgleich [DM/ha]	He.-N _{min} bzw. -Senkung [kg N/ha]	N-Saldo bzw. -Senkung [kg N/ha]
Ausgangs-Fruchtfolge	Z-Rübe A	2369,-	45	90	Kartoffel Speise (früh)	2278,-	100	50	Weizen B	1473,-	70	60	Wi-Gerste Futter	1403,-	60	30	1881,-	69	58
Soll-Fruchtfolge	Kartoffel Speise (früh)	2278,-	100	50	Z-Rübe A	2369,-	45	90	Roggen Futter	1230,-	60	40	Hafer Futter	1053,-	60	40	1733,-	66	55
													Differenz				148,-	3	3
Zusatz- maßnahmen	Reihen- düngung	50	0	20	Mulchsaat	80	10	0	erhöhte Saatsstärke	100	10	0	Zwischenfrucht	150	25	0	318,-	33	24
	Zwischenfrucht Grünroggen	300	35	25	reduzierte Bo.bearbeitung	50	15	10	N-Düngungs- Reduktion	190	10	40							
									Herbizid- Verzicht	200	0	0							
									Zwischen- frucht	150	25	0							
mittlerer jährlicher Ausgleichsbetrag / Herbst-N_{min}-Reduzierung / N-Saldo-Reduzierung:																	466,-	35	26
Kosten je kg N:																		13,31	17,75

Bei dieser Variante ermöglicht die Umstellung der ersten beiden Fruchtfolgeglieder die Einbindung der sehr N-aufnahmefähigen Zwischenfrucht Grünroggen. Nach der Zuckerrübe wird Winterweizen durch Winterroggen ersetzt, bei dem eine N-Düngungsreduktion gut möglich ist. Der späte Saattermin nach der Zuckerrübe macht eine erhöhte Saatsstärke erforderlich. Die gegenüber Weizen frühere Ernte begünstigt die Etablierung einer Zwischenfrucht, die durch Ersatz von Gerste durch Hafer im vierten Fruchtfolgejahr ermöglicht wird.

Mit DM 13,31 je kg Herbst-N_{min}-Senkung ist diese Grundwasserschutz-Maßnahme für intensive Ackerfruchtfolgen teurer als das Beispiel 1.

Erfolgsbewertung

Durch Eingriffe in die Fruchtfolge ermöglicht die Grundwasserschutz-orientierte Anbausystemgestaltung eine optimale Integration von Grundwasserschutz-Einzelmaßnahmen innerhalb des Ackerbaus. Die mehrjährige Laufzeit und evtl. der Austausch von Hauptfrüchten bedeutet einen tiefen Eingriff in die landwirtschaftlichen Betriebsabläufe. Für die Entwicklung, Vermittlung und Umsetzung von Freiwilligen Vereinbarungen zur Grundwasserschutz-orientierten Anbausystemgestaltung ist daher eine intensive Kooperation mit der Bewirtschaftern erforderlich. Eine zeitaufwendige Betreuung während der gesamten Umsetzungsdauer ist dabei unvermeidbar.

In Abhängigkeit von der (gesamt- oder teilgebietlichen) Grundwasserschutz-Priorität, der aktuellen Belastungssituation und der standörtlichen Nitrat-Austragsgefährdung kann die Eingriffsintensität und damit auch die Höhe der Ausgleichszahlungen variiert werden.

Generell sollten die Grundprinzipien Grundwasserschutz-orientierter Anbausysteme auch bei der Entwicklung und Vermittlung aller Grundwasserschutz-Einzelmaßnahmen berücksichtigt werden. Insofern ist die Grundwasserschutz-orientierte Anbausystemgestaltung das Fernziel der Zusatzberatung für Ackerflächen.

Literatur

ARBEITSKREIS „GRUNDWASSERSCHONENDE ANBAUSYSTEME IN DER GEEST“ (1999): Leitfaden zur Gestaltung grundwasserschutzorientierter Anbausysteme für die Trinkwassergewinnungsgebiete der Geestplatten nördlich und südlich der Aller. Im Auftrag der Bezirksregierung Braunschweig erstellt.

KURATORIUM BAYRISCHER MASCHINEN- UND BETRIEBSHILFSRINGE E.V. (1997): Verrechnungssätze ab 1997 für Maschinen- und Betriebshilfsdienste. München, Januar 1997.

KTBL, KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (1998): KTBL Taschenbuch Landwirtschaft: Daten für die Betriebskalkulation in der Landwirtschaft. 19. Aufl. 1998/1999, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.

LWK HANNOVER & LWK WESER-EMS (1998): Berechnungsgrundlagen für Ausgleichsleistungen in Wasserschutzgebieten gemäß § 51a NWG. Erntejahr 1998, Stand: 10.01.1999.

LWK WESER-EMS (1998): Richtwerte verschiedener Verfahren der Pflanzenproduktion 1997. Fachliche Mitteilungen, Abteilung 3 der LWK Weser-Ems.

LWK HANNOVER & AG LANDBERATUNG (1999): Richtwert-Deckungsbeiträge 1999 der Landwirtschaftskammer Hannover. Fachlicher Informationsdienst FID-Extra Nr. 36/99.

MU, NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (2000): Effizienzkontrolle der Maßnahmen in der Landwirtschaft aus der Wasserentnahmegebühr - Prioritätenprogramm Trinkwasserschutz. Statusbericht und Vorschläge des ad-hoc-Arbeitskreises ‚Prioritätenprogramm‘.

3.3 Ökologischer Landbau

Kurzcharakteristik

Das Konzept des Ökologischen Landbaus (auch Biologischer oder Organischer Landbau) verfolgt eine ganzheitliche Strategie, bei der die landwirtschaftliche Produktion als Teil von Kreisläufen im Ökosystem gesehen wird. Die Stoffflüsse im Ökologischen Landbau entsprechen in vielen Punkten auch den Zielsetzungen des Grundwasserschutzes.

- Stickstoff ist im Ökologischen Landbau durch das Zukaufverbot von Düngemitteln ein ertragsbegrenzender Faktor. Daher ist die Vermeidung von N-Verlusten (z. B. durch Auswaschung) ein vorrangiges Ziel.
- Der Einsatz von chemisch-synthetischen PSM ist verboten. Dadurch ist eine Grundwasser-Belastung von vornherein ausgeschlossen.
- Die Besatzstärke (GVE/ha) in der Tierhaltung ist begrenzt. Problematisch hoher Wirtschaftsdüngeranfall und Flächenknappheit zur Ausbringung sind daher ausgeschlossen.

Zwei Möglichkeiten der Etablierung des Ökologischen Landbaus in Wassergewinnungsgebieten werden derzeit verfolgt:

- die flächen- bzw. betriebsteilbezogene Förderung des Ökologischen Landbaus für konventionell wirtschaftende Betriebe,
- die Förderung der Umstellung ganzer Betriebe und die Zertifizierung des Betriebes durch einen Verband des Ökologischen Landbaus als weitergehendes Ziel.

Anwendungsbereich

Für die Förderung flächenbezogener ökologischer Bewirtschaftung oder die Umstellung ganzer Betriebe auf Ökologischen Landbau gibt es grundsätzlich keine Standort-Präferenzen. In diversen Wasserschutzgebieten wurden auf diese Weise aber vornehmlich Flächen der Schutzzone II extensiviert. Ausdrücklich ist die Förderung des Ökologischen Landbaus aber nicht auf Standorte mit kritischem Nährstoff-Auswaschungspotenzial beschränkt, um die Umsetzung nicht durch zusätzliche Einschränkungen zu hemmen.

Die Umstellung des Gesamtbetriebes war bisher vornehmlich für Betriebe in einer wirtschaftlichen Grenz- oder Umbruchsituation, in der Regel bedingt durch ungünstige Betriebsstruktur oder einen Generationswechsel, interessant.

Voraussetzung für die ökologische Bewirtschaftung sowohl von Teilflächen als auch des gesamten Betriebes ist eine intensive Auseinandersetzung mit den Prinzipien und Richtlinien des Ökologischen Landbaus durch den Bewirtschafter in enger Kooperation mit dem Zusatzberater.

Definition und Richtlinien der Ökologischen Landwirtschaft

Das wesentliche Prinzip des Ökologischen Landbaus liegt in einer optimalen Organisation und Vernetzung verschiedener Betriebsteile bei geringer Stickstoff-Zufuhr von aussen. Geleitet wird er von dem Bild eines das Agrarökosystem überformenden, harmonisch eingefügten Betriebsorganismus.

Eine EU-Verordnung sowie Richtlinien der AGÖL (Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau e.V.) liefern die grundlegenden Bewirtschaftungsbeschränkungen, u. a.:

- Synthetische N-Verbindungen, Chilesalpeter, Harnstoff und leichtlösliche Phosphate sind verboten.
- Einsatz von Fäkal- oder Klärschlamm, Müllkompost ist verboten.
- Futterzukauf ist nur sehr eingeschränkt möglich.
- Der Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel ist verboten.

Die Einhaltung der Richtlinien wird durch ein staatlich beaufsichtigtes Kontrollsystem der Verbände des Ökolandbaus sichergestellt.

Durchführung

Flächenbezogene Förderung des Ökologischen Landbaus

Bei der flächenbezogenen Förderung wird den Landwirten die Möglichkeit geboten, eine Freiwillige Vereinbarung „Öko-Landbau“ abzuschließen. Dabei wird die Bewirtschaftung der Flächen im Bereich des Pflanzenbaus nach der EU-Verordnung VO 2092/91 für den Vertragszeitraum (mindestens 3 Jahre, höchstens 5 Jahre) festgeschrieben. Aus EU-Mitteln wird der flächenbezogene Ökologische Landbau ebenfalls (mit leicht verschärften Bewirtschaftungsbedingungen) gefördert. Die Bewirtschaftung von Einzelflächen nach den Regeln des Ökologischen Landbaus vermeidet für den Landwirt die Umstellungsrisiken, die bei einer Umstellung des gesamten Betriebes entstehen, und sichert durch die aus der Wasserentnahmegebühr geleisteten Ausgleichszahlungen weitgehend die bisherigen Erlöse. Außerdem ermöglicht die Umsetzung der Freiwilligen Vereinbarung dem Bewirtschafter, Kompetenz in ökologischer Produktionsweise zu bilden.

Betriebsumstellung auf Ökologischen Landbau

Die Umstellung des gesamten Betriebes zieht Veränderungen bei nahezu allen Arbeitsabläufen und bei allen betriebswirtschaftlich relevanten Faktoren nach sich:

- sinkender Einsatz von Produktionsmitteln,
- sinkende Erträge: durchschnittlicher Ertragsrückgang beträgt 30 bis 50 %,
- Umgestaltung der Fruchtfolgen: Zurückdrängung von Raps, Mais und Zuckerrüben zugunsten von Leguminosen, Ackerfutter, Kartoffeln und Gemüse,
- Erweiterung der Fruchtfolgen von 3 bis 4 Gliedern auf z. B. 6 Glieder,
- Erhöhung des Arbeitskräftebedarfs und Umstellung der Produktionstechnik und
- Erhöhung der Erlöse durch Vermarktung als Bio-Produkte.

Günstige Randbedingungen für die Umstellung sind nach bisherigen Erfahrungen:

- stabile Preise für Öko-Produkte oberhalb der Preise für konventionell erzeugte Produkte,
- Nähe zu etablierten Absatzmärkten für Öko-Produkte (überwiegend städtische Regionen) und
- Möglichkeiten zur Selbstvermarktung von Produkten.

Die Umstellung wird durch konventionell wirtschaftende Landwirte häufig als zu aufwendig und risikoreich abgelehnt. Haupthindernis bei der Umstellung ganzer Betriebe auf Ökologischen Landbau ist das hohe wirtschaftliche Risiko während der Umstellungszeit von ca. 2 Jahren. In dieser Phase stehen den erheblichen Ertragseinbußen von 30 bis 50 % keine adäquaten

*Beispiel: Schrittweise Heranführung an Ökologischen Landbau durch das **Biopool-Programm** (DEKING und SEUL in NLÖ 1999):*

1. *Information vor Ort zu Zusammenhängen, Strategien und Richtlinien im Ökologischen Landbau durch Zusatzberatung, Ökoring, Verbände etc.*
2. *Umstellung von Einzelflächen zur Verwirklichung von Grundwasserschutz-Zielen.*
3. *Heranführung an Absatzmärkte für Öko-Produkte zur Erarbeitung von Marktkompetenz.*
4. *Beitritt zu Verbänden des Ökologischen Landbaus (= Betriebsumstellung).*

Vermarktungsmöglichkeiten in Form von Bio-Produkten gegenüber. Das Land Niedersachsen fördert daher diese Umstellung. (Informationen zur Betriebsumstellung bei AGÖL und BUND)

Umstellungs- und Vermarktungskonzepte

Auf Initiative einiger Wassergewinner und des NLO wurden zahlreiche Konzepte für die Umstellung von Flächen oder Betrieben auf Ökologischen Landbau entwickelt. Neben den pflanzenbaulichen Aspekten stehen insbesondere Vermarktungsstrategien im Mittelpunkt dieser Ansätze. Gemeinsames Ziel aller Projekte ist die Steigerung der Akzeptanz des Ökologischen Landbaus unter Landwirten und die Etablierung wirtschaftlich lukrativer Strukturen für eine Betriebsumstellung. (weitere Informationen über AGÖL, BUND)

Erfolgsbewertung

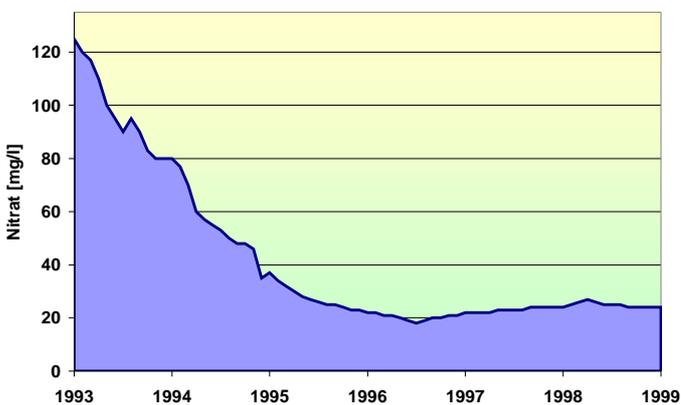


Abb. 1: Entwicklung des Nitrat-Gehaltes im oberflächennahen Grundwasser unter einer Umstellungsfläche auf Ökologischen Landbau. Umstellung im Herbst 1993, OÖWV.

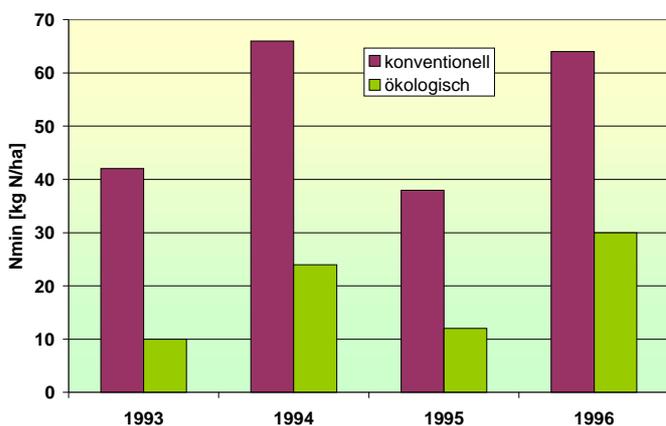


Abb. 2: Mittlere Herbst N_{min} -Werte unter konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung (AGÖL, BUND).

Grundwasserschutz-Effekt des Ökologischen Landbaus

Der Ökologische Landbau weist eine Reihe positiver Grundwasserschutz-Effekte auf:

- Die N-Bilanzsalden sind im Ökologischen Landbau durchweg niedriger als in der konventionellen Landwirtschaft. Vergleichsuntersuchungen ergaben einen durchschnittlichen Bilanzsaldo von 29 kg N/ha im Gegensatz zu 120 kg N/ha bei herkömmlicher Bewirtschaftung (HAAS et al. 1997).
- BRANDHUBER und HEGE (1991) haben mittlere Nitrat-Konzentrationen im Sickerwasser unter Flächen des Öko-Landbaus 15 bis 30 mg NO_3 /l ermittelt.
- Unter Umstellungsflächen wird eine rasche Verbesserung der Nitratkonzentration des oberflächennahen Grundwassers nachgewiesen (Abb. 1).
- Im Bereich der Bodenerosion können aufgrund der angestrebten ganzjährigen Bodenbedeckung signifikante Verbesserungen gegenüber konventioneller Landwirtschaft nachgewiesen werden.

Aus Sicht des Grundwasserschutzes gelten Leguminosen und Kartoffeln als problematische Kulturen im Ökologischen Landbau.

Bei Leguminosen, die atmosphärischen Stickstoff fixieren und damit im Ökologischen Landbau für die N-Versorgung von entscheidender Bedeutung sind, gilt es die hohen

Stickstoffmengen im Boden zu konservieren. Durch folgende

Regelungen zum gewässerschonenden Leguminosenanbau können Nährstoffausträge vermindert werden:

- Unter- oder Stoppelsaaten in Leguminosen,
- Standortangepasste Bodenbearbeitung nach Leguminosen (z. B. später Umbruch),
- Anbau von Gemengen aus Leguminosen und Nicht-Leguminosen sollen Nährstoff-Austräge nach Leguminosenanbau verhindern helfen.

Der Kartoffelanbau hinterlässt ebenfalls relativ große Mengen mineralischen Stickstoffs im Boden. Der Einbau in eine weite Fruchtfolge mit ansonsten geringen Nährstoff-Austrägen und die konsequente Nährstoffkonservierung durch aufnahmestarke Zwischenfrüchte (z. B. Grünroggen) nach Kartoffeln können jedoch durchaus einen Grundwasser-schonenden Kartoffelanbau ermöglichen. Zudem ist auf eine genaue Planung der Bodenbearbeitungszeitpunkte zu achten, um eine zu starke herbstliche Mineralisation zu verhindern.

Ökologischer Landbau besitzt eine hohe Zielkonformität mit den Zielen des Grundwasser-Schutzes. Durch das Verbot von mineralischem Düngemittelzukauf und die Bewirtschaftung in geschlossenen Nährstoffkreisläufen werden Nährstoffüberschüsse vermieden. Untersuchungsergebnisse bestätigen die deutlich geringeren Herbst N_{\min} -Gehalte und Nitratkonzentrationen im Sickerwasser im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft.

Trotz erheblicher Bemühungen seitens der Wasserbehörden und der Wassergewinner, einzelne Flächen oder ganze Betriebe in Wassergewinnungsgebieten auf Ökologischen Landbau umzustellen, ist der Flächenanteil in Niedersachsen mit unter 1% sehr niedrig. Umstellungshindernisse sind zumeist die hohen Ertragsrisiken in der Umstellungszeit, der erhöhte Bedarf an Arbeitskraft im ökologischen Betrieb und die komplexe Erschließung neuer Vermarktungswege für „Bio“-Produkte. Die Erhöhung der Akzeptanz mit dem Ziel der flächen- oder betriebsbezogenen Umstellung sollte das Ziel der Beratung in Wassergewinnungsgebieten sein. Gleichzeitig sollte am Aufbau geeigneter Vermarktungsstrukturen für den Ökologischen Landbau gearbeitet werden.

Parameter	Bewertung
Düngungsminderung	in Höhe der konventionell üblichen mineralischen Düngung
Saldominderung	Flächenbilanzsalden 0 bis negativ; Hoftorbilanzsalden um 30 kg N/ha
Herbst N_{\min} -Minderung	Senkung auf das Niveau von 10 bis 30 kg N/ha
Sickerwasserentlastung	Senkung auf das Niveau von 15 bis 30 mg/l Nitrat
Kosten	Umstellungskosten erheblich, mit etablierten Vermarktungswegen rentabel

Literatur

AGÖL, BUND (199?): Wasserschutz durch Ökologischen Landbau. Bonn, Darmstadt.

BRANDHUBER und HEGE (1991): Nitratbelastung des Sickerwassers unter Acker- und Grünlandnutzung viehhaltender Betriebe. VDLUFA Kongressband, S. 203-208.

HAAS, G., KÖPKE, U. (1997): Umweltrelevanz des Ökologischen Landbaus. In: Ökologischer Landbau: Entwicklung, Wirtschaftlichkeit, Marktchancen und Umweltrelevanz. Tagungsband der FAL SH 175 Braunschweig.

NLÖ, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (1999): Tagungsband: Grundwasserworkshop des NLÖ 1998, Hildesheim.

NLÖ, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (2000): Ökologischer Landbau in Niedersachsen als ein Beitrag zur nachhaltigen Landwirtschaft und zum Grundwasserschutz, Hildesheim.

OOWV, OLDENBURGISCH-OSTFRIESISCHER WASSERVERBAND (1996): Pilotprojekt Ökologischer Landbau - Modellgebiet Thülsfelde. Abschlussbericht, Brake.

3.4 Umwandlung von Acker in Grünland und extensive Grünland-Bewirtschaftung

Kurzcharakteristik

Dauergrünland bietet aus Sicht des Grundwasserschutzes mehrere Vorteile gegenüber der Ackernutzung:

- Ganzjährige Begrünung mit hoher N-Aufnahme,
- keine Bodenbearbeitung, d. h. geringe Mineralisationsraten (Ausnahme: Grünlanderneuerung), und
- geringerer Pflanzenschutzmittel-Einsatz.

Hinzu kommt die sehr geringe Erosionsanfälligkeit von Grünland.

Die Nitrat-Austräge unter Grünland sind deshalb meist deutlich geringer als bei Ackernutzung. Ausnahmen bilden die Weidetierhaltung mit hohen Besatzdichten und der Grünlandumbruch zur Grünlanderneuerung oder zur Überführung in die Ackernutzung.

In Wassergewinnungsgebieten wird daher neben der Umwandlung von Acker in Grünland auch die Erhaltung und extensive Bewirtschaftung von Grünland gefördert.

Anwendungsbereich

Umwandlung von Acker zu Grünland

Die Neuanlage von Grünland setzt Eigennutzung oder eine Absatz-Möglichkeit für das Mähgut voraus.

Die Neu-Einsaat von Grünland für die landwirtschaftliche Nutzung kommt praktisch nur für viehhaltende Betriebe oder bei guten Absatzmöglichkeiten für das Mähgut - z. B. an Reitställe - in Frage.

Als Grundwasserschutz-Maßnahme mit hohen Ausgleichszahlungen wird sie nur für Standorte mit hoher Grundwasserschutz-Priorität angeboten.

Wegen der großen Deckungsbeitrags-Differenzen gegenüber Ackerfruchtfolgen sind im Allgemeinen hohe Ausgleichszahlungen erforderlich. Freiwillige Vereinbarungen zur Umwandlung von Acker in Grünland werden daher nur für Standorte mit „hoher“ oder „sehr hoher“ Nitrat-Austragsgefahr sowie für Sonderstandorte mit bodenbedingt hoher N-Freisetzung (z. B. nährstoffreiche Niedermoore) angeboten. Weitere Entscheidungskriterien sind die Entfernung zum Förderbrunnen und die Sickerwasserbelastung unter der bisherigen Ackernutzung.

Extensive Grünland-Bewirtschaftung

Die Förderung des Grünland-Erhalts und der extensiven Grünland-Bewirtschaftung ist auf allen Standorten der Nitrat-Austragsgefährdungsklassen „hoch“ bis „sehr hoch“ sowie auf Sonderstandorten mit hoher N-Freisetzung sinnvoll.

Durchführung

Grünland-Einsaat

Für die Umwandlung von Ackerflächen in Grünland zur Mahd- oder Weidenutzung wird eine standortgerechte Standardmischung empfohlen. Wichtige Hauptbestandbildner sind das Deutsche Weidelgras und die Gemeine Risppe, da sie keine ausgeprägte Winterruhe durchlaufen (FREDE & DABBERT 1998). „Extensiv-Grünland“-Mischungen mit einem höheren Anteil anspruchsloser Gräser wie z. B. Rotschwingel sind dagegen aufgrund ihres geringeren Futterwertes nur für Sonderzwecke geeignet. Ein geringer Leguminosen-Anteil steht dem Grundwasserschutz-Ziel nicht entgegen (HAAS et al. 1998).

Bei ausreichender Bodenfeuchte erfolgt die Einsaat im August / September, bei Trockenheit oder nach späträumenden Vorfrüchten wird sie je nach Witterungsverlauf etwa ab Mitte März vorgenommen. Für die Saatbettbereitung ist im Allgemeinen eine wendende Bodenbearbeitung erforderlich.

Extensive Grünland-Bewirtschaftung

Als **Bewirtschaftungstypen** werden Weide, Mähweide und Wiese unterschieden. Dabei stellt die reine Mahdnutzung aus Grundwasserschutz-Sicht die günstigste Variante dar.

- **Weide**

Wegen der geringen Nährstoff-Abfuhr mit tierischen Produkten, der ungleichmäßigen Verteilung von Kot und Harn und ggf. der zusätzlichen Nährstoff-Zufuhr durch Zufütterung wird die reine Weidenutzung aus Grundwasserschutz-Sicht gegenüber der Mahdnutzung als ungünstiger bewertet.

Die Besatzstärke sollte 1,8 Großvieheinheiten (GVE) je ha nicht überschreiten; die vorläufige PROLAND-Richtlinie (Niedersächs. MU 2000) sieht ansteigende Förderungshöhen für noch geringere Besatzstärken vor. Die Düngungshöhe (s. u.) ist deutlich geringer als bei Mahdnutzung.

Winteraußenhaltung ist nur bei geringen Besatzstärken (< 1 GVE/ha) zu tolerieren; die Betreuungsplätze sollten eingestreut und regelmäßig entmistet, die Fütterungsstellen turnusmäßig verlegt werden.

- **Mähweide**

Die Mähweide ist durch den Wechsel von Schnittnutzung und Beweidung innerhalb einer Vegetationsperiode definiert. Dabei wird der ertragreiche Frühjahrsaufwuchs überwiegend für die Silage- und ggf. Heugewinnung genutzt, während der spätere Aufwuchs vorwiegend abgeweidet wird.

Vorteile gegenüber der reinen Weidenutzung ergeben sich aus der verringerten mittleren Besatzdichte, d. h. Minderung der Trittschäden und der Kot- und Harnzufuhr, und der höheren Nährstoff-Abfuhr durch die anteilige Mahdnutzung.

Eine geeignete Saatmischung ist auszuwählen.

Definitionen

(RIEDER et al., 1998)

- **Besatzstärke** = während der Vegetationszeit auf das Grünland aufgetriebener und voll ernährter Viehbestand, Beispiel: 2 Rinder auf 1 ha Mähweide, 180 Tage Weidezeit = Besatzstärke 2 GVE/ha

- **Besatzdichte** = Viehbestand pro Hektar Grünland zu einem Zeitpunkt. Beispiel: wenn die o. g. Weide in 5 Koppeln unterteilt ist, die in Rotation beweidet werden, ist die Besatzdichte jeweils auf einer Koppel 10 GVE/ha, auf den übrigen Koppeln 0 GVE/ha.

- **Viehbesatz** = Viehbestand pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche [GVE/ha LF]

Mahdnutzung ist aus Sicht des Grundwasserschutzes die optimale Grünland-Nutzungsform.

- **Wiese**

Die genau steuerbare Nährstoffzufuhr in Verbindung mit einer hohen N-Abfuhrleistung macht die Wiese zur optimalen Form der Grünland-Bewirtschaftung in Wasservorranggebieten.

Mit steigender *Mahdhäufigkeit* nimmt die Futterqualität und der Ertrag zu. Dadurch steigt der Nährstoffentzug überproportional zum Ertrag an (FREDE und DABBERT 1998). Aus diesem Grund wird eine möglichst hohe Schnitthäufigkeit gefordert. Bei Extensiv-Grünland sind maximal 2 bis 3 Schnitte realistisch.

Die *Mahdtermine* sollten weitgehend dem Nutzer überlassen bleiben. Aus Sicht des Biotop- und Artenschutzes sind späte Nutzungstermine anzustreben. Die Futterqualität und die erzielbare Nährstoff-Abfuhr nehmen bei einer Verzögerung der Mahd jedoch ab.

Stickstoff-Düngung

Der Aufbau der Grünlandnarbe aus verschiedenen Pflanzenarten ermöglicht dem Grünland eine flexible Reaktion auf die Düngung. Die Düngungshöhe wirkt sich auf den Trockenmasse-Ertrag und die Futterqualität aus, und sie beeinflusst die Zusammensetzung der Grünlandnarbe. Das hohe Nährstoff-Aneignungsvermögen der Gräser und die Möglichkeit der mehrmaligen „Ernte“ machen Grünland für die gezielte Aushagerung geeignet, vgl. Kap. A 3.5.

An die Grundnährstoffversorgung mit Ausnahme von Stickstoff sind aus Sicht des Grundwasserschutzes keine über die Düngeverordnung hinausgehenden Einschränkungen erforderlich.

Der „Spielraum“ für die N-Düngung ist bei Mahdnutzung groß.

Bei *Mahdnutzung* lassen sich N-Düngungshöhen von 0 bis über 180 kg N/ha mit dem Grundwasserschutz vereinbaren, sofern die Schnitthäufigkeit für eine ausreichende N-Abfuhr sorgt. Hohe Aufwuchsleistungen setzen allerdings eine gute Wasserversorgung und eine ausreichende P-, K- und S-Versorgung voraus.

Die N-Düngermenge pro Einzelschnitt wird im Verlauf der Vegetationsperiode verringert. Die letzte Gabe wird mindestens vier Wochen vor dem letzten Schnitt ausgebracht. In trockenen Jahren kann evtl. ganz darauf verzichtet werden.

Geringe N-Abfuhr mit tierischen Produkten erfordert niedrigere N-Düngungshöhen bei Weidenutzung.

Bei *Weidenutzung* fällt die N-Düngung wegen der sehr geringen Nährstoff-Abfuhr mit den tierischen Produkten (Milch und Fleisch) niedriger aus als bei Mahdnutzung. Die Zufütterung sollte im Rahmen Freiwilliger Vereinbarungen z. B. auf Rauhfutter beschränkt werden.

Freiwillige Vereinbarungen zur Grünland-Extensivierung setzen für die Dünger-N-Zufuhr eine Höchstgrenze von z. B. 90 kg N/ha für reine Weideflächen fest, während bei Mahdnutzung 180 kg N/ha „erlaubt“ werden (Werte der Bezirksregierung Braunschweig 1999).

Sehr geringe N-Düngungshöhen (< 50 kg/ha) werden häufig durch eine Zunahme der N₂-Fixierung durch Leguminosen kompensiert. Aus Daten von WEISSBACH (1995) lässt sich für ein Düngenniveau von 40 kg N pro Hektar und Einzelschnitt folgende vereinfachte Faustformel ableiten:

$$\text{Trockenmasseertrag} \cdot \frac{\text{Ertragsanteil des Klees in \%}}{27} = \text{N - Fixierung in kg / ha} \cdot a$$

Dabei nimmt die N-Fixierungsleistung des Klees mit steigender Düngehöhe geringfügig ab (bei 0-Düngung ist die 27 durch eine 25 zu ersetzen, bei einer sehr hohen Düngung von 80 kg N je Schnittnutzung durch eine 33). Schwierigkeiten bereitet in der Praxis allerdings die Ermittlung des Klee-Anteils im Trockenmasse-Ertrag.

Pflegemaßnahmen

Pflegemaßnahmen sollen die dauerhafte Erhaltung einer dichten Grünlandnarbe gewährleisten, damit die Nährstoffausträge gering bleiben, und ein Umbruch zur Grünlanderneuerung langfristig vermieden werden kann. Hierzu gehören

- bei Weiden die regelmäßige Nachmahd (2 bis 3 mal pro Jahr);
- Walzen aufgefrorener Böden zur Wiederherstellung des Bodenschlusses der Grasnarbe;
- Abschleppen zur Einebnung von Maulwurfshaufen, ggf. Striegeln zur Narbenbelüftung (Aufreißen von Mulchdecken);
- Maßnahmen gegen Wühlmäuse und Tipula-Befall;
- Bekämpfung von Problem-Unkräutern;
- regelmäßige Nachsaat.

Die Nachsaat dient der Beseitigung von Bestandeslücken und der Aufrechterhaltung bzw. Etablierung der gewünschten Zusammensetzung der Grünlandnarbe. Sie wird im März / Anfang April oder gegen Ende August durchgeführt. Dabei profitiert der Spätsommer-Termin von der geringeren Wüchsigkeit der Altnarbe, setzt aber eine ausreichende Bodenfeuchte voraus.

Es stehen verschiedene Techniken für die Nachsaat zur Verfügung (BENKE 2000):

Die „Übersaat-“ Technik (Breitsaat) ist nur bei anschließender Beweidung erfolgversprechend, da der Tritt der Weidetiere für den Bodenkontakt der Saat sorgt. Die „Durchsaat“ mit Schlitz- oder Scheibendrilla-Maschine oder einer Drillfräse ist dagegen auch für Mähwiesen geeignet. Zur Schwächung der Konkurrenz der Altnarbe ist eine Beweidung nach der Saat in jedem Fall vorteilhaft, da hierbei die Abdeckung der aufgehenden Saat durch Schnittgut entfällt.

Falls eine Erneuerung der Narbe unvermeidbar ist, wird ein umbruchloses Verfahren mit Herbizidanwendung und nachfolgender Ansaat in Durchsaat-Technik empfohlen. Hierdurch können Nitratausträge als Folge der sonst unvermeidbaren Humus-

Pflegeziel ist die dauerhafte Erhaltung einer dichten Grünland-Narbe in der gewünschten Zusammensetzung.

Mineralisation und eine Störung der Bodenstruktur weitgehend vermieden werden (MORITZ 1997, PICARD 1982).

Erfolgsbewertung

Für die Sickerwasserqualität stellt extensiv bewirtschaftetes Dauergrünland die günstigste Form der landwirtschaftlichen Flächennutzung dar. Die Umwandlung von Acker in Grünland und die extensive Grünland-Nutzung sind deshalb bei Nutzungsmöglichkeiten für das Mähgut und für Eigentumsflächen des Wasserversorgers wichtige Grundwasserschutz-Maßnahmen.

Optimal ist die Mahdnutzung mit einer relativ hohen Schnitthäufigkeit, da hierbei eine gleichmäßige Dünger-Ausbringung mit einer großen Nährstoffabfuhr kombiniert wird.

Bei Weidenutzung sollten wegen der ungleichmäßigen Verteilung der Exkremate Besatzstärken < 2 GVE/ha eingehalten werden. Winteraußenhaltung sollte vermieden werden.

Ein Nachteil der Grünlandnutzung ist die gegenüber Ackerflächen geringere jährliche Grundwasser-Neubildung.

Besonderer Wert muss auf die Narbenpflege gelegt werden, um eine komplette Neu-Ansaat möglichst auszuschließen. Wenn sie dennoch unvermeidbar wird, sollte die Grünland-Erneuerung möglichst ohne Umbruch erfolgen.

Literatur

BENKE, M., A. KORNHERR, F. TAUBE (1991): Nitratauswaschung unter Grünland in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Weide/Schnitt) und der N-Düngung. VDLUFA-Schriftenreihe 33, S. 215-220.

BENKE, M. (2000): So gelingt die Nachsaat problemlos. top agrar 3/2000, S. 110-114.

BEZIRKSREGIERUNG BRAUNSCHWEIG (1999): Maßnahmenkatalog für Freiwillige Vereinbarungen gemäß § 47h Abs. 3 NWG.

ERNST, P. (1995): Futterproduktion, tierische Leistung und Nährstoffbilanz bei differenzierter Stickstoffdüngung und Beweidung auf Dauergrünland. VDLUFA-Schriftenreihe 40, 189-192.

FREDE, H.-G., S. DABBERT (1998): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. ecomed-Verlagsgesellschaft, Landberg.

HAAS, G., M. BERG, U. KÖPKE (1998): Grundwasserschonende Landnutzung. Schriftenreihe Institut für organischen Landbau. Verlag Dr. Köster, Berlin.

MORITZ, R. (1997): Sechs Regeln zur erfolgreichen Grünlanderneuerung.
top agrar 3/97, S. 64-71.

MU, NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (2000): Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für Maßnahmen zum Trinkwasserschutz in Wasservorranggebieten. *In: PROLAND - Programm zur Entwicklung der Landwirtschaft und des ländlichen Raumes.*
Im Internet unter www.ml.niedersachsen.de/proland

PICARD, K. (1982): Zur Problematik des Einsatzes von Glyphosate bei Direktsaaten auf dem Grünland.
Dissertation, Institut für Pflanzenbau an der Universität Bonn.

RIEDER, J., K. GEHRING, M. ZELLNER (1998): Dauergrünland.
In: Die Landwirtschaft. Lehrbuch für Landwirtschaftsschulen in 6 Bänden. Band 1: Pflanzliche Erzeugung. 11. Auflage, S. 536f. BLV Verlagsgesellschaft München / Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.

WEISSBACH, F. (1995): Über die Schätzung des Beitrags der symbiontischen N₂-Fixierung durch Weißklee zur Stickstoffbilanz von Grünlandflächen.
Landbauforschung Völkenrode 45 Heft 2, S. 67-74.

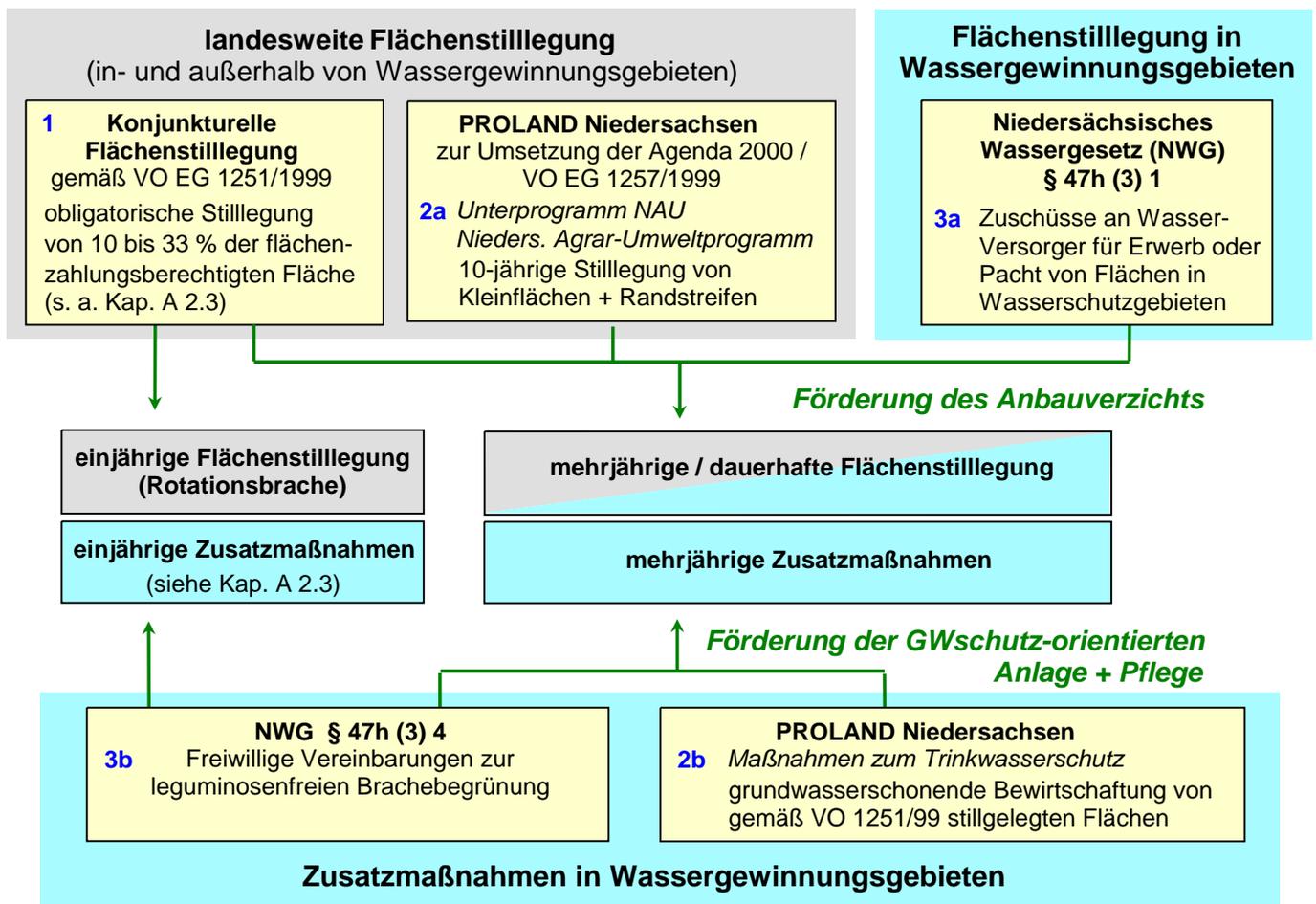
3.5 Dauerbrachen

Kurzcharakteristik und Rahmenbedingungen

Dauerbrachen sind durch den mehrjährigen Verzicht auf Bodenbearbeitung, Düngung, Pflanzenschutz und Beerntung definiert. Dabei fällt die Nitratkonzentration im Sickerwasser meist innerhalb einiger Jahre auf Werte unter 30 mg NO₃/l ab. In agrarisch geprägten Wasservorranggebieten stellen Dauerbrachen deshalb Entlastungsflächen für die Grundwasserqualität dar.

Für einen raschen Eintritt der Grundwasserschutz-Wirkung ist eine gezielte Brachebegrünung erforderlich. Bei sehr hohen, leicht mineralisierbaren Boden-N-Vorräten sollte vor der Stilllegung eine Aushagerung (gezielte Nährstoff-Verarmung des Bodens) durchgeführt werden. Im Hinblick auf die Nährstoffbelastung des Sickerwassers ist die dauerhafte Stilllegung einzelner Flächen generell einer Flächenrotation vorzuziehen.

Die derzeitigen Programme zur Förderung der Flächenstilllegung sind in dem folgenden Schema zusammengefasst (Stand September 2000).



Während die EU-weite Flächenstilllegung (1) vorwiegend marktwirtschaftlich orientiert ist und die 10-jährige Stilllegung im Rahmen des NAU (2a) auf den allgemeinen Naturschutz abzielt, beinhalten die auf Wasservorranggebiete beschränkten Programme (2b und 3a/b) weitergehende Auflagen, die eine hohe Sickerwasserqualität gewährleisten sollen.

Dabei gibt es für die Landwirte keine spezielle Förderung der dauerhaften Flächenstilllegung in Wassergewinnungsgebieten. Nur der Zukauf und die Pacht von Ackerflächen zur Stilllegung durch den Wasserversorger wird aus Mitteln der Wasserentnahmegebühr (3a) gefördert.

Um in Wasservorranggebieten auch mit der Flächenstilllegung der Programme 1 und 2a den größtmöglichen Grundwasserschutz-Effekt zu erzielen, werden Zusatzmaßnahmen gefördert (2b und 3b). Das Programm 2b beinhaltet u. a. die Brachebegrünung bereits zum Winter vor der Stilllegung sowie ein Herbst-Umbruch-Verbot. Freiwillige Vereinbarungen zur leguminosenfreien Brachebegrünung (3b) gibt es in unterschiedlichen Varianten. Für eine Aushagerungsperiode vor der eigentlichen Stilllegung gibt es derzeit keine spezielle Fördermöglichkeit (Ernteverbot bei EU-geförderter Stilllegung).

Anwendungsbereich

Als Maßnahme höchster Eingriffsintensität ist die mehrjährige bzw. dauerhafte Stilllegung von Ackerflächen aus Sicht des Grundwasserschutzes vor allem für Problemstandorte mit folgenden Eigenschaften sinnvoll:

- Nitrataustragsgefährdungsklasse „hoch“ oder „sehr hoch“,
- kurze Grundwasser-Fließdauer bis zum Förderbrunnen und
- hohe Sickerwasserbelastung bei der bisherigen Nutzungsweise.

Diese Kriterien werden z. B. für den Flächenzukauf durch den Wasserversorger zugrunde gelegt.

Im Unterschied dazu enthält die EU-weite konjunkturelle Flächenstilllegung und auch das „PROLAND“-Programm keine Grundwasserschutz-orientierte standörtliche Differenzierung. Im Kosteninteresse konzentriert sich die Maßnahmenvermittlung durch die Zusatzberatung jedoch auf Standorte mit den genannten Eigenschaften.

Die Förderung der Flächenstilllegung durch die EU ist vorwiegend marktwirtschaftlich motiviert.

Aus Grundwasserschutz-Mitteln werden Zusatzmaßnahmen zur Grundwasserschutz-gerechten Gestaltung der Flächenstilllegung gefördert.

Durchführung

Abbau der leicht mineralisierbaren Nährstoff-Vorräte

Intensiv bewirtschaftete Ackerböden enthalten Vorräte an leicht abbaubarer organischer Substanz, deren Mineralisierung in den ersten Jahren der Flächenstilllegung noch zu hohen Nitrat-Konzentrationen im Sickerwasser führen kann.

Deshalb wird generell eine möglichst **langjährige oder dauerhafte Flächenstilllegung** angestrebt.

Bei einem sehr hohen Nährstoff-Nachlieferungspotenzial des Bodens (Beispiele: langjährige Wirtschaftsdünger-Anwendung, Rübenerde-Auftrag) ist die **Vorschaltung einer mehrjährigen Aushagerungsphase** sinnvoll. Im Prinzip kommen zwei Varianten in Frage, vgl. HAAS et al. 1998:

a) ***Einsaat von mehrjährigem Feldgras mit Schnittnutzung***

Hierdurch wird am schnellsten eine deutliche Minderung der Nitratkonzentration im Sickerwasser erreicht, da der Verzicht auf Bodenbearbeitung eine Abnahme der Mineralisationsrate bewirkt. Diese Aushagerungsmethode ist besonders für eine zeitlich befristete Stilllegung und für Standorte mit relativ geringen Vorräten an leicht abbaubarer organischer Substanz geeignet. Der Absatz des Schnittgutes (meist mindere Futterqualität) ist in manchen Gebieten allerdings schwierig.

b) ***(N-)Düngungsarmer Anbau von Ackerfrüchten mit einem hohen N-Aneignungsvermögen und einer hohen N-Abfuhrleistung***

Hierdurch wird eine stärkere Verminderung der Gesamt-N-Gehalte des Bodens im Vergleich zum mehrjährigen Feldgras-Anbau erreicht, da die Humusmineralisation durch die Bodenbearbeitung angeregt wird, was eine höhere Nährstoffaufnahme der Pflanzenbestände bewirkt. Allenfalls bei Frühjahr- N_{\min} -Werten < 10 kg in der Krume ist eine geringe N-Düngung zu Vegetationsbeginn sinnvoll. Der größte Aushagerungs-Erfolg lässt sich durch eine Fruchtfolge aus Sommerungen mit Feldgras-Zwischenfrucht und Mahdnutzung erzielen.

Während der ackerbaulichen Aushagerung treten zwar häufig höhere Nitratkonzentrationen im Sickerwasser als bei der Feldgras-Variante auf, aber der Grundwasserschutz-Erfolg der nachfolgenden Brache ist sicherer. Diese Aushagerungsvariante kommt hauptsächlich für sehr mineralisationsstarke Standorte (z. B. Rübenerde-Auftragsflächen) in Frage. Als Übergang zur Brache kann dann die Aushagerungsvariante a) eingesetzt werden.

Ein erwünschter Nebeneffekt der Aushagerung ist die Erhöhung der Sickerwasserspense infolge einer Verminderung der Wachstumsleistung und damit des Wasserverbrauches der Pflanzenbestände.

Die Aushagerung durch Feldgras mit Schnittnutzung ermöglicht eine schnelle Minderung der Nitrat-Konzentration durch N-Abfuhr und Bodenruhe.

Die Aushagerung durch Ackerfrüchte bringt eine langsamere Minderung der Nitratkonzentration, dafür aber eine stärkere Nährstoff-**Verarmung** infolge erhöhter Mineralisation durch die Bodenbearbeitung.

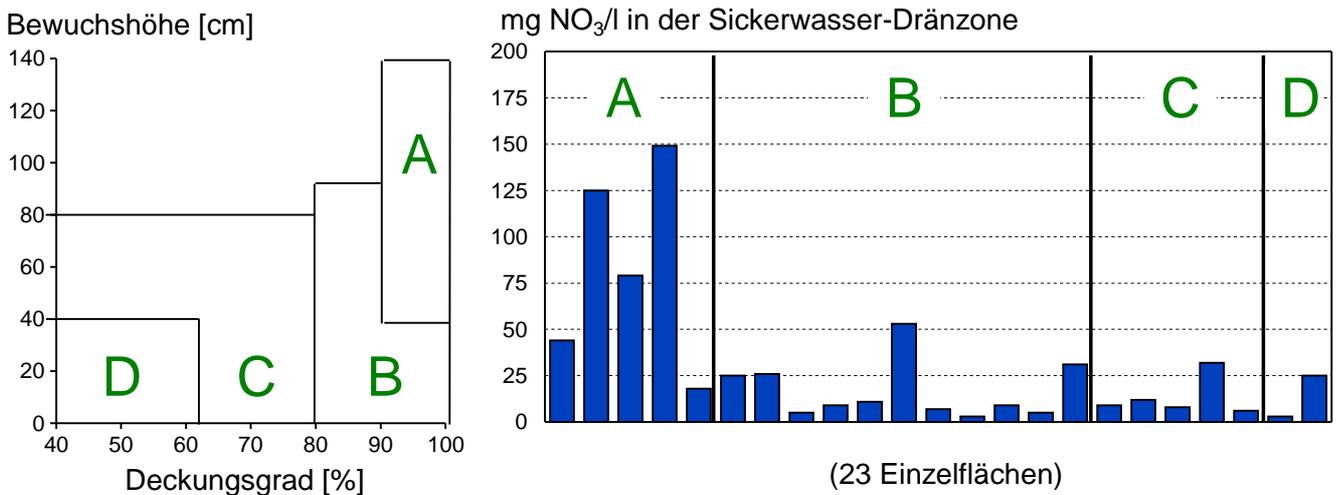
Die Dauer der Aushagerung wird durch die abnehmenden Erträge wirtschaftlich begrenzt. Die Programme 1 und 2 können nicht auf die Aushagerungsphase angewendet werden. Gegebenenfalls sind hierzu deshalb Freiwillige Vereinbarungen gemäß § 47 h NWG zu entwickeln. Sinnvoll ist eine mit der Aushagerungsdauer zunehmende jährliche Förderungshöhe.

Fördermöglichkeiten für die Aushagerung schaffen!

Brachebegrünung und Pflege

Als Brachebegrünung ist eine leguminosenfreie winterharte Feldgrasmischung optimal. Diese wird als Untersaat oder unmittelbar nach der Ernte der Vorfrucht eingesät, wenn sie nicht aus einer Aushagerung hervorgeht.

Die Mahd von Stilllegungsflächen ist aus Sicht des Grundwasserschutzes nicht generell erforderlich. Eine Ausnahme bilden mineralisationsstarke Standorte mit üppigem Aufwuchs, bei denen eine Mahd mit Abfuhr des Schnittgutes sinnvoll wäre („verspätete Aushagerung“). Die nachfolgende Abbildung zeigt, dass die einfache Klassifikation nach der Bewuchsstärke bereits die Erkennung von Problemflächen erlaubt. Unter Berücksichtigung der natürlichen Streuung von Tiefbohrungs-Ergebnissen wäre für die „A“-Flächen generell eine solche nachgezogene Aushagerung zu empfehlen. (Das Klassifikationsschema ist für grundwasserferne Sandstandorte entwickelt worden.)



Schema zur Klassifikation der Bewuchsstärke von Dauerbrachen und Ergebnisse eines Tiefbohrprogramms, das auf hiernach eingestuften 10 Jahre alten Dauerbrachen auf grundwasserfernen Sand-Standorten durchgeführt wurde.

Da es sich in dem Beispiel um 10 Jahre alte Brachen handelt, ist für die „A“-Flächen ein sehr hoher Vorrat an leicht abbaubarer organischer Substanz anzunehmen, z. B. aus Rübenerde-Auftrag. Wenn Nachfragen bei dem Landwirt oder weitere Bodenuntersuchungen (z. B. C/N-Analysen) dies bestätigen, kommt aus Sicht des Grundwasserschutzes sogar die Aushagerungsvariante b in Frage, d. h. in diesem Fall der Bracheumbruch.

Bracheumbruch

Mit Ausnahme der geschilderten Problemflächen sollte der Umbruch einmal stillgelegter Flächen vermieden werden. Während der Stilllegung sammeln sich häufig größere Mengen an Pflanzenrückständen in und auf dem Boden an, die nach ihrer Einarbeitung bzw. in Folge der Bodenbearbeitung rasch mineralisiert werden können.

Um den Nitrataustrag mit dem Sickerwasser zu vermindern, sollte der Bracheumbruch nur im Frühjahr erfolgen. Für die Düngung der nachfolgenden Sommerung empfiehlt sich eine vegetationsbegleitende Düngebedarfsermittlung mit Pflanzenanalysen (z. B. Nitrachek-Methode).

Erfolgsbewertung

Die mehrjährige Flächenstilllegung bietet die Chance einer starken Entlastung der Grundwasserqualität im Hinblick auf Nitrat. Voraussetzungen hierfür sind:

- bei hohen leicht mineralisierbaren Boden-N-Vorräten die Vorschaltung einer Aushagerungsperiode,
- die Einsaat einer leguminosenfreien Feldgras-Mischung,
- eine möglichst dauerhafte Stilllegung (mindestens 3 Jahre) und
- ein Umbruch nur im Frühjahr und unter Berücksichtigung der Mineralisation der akkumulierten Pflanzenrückstände bei der Düngung der Folgefrüchte.

Als Maßnahme höchster Eingriffsintensität kommt die dauerhafte Flächenstilllegung v. a. für brunnennahe Flächen mit „hoher“ bis „sehr hoher“ Nitrat-Austragsgefahr in Frage.

Bei Standorten mit sehr hoher N-Nachlieferung ist ggf. die Bewirtschaftung mit Zielvorgabe „N-Saldo < 0“ (langfristige Aushagerung) der Stilllegung vorzuziehen.

Aus Sicht des Grundwasserschutzes sind spezielle Fördermöglichkeiten für eine Aushagerungsperiode sowie Anreize für die mehrjährige Ausrichtung der Flächenstilllegung in Wassergewinnungsgebieten zu fordern.

Auf leguminosenfreien Dauerbrachen ist der

- **N-Saldo = 0**
(ohne N-Deposition).

Bei alten Dauerbrachen mit einer dauerhaften Begrünung werden i. A.

- **Herbst-N_{min}-Werte < 20 kg N/ha** und
- **NO₃-Konzentrationen im Sickerwasser < 30 mg/l**

gemessen. In den ersten Jahren der Stilllegung sind die Werte meistens höher. Deshalb werden möglichst lange Stilllegungszeiträume und bei hohen Nährstoff-Vorräten im Boden die Vorbereitung der Stilllegung durch eine Nährstoff-Aushagerungsphase angestrebt.

Literatur

BMELF, BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2000): Agenda 2000 - pflanzlicher Bereich. Für das Erntejahr 2000. Referat Öffentlichkeitsarbeit, Bonn, Januar 2000.

HAAS, G., M. BERG, U. KÖPKE (1998): Grundwasserschonende Landnutzung. Schriftenreihe Institut für organischen Landbau. Verlag Dr. Köster, Berlin.

MÜLLER, U. (1997): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). 6. Auflage. NLF, Hannover.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2000): PROLAND - Programm zur Entwicklung der Landwirtschaft und des ländlichen Raumes. Im Internet unter www.ml.niedersachsen.de/proland

NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1998): Niedersächsisches Wassergesetz. Neufassung vom 25. März 1998. Niedersächsisches Gesetz- und Verordnungsblatt 13/1998, S. 347 - 397.

RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (1999): Verordnung (EG) 1251/1999 vom 17. Mai 1999 zur Einführung einer Stützungsregelung für Erzeuger bestimmter landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Amtsblatt L 160 vom 26.6.1999, S. 1 - 14.

4.1.1 Erweiterung der Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger

Kurzcharakteristik

Bisher ist häufig der begrenzte Lagerraum ein gewichtiger Faktor für die Festlegung des Ausbringungstermins für Wirtschaftsdünger. Die Erweiterung der Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger (auf mindestens 6 bis 9 Monate Lagerzeit) dient hauptsächlich dem Ziel, einen Ausbringungs-Zeitplan zu ermöglichen, der sich in erster Linie an dem Nährstoffbedarf der Pflanzen orientiert. Die hierdurch erreichte Steigerung der N-Effizienz des eingesetzten Wirtschaftsdüngers führt zu Einsparungen bei der mineralischen Zusatzdüngung.

Für den Trinkwasserschutz stehen dabei zwei Ziele im Vordergrund:

- **Verringerung der Bilanzüberschüsse** durch Senkung der Gesamt-Düngungshöhe und
- **Verringerung der direkten Nährstoffauswaschung** durch Wirtschaftsdüngerausbringung zu Zeitpunkten hohen Stickstoffbedarfs der Pflanzen.

Anwendungsbereich

Die Erweiterung der Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger ist für alle Betriebe mit unzureichenden Lagermöglichkeiten und einer großen Ausbringungsfläche innerhalb eines Wassergewinnungsgebietes sinnvoll.

Eine gemeinschaftliche, überbetriebliche Schaffung von Lagerkapazitäten und schlagkräftiger Ausbringtechnik kann unter Umständen eine kostengünstige Alternative zur einzelbetrieblichen Lösung darstellen.



Abb. 1: Tankgüllelager

Durchführung

Technik

Bei der Planung und Erstellung von Anlagen sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Erstellung der Anlage nach den gesetzlichen Anforderungen (z. B. Einbau von Warnvorrichtungen und Ringdrainagen beim Gülle-Behälterbau in WSG), und
- nach Durchführung der Erweiterung der Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger sollte pro Betrieb mindestens eine Lagerkapazität entsprechend dem Gülleanfall von 6 - 9 Monaten vorhanden sein.

Förderung und Förderbedingungen

Die Erweiterung der Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger kann im Rahmen Freiwilliger Vereinbarungen gefördert werden. Mit der Förderung sind Bewirtschaftungsbedingungen verbunden, die auf den Flächen im Wasserschutz- oder Wasservorranggebiet einzuhalten sind.

Die Bewirtschaftungsbedingungen, die den Freiwilligen Vereinbarungen zugrunde liegen, werden durch die zuständigen Bezirksregierungen individuell festgelegt.

Beispielhaft einige wichtige Bewirtschaftungsauflagen aus dem Regierungsbezirk Braunschweig:

- Zur Grundwasserschutz-orientierten Wirtschaftdüngerausbringung sind je nach Kultur folgende Bedingungen einzuhalten:

Kultur	Einschränkung
Wintergetreide	Aufbringungsverbot vom 01.07 bis 01.02. Aufbringungsverbot zur Strohrotte
Zwischenfrüchte und Winterraps	Aufbringung bis 15.09.
Grünland	Aufbringung zwischen 01.02. und 30.09.
Mais	Aufbringung nicht vor 31.03.
Unbestellte Flächen	Aufbringung ab dem 28.2. mit Einarbeitung

- Nährstoffanalysen sind in 3-jährigem Turnus vorzulegen.
 - Der Nährstoffgehalt von Wirtschaftdünger ist infolge unterschiedlicher Fütterung und zugesetzter Wassermenge stark schwankend. Durch Nährstoffanalysen kann der Nährstoffgehalt genau bestimmt und bei der Düngeplanung berücksichtigt werden (s. Kap. A 1.1.3).
- Die Düngung erfolgt nach den Düngeempfehlungen der Zusatzberater.

In Wasserschutzgebieten mit erhöhten Schutzauflagen (höhere Anforderungen als SchuVO) kann der Bau auch als „Ausgleich für wirtschaftliche Nachteile“ gemäß §51a NWG gefördert werden.

Parameter	Bewertung
Düngungsminderung	geringerer Mineraldünger-Zukauf
Saldominderung	deutlich
Herbst-N _{min} -Minderung	indirekt möglich
Sickerwasserentlastung	indirekt möglich

Erfolgsbewertung

Der Grundwasserschutz-bezogene Nutzen der Investition in die Erweiterung der Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger ergibt sich aus der Einhaltung der Bewirtschaftungsbedingungen. Diese führen zu einer stärkeren Orientierung der organischen Düngung am Pflanzenbedarf und damit zu einer

- Steigerung der N-Effizienz des Wirtschaftsdüngers auf bis zu 80%;
- Minderung des Mineraldüngereinsatzes;
- Verringerung der Hoftor- und Einzelschlagbilanzüberschüsse;
- Reduzierung der Nährstoffauswaschung während der Grundwasserneubildungsphase.

Die Möglichkeit der überbetrieblichen Schaffung von Lagerraum kann ferner Investitionskosten senken und ein überbetriebliches Wirtschaftsdüngermanagement (z. B. in Kombination mit überbetrieblicher Wirtschaftsdüngerausbringung) ermöglichen. Dem steht der zusätzliche Gülletransport zwischen dem Einzelager und dem Sammlager entgegen. In der Schweine- und Geflügelzucht werden überbetriebliche Lösungen häufig aus Gründen der Hygiene abgelehnt.

4.1.2 Förderung exakter Ausbringungs- techniken für Wirtschaftsdünger

Kurzcharakteristik

Typische Probleme der Wirtschaftsdünger-Ausbringung liegen in der Konzentration der Nährstoffzufuhr auf wenige Kulturen, wie z. B. Mais, Raps und Grünland. Diese Begrenzung der zu versorgenden Flächen führt häufig zu punktueller Stickstoff-Überversorgung und als Folge zu Stickstoff-Auswaschung.

Durch den Einsatz moderner Ausbringungstechnik wie dem Schleppschauch- bzw. Schleppschuhverfahren kann die Verteilung der Gülle bodennah auch zu Getreide in stehende Bestände erfolgen, was eine effiziente und pflanzenbedarfsgerechte Ausbringung ermöglicht.

Entscheidende Maßnahmen und Ziele beim Einsatz moderner Ausbringungstechnik im Sinne des Gewässerschutzes sind:

- Exaktere Verteiltechnik zur:
 - Steigerung der N-Effizienz,
 - Verminderung der gasförmigen Ausbringungsverluste,
 - Verminderung der Stickstoffauswaschung.
- Erweiterung der Ausbringungsflächen und Zeiträume durch die Möglichkeit, in stehende Getreidebestände auszubringen.

Anwendungsbereich

Der Einsatz exakter Ausbringungstechniken für Wirtschaftsdünger ist besonders zu empfehlen für:

- Betriebe mit hohem Viehbesatz und relativer Flächenknappheit für die Ausbringung von Wirtschaftsdünger mit konventioneller Technik (Konzentrationseffekte) und
- Betriebe mit veralteter Ausbringungstechnik, die nicht mehr den Vorgaben der ordnungsgemäßen Landwirtschaft entspricht.

Durchführung

Technik

Je nach Einsatzbereich stehen unterschiedliche Techniken der Wirtschaftsdüngerausbringung zur Verfügung.

Gülleausbringung mit Schleppschauchverteiltern

Hinter dem Ausbringfass wird ein Schleppschauchverteiler montiert, der die Gülle wenige Zentimeter über dem Boden mit flexiblen Schläuchen verteilt. Dies ermöglicht eine:

- Ausbringung in stehende Ackerkulturen (Mais, Getreide),
- Erhöhung der begülbaren Fläche durch mögliche Ausbringung auch zu Getreide im Frühjahr,



Abb. 1: Schleppschauchverteiler
(Foto: Fa. Zunhammer)

- Verringerung der N-Ausbringungsverluste in Form von Ammoniakausgasung während des Verteilvorganges um 30 bis 50 %,
- gleichmäßige Verteilung auf der vollen Arbeitsbreite des Schleppschlauchverteilers (bis zu 12m),
- geringe Geruchsbelästigung bei der Gülleausbringung und
- sehr exakte Steuerung der Ausbringungsmenge.

Gülleausbringung mit Schleppschuhverteiltern, Gleitfußverteiltern oder Schlitzgeräten

Schleppschuhverteiler bringen die Gülle hinter einem über die Pflanzennarbe rutschenden Stahlfuß auf den Boden. Der Schleppschuh (auch Gleitschuh oder Gleitfuß) hat die Funktion, den Pflanzenbestand zu teilen und ggf. den Boden anzuritzen. Bei Schlitzgeräten wird die Grünlandnarbe angeschnitten und die Gülle in den entstandenen ca. 8 cm tiefen Schlitz gelegt. Vorteile dieser für Grünland entwickelten Techniken bestehen in der:

- Erhöhung der Verteilgenauigkeit auf Grünland,
- Minimierung der N-Ausbringungsverluste in Form von Ammoniakausgasung während des Verteilvorganges (Verringerung um 60 bis 90 %),
- Verminderung von Narbenschäden durch Verätzung,
- Verminderung der Futtermittelverschmutzung und
- Verhinderung von Oberflächenabfluss.

Gülleausbringung mit Injektoren

Diese für Ackerflächen entwickelten Geräte sind eine Kombination von Grubber und Gülleverteiler. Die Gülle wird punktgenau hinter den Grubberzinken ins Erdreich eingebracht. Vorteile dieser Technik sind die:

- fast vollständige Verhinderung von Ausbringungsverlusten,
- Minimierung von Geruchsbelästigungen und
- gute Vermischung mit dem Erdreich.

Festmistausbringung mit Exaktstreuern

Der Einsatz von Exaktstreuern ermöglicht durch feinere Dosierung ein Ausbringen des Festmistes in stehende Getreidebestände. Damit wird der Ausbringungszeitraum erweitert und die Fläche, die sich zur Ausbringung eignet, vergrößert.

Die Vergrößerung der beaufschlagbaren Fläche ermöglicht die Reduktion der Ausbringungsmengen von tatsächlichen (z. T. nicht geplanten) 400-800dt/ha auf 50-150dt/ha je Arbeitsgang, wodurch das Auswaschungsrisiko deutlich gemindert wird.

Das erweiterte Zeitfenster zur Ausbringung und die erhöhte Flächenverfügbarkeit wirken sich ferner positiv durch die Verringerung des benötigten Lagerraumes für Festmist aus.

Durch den Einsatz eines Exaktmiststreuers nimmt die Verteilgenauigkeit zu, was zu einer deutlichen Steigerung der N-Effizienz des eingesetzten Düngers führt. Zudem werden bei der



Abb. 2: Gleitfußverteiler



Abb. 3: Scheibeninjektor
(Foto: Fa. Zunhammer)



Abb. 4: Exaktmiststreuer

Ausbringung nur kleinere Pflanzenpartien von Mist bedeckt, was die Schädigung des Blattapparates vermindert.

Gülleketten

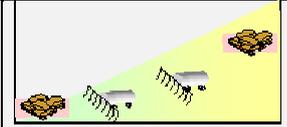
Sinnvoll ist der Zusammenschluss zu Ausbringungsgemeinschaften. Die gemeinsame Investition in Technik ermöglicht die Anschaffung großer Maschineneinheiten (das Leistungsoptimum liegt zwischen 10.000 und 20.000 cbm pro Kette und Jahr). In der Praxis bringt der Zusammenschluss durch die Übertragung von Ausbringungsarbeiten auf einzelne Mitglieder der Gülleketten auch arbeitstechnische Vorteile. Sinnvoll ist in der Folge auch die gemeinsame Organisation von Güllelagerräumen.

Beispiel für Bewirtschaftungsveränderungen bei Anwendung der Schleppschlauchtechnik

Ziel der Bewirtschaftungsänderung ist der teilweise Ersatz von mineralischer Düngung durch effiziente und pflanzengerechte organische Düngung. Grundlegend für einen effizienten Einsatz von organischem Dünger ist die Kenntnis der Nährstoffgehalte. Daher ist eine Wirtschaftsdüngeranalyse (s. Kap. A 1.1.3) zwingend notwendig.

Die nachfolgende Tab. 1 zeigt ein Beispiel für eine fruchtartenspezifische Düngeplanung zu Winterweizen unter Einbeziehung von organischem Dünger. Die Einsparung von Mineraldünger kann dabei durch den Einsatz eines Schleppschlauch-Verteilers gegenüber dem Prallkopf von 70 auf 130 kg N/ha gesteigert werden.

Tab. 1: Beispiele einer pflanzenbedarfsgerechten Düngplanung unter Einsatz von Schweinegülle im Prallkopf- und Schleppschlauchverfahren

Eckdaten Ertragsziel 70-90 dt/ha N-Abfuhr 140-180 kg N/ha			
	Mineralisch [kg N/ha]	Schweinegülle Prallkopf [kg N/ha]	Schweinegülle Schleppschlauch [kg N/ha]
Düngeziel	200	200	200
1. Gabe Vegetationsbeginn	50	30	30
2. Gabe frühe Bestockung	0	50	44
3. Gabe späte Bestockung	80	60	66
4. Gabe Schossen	70	40	40
Mineralisation*	0	20	20
Summe min. Düngung	200	130	70
Summe org. Düngung	0	70	130
Eingesparter Mineraldünger	0	70	130

*erhöhter Ansatz für die N-Nachlieferung bei langjährigem Einsatz organischer Dünger

Förderung und Bewirtschaftungsbedingungen

Die gewässerschonende Ausbringung von Wirtschaftsdünger mit einer der oben genannten Techniken sowie die Anschaffung der Grundwasserschutz-orientierten Ausbringungstechnik wird in Niedersachsen aus Mitteln des Wasserpfennigs in Form von Freiwilligen Vereinbarungen gefördert.

Einzelheiten sind den Katalogen der Freiwilligen Vereinbarungen der einzelnen Bezirksregierungen zu entnehmen.

Der Abschluss Freiwilliger Vereinbarungen in diesem Bereich zielt auf die Einhaltung von Grundwasserschutz-orientierten Bewirtschaftungsbedingungen ab. Diese beinhalten im Einzelnen:

- die zeitliche Begrenzung der Ausbringung des Wirtschaftsdüngers auf Zeiträume mit geringer Auswaschungsgefährdung (z. B. vor 30.09. und nach 01.03.),
- die Begrenzung der Düngemenge pro Hektar,
- eine Düngplanung nach Absprache mit dem Zusatzberater,
- Anlage eines Düngefensters,
- eine gleichmäßige Verteilung der Düngermengen auf Flächen und Kulturen im Betrieb und
- das Erbringen eines Güllenachweises.

Erfolgsbewertung

Der Erfolg der Einführung einer Wirtschaftsdünger-Ausbringung mit exakter Verteiltechnik kann anhand folgender Kriterien beurteilt werden:

- Zunahme begüllbarer Fläche (Vorab-Entscheidungskriterium für die Anschaffung)
- „Vorher-nachher“-Vergleich des Prozentanteiles begüllter Fläche an der Gesamtfläche über mehrere Jahre nach Einführung der Technik bei gleichbleibendem Wirtschaftsdüngeranfall
- „Vorher-nachher“-Vergleich der durchschnittlichen Ausbringungsintensität (z. B. in m^3/ha begüllter Fläche)
- Saldominderung der Flächen- und Hoftorbilanzen (s. Abb. 5);
- Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen (Veränderung des Deckungsbeitrags, Kosten pro kg N weniger Bilanzüberschuss).

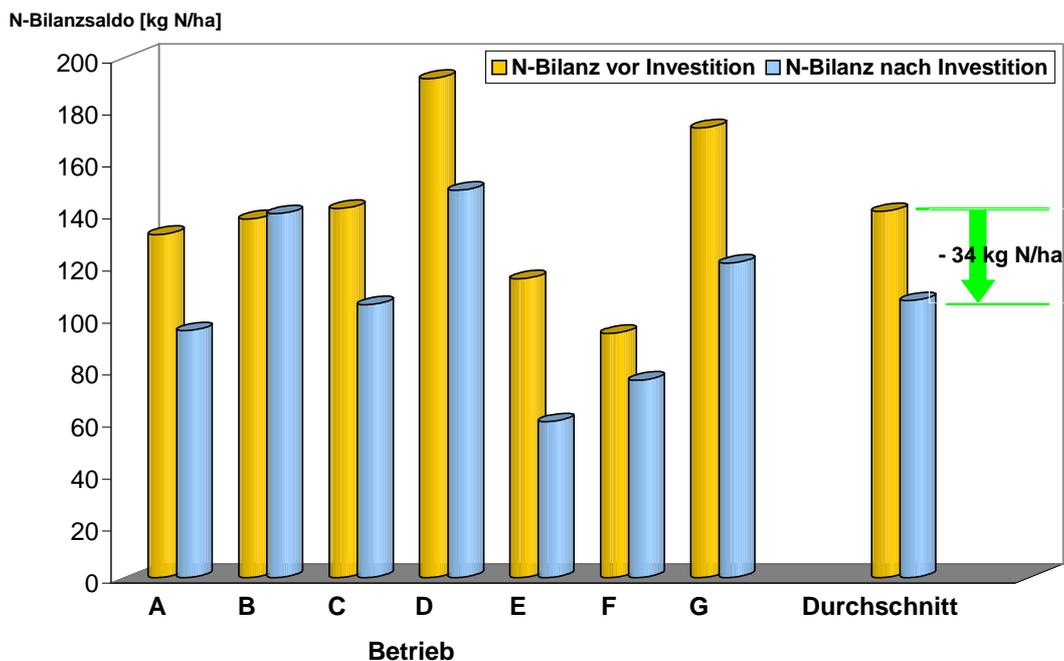


Abb. 5: Auswertungsbeispiel: Veränderungen der einjährigen N-Hoftorbilanzen durch eine Gülleketten am Beispiel von sieben Betrieben aus dem süd-westl. Harzvorland.

Die Anwendung der exakten Ausbringungstechniken ermöglicht:

- Eine höhere Flächenverfügbarkeit und somit mehr Spielraum für eine Grundwasserschutzorientierte Wirtschaftsdüngerausbringung in angepassten Gaben,
- eine deutliche Bilanzverbesserung durch eine Reduktion der Ausbringungsverluste um bis zu 80 % und eine Steigerung des Ertrages durch pflanzenbedarfsgerechte Düngung um bis zu 3 % (CIELEJEWSKI 1998, KOWALEWSKY 1997, KTBL 1997) und
- eine Steigerung der Futterqualität durch Reduzierung der Verschmutzung der Pflanzen (v. a. Schleppschuhverteiler).

Parameter	Bewertung
Düngungsminderung	bis zu 30 kg N/ha
Saldominderung	bis zu 30 kg N/ha (Ausnahmen bis 60 kg N/ha)
N _{min} -Minderung	durch effiziente Anwendung zu erwarten
Sickerwasserentlastung	durch effizienten Einsatz zu erwarten

Literatur

CIELEJEWSKI (1998): Verfahren und Kosten der Gülleausbringung. Landwirtschaftliches Wochenblatt 25/98, S. 20 – 22.

KOWALEWSKY, H.-H. (1997): Gülle nur genau dosiert ausbringen. Land und Forst Nr. 4/97, S. 6 – 8.

KTBL, KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (1997): Umweltverträgliche Gülleaufbereitung und -verwertung, Darmstadt.

4.2 Aufbau einer Grundwasserschutz-orientierten Ackerschlagkartei

Kurzcharakteristik

Die Ackerschlagkartei ist eine wichtige Datengrundlage für die effiziente und problemorientierte Planung und Erfolgskontrolle in der Grundwasserschutz-orientierten Landbewirtschaftung. Das Führen einer Ackerschlagkartei ist in niedersächsischen Wasserschutzgebieten nach SchuVO Pflicht. Die Zusatzberatung ist insbesondere auf eine zuverlässige und zügige Datenverfügbarkeit zur zeitnahen Auswertung von Maßnahmen angewiesen.

In der Praxis werden Ackerschlagkarteien meist noch analog in Form von Datenblättern geführt. Die zahlreichen praxisreifen EDV-Anwendungen hierzu, die das zeitnahe Führen einer digitalen Ackerschlagkartei ermöglichen, haben bisher noch keine größere Verbreitung erlangt. Die Vorteile der digitalen Datenaufbereitung und den komplexen Auswertungsmöglichkeiten. Ein Anliegen der Zusatzberatung ist es daher, die Landwirte an diese Technik heranzuführen. Neben der digitalen Datenaufbereitung ist auch die Erweiterung des Datenumfanges anzustreben, um die Auswertungsmöglichkeiten der Zusatzberatung zu verbessern.

Anwendungsbereich

Die Daten der Ackerschlagkartei können zu flächen- bzw. betriebsbezogenen Auswertungen für folgende Zielstellungen genutzt werden:

- Pflanzenbauliche Optimierung durch:
 - standortangepasste Düngung auf Basis langjähriger Daten (z. B. Düngung, Ertrag, Bodenanalysen) und
 - Dokumentation der Erfahrung im Bereich PSM Einsatz/Schadschwellen,
- ökonomische und ökologische Effizienzsteigerung beim Einsatz der Betriebsmittel,
- Grundwasserschutz-orientierte Auswertungen durch:
 - Erstellung von Nährstoff-Betriebsbilanzen,
 - Erstellung von Nährstoff-Schlagbilanzen,
 - Erfassung der Nährstoffströme im Betrieb,
 - Erfassung von Nährstoffströmen über die Betriebsgrenzen hinweg,
 - Auswertung langjähriger N_{\min} Werte und
 - Datenbereitstellung zur Anpassung von Modellen,
- Dokumentation der Einhaltung von Bewirtschaftungsbedingungen bei Freiwilligen Vereinbarungen und
- Dokumentation der Einhaltung von Naturschutzauflagen.

Möglicher Datenumfang einer Grundwasserschutz-orientierten Ackerschlagkartei

Eine Grundwasserschutz-orientierte Ackerschlagkartei sollte Informationen zu folgenden Größen enthalten:

Verwaltungsdaten

- Flurstücksnummern
- Katasternummern
- Schlaggröße

Schlag- und Bodendaten

- Bodenart
- N_{\min} -Werte
- Daten von Bodenuntersuchungen
- Boniturdaten (z. B. Entwicklungsstadien, Unkräuter, Wildschäden)
- Staunässe
- Pflugsohle
- ggf. Bodenprofil

Bearbeitungsdaten

- Bodenbearbeitung
- Saatgut, -zeitpunkt
- Düngung (org./min.)
- N-Fixierung durch Leguminosen
- Einsatz von PSM
- Düngemitteluntersuchungen
- Sonstiger Betriebsmitteleinsatz

Erntedaten

- Ertrag (incl. N-Abfuhr)
- Qualität
- Verluste

Witterungsdaten

- Niederschlag
- Temperatur
- ggf. Globalstrahlung

Erläuterung:

- = Mindestanforderungen nach § 3 SchuVO
- = weitere Grundwasserrelevante Daten einer Ackerschlagkartei

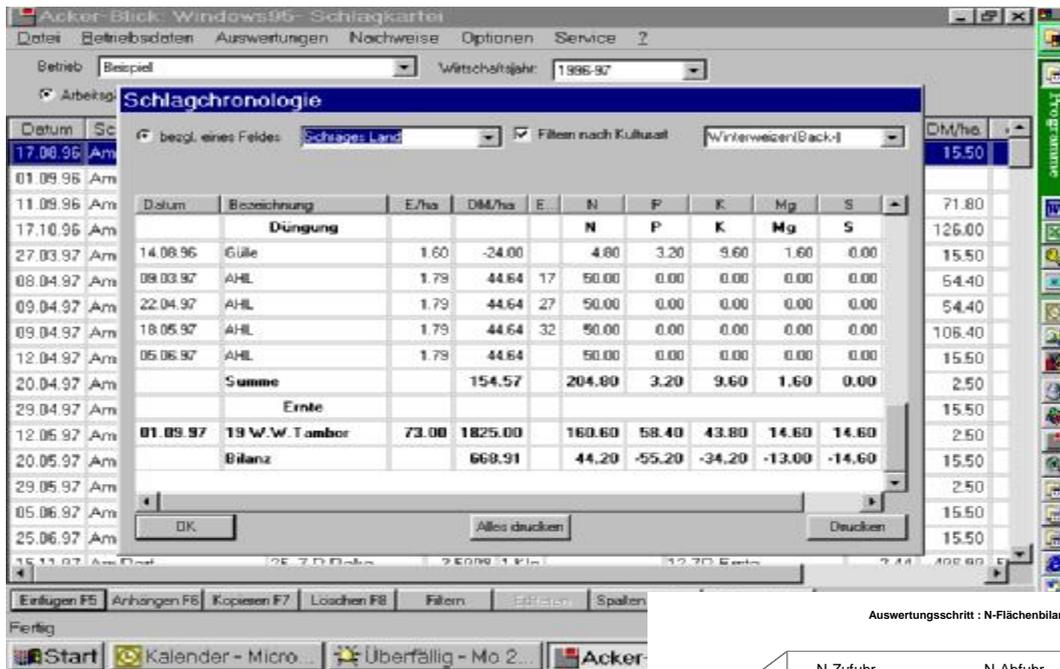
Durchführung

Handhabung

Für die einzelflächenbezogenen Aufzeichnungen stehen Formblätter nach § 3 SchuVO bereit, die den Mindeststandard repräsentieren. Ein Übergang von der analogen zur digitalen Dateneingabe sowie die Aufnahme weiterer Parameter (s. gelber Kasten) sind für einen effizienten Grundwasserschutz-orientierten Einsatz jedoch wünschenswert.

Wichtig für eine effiziente Anwendung der EDV-gestützten Ackerschlagkartei ist eine nutzerfreundliche Gestaltung der Oberfläche des Programms. Die **Dateneingabe** muss anwenderfreundlich, also **einfach und zeitsparend** sein und eine Dateneingabe möglichst noch im Gelände ermöglichen. Neuere technische Entwicklungen gehen in diese Richtung. Digitale Mini-computer mit Notizbuchfunktion können die Dateneingabe vor Ort erleichtern. Auch eine Online-Datenerfassung vom Bearbeitungsgerät auf dem Schlag ist schon möglich.

Die **komplexe Grundwasserschutz-bezogene Datenauswertung erfolgt durch den Zusatzberater**. Daher ist bei der Anschaffung der Schlagkarteien auf Datenformate zu achten, die für einen einfachen Datenaustausch mit gängigen Programmen geeignet sind.



Auswertungsschritt : N-Flächenbilanz (Einzelschlag)

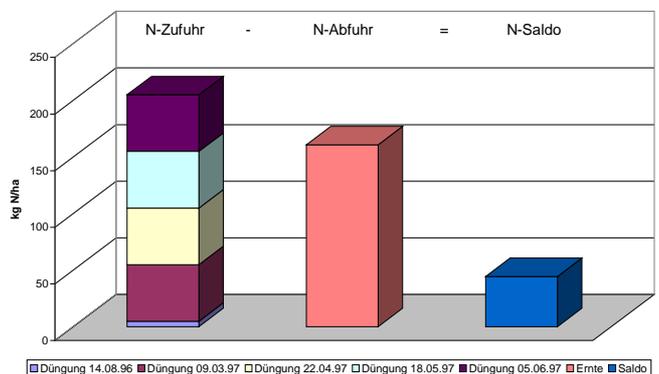


Abb. 1: Beispiel Windows-Oberfläche einer Ackerschlagkartei (Fa. EB-Software Göttingen) und Ergebnisauswertung durch den Zusatzberater

Förderung

Durch eine genaue Führung der Ackerschlagkartei ist das Erstellen von Flächenbilanzen für jeden Einzelschlag möglich. Die Erstellung schlagbezogener Flächenbilanzen für Stickstoff, Phosphor und Kalium wird im Rahmen einer Freiwilligen Vereinbarung in Wasservorranggebieten gefördert. Liegen die Flächen in einem ausgewiesenen WSG, so erfolgt der Ausgleich nach §51a NWG.

Erfolgsbewertung

Eine vollständige und genau geführte Ackerschlagkartei ermöglicht dem Berater **die Erstellung schlagbezogener Nutzungskonzepte und erleichtert deren Erfolgskontrolle.**

- Die rechnerische Erfolgskontrolle durch Erstellung von Schlagbilanzen wird erleichtert.
- Die Interpretierbarkeit von Daten der analytischen Erfolgskontrolle (z. B. N_{\min} -Werte, Tiefbohrungen, Lysimeter) wird verbessert.
- Langjährige Entwicklungen können durch die zentrale Datenhaltung schnell erfasst werden.
- Die Einhaltung der Bewirtschaftungsauflagen der SchuVO oder Freiwilliger Vereinbarungen können dokumentiert werden. Bestimmte Programme sind darüber hinaus offiziell zur Erstellung des Gesamtflächennachweises zugelassen.

Dadurch wird die Effizienz von Grundwasser-Maßnahmen insgesamt transparenter und ihre Optimierung erleichtert.

Zukünftig bieten digitale Ackerschlagkarteiprogramme die Grundlage für die Weiterentwicklung der Grundwasser-orientierten Beratung und Bewirtschaftung durch:

- Anbindung an Umweltinformationssysteme (UIS) und Geografische Informationssysteme (GIS);
- GPS-Anbindung für eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung;
- Anpassung von ökologischen und ökonomischen Modellen.

Literatur

FALKENBERG, K. et al. (1980): Schlagkartei - für Forscher oder Bauern? Betriebswirtschaftliche Mitteilungen der LWK Schleswig Holstein. 305, S 23 – 30.

POHLMANN, J. M. (1991): Die Schlagkartei. KTBL - Arbeitspapier 149. Darmstadt.

4.3 Anlage von Demonstrationsversuchen

Kurzcharakteristik

Demonstrationsversuche im Rahmen der Zusatzberatung dienen der Überprüfung und Demonstration:

- des **Grundwasserschutz-Erfolges** von Maßnahmen mit und ohne Abschluss Freiwilliger Vereinbarungen und
- der **Praktikabilität** und der **ökonomischen Auswirkungen** für den Landwirt.

Ein wesentliches Ziel von Demonstrationsversuchen ist die **Erhöhung der Maßnahmen-Akzeptanz** bei den Landwirten.

Die Erfolgs- und Praktikabilitäts-Überprüfung dient der Zusatzberatung und deren Auftraggeber zur Bewertung und ggf. Anpassung der Grundwasserschutz-orientierten Düngeberatung und der Freiwilligen Vereinbarungen. Dabei kann der Aufwand für einen einzelnen Demonstrationsversuch in der Regel nicht den Anforderungen einer statistisch abgesicherten Versuchsdurchführung genügen. Die Maßnahmen-Beurteilung stützt sich daher nicht auf einzelne Demonstrationsversuche, sondern bezieht die Ergebnisse aus verschiedenen Gebieten und nach Möglichkeit aus mehreren Jahren ein.

Anwendungsbereich

Demoversuche können grundsätzlich zu allen schlagbezogenen Grundwasserschutz-Maßnahmen angelegt werden, also zu:

- Düngeberatung,
- Pestizidanwendung,
- Bodenbearbeitung,
- Zwischenfrucht-Anbau und Untersaaten und
- mehrjährigen Maßnahmen.

Der Schwerpunkt liegt dabei auf Maßnahmen, die für das jeweilige Wasservorranggebiet eine besondere Bedeutung haben, deren Bekanntheitsgrad oder Akzeptanz aber noch nicht zufriedenstellend ist. Demoversuche werden vorwiegend auf typischen Standorten der NAG-Klassen „hoch“ bis „sehr hoch“ angelegt.

Versuchstypen

Parzellenversuch

Für Parzellenversuche wird ein Bearbeitungstreifen in Teilstücke (Parzellen) unterschiedlicher Anwendungsintensität der Demonstrationsmaßnahme geteilt. Die Durchführung erfordert eine Ausstattung des Landwirtes mit entsprechendem technischen Gerät (z. B. Exakt-Düngerstreuer oder AHL-Spritze). Die Beerntung, z. B. mit einem Parzellenmähdröschler, wird

durch den Versuchsansteller organisiert. Um die Heterogenität des Pflanzenbestandes innerhalb einer Parzelle zu erfassen, ist die Unterteilung der Parzellen in vier Teilparzellen möglich, die getrennt beerntet werden. Die Ertragsermittlung erfolgt durch Auslitern oder Wiegen des Erntegutes auf dem Feld.

Streifenversuch

Der Streifenversuch wird mit einer Maschinen-Arbeitsbreite pro Variante über die gesamte Schlaglänge oder -breite angelegt. Er eignet sich besonders für Kulturen, deren zuverlässige Beemung eine größere Fläche erfordert. Für die Beerntung werden die normalen Erntemaschinen eingesetzt. Die Ertragsermittlung erfolgt durch Wiegen des Anhängers.

Einfacher Demoversuch

Schlagteilung zur Demonstration einer Maßnahme im Vergleich mit der betriebsüblichen Bewirtschaftung. Der Versuch soll den Maßnahmeneffekt vor Ort verdeutlichen und dient vorwiegend dazu, dass der Bewirtschafter Erfahrungen mit der demonstrierten Maßnahme sammelt.

Terrassenversuch

Terrassenversuche werden vorwiegend zu Fragen der Pflanzenschutz (ggf. in Kombination mit der Düngung) angelegt. Dabei wird die Anzahl der Pflanzenschutzmittel-Applikationen innerhalb eines Fahrstreifens variiert, indem die Spritze bei jeder Anwendung in unterschiedlichen Teilbereichen an- oder abgeschaltet wird.

Düngefenster

Begleitend zur betriebsüblichen Behandlung eines Schlates wird eine kleine Teilfläche (vom Feldrand aus einsehbar) von einer Applikation ausgespart, um den Wirkungsvergleich mit/ohne Maßnahme direkt vor Ort beurteilen zu können. Die Anlage dient der Optimierung der Bestandesführung (z. B. Düngung in Abhängigkeit von der Entwicklung des Bestandes im Fenster). Anwendungen finden sich im Bereich des Düngungs- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes.

Durchführung

Voraussetzungen

Für die Versuchsanlage kommen nur Flächen mit homogenen Standorteigenschaften in Frage. Folgende Faktoren sollten berücksichtigt werden:

- Geringe Variabilität des N_{\min} -Ausgangsniveaus und der zu erwartenden natürlichen N-Dynamik. Es ist örtlich sinnvoll, die N_{\min} - Variabilität vor Versuchsdurchführung durch getrennte Beprobung der Variantenflächen zu erfassen,
- Humusgleichgewicht des Bodens (Ausnahme: Demoversuche zur Spezial-Düngeberatung in Gebieten mit einem hohen Anteil von „N-Quellenstandorten“ (s. Kap. A 1.1.2), und

Tab. 1: Dokumentation der Anlage eines Zuckerrüben-Streifenversuches

Parameter	Information
Schlag	Demofeld
Bewirtschafter	
Größe	33 ha
Standort	Flachgründige Rendzina, Braunerde Rendzina
Bodenpunkte	65
Spritzbreite	27m
N _{min}	23 kg N/ha
Ertragserwartung	550 dt/ha
Fruchtfolge	WW-WG-ZR
Bodenbearbeitung	Gepflügt Oktober 1996
Saatgut	Tellus
Saatzeitpunkt/ -stärke	15.04.97; 1,1 Einheiten/ha
Bestandesdichte	100 Tsd. Pflanzen/ha
Erste Düngung	16.04.97 x kg N/ha AHL
Zweite Düngung	06.06.97 x kg N/ha auf die betriebsübliche Variante (AHL)
Pflanzenschutz	08.05. 1,2 l Betanal Tandem; 1 kg Goltix 17.05. 1,6 l Betanal Tandem; 1 kg Goltix; 0,4 kg Pyramin; 0,5 l Öl 06.06. 1,2 kg Goltix 03.06 – 04.06 gehackt

ageplan:



- neben den persönlichen Voraussetzungen muss der Bewirtschafter über die entsprechende maschinelle Ausstattung (z. B. Exakt-Düngerstreuer oder AHL-Spritze bei Parzellenversuchen) verfügen.

Versuchsanlage (am Beispiel einer Anlage von Streifenversuchen zur N-Reduktion)

Die Streifenbreite beträgt in der Regel eine Arbeitsbreite des Düngergerätes. Die Fläche des Streifens sollte nicht zu klein sein, um die Auswirkung von Randeffekten (z. B. Überlappungen zu Nachbarstreifen oder Vorgewende) zu minimieren. Die Düngestufen werden in Abhängigkeit von Standorteigenschaften, der Ertragserwartung und den gebietsspezifischen Gegebenheiten festgelegt.

Beispiel:

- betriebsübliche Düngung (Streifen 1 + 5),
- Düngung nach erweitertem Bilanzansatz (Streifen 2),
- Düngung nach Sollwertmethode (Streifen 3),
- ggf. Düngung gemäß gebietsspezifischer Freiwilliger Vereinbarung (Streifen 4).

Bei dieser Versuchsanlage wird die betriebsübliche Düngung häufig in zwei Wiederholungen angelegt, und zwar in den beiden äußeren Streifen. Bei unterschiedlichen Ergebnissen beider Wiederholungen kann so auf Standortunterschiede geschlossen und ggf. ein lageabhängiger Korrekturfaktor für die übrigen Varianten berechnet werden.

Bei einjährigen Demoversuchen wird für die **Düngeplanung** nur der Frühjahrs-N_{min}-Wert der Gesamtfläche bestimmt. In mehrjährigen Demoversuchen wird in jedem Jahr der Frühjahrs-N_{min}-Wert der Einzelstreifen getrennt ermittelt (BEZIRKSREGIERUNG BRAUNSCHWEIG 1998).

Begleitende Beobachtungen

- Während des Pflanzenwachstums werden phänologische Unterschiede der Varianten bonitiert und evtl. durch Foto mit Datumsangabe dokumentiert.
- Ergänzend können vegetationsbegleitende Nitrachek- und ggf. N_{min}-Untersuchungen durchgeführt werden.
- Eine Erhebung von lokalen Witterungsdaten durch den Landwirt ist für die Auswertung der Versuche oftmals hilfreich.

Feldrundfahrt

Die Demoflächen sind fester Bestandteil der jährlich durchgeführten Feldrundfahrten im Rahmen der Zusatzberatung. Der bewirtschaftende Landwirt trägt praxisrelevante Aspekte des Demoversuchs vor. Der Zusatzberater liefert Hintergrundinformationen zu Düngestrategie, Bodenkunde und Grundwasser-

schutz-Zielen. Dies ermöglicht die gemeinsame Weiterentwicklung Grundwasserschutz-orientierter Bewirtschaftung durch den Zugewinn wertvoller standortbezogener Kenntnisse. Am Feldrand können Tafeln mit Informationen zu Versuchsanlage und Aussagemöglichkeiten installiert werden. Sie weisen während des Versuchs auch die Öffentlichkeit auf die Maßnahmen hin.

Beerntung und Analysen

Die Beerntung von Streifenversuchen erfolgt mit dem Gerät des Bewirtschafters. Quantitative und qualitative Parameter werden auf dem Feld oder durch Labors bzw. den Weiterverarbeiter aufgenommen.

In jedem Streifen wird eine Ernte- N_{\min} - und/oder Herbst- N_{\min} -Beprobung durchgeführt. Ergänzende Methoden der Erfolgskontrolle könnten z. B.

- Tiefbohrungen nach mehrjährigen Versuchen oder
 - der Einbau von Unterflurlysometern oder Saugkerzen
- sein.

Auswertung

Die Auswertung des Versuchs hilft der Zusatzberatung und den Landwirten bei der Erweiterung der gebietspezifischen Kenntnisse. Außerdem soll die Akzeptanz der Maßnahme und mit ihr die Glaubwürdigkeit der Zusatzberatung verbessert werden.

Die Auswertung von Demoversuchen zur N-Düngung umfasst i. d. R. die Parameter:

- Stickstoffbilanz
- Herbst- N_{\min} -Wert
- ggf. Sickerwasserqualität
- Ertrag
- Ertragsqualität
- Deckungsbeitrag

Eine zuverlässige Beurteilung von Grundwasserschutz-Maßnahmen ist nur durch Zusammenfassung der Ergebnisse vergleichbarer Demo-Versuche und deren Abgleich mit den statistisch abgesicherten Ergebnissen aus Exakt-Versuchen möglich.

Für die Beurteilung des Maßnahmenerfolgs wird der nachweisbare Grundwasserschutz-Erfolg den ökonomischen Kriterien gegenübergestellt. Dies ermöglicht:

- eine Überprüfung der bisherigen Beratungsempfehlungen hinsichtlich des Grundwasserschutz-Erfolges,
- eine Überprüfung der Höhe der Ausgleichszahlungen und Entschädigungen,
- Hinweise auf zukünftige Versuchsplanungen und

-
- die Darstellung der Kosten pro kg N-Saldo-Minderung, Herbst-N_{min}-Minderung oder Minderung der Nitrat-Konzentration im Sickerwasser.

Erfolgsbewertung

Demoversuche eignen sich gut zur Untersuchung und Verdeutlichung des Effektes einzelner Grundwasserschutz-Maßnahmen in einem Wassergewinnungsgebiet. Der Erfolg umfasst:

- Die Erhöhung der Maßnahmenakzeptanz bei den Landwirten,
- eine Verbesserung der Glaubwürdigkeit / des Vertrauens in die örtliche Zusatzberatung,
- einen Erfahrungszuwachs bei den Landwirten,
- die Überprüfung der Höhe der Ausgleichszahlungen und des Grundwasserschutz-Erfolges einzelner Maßnahmen (nur durch Zusammenfassung der Ergebnisse mehrerer Demoversuche).

Bei der Auswahl der Flächen für Demoversuche sollten folgende Punkte besondere Beachtung finden:

- Die Zuverlässigkeit und das Verständnis des Landwirtes für die exakte Einhaltung der Vorgaben,
- Vorhandensein gleichmäßiger Bodenverhältnisse,
- möglichst gutes Wissen über den Schlag (langjährige N_{min}- und Bewirtschaftungsdaten) und
- gute Erreichbarkeit mit PKW für die Feldbegehungen.

Literatur

BEZIRKSREGIERUNG BRAUNSCHWEIG (1998): Pflichtenheft der Bezirksregierung Braunschweig für die Zusatzberatung gem. § 47h (3) Nr. 4a NWG.

OEHMICHEN, J. (1986): Pflanzenproduktion. Bd. 2. Berlin, Hamburg.

4.4 Management auf Gesamtbetriebsebene – Schwerpunkt Stickstoffoptimierung

Kurzcharakteristik

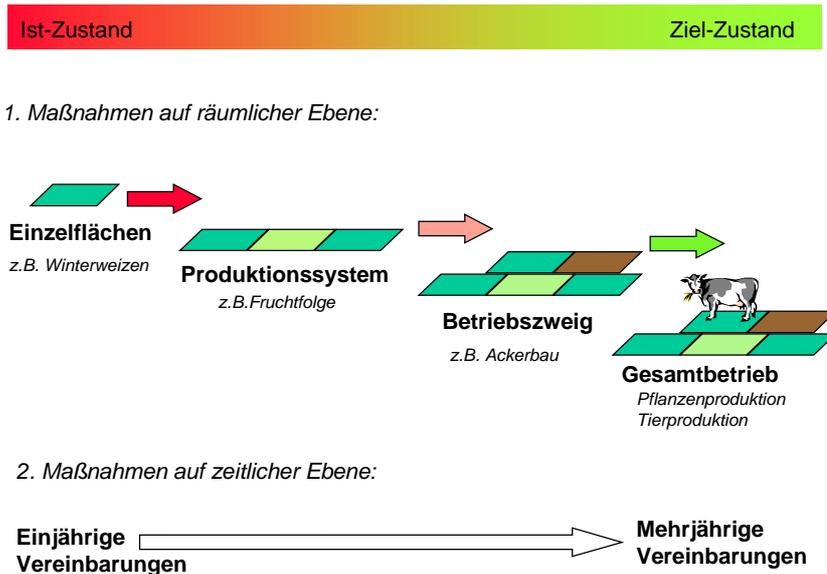


Abb. 1: Übergang von der Grundwasserschonend bewirtschafteten Einzelfläche zum Management auf Betriebsebene

Maßnahmen auf Schlagebene ermöglichen dem Bewirtschafter einen einfachen Zugang zur Grundwasserschutz-orientierten Bewirtschaftung. Herausgelöst aus der Produktionssteuerung des Gesamtbetriebes können sie jedoch nur einen begrenzten Effekt für die Wasserqualität eines Einzugsgebietes erlangen.

Vielgestaltige und vernetzte Strukturen sowohl in agrarökonomischer als auch in agrarökologischer Hinsicht (z. B. Agenda 2000, Preisentwicklungen, PSM- und Düngemiteleinsetz) machen ganzheitliche Lösungen sinnvoll. Ziel der Beratung ist daher eine schrittweise räumliche und zeitliche Integration von der Schlagebene zur Fruchtfolgeebene bis hin zum Grundwasserschutz-orientierten Management eines gesamten Betriebszweiges. Vor dem Hintergrund eines immer stärkeren Strukturwandels können bestimmte Maßnahmen sogar nur auf überbetrieblicher Ebene umgesetzt werden, was am Beispiel Wirtschaftsdünger (Kap. A 4.1.1 und A 4.1.2) aufgezeigt wurde.

Beim Management auf Gesamtbetriebsebene soll der Landwirt, begleitet von gezielter Beratung, Potenziale zur ökologischen Optimierung durch Steuerung und Reduzierung von Betriebsmitteln im gesamtbetrieblichen Kontext analysieren und umsetzen. Die Optimierungsgrößen sind:

- Die **N-Hoftorbilanz**, deren Saldo auf ein Grundwasser-verträgliches Maß zu reduzieren ist,
- die **N-Flächenbilanzen**, Herbst N_{\min} -Werte und direkt messbare **N-Austräge** auf austragsgefährdeten Standorten,
- das **Betriebseinkommen**, das im Rahmen der Grundwasserschutz-orientierten Bewirtschaftung zu optimieren ist, und
- zukünftig könnten außerdem weitergehende Instrumente, wie z. B. die **Ökobilanz** oder die **betriebliche Zertifizierung**, Bedeutung erlangen.

Anwendungsbereich

Die Möglichkeit eines Grundwasserschutz-orientierten Betriebsmanagements bietet sich vor allem für solche Landwirtschaftsbetriebe an, deren Flächen ganz oder zu einem hohen Prozentsatz in einem Wasservorranggebiet liegen. Der Betriebsleiter sollte bereits einige Erfahrungen mit der Umsetzung Grundwasserschutz-orientierter Maßnahmen haben. Notwendig ist die Bereitschaft zu einer intensiven Zusammenarbeit mit dem Zusatzberater und die Gewährleistung eines reibungslosen Datentransfers zwischen Landwirt und Berater, was auch die zeitnahe Führung der Ackerschlagkartei einschließt.

Durchführung

Das komplexe Vorgehen kann am Beispiel des Stickstoffmanagements exemplarisch erläutert werden.

Ausgangspunkt Stickstoffbilanzen

Ausgangspunkt für ein gesamtbetriebliches Stickstoffmanagement ist die N-Hoftorbilanz. Ziel ist es, die Bilanzüberschüsse deutlich zu mindern. Unter Berücksichtigung unvermeidlicher Verlustgrößen, besonders in Veredelungsbetrieben, wird durch die Beratung ein betriebsspezifischer tolerierbarer Bilanzüberschuss definiert (z. B. 20-40 kg N/ha bei Marktfruchtbetrieben und 60-100 kg N/ha bei viehhaltenden Betrieben je nach Viehbesatz). Die Größe dieses Bilanzziels wird als Arbeitshypothese zunächst festgelegt und dann dynamisch angepasst. Die Differenz zwischen aktuellem Bilanzüberschuss und Bilanzziel stellt den Verringerungsbedarf dar.

Da die Verringerung der N-Hoftorbilanz allein die Verringerung der Stickstoff-Auswaschung auf Problemstandorten nicht unmittelbar gewährleistet, wird das Betriebsmonitoring auf austragsgefährdeten Standorten durch geeignete Methoden der Erfolgskontrolle ergänzt (s. Teil B).

Einbeziehung und Optimierung von Produktionsfaktoren

Zur Erhöhung der Stickstoff-Effizienz wird der Landwirt seine Produktionsweise auf verschiedenen Ebenen verändern. Diese Anpassung, die durch die Beratung zu fördern und zu lenken ist, erstreckt sich auf folgende Bereiche:

- Fruchtfolgegestaltung
 - Optimierung der Fruchtfolge hinsichtlich Zwischenfruchtanbau und Vorfrucht-Effekten (Kap. A 3.2),
 - Anbau N-extensiver Fruchtarten,
 - Zwischenfruchtanbau zur Stickstoffkonservierung (Kap. A 2.1),
- Bodenbearbeitung
 - Anpassung der Zeitpunkte, der Intensität und Optimierung der Technik (s. Kap. A 1.3.1 und A 2.2),

- Sortenwahl
 - Wahl von Sorten, die unter den gegebenen Standort- und Intensitätsverhältnissen optimale Erträge bringen (hohe N-Effizienz, geringe Krankheitsanfälligkeit, hohe Ertragsicherheit).

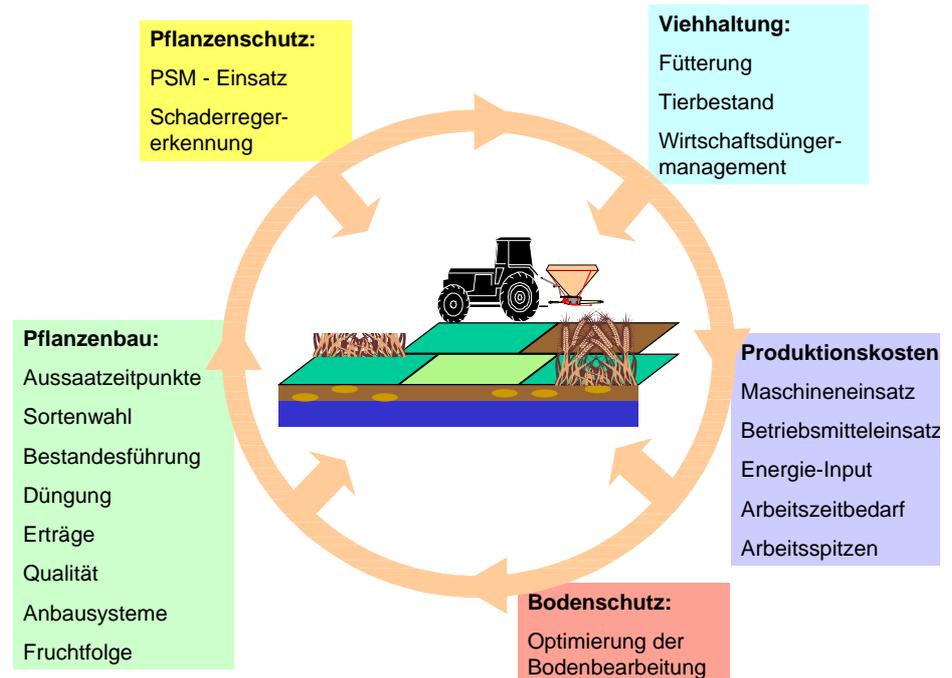


Abb. 2: Optimierungsbereiche bei gesamtbetrieblichem Management

- Düngung
 - Die Düngeintensität des Betriebes wird reduziert.
 - Die intensive Düngung wird auf Flächen hoher N-Effizienz verlagert.
 - Vegetationsbegleitende Düngeanpassung (Kap. A 1.2);
 - Ausnutzung von Einsparpotenzialen bei der P- und K-Düngung;
 - Organischer Stickstoffdünger wird zielgerichteter eingesetzt (Kap. A 1.1.3, A 4.1.1 und A 4.1.2).
- PSM-Einsatz
 - Reduktionspotenziale durch Fruchtfolgeveränderung und Optimierung des Düngemanagements werden ausgenutzt.

Beispiel: Optimierungsplan „Stickstoffdüngung“

Ausgangspunkt der Optimierung ist die Erhebung der Stickstoff-Hoftorbilanz (s. Kap. B 2.1). Zusätzlich werden alle relevanten Parameter zu Produktionsmitteln, Flächen- und Stoffinventar erfasst.

Im ersten Optimierungsjahr dient die Erhebung der Ist-Zustandsanalyse. In den Folgejahren ist die N-Hoftorbilanz (ggf. in vermindertem Umfang) zur Effizienzkontrolle notwendig. Nach der Bestimmung des Ist-Zustandes bzw. des Erfolges des vergangenen Anbaujahres, wird das Minderungspotenzial hinsichtlich der N-Hoftorbilanz errechnet (Ausgangsziel minus Ist-Zustand).

Die Umsetzungsstrategie erfasst alle betriebsinternen Produktionsfaktoren. Die Umgestaltung der Fruchtfolge in Anpassung an den Standort ermöglicht direkte Einsparungen bei der Bodenbearbeitung, dem N-Input und beim PSM-Einsatz. Der Pflanzenschutzaufwand wird durch eine bewusste Sortenwahl zusätzlich reduziert. Die Fruchtfolgegestaltung erlaubt auch eine höhere N-Effizienz über eine Fruchtfolge hinweg, da u. a. Vorfruchteffekte stärker genutzt werden. Auch hier hat die Sortenwahl verstärkende Wirkung.

Auf Grundlage der Betriebserfassung wird für den Betrieb die Nährstoff-Abfuhr mit dem Erntegut berechnet. Bei der Berechnung der benötigten Düngermenge des gesamten Betriebes wird ggf. der Wirtschaftsdüngeranfall mit berücksichtigt. Die in Abhängigkeit vom definierten Bilanzziel (s. o.) berechnete Düngermenge wird Grundlage der Kultur- und Einzelflächenbezogenen Düngeplanung. Unvermeidliche Verluste und notwendige Abweichungen führen in der Betriebs-Stickstoff-Bilanz dann zu einem Überschuss, der sukzessive über die Jahre dem Optimierungsziel angenähert wird.

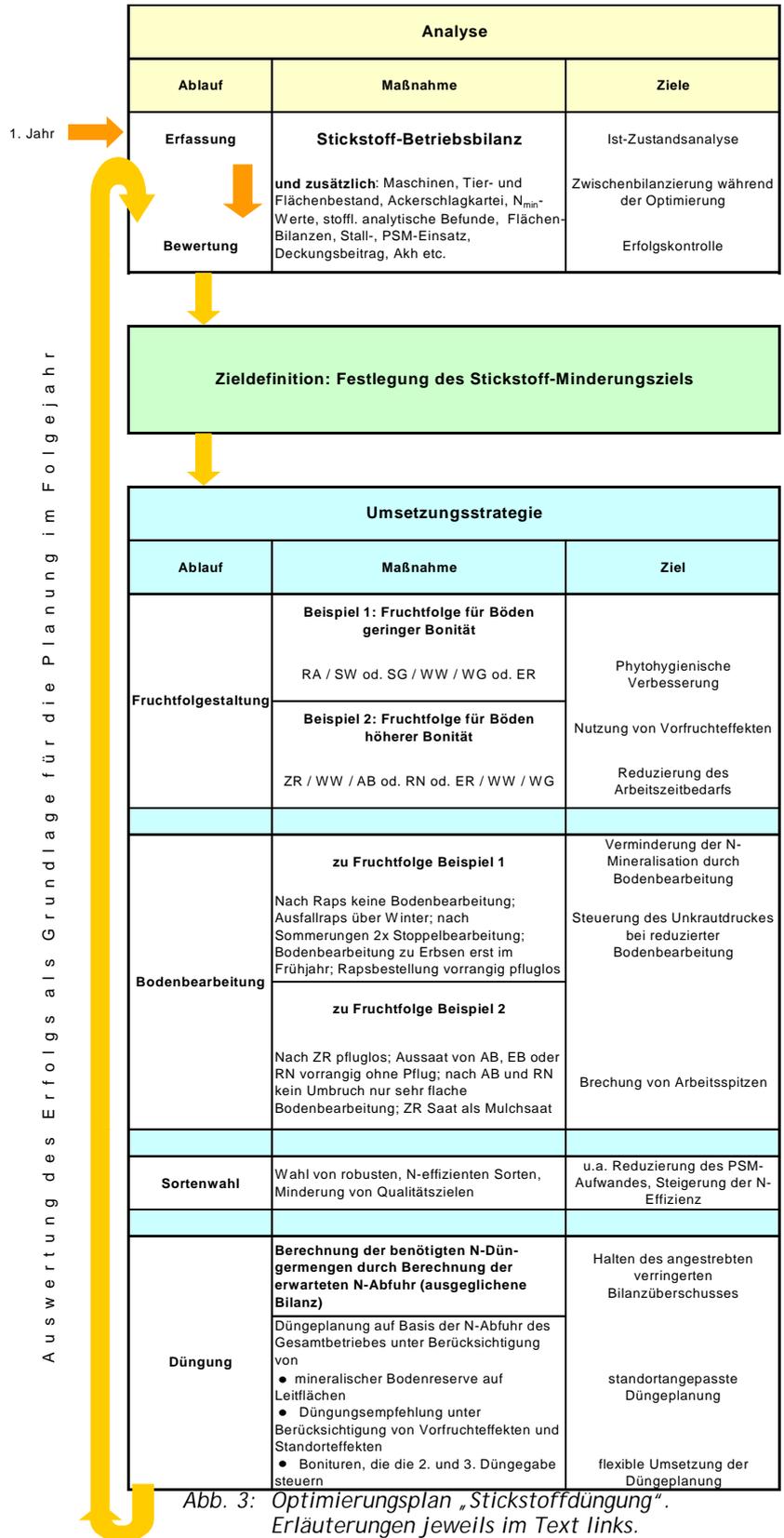


Abb. 3: Optimierungsplan „Stickstoffdüngung“. Erläuterungen jeweils im Text links.

Einbindung des Betriebsleiters

Der betriebliche Anpassungsprozess muss gemeinsam mit dem Bewirtschafter entwickelt und diskutiert werden.

Die Aufgabe des Beraters ist es, das Potenzial des betrieblichen Grundwasserschutzes im Rahmen der Wirtschaftlichkeit zu verdeutlichen. Der Landwirt kann durch intensive Beobachtung der Bestände (Bonituren, N_{\min} , Düngefenster) dieses Potenzial nutzbar machen.

Erfolgsbewertung

Die Erfolgsbewertung des gesamtbetrieblichen Managements muss sowohl ökologische als auch ökonomische Größen berücksichtigen. Versuche im Rahmen des Göttinger INTEX-Projekts zeigen die Tendenz, dass sich integrierte Systeme auf ertragsstarken Standorten z. T. sogar mit Deckungsbeitragssteigerungen realisieren lassen. Auf ärmeren Böden ist hingegen mit einem Sinken der Deckungsbeiträge zu rechnen. Einsparungen lassen sich hauptsächlich im PSM-Bereich und bei den Düngemitteln erzielen. Hinsichtlich der ökologischen Faktoren lassen sich deutliche Verringerungen der N-Bilanzüberschüsse erreichen. Minderungen des Herbst N_{\min} -Wertes sind bisher selten dokumentiert.

*Tab. 1: Ergebnisse eines Einzelbetriebes mit Betriebsform Veredelung im westlichen Harzvorland im ersten Jahr der Optimierung.
(Die Werte sind als orientierende Beispieldaten zu verstehen.)*

Bewertungskriterium	optimierter Betrieb	zum Vergleich: Vorjahr
N-Bilanz über alle WW-Schläge	+13 kg N/ha	+64 kg N/ha
N-Hoftorbilanz	101 kg N/ha	163 kg N/ha
Ertrag WW	83 dt/ha	78 dt/ha
PSM Aufwendungen WW	157 DM/ha	240 DM/ha
Deckungsbeitrag WW	1867 DM/ha	1550 DM/ha

Das Management von Stickstoffströmen in Zusammenhang mit allen anderen Vorgängen im landwirtschaftlichen Betrieb ist ein relativ komplexer und weitreichender Ansatz. Bisher liegen einschlägige Ergebnisse nur von Einzelbetrieben vor, die eine generelle Verallgemeinerung noch nicht zulassen. Dennoch sind Tendenzen klar erkennbar.

- Der N-Hoftorbilanz-Überschuss lässt sich deutlich reduzieren.
- Die Umstellungszeiten sind gering.
- Die Einsparungen beim Betriebsmitteleinsatz sind deutlich.
- Der Deckungsbeitrag kann z. T. gesteigert werden.

Unter Grundwasserschutz-Aspekten ist besonderes Augenmerk auf die Verringerung der **N-Hoftorbilanz** und der **N-Flächenbilanzen** zu legen.

Um den Grundwasserschutz-bezogenen Umstellungserfolg ausführlich zu dokumentieren, sollte die betriebliche Anpassung durch Methoden der **stofflich-analytischen Erfolgskontrolle** (z. B. N_{\min} -Tiefenprofile, Unterflurlysimeter oder Messungen im oberflächennahen Grundwasser) auf ausgewählten Teilflächen begleitet werden.

Parameter	Bewertung
Düngungsminderung	möglich
Saldominderung	deutlich
N_{\min} -Minderung	bisher kein eindeutiger Trend
Sickerwasserentlastung	noch nicht verifiziert
PSM-Einsparung	deutlich

4 Gesamtbetriebliche und überbetriebliche Maßnahmen

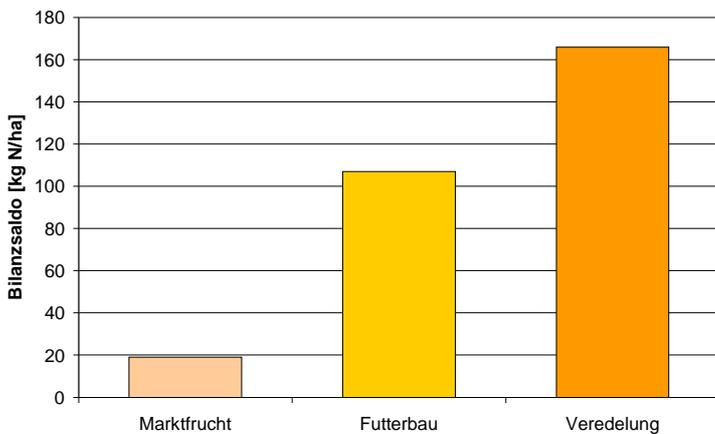


Abb. 1: N-Bilanzüberschüsse nach Betriebstypen in der BRD 1995/96. Daten nach FREDE 1997.

Grundwasserschutz-orientierte Maßnahmen müssen sich nicht auf einzelne Schläge beziehen, sondern können auch ganze Betriebe bzw. mehrere Betriebe als Einheit umfassen. Gesamt- oder überbetriebliche Grundwasserschutz-Maßnahmen zielen im Allgemeinen auf eine Reduzierung der betrieblichen Stickstoff-Bilanzüberschüsse ab. Ein Schwerpunkt ist daher bei viehhaltenden Betrieben zu sehen, die im Mittel einen deutlich höheren N-Bilanzüberschuss aufweisen als reine Marktfruchtbetriebe. Dem Ziel einer Reduzierung des betrieblichen N-Bilanz-Überschusses kann dabei auf verschiedenen Wegen näher gekommen werden.

Im Folgenden werden Maßnahmen zu einem effizienteren Umgang mit Wirtschaftsdünger in den Kapiteln

- Förderung exakter Ausbringungstechniken für Wirtschaftsdünger (A 4.1.2) und
- Erweiterung der Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger (A 4.1.1)

vorgestellt.

Demgegenüber weiter gefasst ist der Ansatz eines **gesamtbetrieblichen N-Managements** (Kap. A 4.3), das alle Produktionsebenen des landwirtschaftlichen Betriebes erfasst.

Grundlage der effizienten Steuerung von Nährstoffströmen im Betrieb ist in jedem Fall eine umfassende, möglichst digital geführte **Ackerschlagkartei** (Kap. A 4.2).

4.1 Effizienter Umgang mit Wirtschaftsdünger

Wirtschaftsdüngerproblematik

Folgende Faktoren sind im Wesentlichen für den höheren Nährstoffüberschuss von viehhaltenden Betrieben verantwortlich:

- Zusätzliche N-Importe durch Zukauffutter stehen geringen N-Exporten mit dem Tierverkauf gegenüber,

- Unsicherheiten bei der Anrechenbarkeit führen zu einer Unterbewertung der Wirtschaftsdünger und damit zu einer überhöhten Düngung, und
- mangelnde Lagerkapazität führt zu einer Ausbringung von Wirtschaftsdüngern zum falschen Zeitpunkt. Folge ist die Erhöhung des N-Auswaschungsrisikos.

Die Zusatzberatung unterstützt Maßnahmen für eine möglichst verlustfreie, gut steuerbare und am Pflanzenbedarf orientierte Wirtschaftsdünger-Ausbringung. Angestrebt werden im Einzelnen:

- In Anpassung an die Nutzungsverhältnisse bei Ackerland maximal 80 bis 160 kg N/ha und bei Grünland maximal 210 kg N/ha aus Wirtschaftsdüngern. In der Praxis folgt daraus eine Verteilung des Wirtschaftsdüngers auf möglichst viele Kulturen,
- Einzelgaben nicht über 100 dt/ha Stallmist bzw. 20 m³/ha Gülle,
- Erweiterung des möglichen Ausbringungszeitraumes und
- Minimierung der zusätzlichen Mineraldüngung durch Integration der Wirtschaftsdünger-Ausbringung in die Düngplanung.

Die Maßnahmen der Zusatzberatung Wasserschutz umfassen hierzu u. a.:

- Förderung exakter Ausbringungstechniken für Wirtschaftsdünger z. B. Schleppschlauchtechnik, Exaktmiststreuer (Kap. A 4.1.2),
- Erweiterung der Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger (Kap. A 4.1.1),
- Nährstoffanalysen des Wirtschaftsdüngers (Kap. A 1.1.3),
- Entwicklung eines gesamtbetrieblichen N-Managements (Kap. A 4.3.) und
- Unterstützung beim Aufbau und der Führung einer (möglichst digitalen) Ackerschlagkartei (Kap. 4.2).

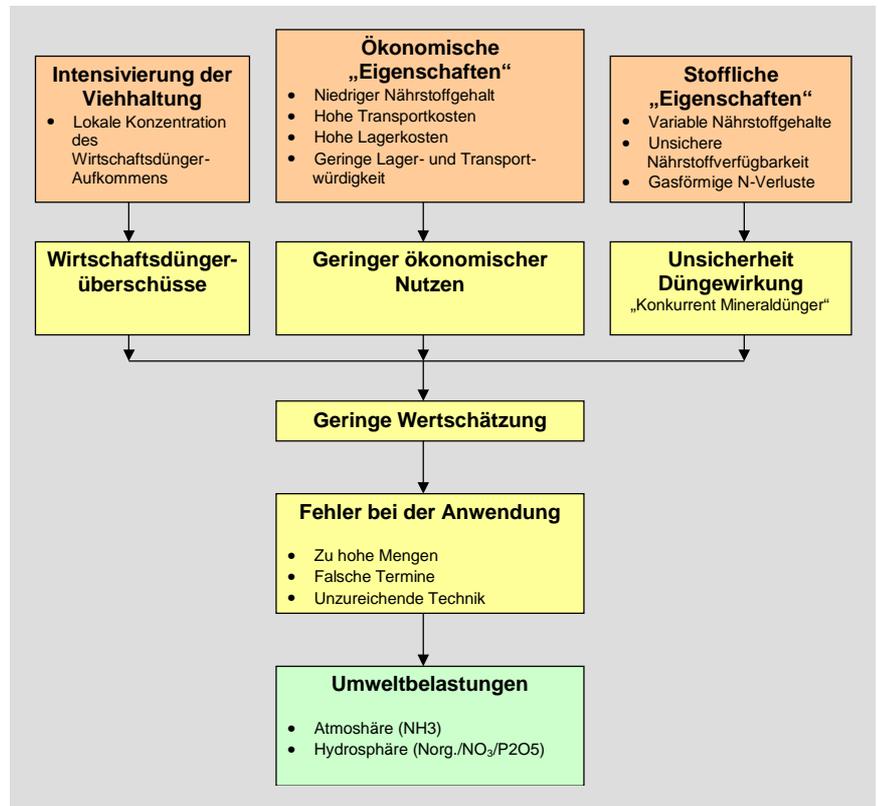


Abb. 2: Umweltbelastungen durch Wirtschaftsdüngereinsatz und ihre Ursachen, DÖHLER 1996, verändert

Literatur

DÖHLER, H. (1996): Landbauliche Verwertung stickstoffreicher Abfallstoffe, Komposte und Wirtschaftsdünger. Wasser&Boden, 48/11, S. 7 – 16.

FREDE, H. (1997): Entwicklung der Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Bilanz der Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. Gesellschaft für Boden- und Gewässerschutz e. V., Wettenberg.

5.4 Perspektive: Agenda 2000

Beschreibung der Ausgangslage

Bereits im Juli 1997 veröffentlichte die Europäische Kommission in einer Mitteilung (Agenda 2000) ihre Vorstellungen über eine nachhaltige Entwicklung und Verbesserung der Lebensqualität der europäischen BürgerInnen. Hierin waren auch Vorschläge zu Reformen der Strukturpolitik und der gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) mit dem Ziel der Schaffung und Erhaltung einer wettbewerbsfähigen Landwirtschaft einbezogen. Gründe für diese Vorschläge waren:

- Die weiter zunehmende Überschussproduktion in der Landwirtschaft,
- die begrenzten Möglichkeiten zur Finanzierung dieser Überschüsse aus EU-Mitteln und
- die Verpflichtung, Überschüsse nur zu Weltmarktpreisen abzusetzen. Da bei dem größten Teil der EU-Landwirte jedoch die Produktionskosten höher sind als die derzeitigen Weltmarktpreise, liegt hier das eigentliche Problem der EU.

Die im letzten Punkt genannte Verpflichtung zwingt die EU zu einer weiteren schrittweisen Senkung der administrativen Stützungspreise. Hiervon ausgenommen sind nur Beihilfen, die keine Auswirkungen auf den Handel oder die Erzeugung haben, da sie nicht an ein bestimmtes Produkt gebunden sind.

Demnach werden z. B. folgende Förderbereiche zukünftig eine stärkere Bedeutung bekommen:

- Forschung, Ausbildung und Beratung,
- Infrastruktur und Vermarktung,
- Regionalbeihilfen in benachteiligten Gebieten und Hilfe bei Naturkatastrophen und insbesondere
- die Ausrichtung der Agrarproduktion auf den Schutz der Umwelt.

Die Agenda 2000 umfasst den Förderzeitraum von 2000 bis 2006 und sieht öffentliche Ausgaben von insgesamt über einer Milliarde DM vor, wobei die Kosten für die Agrarumweltprogramme, auf die im Folgenden weiter eingegangen werden soll, meist je zur Hälfte durch das Land Niedersachsen und die EU finanziert werden.

Rechtsgrundlagen und Förderprogramme

Im Rahmen der EU-Beschlüsse zur Agenda 2000 wurde vom Rat der EU die Verordnung (EG) Nr. 1257/99 zur Förderung und Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Ausrichtungs- und Garantiefonds für die Landwirtschaft (EAGFL) verabschiedet.

Auf der Grundlage dieser Verordnung hat das Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (ML) eine umfangreiche Beschreibung der verschiedenen Fördermaßnahmen vorgenommen und dieses niedersächsische Gesamtförderprogramm unter der Bezeichnung „PROLAND“ der EU-Kommission termingerecht im Dezember 1999 zur Entscheidung vorgelegt. Für die Bereiche Natur- und Trinkwasserschutz wurden auch verschiedene Fördermaßnahmen seitens des Niedersächsischen Umweltministeriums (MU) erarbeitet und in das PROLAND-Programm eingestellt.

Das niedersächsische PROLAND-Programm wurde im September 2000 von der EU-Kommission genehmigt.

Die Fördermaßnahmen zum Trinkwasserschutz sollen die bisher im Rahmen des „Niedersächsischen Kooperationsmodells“ angebotenen und ausschließlich aus Landesmitteln, hier der so genannten „Wasserentnahmegebühr (WEG)“, finanzierten Grundwasserschutz-Maßnahmen flankieren.

Die Maßnahmen sind daher ebenfalls der Gebietskulisse Wasserschutz- und Wasservorranggebiet vorbehalten und werden in zwei Kategorien unterteilt:

- a) Die so genannten „Agrarumweltmaßnahmen“ zum Trinkwasserschutz sehen eine Extensivierung oder Umstellung der bisherigen intensiven Flächenbewirtschaftung vor. Hierbei werden Maßnahmen für die Grünlandbewirtschaftung einschließlich der Umwandlung von Acker zu Grünland, die Bewirtschaftung von Stilllegungsflächen und für den Ökologischen Landbau angeboten.
- b) Im Rahmen der „Förderung der Anpassung und Entwicklung von ländlichen Gebieten“ im Sinne des Trinkwasserschutzes sollen der Erwerb und die Pacht von Flächen durch Wasserversorgungsunternehmen (WVU), begleitende Projekte zum Ökologischen Landbau und andere Maßnahmen zur Förderung der Umstellungsbereitschaft der Landwirte auf den Ökolandbau sowie Modell- und Pilotprojekte zur Erforschung einer besonders auf den Grundwasserschutz ausgerichteten Landwirtschaft gefördert werden.

Mit den Niedersächsischen Agrarumweltprogrammen (NAU) bestehen im Rahmen von PROLAND weitere Möglichkeiten zur Teilnahme an extensiven Produktionsverfahren, die nicht nur in Wasservorranggebieten, sondern flächendeckend umgesetzt werden können. Grundsätzlich sieht das NAU die Förderung extensiver Produktionsverfahren bei Dauerkulturen, wie z. B. den Herbizidverzicht, sowie die Förderung der extensiven Grünlandnutzung, des Ökologischen Landbaus und der zehnjährigen Flächenstilllegung vor.

Bei der Teilnahme an den EU-Förderprogrammen müssen die Landwirte strenge Maßstäbe bei der Einhaltung der Antragsvoraussetzungen erfüllen. Abweichungen bei den Flächenangaben, bei den Bewirtschaftungsauflagen oder die Nichteinhaltung sonstiger Vorgaben können zu drastischen Kürzungen der Förderung für das betroffene oder, in besonders schweren Fällen, auch für das folgende Kalenderjahr führen.

Besonders bedeutsam ist in diesem Zusammenhang auch die Forderung der EU, wonach die Länder, als Voraussetzung zur Teilnahme an den Agenda-Maßnahmen, die Einhaltung der Regeln zur ordnungsgemäßen Landwirtschaft nachweisen müssen.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Agenda 2000 bietet eine gute Chance für die weitere Verbesserung der Umweltstandards bei der landwirtschaftlichen Flächennutzung.

Besondere Fördermaßnahmen zum Trinkwasserschutz stellen eine Ergänzung zu flächendeckenden Extensivierungsmaßnahmen dar, womit in den sensiblen Bereichen von Wasservorranggebieten besondere Maßnahmenschwerpunkte gesetzt werden können.

Den Hemmnissen bei der verwaltungsseitigen Abwicklung und den Akzeptanzproblemen seitens der Landwirte während der Einführungsphase der Agenda 2000 im ersten Förderjahr stehen die für die Zukunft zu erwartenden und weiterreichenden Vorteile des Programms gegenüber:

- Bereits die Erarbeitung und die Einstellung der verschiedenen Förderprogramme in den gemeinsamen Agenda-Rahmen hat zwischen allen beteiligten Ministerien und Fachbehörden zu einem höheren Grad der Programmabstimmung untereinander geführt.
- Die hohen Anforderungen, die von der EU an die Art und Weise der Umsetzung des Programms gestellt werden, führt zu einer weiteren Effizienzverbesserung bei der Maßnahmenumsetzung.
- Die von der EU geforderte Evaluation führt zu einheitlichen Standards bei der Wirkungskontrolle der Maßnahmen.
- Die Langfristigkeit des Programms schafft zusätzliche Planungssicherheit bei den Landwirten. Außerdem werden die bisherigen Landesprogramme fachlich ergänzt, in ihrer Wirkung verstärkt und letztlich auch finanziell abgesichert.

6 Modellierung als Planungsinstrument

Kurzcharakteristik

Simulationsmodelle für Prozesse in der Wurzelzone, in der Sickerwasser-Dränzone und im Grundwasser stellen bei fachgerechtem Einsatz eine wertvolle Ergänzung zu bestehenden Methoden im Trinkwasserschutz dar.

Modelle eignen sich besonders als Planungsinstrument. Für den Grundwasserschutz wichtige Leistungen von Modellen liegen in der:

- **Prognosefähigkeit**
Möglichkeit der Vorhersage der Auswirkungen einer Grundwasserschutz-Maßnahme. Bei Vorgabe eines Zielwertes (z. B. z. B. die gerade noch akzeptierte mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser eines Gebiets) kann im Idealfall der dafür erforderliche Maßnahmenumfang (z. B. z. B. stillgelegter Flächenanteil) berechnet werden.
- **Übertragbarkeit**
Modelle, die auf mathematisch-physikalischen Annahmen beruhen, sind nach Anpassung der Parameter auf unterschiedliche Standorte übertragbar.
- **Vertiefung des Prozessverständnisses**
Die Identifikation der Einflussgrößen (Parameter und Randbedingungen) und ihrer Bedeutung für den betriebswirtschaftlichen Erfolg und Grundwasserschutz sowie die Erfassung von Zusammenhängen, die ohne Modellanwendung nur schwer erkennbar sind, werden möglich.

Anwendungsbereich

Für folgende Prozessabläufe, die im Zusammenhang mit Grundwasserschutz-Maßnahmen stehen, sind Modelle besonders anwendbar:

- Stickstoffhaushalt und Stofftransport in der ungesättigten Zone und
- Grundwasserströmung mit Stofftransport und Stoffumsetzung.

Mit einem **Stickstoffhaushaltsmodell** lässt sich die Nitratauswaschung unter speziellen klimatischen und Bewirtschaftungsbedingungen auf ausgewählten Schlägen oder in einer Region näherungsweise berechnen.

Der Haupt-Anwendungsbereich von N-Haushaltsmodellen ist die Optimierung der Bestandesführung (v. a. der N-Düngung).

Grundwassermodelle dienen in erster Linie als Planungsinstrument, um Veränderungen des bestehenden Grundwasser-Systems vorab simulieren zu können. Sie erlauben bei ausreichender Datengrundlage eine genaue Beschreibung der Grundwasser-Strömungsverhältnisse und die Erstellung von Wasser-

Grundproblem: unsichere Daten

Die Tatsache, dass flächenhafte Daten in der Regel nicht in ausreichender Dichte und Genauigkeit vorliegen, ist ein Grundproblem bei der Anwendung von Modellen. Allerdings gibt es eine Reihe von Methoden, um Datenunsicherheiten und Datenlücken abzufangen.

Zum Einsatz kommen Methoden aus dem Bereich der Geostatistik, der stochastischen Datenerzeugung und der Parameterschätzung, die meistens vor der eigentlichen Modellanwendung im sogenannten Preprocessing angewandt werden.

bilanzen von Teileinzugsgebieten. Zu Transportmodellen erweiterte Ansätze ermöglichen auch die Berechnung von Massenbilanzen eines betrachteten Stoffes. Hierdurch kann die räumliche Prioritätensetzung innerhalb eines Wasserschutzgebietes zielorientiert auf die Rohwasserqualität ausgerichtet werden.

Weitere Einsatzbereiche von Grundwasser-Modellen sind die optimale Positionierung von Vorfeldmessstellen, die Berechnung von Einzugsgebieten, die Prognose der Auswirkungen der Grundwasser-Förderung sowie Berechnungen zur Altlastenproblematik.

Durchführung

Stickstoffhaushaltsmodelle

Stickstoffhaushaltsmodelle sind eindimensionale Modelle, die für eine Bodensäule über Teilmodelle die Wasserbewegung, die Stickstoffumsetzung und das Pflanzenwachstum simulieren.

- Das **Teilmodell Wasser** liefert alle Informationen zu Wassergehalt und Wasserbewegung aus Witterungs-, Boden- und Grundwasserstandsdaten.
- Das **Teilmodell Stickstoffumsetzung** beschreibt die Prozesse Mineralisierung, Immobilisierung, Nitrifizierung und Denitrifizierung mit Reaktionsgleichungen unter Berücksichtigung der Reaktionsbedingungen.
- Das **Teilmodell Pflanzenwachstum** berechnet für bestimmte Anbaufrüchte nach Teilung in Kompartimente (z. B. z. B. Wurzel, Spross, Blätter, Ähre) die Stickstoffaufnahme, basierend auf den entscheidenden Prozessen zur Photosynthese, zur Atmung und zur Entwicklung.

Die erforderlichen Eingangsdaten sowie die praktische Durchführung der N-Haushaltsmodellierung werden weiter unten am Beispiel MINERVA erläutert.

Auf einzelnen Schlägen und in Teileinzugsgebieten werden mit verschiedenen Simulationsmodellen zufrieden stellende bis gute Anpassungen an die zum Vergleich erhobenen Messwerte (z. B. N_{\min} , Wassergehalt) erreicht. Entscheidend für die Qualität der Simulation ist neben der Eignung der Modellkonzeption vor allem die Qualität der Eingangsdaten. Die Empfindlichkeit der Modelle für Variationen verschiedener Eingangsdaten (z. B. N_{\min} , Bodenart) ist erheblich, so dass sich Unsicherheiten in diesen Daten auch deutlich auf das Modellierungsergebnis auswirken.

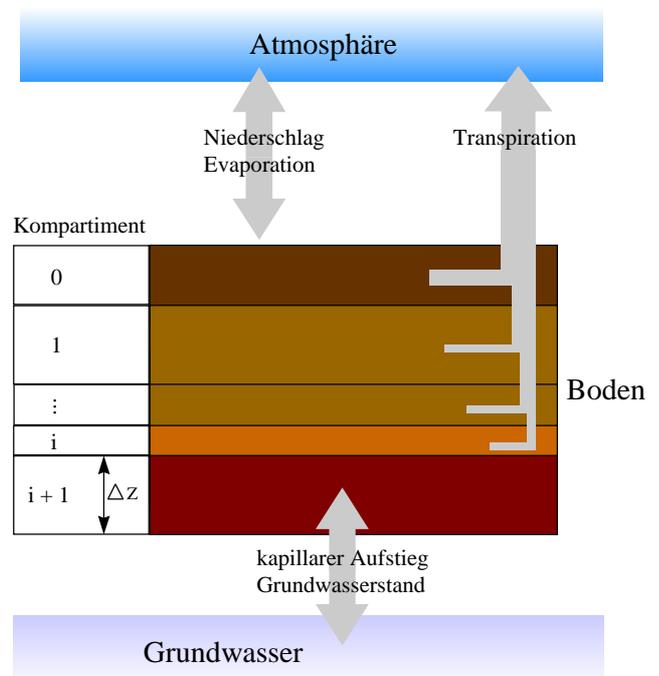


Abb. 1: Bodenprofil mit Kompartimentdiskretisierung

Das entscheidende Ergebnis der N-Haushaltsmodellierung für die Ungesättigte Zone ist aus Sicht der Grundwasserschutz-Planung die Prognose der Nitratanlieferung an das Grundwasser. Dies ermöglicht die Berechnung verschiedener Nutzungsszenarien auf Gebietsebene, um die Auswirkungen auf die nitratbezogene Sickerwasserqualität zu bewerten. Damit stellt die N-Modellierung besonders für problematische WVG ein wertvolles Planungs- und Hilfsinstrument der Beratung dar.

Grundwassermodelle

Eine Grundwasserschutz-orientierte Einsatzmöglichkeit von Grundwassermodellen besteht in der Prognose des weiteren Verbleibs von Nitrat- und sonstigen Stoffeinträgen im Grundwasser. Die Qualität des Modells wird durch die Dichte und Güte der vorhandenen Daten bestimmt. Insbesondere zu folgenden Größen sollten Daten in ausreichender zeitlicher wie räumlicher Dichte vorliegen:

- Hydrogeologischer Untergrundaufbau,
- hydraulische Parameter (z. B. Leitfähigkeit) der unterschiedlichen Substrate,
- hydraulische Potenziale (ggf. in unterschiedlichen Grundwasserstockwerken) an Grundwasser-Messstellen,
- räumlich differenzierte Grundwasserneubildungsraten,
- ggf. Daten zu Wechselwirkungen mit Oberflächengewässern und
- Daten zur Grundwassernutzung (z. B. z. B. Förderraten von Trinkwasser- und Beregnungswasser-Brunnen).

Die Aufzählung zeigt, dass meist nur intensiv beobachtete Wassereinzugsgebiete für eine Modellierung in Frage kommen. Einige Parameter (z. B. z. B. hydraulische Durchlässigkeitswerte) können unter Umständen im Zuge der Modellvorbereitung noch erhoben werden. Darüber hinaus ist die zuverlässige Anwendung von Grundwasser-Modellen bisher weitgehend auf Porengrundwassersysteme beschränkt. Karst- und Kluftgrundwasserleiter stellen durch ihren komplexen Aufbau zur Zeit den Grenzbereich zwischen praxistauglicher Anwendung und Forschung dar.

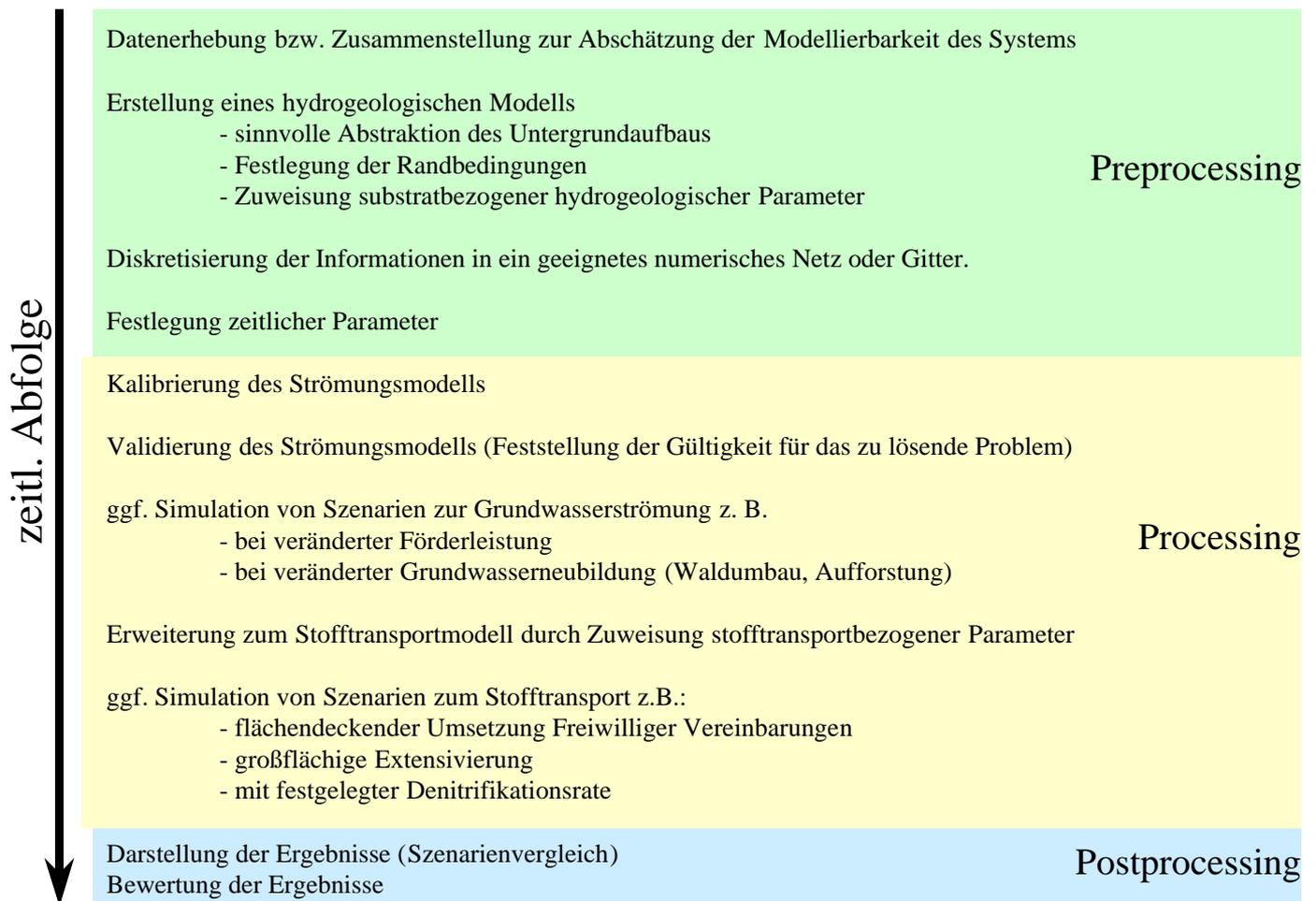


Abb. 2: Teilschritte zur Erstellung und Bewertung eines Grundwasser-Strömungs- und Transportmodells

Zur Bewertung von Rechenergebnissen numerischer Modelle müssen die Grenzen der Aussagemöglichkeit und die Genauigkeit des Modells bekannt sein. Ein Instrument zur Festlegung der Geltungsbereiche von Modellen ist z. B. die Sensitivitätsanalyse, bei der die Reaktion des simulierten Systems auf bewusste Veränderung einzelner Parameter dargestellt und bewertet wird.

Die Zusammenschau von berechneten Ergebnissen, plausiblen Annahmen und der kritischen Betrachtung der Modellfähigkeiten, lässt seriöse Aussagen über das Verhalten des Aquifers und der transportierten Stoffe zu.

Grundwasserschutz-bezogene Eignungsbewertung

N-Haushaltsmodelle für die ungesättigte Zone:

- Eignen sich zur Bearbeitung Grundwasserschutz-orientierter Fragestellungen und sollten in diesem Rahmen, insbesondere als Instrument für das Gesamtgebietsmanagement, in Zukunft mehr Berücksichtigung finden,
- werden bereits als Hilfsmittel in der Düngeberatung eingesetzt, auch außerhalb von Wassergewinnungsgebieten, und
- erfordern neben schlagbezogene Daten jeweils die aktuellen Witterungsdaten.

Grundwasser-Modelle:

- Sind von besonderem Wert für die räumliche Prioritätensetzung von Grundwasserschutz-Maßnahmen in einem Wassergewinnungsgebiet,
- erlauben Prognosen zur Entwicklung der Grundwasserqualität,
- vertiefen das Prozessverständnis im Einzugsgebiet,
- ermöglichen das Erfassen und die Interpretation komplexer Zusammenhänge und großer Datenmengen,
- setzen eine umfangreiche hydrogeologische Datenbasis voraus und
- sind als zuverlässiges Instrument bisher nur für Porengrundwasserleiter anwendbar.

Stichwort Grundwassermanagement

Der Wert von Modellen liegt in erster Linie in ihrer Prognosefähigkeit. Anzustreben wäre die Kopplung von N-Haushaltsmodellen mit Grundwasser-Modellen, um die Auswirkung von Bewirtschaftungsänderungen in einem Teileinzugsgebiet auf die Rohwasserqualität vorhersagen zu können. Dies würde eine räumliche wie zeitliche Optimierung von Grundwasserschutz-Maßnahmen und eine Abschätzung der Effizienz vor Durchführung der Maßnahme möglich machen.

Der Umgang mit Modellen setzt spezielle Kenntnisse im Umgang mit den zur Verfügung stehenden Modellierungssystemen und aus dem Bereich der ökologischen Systemanalyse voraus.

Anwendungsbeispiel MINERVA

Das Stickstoffhaushaltsmodell MINERVA soll hier exemplarisch als eine anwenderorientierte Windows®-Applikation vorgestellt werden, die zur Behandlung grundwasserschutzrelevanter Fragestellungen geeignet ist, obwohl es primär zur Berechnung von Düngeempfehlungen erstellt wurde. Die LWK Hannover wendet das Modell seit einigen Jahren im Rahmen der landwirtschaftlichen Zusatzberatung testweise in einigen Wasservorranggebieten an.

Modellaufbau

MINERVA ist ein Stickstoff-Haushaltsmodell mit Teilmodellen für folgende Prozesse in Agrarökosystemen:

- N-Mineralisation,
- N-Denitrifikation,
- N-Immobilisation,
- N-Entzug durch Bestand,
- Pflanzenwachstum,
- Pflanzenentwicklung,
- aktuelle Evapotranspiration,
- Transport von Wasser und Stickstoff im Boden und
- Grundwasserneubildung.

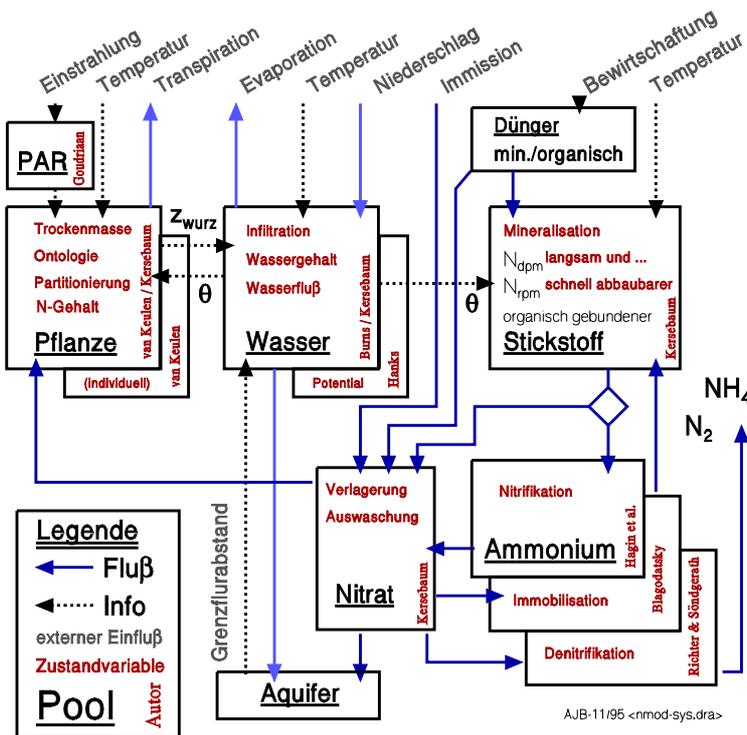


Abb. 2: Teilmodelle des N-Haushaltsmodells MINERVA

Eingabedaten N-Haushaltsmodell MINERVA

Schlagspezifische Simulation

Witterungsdaten (tägliche Werte)

- Niederschlag [mm/d]
- Mittlere Lufttemperatur [°C]
- Verdunstung nach Haude [mm/d]
- Globalstrahlung [Ws/m²d]

Bodenprofilaten (horizontweise)

- Bodenart für alle Horizonte [nach KA4]
- Humusgehalt [g/100g Boden]
- Lagerungsdichte [g/cm³]
- Staunässestufe [0-5]
- Grundwasserstand [cm]
- C:N-Verhältnis

AckerSchlagKartei bezgl. Vor-, Zwischen-, Hauptfrucht, Düngung (tagesgenau)

- Düngetermin [JJJJ-MM-TT]
- Düngerart und -menge [kg N/ha]
- Saat- und Pflanztermin (V,Z,H)
- Saat- und Pflanzgutaufwand (H)
- Erntetermin (V,Z) [JJJJ-MM-TT]
- Erntemenge (V,Z) [dt/ha]
- Verbleib der Ernterückstände (V)
- Einarbeitungstiefe (V,Z,D) [cm]
- Einarbeitungszeitpunkt (V,Z,D)
- Bodenbearbeitung [cm]
- Entwicklungsstand [BBCH]
- N_{min}-Gehalte für 30 cm
- Tiefenintervalle [kg N/ha]
- Bodenfeuchte [cm³/cm³]

- obligatorische Daten
- fakultative Daten

MINERVA wird entwickelt und vertrieben von **iBUG** (Institut für Boden und Gewässerschutz), Postfach 1419, 38004 Braunschweig
 Die Homepage mit aktuellen Informationen zum Entwicklungsstand des Modells MINERVA finden Sie unter der Internet-Adresse <http://ourworld.compuserve.com/homepages/AjBeblik>

Die Sicherheit der Aussagen aufgrund von Entwicklungsarbeit und Erfahrungen im Modell MINERVA ist ...

sehr hoch für ...

W-Weizen, W-Roggen, W-Gerste und W-Raps,

relativ hoch für ...

Mais, Kartoffeln, Triticale, Sommergetreide, Gras und Senf,

mittel für ...

Zuckerrüben, div. Zwischenfrüchte, Klee, Forst, Brachen,

gering für ...

Sonderkulturen und natürliche Vegetation.

Für ein in Kompartimente gegliedertes Bodenprofil werden durch Eingabe von Witterungs-, Boden-, und Bewirtschaftungsdaten der Umsatz, die Speicherung und der Transport aller wichtigen Zustandsgrößen des Wasser- und Stickstoffhaushaltes und der Pflanzenentwicklung berechnet. Die zeitliche Auflösung beträgt einen Tag.

Alle modellierten Variablen können grafisch oder als Datenreihe ausgegeben werden. Im Rahmen der Düngeplanung ist in erster Linie der **pflanzenverfügbare Stickstoffvorrat** im Boden interessant, bei grundwasserschutzorientierten Fragestellungen vorrangig die **Nitratauswaschung** mit der Grundwasserneubildung.

Schlagbezogene Anwendung

Analyse

Die nachträgliche Simulation des Pflanzenwachstums und der Stickstoffdynamik bietet die Möglichkeit der Analyse der Prozesse und erleichtert das Aufdecken von Fehlern in der Bestandesführung. Zusätzlich wird das Prozessverständnis für Agrarökosysteme vertieft. Nicht (oder nur aufwendig) messbare Größen wie die Nitratauswaschung lassen sich darstellen, und der zeitliche Verlauf wird kontinuierlich erklärbar.

Frühjahrs-N_{min}

Durch die Simulation des Stickstoffvorrates kann in günstigen Fällen auf die Erhebung des N_{min}-Status zu Vegetationsbeginn verzichtet werden. Die Stickstoffnachlieferung aus organischer Substanz in Form von Bodenhumus, Ernteresiduen oder Wirtschaftsdünger wird berücksichtigt und hat eine genauere Abschätzung des potenziell pflanzenverfügbaren Stickstoffs und damit eine schlagspezifisch exaktere Berechnung des Bedarfs an Mineraldünger zum Ziel.

Prognose

Durch die witterungsabhängige Modellierung des Pflanzenwachstums und der Nährstoffaufnahme bietet das Modell die Möglichkeit, über ein standorttypisches Prognosewetter (abgeleitet aus langjährigen Witterungsdaten) die Entwicklung des Bestandes und seines Nährstoffbedarfs zu prognostizieren. Die Unsicherheit in der Prognose wird vom Anwender durch die Simulation verschiedener Szenarien mit unterschiedlichen Witterungsverläufen und eine kritische Interpretation der Ergebnisse aufgefangen.

Zahlreiche Projekte und Kooperationen haben die schlagbezogene Anwendbarkeit und Praxistauglichkeit des Modells MINERVA untersucht. Die wichtigsten Erkenntnisse sind:

- Das Modell ist geeignet als Hilfsinstrument bei der Düngeplanung auf fast allen Ackerstandorten. Die vergleichende Düngeempfehlung nach anderen Methoden ist zur Absicherung (noch) empfehlenswert.
- Die Anwendung des Modells reduziert den Frühjahrs-N_{min}-Messaufwand.

- Die vom Modell empfohlenen Stickstoffmengen liegen in der Regel unterhalb der ortsüblichen Sollwertdüngung mit einer deutlichen Tendenz zur schossbetonten Verteilung.
- Die Anwendung des Modells führte in vielen Fällen zu einer ökonomischen und ökologischen Optimierung.
- Die physikalisch begründete Berechnung von N-Haushaltsgrößen verbessert die Zuverlässigkeit der Empfehlungen.
- Der Erfahrungsaustausch zwischen Entwicklern und Anwendern ist bei der Modellpflege und Weiterentwicklung ein wichtiger Faktor.

Regionalanwendung

Die im Modell vorgesehene Koppelung von *MINERVA* mit einem Geographischen Informationssystem erlaubt eine flächendeckende Simulation, z. B. z. B. eines Wasservorranggebietes. Dadurch ist eine systembegründete Berechnung der gesamtgebietlichen Grundwasserbelastung möglich.

Die Belastungen des Sickerwassers mit Nitrat können quantifiziert und Veränderungen der Bestandesführung können – ohne Versuchseinrichtungen – simuliert werden, um deren Grundwasserschutz-Effekt a priori abzuschätzen.

Ziel einer regionalen Anwendung von Stickstoffmodellen, auch gekoppelt mit Grundwasser-Modellen, sollte ein Gesamtgebietsmanagement in Wasservorranggebieten sein, das alle grundwasserschutzrelevanten Stoffflüsse berücksichtigt.

Eingabedaten N-Haushaltsmodell MINERVA

Regionalsimulation

Gebietsstruktur 1:5000

- Bodenkarten
- Nutzungskarten
- Fruchtfolge
- Viehbesatz
- Stilllegungen
- Grünlandumbruch

Bewirtschaftungsmuster

- Düngestrategien
- Düngereanalysen

Weiterhin hilfreiche Daten

- Entwicklung der Grundwasser-Qualität
- Grundwasserstände
- Geologische Informationen

-
- obligatorische Daten
 - fakultative Daten

Erfolgsbewertung

Mit dem Stickstoff-Haushaltsmodell *MINERVA* ist es möglich, auf Schlag- und Regionalebene die Stickstoffflüsse im Boden zu berechnen. Studien (RICHTER, G. 1996; A. J. BEBLIK 1997) und Kooperationen (LWK Hannover 1998) haben die Anwendbarkeit des Modells für praktische Fragestellungen nachgewiesen. Wesentliche Vorteile der Modellanwendung von *MINERVA* sind:

- Anwenderfreundliche Gestaltung mit integrierter Ackerschlagkartei und Verwaltung von Witterungsdaten.
- Klare Düngeempfehlungen und umfangreiche Begleitinformationen zur aktuellen Entwicklung.
- Weiterentwicklung entsprechend dem Stand der Forschung durch entwicklerseitige Pflege des modular aufgebauten Softwarepakets.
- Möglichkeit der GIS-Anbindung zur grafischen Aufbereitung von Simulationsergebnissen.

Für die Grundwasserschutz-orientierte Steuerung in Wasserschutzgebieten bieten sich mit dem Modell folgende Möglichkeiten:

- Rückblickende Modellierung realer Situationen, z. B.:
 - Zur innergebietlichen Prioritätensetzung und
 - zur grundwasserschutzbezogenen Bewertung der Bestandesführung auf Einzelschlägen.
- Vorausblickende Szenarienberechnung z. B.:
 - Auf Einzelschlägen vor Einsatz Grundwasserschutz-orientierter Maßnahmen und
 - im Gebietsmaßstab zur Entwicklung der Sickerwasserqualität bei Durchführung langjähriger Maßnahmen.

Den Vorteilen stehen folgende praxisrelevante Einschränkungen gegenüber:

- Starke Abhängigkeit der Modellierungsergebnisse von der Qualität der Eingangsdaten (dies gilt grundsätzlich für Modelle),
- hohe Anforderungen an die Verfügbarkeit flächendeckender Daten für Gebietsmodellierungen und kontinuierlicher Witterungsdaten,
- Durchführung der Modellierung (bisher) nur durch Fachpersonal sinnvoll.

Literatur

- BEAR, J. (1979): Hydraulics of groundwater. New York.
- BEBLIK, A. J., A. WILLENBOCKEL, J. RICHTER (1997): Modellrechnung: Nitratauswaschung aus dem Boden. Abschlußbericht Fachprojekt VI des NLÖ. Braunschweig.
- BEBLIK, A. J., K. C. KERSEBAUM, J. RICHTER (1999): MINERVA. BFG Mitteilungen 3, S. 63 – 75.
- BEBLIK, A. J., U. GRÜNEWALD (1998): Modellkonzept zum Stickstoff-Haushalt im mesoskaligen Gebietsmaßstab. Forum der Forschung 6, S. 48 – 53, Cottbus.
- DVWK, DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1985): Voraussetzungen und Einschränkungen bei der Modellierung der Grundwasserströmung. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 206. Hamburg, Berlin.
- ENGEL, T. et.al. (1993): Simulationsmodelle zur Stickstoffdynamik. Agrarinformatik 25, Stuttgart.
- KINZELBACH, W. (1992): Numerische Methoden zur Modellierung des Transports von Schadstoffen im Grundwasser. München, Wien.
- KOBUS, H., SCHÄFER, G., SPITZ, K., HERR, M. (1992): Dispersive Transportprozesse und ihre Modellierung. Schadstoffe im Grundwasser. Bd. 1. Wärme- und Schadstofftransport im Grundwasser. Dt. Forschungsgemeinschaft, Weinheim.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER (LWK) Hannover (1998): EU-Projekt „Umweltgerechte Landbewirtschaftung“. Versuchsbericht 1997, Hannover.
- NLÖ, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (1998): „N-Simulationsmodelle“ Möglichkeiten und Grenzen beim Einsatz in der Praxis. Manuskript zum Fachseminar. Hildesheim.
- RICHTER, G. M. & BEBLIK, A. J. (1996): Nitrataustrag aus Ackerböden ins Grundwasser unterschiedlich belasteter Trinkwasser-Einzugsgebiete Niedersachsens. Braunschweig.
- ZALF, ZENTRUM FÜR AGRARLANDSCHAFTS- UND LANDNUTZUNGSFORSCHUNG (1995): Bericht 24 Agrarökosystemmodellierung, Müncheberg
- ZEISSLER, A. (1991): Computersimulation als Hilfsmittel für eine umweltgerechte Landwirtschaft. ZALF Tagungsbericht zum Symposium „Dauerfeldversuche und Nährstoffdynamik“. S. 559 – 561.

5 Fachübergreifende Planung: Landesplanung, Naturschutz, Forstwirtschaft

5.1 Nutzung von Naturschutz-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen und Vernetzung mit den Maßnahmen zum Trinkwasserschutz

Kurzcharakteristik

Der Erfolg von Grundwasserschutz-Maßnahmen nach dem Niedersächsischen Kooperationsmodell muss sich an einer Vielzahl von Zielkriterien messen lassen, von denen die wichtigsten nachfolgend stichpunktartig genannt werden:

- Erhaltung einer guten Grundwasserqualität oder, wo erforderlich, Verbesserung oder Sanierung der Grundwassergüte durch Trendumkehr der Güteentwicklung;
- Erreichen einer guten Akzeptanz bei den Hauptzielgruppen der Landnutzer und den beteiligten Behörden und Institutionen;
- Einhaltung des mit dem Aufkommen der Wasserentnahmegebühr vorgegebenen finanziellen Rahmens;
- Dauerhafte Etablierung der eingeleiteten Maßnahmen zur Erreichung eines nachhaltigen Grundwasserschutzes.

Das Niedersächsische Kooperationsmodell hat wesentliche Voraussetzungen zur Umsetzung der genannten Ziele geschaffen. Vielfach kann eine effiziente Umsetzung von Grundwasserschutz-Maßnahmen jedoch nicht allein durch die Zusammenarbeit mit der Land- und Forstwirtschaft erreicht werden, sondern erfordert den Einbezug von weiterreichenden Naturschutz-Maßnahmen. Problemfelder ergeben sich insbesondere dadurch, dass die regionale Marktsituation und die agrarpolitischen Rahmenbedingungen eine Intensivierung landwirtschaftlicher Produktion zur Folge haben. Diese Entwicklung geht zu Lasten von nitratextensiveren Nutzungsformen wie z. B. der Grünlandwirtschaft. Die daraus resultierenden Folgen sind vielschichtig. Nicht nur zunehmende Stickstofffreisetzung und eine Zunahme von Oberflächen- und Sickerwasserbelastungen, sondern auch zunehmende Erosionserscheinungen oder die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes können Folgeerscheinungen sein. Die Definition von Lösungsansätzen sowie eine Maßnahmenplanung geht daher vielerorts über das reine Grundwasserschutzziel hinaus und muss weitere Aspekte z. B. des Natur-, Landschafts- oder Bodenschutzes unter Berücksichtigung der regionalen Möglichkeiten mit einbinden.

Durch die meist auf wenige Jahre begrenzte finanzielle Absicherung und einen schnellen Wandel bei den politischen Vorgaben wird die Akzeptanz von Maßnahmen beim Vertragsnaturschutz und bei Freiwilligen Vereinbarungen zum Grundwasserschutz bei den Landbewirtschaftern jedoch erschwert.

Um so wichtiger ist eine genaue Kenntnis über die sonstigen zur Verfügung stehenden Förderprogramme, die eine Entwicklung

von am Schutz der Naturgüter orientierten Landnutzungsformen zum Ziel haben. Nur eine genaue Kenntnis aller Programme und ihrer Gebietskulissen ermöglicht die Nutzung von Synergieeffekten.

Ein Lösungsansatz, der trotz der aufgezeigten Probleme einen effizienten Umweltschutz ermöglicht, kann in der Fortentwicklung der bestehenden bilateralen Kooperationen, hier der Land- und Wasserwirtschaft, zu multilateralen Arbeitskreisen mit Beteiligung weiterer fachlich betroffener Institutionen und Behörden gesehen werden, bei dem folgende Akteure und Handlungsbereiche eine Rolle spielen:



Abb. 1: Konzept der Ergänzung der bilateralen Kooperation Wasserschutz (blau hinterlegte Kreissegmente) durch einen multilateralen Arbeitskreis

Zuständigkeiten und Handlungsbereiche

Zur Förderung oder Sicherstellung einer extensiven Landbewirtschaftung im Sinne der Sicherung oder Verbesserung des Grundwasserschutzes und anderer umweltrelevanter Bereiche können von verschiedenen Akteuren eine Vielzahl von Instrumenten eingesetzt werden. Die nachfolgende Aufzählung greift nur die Bereiche heraus, die für den Grundwasserschutz bedeutsam sind und deren verstärkte Koordination eine Effizienzverbesserung möglich erscheinen lässt.

Bezirksregierungen, Dezernate 502, Wasserwirtschaft, Wasserrecht

- Ausweisung von Wasserschutzgebieten, Herausgabe von Wasserschutzgebietsverordnungen zur Regelung einer auf den Grundwasserschutz ausgerichteten Landnutzung und Ausgleich für die erhöhten Anforderungen an die landwirtschaftliche Nutzung (§§ 48, 49, 51, 51a Nds. Wassergesetz, NWG).
- Erteilung von Wasserrechten ab einer bestimmten Größenordnung (z. Zt. über 2,5 Mio m³) mit Auflagen zur Beweis- und Gewässergütesicherung bei den Grundwassernutzer. Wünschenswert wäre, diese Messstellen noch stärker für die Erfolgskontrolle der landwirtschaftlichen Grundwasserschutz-Maßnahmen zu nutzen.
- Finanzierung einer begleitenden Zusatzberatung Wasserschutz zur Beratung und Umsetzung grundwasserschutzorientierter Wirtschaftsweisen in den landwirtschaftlichen Betrieben.
- Einberufung und Geschäftsführung der Kooperationen mit Vertretern der Land- und Wasserwirtschaft nach dem Niedersächsischen Kooperationsmodell zur Planung und Umsetzung grundwasserschutzorientierter Landnutzungskonzepte. Anhörung und ggf. Mitbestimmung über die Höhe von Entschädigungs- und Ausgleichszahlung (§§ 47h und 51a NWG sowie der sog. Kooperationserlass, RdErl. des MU vom 6.06.94 - 203a-62011/11/5, VORIS 28200 0300 51002).
- Abwicklung des Fließgewässerschutzprogramms mit Zuwendungen von bis zu 100 % für den Flächenerwerb im Bereich des Gewässerrandstreifens (§ 47h NWG).

Bezirksregierungen, Dezernate 503, Naturschutz

- Ausweisung von Naturschutzgebieten in Bereichen, in denen Natur und Landschaft ganz oder teilweise besonderen Schutz bedürfen (§ 24 Naturschutzgesetz NNatSchG).
- Gewährung von Erschwernisausgleich für die Grünlandbewirtschaftung sofern durch Naturschutz oder Nationalparkverordnungen und in § 28 a- und b-Biotopen aufgrund der Verbote die Bodennutzung nicht unerheblich erschwert eingeschränkt wird (§§ 52 (1), 24 (2), 25 (2), 28a und b NNatSchG).
- Fließgewässerschutzprogramm, wie bereits oben bei den Dezernaten 502 beschrieben, jedoch hier mit der Möglichkeit, Zuwendungen für Flächenkauf im Auenbereich von 50 bis maximal 80 % zu gewähren, wenn es sich um aus landesweiter Sicht bedeutsame Gewässer handelt (vorrangige Grundlage: Darstellung im Fließgewässerschutzsystem des Landes).
- Feuchtgrünlandprogramm mit Gewährung von Zuwendungen an Bewirtschafter für die Erhaltung, Entwicklung und Wiederherstellung von Feuchtgrünland außerhalb von Naturschutzgebieten gemäß Gebietskulisse des MU (RdErl. des MU vom 19.06.95). Dieses Programm wird ersetzt durch die Richtlinie über die Förderung der Erhaltung, Entwicklung und Wiederherstellung von Feuchtgrünland nach der VO (EG) Nr. 1257/99 des Rates vom 17.05.99. Die dazu ergangenen Durchführungsvorschriften zum Kooperationsprogramm Feuchtgrünland finden in den großräumigen Gebieten für die Feuchtgrünlandentwicklung in Niedersachsen Anwendung. Fördermöglichkeiten

bestehen für vertragliche Vereinbarungen, Maschinenerwerb sowie Biotopentwicklung und -pflege.

Mit der Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung von Maßnahmen zur Erhaltung, Pflege und Entwicklung von Natur und Landschaft (Förderrichtlinie Landschaftspflege) ist ab 2001 unter anderem die 50%-ige Förderung zur Wiederherstellung und Schaffung von naturschutzgerechter Entwicklung in Gewässer- und Talauen geplant.

Landkreise und Städte

- Untere Naturschutzbehörden (UNB) erlassen Landschaftsschutzgebietsverordnungen zum Schutz von Gebieten, in denen Natur und Landschaft ganz oder teilweise besonderen Schutz bedürfen oder Verordnungen zum Schutz bestimmter Landschaftsbestandteile (§§ 26 und 28 NNatSchG).
- Besonders geschützte Biotope, wie z. B. Nasswiesen und Magerasen, sind per Gesetz vor Beeinträchtigung und Zerstörung geschützt und werden von den UNB in das Verzeichnis der besonders geschützten Biotope in ihrem Zuständigkeitsbereich eingetragen und dem Eigentümer oder Nutzungsberechtigten schriftlich unter Hinweis auf die Verbote mitgeteilt (§ 28a und b NNatSchG).
- UNB haben teilweise eigene Vertragsnaturschutzprogramme aufgelegt und führen Maßnahmen im Bereich des Vertragsnaturschutzes mit bestimmten Bewirtschaftungsvereinbarungen oder Flächenerwerb durch.
- Untere Wasserbehörden (UWB) erteilen wasserrechtliche Erlaubnisse bis zu einer bestimmten Größenordnung mit Auflagen zur Gewässergütesicherung.
- UWB setzen die Beschränkungen und Verbote für die Landnutzung entsprechend der jeweiligen Wasserschutzgebietsverordnung um.

Ämter für Agrarstruktur

- Durchführung von Flurbereinigungsverfahren, wobei Umweltschutz-Maßnahmen ermöglicht oder deren Ausführungen unterstützt werden können. Die Bodenordnung kann bei wertgleicher Abfindung der Teilnehmer zu einer Entschärfung des Nutzungskonflikts in Wasser- oder Naturschutzgebieten beitragen (§§ 40 und 80 Abs. 1 Nr. 1 Flurbereinigungsgesetz). Die Teilnehmergeinschaft (TG) der Flurbereinigungsmaßnahmen benötigt einen Träger der Maßnahmen, der z. B. auch ein Wasserversorgungsunternehmen sein kann und der beim Amt für Agrarstruktur die Einleitung der Maßnahme beantragt. Neben den agrarstrukturellen Möglichkeiten der Entflechtung von Nutzungskonflikten zwischen der Land-, Natur- und der Wasserwirtschaft können begleitende und aus öffentlichen Mitteln geförderte so genannte „grüne Maßnahmen“ zu weiteren Synergieeffekten führen.

Handlungskonzepte und Durchführung

Eine fachübergreifende Kooperationsarbeit, die neben den Vertretern der Land- und Wasserwirtschaft auch andere regionale Entscheidungsträger aus Behörden, Organisationen und Firmen einbezieht, hat zum Ziel, die Landnutzung in besonderer Weise auf den Natur- und Wasserschutz auszurichten. Die beteiligten bewirtschaftenden Betriebe sollen dauerhaft und nachhaltig als Partner gewonnen werden, so dass entsprechende Konzepte, insbesondere für sensible Trinkwassergewinnungsgebiete mit großem Handlungsbedarf, für Grundwasserschutz-Maßnahmen vorzusehen sind.

Zunächst bedarf es einer fachübergreifenden Vorplanung und eines Informationsaustausches zwischen den Vertretern der o. g. Institutionen, um eine abgestimmte Umsetzung der verschiedenen Agrarumweltprogramme sicherzustellen. Die gleichzeitige Berücksichtigung der Strukturen bei den betroffenen Landnutzern sowie der Marktsituation und bestehender Vermarktungsalternativen sind Voraussetzung für die Akzeptanz und die Nachhaltigkeit der entwickelten Konzepte.

Folgende Möglichkeiten für eine praktische Durchführung von multilateral getragenen Umweltkonzepten sind denkbar:

- Die Naturschutz- und Wasserbehörden gleichen die Zielgebiete, z. B. für Natur-, Landschafts- und Wasserschutzgebiete sowie Biotop- und Flora-Fauna-Habitat (FFH)-Gebiete, ihrer Förderprogramme ab und erstellen ein gemeinsames Kartenwerk. Auf diese Weise lassen sich gemeinsame Gebietskulissen finden, in denen die Maßnahmen fachübergreifend koordiniert werden können.
- Ein fachübergreifender Austausch über geplante Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ermöglicht eine inhaltliche und räumliche Optimierung der Maßnahmen. So können Ausgleichs- und Ersatz-Maßnahmen verschiedener Maßnahmen-träger zusammengefasst werden, bereits bestehende aber befristete Grundwasser- oder Naturschutz-Maßnahmen können durch die Überführung in A- und E-Maßnahmen dauerhaft erhalten werden. Die Konzentration von A- und E-Maßnahmen z. B. im Rahmen umfangreicher Straßen- und Gleisneubauten oder Ähnlichem können aus der Region heraus anderen Zielgebieten zugeführt werden.
- Das örtliche AfA ist in allen Fällen frühzeitig einzubeziehen, um die Möglichkeit einer – ggf. auch nur vereinfachten – Flurneuordnung zur Entschärfung von Nutzungskonflikten zu prüfen. Das AfA kann in den meisten Fällen durch ein fachübergreifendes Flächenmanagement alle Einzelmaßnahmen gezielter aufeinander abstimmen und so die Gesamtwirkung verbessern sowie für Akzeptanz und Nachhaltigkeit sorgen.
- Besonders dann lassen sich Umweltschutz-Maßnahmen nachhaltig verankern, wenn sie auf regionale Marktgegebenheiten und -erfordernisse, z. B. des Landhandels sowie der Futter- und Ernährungswirtschaft, abgestimmt sind. Die z. B. aus Gründen der Biodiversität angestrebte Grünland-erhaltung oder Rückwandlung gelingt besonders dann, wenn

viehhaltende Betriebe oder andere Marktpartner, ggf. überregional, für die Pflege und Nutzung gefunden werden. Mit geringer Stickstoffdüngung erzeugbare Fruchtarten, wie z. B. Hafer, Braugerste, Öllein, eiweißarmer (Keks-)Weizen und Faserhanf, können, soweit bereits in der Fruchtfolge vorhanden, gezielt in die Trinkwassergewinnungsgebiete hineingelegt werden. Ggf. kann in Abstimmung und mit Unterstützung der regionalen Ernährungswirtschaft und Verarbeitungsindustrie der Anbau dieser Fruchtarten ausgeweitet oder neu in die Fruchtfolge aufgenommen werden.

Für ausgewählte Fallbeispiele (Keksweizen für die Bahlsen AG, Winterbraugerste für die Gilde AG) konnten so durch grundwasserschutzorientierte Landnutzungsformen Verbesserungen der Wettbewerbspositionen der beteiligten Akteure erreicht werden. Die aktive Vermittlung dieser Konzepte in der Öffentlichkeit, z. B. im Rahmen des Bundeswettbewerbes „Regionen der Zukunft“ des Bundesverkehrsministeriums, wobei ein erster Platz belegt wurde, verstärkt die Akzeptanz. Die Abstimmung mit Erzeuger- und Anbauorganisationen wie z. B. der „Interessengemeinschaft zur Förderung des niedersächsischen Braugerstenanbaus e. V.“ sorgt für Nachhaltigkeit.

Fazit und Ausblick

Die fachübergreifende Planung und Umsetzung von Grundwasserschutz-Maßnahmen ist im Sinne einer bestmöglichen Zielerreichung, eines effizienten Einsatzes der vorhandenen Fördermittel, einer größtmöglichen Akzeptanz und einer nachhaltigen Verankerung des Konzeptes unverzichtbar. Die multilaterale Kooperation ist eine logische Fortentwicklung der zunächst auf eine bilaterale Zusammenarbeit zwischen der Land- und Wasserwirtschaft angelegten Kooperation zum Zwecke des Grundwasserschutzes im Sinne eines anzustrebenden Schutzgebietsmanagements.

Die fortschreitenden Zwänge zur Straffung von Verwaltungsabläufen, die Rationalisierung in allen anderen Wirtschaftsbereichen, die Standardisierung bei EDV-gestützten Datenerfassungssystemen sind Herausforderung für eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen allen an umweltrelevanten Arbeiten beteiligten Akteuren.

Die Erfolge verschiedener Fallbeispiele zeigen die vielfältigen Möglichkeiten, die für eine Verbesserung der Abstimmung über Einzelmaßnahmen gegeben sind, um so eine Erhöhung der umweltschutzorientierten Gesamtwirkung des Konzeptes zu erzielen. Neben Einsparpotenzialen und Effizienzsteigerungen bei der Verwendung der zur Verfügung stehenden Fördermittel können multilaterale Konzepte auch zu ökonomischen Vorteilen führen, die zu einer weiteren Nachhaltigkeit der eingeleiteten Maßnahmen beitragen.

5.2 Reaktivierung von Feuchtarealen

Kurzcharakteristik

Ursprünglich grundwassernahe Niederungsböden weisen häufig große natürliche Stickstoffvorräte in Form von Niedermoor- oder humusreichen mineralischen Bodenhorizonten auf. Bei Grundwasser-Absenkung durch Entwässerungsmaßnahmen oder Grundwasser-Entnahme kommt es zu einer beschleunigten Mineralisation der organischen Substanz, und damit zu einer Stickstoff-Freisetzung. Durch die landwirtschaftliche Flächennutzung kann dieser Prozess beschleunigt werden. Bei vollständiger Entwässerung werden daher im Sickerwasser von Niedermoorböden bzw. an der Grundwasser-Oberfläche Nitratkonzentrationen bis zu 300 mg NO₃/l gemessen.

Das Hauptanliegen der Grundwasserschutz-orientierten Reaktivierung von Feuchtarealen ist die Verhinderung solcher „Nitratdurchbrüche“ in das Grundwasser. Die Maßnahmen hierzu betreffen die Steuerung des Grundwasserhaushaltes und die landwirtschaftliche Flächennutzung:

- Zur Gewährleistung geringer Nitratausträge aus Niedermoorböden muss der Grundwasserstand mindestens einen ganzjährigen Grundwasser-Anschluss des Torf- oder Anmoorkörpers gewährleisten.
- Bodenbearbeitung und Kalkung von ursprünglich grundwassernahen Böden mit hohen Humusgehalten sollten auf ein Minimum reduziert werden. Als optimale Nutzung solcher Flächen gilt Dauergrünland.

Die flächenübergreifende Grundwasserstands-Regulierung macht eine gesamtgebietliche Planung erforderlich. Hierfür ist

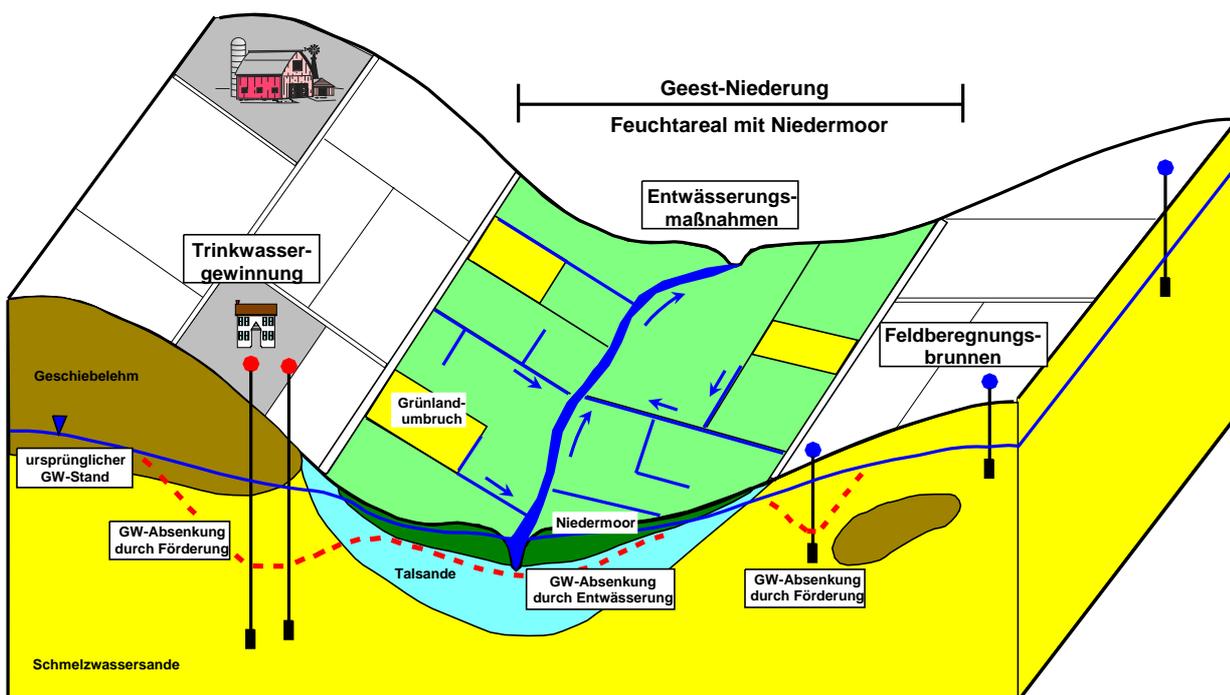


Abb. 1: Ursachen der Niedermoor-Degradation in der Geest (schematisch)

zunächst die flächenhafte Ist-Zustandserfassung der Grundwasserstände und des Stoffhaushaltes notwendig. Für die Planung und Umsetzung der Maßnahmen sollte ein projektbegleitender Arbeitskreis unter Beteiligung aller relevanten Interessenvertreter gebildet werden.

Anwendungsbereich

Aus Sicht des Grundwasserschutzes ist die Reaktivierung von Feuchtarealen für ursprünglich grundwassernahe Niederungsbereiche sinnvoll (mittlerer Grundwasserstand im naturnahen Zustand max. 30 cm unter Geländeoberfläche), die heute noch, wenn auch entwässert, eine Torfdecke aufweisen.

Wegen der hohen Eingriffsintensität in Wasserbau und Flächennutzung ist die Wiedervernässung in der Grundwasserschutz-Praxis nur für Niederungen mit einem ausgeprägten Niedermoor-Torfkörper anzuraten.

Die Anhebung des Grundwasserstands durch Rückbau landwirtschaftlicher Dränagen und Entwässerungsgräben stellt aus Sicht der Landwirtschaft meistens eine Standortverschlechterung dar. Bei Anhebung des Grundwasserstands auf 0,3 bis 0,4 m unter Flur ist nur noch eine Grünlandnutzung möglich. Diese wird von Seiten des Grundwasserschutzes ebenfalls gewünscht, ist aber nur bei Verwertungs- oder Absatzmöglichkeiten für das Mähgut durchführbar, vgl. Kap. A 3.4.

Wenn eine ungünstige Positionierung und Nutzung der Förderbrunnen zur Grundwasser-Absenkung in Niederungsbereichen beiträgt, erfordert die Reaktivierung von Feuchtarealen eine aktive Beteiligung der Wasserwirtschaft.

Für die örtliche Belastungssituation ist in Niedermoorgebieten der Abstand zwischen der Unterkante des Torfkörpers und der Grundwasser-Oberfläche entscheidend. Die Beziehung ist in **Abb. 2** beschrieben:

- (1) Kein Torfabbau bei Grundwasserständen nahe unter Geländeoberfläche.
- (2) Torfabbau mit Freisetzung von Nitrat im oberen Profildbereich bei gleichzeitiger Denitrifikation im wassergesättigten Torf, wenn die Grundwasseroberfläche oder der Kapillarsaum bis in den Torfkörper hineinreicht, im oberen Bereich aber Luftzutritt möglich ist.
- (3) Nitratdurchbruch mit bis zu 300 mg NO₃/l im Sickerwasser bei vollständiger Entwässerung des Niedermoor-Torfkörpers.

Humusgehalts-Klassifizierung

Humus ist abgestorbene organische Substanz in oder auf dem Boden. Nach ihrem Humusgehalt werden Substrate folgendermaßen klassifiziert (AG BODEN 1994):

Humusgehalt Gewichts-%	Einstufung
> 30	organisch (Torf)
15-30	extrem humos, anmoorig
8-15	sehr stark humos
4-8	stark humos
2-4	mittel humos
1-2	schwach humos

Niedermoor- und Hochmoortorf

Torf wird nach seiner Entstehung unterschieden in Niedermoor- und Hochmoortorf. Niedermoores stehen unter Grundwassereinfluss, Hochmoore dagegen werden allein vom Niederschlagswasser gespeist. Wegen des sehr engen C/N-Verhältnisses (15 bis 35) werden bei der Zersetzung von Niedermoortorf große N-Mengen freigesetzt (sog. N-Quellen-Standorte), während Hochmoortorf (C/N = 50 bis 100) Dünger-Stickstoff festlegen kann (N-Senken-Standorte).

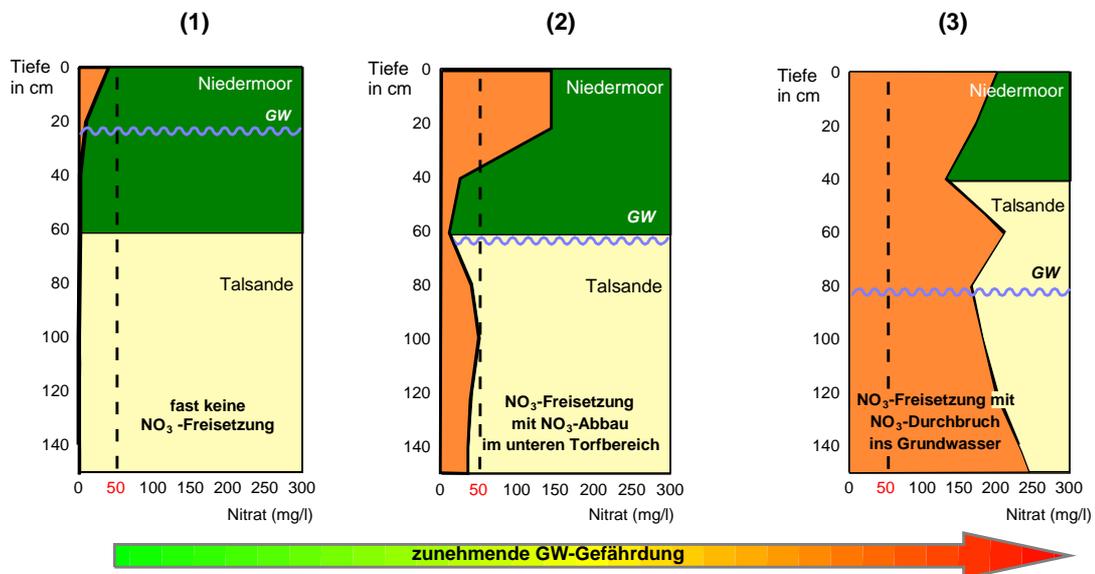


Abb. 2: Typische Nitratkonzentrations-Tiefenprofile bei zunehmender Entwässerung eines Niedermoor-Torfkörpers

Durchführung

Ist-Zustandserfassung und Planung

Die Erfassung des Ist-Zustandes ist die Voraussetzung für eine optimale Reaktivierungsplanung. Folgende Untersuchungen sollten durchgeführt werden:

- Flächenhafte Detailkartierung der Böden mit Aufnahme der Grundwasserstände und Ableitung des mittleren Grundwasser-Tiefstandes;
- Erstellung einer Grundwasser-Gefährdungskarte mit Einstufung der Nitrat-Durchbruchgefahr anhand der Detailkartierung;
- Charakterisierung der derzeitigen Gebietsentwässerung durch Kartierung und Aufnahme der Wasserführung im Jahresverlauf;
- Aufnahme der aktuellen Flächennutzung;
- Ausgangszustand der Niederung vor Entwässerung bzw. Grundwasser-Förderung anhand historischer Karten und Aufzeichnungen;
- Erfassung des aktuellen Stoffzustandes mit Hilfe von Nmin-Beprobungen, Nitrat-Tiefbohrungen (enge Tiefenabstufung von z. B. 10 cm), Beprobung der Grundwasser-Oberfläche und der Oberflächengewässer.

Nach Auswertung der beschriebenen Daten muss ein zeitlich abgestuftes Reaktivierungskonzept für das gesamte Feuchtareal entwickelt werden.

Grundwasserstands-Regulierung

Wichtigstes Instrument der Reaktivierung von Feuchtarealen ist die Regulierung des Grundwasserstandes auf ein ausreichend hohes Niveau, so dass ein ganzjähriger Grundwasseranschluss des Torfkörpers gewährleistet werden kann.

Der zwangsläufig flächenübergreifende Eingriff in den Grundwasser-Haushalt setzt in jedem Fall eine enge Absprache mit den betroffenen Pächtern und Eigentümern voraus. Die unterschiedlichen Interessen sollten in einem projektbegleitenden Arbeitskreis zusammengeführt werden.

- Eine Mindestanforderung für Niedermoorböden ist aus Sicht des Grundwasserschutzes die ganzjährige Wassersättigung im unteren Bereich des Torfkörpers (Fall (2) in **Abb. 2**). Bei zeitweisem Trockenfallen kann Luft-Sauerstoff in Form von Oxiden „gespeichert“ werden, so dass der Zeitraum mit Nitrat-Durchbruch wesentlich über die Dauer des Trockenfallens hinausreicht und der Erfolg der Gesamt-Maßnahme in Frage steht. Bis zu Grundwasserständen von 30-40 cm unter Flur ist eine Grünland-Nutzung der Flächen im Allgemeinen noch gut möglich. Bei mächtigen Torfkörpern kann der Grundwasser-Flurabstand größer sein. Um den dabei unvermeidlichen Torfabbau im oberen Profilbereich zu begrenzen, sollte Ackernutzung jedoch generell ausgeschlossen werden.
- Ein Grundwasser-Anstau bis wenige Zentimeter unter Geländeoberfläche ist in den wenigsten Fällen möglich. Die landwirtschaftliche Flächennutzung muss hierbei aufgegeben werden. Eine solche „Renaturierung“ ist jedoch die einzige Maßnahme, die einen dauerhaften Erhalt eines Niedermoor-Torfkörpers ermöglicht.
- Bei geringer Torfmächtigkeit oder lediglich stark humosen oder anmoorigen Standorten entfällt die Möglichkeit der Konservierung oder der Begünstigung von Denitrifikation durch Grundwasser-Einstau. Praktikable Grundwasserschutz-Maßnahmen sind hier die Spezial-Düngeberatung (Kap. A 1.1.2) und die extensive Grünland-Nutzung (Kap. A 3.4).

Eine Grundwasser-Anhebung kann durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Einstellung der Gewässerunterhaltung,
- Einstellung der Teilflächenentwässerung (Rückbau von Dränagen),
- Vorfluteranstau,
- Verringerung der Grundwasser-Entnahme (Trinkwassergewinnung, Feldberegnung).

Die Ziel-Grundwasserstände sind gebietsspezifisch in Abhängigkeit von der Mächtigkeit der Torfdecke und der kapillaren Aufstieghöhe zu wählen, die durch die Bodenart des Mineralbodens unterhalb des Torfkörpers bestimmt wird. Entscheidend für den

Grundwasserschutz-Forderung für Niedermoorstandorte:

ganzjährige Wassersättigung an der Basis des Torfkörpers zur Reaktivierung der Denitrifikations-Funktion

Naturschutz-Forderung für Niedermooere:

Grundwasser-Anstau bis wenige cm unter Geländeoberfläche als Voraussetzung für die Renaturierung

Anmoor-Standorte:

Grundwasser-Einstau ist zu aufwändig, stattdessen sollte eine Grundwasserschutz-orientierte Bewirtschaftung erfolgen.

Grundwasserschutz-Erfolg ist, dass die Basis des Torfkörpers ganzjährig „tropfnass“ ist.

Maßnahmen der Einzelflächen-Bewirtschaftung

Für den Bereich Flächennutzung ist – mit Ausnahme der vollständigen Renaturierung unter Anhebung des Grundwasserstands bis wenige cm unter Geländeoberfläche – die extensive Grünlandnutzung (Kap. A 3.4) ideal. Die Vorteile der Grünlandnutzung sind:

- Keine Anregung der Mineralisation durch Bodenbearbeitung,
- eine hohe N-Aufnahme und Abfuhr mit dem Mähgut,
- flexible Reaktion der Grasnarbe auf das N-Angebot aus der Boden-N-Mineralisation und
- die Möglichkeit einer stärkeren Grundwasser-Anhebung als bei Ackernutzung.

Begleitende Erfolgskontrolle

Die begleitende Erfolgskontrolle umfasst:

- Grundwasserstands-Messungen (im Sommerhalbjahr möglichst monatlich), hierfür ist ggf. die Einrichtung eines eigenen Messnetzes erforderlich;
- die Güteüberwachung der Grundwasseroberfläche;
- ggf. Nitrat-„Tief“bohrungen in 10-cm-Abstufung.

Erfolgsbewertung

Die Reaktivierung von Feuchtarealen wirkt insbesondere bei Existenz mineralisationsstarker Niedermoortorfe einer entwässerungsbedingt stark erhöhten Nitratfreisetzung entgegen. Bei ausreichendem Grundwassereinstau kann die Nitratauswaschung sogar auf Null herabgesetzt werden.

Dies setzt voraus, dass das Grundwasser ganzjährig bis an die Basis des Torfkörpers angehoben werden kann. Eine solche Maßnahme ist meist nur in reinen Grünlandgebieten möglich, d. h. sie erfordert ggf. die Umwandlung von Acker zu Grünland.

Wegen der flächenhaften Wirkung der Grundwasser-Anhebung ist eine derartige Maßnahme nur durch eine intensive Zusammenarbeit von Landwirtschaft, Wasserwirtschaft und sonstigen Interessenvertretern in Form eines projektbegleitenden Arbeitskreises möglich.

Literatur

AG BODEN (1996): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Auflage. Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden, Hannover.

GENSIOR, A., J. ZEITZ (1998): Einfluß einer Wiedervernässungsmaßnahme auf die Reaktivierung der Stoffsenkenfunktion eines degradierten Niedermooses im Landschaftshaushalt. Mitt. der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 88, S. 55 – 58.

GÖTTLICH, K. [Hrsg.], (1990): Moor- und Torfkunde. 3. Aufl. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

KUNTZE, H. (1992): Moorstandorte als Senke und Quelle von Nährstoffen. Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft 5, S. 93 – 102.

5.3 Grundwasserschutzwald

Kurzcharakteristik

Die Tatsache, dass unter Waldflächen insbesondere auf Standorten mit terrestrischen Böden die Nitratkonzentration im Sickerwasser durchgängig erheblich niedriger ist als unter ackerbaulich genutzten Flächen, führt zu der Zielvorstellung, durch Wald Grundwasserschutz zu betreiben.

Hierbei sind insbesondere zwei Einsatzbereiche zu unterscheiden:

- **Acker-Erstaufforstungen**

Durch Aufforstung von Ackerflächen soll neben einer Erhöhung des waldbestandenen Flächenanteils (aus Naturschutzgründen) eine Verringerung der Nitratkonzentration im Sickerwasser erreicht werden.

- **Waldumbau zu Laubmischwald**

Durch Umbau von Nadelwald-Reinbeständen zu Laubmischwäldern wird in erster Linie eine Erhöhung der nitratarmen Grundwasserneubildung angestrebt. Ein erwünschter Nebeneffekt ist die Verlangsamung der Bodenversauerung.



Abb. 1: Laubwald ermöglicht eine gegenüber Nadelwald höhere und in der Regel nitratärmere Grundwasserspende

Anwendungsbereich

Acker-Erstaufforstung

Acker-Erstaufforstungen werden in der Regel auf Standorten durchgeführt, die nicht mehr ökonomisch landwirtschaftlich genutzt werden können oder die durch Aufgabe von Betrieben aus der Nutzung fallen. Damit steht die Acker-Erstaufforstung in Konkurrenz zu flächendeckend extensiv wirtschaftenden Ansätzen in der Landwirtschaft (ökologische Landwirtschaft).

Waldumbau

Umbau von Nadelwald-Reinbeständen zu Laubmischwäldern oder reinen Laubbeständen bietet sich auf Standorten an, die aufgrund ihres Standort-Typs gut für die Bestockung mit Mischwäldern geeignet sind. Es sind dies mäßig trockene bis feuchte Standorte mit mindestens mäßiger Nährstoffversorgung. Die Bestockung vieler Wälder Norddeutschlands ist nicht standortangepasst. Reinbestände von Nadelhölzern sind auf Standorten, deren potenzielle natürliche Vegetation ein Hainsimsen Buchenwald ist, die Regel (ELLENBERG 1986, HEINEKEN 1996). Neben der Grundwasserschutz-orientierten Zielsetzung des Waldumbaus zu Laubmischwäldern ist auch der ökologische Nutzen (z. B. Artenvielfalt) zu berücksichtigen.



Abb. 2: Nadelwald wird aus Sicht des Grundwasserschutzes überwiegend kritisch beurteilt, stellt in Niedersachsen über den höchsten Flächenanteil

Durchführung

Acker-Erstaufforstung

Die Acker-Erstaufforstung wird in Anpassung an die gegebenen standörtlichen Randbedingungen durchgeführt. Bei der Gestaltung der Aufforstung finden folgende Punkte Beachtung:

- Vormalig intensiv genutzte Ackerflächen, insbesondere bei Wirtschaftsdünger-Anwendung, werden zunächst ausgehärtet (z. B. durch Feldgras-Einsaat mit mehrjähriger Schnittnutzung).
- Vorbereitung des Bodens: Zur Auswahl stehen folgende alternative oder sich ergänzende Bearbeitungsschritte:
 - Auflauf von Ausfallgetreide ggf. ergänzt durch Untersaat von Roggen/Waldstauden-Roggen und
 - Bei armen Böden Tiefpflügen mit Schrägstellung des Ap-Horizontes.
- Kulturbegründung:
 - Kulturbegründung in Vorwaldgefüge (schnell wachsende Pionierarten, unter deren Kronendach die eigentliche Wirtschaftsbaumart eingebracht wird) oder
 - Kulturbegründung ohne Vorwald.

Die Acker-Erstaufforstung wird aus Mitteln der EU gefördert. Sie ist als eine dauerhafte Maßnahme anzusehen.

Waldumbau

In lückige Nadelholzbestände, die ein Alter von 40 bis 60 Jahren haben, können durch Pflanzung oder per Saat Laubbäume eingebracht werden. Diese lösen dann nach Aufwuchs die Nadelwaldgeneration ab. Kahlschläge sind nicht zulässig und wären kontraproduktiv, da eine erhöhte Auswaschung von Nährstoffen mit dem Sickerwasser zu erwarten wäre.

- Die Unterpflanzung wird, angepasst an den Standort, mit forstwirtschaftlichem Gerät durchgeführt.
- Erfahrungen aus dem Fuhrberger Feld zeigen, dass unter dortigen Bedingungen bei Flächenkomplexen >15ha auch ohne Umzäunung der Wilddruck auf die Unterpflanzung ausreichend gemindert werden kann.

Vorhandene Kooperationen der Land- und Wasserwirtschaft können durch örtliche Vertreter der Forstwirtschaft ergänzt werden, um eine Grundwasserschutz-orientierte Begleitung der Waldbesitzer zu leisten und um Freiwillige Vereinbarungen zu vermitteln. Fördermittel für den Waldumbau gemäß den Richtlinien für die Förderung forstwirtschaftlicher Maßnahmen im Land Niedersachsen (LÖWE: Programm zur langfristigen ökologische Waldentwicklung) können zur Kofinanzierung beantragt werden.

Erfolgsbewertung

Acker-Erstaufforstung

Die Entwicklung der Nitratgehalte im Sickerwasser unter Acker-Erstaufforstungen ist bisher nur selten dokumentiert. Messungen an verschiedenen alten Aufforstungen haben allerdings gezeigt, dass die Nitratkonzentrationen mit zunehmendem Bestandesalter abnehmen (FISCHER 1998):

- In den ersten Jahren ist nur eine geringe Abnahme der Nitratkonzentration im Sickerwasser zu erwarten.
- Die Nitratkonzentrationen unter einem 5 Jahre alten Laubbaumbestand lagen zwischen 4 und 9 mg/l, und
- die Nitratkonzentrationen unter einem 24 jährigen Laubbaumbestandes tendierten gegen null.

Auch die vorhergehende Nutzung hat Einfluss auf die Qualität des Sickerwassers:

- Aufgeforstete Wiesenflächen emittieren deutlich weniger Nitrat als aufgeforstete Ackerschläge (Ausnahme sind grundwassernahe Grünlandstandorte mit hohem Mineralisierungspotenzial und intensiver Nutzungsgeschichte).

Waldumbau

Der Grundwasserschutz-orientierte Nutzen der Umbaumaßnahmen liegt in der Erhöhung der Grundwasserneubildung und der Reduzierung der N-Auswaschung unter Mischwald gegenüber Laubwald:

- Gegenüber geschlossenen Kieferbeständen weisen geschlossene Mischwälder eine ca. 50 % höhere Grundwasserneubildung auf. Reine Buchenbestände haben eine bis zu 400 % höhere Grundwasserneubildung als Fichtenbestände (RENGER u. STREBEL 1980).
- Vergleiche zwischen Reinbeständen von Fichten und Buchen belegen eine um den Faktor 10 bis 20 höhere Sickerwasserbelastung mit Nitrat unter Fichtenbeständen (KREUTZER 1989).
- Untersuchungen zum Nitrataustrag von Kiefer-Reinbeständen und Kiefer-Buche-Mischbeständen (BÖTTCHER 1999) zeigen ein leicht höheres Niveau der Konzentration von Nitrat an der Grundwasseroberfläche in den Mischbeständen. Im Gebietmittel werden durch die Erhöhung der Grundwasserneubildung trotzdem geringere Nitratbelastungen erreicht (s. u.).
- Durch die geringere Interzeption von Luftschadstoffen in Laubwäldern und die bessere Abbaubarkeit der Laubstreu wird die Bodenversauerung verlangsamt und damit die langfristige Gefahr von Aluminium-Einträgen in das Grundwasser gemindert. Da in Laubwäldern meist keine Rohhumus- oder Moder-Akkumulation erfolgt, ist die Gefahr schlagartiger

Besonderheiten der Erfolgskontrolle unter Wald

Bei der Erfolgskontrolle der Maßnahmen unter Waldflächen ist u. a. die nutzungsbedingte große Variabilität zu beachten. Diese muss schon bei der Planung der Probenahme beachtet werden:

- Deutliche Erhöhung der Anzahl von Einzelproben aus Wurzelzone, Sickerwasser-Dränzone und Grundwasseroberfläche im Vergleich zu Ackerstandorten,
- ggf. Ausweichen auf stärker gebietsmittellorientierte Beprobungen im Grundwasser und
- Kartierung des Baumbestandes auf der Beprobungsfläche und Einmessung der Probennahmepunkte.
- Nur langfristig angelegte Untersuchungsprogramme können den nachhaltigen Nutzen belegen.

Nitrat-Freisetzungen bei Bewirtschaftungsmaßnahmen (Kalkung) deutlich geringer als bei Nadelwäldern.

Kennzeichnend ist ein insgesamt sehr weit unter den Grenz- und Richtwerten liegendes Niveau der Nitratkonzentration unter Waldbeständen auf terrestrischen Böden. Durch die erhöhte Grundwasserneubildung ist im Gebietsmittel eines WVG trotz zeitweilig erhöhter Austräge aus Umbaubeständen mittelfristig mit einer positiven Wirkung auf die Grundwasser-Qualität zu rechnen.

Die Anlage von Grundwasserschutzwald ist ein junges und kontrovers beurteiltes Thema. Eine eindeutige, abschließende Bewertung der Eignung von Aufforstungs- und Waldumbaumaßnahmen ist angesichts der geringen Erfahrung noch nicht möglich. Folgender Erfolg ist zu erwarten:

Bei Waldumbau:

- Langfristige Stabilisierung des Nitratgehaltes im Sickerwasser auf einem niedrigen Niveau,
- Erhöhung der Grundwasser-Neubildung,
- ökonomische Effizienz der Umbaumaßnahmen ist nachweisbar,
- Minderung der Bodenversauerung unter Wald durch Laubholz-orientierten Waldumbau.

Bei Acker-Erstaufforstung:

- Sehr deutliche Verringerung der Nitrat-Konzentrationen im Sickerwasser.

Einschränkende Faktoren sind:

- Herabsetzung der Grundwasserneubildung (hier sollte ggf. eine extensive Grünlandnutzung bevorzugt werden),
- Acker-Erstaufforstungen stehen in Flächenkonkurrenz zu anderen Flächenstilllegungen,
- insbesondere bei Acker-Erstaufforstung sind landespflegerische sowie sozioökonomische Belange zu beachten (Strukturwandel).

	Waldumbau	Erstaufforstung
Düngungsminderung	entfällt	100 %
Saldominderung	entfällt	auf 0 kg N/ha
N _{min} -Minderung	tendenzielle Minderung	deutliche Minderung
Sickerwasserentlastung	tendenzielle Minderung	auf unter 20 mg NO ₃ /l

Literatur

BÖTTCHER, J. et al. (1999): Einfluss des Bestandesaufbaus (Kiefern-Reinbestand oder Kiefern/Buchen-Mischwald) auf Bodenzustand und Menge und Qualität der Grundwasserneubildung - Modelluntersuchungen im Fuhrberger Feld. Institut für Bodenkunde der Universität Hannover (unveröffentlicht).

ELLENBERG, H. (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Stuttgart.

FEGER, K.-H. (1993): Bedeutung von ökosysteminternen Umsätzen und Nutzungseingriffen für den Stoffhaushalt von Waldlandschaften. Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen 31.

FISCHER, H. (1998): Acker-Erstaufforstungen. Göttingen, Braunschweig.

KREUTZER, K. (1989): Änderungen im Stickstoffhaushalt der Wälder und die dadurch verursachten Auswirkungen auf die Qualität des Sickerwassers; Immissionsbelastung des Waldes und seiner Böden - Gefahr für die Gewässer? Mitteilungen des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Heft 17, Hamburg und Berlin

NIEDERSÄCHSISCHE LANDESREGIERUNG (1992): LÖWE – Niedersächsisches Programm zur langfristigen ökologischen Waldentwicklung, Hannover.

OLSCHEWSKI, R. (1997): Nutzen-Kosten-Analyse des Wasserschutzes durch eine Aufforstung. Schriften zur Forstökonomie Bd. 15. Frankfurt/Main.

RENGER, M., O. STREBEL (1980): Jährliche Grundwasserneubildung in Abhängigkeit von Bodennutzung und Bodeneigenschaften. Wasser und Boden 8, S. 362 – 366.

STADTWERKE HANNOVER AG (1999): Grundwasserschutzwald im Wassergewinnungsgebiet Fuhrberger Feld - Bericht zum Pilotvorhaben. Hannover (unveröffentlicht).

6 Beprobung der Dränausläufe und Fließgewässer

Kurzcharakteristik

Die Beschaffenheit der Fließgewässer in kleinen Einzugsgebieten wird geprägt durch diffuse Stoffausträge aus der Landschaft, soweit keine Einleitungen in diese Gewässer erfolgen. Die Beprobung dieser Fließgewässer und Dränausläufe ermöglicht somit Aussagen über den Stoffhaushalt der betrachteten Landschaftseinheit und kann damit auch für die Erfolgskontrolle in der Zusatzberatung Wasserschutz eingesetzt werden.

An den Dränausläufen werden repräsentative Mischproben des Sickerwassers aus der gedränten Fläche erfasst.

Die Fließgewässerbeprobung (Entwässerungsgraben, Bach, kleiner Fluss) liefert mittlere Stoffgehalte für das Einzugsgebiet des Gewässers bis zur Probenahmestelle. Die Aussagekraft ist stark abhängig von der Größe des Einzugsgebietes, der Heterogenität der bodenkundlichen und hydrogeologischen Gebietseigenschaften sowie von der Vielfalt der Nutzungseinflüsse im Einzugsgebiet.

Durch Vergleich mehrerer Messstellen an einem Gewässer können gebietsdifferenzierte Aussagen getroffen werden.

Die Untersuchung verfolgt folgende Ziele:

- Orientierende Beschreibung der stofflichen Gebietsbelastung (Ist-Zustand und Prioritätensetzung),
- Effizienzkontrolle flächendeckender Maßnahmen (Fließgewässer),
- Effizienzkontrolle schlagbezogener Maßnahmen (Dränausläufe) und
- Beschreibung und Beeinflussung natürlicher Prozesse im Einzugsgebiet (z. B. Mineralisationsprozesse).

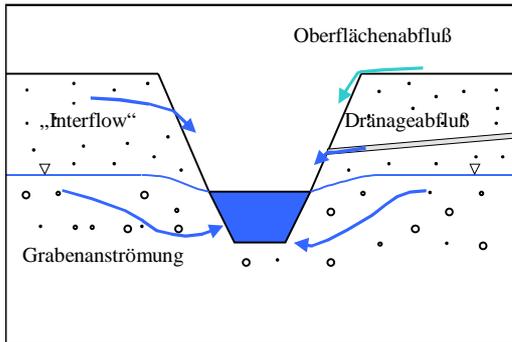


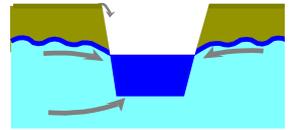
Abb. 1: Schematische Darstellung der Herkunft des Wassers in Fließgewässern in Agrarlandschaften (ohne punktuelle Einleitungen)

Anwendungsbereich

Gebietliche Voraussetzungen

Soll von den Stoffgehalten eines Fließgewässers auf Einträge aus dem Einzugsgebiet (hier: Emissionen von landwirtschaftlichen Flächen) geschlossen werden, müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Den Probenahmepunkten am Gewässer ist ein eindeutiges Einzugsgebiet zuzuweisen.
- Die hydraulischen Wechselwirkungen zwischen dem betrachteten Gewässer und dem Grundwasserkörper müssen zumindest qualitativ bekannt sein.
- Die betrachteten Fließgewässer sollten während der Versickerungsperiode kontinuierlich Wasser führen.
- Im betrachteten Gewässerabschnitt sollten keine Einleitungen (z.B. Kläranlagen) erfolgen.



- Soweit Einleitungen vorhanden sind, müssen diese in die Untersuchung einbezogen werden.

Für Dränwasseruntersuchungen ist grundsätzlich der Drainageplan zu berücksichtigen.

Aussagefähigkeit

In Abhängigkeit von der Größe des Fließgewässers sowie der Lage und der Größe des betrachteten Gebietsabschnittes sind unterschiedliche Aussagen mit dieser Methode möglich:

- Ordnungsgemäß installierte Dränagesysteme liefern repräsentative Daten zur Sickerwasserqualität der gedränten Fläche,
- die Gewässerbeschaffenheit kleiner Gräben ist wesentlich durch den Oberflächenabfluss und das zutretende Dränwasser geprägt, und
- mit zunehmender Größe des Fließgewässers kann das zufließende Grundwasser die Stoffzusammensetzung im Fließgewässer zunehmend beeinflussen.

Ein Vergleich der Daten zweier benachbarter Probenahmestellen ermöglicht Aussagen über den Stoffhaushalt von Einzugsgebietsabschnitten. Die oberhalb des Abschnitts gelegene Messstelle gibt den Gebiets-Eintrag und die unterhalb gelegene den Austrag. Die Differenz ermöglicht Aussagen zum Stoffhaushalt des betrachteten Teilgebietes.

Die Fließgewässer-Beprobung eignet sich neben der Bewertung der landwirtschaftlichen Nutzung insbesondere zur Erfassung von großflächigen Einflüssen und Prozessen wie Torfdegradation in Mooren oder der Grundwasserschutzwirkung durch Denitrifikation von Feuchtarealen.

Durchführung

Standorte der Messpunkte

Die richtige Wahl der Messstellen ist eine wesentliche Voraussetzung für die Aussagekraft der gewonnenen Daten. Bei der Errichtung eines Messstellennetzes sind folgende Prinzipien zu beachten:

- Festlegung des Untersuchungsraumes, der zu untersuchenden Teileinzugsgebiete und der zugehörigen Messpunkte.
- Das Gütemessprogramm muss zumindest eine zeitgleiche Abflussmessung umfassen (Pegel und/oder Abflussmessung).
- Im Untersuchungsgebiet sind alle Einleitungen und alle relevanten Zuflüsse in das Gewässer messtechnisch getrennt zu erfassen.
- Bei Untersuchungen zu Einzugsgebietsabschnitten sind zusätzlich die Stoffeinträge am Gebietseingang zu erfassen.

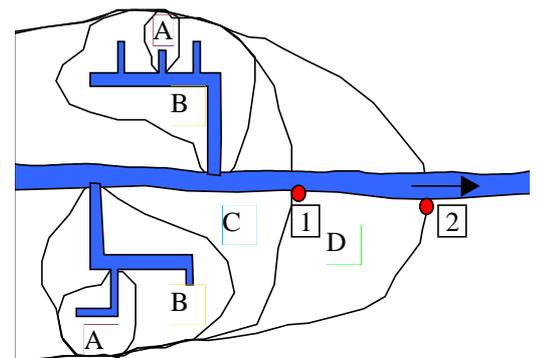


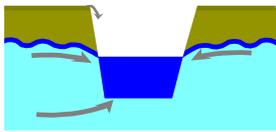
Abb. 2: Vorfluter unterschiedlicher Ordnung und die zugehörigen Einzugsgebiete (EZG)

A: Einzugsgebiet (EZG) einer Dränage

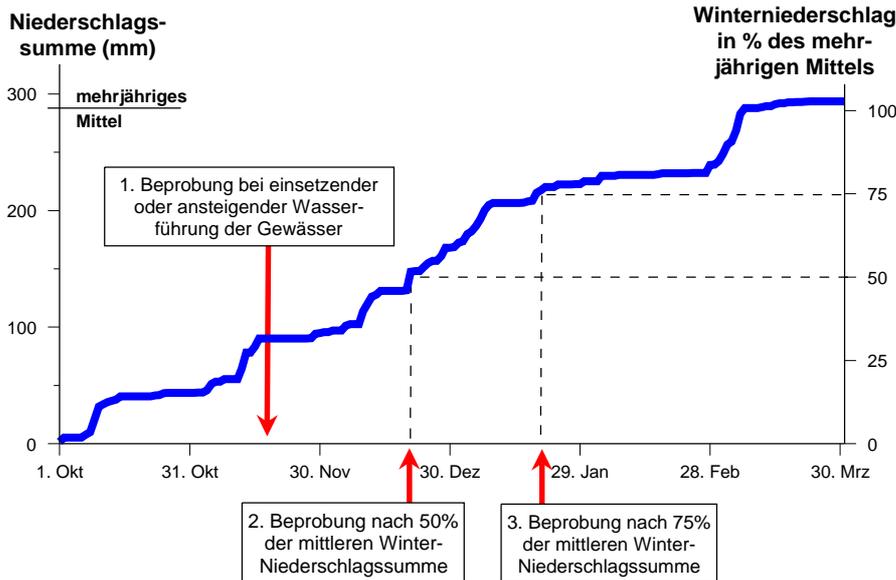
A+B: EZG eines Bachlaufs

A+B+C: EZG zu Messpunkt 1

D: EZG des Messpunktes 2 minus EZG des Messpunktes 1. Eine Belastungsänderung zwischen den beiden Messpunkten wird durch Einflüsse aus dem Einzugsgebietsabschnitt D hervorgerufen.



- Fremdeinflüsse auf die Messstellen (z. B. Straßenabfluss oder Einleitungen) sind bei der Wahl der Messpunkte auszuschließen.
- Soweit vorhanden, sollten Messstellen des Gewässerkundlichen Landesdienstes in das Messnetz einbezogen werden.



bb. 3: Schema zur Festlegung der Termine der Gewässerbeprobung. Beispielgebiet niedersächsische Geest

Probenahmehäufigkeit

Die stoffliche Zusammensetzung der Fließgewässer unterliegt insbesondere bei kleinen Gewässern starken Schwankungen, die meist abhängig sind von der Wasserführung. Zur Bewertung sind daher enge Probenahmeintervalle sinnvoll. Als Mindestumfang ist eine mehrmalige Beprobung während der Sickerwasserperiode erforderlich, die durch eine Vergleichsbeprobung außerhalb der Grundwasserneubildungsphase zu ergänzen ist.

Für die Beprobungen während der Grundwasserneubildung bietet sich beispielsweise nebenstehendes Schema an.

Parameterumfang

Der erforderliche Parameterumfang im Rahmen der Zusatzberatung Wasserschutz kann vom üblichen Untersuchungsumfang für Fließgewässer (s. LAWA 1998) abweichen:

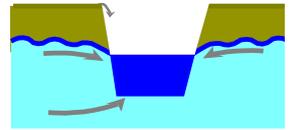
Tab. 1: Chemische Gewässergüteklassifikation, nach LAWA 1998, verändert

Parameter	Gewässergüteklasse	Belastung	N [mg/l]	NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺ [mg/l] gerundet
NO ₃ -N	I	unbelastet	≤ 1	≤ 4,4
	I-II	sehr gering	≤ 1,5	≤ 6,6
	II	mäßig	≤ 2,5	≤ 11,1
	II-III	deutlich	≤ 5	≤ 22,1
	III	erhöht	≤ 10	≤ 44,3
	III-IV	hoch	≤ 20	≤ 88,5
NH ₄ -N	IV	sehr hoch	> 20	> 88,5
	I	unbelastet	≤ 0,04	≤ 0,05
	I-II	sehr gering	≤ 0,1	≤ 0,12
	II	mäßig	≤ 0,3	≤ 0,36
	II-III	deutlich	≤ 0,6	≤ 0,73
	III	erhöht	≤ 1,2	≤ 1,46
III-IV	hoch	≤ 2,4	≤ 2,92	
IV	sehr hoch	> 2,4	> 2,92	

- Im Minimalprogramm sind bei Fließgewässer- und Dränuntersuchungen Nitrat, Ammonium, Kalium und Sulfat zu analysieren.
- Die Aufnahme physiko-chemischer Parameter während der Probenahme (pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Temperatur und Sauerstoffgehalt) kann für einzelne Fragestellungen sinnvoll sein.
- Das obengenannte Minimalprogramm kann je nach Fragestellung beliebig erweitert werden.

Auswertung

Die Auswertung der gemessenen Daten sollte eine Bewertung der Konzentration und der Frachten im Gewässer beinhalten:



Stoffkonzentrationen

- Die Nitrat- und Ammoniumkonzentrationen vermitteln die grundsätzliche Belastungssituation im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilung der Gewässerqualität kann in Anlehnung an die chemischen Gewässergüteklassifikation in LAWA (1998) erfolgen (s. Tab. 1).
- Qualitative Aussagen über regionale Belastungsschwerpunkte sind durch Vergleich aufeinanderfolgender Messpunkte an einem Gewässer möglich. Danach können prioritäre Handlungsräume ausgewiesen werden.
- Messdaten sollten wegen der vielfältigen Gebietseinflüsse ausschließlich gewässerbezogen, nicht gewässerübergreifend ausgewertet werden.

Stofffrachten

- Die Stofffrachten dürfen nur durch Multiplikation der Stoffkonzentration mit dem zeitlich zugehörigen Abfluss berechnet werden.
- Die Stofffrachten eines Gewässers erlauben Aussagen über den Stoffhaushalt des betrachteten Einzugsgebietes. Sie geben Hinweise über die tatsächlichen Einträge in das Oberflächengewässer.
- Die Stofffrachten des Gewässers stellen eine wichtige Bilanzgröße für Stoffhaushaltsbetrachtungen eines Teileinzugsgebietes dar.
- Eine Zuordnung der Frachten zu einer eindeutigen Einzugsgebietsgröße ist bei Dränuntersuchungen in der Regel möglich. Bei Fließgewässern ist mit zunehmender Größe dazu ein erheblicher Untersuchungsaufwand erforderlich. Ist diese Zuordnung möglich, kann über die Frachten der Stoffaustrag aus einem Teileinzugsgebiet (kg/ha) abgeschätzt werden.
- Stoffaustragsdaten ermöglichen eine orientierende Beurteilung der Gebietsbelastung und eine Bewertung des Erfolges von gebietlichen Maßnahmen der Zusatzberatung.

Frachtenberechnung

Stickstoff - Fracht = Nitrat-N- und Ammonium-N-Konzentration x Abfluss

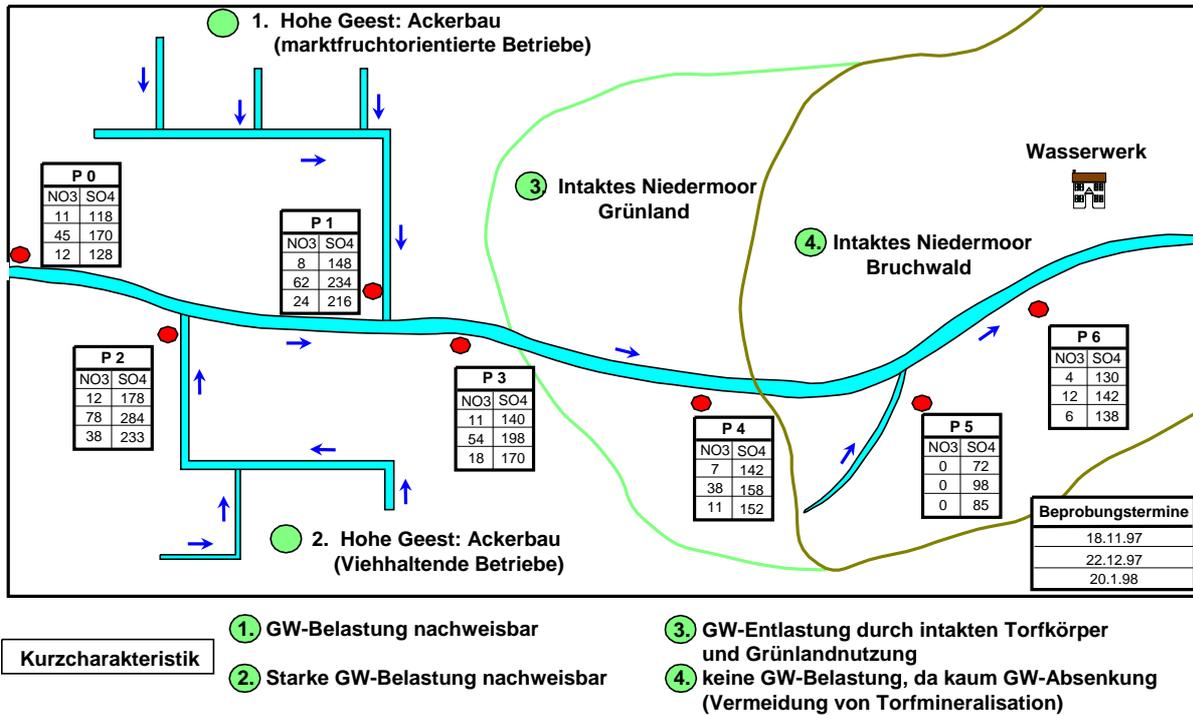
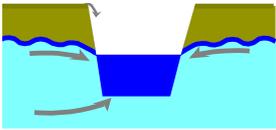


Abb. 4: Beispielhafte Auswertung von Messungen der Stickstoffkonzentration in Oberflächengewässern. Belastungs- und Entlastungsräume werden durch Vergleich der hintereinanderliegenden Beprobungspunkte ausgegliedert.

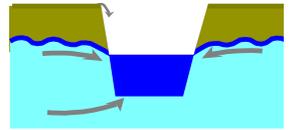
P1 bis P6: Beprobungspunkte am Oberflächengewässer mit gemessenen NO₃ bzw. SO₄ Konzentrationen zu drei Probenahmezeitpunkten während der Grundwasser-Neubildungsphase.

Eignungsbewertung

	Drä-nage	kleine Vorfluter
Ist-Zustand für die innergebietliche Prioritätensetzung	+	+
Erfolgskontrolle schlagbezogener Einzelmaßnahmen	+	-
Erfolgskontrolle auf Repräsentativ-flächen	+	-
Erfolgskontrolle großflächiger GW-Schutzmaßnahmen	0	0

Die Beprobung von Oberflächengewässern und Drän-ausläufen stellt in den geeigneten Gebieten eine kosten-günstige Methode zur flächenhaften Beurteilung der Nutzung aus Sicht des Grundwasserschutzes dar. Insbesondere eignet sich die Methode für:

- Die Beschreibung der Auswirkungen von Nutzungen (z. B. Torfabbau, Kiesabbau) in sensiblen Gebieten (Moorstandorte, Auenbereiche, Standorte mit hohem Mineralisationspotenzial),
- die Prioritätensetzung innerhalb eines Wasser-vorranggebietes durch Eingrenzung von Problem-gebieten (z. B. Feuchtstandorte),
- die Erfolgskontrolle mehrjähriger Maßnahmen zur Fruchtfolge und Düngeintensität und
- die Beobachtung von Dauermaßnahmen wie die Umwandlung von Acker- in Grünland.



Literatur

DVWK (1986): Die Frachtenermittlung mit Beschaffenheitswerten von Gewässern. Deutscher Verband für Wasserwesen und Kulturbau e.V. (DVWK), Bonn.

LAWA (1998): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland - Chemische Gewässergüteklassifizierung

PINZ, K., KORNAZKI, K., SCHNEIDER, J. (1998) : Bedeutung und Aussagekraft von Stoffkonzentrationen und Frachten für die Gewässergüte in Fließgewässern. Wasser & Boden 50 (8), S. 6-10.

Teil B

Methoden zur Erfolgskontrolle
von Grundwasserschutz-
Maßnahmen

Einleitung

Mit den in Teil A des Handbuches beschriebenen Grundwasserschutz-Maßnahmen können die Belastungen des Grundwassers vermindert werden. Die verfügbaren Finanzmittel müssen dazu möglichst effizient eingesetzt werden. Zur Erreichung dieser Ziele sind für die einzelnen Maßnahmen geeignete standortbezogene Erfolgskontrollen erforderlich.

Der Teil B des Anwenderhandbuches stellt Methoden zur Erfolgskontrolle in der Zusatzberatung aus den Bereichen Landnutzung, Bodenkunde und Hydrologie zusammen. Die Gliederung lehnt sich an die Systematik des „Zonenmodells“ an, das den Weg des Wassers von der Bodenoberfläche über den Sickerraum und den Grundwasserleiter bis zum Förderbrunnen beschreibt.

Die Methoden und Bewertungskriterien der Erfolgskontrolle können direkter oder indirekter Art sein.

Direkte Methoden:

- Nährstoffbilanzierung,
- Boden- und Sickerwasser-Untersuchungen,
- Grundwasser-Untersuchungen,
- Rohwasser- und Trinkwasser-Untersuchungen.

Indirekte Bewertungskriterien:

- Bewußtseins- und Verhaltensänderungen,
- Akzeptanz und Maßnahmen-Beteiligung,
- Veränderung der Flächennutzung.

Für jede Methode werden Anwendungsbereiche, Planungs- und Durchführungshinweise sowie Auswertungs- und Interpretationsmöglichkeiten beschrieben. Abschließend erfolgt eine Bewertung der einzelnen Methoden im Hinblick auf ihre Eignung zur Erfolgskontrolle in der Zusatzberatung.

Im Handbuch sind für alle Ebenen (landwirtschaftliche Praxis, Boden-, Gewässer- und Rohwasseranalytik) Verfahren zur Erfolgskontrolle dargestellt, die sich in ihren Aussagen ergänzen.

Nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die wesentlichen Merkmale der beschriebenen Methoden.

Tab. 1: Eigenschaften und Aussagekraft der einzelnen Erfolgskontroll-Methoden

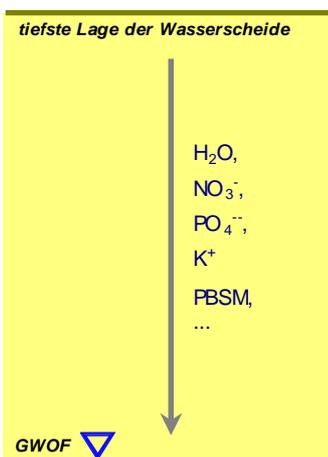
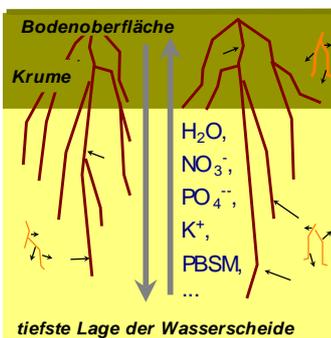
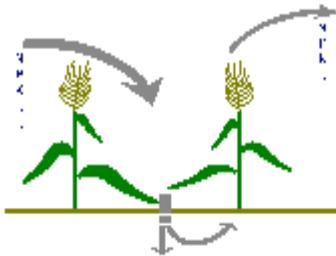
Methoden	Untersuchtes Medium	Räumlicher Bezug	Zeitliche Auflösung
Bilanzierung • Hoftorbilanz • Einzelschlagbilanz	Bewirtschaftete Fläche	flächenhaft / betriebsbezogen / schlagbezogen	Einzeljahr, Fruchtfolge
Nmin	Boden Bodenlösung	schlagbezogen	Einzeljahr
Saugkerzen / Lysimeter	Bodenlösung	punktuell	Zeitpunkt (bei Saugkerzen ggf. abgeleitete Zeitreihe möglich)
Tiefbohrung	Boden Bodenlösung	punktuell	Zeitpunkt / abgeleitete Zeitreihe
GW-Sauglanze	Grundwasser-Oberfläche	punktuell	Zeitpunkt
flach verfiltrierte GW-Messstelle	oberflächennahes Grundwasser (Bereich)	punktuell / kleinflächig	Zeitpunkt / Zeitraum
Multilevel- GW-Messstelle	Grundwasser, tiefenabgestuft (hohe Tiefengenaugigkeit)	punktuell / kleinflächig / teilgebietsbezogen; vertikal hoch aufgelöst	Zeitpunkt / abgeleitete Zeitreihe
Mehrfach- GW-Messstelle	Grundwasser, tiefenabgestuft (geringe Tiefengenaugigkeit)	kleinflächig / teilgebietsbezogen; vertikal hoch aufgelöst	Zeitpunkt / Zeitraum / abgeleitete Zeitreihe
Rohwasser	Grundwasser, Gesamt- oder Teilgebietsmittel	Gesamteinzugsgebiet / Teileinzugsgebiet	Zeitraum
Dränageausläufe	Sickerwasser	Gedrante Fläche	Zeitpunkt, ereignisbezogen
Fließgewässer	Summe von Ober- flächenabfluss, Sicker- wasser und Grundwasser	Einzugsgebiet (EZG) oder EZG-Abschnitt	Zeitpunkt, ereignisbezogen

Aus der zeitlichen Entwicklung der Beschaffenheit des Sickerwassers und des oberflächennahen Grundwassers können Wirkungen von Belastungen und auch Erfolge eingeleiteter Schutz- und Sanierungsmaßnahmen direkt und frühzeitig erkannt und beurteilt werden.

Bei Grundwasserproben aus größeren Aquifertiefen und bei Rohwasseruntersuchungen ist die erhebliche Verzögerung des Wirkungseintritts zu berücksichtigen. Zudem wird die räumliche Zuordnung von Grundwasserproben zum Ort der Grundwasserneubildung durch Verlagerungs- und Mischungsvorgänge erschwert. Als zentrales Anliegen der Grundwasserschutz-Maßnahmen ist die Verbesserung oder Erhaltung der Grundwasserqualität jedoch langfristig das wichtigste Kriterium für die Erfolgskontrolle der Zusatzberatung Wasserschutz.

1 Das Zonenmodell als Grundlage für die Erfassung des Stoffzustandes

Das Zonenmodell gliedert den Weg des Wassers von der Bodenoberfläche bis zum oberen Aquifer und innerhalb des Aquifers in (Tiefen-)Zonen. In der hier angewendeten Form stellt es eine Erweiterung der Systematik von DRECHSLER (1992) dar. Nachfolgend werden die Zonen einzeln und in einer Übersichtstabelle dargestellt.



Bodenoberfläche:

Die Bodenoberfläche ist die Außengrenze des Zonenmodells, an der die Nährstoff-Zu- und Abfuhr durch die landwirtschaftliche Nutzung bilanziert werden. Sie ist also keine räumliche Zone, sondern die Schnittstelle zwischen der Flächennutzung und dem Stoffhaushalt des Bodens.

Wurzelzone:

Die Wurzelzone reicht von der Bodenoberfläche bis zur tiefsten Lage der horizontalen Bodenwasserscheide, d. h. bis zur maximalen Ausschöpfungstiefe des Bodenwassers in einem Trockenjahr. Auf Sandböden sind das meist etwa 1,2 m, auf Lehm- und Tonböden zwischen 1,6 und 1,8 m.

Im Sommer kommt es in der Wurzelzone durch den Wasserentzug der Pflanzen und durch Verdunstung von der Bodenoberfläche zu einer aufwärtsgerichteten Wasserbewegung. Im Winter ist die Wasserbewegung überwiegend abwärts gerichtet (Auswaschungsperiode). Eine geeignete Vergleichsbasis für die Erfassung der Wirksamkeit von Grundwasserschutz-Maßnahmen ist der Stoffzustand im Herbst, im Hinblick auf Nitrat ist das der Herbst- N_{\min} -Wert.

Sickerwasser-Dränzone:

Nach unten schließt sich die Sickerwasser-Dränzone (SW-Dz) an, die bis zur Grundwasseroberfläche (GWOF) reicht. Je nach Grundwasser-Flurabstand kann die SW-Dz also mehrere zig Meter mächtig sein oder ganz fehlen.

Mikrobielle Nährstoff-Umsetzungen und eine pflanzliche Nährstoff-Aufnahme sind in der SW-Dz mineralischer Standorte meist unbedeutend. Eine Ausnahme bildet die chemolithotrophe Denitrifikation bei manchen Geschiebelehm- und Tonstandorten, bei der Nitrat abgebaut und Sulfat freigesetzt wird. Wenn diese ausgeschlossen werden kann, spiegelt die Sickerwasserqualität in der SW-Dz in hohem Maße die Qualität der Grundwasser-Neubildung wider, die von der jeweiligen Fläche ausgeht.

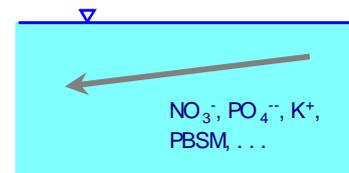
Die stoffliche Belastung des Sickerwassers bildet deshalb ein wesentliches Kriterium für die Ausweisung der Grundwasserschutz-Priorität nach dem Niedersächsischen Prioritätenprogramm.

Grundwasser-Oberfläche (GWOF):

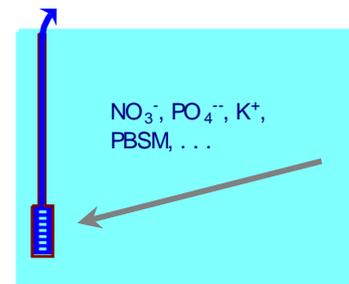
Die GWOF wird als eigenständige Zone betrachtet, weil nur an der GWOF noch ein klarer Bezug des Grundwassers zu dem Probenahmeort gegeben ist. Innerhalb des Aquifers sorgt die Grundwasser-Strömung für eine mit der Tiefe zunehmende Entfernung des Grundwassers vom Ort seiner Neubildung. Mit unterschiedlichen Probenahmetechniken lassen sich die oberen 10 bis 30 cm des Grundwassers „sauber“ erfassen.

**Obere Grundwasser(GW)-Zone:**

Mit zunehmender Tiefe im Aquifer wird die Zuordnung von GW-Proben zu einem Herkunftsraum schwieriger und unschärfer. In der oberen GW-Zone (je nach Fließgeschwindigkeit bis maximal 5 m unter GWOF) ist eine Erfolgskontrolle für das mehrjährige Gesamtprogramm der Wasserschutzberatung in einem Teilgebiet noch möglich, sofern kein wesentlicher Nitratabbau (Denitrifikation) erfolgt. Die zeitliche Verzögerung zwischen Maßnahmen-Durchführung und Wirkungseintritt in der obersten Grundwasser-Zone beträgt in Abhängigkeit vom Grundwasser-Flurabstand und den Strömungsverhältnissen mehrere Jahre. Flachverfilterte Grundwasser-Messstellen dienen daher der langfristigen Erfolgskontrolle der Zusatzberatung Wasserschutz. Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis der Grundwasser-Strömungsverhältnisse.

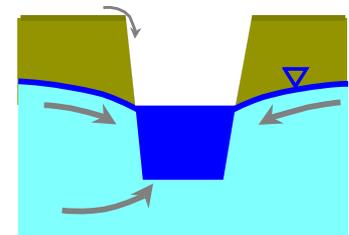
**Haupt-Aquifer mit Förderung:**

Die Eignung tiefer verfilterter Messstellen für die Erfolgskontrolle der Zusatzberatung Wasserschutz, insbesondere bei Verfilterung im zweiten oder einem tieferen Aquifer, muss im Einzelfall geprüft werden. Der Wirkungseintritt kann um Jahrzehnte verzögert und durch Stoffumsetzungen im Aquifer maskiert sein. Das Gesamtprogramm der Wasserschutzberatung muss sich jedoch auf Dauer an der Entwicklung der Stoffkonzentrationen im Haupt-Aquifer und im Förderrohrwasser messen lassen.

**Dränagen und Vorfluter:**

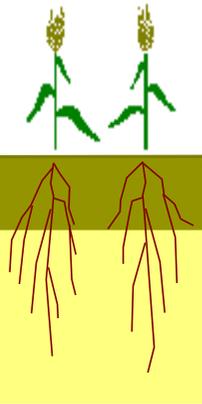
können nicht unmittelbar in die vertikale Abfolge des Zonenmodells gestellt werden.

Für die Erfolgskontrolle von Grundwasserschutz-Maßnahmen sind solche Dränagen und Vorfluter von Interesse, die aus oberflächennah anstehendem Stau- oder Grundwasser gespeist werden. Die Analyseergebnisse charakterisieren jeweils das gesamte Einzugsgebiet der Drainage oder des Vorfluters. Einzel-schlagbezogene Aussagen werden im Allgemeinen nur durch Drainage-Beprobung ermöglicht.

**Literatur**

DRECHSLER, H. (1992): Reduktion des Stickstoffs aus dem Überschuss-N-Eintrag agrarischer Ökosysteme beim Transport durch die Böden ins Grundwasser. Diss., Univ. Göttingen.

Zonenmodell mit Methoden zur Erfassung des Stoffzustandes für den Grundwasserschutz

<u>Zonen</u>	<u>Nutzungseinfluss und Potenzial für Erfolgskontrolle</u>	Methoden	<u>Ergebnis und Aussagewert</u>	<u>zeitliche Zuordnung</u> (<i>Beispiel: Beprobung / Berechnung im Jahr 2000</i>)	<u>Anforderungen und Einsatzbereiche in der Praxis</u>
<p>Landwirtschaftliche Nutzung</p> 	<p>↑</p> <p>ortstreuer Nutzungseinfluss</p> <p>↑</p> <p>einzelanschlagbezogene Erfolgskontrolle</p> <p>↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nährstoffbilanzen <ul style="list-style-type: none"> – Einzelschlagbilanzen – Hoftorbilanzen 	<p>rechnerischer Nährstoffüberschuß, der ausgewaschen werden kann</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Einzelfrucht – Einzeljahr – Mehrjahreszeitraum/ Fruchtfolge <p>(z. B. <i>Mehrjahresbilanz für 1997-2000; bedingt auch Vorausplanung möglich</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> – alle landwirtschaftlich genutzten Standorte – wichtig: Plausibilitätsprüfung der Datenbasis – zur Bewertung der Salden Vorfrucht-Effekte und Witterungsverlauf berücksichtigen
		<ul style="list-style-type: none"> • Herbst-Nmin 	<p>auswaschungsgefährdete maximale Nitrat-Anreicherung im Herbst</p>	<p>aktuelles Anbaujahr</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Lockergesteine – Beprobung Ende Oktober bis Anfang Dezember – Beprobungstiefe je nach Aufsättigungstiefe und Witterungsverlauf
<p>Sickerwasser-Dränzone (SW-Dz)</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • Tiefbohrung mit schichtweiser Probenahme • Unterflur-Lysimeter 	<p>Tiefenverlauf der mobilen Stoffgehalte</p> <p>Zeitverlauf der Stoffkonzentration im Sickerwasser</p>	<p>ein bis mehrere zurückliegende Anbaujahre (z. B. 1997 + 1998 + 1999)</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Lockergesteine – GW-Flurabstand > 1,5 m (Ausnahme: Sonderstandorte, z. B. Niedermoor) – flachgründige Standorte



2 Bilanzierung der Nährstoff-Ströme

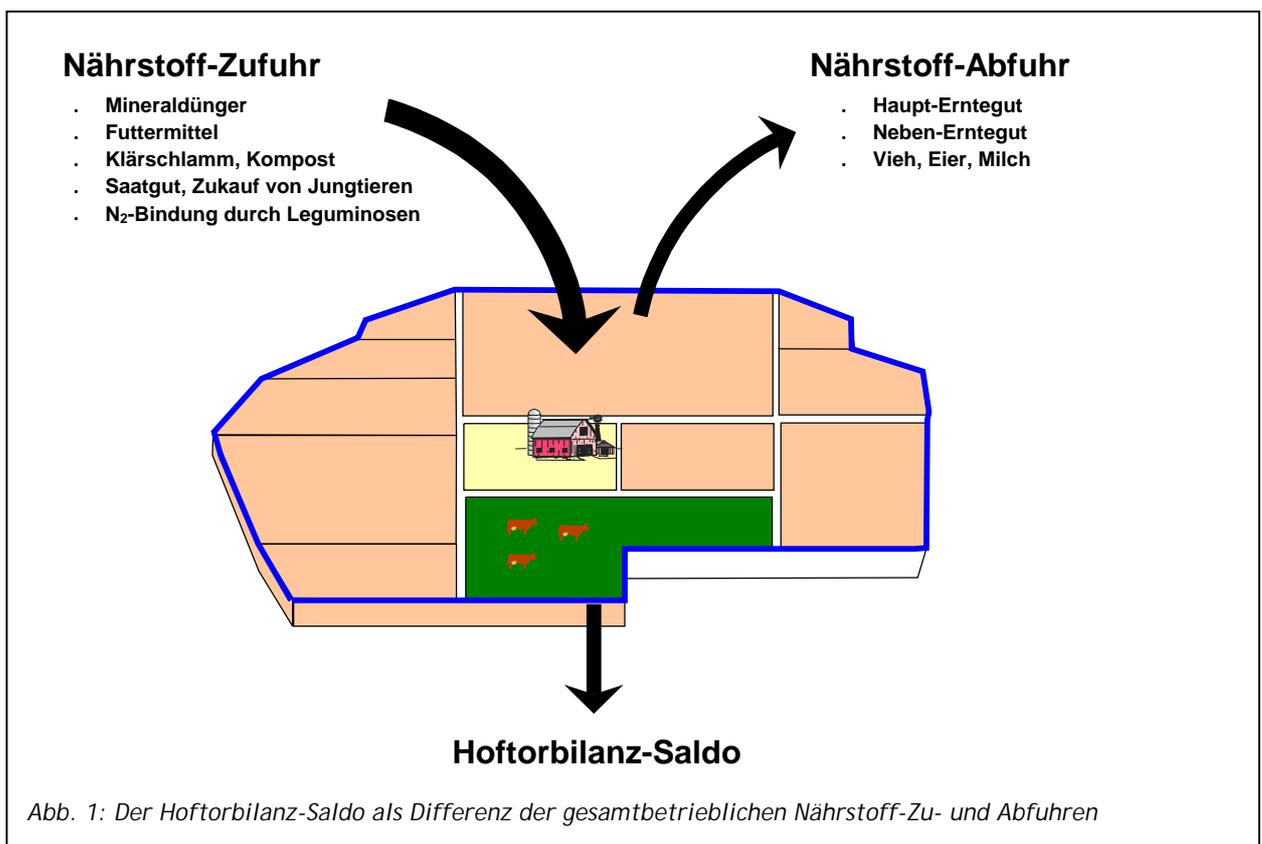
2.1 Hoftorbilanzen

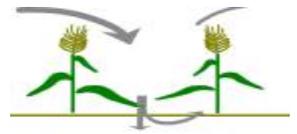
Kurzcharakteristik

In der Hoftor- oder Betriebsbilanz werden die Nährstoff-Importe den Nährstoff-Exporten eines Betriebes gegenübergestellt. Berücksichtigt werden dabei u. a. der Dünge- und Futtermittel-Zukauf sowie der Verkauf von pflanzlichem Erntegut und tierischen Erzeugnissen. Nährstoffströme innerhalb des Betriebes, wie die Ausbringung hofeigener Wirtschaftsdünger, tauchen in der Hoftorbilanz nicht auf.

Der flächenbezogene Hoftorbilanz-Saldo (*mittlerer Saldo je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche LF*) ermöglicht unter Berücksichtigung des Betriebstyps (Veredelungs-, Futterbau- und Marktfruchtbetriebe) die grundwasserschutzbezogene Bewertung der Nährstoffflüsse eines Gesamtbetriebes.

Die Aufstellung der Hoftorbilanzen stützt sich auf Aufzeichnungen des Landwirtes und den Naturalbericht der betriebswirtschaftlichen Buchführung bzw. bei steuerlichen Schätzungslandwirten auf die Kontoführung mit dem Landhandel. Betriebsbilanzen weisen damit, den Datenzugang vorausgesetzt, von allen Bilanztypen die sicherste Datengrundlage auf.





Anwendungsbereiche

(1) Prioritätensetzung der Zusatzberatung

Der Hoftorbilanz-Saldo zeigt den betriebsspezifischen Beratungsbedarf an. Dabei wird das im Sinne des Grundwasserschutzes erreichbare Niveau des Saldos z. T. durch den Betriebstyp (Veredelung, Futterbau, Marktfrucht) vorbestimmt.

(2) Erfolgskontrolle

Der Gesamt-Erfolg der Zusatzberatung zeigt sich unter anderem in der zeitlichen Entwicklung der Hoftorbilanzsalden. Um den wechselnden Witterungseinfluss, aber auch kurzfristige Betriebsentwicklungen wie z. B. Änderungen im Düngelager oder beim Viehbestand auszugleichen, sind hierbei Mehrjahreszeiträume zugrunde zu legen. Ggf. sind Bilanzkorrekturen zur Berücksichtigung der Lagerbestände erforderlich. Die Erfolgskontrolle von Einzelmaßnahmen ist durch Hoftorbilanzen nur selten möglich.

(3) Plausibilitätsprüfung von Einzelschlagbilanzen

Die Summe der Einzelschlag-Bilanzsalden eines Betriebes muss dem Gesamtbetriebssaldo für den gleichen Zeitraum entsprechen. Abweichungen zeigen Unstimmigkeiten der Datengrundlage für die Einzelschlagbilanzen an. Wenn diese nicht aufgespürt und bereinigt werden können, lässt sich ein Korrekturfaktor berechnen, mit dem die Einzelschlag-Bilanzsalden multipliziert werden müssen.

Durchführung

Datengrundlage

Nach der Düngeverordnung sind Betriebe mit mehr als 10 Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche oder mehr als 1 Hektar Spezialkulturen zur Erstellung von Nährstoffbilanzen auf Betriebsebene verpflichtet. Die Berechnung von Hoftorbilanzen ist ein wichtiges Instrument der Zusatzberatung Wasserschutz. Dabei werden Standards bei der Erfassung und Auswertung der Daten gesetzt, denn nur so können zuverlässige, untereinander vergleichbare Ergebnisse erzielt werden.

Aus Zeit- und Kostengründen ist die Erstellung von Hoftorbilanzen in der Zusatzberatung Wasserschutz allerdings nur für solche Betriebe interessant, die mit einem wesentlichen Anteil (Anhaltspunkt: > 40%) ihrer Fläche innerhalb des Wassergewinnungsgebietes liegen oder die einen bedeutenden Teil der Gesamtfläche desselben ausmachen.

Die Hoftorbilanzierung berücksichtigt nur die Nährstoff-Ströme, die über die Betriebsgrenzen („Hoftor“) hinausreichen. Hofeigene Futtermittel und Wirtschaftsdünger beispielsweise tauchen nicht in der Betriebsbilanz auf, wenn sie nicht den Betrieb verlassen. Die Berechnungen sollten zur Absicherung der Ergebnisse möglichst auf einen Fruchtfolgezeitraum (mind. 3 Jahre) bezogen werden. Nährstoff-Freisetzung bzw. Festlegung im Boden werden nicht berücksichtigt, da ein langfristiger Gleich-

Die Düngeverordnung schreibt für die meisten Betriebe Hoftorbilanzen vor.



gewichtszustand (Freisetzung = Festlegung) angenommen wird. Die nicht pauschal zu quantifizierenden Stickstoffverluste durch Denitrifikation werden vernachlässigt. Andererseits wird auch die Nährstoff-Zufuhr durch atmosphärische Deposition nicht angerechnet.

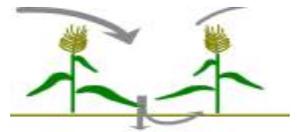
Die einzelnen Bilanzglieder und die Datengrundlage für ihre Ermittlung sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Datengrundlage zur Ermittlung der Bilanzglieder und Prüfungsmöglichkeiten

Bilanzglieder	Datengrundlage zu Erfassung der ...	
	... Gesamt-Menge	... Nährstoffgehalte
Nährstoff-Zufuhr durch ...		
• Mineraldünger	Naturalbericht der Buchführung ersatzweise: Konto-führung mit Lieferanten	Düngemittelverordnung / Herstellerangaben
• Futtermittel-Zukauf		Angaben des Lieferanten / Faustzahlen
• Wirtschafts-Dünger-Import		eigene Analysen oder Faustzahlen
• Sekundärrohstoff-Dünger		Angaben des Lieferanten
• Saatgut-Zukauf		Faustzahlen
• N-Bindung durch Leguminosen	eingesäte Flächen: Schlagkataster oder anhand Saatgut-Zukauf, N-Bindungsleistung: über Faustzahlen	
• (Deposition durch Staub + Niederschläge)	regionale Daten aus Depositions-Messnetz	
Nährstoff-Abfuhr durch ...		
• Haupterntegut	Naturalbericht und sonstige Aufzeichnungen	Analysen durch Abnehmer oder Faustzahlen
• Nebenerntegut		Faustzahlen
• Tierische Produkte		Analysen durch Abnehmer (Milch) oder Faustzahlen (Fleisch, Eier)
• Wirtschaftsdünger-Export		eigene Analysen oder Faustzahlen

Das Naturalregister der Buchführung ist die optimale Datengrundlage zur Erfassung der unmittelbar durch den Landwirt gesteuerten Nährstoffströme. Im Unterschied zur reinen Finanzbuchhaltung lässt es auch Vorratsänderungen auf dem Hof (z. B. Zukauf von Düngemitteln, die nicht sofort ausgebracht werden) erkennen. Hierdurch wird es möglich, die Nährstoff-Importe und Exporte erst mit dem Zeitpunkt ihres Gebrauchs (Düngung oder Verfütterung) oder bereits mit der Ernte anzurechnen, was die Hoftorbilanz zur idealen Grundlage der Plausibilitätskontrolle von Einzelschlagbilanzen macht.

Faustzahlen der Nährstoffgehalte von Düngemitteln, Futtermittel, Haupt- und Nebenerntegut und zur N-Fixierung von Leguminosen sind den aktuellen Tabellen der Landwirtschaftskammer zu entnehmen, LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER (1998). Eigene Analysen von Wirtschaftsdünger werden v. a. in Verbindung mit der Düngeberatung (siehe Teil A) durchgeführt.



Zu den Nährstoffgehalten können häufig Analysedaten des Lieferanten oder Abnehmers ausgewertet werden. Die Umrechnung von Rohprotein- bzw. Amino-N-Gehalten von Getreide und Zuckerrüben in die N-Menge der Ernte-Abfuhr wird bei HYDRO AGRI (1993) beschrieben. Dabei stellt die Unterscheidung zwischen Trocken- und Frischsubstanz-Ertrag eine häufige Fehlerursache dar.

Darstellung und Auswertung der Ergebnisse

Der Gesamtbetriebsaldo wird in **kg je Hektar** des Betriebes ausgedrückt. Dabei ist die tatsächlich am Produktionsprozess beteiligte Fläche ohne Flächenstilllegung (LF) eine aussagekräftigere Bezugsbasis als die gesamte landwirtschaftlich nutzbare Fläche (LN), die auch Brachen, Hofflächen etc. einschließt.

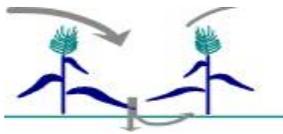
Neben dem Saldo ist der **Nährstoff-Transferkoeffizient** zur Bewertung der Effizienz des Düngereinsatzes geeignet. Er gibt das Verhältnis von Nährstoff-Abfuhr zu Nährstoff-Zufuhr (Ausnutzungsgrad) an.

Zur **Prioritätensetzung der Zusatzberatung** werden die Hoftorbilanzen nach Betriebstypen zusammengefasst (aggregiert). Dabei werden die Betriebstypen nach einem einheitlichen Verfahren gemäß KTBL (1997) auf Basis der ökonomischen Bedeutung einzelner Betriebszweige festgelegt, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Im Einzelfall kann eine weitere Differenzierung der Betriebstypen sinnvoll sein (MEX 1 und 2 in der Beispiel-Darstellung).

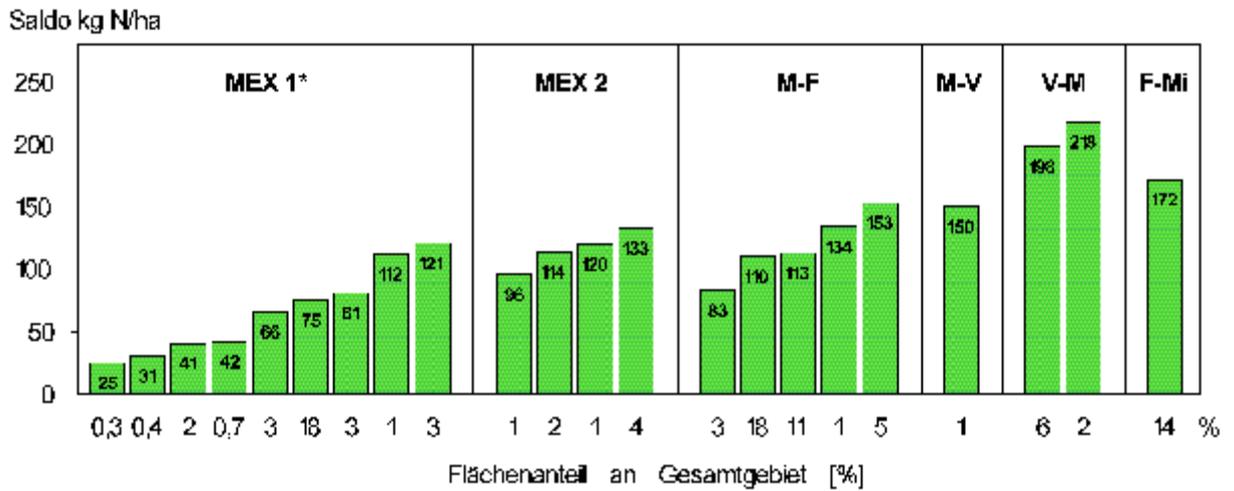
Tab. 2: Flächengewichtete mittlere Hoftorbilanz-Salden (22 Einzelbetriebe eines WSG im Weserbergland nach Betriebstypen zusammengefasst). Die Tabelle zeigt die große Bedeutung der N-Zufuhr über Futtermittel bei den Veredelungsbetrieben und die generell relativ geringe N-Abfuhr über tierische Produkte. Der Transferkoeffizient verdeutlicht die geringe N-Effizienz tierhaltender Betriebe.

Betriebs- Typ*	Saldo [kg N/ha]	N-Zufuhr			N-Abfuhr		Transfer- Koeffizient %	n	Flächen- Anteil %
		Mineral- Dünger	Futterm. + Vieh	Saat + Sym	pflanz. Prod.	Tier. Prod.			
V-M	203	164	117	4	22	61	29	2	7
F-Mi	172	200	27	2	29	26	25	1	14
M-V	150	153	65	4	50	22	32	1	1
MEX 2	121	211	15	5	103	7	47	4	8
M-F	115	184	20	7	79	17	46	5	38
MEX 1	75	207		4	136		64	9	32
Gesamt	118	194	22	5	87	16	47	22	100

* Betriebstypen: MEX 1 + 2 = Markfrucht, vorwiegend Getreide (MEX 1 = reiner Ackerbau; MEX 2 = geringfügige Viehhaltung); M-F = Markfrucht + Futterbau; M-V = Markfrucht + Veredelung; V-M = Veredelung + Markfrucht; F-Mi = Futterbau + Milchviehhaltung



Tab. 3: Einzelbetriebliche N-Bilanz-Salden aus dem obigen Beispiel. Die differenzierte Darstellung der N-Salden zeigt deren große Schwankungsbreite bei den extensiv wirtschaftenden Marktfruchtbetrieben. In dem Beispielgebiet bewirtschaften 4 Einzelbetriebe 61% der Gesamtfläche. Sie tragen 60% zum gesamtgebietlichen N-Saldo bei.

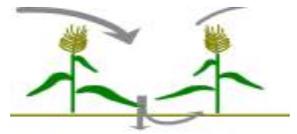


* Betriebstypen: MEX 1 + 2 = Marktfrucht, vorwiegend Getreide (MEX 1 = reiner Ackerbau, MEX 2 = geringfügige Viehhaltung); M-F = Marktfrucht + Futterbau; M-V = Marktfrucht + Veredelung; V-M = Veredelung + Marktfrucht; F-Mi = Futterbau + Milchviehhaltung

Der Vergleich der Betriebe eines Betriebstyps untereinander gibt Hinweise auf den einzelbetrieblichen Beratungsbedarf. Ein weiteres Kriterium dafür ist der Anteil des Einzelbetriebes an der Fläche des Wassergewinnungsgebietes.

- (1) Für die Erfolgskontrolle der Zusatzberatung wird die zeitliche Entwicklung der Bilanzsalden oder nach mehrjähriger Beratungstätigkeit der überregionale Vergleich der mittleren Bilanzsalden eines Betriebs- und Landschaftsraum-Typs herangezogen.
- (2) Eine Plausibilitätskontrolle der Flächenbilanz-Salden ist möglich, wenn die Schlagbilanz-Salden für alle Einzelschläge des Betriebes oder einen repräsentativen Anteil der einzelbetrieblichen LF berechnet wurden. Durch Gegenüberstellung des flächengewichteten mittleren Schlagbilanz-Saldos mit dem Hoftorbilanz-Saldo lässt sich ggf. ein Korrekturfaktor berechnen, mit dem die Schlagbilanz-Salden zu multiplizieren sind.

$$\text{Korrekturfaktor für Einzelschlagbilanzen} = \frac{\text{Hoftorbilanzsaldo [kg/ha]}}{\text{mittlerer Schlagbilanz - Saldo [kg/ha]}}$$



Erforderliche Zusatzinformation:

Die Zusatzinformationen sollen dem Leser eine realistische Einschätzung der Zuverlässigkeit der Hoftorbilanzen, ihrer Ursachen und der Bedeutung des Einzelbetriebes innerhalb des Wassergewinnungsgebietes erlauben. Insbesondere folgende Angaben sind von Bedeutung:

- Auflistung der berücksichtigten Bilanzglieder
- Datenherkunft, u. a.:
 - Mengenangaben der einzelnen Bilanzglieder: Buchhaltung-Naturalregister oder Kontoführung mit Landhandel + Angaben des Landwirtes?
 - Nährstoffgehalte: Faustzahlen oder Analysewerte bzw. Herstellerangaben für Nährstoffgehalte?
- Besonderheiten, die v. a. bei einem kurzen Betrachtungszeitraum (1-Jahresbilanzen) wichtig sind:
 - Witterungs-Besonderheiten, mittleres Niveau der Frühjahrs-Nmin-Werte in den Einzeljahren etc.
 - Räumliche und zeitliche Grenzen des Bilanzraumes (werden Vorratsänderungen auf dem Betrieb gesondert ausgewiesen?)
 - zeitliche Grenzen des Bilanzraumes (Wirtschaftsjahr / Anbaujahr / Mehrjahreszeitraum)
- Flächenanteile der Einzelbetriebe innerhalb des Wassergewinnungsgebietes (WGG) (Hektar, % der WGG-Fläche, %-Anteil der betrieblichen LN, die innerhalb des WGG liegt).

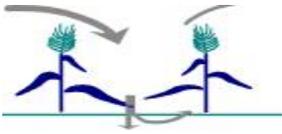
Eignungsbewertung

Die Hoftorbilanz bietet eine sehr gute (++) Grundlage für die Prioritätensetzung bei der betriebs- bzw. personenbezogenen Durchführung der Zusatzberatung.

Von allen Bilanztypen weist die Hoftorbilanz die beste Datengrundlage auf. Sie ist daher gut geeignet (+) zur Verifizierung und ggf. Korrektur der Einzelschlagbilanzen.

Eine Eignungs-Einschränkung (-) ergibt sich dadurch, dass meist nur ein Teil der Betriebsflächen innerhalb des Wassergewinnungsgebietes liegt.

	1-jährige Maßn.	mehrj. Maßn.
Ist-Zustand für die innergebietliche Prioritätensetzung	++	
Erfolgskontrolle von Einzelschlag-Maßnahmen	+	++
Erfolgskontrolle auf Repräsentativflächen	-	-



Literatur

ANTONY, F. (1993): Die N-Belastung landwirtschaftlicher Flächen als Grundlage der Quantifizierung und Optimierung des N-Haushaltes von Agrar-Ökotoen. Diss., Göttingen.

BACH, M. (1987): Die potenzielle Nitrat-Belastung des Sickerwassers durch die Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. Göttinger Bodenkundliche Berichte 93, 1-186.

DVWK, DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V. (1996): Wasserwirtschaftliche Forderungen an die Landnutzungsplanung zur Verminderung des Nitrataustrages insbesondere in Wasserschutzgebieten. DVWK-Schriften Heft 111, Bonn.

HYDRO AGRI (1993): Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. 12. Auflage. Verlagsunion Agrar, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.

KTBL, KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (1997): Arbeitspapier 243: Standard-Deckungsbeiträge 1995/96 und Rechenwerte für die Betriebssystematik in der Landwirtschaft. (Autoren: N. Sauer, R. Uhte). Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER (LWK) HANNOVER (1998): Nährstoffvergleich gemäß § 5 Düngeverordnung auf Feld-Stall-Basis und Hoftor-Basis.

WENDLAND, F., H. ALBERT, M. BACH, R. SCHMIDT (1993): Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland. Springer Verlag, Heidelberg.



2.2 Nährstoffbilanzen für Einzelschläge

Kurzcharakteristik

In der Nährstoff-Einzelschlagbilanz wird die Nährstoff-Zufuhr zu einer Fläche (v. a. über Düngemittel) der Nährstoff-Abfuhr mit dem Erntegut gegenübergestellt. Der Saldo (Nährstoff-Zufuhr minus -Abfuhr) gibt die Nährstoffmenge an, die langfristig mit dem Sickerwasser aus dem Boden ausgewaschen und in das Grundwasser eingetragen werden kann, wenn Festlegung und Freisetzung im Boden ein Gleichgewicht erreicht haben und sofern kein bedeutender mikrobieller Nitrat-Abbau auftritt. Die Verringerung der mittleren Bilanzsaldo ist daher ein wesentliches Ziel der Zusatzberatung Wasserschutz.

Einzelschlag-Bilanzen können aufgestellt werden für

- Einzeljahre (z. B. Zwischenfrucht + Zuckerrübe) oder
- Mehrjahreszeiträume (z. B. ZR-WW-WW-Fruchtfolge oder willkürlich festgelegter Zeitraum).

Einzelfruchtbilanzen sind aus Sicht des Gewässerschutzes im Wesentlichen ein Zwischenschritt bei der Berechnung von 1-Jahresbilanzen. Bei Wintergetreide ist die Einzelfruchtbilanz mit der 1-Jahresbilanz identisch; bei Sommerfrüchten ist die 1-Jahresbilanz die Summe aus Haupt- und ggf. Zwischenfruchtbilanz. Aus dem (mittleren) jährlichen Bilanzsaldo kann anhand der Sickerwasserrate die potenzielle Stoffkonzentration im Sickerwasser berechnet werden (BACH 1987, WENDLAND et al. 1993).

Die Erstellung von Einzelschlagbilanzen beruht auf Angaben des Landwirtes zu Düngung und Ertrag sowie auf Faustzahlen oder eigens ermittelten Nährstoffgehalten in Wirtschaftsdünger und Erntegut. Die Eingangsdaten müssen durch Plausibilitätsprüfungen sorgfältig verifiziert werden. Hierfür ist der Abgleich mit der Hoftorbilanz am besten geeignet (ANTONY 1993).

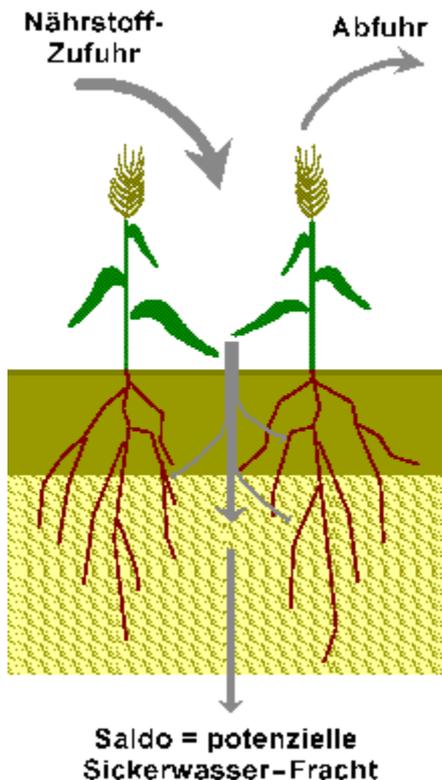
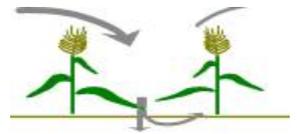


Abb. 1: Einzelschlagbilanz-Saldo als Differenz der oberirdischen Nährstoff-Zu- und -Abfuhr einer Fläche

Anwendungsbereiche

- **IST-Zustandsermittlung zur Prioritätensetzung der Zusatzberatung in einem Wassergewinnungsgebiet**
Der geeignetste rechnerische Parameter für die Grundwasserschutz-bezogene Beurteilung der landwirtschaftlichen Flächennutzung ist der über die Dauer mindestens einer vollständigen Fruchtfolge gemittelte jährliche Bilanzsaldo.
- **Erfolgskontrolle von Grundwasserschutz-Maßnahmen**
Für die Erfolgskontrolle richtet sich der Bilanz-Zeitraum nach dem möglichen Wirkungseintritt der Grundwasserschutz-Maßnahmen (Tab. 1):



Tab. 1: Einzelschlag-bezogene Grundwasserschutz-Maßnahmen und geeignete Bilanzierungs-Zeiträume für die Erfolgskontrolle

Maßnahme	Bilanz-Zeitraum für die Erfolgskontrolle
Grundwasserschutz-orientierte Düngeplanung und Düngeberatung	Einzelfrucht / Einzeljahr
Zwischenfrucht-Anbau	Einzeljahr
Anbausystem-Gestaltung	Fruchtfolge (Mehrjahreszeitraum)

- **Düngeplanung:**

Der N-Düngeplanung nach dem Erweiterten Bilanzansatz (s. Kap. A 1.1.1) liegt eine Vor-Abschätzung des Bilanzsaldos für das komplette Wirtschaftsjahr zugrunde.

Die Erstellung von Nährstoffbilanzen gemäß § 3 der Schutzverordnung für Wasserschutzgebiete ist derzeit nur für erwerbsgärtnerisch und ackerbaulich genutzte Flächen vorgeschrieben, (LWK Hannover 1998b). Bei einem hohen Grünland-Anteil, und zum Abgleich der Einzelschlagbilanzen mit der Hoftorbilanz, kann sie aber auch für Grünland sinnvoll sein.

Durchführung

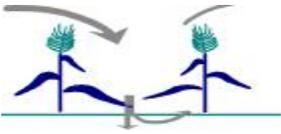
Datenerhebung und Plausibilitätsprüfung

Die relevanten Bilanzglieder sind in Tab. 2 zusammengefasst.

Tab. 2: Bilanzglieder für Einzelschlag-Bilanzen, nach DVWK 1996, verändert

Nährstoff-Zufuhr	Nährstoff-Abfuhr
+ Mineraldünger / Handelsdünger	– Haupterntegut-Abfuhr
+ Wirtschaftsdünger (Stallmist, Gülle, Jauche)	– Nebenerntegut-Abfuhr (Stroh, Zuckerrübenblatt)
+ Sekundärrohstoffdünger (z. B. Klärschlamm, Prozesswasser)	– tierische Produkte (Milch- und Fleisch-Export; nur bei Weidehaltung)
+ symbiotische Bindung von Luftstickstoff (nur Leguminosen)	

Dabei wird der Bilanzraum durch den Feldrand begrenzt, d. h. im Unterschied zu der Hoftorbilanz gehen innerbetriebliche Nährstoffflüsse voll in die Bilanzierung ein. Die Bilanzglieder Wirtschaftsdünger und Nebenerntegut tauchen bei Einzelschlagbilanzen daher wesentlich häufiger auf als bei Hoftorbilanzen.



Betrieb:		Schlagname:			Sc
HAUPTFRUCHT	Erntejahr	00	99	98	
	Fruchtart				
Wirtschaftsdünger	Gülle [m³/ha]				
	Stallmist [dt/ha]				
Sonstiger organ. Dünger	HTK [t/ha]				
	Kompost [t/ha]				
	Klärschlamm [dt/ha]				
Mineraldünger	N [kg/ha]				
	P [kg/ha]				
	K [kg/ha]				
Ertrag	FM dt/ha				
Stroh-/Rübenblattnutzung	Einarbeitung				
	Abfuhr				
ZWISCHENFRUCHT		00	99	98	
Wirtschaftsdünger	Gülle [m³/ha]				
	Stallmist [dt/ha]				
Sonstiger Dünger	HTK [t/ha]				

Die einzelschlagbezogene Datenerhebung bei den Landwirten erfolgt über die Ackerschlagkartei (1 Bogen pro Schlag). Vor ihrer Auswertung werden die Angaben einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Optimal ist der Abgleich mit der Hoftorbilanz. Hierzu werden die Einzelschlag-Daten für alle Flächen eines Betriebes aufsummiert und den gesamtbetrieblichen Werten gemäß dem Naturalbericht der Buchführung gegenübergestellt. Die Abweichungen können erheblich sein. Der Quotient aus flächengewichtetem mittlerem Schlagbilanz-Saldo und dem Hoftorbilanzsaldo kann als Korrekturfaktor verwendet werden, mit dem die Werte aller Schläge zu multiplizieren sind, (ANTONY 1993).

Abb. 2: Ausschnitt aus einem Erhebungsbogen für mehrjährige Einzelschlagbilanzen

Ermittlung der Bilanzposten und Saldierung

Die einzelnen Nährstoffströme (Bilanzposten) ergeben sich als Produkt aus Menge und Nährstoffgehalt der Bilanzglieder. Die Datengrundlage der Nährstoffgehalte wird im Kapitel „Hoftorbilanzen“ beschrieben.

Bei Wirtschaftsdünger-Anwendung werden N-Ausbringungsverluste (v. a. als NH₃-Ausgasung) mit 20 % angenommen, d. h., der gemessene oder geschätzte N-Gehalt der Wirtschaftsdünger geht zu 80 % in die Bilanzierung ein. Bei P und K tritt kein Ausbringungsverlust auf.

Bei Nebenerntegut-Abfuhr werden die Mengen durch Faustzahlen aus dem Haupterntegut-Ertrag abgeschätzt (Korn/Stroh-Verhältnis, Rübe-/Blatt-Verhältnis).

Rechnerische Auswertung

Saldo = Nährstoff-Zufuhr minus Nährstoff-Abfuhr

$$\text{potenzielle NO}_3\text{-Konzentration} = \frac{\text{N - Saldo [kg N/ha]} * 443}{\text{jährliche Sickerwasserspende [mm]}}$$

$$\text{Transferkoeffizient} = \frac{\text{Nährstoffabfuhr}}{\text{Nährstoffzufuhr}}$$

Die Nährstoff-Zu- und Abfuhr werden jeweils aufsummiert und saldiert.

Aus dem N-Saldo kann nach nebenstehender Formel die potenzielle Nitratkonzentration im Sickerwasser berechnet werden.

Neben dem Saldo ist der Nährstoff-Transferkoeffizient ein geeigneter Parameter zur Bewertung der Düngungseffizienz. Er ist definiert als der Quotient von Nährstoff-Abfuhr durch Nährstoff-Zufuhr.



Aggregation und Darstellung von Schlagbilanz-Daten

Anmerkung: Die folgenden Verfahren der Zusammenfassung und Darstellung können außer auf Bilanzsalden auch auf Nmin-Werte angewendet werden.

Zur Ableitung gesamtgebietlicher oder übergebietlicher Aussagen werden die Schlagbilanz-Daten zusammengefasst (aggregiert). Je nach Fragestellung werden unterschiedliche zeitliche und räumliche Aggregationsebenen zugrunde gelegt, auf denen die Einzelwerte durch Mittelwertberechnung, Klassenbildung oder grafisch zusammengefasst werden.

Zeitliche Aggregationsebenen sind das *Einzeljahr* (Aggregation von Haupt- und Zwischenfruchtbilanzen) und *Fruchtfolgen* (z. B. Zuckerrübe-Weizen-Gerste-Roggen) oder *Mehrjahreszeiträume* (z. B. 4-Jahres-Bilanzen, wenn es keine festen Fruchtfolgen gibt). Der Vorteil von Mehrjahresbilanzen ist der Ausgleich witterungsbedingter Unterschiede der Einzeljahre und die Einbeziehung von Vorfruchteffekten.

Die Fruchtfolgebilanz bietet darüber hinaus den Vorteil, dass die angebauten Einzelfrüchte genau entsprechend ihrem Anteil bei der Schlagnutzung berücksichtigt werden.

Die zeitliche Aggregation wird *vor* der räumlichen Aggregation, d. h. schlagbezogen vorgenommen. Dementsprechend ist es sinnvoller, die Bilanzdaten für eine Flächenauswahl fortlaufend (zumindest für die Dauer einer Fruchtfolge) zu erheben, als jährlich wechselnde Schläge zu bilanzieren.

In den folgenden Beispielen werden nur **Einjahres-Bilanzen dargestellt**. Mit Ausnahme der Streudiagramme liegt allen Darstellungen der gleiche Datensatz zugrunde:

Anbaujahr 1998, Hauptfrüchte Zuckerrübe mit /ohne Zwischenfrucht (ZR m/o ZF), Winterweizen (WW) und Wintergerste (WG).

Zwischen dem Gesamtgebiet und den Einzelschlag-Daten gibt es mehrere **räumliche Aggregationsebenen**, die unterschiedlichen Fragestellungen gerecht werden, und untereinander kombiniert werden können. Die wichtigsten räumlichen Aggregationsebenen sind:

- Aggregationsebene „Anbaufrucht“, ggf. „mit/ ohne Zwischenfrucht“ (Abb. 3 und Abb. 4)

Die Zusammenfassung der Daten nach Anbaufrüchten dient der Erkennung von Problemfrüchten für das jeweilige Gebiet. Die zusätzliche Unterscheidung „mit“ und „ohne“ Zwischenfrucht bei Hackfrüchten und Sommergetreide dient der Beantwortung der Frage, ob eine eventuelle Anwendung der Zwischenfrucht bei der Düngung der Hauptfrucht ausreichend berücksichtigt wurde.

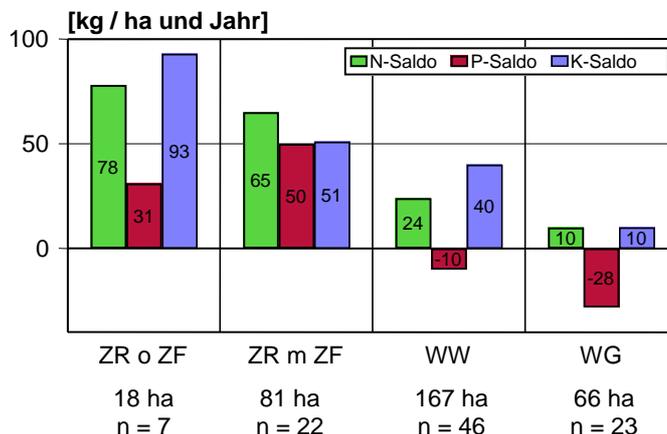
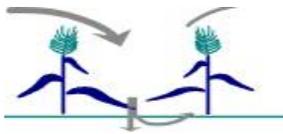


Abb. 3: Säulendiagramm-Darstellung von 1-Jahres-N-, P- und K-Salden. Aggregationsebene: Gesamtgebiet, Haupt-Früchte (bei ZR zusätzlich „mit/ohne Zwischenfrucht“)



In **Abb. 3** und **Abb. 4** unterscheidet sich die N-Zufuhr bei den Schlägen mit Zwischenfrucht nicht wesentlich von den Schlägen ohne Zwischenfrucht (volle Berücksichtigung der Zwischenfrucht-Andüngung). Der geringere Saldo der Schläge mit Zwischenfrucht ist hierbei auf die Abfuhr des Neben-erntegutes (Zuckerrübenblatt) von 12 Hektar der Fläche zurückzuführen. Das insgesamt ungünstige Abschneiden der Zuckerrübe im Vergleich zu dem Getreide ist damit zu erklären, dass mit dem Haupterntegut (Rübenkörper) relativ wenig Stickstoff exportiert wird.

	Saldo [kg N/ha] (- 40 80)	N-Zufuhr		N-Abfuhr		Transfer-Koeffizient %	Ertrag t/ha	n	Fläche ha
		Mineral-Dünger	Wirtsch.-Dünger	Haupt-Erntegut	Neben-Erntegut				
ZR o ZF	78	148	28	94	0	55	523	7	15
ZR m ZF	68	154	15	95	10	62	526	22	87
WW	24	177	0	151	2	26	81	46	167
WG	11	144	0	130	3	93	75	23	96

Abb. 4: N-Salden mit Angabe der Bilanzgrößen und des Transferkoeffizienten. Aggregierungsebene: Gesamtgebiet, Hauptfrüchte

• Aggregierungsebene „Betrieb“

Die Aggregierung von Einzelschlag-Bilanzdaten auf der Ebene von Betrieben ist für die Schwerpunktsetzung in der *Beratungspraxis* wichtig. Bei weitgehend flächendeckender Bilanzdatenerhebung ermöglicht sie außerdem die *Verifizierung der Datengrundlage* durch Abgleich mit der Hoftorbilanz.

Die Einzelbetriebs-Mittelwerte können nach **Betriebstypen** weiter zusammengefasst werden.

• Aggregierungsebene „Standort“

a) NAG-Klasse

Die Aggregierung von Bilanzdaten nach Nitrataustragsgefährdungs(NAG)-Klassen ist für die Zusatzberatung Wasserschutz von besonderer Bedeutung, da die Grundwasserschutz-Maßnahmen sich auf die Standorte mit hoher NAG konzentrieren. **Abb. 5** zeigt die Aufteilung der N-Salden aus den vorherigen Abbildungen auf NAG-Klassen. Die niedrigen N-Salden in der NAG-Klasse "hoch" sind als Erfolg der Zusatzberatung zu werten. Im Unterschied hierzu würde die Düngung nach der Sollwert-Methode auf den Standorten mit hoher Nitrataustragsgefährdung tendenziell zu höheren N-Salden führen, vgl. Teil A.

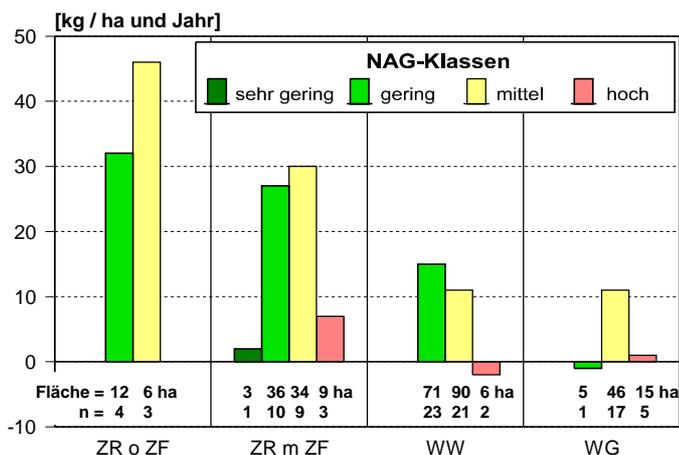
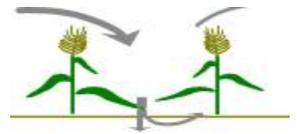


Abb. 5: 1-Jahres-N-Salden auf der Aggregierungsebene von Einzelfrüchten + NAG-Klassen.

Niedrige N-Salden auf Standorten der NAG-Klasse „hoch“ sind ein Erfolg der Zusatzberatung bzw. der Düngeberatung nach dem Erweiterten Bilanzansatz.



b) FKWe-Klasse

... aus landwirtschaftlicher Sicht besonders interessant, da das natürliche Ertragspotenzial eines Standortes maßgeblich durch die Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (FKWe) bestimmt wird; im Ergebnis sind die FKWe-Klassen häufig weitgehend deckungsgleich mit den NAG-Klassen.

c) Klasse der Sickerwasserrate

... aus Sicht des Grundwasserschutzes sehr aussagekräftig, da sich aus der Sickerwasserrate und dem Bilanzsaldo die potenzielle Nitratkonzentration im Sickerwasser ergibt, s. o.

d) Landschaftsräumliche Zugehörigkeit

... in klar strukturierten Gebieten sehr anschaulich. Moor- und Auenbereiche sollten wegen ihrer möglichen N-Quellen- oder Senkenfunktion bei der N-Bilanzierung *grundsätzlich* gesondert behandelt werden, s. a. Teil A.

Rechnerische Zusammenfassung von Einzelschlag-Bilanzsalden

Die Daten einer Aggregierungsebene können u. a. durch Mittelung oder durch Klassenbildung zusammengefasst werden.

- Der **arithmetische Mittelwert** (Summe der Einzelschlagsalden geteilt durch Anzahl der Einzelschläge) ist streng genommen nur für die Erfolgsbewertung bestimmter Grundwasserschutz-*Maßnahmen* geeignet.
- Für die räumliche Prioritätensetzung und die Erfolgsbeurteilung der Zusatzberatung Wasserschutz ist der **flächengewichtete Mittelwert** zugrunde zu legen. Er berechnet sich wie folgt:

$$\text{Flächengewichteter Saldo [kg/ha]} = \frac{\sum (\text{Einzelschlagsaldo [kg/ha]} \times \text{Flächengröße [ha]})}{\sum (\text{Flächengröße [ha]})}$$

Die Abbildungen 3 bis 5 basieren alle auf flächengewichteten Mittelwerten.

- Alternativ zur Mittelwertberechnung können Bilanzsalden zu **N-Überschussklassen** zusammengefasst werden. Hierdurch wird die Streuung der Einzelwerte verdeutlicht, sodass die Frage „Wie viele Einzelschläge weisen akzeptable Salden auf, und wie viele erfordern einen erhöhten Beratungsaufwand?“ beantwortet werden kann. Dargestellt wird die Klassenhäufigkeit (siehe **Abb. 6**) oder die Flächensumme pro Klasse.

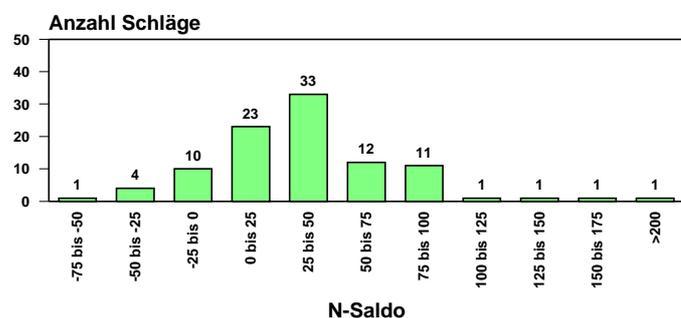


Abb. 6: Säulendiagramm-Darstellung der N-Überschussklassen. Aggregierungsebene: Gesamtgebiet, 3 Hauptfrüchte



Grafische Zusammenfassung und Auswertung von Einzel Schlag-Bilanzsalden

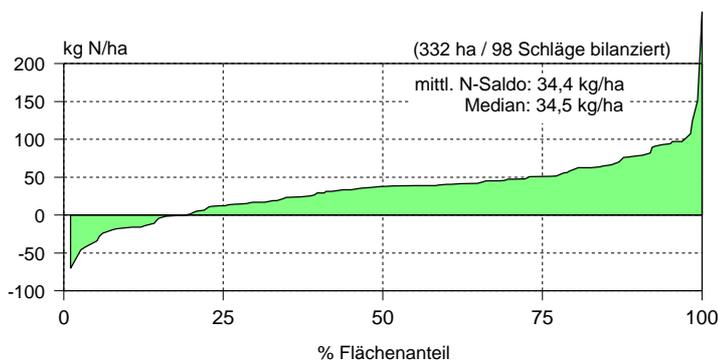


Abb. 7: Flächensummenkurve der N-Salden.
Aggregierungsebene: Gesamtgebiet, 3 Hauptfrüchte

- Ein „grafisches Aggregierungsverfahren“ ist die Darstellung der Einzel Schlag-salden als **Flächensummenkurve** (alternativ: zahlenmäßiger Anteil). Vom Informationsgehalt her ist diese Darstellung dem Säulendiagramm der N-Überschussklassen sehr ähnlich. In die Flächensummenkurve gehen jedoch alle Einzelwerte ein (kein Informationsverlust). Aus der Flächensummenkurve kann beispielsweise unmittelbar entnommen werden, wie groß der Flächenanteil ist, der einen bestimmten Saldo übersteigt.

- **Streudiagramme** als weiteres grafisches Auswerteverfahren sowie Regressionsberechnungen dienen der Suche nach den Ursachen überhöhter N-Salden und der Verknüpfung mit anderen Daten der Erfolgskontrolle.

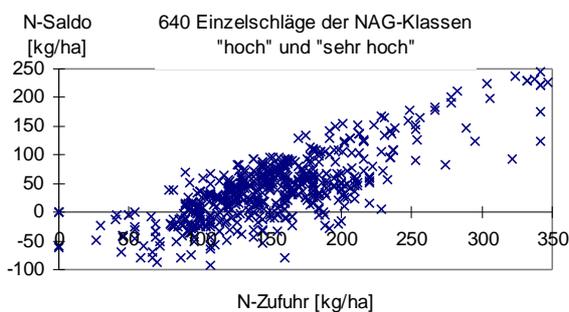


Abb. 8: N-Saldo in Abhängigkeit von der N-Zufuhr
Aggregierungsebene: 3 Jahre (aber 1-Jahresbilanzen) + 4 WSGe + NAG-Klassen „hoch“ und „sehr hoch“

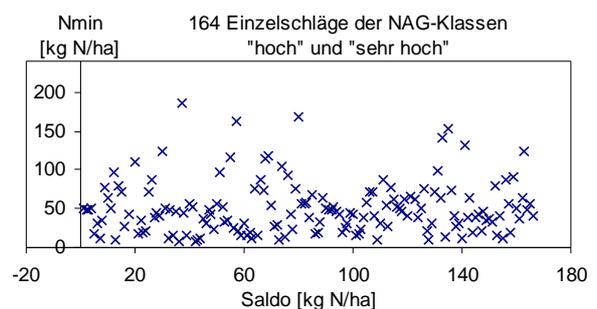
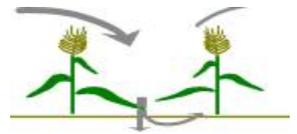


Abb. 9: Herbst-Nmin-Werte in Abhängigkeit vom N-Saldo
(keine Korrelation!)
Aggregierungsebene: 3 Jahre (aber 1-Jahresbilanzen) + 4 WSGe + NAG-Klassen „hoch“ und „sehr hoch“

Erforderliche Zusatz-Informationen

Die Zusatzinformationen sollen dem Leser eine realistische Einschätzung der Zuverlässigkeit der Ergebnisse und ihrer Ursachen erlauben.

- Auflistung der berücksichtigten Bilanzglieder, u. a.:
 - Wurde Nährstoff-Zufuhr durch Deposition angerechnet? (ggf. Werte und Lage der Messstation angeben)
- Datengrundlage, u. a. Einsatz von:
 - Faustzahlen oder Analysewerte für Nährstoffgehalte?
 - Verifizierung der Angaben des Landwirtes?
- Witterungs-Besonderheiten, mittleres Niveau der Frühjahrs-N_{min}-Werte in den Einzeljahren etc.



Eignungsbewertung und Einsatzempfehlung

Die Bilanzierung ist ein wertvolles Instrument zur Optimierung der Düngeberatung und zur Ursachen-erkennung von Nährstoffüberhängen.

Bei ausreichender Verifizierung der Datengrundlage ermöglicht die Einzelschlagbilanz eine Abschätzung der langfristigen Auswirkungen der Bewirtschaftungsweise auf die Sickerwasserqualität.

Da der Frühjahrs- N_{\min} -Wert und Vorfrucht-Effekte nicht in die Einzelschlagbilanz eingehen, sind mehrjährige Bilanzzeiträume (optimal: die Dauer einer Fruchtfolge oder ein Vielfaches davon) anzustreben.

Durch entsprechende Wahl der Aggregierungs Ebenen ergibt sich eine Vielzahl von Auswertungsmöglichkeiten, die für die Prioritätensetzung der Zusatzberatung, zur Bewertung einzelner Grundwasserschutz-Maßnahmen, und für die Erfolgskontrolle des Gesamtkonzeptes der Zusatzberatung geeignet sind. Dabei sollte die Zusammenfassung der Einzelschlagdaten für die Prioritätensetzung und für die Erfolgskontrolle der Zusatzberatung auf Flächensummen basieren (flächengewichteter Mittelwert, Flächensummenkurve etc.). Arithmetische Mittelwerte und Häufigkeits-Darstellungen sind dagegen für die Maßnahmen-Bewertung besser geeignet.

	1-jährige Maßn.	mehrj. Maßn.
Ist-Zustand für die innergebietsliche Prioritätensetzung	++	
Erfolgskontrolle von Einzelschlag-Maßnahmen	+	++
Erfolgskontrolle auf Repräsentativ-flächen	-	-

Literatur

ANTONY, F. (1993): Die N-Belastung landwirtschaftlicher Flächen als Grundlage der Quantifizierung und Optimierung des N-Haushaltes von Agrar-Ökotope. Diss., Göttingen.

BACH, M. (1987): Die potentielle Nitrat-Belastung des Sickerwassers durch die Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. Göttinger Bodenkundliche Berichte 93, S.1-186.

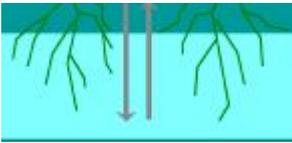
DVWK, DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V. (1996): Wasserwirtschaftliche Forderungen zur Verminderung des Nitrataustrags insbesondere in Wasserschutzgebieten. DVWK Schrift 111. - DVWK-Fachausschuß „Wasser und Boden“, Bonn.

LWK HANNOVER (1998a): Nährstoffvergleich gemäß § 5 Düngeverordnung auf Feld-Stall-Basis und Hoftor-Basis.

LWK HANNOVER (1998b): Erläuterungen zur Aufzeichnungspflicht nach § 3 der Schutzverordnung für Wasserschutzgebiete. Stand: 1.5.1998.

NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1995, 1997): Verordnung über Schutzbestimmungen in Wasserschutzgebieten (SchuVO). Nds. GVBl. Nr. 11/1995.

WENDLAND, F., H. ALBERT, M. BACH, R. SCHMIDT (1993): Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland. Springer Verlag, Heidelberg.



3 Untersuchung der Wurzelzone - Herbst- N_{\min} -

Kurzcharakteristik

Der Herbst- N_{\min} -Wert gibt den Mineralstickstoff-Gehalt in der Wurzelzone vor Beginn der winterlichen Sickerwasserneubildung an. Diese resultiert aus dem Mineralstickstoff-Rest nach der Ernte (= Ernte- N_{\min} -Wert) plus Mineralisation im Herbst plus ggf. herbstliche N-Düngung, minus N-Aufnahme durch Zwischenfrucht oder Winterung.

Die Beprobung erfolgt bis 90 cm in Tiefschritten von 30 cm und kann bis zu 150 cm Tiefe erweitert werden, wenn eine NO_3 -Tiefenverlagerung infolge höherer Herbstniederschläge bereits zu erwarten ist.

Der Mineralstickstoff besteht unter Acker größtenteils aus Nitrat (NO_3^-), der Rest ist Ammonium (NH_4^+), das in Ackerböden bei Temperaturen $> 10^\circ\text{C}$ ebenfalls rasch zu Nitrat umgewandelt wird. Da das Nitrat mit dem Sickerwasser schnell verlagert wird, beschreibt der Herbst- N_{\min} -Wert ein mögliches Belastungspotenzial für das Grundwasser. Der Herbst- N_{\min} Wert wird aus dem NO_3^- und NH_4^+ -Gehalt in der Bodenlösung und dem Wassergehalt des Bodens errechnet. Aus dem Herbst- N_{\min} -Wert und der Sickerwasserrate lässt sich die zu erwartende NO_3^- -Anlieferung an das Grundwasser abschätzen. Die Herbst- N_{\min} -Beprobung ist daher ein wichtiges Instrument für die einzeljahresbezogene Erfolgskontrolle von Grundwasserschutz-Maßnahmen.

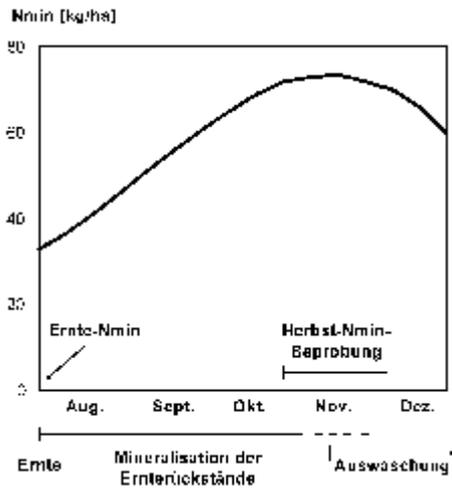


Abb. 1: Typischer Verlauf der Mineralstickstoff-Gehalte im Boden und optimale Positionierung der Herbst- N_{\min} -Beprobung

Andere N_{\min} -Termine

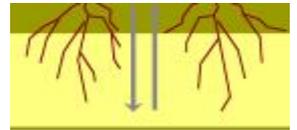
Die **Frühjahrs- N_{\min} -Beprobung** dient der Düngeplanung, z. B. nach der SOLLWERT-Methode oder nach dem „Erweiterten Bilanz-Ansatz“ (Teil A). Die Probenahme erfolgt zu Getreide im Februar / März, zu Hackfrüchten im Mai (sog. „Spät-Frühjahrs- N_{\min} “).

Die **Ernte- N_{\min} -Beprobung** erfasst den N-Status unmittelbar nach der Ernte der Hauptfrucht. Sie verbessert die Interpretierbarkeit des Herbst- N_{\min} -Wertes und ermöglicht auf mineralisationsschwachen Standorten die Beurteilung der N-Düngung (Höhe + Terminierung) zur Hauptfrucht.

Vor allem im Versuchswesen werden auch während der Hauptwachstumsphase N_{\min} -Beprobungen durchgeführt, um den zeitlichen Verlauf der pflanzenverfügbaren Stickstoffmengen im Boden zu verfolgen.

Anwendungsbereiche

- **Ersterfassung des stofflichen IST-Zustandes in einem Wassergewinnungsgebiet**
 - Ziel der Beprobung ist es, einen Überblick über das aktuelle Belastungspotenzial für das Grundwasser zu erhalten, betriebs- und fruchtspezifische Schwerpunkte der zukünftigen Beratungstätigkeit festzulegen und eine Vergleichsbasis für die spätere Erfolgskontrolle zu schaffen.
- **Herbst- N_{\min} -Beprobungen in der laufenden Zusatzberatung**
 - Zur langfristigen Erfolgskontrolle der Zusatzberatung Wasserschutz wird ein Teil der Flächen jährlich wiederkehrend beprobt (Referenzflächen), um Zeitreihen von Herbst- N_{\min} -Werten mit identischem Standorteinfluss zu erhalten.
 - Zur Bewertung einzelner Grundwasserschutz-Maßnahmen werden weitere Flächen zeitlich befristet in das Untersuchungsprogramm aufgenommen.
 - Zusätzlich werden stichprobenartig jährlich wechselnde Schläge beprobt, um das Ergebnis der IST-Zustandserfassung laufend zu aktualisieren.



Durchführung

Festlegung von Repräsentativ-Parzellen

Aus Gründen der Praktikabilität und zur Minderung des Standorteinflusses auf Schlagebene werden für homogene Flächen von > 1 ha Repräsentativ-Parzellen mit einer Größe von ca. 60 x 100 m festgelegt, auf die sich die N_{min}-Beprobung beschränkt. Bei jeder Herbst-N_{min}-Beprobung wird derselbe Schlagbereich beprobt (Verbesserung der Vergleichbarkeit von Herbst-N_{min}-Werten eines Schlages in unterschiedlichen Jahren durch Gewährleistung gleicher Bodenverhältnisse).

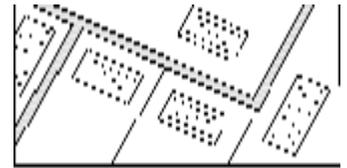


Abb. 2: Repräsentativ-Parzellen für die N_{min}-Beprobung

Festlegung der Probenahme-Tiefe

Die Probenahme soll nach Abschluss der herbstlichen Mineralisierungsphase (ca. ab Ende Oktober) und vor Beginn der winterlichen Auswaschung erfolgen. In Normaljahren erfolgt die Beprobung bis in 90 cm Tiefe.

Bei nasser Witterung vor der geplanten Probenahme kann je nach Bodenart ein Teil des Herbst-N_{min}-Gehaltes mit dem Sickerwasser in tiefere Bodenschichten verlagert werden. Um dennoch die gesamte herbstliche Mineralstickstoff-Freisetzung zu erfassen, ist eine Tiefenanpassung der Beprobung sinnvoll. In der Praxis ist die N_{min}-Beprobung bis maximal 150 cm realisierbar.

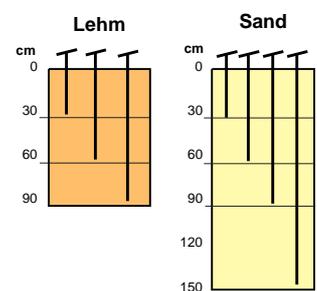


Abb. 3: Beispiel zur standort-abhängigen Tiefenanpassung der Beprobung in einem nassen Herbst

Probenahme und Analyse

Es werden Mischproben aus jeweils 16 Einstichen erstellt, (s.a. BEZIRKSREGIERUNG BRAUNSCHWEIG 1998).

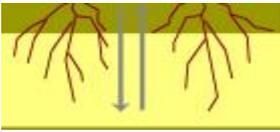
Zwei Probenahmegeräte sind heute in der Praxis gebräuchlich:

Der **Pürckhauer-Bohrstock** wird bis 30 cm Tiefe eingeschlagen, entleert und erneut in das Bohrloch eingesetzt, dann bis 60 cm eingeschlagen und entleert etc. Beim Entleeren werden jeweils die oberen 3 bis 5 cm des Bohrstock-Inhaltes verworfen. Wegen des hohen Zeit- und Kraftaufwandes und der möglichen Verschleppung von Bodenmaterial zwischen den Einzeltiefen wird der Pürckhauer-Bohrstock in der Herbst-N_{min}-Beprobung nur dann eingesetzt, wenn die Bodenverhältnisse andere Beprobungsverfahren unpraktikabel machen.

Mit dem **Göttinger Bohrstock** wird für jede Tiefe ein eigener Bohrstock verwendet. Dadurch wird die Verschleppung von Bodenmaterial zwischen den einzelnen Tiefen nahezu ausgeschlossen.

Neben der Probenahme „von Hand“ stehen verschiedene maschinelle, z. T. selbstfahrende, Beprobungsgeräte zur Verfügung (z. B. „Nitrat-Runner“).

Die Mischproben werden vollständig eingetütet. Eine Probenportion ist aus Qualitätsgründen erst nach Homogenisierung im Labor möglich.



Die Untersuchung erfolgt auf die Analyseparameter Nitrat, Ammonium und Wassergehalt. Die Werte werden für die einzelnen Schichten auf kg NO₃-N und NH₄-N pro Hektar umgerechnet. Die Wassergehalte sollten von den Laboren grundsätzlich angegeben werden (in Gewichts-%).

Auswertung der Ergebnisse

Archivierung

(s.a. BEZIRKSREGIERUNG BRAUNSCHWEIG 1998)

Die NO₃-N- und NH₄-N-Gehalte der Einzelschichten sowie die Wassergehalte werden zusammen mit der Schlagkennung und dem Probenahmedatum archiviert. In einer Datenbank lässt sich über die Schlag-Nr. die Verknüpfung zu weiteren Schlagdaten herstellen.

Schlag-Nr.	Datum	H ₂ O 0-30	H ₂ O 30-60	NH ₄ 0-30	NH ₄ 30-60	NO ₃ 0-30	NO ₃ 30-60	NO ₃ 60-90	NO ₃ 90-120	NO ₃ 120-150
31	18.11.98	22	18	0	0	20	18	12	-	-
32	18.11.98	18	25	1	0	18	21	25	13	-
33	18.11.98	25	18	0	0	13	21	13	-	-
.

Abb. 4: Beispiel zur Verwaltung von N_{min}-Daten in einer Datenbank-Tabelle. Für die Auswertung lässt sich über die Schlag-Nr. die Verbindung zu weiteren Schlagdaten (Haupt- und Zwischenfrucht, Bewirtschaftler, Standorteigenschaften etc.) herstellen.

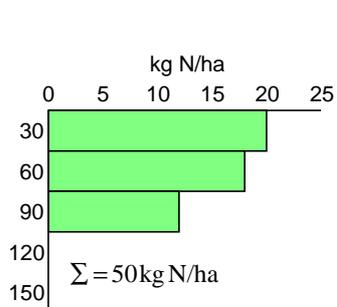
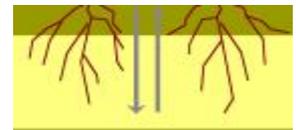


Abb. 5: Balkendiagramm-Darstellung der N_{min}-Tiefenverteilung

Darstellung

Die grafische Darstellung der Ergebnisse sollte neben der Summe auch die Tiefenverteilung des Mineralstickstoffes erkennen lassen. Beispielsweise können vergleichsweise hohe Nmin-Werte der untersten Tiefe auf mögliche Vorab-Verluste von Nitrat hinweisen. Dies lässt sich anhand der Wassergehalte und der standörtlichen Feldkapazität überprüfen.

Einzelschlag-Daten lassen sich als Balkendiagramm (Abb. 5) besonders anschaulich darstellen. Für den Vergleich mehrerer Datensätze (Einzelflächen, Jahre) ist dagegen ein Säulendiagramm (Abb. 6) günstiger. Die Säulen werden je nach Fragestellung gruppiert, z. B. nach Hauptfrucht, mit/ohne Zwischenfrucht usw.



Der NH₄-Anteil wird im Allgemeinen nicht gesondert dargestellt, sofern er nicht über 10 % des Mineral-N ausmacht. Zur Tiefenanpassung der Beprobung sollten Herbst-N_{min}-Werte in Abhängigkeit vom Niederschlagsverlauf beurteilt werden. In der Vergangenheit waren 1995, 1997 und 1999 relativ „sichere“ Jahre (trockener Herbst), während die 1996 und 1998 ermittelten Herbst-N_{min}-Werte vielfach durch eine sehr früh einsetzende Auswaschung verfälscht sind. Bei der Auswertung von N_{min}-Daten muss generell der Probenahmetermin und der Witterungsverlauf im Herbst berücksichtigt werden.

Prognose der NO₃-Konzentration im Sickerwasser

Aus dem Herbst-N_{min}-Wert (in kg N/ha) und der Sickerwasserrate (SWR in mm/Jahr), bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Austauschhäufigkeit (AH), lässt sich die zu erwartende mittlere NO₃-Konzentration im Sickerwasser nach folgender Formel abschätzen:

$$\frac{\text{Herbst - Nmin} \times 443 \times \text{AH}}{\text{SWR}} = \text{mg NO}_3/\text{l im Sickerwasser}$$

Dabei wird für Standorte mit einer Austauschhäufigkeit über 1 (Nitrataustragsgefährdung von „mittel“ bis „sehr hoch“) AH = 1 gesetzt, bei geringerer Nitrataustragsgefährdung wird die Austauschhäufigkeit nach DIN 19732 eingesetzt. Die Berechnung der SWR erfolgt nach der Methodenbank des NIBIS, (MÜLLER 1997).

Maximal tolerierbarer Herbst-N_{min}-Wert

Bei Vorgabe eines Grenzwertes für die NO₃-Konzentration im Sickerwasser lässt sich hieraus ein maximal tolerierbarer Herbst-N_{min}-Wert ableiten:

$$\frac{\text{SWR} \times \text{max. zulässige NO}_3 \text{ Konz. im SW}}{\text{AH} \times 443} = \text{max. tolerierbarer Herbst - Nmin - Wert}$$

Wenn der Nitrat-Grenzwert der TVO als kurzfristig anzustrebendes Ziel für die Sickerwasser-Qualität eingesetzt wird, ergibt sich die folgende vereinfachte Rechenformel:

$$\frac{\text{SWR} \times 0,113}{\text{AH}} = \text{max. tolerierbarer Herbst - Nmin - Wert zur Einhaltung von 50 mg NO}_3/\text{l im Sickerwasser}$$

Die angestrebten Herbst-N_{min}-Obergrenzen, die für die unterschiedlichen Standort-Typen eines Wassergewinnungsgebietes berechnet werden, können beispielsweise als Bewertungskriterium in die Säulendiagramm-Darstellung eingetragen werden.

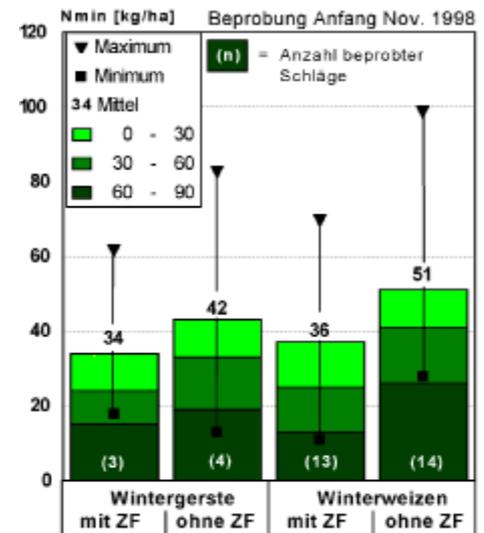
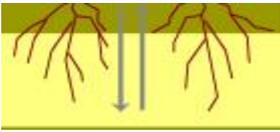


Abb. 6: Säulendiagramm-Darstellung von N_{min}-Mittelwerten zum Zwischenfrucht-Effekt nach Weizen und Gerste. Die Anzahl beprobter Schläge und der Schwankungsbereich der Einzelwerte sind angegeben. Die mittlere Tiefenverteilung des Mineral-N ist farblich gekennzeichnet.



	aktuelles Anbaujahr
Ist-Zustand für die innergebieliche Prioritätensetzung	+
Erfolgskontrolle von Einzelschlag-Maßnahmen	++
Erfolgskontrolle auf Repräsentativflächen	+

Eignungsbewertung

Die Herbst-N_{min}-Beprobung erlaubt die unmittelbare Bewertung der Stofffrachten des aktuellen Anbaujahres. Von den stofflich-analytischen Verfahren der Erfolgskontrolle ist die Herbst-N_{min}-Beprobung zeitlich gesehen der Maßnahmen-Durchführung am nächsten. Sie ist daher gut geeignet für die jährliche Erfolgskontrolle von Grundwasserschutz-Maßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen.

Grundvoraussetzungen für aussagekräftige Ergebnisse sind

- Probenahme zwischen Ende Oktober und Mitte Dezember,
- bei hohen Herbst-Niederschlägen ggf. die Tiefenanpassung der Beprobung und
- mindestens 16 Einstiche pro Fläche.

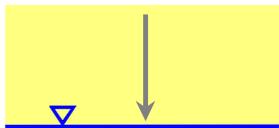
Da die Tiefenanpassung der Beprobung bisher nicht üblich war, sind die Herbst-N_{min}-Werte vergangener Jahre vorsichtig zu beurteilen. Bei der Auswertung von N_{min}-Daten muss generell der Probenahmetermin und der Witterungsverlauf im Herbst berücksichtigt werden.

Literatur

BEZIRKSREGIERUNG BRAUNSCHWEIG (1998): Pflichtenheft der Bezirksregierung Braunschweig für die Zusatzberatung gem. § 47h (3) Nr. 4a NWG.

DIN 19732 (1997): Bestimmung des standörtlichen Verlagerungspotentials von nichtsorbiebaren Stoffen.

MÜLLER, U. (1997): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). 6. Auflage, NLFb Hannover.



4 Untersuchung der Sickerwasser-Dränzone

4.1 Saugkerzen und Lysimeter

Saugkerzen und Lysimeter ermöglichen die direkte stofflich-analytische Kontrolle der Sickerwasserqualität unter Acker, Grünland, Brachflächen und Wald. Im Gegensatz zur N_{\min} -Methode bieten Saugkerzen und Lysimeter die Möglichkeit, Zeitreihen der Sickerwasserqualität zu erheben.

Die Installation beider Messeinrichtungen ist mit einem vergleichsweise hohen Aufwand verbunden, vor allem wenn flächenrepräsentative Aussagen gewonnen werden sollen. Daher liegt der Haupteinsatzbereich unter Dauerbeobachtungs- und Demonstrationsflächen.

- Saugkerzen aus keramischen oder polymeren Werkstoffen gewinnen Sickerwasserproben mittels eines Unterdruckes, der das Sickerwasser ansaugt. Durch Einbau in verschiedenen Tiefen ist die Erfassung von vertikalen Konzentrationsgradienten möglich.
- Lysimeter fangen das perkolierende Sickerwasser an einer definierten Grenze (meist unterhalb der effektiven Durchwurzelungstiefe) auf. Es werden wägbare und nicht wägbare Lysimeter sowie Lysimeter mit und ohne Grundwasser unterschieden.

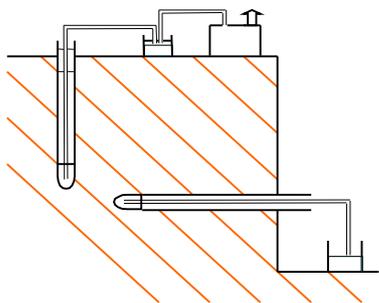


Abb. 1: Prinzipskizze: Einbaumöglichkeiten von Saugkerzen, DVWK 1990, verändert

Beispiel Unterflur-Lysimeter

Kurzcharakteristik

Bei Unterflur-Lysimetern handelt es sich um die Sonderform eines Lysimeters, die vornehmlich in der landwirtschaftlichen Zusatzberatung eingesetzt wird.

Unterflur-Lysimeter fangen das Sickerwasser einer definierten Fläche unterhalb der Wurzelzone auf und leiten es in einen Sammelbehälter, der regelmäßig geleert wird.

Mit Unterflurlysimetern wird die Menge und die Qualität des Sickerwassers unter einem Schlag direkt gemessen. Damit wird es möglich, ergänzend oder alternativ zur „flächendeckenden“ N_{\min} -Methode die Sickerwasserqualität in zeitlicher Auflösung zu beproben.

Ziel der Methode ist der direkte Nachweis des Erfolges aller Grundwasserschutzmaßnahmen, die eine Verringerung der Nitratkonzentration im Sickerwasser anstreben, sowie der Nachweis von Unterschieden im Nitratstatus verschiedener Nutzungssysteme (Wald, Brache etc.). Die Methode ist auf verschiedenen Standorten in Versuchen getestet worden. Eine Weiterentwicklung der derzeit nur im Eigenbau zur Verfügung stehenden Lysimeter zum Produkt für einen verbreiteten Einsatz steht aus.

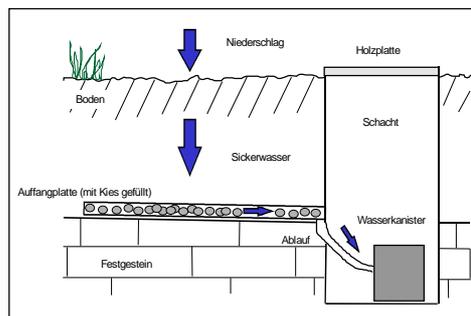
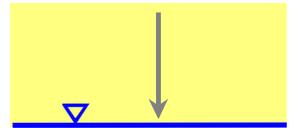


Abb. 2: Schematische Skizze zum Aufbau eines Unterflur-Lysimeters auf einem flachgründigen Festgesteinsstandort



Anwendungsbereich

Der Einbau von Unterflur-Lysimetern zur Beprobung des Sickerwassers ist für folgende Anwendungsbereiche sinnvoll:

- Fortlaufende Erfassung der Sickerwasserqualität in enger zeitlicher Auflösung repräsentativer Standorte unterschiedlicher Nutzung,
- Erfassung der Stickstoffdynamik unterschiedlicher Standorte,
- Nachweis von Auswaschungsereignissen auf Demo- oder Dauerbeobachtungsflächen und
- Effizienzkontrolle langfristiger Extensivierungsmaßnahmen.

Um möglichst die gesamte Wurzelzone mit dem Unterflur-Lysimeter zu erfassen, ist diese Methode der Effizienzkontrolle weitgehend auf *flachgründige, grundwasserferne Standorte* beschränkt. Auf tiefgründigen, tonhaltigen Böden ist die nötige Einbautiefe zu groß, um technisch realisiert zu werden. Zudem ist bei größeren Einbautiefen mit einer Dominanz von Randeffekten zu rechnen, die die Messergebnisse verfälschen oder unbrauchbar machen können.

Durchführung

Einbau

Für die Absicherung der Ergebnisse ist es sinnvoll, mit 2 bis 4 Wiederholungen zu arbeiten. Die Grundfläche des Lysimeterbrettes beträgt 0,3 bis 0,5 m².

Soweit möglich, sollte der Einbau von der Seite unter den ungestörten Bodenkörper erfolgen, alternativ kann der gewachsene Boden in Form von Bodenmonolithen ungestört ausgebaut und über dem Lysimeter wieder eingebaut werden. Ggf. sind Seitenbegrenzungen zur Vermeidung von Zuzugswasser sinnvoll.

Das Lysimeter wird mit leichtem Gefälle eingebaut und mit einer dünnen Kiesschicht bedeckt, um die Drainage des Bodenkörpers zu erleichtern und ein Verstopfen des Lysimeters zu verhindern.

Neben der Lysimeterfläche ist Platz für den Auffangkanister (10 -15 l) vorzusehen. Zum Kanisterschacht hin sollte eine Trennwand aus Holz installiert werden, die ein Abrutschen des Bodens verhindert.

Ergänzend zum Lysimeter kann ein Niederschlagsmesser installiert werden, um Erkenntnisse über die örtliche Bodenwasserbilanz zu erhalten.

Probenahme

Die Häufigkeit der Leerung des Kanisters mit dem Sickerwasser richtet sich in erster Linie nach der Höhe der Niederschläge.

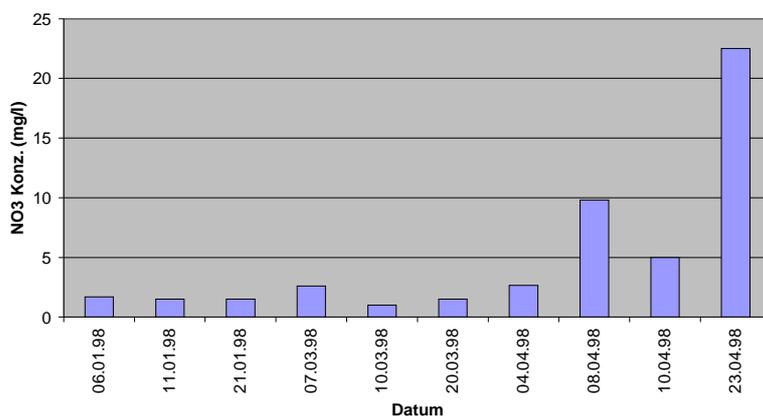
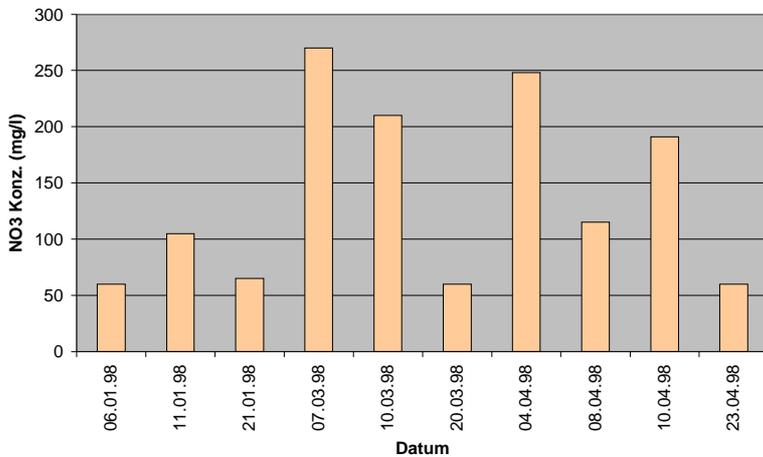
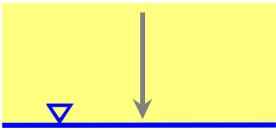
- In der Sickerwasserperiode mit einem Bodenkörper mit Feldkapazität ist die Reaktionszeit der Lysimeter sehr kurz, sodass nach stärkeren Niederschlägen am folgenden Tag eine Probe entnommen werden sollte.



Abb. 3: Lysimeter mit Kiesschüttung; recht ist die tieferliegende Grube für den Auffangkanister erkennbar.



Abb. 4: Wiederauffüllen des Bodenaushubs. Zu erkennen ist die seitliche Holzabstützung zur Kanistergrube.



bb. 5: Beispiel für die Auswertung der Nitrat-Sickerwasserkonzentrationen. Oben: Nitratkonzentrationen unter einem Ackerstandort (ZR); unten: Nitratkonzentrationen unter einem Brachestandort

- Ohne intensive Niederschläge sollte ein 1- bis 2-wöchiger Beprobungsturnus zur Gewinnung einer Zeitreihe eingehalten werden.

Methoden, die das Sickerwasser direkt aufzufangen, eignen sich auch zur Bearbeitung weiterer Fragestellungen, z. B. dem Nachweis von PSM im Sickerwasser unterhalb der Wurzelzone.

Auswertung

Bei der Auswertung ist darauf zu achten, dass ggf. die ersten Messungen überhöhte Werte zeigen, wenn der Boden beim Einbau zu stark gelockert wurde.

Die mit den Unterflur-Lysimetern gewonnenen Daten werden wie folgt ausgewertet:

Sickerwassermenge

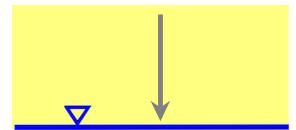
Aus der unterhalb der Wurzelzone aufgefangenen Sickerwassermenge kann annähernd die tatsächliche Grundwasserneubildung abgeleitet werden. Die Daten aus dem Lysimeter-Versuch können auf größere Flächen ähnlicher Bodenart, Bodentyps und Bodenbedeckung hochgerechnet werden. Zu beachten ist allerdings, dass die auf einer relativ kleinen Fläche gewonnenen Sickerwassermengen einer hohen Varianz unterworfen sind. Dies lässt sich mit bevorzugten Fließbahnen im Untergrund erklären, die örtlich eine sehr viel schnellere Verlagerung großer Mengen von Sickerwasser ermöglichen. Kontrollberechnungen nach den einschlägigen Berechnungsverfahren sind unumgänglich.

Stickstoffkonzentration im Sickerwasser

Der direkte Nachweis der Stickstoffkonzentration im Sickerwasser über den Beobachtungszeitraum bietet die Möglichkeit, das Ausmaß und den Verlauf der Nitratauswaschung zu beurteilen.

Frachtenberechnung

Neben der Konzentration ist die Frachtenberechnung möglich. Ihre Aussagekraft ist abhängig von der Genauigkeit der Erhebung der Sickerwassermenge



Eignungsbewertung

Der Einbau von Lysimetern eignet sich für folgende Maßnahmen bzw. Arbeitsschritte der Zusatzberatung:

- Verdeutlichung der unterschiedlichen Sickerwasserbelastung für unterschiedliche Nutzungsformen.
- Nachweis des Erfolges von Maßnahmen, die eine deutliche Reduzierung der Nitratkonzentration im Sickerwasser herbeiführen sollen. Es lassen sich auch geringe Verbesserungen der Sickerwasserqualität nachweisen Sie müssten zur statistischen Absicherung allerdings durch eine große Anzahl an Wiederholungsversuchen bestätigt werden, was einen großen Beprobungsaufwand bedeutet.

	1-jährige Maßnahmen	mehrjährige Maßnahmen.
Ist-Zustand für innergebietliche Prioritätensetzung	-	
Erfolgskontrolle von Einzel-schlagmaßnahmen	0	-
Erfolgskontrolle auf Repräsentativflächen	0	+

- Direkter Nachweis des Auswaschungsverhaltens in Abhängigkeit vom Sickerwasseranfall und der Witterung. Dies ist vor allem bei Zwischenfruchtanbau und reduzierter Bodenbearbeitung im Herbst interessant.
- Nachweis des zeitlichen Verlaufes von Mineralisierungsprozessen auf Dauerbeobachtungsflächen

Lysimeter sollten über längere Zeiträume betrieben werden, um die einbaubedingten Störungen und Beeinflussungen zu kompensieren.

Der **dauerhafte** Einbau von Lysimetern ist nur auf Dauerbeobachtungsflächen oder Repräsentativstandorten sinnvoll.

Die Methode der Effizienzkontrolle ist weitgehend auf flachgründige, grundwasserferne Standorte beschränkt. Sie bedarf einer technischen Weiterentwicklung, um auch großflächig effizient einsetzbar zu werden.

Literatur

DVWK, DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V.(1980): Regeln zur Wasserwirtschaft Heft 114, Empfehlungen zum Bau und Betrieb von Lysimetern. Hamburg, Berlin.

DVWK, DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V.(1990): Merkblätter 217, Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzen-Methode. Hamburg, Berlin.

GROSSMANN, J. (1988): Physikalische und chemische Prozesse bei der Probenahme von Sickerwasser mittels Saugsonden, München.

4.2 Tiefbohrungen mit tiefenabgestufter Probenahme

Kurzcharakteristik

Mittels Tiefbohrungen werden Stoffkonzentrations-Tiefenverläufe in der Ungesättigten Zone wenn möglich bis zur Grundwasseroberfläche aufgenommen.

In Tiefenschritten von 10 bis 60 cm (meist 30 bis 50 cm) werden Bodenproben zur Bestimmung der Stoffkonzentration in der Bodenlösung entnommen. Das Konzentrations-Tiefenprofil beschreibt in Abhängigkeit von der örtlichen Grundwasser-Neubildungsrate mehrere Sickerwasser-Jahrgänge. Darüber hinaus liefert es Informationen über Stoffumsatzprozesse (z. B. Denitrifikation) in der Ungesättigten Zone.

Wenn im Verlauf der Sickerstrecke keine bedeutenden Stoffumsetzungen stattfinden, entspricht die Konzentration in der Sickerwasser-Dränzone (SW-Dränzone) der Konzentration der zukünftigen Grundwasser-Neubildung. Für die Grundwasser-schutz-bezogene Bewertung der Flächenbewirtschaftung ist daher die mittlere Stoffkonzentration in der Sickerwasser-Dränzone das entscheidende Ergebnis von Tiefbohrungen.

Anwendungsbereich

Tiefbohrungen können auf allen ausreichend tiefgründigen Lockergesteins-Standorten mit nicht zu großem Steinanteil durchgeführt werden. Folgende Möglichkeiten ergeben sich:

- (1) Die stoffliche IST-Zustandserfassung repräsentativer Standorte und Flächennutzungseinheiten durch Tiefbohrungen erlaubt Prioritätensetzungen innerhalb von Wassergewinnungsgebieten.
- (2) Durch Bestimmung des gebietsrepräsentativen Mittelwertes der Nitrat-Konzentration in der Sickerwasser-Dränzone kann die Einstufung des Gesamtgebietes nach dem Niedersächsischen Prioritätenprogramm erfolgen.
- (3) Unter Einbeziehung der bodenkundlichen Profilaufnahme ermöglicht die Auswertung des Konzentrations-Tiefenverlaufes (z. B. von Nitrat und Sulfat) die Erkennung von Stoff-Freisetzungs-, Umwandlungs- und Festlegungsprozessen in Wurzelzone und Sickerwasser-Dränzone.

Hieraus kann zum einen die Schutzfunktion der Sickerwasser-Dränzone für das Grundwasser abgeschätzt werden (Beispiel: Denitrifikation durch reduktiven Geschiebelehm).

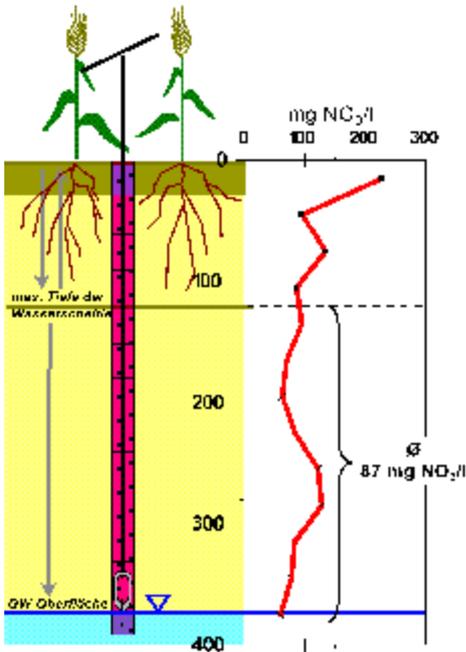
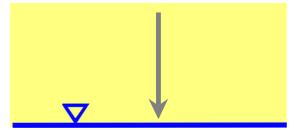


Abb. 1: Prinzipskizze zu Durchführung und Ergebnis-Auswertung von Tiefbohrungen

Die stofflichen Auswirkungen unterschiedlicher Flächen-nutzungen auf die Sicker-wassergüte werden erfasst.

Zur Auswertung der Stoffkonzentrations-Tiefenverläufe wird die bodenkundliche Substratansprache (Bohrprotokoll) benötigt.



Zum anderen ist eine Bewertung des Erhaltungszustandes stark humoser bis organischer Böden möglich; Beispiel Niedermoor-Degradierung:

Niedermoor-Torf enthält in einer 10 cm-Schicht bis zu 10.000 kg Stickstoff je Hektar in organisch gebundener Form. Bei Torf-Zersetzung (durch Niedermoor-Entwässerung) wird dieser größtenteils über Ammonium zu Nitrat umgewandelt. Unter günstigen Umständen wird Letzteres in den unteren Torfschichten durch Denitrifikation wieder abgebaut, ansonsten kommt es zu einem Nitrat-Durchbruch in das Grundwasser. Bei relativ engen Beprobungs-Tiefenintervallen (10 cm) spiegelt der Tiefenverlauf der Nitrat- und Ammoniumkonzentrationen die Stickstoff-Freisetzung und ggf. den Nitrat-Abbau wider. Anhand der bodenkundlichen Kartierung können aus den Ergebnissen einer Repräsentativ-Beprobung flächendeckende Aussagen über das Gefährdungspotenzial von Niederungsarealen abgeleitet werden.

- (4) Wenn bodenbürtige Stoffumsatzprozesse von untergeordneter Bedeutung sind, können Tiefbohrungen zur Erfolgskontrolle von mehrjährigen Grundwasser-Schutzmaßnahmen mit hoher Eingriffsintensität und hoher Erfolgserwartung eingesetzt werden.

Hierfür werden auf Repräsentativ-Standorten vor und nach der Grundwasserschutz-Maßnahme Tiefbohrungen durchgeführt. Die zeitliche Veränderung der mittleren Stoffkonzentration in der Sickerwasser-Dränzone ist das Bewertungskriterium für den Grundwasserschutz-Erfolg der Maßnahme. Bei geringen jährlichen Sickerwasser-Verlagerungstrecken zeichnen sich Bewirtschaftungs-Änderungen z. T. bereits im Tiefenverlauf der Nitratkonzentration nach der Änderung ab.

Der Grundwasserschutz-bezogene Erhaltungszustand von Niedermoor-Böden zeigt sich im Nitratkonzentrations-Tiefenverlauf

Durchführung

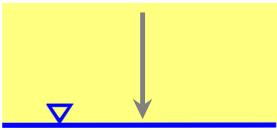
Planung

Das Ziel ist die Ableitung gebietsrepräsentativer Aussagen, nicht die Einzelschlag-Bewertung. Dafür müssen Flächen des gleichen Standort- und Nutzungstyps zu Bewertungseinheiten zusammengefasst werden.

Die Variabilität der Stoffkonzentration in der Sickerwasser-Dränzone und damit der erforderliche Beprobungsumfang steigt allgemein in der Reihenfolge

Acker mit Mineraldüngung < Acker mit Wirtschaftsdünger < Weideflächen und Wald

Als Anhaltspunkt werden pro Bewertungseinheit 3-6 Bohrungen empfohlen. Die Einzelbohrungen werden im Allgemeinen auf unterschiedlichen Schlägen durchgeführt, um neben der standört-



lichen Variabilität auch den Einfluss der Bestandesführung zu berücksichtigen.

Tiefenschritte der Beprobung von 30 bis 50 cm (je nach der Bedeutung bodenkundlicher Fragestellungen und in Abhängigkeit von der Sickerrate) sind normalerweise ausreichend.

In bodenkundlich „kritischen“ Bereichen sind für spezielle Fragestellungen (z. B. Niedermoor-Degradierung) zusätzliche Bohrungen und Beprobungs-Tiefenintervalle von 10 bis maximal 20 cm erforderlich.

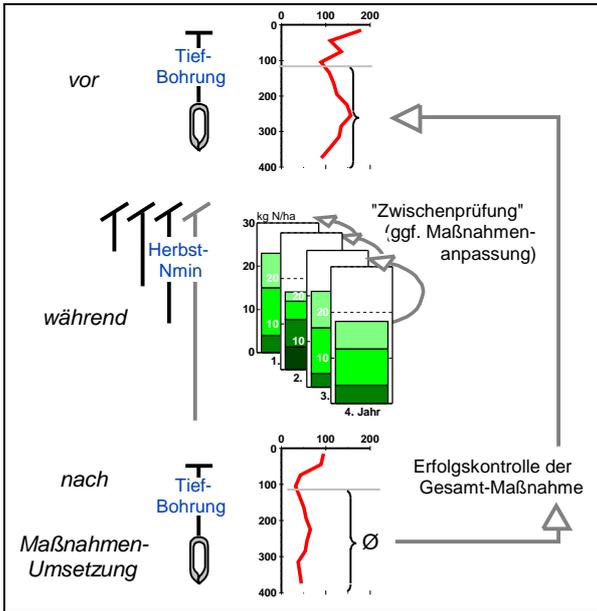


Abb. 2: Erfolgskontrolle einer mehrjährigen Grundwasserschutz-Maßnahme durch Kombination von jährlichen Herbst-N_{min}-Beprobungen für die fortlaufende Maßnahmenanpassung und Tief-bohrungen für die Bewertung der Gesamt-Maßnahme.

Für die Erfolgskontrolle mehrjähriger Grundwasserschutz-Maßnahmen kann der Einfluss kleinräumiger Standortunterschiede auf die „vorher-nachher“-Vergleichswerte durch eine (fast) punktgenaue Wiederholung der Probenahme während und nach Maßnahmen-Umsetzung minimiert werden. Stoffumsetzungsprozesse (z. B. Denitrifikation) in der Sickerwasser-Dränzone stellen eine wesentliche Einflussgröße dar und sollten durch die gezielte Standortwahl ausgeschlossen werden. Mögliche Einflüsse sind bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Zur Absicherung der Ergebnisse und um eine kurzfristige Eingriffsmöglichkeit während der Maßnahmen-Umsetzung zu erhalten, ist eine Ergänzung der Tiefbohrungen durch jährliche Herbst-N_{min}-Beprobungen während der Maßnahmen-Umsetzung (Zwischenkontrolle) sinnvoll, siehe Abb. 2 (vgl. dazu Kap. B 3).

Probenahme

Für die Probenahme werden verschiedene Handbohrer (Edelman-Bohrer, Kiesbohrer, Riverside-Bohrer u. a.) verwendet oder eine Rammkern-Sondierung durchgeführt. Der Handbohrer bietet neben dem geringeren Geräteaufwand den Vorteil einer tiefergenaueren Beprobung. Rammkernsondierungen werden daher nur in Ausnahmefällen (steinige oder sehr bindige Substrate, Probenahmetiefe > 6 m) eingesetzt.

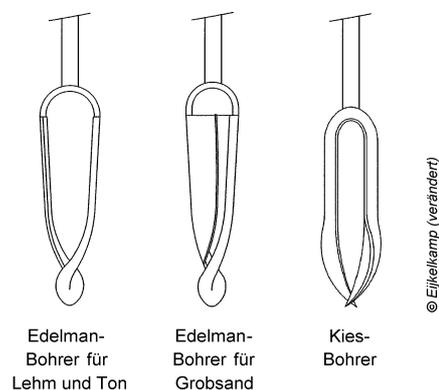
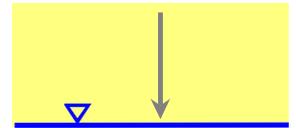


Abb. 3: Handbohrer für verschiedene Substrate

Bei der Probenahme ist insbesondere darauf zu achten, dass keine Materialvermischungen über verschiedene Horizonte erfolgen. Dazu sind die gewonnenen Bohrkerne im Gelände oben und seitlich mindestens soweit zu beschneiden und zu säubern, dass eine Kontamination durch herabgefallenes Bodenmaterial ausgeschlossen ist.



Das erbohrte Bodenmaterial (Bodenprobe) wird für jede Profiltiefe getrennt gesammelt und vollständig zum Labor transportiert (Kühlkette). Im Gelände erfolgt keine Homogenisierung und Teilung der Proben.

Für jede Bohrung wird ein Probenahmeprotokoll und eine geologisch-bodenkundliche Substratansprache gefertigt.

Bei „vorher-“ Tiefbohrungen für die Erfolgskontrolle werden die Bohrpunkte genau eingemessen und markiert, um die „nachher“- Beprobung an derselben Stelle durchführen zu können.

Ergebnisauswertung

Die Analyseergebnisse werden i. d. R. in Form von Konzentrations-Tiefenprofilen dargestellt.

- Die Stoffkonzentration im unteren Bereich der Sickerwasser-Dränzone entspricht der Konzentration der Grundwasser-Neubildung.
- Konzentrationspeaks können hydrologischen Ereignissen oder Bewirtschaftungsmaßnahmen zugeordnet werden, wenn die zeitlichen Verlagerungsstrecken hinreichend genau ermittelt sind.
- Die zeitliche Variabilität der Stoffkonzentrationen lässt sich bei „vorher“ / „nachher“-Untersuchungen an der durchschnittlichen Konzentration zeitlich aufeinanderfolgender Tiefenprofile beschreiben.
- Nur in Idealfällen (homogene Sickerwasser-Dränzone, kurze jährliche Verlagerungsstrecken) können zeitliche Variabilitäten z. B. als Folge von Grundwasserschutz-Maßnahmen aus einem einzigen Profil abgeleitet werden.
- Stoffumsetzungsprozesse können identifiziert werden, wenn eine parameterübergreifende Auswertung (Stöchiometrie) erfolgt, die gleichzeitig die bodenkundlichen und hydrologischen Informationen mit berücksichtigt (z. B. Pyrit-Denitrifikation: Nitratabbau/Sulfatbildung).
- Aus der Dränzonenkonzentration und der Sickerwasserrate können Frachten berechnet werden, die in Nährstoffbilanzen des Bodens und des Grundwassers als Senken bzw. Quellen einfließen.
- Aus der Lage und dem Voranschreiten von stofflichen „Verlagerungsfronten“ im Bodenprofil können Rückschlüsse über das Schutzpotenzial der Sickerwasser-Dränzone am untersuchten Standort abgeleitet werden.

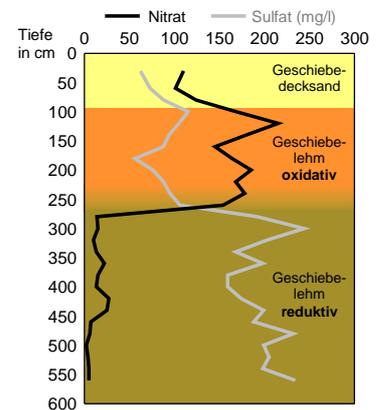


Abb. 4: Tiefenprofil mit Denitrifikation in der Sickerwasser-Dränzone durch pyrithaltigen, reduktiven Geschiebelehm.

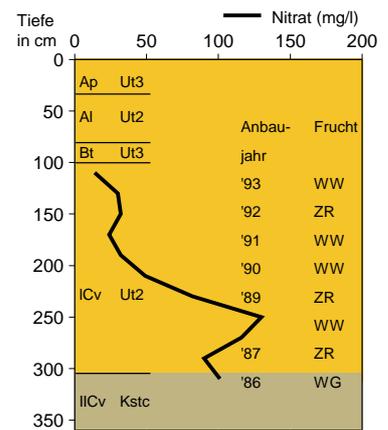


Abb. 5: Tiefenprofil aus dem Löss-Bergland mit geringen jährlichen Sickerwasser-Verlagerungsstrecken. Das Profil erfasst ca. 7 Anbaujahre. Die Zuordnung der Zeitachse zeigt eine deutliche Verbesserung der Düngestrategie an.

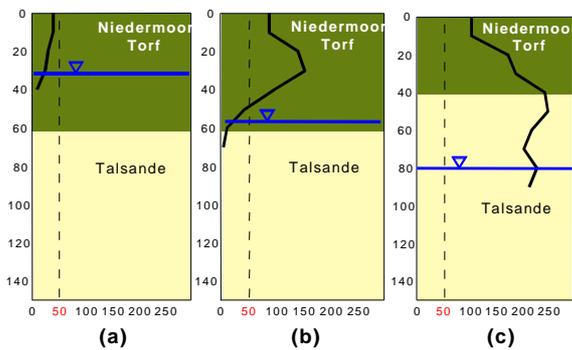
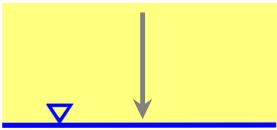


Abb. 6: Nitratkonzentrations-Tiefenprofile von Niedermoor-Standorten mit unterschiedlichem Erhaltungszustand

- Die Tiefenprofile sind geeignet zur Charakterisierung von Standorten, z. B. können Niedermoor-Standorte anhand der Nitratkonzentrations-Tiefenprofile in
 - Standorte ohne nennenswerten Torfabbau,
 - Standorte mit Mineralisierung und Denitrifikation oder Stickstoff-Festlegung im unteren Profilbereich sowie
 - Nitrat-Durchbruchstandorte unterschieden werden.
- Durch Kombination mit der bodenkundlichen Gebietskartierung ermöglichen geeignete Tiefbohr-Programme die Herstellung von Spezialkarten, z. B. zur Nitrat-Freisetzung durch Niedermoor-Degradation.

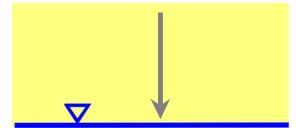
Präferenzialer Fluß

Die Berechnung der jährlichen Sickerwasser-Verlagerungsstrecke nach DIN 19732 geht von einer gleichmäßigen Tiefenverlagerung des Sickerwassers nach dem Kolbenfluß-Prinzip aus. Tatsächlich kann das Wasser aber in Teilbereichen des Bodens, z. B. in Regenwurmgängen, viel schneller als im übrigen Boden fließen. Dies tritt v. a. bei Starkregen-Ereignissen bzw. einer Wasser-Übersättigung des Bodens in Erscheinung. Der Sickerwasser-Anteil, der solchen bevorzugten Fließwegen folgt, wird bei der Gewinnung von Bodenproben nur ungenügend erfasst.

Unmittelbar nach einer Düngungsmaßnahme kann dieses Wasser eine höhere Stoffkonzentration als das übrige Bodenwasser haben, ansonsten ist sie meistens geringer.

Die mengenmäßige Bedeutung des präferenzialen Flusses ist bisher kaum bekannt. Tendenziell ist sie auf Sand- und Tonstandorten höher als im Löss, und bei Grünland größer als unter Ackerflächen. Wenn der präferenzialer Fluss einen wesentlichen Teil des Sickerwassers ausmacht, erfolgt die Tiefenverlagerung des übrigen Sickerwassers in der Bodenmatrix langsamer als nach DIN 19732 berechnet.

Bei der Interpretation von Tiefbohrergebnissen muss der präferenzialer Fluss als mögliche Einflussgröße berücksichtigt werden. Das gilt in hohem Maße für Grünlandstandorte und für Tonböden, in denen Trockenrisse auftreten.



Eignungsbewertung

Stoffkonzentrations-Tiefenprofile in der ungesättigten Zone sind geeignet:

- Zur Erfolgskontrolle mehrjähriger Grundwasserschutz-Maßnahmen mit einer hohen Erfolgserwartung (Minderung der Sickerwasserkonzentration von Nitrat um 50 mg/l oder mehr),
- zur Erkennung von Stoffumsatzprozessen in der Sickerwasser-Dränzone,
- zur Abschätzung des Schutzpotenzials der Böden,
- zur Vorhersage der Stoffkonzentration in der Grundwasser-Neubildung,
- zur Abschätzung von Stofffrachten, die mit dem Sickerwasser in das Grundwasser gelangen.

	1-jährige Maßn.	mehrj. Maßn.
Ist-Zustand für Prioritätensetzung	++	
Erfolgskontrolle von Einzelschlag-Maßnahmen	-	+
Erfolgskontrolle auf Repräsentativflächen	-	++

Vorteile gegenüber der Herbst- N_{\min} -Beprobung sind:

- Die Bewertbarkeit der Ergebnisse ist unabhängig von der Sickerrate,
- die Erfassung eines Mehrjahreszeitraumes ist durch eine einzige Beprobung möglich,
- die Dynamik stofflicher Veränderungen (Reaktionsprozesse in der Ungesättigten Zone) kann erkannt werden.

Vorteile gegenüber der Beprobung des oberflächennahen Grundwassers sind:

- der sichere räumliche Bezug zur Flächennutzung,
- die Erfassung der Auswirkungen eines längeren (im Allgemeinen mehrjährigen) Bewirtschaftungszeitraumes,
- frühzeitige, prognostische Aussagen zum Grundwasserschutz sind im Hinblick auf zukünftige Belastungen möglich.

Literatur

DIN 19732 (1997): Bestimmung des standörtlichen Verlagerungspotentials von nichtsorbierbaren Stoffen.

MÜLLER, U. (1997): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). 6. Auflage. NLFB, Hannover.

5 Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit

5.1 Beprobung der Grundwasseroberfläche

Kurzbeschreibung

Die Beprobung der Grundwasser-Oberfläche (GWO) ermöglicht die direkte Güteüberwachung des neu gebildeten Grundwassers. Mit zunehmender Tiefe im Grundwasserleiter nimmt demgegenüber die Bedeutung von Verlagerungs- und Durchmischungsprozessen zu.

Wegen schwankender Grundwasser-Stände kommen nur mobile Beprobungsverfahren oder Multilevel-Messstellen (siehe Kap. B 5.2.3) mit engem Filterkerzenabstand im Schwankungsbereich des Grundwassers in Frage.

Ziel eines GWO-Beprobungsprogrammes ist die Ermittlung flächenrepräsentativer Werte der Qualität der jährlichen GW-Neubildung. Die Beprobung muss daher der zeitlichen und räumlichen Variabilität der Stoffkonzentration Rechnung tragen.

Anwendungsbereich

Hauptanwendungsbereich der GWO-Beprobung ist die **großflächige Ist-Zustandserfassung** der GW-Neubildungsqualität als Grundlage für die **Festlegung räumlicher Prioritäten** zur Positionierung von Grundwasserschutz-Maßnahmen.

- Durch Wiederholung des GWO-Beprobungsprogrammes ist die **teilgebietsbezogene Erfolgskontrolle** von Grundwasserschutz-Maßnahmen mit hoher Erfolgserwartung möglich. Anwendungsbeispiele sind die ganzflächige Extensivierung größerer Teilgebiete und Wiedervernässungsmaßnahmen in Niedermoor- und Auengebieten.
- Wegen der hohen zeitlichen und räumlichen Variabilität der Stoffkonzentration an der GWO ist der erforderliche Beprobungsumfang für die **einzel Schlagbezogene Erfolgskontrolle** von Grundwasserschutz-Maßnahmen im Allgemeinen zu hoch.
- Für Stoffe wie z. B. Kalium, Schwermetalle und Pflanzenschutzmittel, deren Konzentration im Sickerwasser durch die Analyse von Bodenproben nicht sicher bestimmt werden kann, stellt die GWO-Beprobung eine sehr zweckmäßige Methode zur herkunftsbezogenen Belastungsermittlung dar.

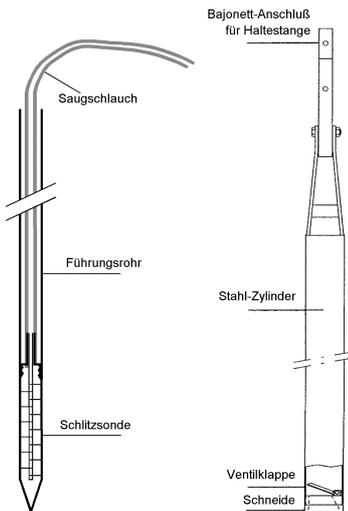
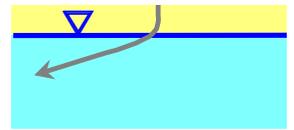


Abb. 1: Sauglanze und Schlammbüchse
(nicht maßstabsgerecht)

Zur flächenhaften Erfassung von stofflichen IST-Zuständen geeignet

Für die Erfolgskontrolle einzelner Freiwilliger Vereinbarungen im Allgemeinen zu aufwendig

Methodische Schwierigkeiten von Bodenuntersuchungen werden umgangen.



Durchführung

Planung der Probenahme

Die routinemäßige GWOF-Beprobung ist mit der **Sauglanze** und der **Schlammbüchse** bis zu einem GW-Flurabstand von etwa 6 m in Lockergesteinen möglich.

Als mobile Verfahren kommen Sauglanzen, Schlammbüchsen oder Schlamm-Probenehmer mit einer Saugvorrichtung in Frage:

- Die **Sauglanze** erlaubt die gezielte Beprobung der GW-Schicht von 0 bis 10 cm unter GWOF. Sie besteht aus einem Führungsrohr mit Saugschlauch und einer aufgeschraubten Schlitzsonde aus Plexiglas oder Teflon. Ihr Einsatzbereich ist auf **ton- und schluffarme** Sande beschränkt.
- Mit der **Schlammbüchse** wird der Tiefenbereich von 0 bis etwa 30 cm unter GWOF beprobt. Je nach Substrat wird eine mehr oder weniger sedimentreiche Suspension gewonnen, die anschließend gefiltert oder dekantiert wird. Die Schlammbüchse ist in allen wasserleitenden Lockergesteinen außer Kies einsetzbar.

Eine **dreimalige Beprobung** im Verlauf der Versickerungsperiode wird empfohlen, und zwar bei einsetzendem Anstieg des oberflächennahen Grundwassers, nach Erreichen von 50 % und nach 75 % der mittleren Winter-Niederschlagssumme (vgl. Kap. B 6).

Pro Beprobungstermin werden für jede landschaftsräumliche und Nutzungstypen-Einheit mindestens **5 Probenahmepunkte** empfohlen. Bei ihrer Festlegung muss ein ausreichender Sicherheitsabstand zu Störeinflüssen (abweichende Flächennutzung etc.) gewahrt werden, da die Fließrichtung und -geschwindigkeit des Grundwassers meist nur ungefähr bekannt sind.

Die Probenahmepunkte werden in Form von **Transsekten** oder als **Raster** mit gleichmäßigen Rasterpunkt-Abständen positioniert. Für die Untersuchung der landschaftsräumlichen Variabilität werden die Bohrpunkt-Abstände in besonders kritischen Bereichen (z. B. Niedermoor-Rand) verringert.

Räumliche Variabilität

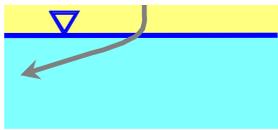
Die Einzelwerte von Sauglanzen-Beprobungen geben auch kleinst-räumige Inhomogenitäten der Stoffkonzentration an der GWOF wieder, z. B. als Folge von Harnflecken bei Weideland, (REINERT 1995).

Eine Verringerung dieser Mikro-Variabilität kann durch Vergrößerung des Tiefenintervalls der Beprobung erreicht werden, also durch eine bewusst tiefe Sauglanzenbeprobung oder die Probenahme mit der Schlammbüchse. Wegen der GW-Strömung und der Durchmischung repräsentiert die Einzelprobe dabei einen größeren Herkunftsbereich.

Zeitliche Variabilität

Insbesondere bei grundwassernahen, durchlässigen Standorten ist eine durchbruchartige Auswaschung der herbstlichen Mineralstickstoff-Akkumulation während der Versickerungsperiode zu beobachten. Im weiteren Verlauf des Winters erreicht nur noch Sickerwasser mit geringerer Nitratkonzentration die GWOF, sofern nicht warme Witterung eine weitere Mineralstickstoff-Freisetzung bewirkt.

Um alle Phasen der Versickerung repräsentativ zu erfassen, ist eine mehrmalige Wiederholung der GWOF-Beprobung im Verlauf der Versickerungsperiode unverzichtbar, (STREBEL u. BÖTTCHER 1989).



Probenahme

- Sauglanze**, (z.B. STREBEL et al. 1993):
 Mit dem Pürckhauer- oder Linnemann-Bohrer wird eine Bohrung bis an die GWOF abgeteuft, in die die Sauglanze eingeführt wird.
 Durch Anlegen eines Unterdrucks wird die Probe entnommen. Dabei wird die Sauglanze auf und ab bewegt, um ein Verstopfen der Schlitzes zu vermeiden und den kompletten Tiefenbereich zu erfassen.
- Schlammbüchse**:
 Mit einem Handbohrer (wie in Kap. B 4.2 beschrieben) wird zunächst bis zur GWOF gebohrt und noch etwas von dem gesättigten Substrat herausgenommen. Bei größeren GW-Flurabständen sollte eine Schutzverrohrung eingesetzt werden, um das Herabfallen von Bodenmaterial zu verhindern. Die Schlammbüchse wird von unten her mit der Suspension gefüllt. Diese wird in eine Mitscherlich-Schale entleert, aus der die Grundwasserprobe dann in das Probenfläschchen dekantiert wird.

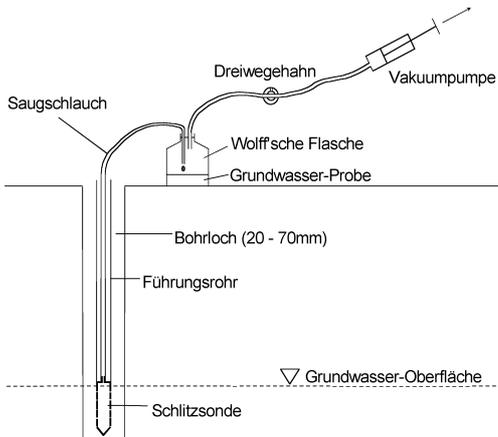


Abb. 2: Probenahme mit der Sauglanze (Prinzipskizze)

Bei der Probenahme werden der GW-Flurabstand, die Entnahmetiefe und - soweit möglich - die Bodenhorizonte protokolliert.

Auswertung

Es werden generell alle Proben einzeln untersucht (keine Mischproben). Für die Bewertung der GW-Neubildungsqualität abgegrenzter Teilgebiete werden Mittelwerte der Stoffkonzentration berechnet.

Flächenrepräsentative Mittelwertbildung:

Bei gleichen Abständen zwischen den Probenahmepunkten ergibt sich die mittlere Stoffkonzentration der GW-Neubildung als arithmetisches Mittel der Einzelwerte. Bei unterschiedlichen Abständen zwischen den Beprobungspunkten gehen die Einzelwerte mit Wichtungsfaktoren entsprechend der Größe der repräsentierten Flächen in die Mittelung ein. Auch bei unterschiedlichen GW-Neubildungsraten müssen Wichtungsfaktoren eingesetzt werden.

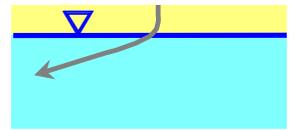
Isolinien der Stoffkonzentration (= Linien gleicher Stoffkonzentration):

Die Erstellung von Isolinienkarten kommt für Gebiete in Frage, in denen der Standort einen größeren Einfluss auf die Stoffkonzentration an der GWOF hat als die schlagspezifische Bewirtschaftung. Sie erfordert eine hohe räumliche Datendichte (DVWK 1982). Ein typisches Anwendungsbeispiel im Hinblick auf Nitrat wäre eine Landschaft mit intakten und nicht intakten Niedermoorbereichen.

Für die Erstellung von Isolinien-Karten empfiehlt sich die Verwendung eines Computerprogrammes. Die zugrundeliegenden geostatistischen Methoden sind z. B. bei AKIN u. SIEMES (1988) beschrieben.

4%	● 143 mg NO ₃ -N	● 155	4%
4%	● 183	● 203	4%
4%	● 205	● 196	4%
8%	● 25	● 10	8%
15%	● 0	○ 46 mg NO ₃ -N	● 0
15%	● 0	● 0	15%

Abb. 3: Schematisches Beispiel zur Probenahme mit erhöhter Beprobungsdichte im Randbereich einer Niederung. Die Wichtungsfaktoren (%-Zahlen) für die Mittelwertberechnung entsprechen den Größenverhältnissen der Flächen, die durch je einen Beprobungspunkt repräsentiert werden.



Eignungsbewertung

Die GWOF-Beprobung ist vor allem bei einem hohen Anteil grundwassernaher Standorte für die weitgehend **flächendeckende IST-Zustandserfassung**

- als Grundlage der räumlichen Prioritätensetzung und
- zur räumlich differenzierten Erfolgskontrolle des Gesamtkonzeptes der Zusatzberatung geeignet.

Vorteile gegenüber bodenanalytischen Verfahren sind

- die Berücksichtigung der Schutzfunktion des Bodens und des präferenziellen Flusses,
- der geringere Analyseaufwand und die Umgehung methodischer Schwierigkeiten bei der Ableitung der Sickerwasser-Konzentration aus Bodenanalysewerten (z. B. Kalium und Schwermetalle).
- Die Probenahme mit der Sauglanze garantiert die geringstmögliche Störung des Substrates, und damit die geringste Mobilisierung substratgebundener Stoffgehalte.

Ein **Vorteil gegenüber der Beprobung des tieferen Grundwassers** ist

- die größere räumliche und zeitliche Nähe zur Durchführung von Grundwasserschutz-Maßnahmen und die geringere Substratstörung.

Ein **Nachteil** ist

- der relativ hohe Beprobungsaufwand, der durch die zeitliche und räumliche Variabilität der GW-Neubildungsqualität und die z. T. schwierige Gewinnung der Wasserproben verursacht wird.

Ist-Zustand für Prioritätensetzung	+
Erfolgskontrolle von Einzelschlag-Maßnahmen	0
Erfolgskontrolle auf Repräsentativflächen	+
Erfolgskontrolle großflächiger GW-Schutzmaßnahmen	+

Literatur

AKIN, H., H. SIEMES (1988): Praktische Geostatistik. Eine Einführung für den Bergbau und die Geowissenschaften. Springer Verlag, Berlin.

DVWK, DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWESEN UND KULTURBAU (1982): Auswertung hydrochemischer Daten. DVWK-Schrift 54, Bonn.

REINERT, CH. (1995): Räumliche und zeitliche Variabilität von nutzungsspezifischen Stoffkonzentrationen an der Grundwasseroberfläche - Modellgebiet Fuhrberger Feld. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Hannover (nicht veröffentlicht).

STREBEL, O., J. BÖTTCHER (1989): Solute input into groundwater from sandy soils under arable land and coniferous forest: Determination of area-representative mean values of concentration. Agricultural Water Management 15, S.267-278.

STREBEL, O., J. BÖTTCHER, W.H.M. DUYNISVELD (1993): Ermittlung von Stoffeinträgen und deren Verbleib im Grundwasserleiter eines norddeutschen Wassergewinnungsgebietes. UBA-Texte 46, Berlin.

5.2.1 Flach verfilterte Messstellen

Kurzcharakteristik

Flach verfilterte Grundwassermessstellen dienen der Verdichtung des bestehenden Vorfeldmessnetzes in Problembereichen oder in Teileinzugsgebieten.

Die hier vorgeschlagene Bauart entspricht nicht der Norm der Niedersächsischen Richtlinie für die Auswahl, den Bau und für die Funktionsprüfung von Messstellen (NLWA 1990), da sie aus Kostengründen im 2"-Ausbau eingerichtet wird.

Die Errichtung flach verfilterter Grundwassermessstellen ermöglicht:

- Eine stofflich-analytische Überwachung der Qualität des oberflächennahen Grundwassers in zeitlicher Entwicklung. Das Grundwasser wird unmittelbar unterhalb der Sickerwasser-Dränzone (SW-Dz) beprobt und repräsentiert damit die Qualität des jüngeren, neu gebildeten Grundwassers;
- eine räumliche Verdichtung der oberflächennahen Grundwasserdaten aus gesetzlichen Vorfeldmessstellennetzen;
- zusätzliche hydrogeologische und hydraulische Kenntnisse über den oberflächennahen Bereich des Grundwasserleiters.

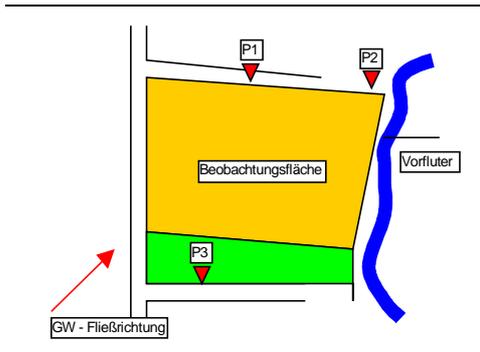


Abb. 1: Schematische Darstellung der Lage der Messstellen zur Beobachtungsfläche. Die Messstellen P1 und P2 befinden sich im Abstrom der Beobachtungsfläche, P3 als Referenzmessstelle im Anstrom.

Theoretischer Hintergrund

Den Annahmen zur Grundwasserströmung liegen Filtergesetze (Darcy) zugrunde, die eine Beziehung zwischen der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers (Abstandsgeschwindigkeit), der Durchlässigkeit des Gesteins und dem Gefälle des Grundwassers herstellen. Die Durchlässigkeit des Gesteins erstreckt sich über mehrere Zehnerpotenzen, weshalb bei der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers sehr hohe Schwankungsbreiten auftreten. Fließgeschwindigkeiten im Bereich von Lockergesteinen in Norddeutschland liegen zwischen wenigen Metern und mehreren Kilometern pro Jahr.

Der Stofftransport im Grundwasser unterliegt den Gesetzen der Advektion (Verlagerung mit dem Lösungsmittel), Dispersion (Verteilung durch Teilung von Strömefäden) und Diffusion (molekulare Selbstausbreitung eines Stoffes).

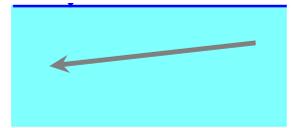
Um die Messstellen korrekt zu positionieren, ist es nötig, Abschätzungen von Abstandsgeschwindigkeit und Grundwasserneubildung vorzunehmen. Daraus lässt sich die vertikale und horizontale advective Verlagerung grob abschätzen.

Anwendungsbereich

Flach verfilterte Grundwassermessstellen sind in Gebieten mit einem Grundwasserflurabstand $\leq 4\text{m}$ sinnvoll einsetzbar. Je nach Grundwasserbeschaffenheit und Zielsetzung ist eine Einsatzdauer von einem (temporärer Betrieb) bis über 10 Jahren möglich.

Aufgrund von Reaktions- und Dispersionsprozessen im Boden und im Grundwasser eignen sich die Messstellen nicht zur Effizienzkontrolle von grundwasserschutzorientierten Einzelmaßnahmen geringer Eingriffsintensität, sondern für:

- Die IST-Zustandserfassung der Nitratgrundlast eines Teileinzugsgebietes,
- die Kontrolle von Nutzungsänderungen hoher Eingriffsintensität (z. B. Umwandlung von Ackerland in Wald),
- das Monitoring bei Dauermaßnahmen (u. a. auf Referenzstandorten) und
- die Zustandskontrolle der Grundwasserschutzwirkung von grundwasserüberdeckenden Bodenschichten.



Durchführung

Standortwahl

Bei der Auswahl der Standorte sind folgende Grundprinzipien zu beachten:

- Errichtung der Messstellen im Grundwasserabstrom der zu beobachtenden Flächen oder Gebiete. Dabei ist zu beachten, dass die gewünschten Bereiche hydraulisch durch den Filter der Messstelle erfasst werden;
- ist die Grundwasserströmungsrichtung nicht bekannt, so müssen mehrere (mindestens drei) Messstellen errichtet werden; die Fließverhältnisse sind dann nachträglich zu beurteilen, und
- es ist wünschenswert, Referenzmessstellen im Grundwasseranstrom des Untersuchungsgebietes zu errichten, um Einflüsse von außerhalb des Gebietes auszuschließen.

Soll ein größeres Teileinzugsgebiet oder ein inhomogener Bereich untersucht werden, so ist in der Regel ein Messstellennetz nach den oben genannten Grundprinzipien zu errichten. Grundsätzlich sollte im Rahmen des Messnetzes eine Verzahnung der flach verfilterten Messstellen mit bestehenden Vorfeldmessstellen erfolgen, um die vertikale Verlagerung der Inhaltsstoffe im Abstrom des Beobachtungsgebietes zu erfassen.

Errichtung der Messstelle

Der Einbau der flach verfilterten Messstelle erfolgt nach den vom NLWA (1990) genannten Kriterien. Lediglich der Bohrdurchmesser kann reduziert werden (2"-Ausbau).

Bedeutung der Grundwasserstandsmessungen

Über die Interpolation der Grundwasserstände ist es möglich, die Grundwasserfließrichtung zu verschiedenen Zeitpunkten zu bestimmen und einen Grundwassergleichenplan zu erstellen. Untersuchungen zeigen, dass sich gerade in Auenbereichen mit ihren starken Wechselbeziehungen zu den Oberflächengewässern die Fließverhältnisse relativ rasch ändern können. Es ist erforderlich, Pegelmessungen von benachbarten Oberflächengewässern in die Interpretation des Grundwasserfließverhaltens einzubeziehen, wenn guter hydraulischer Kontakt zwischen Vorfluter und Grundwasser besteht.

In Gebieten mit geringem Grundwasserflurabstand sind Wechselwirkungen mit Oberflächengewässern die Regel. Daher sind Informationen zur Grundwasserbewegung des Hauptaquifers nicht immer übertragbar auf die hydraulischen Verhältnisse an der Grundwasseroberfläche.

Gütemessungen

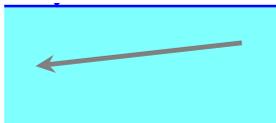
Die Gütemessungen erfolgen grundsätzlich nach dem DVGW-Regelwerk W 254 (1988) in Verbindung mit dem Messprogramm des NLWA (1992). Im Hinblick auf die Ziele der Erfolgskontrolle der Zusatzberatung Wasserschutz sind Modifikationen im Parameterumfang und in den Beprobungsintervallen möglich:



Abb. 2: Grundwasserstandsmessung in der flach verfilterten Messstelle mittels Kabellichtlot



Abb. 3: Probenahme aus einer Messstelle. Messung von pH-Wert, elektrischer Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und Temperatur im Durchfluss.



- Während der Sickerwasserperiode kann eine 14-tägige Beprobung sinnvoll sein,
- besonders nach Niederschlagsereignissen sollten zeitnah Proben entnommen werden, und
- empfehlenswert ist eine Abstufung der Probenahmehäufigkeit und des Parameterumfangs je nach Fragestellung und Gebiet.

Auswertung

Die gemessenen Konzentrationen der Parameter können folgendermaßen dargestellt werden:

- Bei hoher Messstellendichte als Grundwassergleichenpläne,
- als Zeitreihen,
- in Häufigkeitsverteilungen,
- in PIPER-Diagrammen zur Charakterisierung und
- in Konzentrationskarten.



bb. 4: Grundwassergleichenplan eines Messnetzes von 10 flach verfilterten Messstellen in einem Auengebiet. Die unruhige Grundwasseroberfläche verdeutlicht die Intensität der Wechselwirkung mit oberflächengewässern. In der Praxis sind solche Messnetze auch als Instrumente für Auenfeldmonitoring für Wassergewinnung interessant.

Können Niederschlagsdaten zur Interpretation herangezogen werden, so ist es unter Umständen möglich, Auswaschungsereignisse zu identifizieren.

Die Grundwasserstandsdaten sollten in Form von Grundwassergleichenplänen zu unterschiedlichen Stichtagen ausgewertet werden. Damit wird es möglich, die Herkunft des in den Messstellen beprobten Grundwassers in Suchräumen zu lokalisieren und Gefährdungsflächen zu identifizieren.

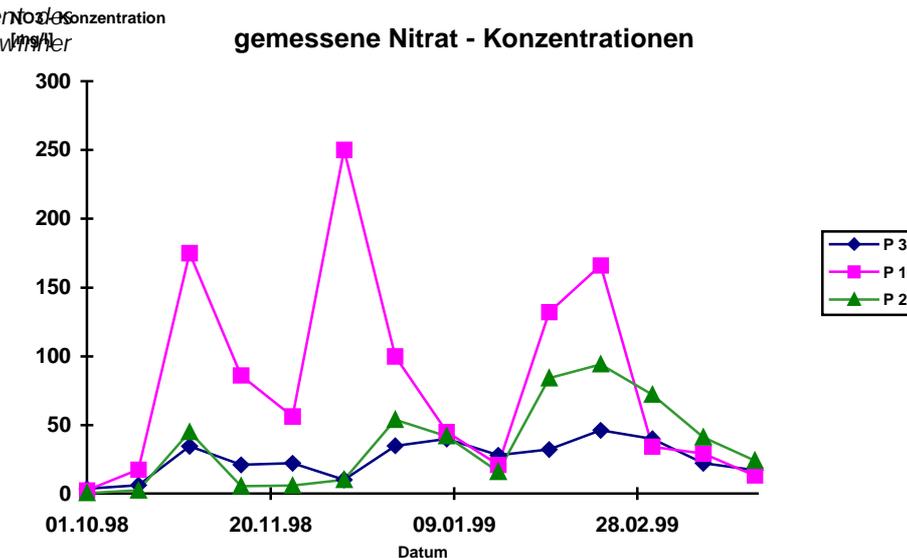
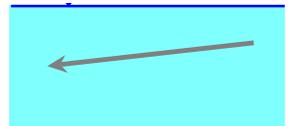


Abb. 5: Diagramm der Nitrat-Konzentrationen. Die Schwankungsbreiten basieren auf Versuchsergebnissen von einem anmoorigen Auenstandort. Zu beachten sind auch die starken Schwankungen innerhalb kurzer Zeiträume, die auf Veränderungen der Denitrifikationsbedingungen zurückzuführen sind.



Eignungsbewertung

Flach verfilterte Messstellen können bei geringen Grundwasser-Flurabständen mit einfachen Mitteln erstellt werden. Bei Kenntnis der Grundwasserströmungsverhältnisse ermöglichen sie die teilgebietsbezogene stoffliche IST-Zustandserfassung des Grundwassers. Außerdem können sie zur Ermittlung der GW-Strömungsrichtung eingesetzt werden.

- Im Unterschied zur GWO-F-Beprobung wird hierbei an einer einzelnen Messstelle ein größeres Teileinzugsgebiet erfasst.
- Im Vergleich zu tiefer verfilterten Messstellen erfolgt die Beprobung zeitlich und räumlich näher zum Ort der GW-Neubildung.

Flach verfilterte GW-Messstellen sind zur teileinzugsgebietsbezogenen Erfolgskontrolle und zur fortlaufenden Überprüfung der räumlichen Prioritätensetzung der Zusatzberatung Wasserschutz besonders geeignet. Sie ermöglichen eine kostengünstige Erweiterung des bestehenden Vorfeldmessnetzes im Bereich des oberflächennahen Grundwassers.

Ist-Zustand für die innergebietsbezogene Prioritätensetzung	+
Erfolgskontrolle von Einzelanschlag-Maßnahmen	-
Erfolgskontrolle auf Repräsentativflächen	0
Erfolgskontrolle großflächiger GW-Schutzmaßnahmen	+

Literatur

DVGW, DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E.V. (1988): DVGW-Regelwerk Technische Mitteilungen, Hinweis W254: Grundsätze für Rohwasseruntersuchungen, Eschborn.

NLWA, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL (1990): Niedersächsische Richtlinie für die Auswahl, den Bau und für die Funktionsprüfung von Messstellen, Hildesheim.

NLWA, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL (1992): Grundwasserüberwachungssystem Niedersachsen, Grundwassergütemessnetz - Messprogramm.- Anweisung über einheitliche Verfahren bei der Entnahme von Grundwasserproben, deren Untersuchung und die Verarbeitung der Messergebnisse im Rahmen des Grundwassergütemessnetzes (unveröffentlicht).

5.2.2 Mehrfach-Messstellen

Kurzcharakteristik

Mehrfach-Messstellen bestehen aus mehreren, unmittelbar nebeneinander errichteten Grundwassermessstellen mit unterschiedlichen Verfilterungstiefen. Da die Messstellen für die gewählten Tiefen einzeln abgeteuft werden, ist eine gezielte tiefenabgestufte Probenahme möglich. Jede Einzelmessstelle kann hinsichtlich Ausbau und Probenahmetechnik an spezielle Anforderungen des geologischen Schichtaufbaus und der Strömungsverhältnisse angepasst werden (DVWK 1997).

Die Mehrfach-Messstellen entsprechen dem Regelausbau nach NLWA (1990). Eine direkte Einbindung als Vorfeldmessstelle in das Grundwasser-Messnetz des Landes Niedersachsen ist somit möglich.

Anwendungsbereich

Mehrfach-Messstellen können in Locker- und Festgesteinsaquifere beliebiger Mächtigkeit und Stockwerksausbildung eingebaut werden. Sie bestehen in der Regel aus mindestens 3 Einzelmessstellen, die in geringer räumlicher Entfernung (wenige Meter) angeordnet sind.

Im Rahmen der Zusatzberatung Wasserschutz dienen Mehrfach-Messstellen je nach Anordnung der Filterstrecken hauptsächlich der längerfristigen und vorwiegend großräumigen Überwachung von Grundwasserschutzmaßnahmen.

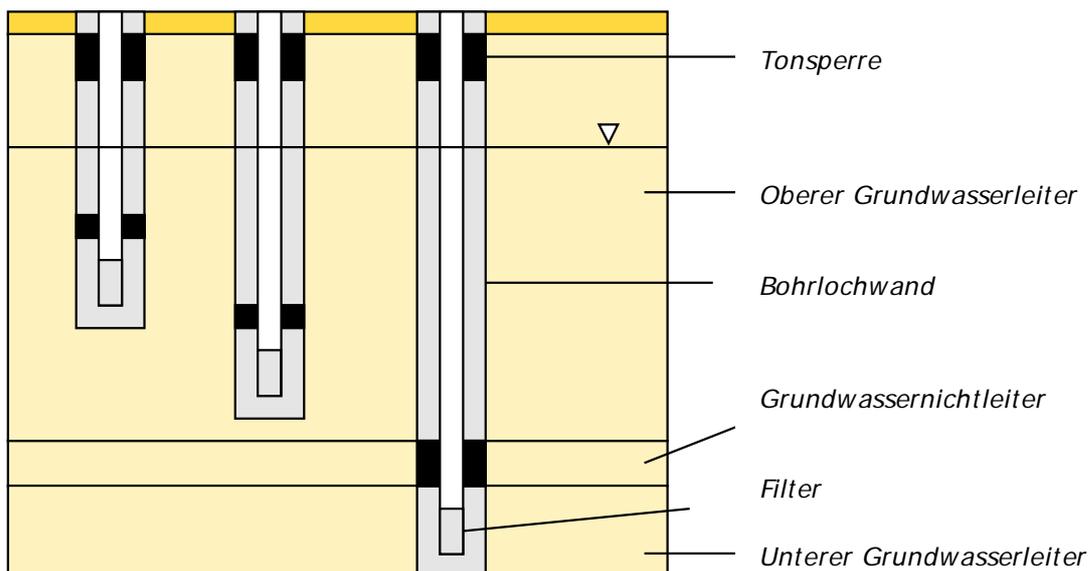
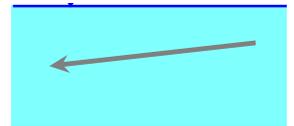


Abb. 1: Bauweise einer Mehrfach-Messstelle nach der Nieders. Richtlinie, NLWA, 1990



Durchführung

Planung und Bau

Für den Bau einer Mehrfach-Messstelle gilt die Regelbauweise nach der Niedersächsischen Richtlinie (NLWA 1990).

Beprobung

Probenahme, Beprobungszeitpunkte und Parameterumfang richten sich im Allgemeinen nach dem Regelwerk W254 des DVGW (1988) in Verbindung mit dem Niedersächsischen Messprogramm für das Grundwassergütemessnetz, (NLWA 1992). Für Sonderuntersuchungen oder Untersuchungen im Rahmen der Erfolgskontrolle kann der o. g. Parameterumfang themenbezogen reduziert werden (siehe Kap. B 5.2.).

Um die zeitliche und räumliche Repräsentativität zu gewährleisten, gibt es Verfahren für die Auswertung von Zeitreihen zur Ermittlung des zeitlichen Beprobungsabstandes (DVWK 1990 und 1992).

Ergebnisauswertung

Siehe Kap. B 5.2.1.

Eignungsbewertung

Mehrfach-Messstellen liefern sichere tiefenabgestufte Grundwasserproben. Bei entsprechendem Ausbau und Positionierung können sie die Funktion von Vorfeld-Messstellen übernehmen und gleichzeitig zur Erfolgskontrolle von langfristigen und großflächigen Grundwasserschutzmaßnahmen eingesetzt werden.

Die relativ hohen Erstellungskosten sind im Einzelfall dem Vorteil einer sicheren tiefenorientierten Probenahme gegenüberzustellen.

Ein weiterer Vorteil ist der Einsatz praxisüblicher Beprobungstechnik, und damit die problemlose Einbindung in Beprobungsprogramme bereits bestehender Vorfeld-Messnetze.

Ist-Zustand für die inner-gebietliche Prioritäten-setzung	0
Erfolgskontrolle von Ein-zelschlag-Maßnahmen	-
Erfolgskontrolle auf Re-präsentativflächen	0
Erfolgskontrolle großflächiger Grundwas-ser-Schutzmaßnahmen	+

Literatur

DVGW, DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E.V. (1988): DVGW-Regelwerk Technische Mitteilungen, Hinweis W254: Grundsätze für Rohwasseruntersuchungen, Eschborn.

DVWK, DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V. (1997): DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 245: Tiefenorientierte Probenahme aus Grundwassermessstellen, Bonn.

DVWK, DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V. (1992): DVWK-Regeln, Heft 128: Entnahme und Untersuchungsumfang von Grundwasserproben. DVWK-Fachausschuß „Grundwasserchemie“, Bonn.

DVWK, DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V. (1990): DVWK-Schriften, Heft 89: Methodensammlung zur Auswertung und Darstellung von Grundwasserbeschaffenheitsdaten, Bonn.

NLWA, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL (1990): Niedersächsische Richtlinie für die Auswahl, den Bau und für die Funktionsprüfung von Messstellen, Hildesheim.

NLWA, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL (1992): Grundwasserüberwachungssystem Niedersachsen, Grundwassergütemessnetz - Messprogramm. Anweisung über einheitliche Verfahren bei der Entnahme von Grundwasserproben, deren Untersuchung und die Verarbeitung der Messergebnisse im Rahmen des Grundwassergütemessnetzes (unveröffentlicht).

5.2.3 Multilevel-Messstellen

Kurzbeschreibung

Multilevel-Messstellen dienen der differenzierten Grundwasser(GW)-Beobachtung über die Tiefe. In einem homogen aufgebauten Grundwasserleiter ist mit der Tiefe eine Zunahme des Grundwasseralters und infolge der GW-Strömung auch eine zunehmende Entfernung vom Ort der GW-Neubildung festzustellen. Tiefenprofile der Stoffkonzentration im Grundwasser können Hinweise geben zur

- Qualität der GW-Neubildung in unterschiedlichen Entfernungen von der Messstelle sowie zur
- Beeinflussung der GW-Qualität durch zeit- und gesteinsabhängige Stoffumsetzungsprozesse im Grundwasserleiter (z. B. Denitrifikation).

Bei der Auswertung müssen jeweils beide Aspekte gleichzeitig berücksichtigt werden.

Im Unterschied zu Mehrfach-Messstellen werden Multilevel-Messstellen in **einem** Bohrloch errichtet. Die GW-Entnahme erfolgt über relativ kleine Filterkerzen, die mit kurzen Abständen an einem Trägerrohr befestigt sind.

In der Praxis sind zwei unterschiedliche Bautypen verbreitet:

- Typ „miniscreen“ nach SNEITING (1979) (Eigenbau möglich) und
- Typ „System Ruhr-Universität“ (OBERMANN 1981) (kommerziell erhältlich).

Anwendungsbereich

Für die zeitnahe Erfolgskontrolle von Grundwasserschutz-Maßnahmen ist v. a. die oberste Grundwasserzone (5 m unter der GWOF) von Interesse. Je nach Filterkerzenabstand kann diese Zone durch Multilevel-Messstellen auch bei wechselnden Grundwasserständen jederzeit tiefenabgestuft beprobt werden. Dadurch wird die fortlaufende Erfolgskontrolle von Grundwasserschutz-Maßnahmen möglich, die in unterschiedlichen Entfernungen von der Messstelle durchgeführt werden.

Die Erschließung größerer Aquifer-Tiefen durch Multilevel-Messstellen dient vorrangig der Untersuchung von Stoffumsetzungsprozessen, z. B. zur Beurteilung der Denitrifikationsleistung des Aquifers.

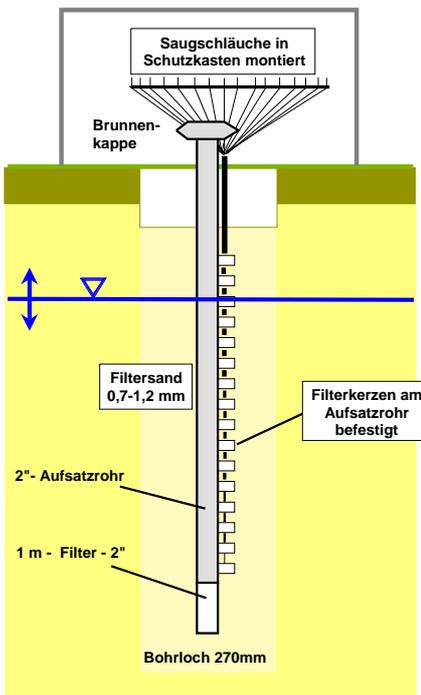
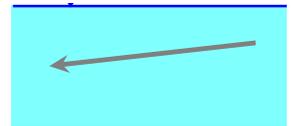


Abb. 1: Multilevel-Messstelle vom Typ „System Ruhr-Universität“

Erfolgskontrolle von Grundwasserschutz-Maßnahmen

Beurteilung der Denitrifikationsleistung des Aquifers



Durchführung

Planung und Bau

Als Standort für Multilevel-Messstellen zur Erfolgskontrolle der Zusatzberatung Wasserschutz kommt v. a. der Grundwasser-Abstrom größerer Teil-Einzugsgebiete mit Durchführung von Grundwasserschutz-Maßnahmen in Frage.

Empfohlen wird der Einbau der Filterkerzen in konstanten Abständen, um eine gleichmäßige Grundwasser-Beprobung über die Tiefe zu ermöglichen. Je nach Fragestellung kann der Abstand der Filterkerzen weniger als 50 cm bis zu mehreren Metern betragen. Insbesondere für die Erfolgskontrolle sollte der Filterkerzenabstand gering gehalten werden.

Beprobung

Durch eine gleichzeitige und gleichmäßige Probenahme aus allen eingebauten Filterkerzen wird die vertikale Durchmischung des Grundwassers minimiert, sofern die Substrate im Tiefenbereich der angeschlossenen Filterkerzen annähernd gleiche hydraulische Leitfähigkeiten aufweisen. Für die Probenahme sollten vorzugsweise Schlauchpumpen o. ä. Geräte eingesetzt werden, um den Einfluss der Probenahmetechnik auf die Analyseergebnisse (O_2 -Gehalt, Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht etc.) zu verringern. Alternativ können „Vakuumböden“ (ATAKAN et al. 1974; OSWALD u. LOHNERT 1990) eingesetzt werden. Dabei kann der O_2 -Gehalt des Grundwassers nicht sicher ermittelt werden.

Bei Anschluss einzelner Filterkerzen muss das Abpumpen vor der Probenahme auf ein Minimum beschränkt werden, um die vertikale Durchmischung des Grundwassers gering zu halten. Als Indikator für den richtigen Probenahmezeitpunkt gilt die Konstanz der physiko-chemischen Parameter Temperatur, elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert.

Die Auswahl der Analyseparameter, die Probenahmehäufigkeit und die Wahl der Probenahmezeitpunkte erfolgt nach den Angaben in Kap. B 6.2.

Ergebnisauswertung

Die Messwerte einzelner Beprobungstermine werden als Stoffkonzentrations-Tiefenprofil dargestellt. Dabei ist auf maßstabgetreue Wiedergabe unterschiedlicher Filterkerzenabstände zu achten.

Zur Interpretation werden die Konzentrations-Tiefenprofile gedanklich in das zweidimensionale vertikale Strömungsfeld des Grundwassers im Anstrom der Messstelle „eingehängt“ (BÖTTCHER et al. 1985). Dieses wird aus der Grundwasser-Neubildungsrate, der Abstandsgeschwindigkeit und der nutzbaren Porosität des Grundwasserleiters im Anstrom der Messstelle konstruiert.

Standort im GW-Abstrom einheitlich genutzter Teilgebiete (z. B. Landwirtschaft, Forst, Siedlung)

Probenahmegeräte:

- Schlauchpumpe oder Vakuumpumpe
- Vakuumböden für den Anschluss mehrerer Filterkerzen gleichzeitig

Die tiefenabgestuften Analysewerte werden als Resultat von Nutzungseinflüssen, geogenen Faktoren und zeitabhängigen Stoffumsatz-Prozessen interpretiert.

Bei homogenen Standort- und Nutzungsverhältnissen im Anstrombereich der Messstelle erlauben die Stoffkonzentrations-Tiefenprofile von NO_3^- , O_2 und ggf. SO_4^{2-} oder HCO_3^- Rückschlüsse auf Denitrifikation im Aquifer.

In manchen Fällen können Stoffkonzentrations-Tiefenprofile im Aquifer auch zur Klärung der GW-Strömungsverhältnisse beitragen.

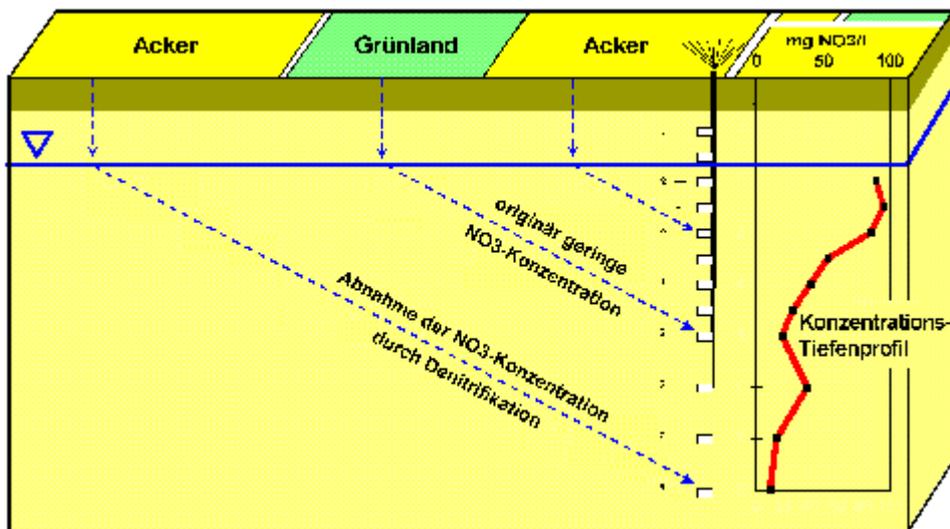


Abb. 2: GW-Strömungsfeld im Anstrom einer Multilevel-Messstelle und beispielhaftes Nitrat-Konzentrations-Tiefenprofil bei teilweise Nitrat-Abbau durch Denitrifikation im Aquifer

Eignungsbewertung

Die tiefenabgestufte GW-Beprobung durch Multilevel-Messstellen ermöglicht eine räumlich differenzierte Bewertung der Flächennutzung im Anstrombereich.

Multilevel-Messstellen können für die Erfolgskontrolle von landwirtschaftlichen Grundwasserschutz-Maßnahmen sinnvoller eingesetzt werden als Einfach-Messstellen. Durch die kompakte Bauweise sind Multilevel-Messstellen kostengünstiger als Mehrfach-Messstellen. Bei engen Filterkerzenabständen sind sehr differenzierte Tiefenprofile zu erreichen.

In der Praxis unterscheidet man zwei Bautypen:

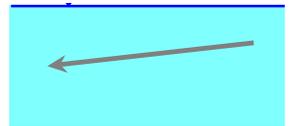
Typ „System Ruhr-Universität“ :

- Zusatzfunktion einer regulären Grundwasserstands-Messstelle,
- Einweisung des Probenahmetrupps unerlässlich, da Gefahr des hydraulischen Kurzschlusses bei zu hohem Abpumpvolumen.

Typ „miniscreen“ :

- geringe Erstellungskosten (Eigenbau),
- für zeitlich begrenzte Untersuchungen einsetzbar,
- nur bei Sanden und Kiesen mit Durchlässigkeitsbeiwerten (k_f) von 10^{-2} bis 10^{-4} m/s einsetzbar.

Ist-Zustand für Prioritätensetzung	0
Erfolgskontrolle von Einzelschlag- Maßnahmen	0
Erfolgskontrolle auf Repräsentativ- flächen	+
Erfolgskontrolle großflächiger GW- Schutzmaßnahmen	+



Literatur

ATAKAN, Y., W. ROETHER, G. MATTHESS, K. O. MÜNNICH (1974): Felduntersuchungen von Fließvorgängen in einem Porengrundwasserleiter mittels Farbstoffindikatoren. Gas- und Wasserfach 115 (4), S.159-164.

BÖTTCHER, J., O. STREBEL, W.H.M. DUYNISVELD (1985): Vertikale Stoffkonzentrationsprofile im Grundwasser eines Lockergesteins-Aquifers und deren Interpretation (Beispiel Fuhrberger Feld). Z. dt. geol. Ges. 136, S.543-552.

DVWK, DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWESEN UND KULTURBAU (1992): Entnahme und Untersuchungsumfang von Grundwasserproben. DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft 128, Bonn.

DVWK, DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWESEN UND KULTURBAU (1997): Tiefenorientierte Probennahme aus Grundwassermeßstellen. DVWK Merkblatt 245, Bonn.

OBERMANN (1981): Hydrochemische / hydromechanische Untersuchungen zum Stoffgehalt von Grundwasser bei landwirtschaftlicher Nutzung. Besondere Mitteilungen zum Deutschen gewässerkundlichen Jahrbuch 42. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

OSWALD, TH., E.P. LOHNERT (1990): Probenahme aus Multi-level-Brunnen. Die Geowissenschaften 8 (3), S.61-62.

SNELTING, H. (1979): Mini-screens sampling system. Quarterly Report 16, March 1979. National Institute for Water Supply, The Netherlands.

5.2 Vorfeldmessstellen: Mindestanforderungen an Planung und Betrieb

Kurzcharakteristik

Vorfeldmessstellen dienen der frühzeitigen Erfassung etwaiger Stoffbelastungen im Zuflussbereich von Grundwasserentnahmen (Wassergewinnungsgebiete). Sie ermöglichen bei sachgerechter Platzierung eine Vorwarnung bei flächenhaft ausgedehnten Einträgen und somit eine Qualitätsüberwachung.

Die Errichtung und das Betreiben von Vorfeldmessstellen ist ein wichtiger Teilschritt auf dem Weg zur möglichst lückenlosen Überwachung der Stoffverlagerung zwischen der Bodenoberfläche und dem Bereich der Grundwasserentnahme.

Die Unternehmen der öffentlichen Trinkwasserversorgung sind nach § 147 (2) NWG verpflichtet, Vorfeldmessstellen zu errichten und zu betreiben. Einzusetzende Messstellen-Typen sind in NLWA (1990, 1991) beschrieben.

Danach kommen folgende Messstellen-Typen in Frage:

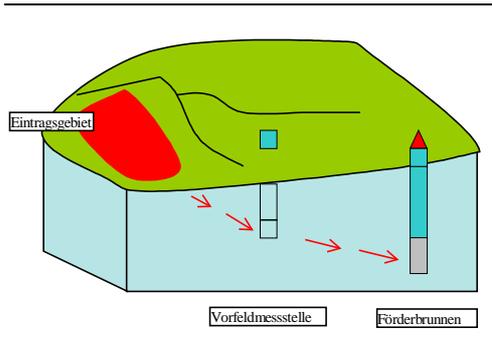


Abb. 1: Schematische Darstellung der Lagebeziehungen zwischen Belastungsgebiet, Vorfeldmessstelle und Grundwasserförderung

1	2	3	4	5	6
Einzelmessstelle, tief verfiltert	Einzelmessstelle, flach verfiltert	Einzelmessstelle, voll verfiltert	mehrfach verfilterte Messstelle	Messstellengruppe	Multilevel-Messstelle

Abb. 2: Messstellen-Typen zur tiefenorientierten GW-Beprobung

1. tief verfilterte Messstelle
2. flach verfilterte Messstelle
3. voll verfilterte Messstelle (Beprobung mit Mehrfach-Packer)
4. mehrfach verfilterte Messstelle (Beprobung mit Doppel-Packer)
5. Mehrfach-Messstelle (tiefenabgestufte Filterstrecken)
6. Multilevel-Messstelle

Die Messstellentypen Nr. 3 und 4 lassen keine tiefenabgestufte Probenahme mit hinreichender Genauigkeit zu, da erhebliche Störungen durch Vertikalströmungen auftreten können. Der Beprobungsaufwand ist durch den Einbau von Voll- oder Mehrfachpackern unverhältnismäßig groß sowie zeit- und kostenintensiv.

Durch flach verfilterte Messstellen (Typ Nr. 2) können bestehende Vorfeldmessnetze in Problembereichen verdichtet werden.

Mehrfach-Messstellen (Typ Nr. 5) liefern sichere, tiefenabgestufte Grundwasserproben.

Multilevel-Messstellen (Typ Nr. 6) ermöglichen die Aufnahme von eng abgestuften Stoffkonzentrations-Tiefenprofilen.

Anwendungsbereich

Wegen ihrer besonderen Eignung für die Erfolgskontrolle in der Zusatzberatung Wasserschutz werden folgende Messstellen-Typen ausführlich behandelt:

- Ø Flach verfilterte Messstelle (Kap.B 5.2.1)
- Ø Mehrfach-Messstelle (Kap.B 5.2.2)
- Ø Multilevel-Messstelle (Kap.B 5.2.3)

Durchführung

Planung und Bau

Für den Messstellenbau gelten generell folgende Vorschriften (Abb. 3):

- Niedersächsische Richtlinie für die Auswahl, den Bau und für die Funktionsprüfung von Messstellen des NLWA (1990)
- Kriterien-Katalog für die Auswahl, den Bau und für die Funktionsprüfung von Vorfeldmessstellen des NLWA (1991)

In Anlehnung an das Niedersächsische Kooperationsmodell zum Trinkwasserschutz sollte eine Abstimmung über Messstellen-Typ und Beprobung vor Errichtung der Messstelle in enger Zusammenarbeit zwischen den Wasserversorgern, der landwirtschaftlichen Zusatzberatung (bodenkundliche Daten) und der Wasserwirtschaft (hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Daten) erfolgen. Eine Beteiligung der Fachbehörden wird zur Klärung offener Fragen (Hydrogeologie) empfohlen.

Messnetz

Grundwassergütemessnetze dienen der langfristigen Beobachtung der Grundwasserbeschaffenheit in einem oder mehreren Grundwasserstockwerken eines Wassergewinnungsgebietes, um Kenntnisse über die Herkunft, die natürliche Beschaffenheit und ggf. anthropogene Belastungen des Grundwassers zu erhalten.

Das Messnetz zur Erfassung der Grundwassergüte sollte dreidimensional angelegt sein, um räumliche und zeitliche Schwankungen der Grundwasserbeschaffenheit erkennen und lokalisieren zu können.

Vor Einrichtung neuer Vorfeldmessstellen sollte das bestehende Messnetz hinsichtlich seiner Aussagekraft zu hydraulischen Fragen (Grundwasserfließrichtung, Abstandsgeschwindigkeit) überprüft werden. Eine Überprüfung der hydraulischen Funktionstüchtigkeit vorhandener Messstellen ist vielfach erforderlich (NLWA 1990 und NLWA 1991). Neue Vorfeldmessstellen sollten das bestehende Messnetz ergänzen und optimieren.

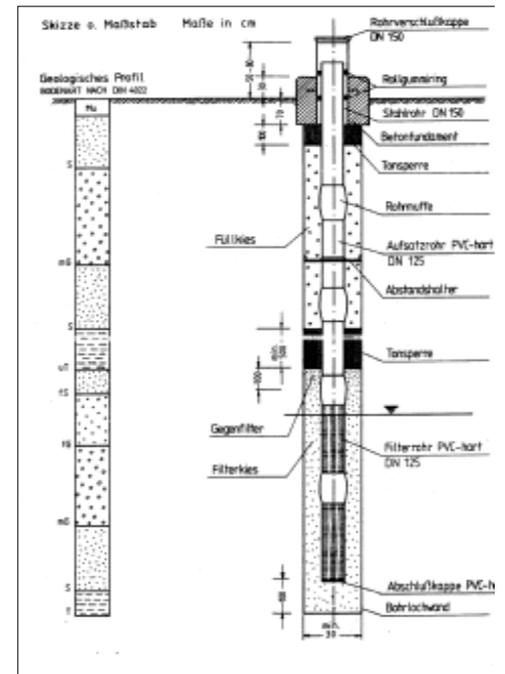


Abb. 3: Schichtenverzeichnis und Ausbauplan einer Vorfeldmessstelle (NLWA 1990)

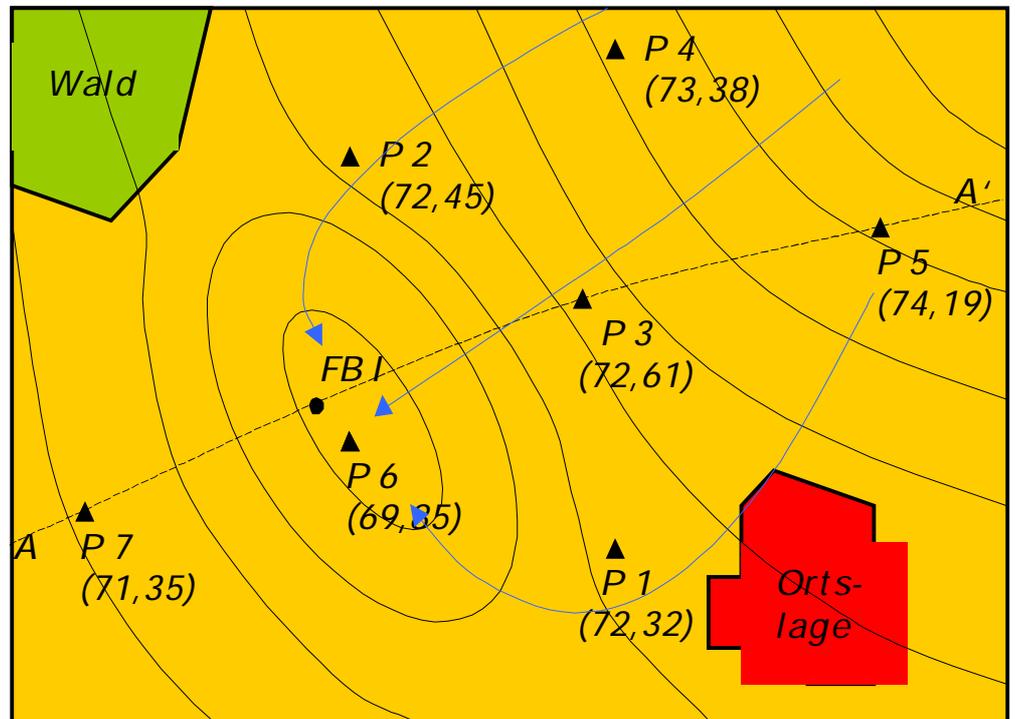


Abb. 4: Unmaßstäbliche Karte mit idealisiertem Messnetz, Grundwassergleichen, Grundwasserfließrichtung, Profillinie (A - A')

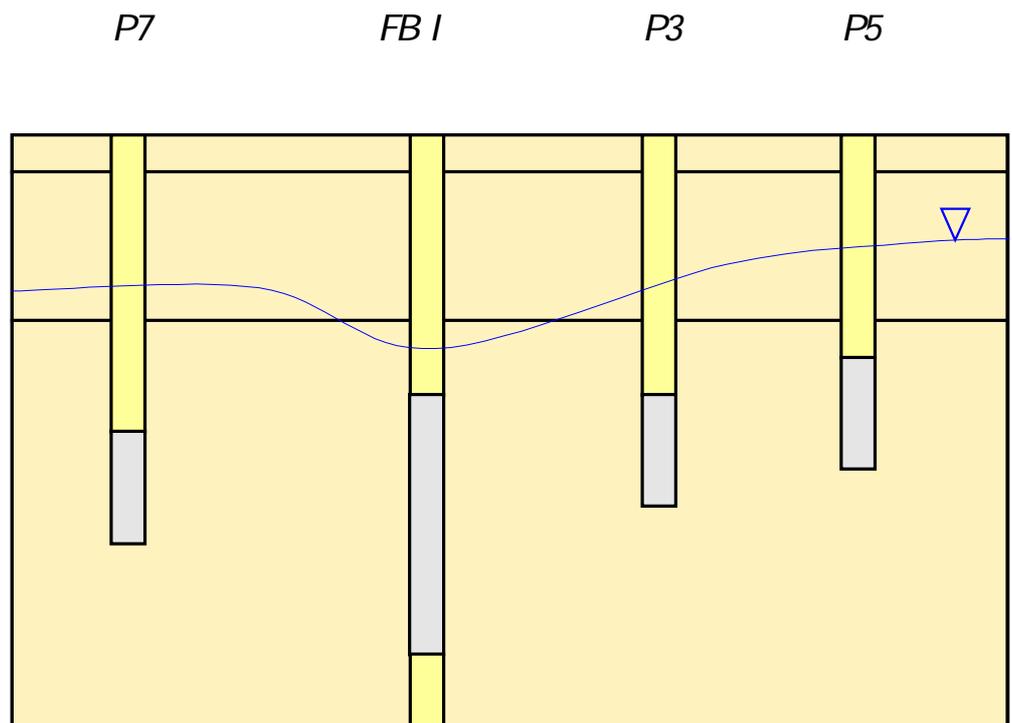


Abb. 5: idealisierter Profilschnitt (A - A') durch oben dargestellte Karte

Beprobung

Die **Probenahme** erfolgt nach dem DVGW-Regelwerk W 254 (1988) in Verbindung mit dem Niedersächsischen Messprogramm für das Grundwassergütemessnetz (NLWA 1992). Dort sind die einheitliche Entnahme, Vorbereitung, Transport und Konservierung von Proben aus Grundwasserleitern geregelt, um die Vergleichbarkeit der Analyseergebnisse sicherzustellen.

Der **Parameterumfang** ist in NLWA (1992) vorgegeben. Abweichungen von diesem Programm sind möglich; insbesondere sind Reduzierungen sachgerecht, wenn die GW-Untersuchungen ausschließlich im Rahmen der Erfolgskontrolle der Zusatzberatung Wasserschutz in höherer zeitlicher Dichte erfolgen.

Die reduzierten Untersuchungen sind auf repräsentative und problembezogene Parameter zu beschränken. Sie können das langfristig durchzuführende Messprogramm der Vorfeldmessstellen ergänzen.

Die **Beprobungshäufigkeit** ist in Abhängigkeit von Abstandsgeschwindigkeit und Filtertiefe festzulegen. Zusätzliche Beprobungen, z. B. in Perioden mit erhöhter GW-Neubildung, können in einen feststehenden Zeitrahmen eingehängt werden. Die Zusatztermine werden in der Zeitreihenanalyse dann nicht berücksichtigt, s. Abb. 6.

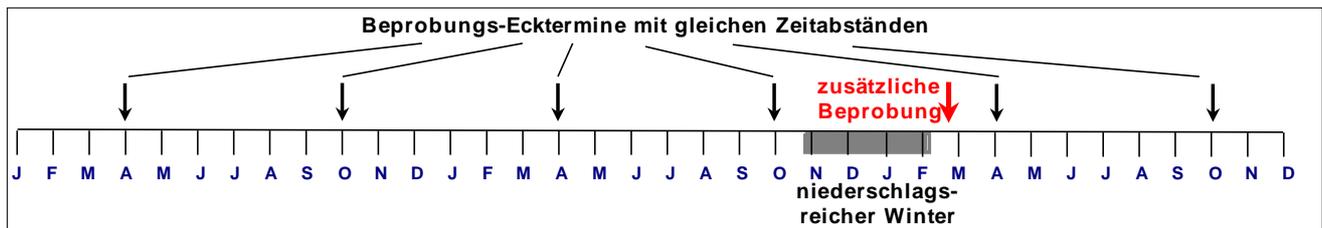


Abb. 6: Beispielhafte Darstellung zur Auswahl von Beprobungsterminen

Ergebnisauswertung

Die an Vorfeldmessstellen gewonnenen Daten (Stammdaten, Grundwasserstandsdaten, Analyseergebnisse) sind in geeigneter Form über die zuständige Wasserbehörde an das Niedersächsische Landesamt für Ökologie in Hildesheim (NLÖ) zwecks Auswertung weiterzugeben. Die Eingabe der Daten sollte in vorgefertigte Programme erfolgen und somit eine Datenübermittlung in einem einheitlichen Format auf geeigneten Datenträgern sicherstellen. Die Auswertung erfolgt in Anlehnung an LAWA (1993), vgl. Kap. B 5.2.1 bis B 5.2.3.

Für die wichtigsten Wasserinhaltsstoffe geben SCHLEYER u. KERNDORFF (1992) typische geogene Konzentrationen und Grenzkonzentrationen an, deren Überschreiten einen Hinweis auf anthropogene Beeinflussungen bedeuten können, s. Tab. 1.

Allgemeine Hinweise

Kosten

Die für die Errichtung und das Betreiben der Vorfeldmessstelle(n) anfallenden Kosten trägt das Wasserversorgungsunternehmen gemäß § 147 (2) NWG.

Zusätzliche Untersuchungen des Grundwassers, die im engeren Sinne der Wirkungskontrolle von Grundwasserschutzmaßnahmen in der Zusatzberatung Wasserschutz dienen, können - ggf. anteilig - aus der Wasserentnahmegebühr finanziert werden (§ 47h (3) Ziffer 4a NWG).

Tab. 1: Orientierungswerte für Wasserinhaltsstoffe nach SCHLEYER, R. & KERNDORFF, H., (1992).

		Lockersedimente		Kalk/Dolomit		
Parameter	Einheit	geogener Normalbereich	Beginn anthropogen beeinflusster Bereich	geogener Normalbereich	Beginn anthropogen beeinflusster Bereich	Bemerkung
Temperatur	°C	9,1 - 11,5	12,7	9,2 - 12,9	13,7	
Leitfähigkeit	µS/cm	260 - 660	840	410 - 900	1000	
pH-Wert		6,6 - 7,4	< 6,2 oder > 7,6	7,1 - 7,6	< 6,9 oder > 7,9	
Natrium (Na ⁺)	mg/l	6 - 30	50	5 - 35	50 °)	°) 90%-Perzentile
Kalium (K ⁺)	mg/l	1 - 4	9	0,7 - 4	7	
Calcium (Ca ²⁺)	mg/l	35 - 120	150	65 - 130	160	
Magnesium (Mg ⁺)	mg/l	4 - 25	30	7 - 40	45	
Eisen, gesamt (als Fe)	mg/l	< 0,02 - 3	8	< 0,02 - 0,1	0,3	
Mangan, gesamt (als Mn)	mg/l	< 0,01 - 0,3	0,8	< 0,01 - 0,01	0,1	
Hydrogencarbonat (HCO ³⁻)	mg/l	80 - 350	420	210 - 390	420	
Nitrat (NO ³⁻)	mg/l	0,4 - 30 *)	-----	4 - 35 *)	-----	*) derzeitige Kontamin.
Nitrit (NO ²⁻)	µg/l	< 10 - 30	65	< 10	75	
Ammonium (NH ⁴⁺)	mg/l	< 0,01 - 0,3	0,5	< 0,01 - 0,02	0,3	
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/l	15 - 105	150	20 - 125	210	
Chlorid (Cl ⁻)	mg/l	10 - 55	80	9 - 70	80	
Bor, gesamt (als B)	µg/l	< 10 - 65	80	keine Analysen	keine Analysen	Leitelement
Phosphat (PO ₄ ³⁻)	mg/l	< 0,05 - 0,3	0,5	< 0,05 - 0,1	0,1	
DOC	mg/l	< 0,5 - 2,5	4,5	< 0,5 - 2,5	4,5	Grundwasser allgemein

Literatur

DVGW, DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E.V. (1988): DVGW-Regelwerk Technische Mitteilungen, Hinweis W254: Grundsätze für Rohwasseruntersuchungen, Eschborn.

DVWK, DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V. (1997): DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft Heft 245: Tiefenorientierte Probenahme aus Grundwassermessstellen, Bonn.

DVWK, DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V. (1990): DVWK-Schriften Heft 89: Methodensammlung zur Auswertung und Darstellung von Grundwasserbeschaffenhheitsdaten, Bonn.

LAWA, LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (1993): Grundwasser – Richtlinien für Beobachtung und Auswertung, Teil 3: Grundwasserbeschaffenheit

MU, NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1997): Das Niedersächsische Kooperationsmodell zum Trinkwasserschutz – Ein Beitrag zur Agenda 21 in Niedersachsen, Hannover.

NLWA, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL (1990): Niedersächsische Richtlinie für die Auswahl, den Bau und für die Funktionsprüfung von Messstellen, Hildesheim.

NLWA, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL (1991): Kriterien-Katalog für die Auswahl, den Bau und die Funktionsprüfung von Vorfeldmessstellen, Hildesheim.

NLWA, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL (1992): Grundwasserüberwachungssystem Niedersachsen, Grundwassergütemessnetz - Messprogramm. Anweisung über einheitliche Verfahren bei der Entnahme von Grundwasserproben, deren Untersuchung und die Verarbeitung der Meßergebnisse im Rahmen des Grundwassergütemessnetzes (unveröffentlicht).

SCHLEYER, R. & KERNDORF, H. (1992): Die Wasserqualität westdeutscher Trinkwasserressourcen. VCH Verlagsgesellschaft mbH; Weinheim.

5.3 Rohwasseruntersuchung

Kurzcharakteristik

Als Rohwasser wird Wasser vor der Aufbereitung bezeichnet (DIN 4046, 1983). Die hier behandelte Thematik bezieht sich auf die Entnahme von Rohwasser aus dem Grundwasser.

Rohwasseranalysen sind für ausgewählte Messstellen (i. d. R. Förderbrunnen) im festgelegten Rhythmus nach dem Regelwerk W 254 des DVWG (1988) durchzuführen. Die Analyseergebnisse lassen eine integrative Bewertung der durchschnittlichen Grundwasserqualität im Einzugsgebiet der Messstelle zu:

- Sie geben Hinweise auf erforderliche Maßnahmen in der Trinkwasseraufbereitung und
- belegen langfristig Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit im Einzugsgebiet.

Kleinräumige Veränderungen in der Grundwasser-Beschaffenheit sind meist nicht zu erkennen, da diese durch Verdünnung mit Grundwässern aus dem restlichen Einzugsgebiet maskiert werden. Somit sind Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu Grundwasser-Belastungen oder zu Grundwasserschutz-Maßnahmen durch Rohwasseruntersuchungen nur zu identifizieren, wenn sie das Haupteinzugsgebiet des betrachteten Förderbrunnens betreffen.

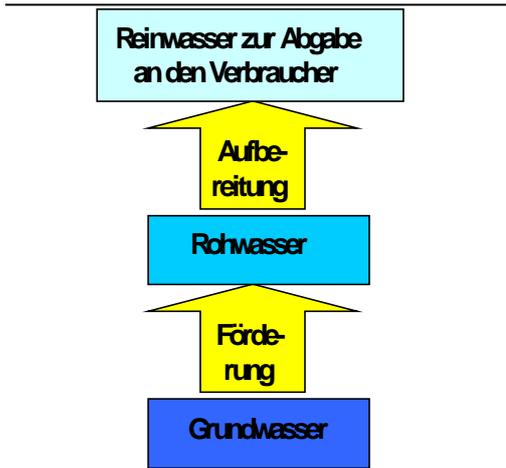


Abb. 1: Begriffsdefinition Rohwasser

Anwendungsbereich

Die Rohwasseranalysen lassen Rückschlüsse über die allgemeine Belastungssituation im Einzugsgebiet zu. Damit können sie der gebietsübergreifenden Prioritätensetzung für die Zusatzberatung seitens der hierfür zuständigen Bezirksregierungen dienen. Für die Erfolgskontrolle von Grundwasserschutzmaßnahmen ist eine langfristige Bewertung der Rohwasserdaten erforderlich, da infolge der meist langsamen Grundwasser-Strömung die Veränderungen in der Grundwasser-Beschaffenheit erst nach erheblicher Zeitverzögerung am Förderbrunnen zu beobachten sind.

Durchführung

Beprobung

Die Rohwasseruntersuchung sollte i. d. R. für **einzelne** Förderbrunnen durchgeführt werden. Falls in großen Gewinnungsgebieten mehrere Förderbrunnen betrieben werden, können Probleme im Einzugsgebiet eines Förderbrunnens meist nicht erkannt werden, wenn eine Mischprobe aus allen Förderbrunnen analysiert wird (Verdünnung, Maskierung).

Veränderungen in der Rohwasserqualität sind nur nachweisbar, wenn Analysen in hinreichend dichten Zeitintervallen vorliegen.



Aus diesem Grunde sollten im Einzugsgebiet mit vielen Förderbrunnen nach einer Bestandsaufnahme an allen Förderbrunnen bestimmte Messstellen festgelegt werden, für die regelmäßig die erforderlichen Rohwasseruntersuchungen durchgeführt werden. Sicherheitshalber sollte in diesen Fällen jeweils eine Mischprobe aller Förderbrunnen zusätzlich untersucht werden.

Der Parameterumfang und die Probenahmehäufigkeit sind nach dem Messprogramm des DVGW-Regelwerkes W 254 (1988) vorgeschrieben (vgl. auch NLWA (1992)). Bei Grenzwertüberschreitungen sind demnach für ausgewählte Parameter Sonderuntersuchungen erforderlich.

Im Rahmen der Erfolgskontrolle für die Zusatzberatung Wasserschutz im Gesamteinzugsgebiet können insbesondere in großen Wassergewinnungsgebieten zusätzliche Rohwasseruntersuchungen sinnvoll sein. Dazu bieten sich an:

- Räumliche und zeitliche Verdichtung der Rohwasseruntersuchung und
- Abstimmung der Untersuchungstermine auf Vegetations- bzw. Fruchtfolgezyklen.

Diese zusätzlichen Untersuchungen können mit reduziertem Parameterumfang durchgeführt werden. Für die Zusatzberatung Wasserschutz sind neben Nitrat vor allem Ammonium, Kalium, Sulfat, Hydrogencarbonat, einige Spurenstoffe (z. B. Fe^{3+} , Fe^{2+} , Cd, Ni) sowie ggf. Keimbelastungen von Bedeutung.

Ergebnisauswertung

Die Auswertung alter und neuer Rohwasserdaten sollte folgende Aspekte einschließen:

- Prüfung der Verlässlichkeit alter Daten sowie Plausibilität alter und neuer Daten,
- Zeitreihenanalyse,
- Bestandsaufnahme struktureller Veränderungen im Einzugsgebiet und
- die Kenntnis über mögliche Stoffumsatzprozesse im Grundwasserleiter.

Die spezielle Auswertung der Rohwasserdaten im Rahmen der Erfolgskontrolle sollte beinhalten:

- Zeitreihenanalyse einschließlich Trendberechnung und Periodizitäten für ausgewählte Parameter,
- Grundwassertypisierung, die insbesondere im Vergleich mit Daten aus Vorfeldmessstellen Rückschlüsse auf Grundwasserherkunftsbereiche zulässt,
- Datenabgleich mit Förderraten und Klimadaten (Grundwasser-Neubildung),
- Datenabgleich mit Grundwasseruntersuchungen an Vorfeldmessstellen (Typ, Trend, Periodizität).

Die Bewertung der Daten sollte die Strömungsverhältnisse im Grundwasserleiter, eingetretene strukturelle Veränderungen im Einzugsgebiet, mögliche Belastungsquellen und Schutzmaßnahmen sowie identifizierbare Stoffumsatzprozesse im Grundwasser berücksichtigen.

Eignungsbewertung

Ist-Zustand für die innergebietliche Prioritätensetzung	0
Erfolgskontrolle von Einzelschlag-Maßnahmen	-
Erfolgskontrolle auf Repräsentativflächen	-
Erfolgskontrolle großflächiger Grundwasserschutz-Maßnahmen	0

- Rohwasseruntersuchungen eignen sich für eine **langfristige Erfolgskontrolle** der gesamtgebietlichen Zusatzberatung und für die gebietsübergreifende Prioritätensetzung.
- Von den verfügbaren Methoden zur Erfolgskontrolle von Grundwasserschutz-Maßnahmen weist die Rohwasseruntersuchung die **längste zeitliche Verzögerung** zwischen Massnahmendurchführung und Erfolgsnachweis sowie die geringste räumliche Spezifität auf.
- Für die **kurzfristige Erfolgskontrolle** und Erfolgsbewertung einzelner, räumlich begrenzter Grundwasserschutz-Maßnahmen ist sie daher weniger geeignet als die übrigen hier dargestellten Verfahren.
- In WVGn mit einfachen hydrogeologischen Verhältnissen und relativ kurzen Reaktionszeiten, kann die Rohwasseruntersuchung bedingt zur Erfolgskontrolle großflächiger Maßnahmen dienen.



Literatur

DIN 4046 (1983): Wasserversorgung-Begriffe.

DVGW, DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES (1988): DVGW-Regelwerk Technische Mitteilungen, Hinweis W254: Grundsätze für Rohwasseruntersuchungen, Eschborn.

MU, NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1998): Das Niedersächsische Prioritätenprogramm, Hannover.

NLWA, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL (1992): Messprogramm zur Untersuchung von Rohwasser- und Vorfeldmessstellen.- In Vorbereitung; Hildesheim.

RAT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (1980): Richtlinie des Rates vom 15. Juli 1980 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (80/778/EWG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 229/11, Brüssel.

Trinkwasserverordnung (TrinkwV) vom 5. Dezember 1990 (BGBl. I, S. 2600-2612

Teil C

Vorgehensweise zum Einsatz der
Einzelmethoden im Rahmen der
Zusatzberatung Wasserschutz



1 Niedersächsisches Prioritätenprogramm Trinkwasserschutz

Einleitung

Der Schutz der Gewässer gegenüber Verunreinigungen ist im Niedersächsischen Wassergesetz geregelt. Gem. § 2 Abs. 3 ist jedermann verpflichtet, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten. Jede Benutzung eines Gewässers bedarf der Erlaubnis oder Bewilligung. Trotz dieser sehr weitgehenden Schutzvorschriften ist das Grundwasser vielfach verunreinigt. Insbesondere eine unnatürlich hohe Belastung mit Nitrat wird weiterhin im oberflächennahen Grundwasser festgestellt.

Im Rahmen des Niedersächsischen Kooperationsmodells wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Grundwasserschutz-orientierte Maßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft sowie im Erwerbsgartenbau umgesetzt, um die Nitratbelastung des Grundwassers in Trinkwassergewinnungsgebieten entsprechend zu reduzieren.

Mittlerweile liegen umfangreiche Erfahrungen aus diesem Bereich vor, die in dem „Prioritätenprogramm Trinkwasserschutz“ dokumentiert wurden. Der Bericht beinhaltet eine umfassende Bestandsaufnahme der seit Einführung der Wasserentnahmegebühr in dem Bereich „Trinkwasserschutz und Landwirtschaft“ geleisteten Arbeit. Dies umfasst insbesondere die Bedeutung der Kooperationen, der Zusatzberatung und der Freiwilligen Vereinbarungen für die Minderung der Grundwasserbelastung durch die Landwirtschaft. Weitere aus der Wasserentnahmegebühr finanzierte Maßnahmen, wie z. B. Modell- und Pilotprojekte, werden gleichfalls dargestellt und in ihrer Effizienz für den Grundwasserschutz bewertet. Ausführlich wird erläutert, wie die Effizienz der einzelnen Maßnahmen kontrolliert wird.

Der Bericht wurde von einer Arbeitsgruppe aus Vertretern des MU, der vier Bezirksregierungen und des NLO erstellt und nach erfolgter Anhörung mit allen relevanten Verbänden und Stellen des Wasserschutzes, der Landwirtschaft und des Naturschutzes von Herrn Umweltminister Jüttner im November 1999 verbindlich eingeführt. Im Folgenden werden aus dem Prioritätenprogramm auszugsweise einige wesentliche Inhalte zu bisherigen Ergebnissen vorgestellt. Die Langfassung des Programms ist im Niedersächsischen Umweltministerium erhältlich.

Zielvorgaben für den Grundwasserschutz

Langfristiges Ziel des flächendeckenden und nachhaltigen Grundwasserschutzes ist die Erhaltung oder Wiederherstellung der natürlichen Grundwasserbeschaffenheit. Mittelfristig sind vielfach Maßnahmen zu ergreifen, um insbesondere in Wasservorranggebieten die Grundwasserqualität so zu sichern bzw. zu sanieren, dass diese Vorkommen dauerhaft für die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung erhalten bleiben.

In vielen intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten bereiten Grundwasserbelastungen mit Nitraten, mit Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln (PBSM) oder mit anderen Substanzen Probleme. Im Prioritätenprogramm Trinkwasserschutz werden für Nitrat Zielvorgaben formuliert, bei deren Einhaltung langfristig eine Koexistenz von landwirtschaftlicher Produktion und Trinkwassergewinnung sichergestellt ist. Die aus der Wasserentnahmegebühr finanzierten Maßnahmen verfolgen das Ziel, die nachfolgend genannten Nitrat-Grenzwerte einzuhalten. Für andere Belastungen sind die Zielvorgaben entsprechend abzuleiten.

- Sickerwasser: Im Sinne des flächendeckenden Grundwasserschutzes muss eine Sickerwasserqualität gewährleistet werden, bei der anthropogene Belastungen für tiefergelegene Grundwasservorkommen nicht zu besorgen sind. Aus Gründen der Vorsorge ist für die Sickerwasserbeschaffenheit in Wasservorranggebieten die Einhaltung der TrinkwVO-Grenzwerte (< 50 mg/l Nitrat) unter landwirtschaftlich genutzten Flächen anzustreben. Dazu sind die Emissionen aus den landwirtschaftlich genutzten Böden auf ein verträgliches Maß zu senken.
- Grundwasser: Oberstes Ziel des Grundwasserschutzes ist es, flächendeckend für alle Grundwasservorkommen den natürlichen Zustand ohne oder nur mit geringen anthropogenen Belastungen zu erhalten oder wiederzuerlangen. Im oberflächennahen Grundwasser ist kurzfristig eine deutliche Absenkung der Nitratgehalte unterhalb des Grenzwertes (< 50 mg/l Nitrat) anzustreben. Im Entnahmestockwerk sollte mittelfristig ein Wert von < 25 mg/l Nitrat angestrebt werden.
- Rohwasser: Im Rohwasser ist der Nitratwert sicher und dauerhaft unter den Grenzwert (< 50 mg/l Nitrat) zu senken und ein Wert < 25 mg/l Nitrat anzustreben. Durch Stoffumsatzprozesse bedingt, kann die Grundwasserbelastung mit Nitraten zunächst zu Konzentrationserhöhungen bei anderen Substanzen (Sulfat, Eisen, Spurenelemente) führen, bevor sich die erhöhte Nitratbelastung im Grundwasser bemerkbar macht. Daher wird auch für diese Stoffe die Einhaltung der entsprechenden Grenzwerte (z. B. < 240 mg/l Sulfat) gefordert, wenn deren erhöhte Werte durch Nitratreinträge bedingt sind.
- Akzeptanz des Gewässerschutzes: Als weitere wesentliche Zielvorgabe soll die Akzeptanz der durch das Wasserrecht vorgegeben Schutzmaßnahmen wie Ausweisung von Was-

serschutzgebieten, gewässerschutzorientierte Zusatzberatung, Durchführung freiwilliger Maßnahmen etc. gesteigert werden. Dazu soll die Beteiligung der Landwirte an den Maßnahmen sowie das Interesse und die Mitwirkung der Wasserversorgungsunternehmen gefördert werden. Durch die Vermittlung neuer Erkenntnisse sollen auch Verhaltens- und Bewirtschaftungsveränderungen außerhalb von Wassergewinnungsgebieten erzielt werden.

Bewertung der bisherigen Vorgehensweise unter besonderer Berücksichtigung der wasserwirtschaftlichen Zielvorgaben

Ausweitung der Wasserschutzgebiets-Fläche

Zur Umsetzung des landespolitischen Zieles, die Qualität des öffentlichen Trinkwassers langfristig zu sichern, werden verstärkt Wasserschutzgebiete festgesetzt. Vorgesehen sind diese Schutzgebiete grundsätzlich für alle Trinkwasserwerke. Im Zeitraum 1992-1998 erhöhte sich durch neue Ausweisungen die Wasserschutzgebietsfläche um rund 800 km² auf 4150 km² (= 60 % der Fläche der niedersächsischen Wasservorranggebiete).

Durch die Bestimmungen der seit 1995 geltenden SchuVO ist ein einheitlicher Standard des Grundwasserschutzes nach dem Ordnungsrecht erreicht worden. Die Akzeptanz der Schutzgebietsverordnungen wurde durch Beratung, frühzeitige Information und Einbindung der betroffenen Landwirte sowie durch die Ausgleichszahlungen erhöht. Eine weitergehende Einbindung der Kooperation in die Umsetzung einzelner, über den SchuVO-Standard hinausgehender Schutzbestimmungen wird bereits in einigen Fällen praktiziert.

Flächendeckend Kooperationen und Beratung in Wasservorranggebieten

Durch die aus der Wasserentnahmegebühr finanzierten Maßnahmen konnte das Verständnis der Landwirtschaft für die Belange des Grundwasserschutzes erfolgreich verbessert werden. Dies gilt in der Regel gleichfalls für die hiermit in Zusammenhang stehenden Produktionsverfahren der grundwasserschonenden Landbewirtschaftung (z. B. sachgerechterer Düngemiteleinsatz, grundwasserschonendere Bodenbearbeitung etc.). Damit wurden die Voraussetzungen für die Umsetzung der wasserwirtschaftlichen Ziele geschaffen.

Besondere Bedeutung haben die in den Trinkwassereinzugsgebieten gebildeten Kooperationen zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft sowie die speziell auf den Grundwasserschutz abgestellte Beratung. Durch Kooperationen werden mehr als 90 % der landwirtschaftlichen Flächen abgedeckt, die in Vorranggebieten mit aktueller Wasserförderung liegen. Fünf Jahre nach Einführung der Wasserentnahmegebühr existieren insgesamt 107 Kooperationen, die 314 Wasservorranggebiete umfassen. Angepasst an die regionalen Erfordernisse werden

hier unter Beteiligung der Betroffenen - das sind insbesondere die Wasserversorger und die örtlichen Landwirte - Konzepte für einen effektiven Grundwasserschutz entwickelt und umgesetzt.

In 283 dieser 314 Wasservorranggebiete wird den Landwirten und dem Erwerbsgartenbau derzeit eine Beratung im Interesse des Grundwasserschutzes angeboten. Der Wettstreit der Ideen, der durch die verschiedenen in der Zusatzberatung tätigen Beratungsträger (Landwirtschaftskammern, Ingenieurbüros, Beratungsringe) stattfindet, fördert Kreativität und Innovation.

Breite Akzeptanz der Maßnahmen

Neben der Entwicklung der kooperativen Zusammenarbeit und der intensiven Beratung im Interesse des Grundwasserschutzes wurden weitere Maßnahmen entwickelt und angeboten, die zur Minderung der Nährstoffbelastung beitragen. Hierzu gehören insbesondere der Abschluss von Freiwilligen Vereinbarungen, die Erweiterung des Gülle-Lagerraums sowie eine Extensivierung durch Flächenerwerb.

Im Jahr 1997 wurden rund 8.800 Freiwillige Vereinbarungen mit den Landwirten abgeschlossen (im Vergleich dazu die Vertragsabschlüsse 1994: rund 2.300). Das Spektrum der Maßnahmen im Rahmen der Freiwilligen Vereinbarungen umfasst insbesondere Auflagen zur Begrünung (Zwischenfrüchte, Untersaaten), zur reduzierten Stickstoff-Düngung, zur exakten Wirtschaftsdüngerausbringung sowie zur Umstellung der Fruchtfolgen. In den Jahren 1995-1998 wurden zudem im Rahmen freiwilliger Vereinbarungen rund 600 Lagerstätten für Gülle errichtet oder erweitert, um die durch die landesweite SchuVO notwendigen Lagerzeiten einzuhalten. Durch die Bezuschussung des Flächenkaufs durch den Wasserversorger erfolgte darüber hinaus auf rund 800 ha eine Extensivierung.

Nährstoffausträge vermindert

Der Nährstoffaustrag konnte durch die aus der Wasserentnahmegebühr finanzierten Maßnahmen in vielen Gebieten erheblich reduziert werden. Die Maßnahmen dienen damit im Besonderen den wasserwirtschaftlichen Zielen. Die Erfolge sind in der Regel nicht nur auf eine Maßnahme, sondern auf die sinnvolle Ergänzung aller im Niedersächsischen Wassergesetz für diesen Aufgabenbereich genannten Maßnahmen zurückzuführen (Kooperation, Zusatzberatung, Freiwillige Vereinbarung, Flächenkauf, Auflagen in Wasserschutzgebieten).

Durch die initiierten Maßnahmen konnte die Belastung des Grundwassers um mindestens 2.000 t Stickstoff pro Jahr vermindert werden (berechnet für das Jahr 1997). Bezogen auf die landwirtschaftlichen Flächen, auf denen die Freiwilligen Vereinbarungen umgesetzt werden, konnte damit der Nitratgehalt rechnerisch im Mittel um ca. 40-50 mg/l pro Hektar vermindert werden. Die Berechnung erfolgte unter der realistischen Annahme, daß durch die Maßnahmen der Stickstoffeintrag im Mittel um 25 kg pro ha und Jahr reduziert wird.

Aufgrund der in der Regel langsamen Fließgeschwindigkeiten im Boden sind Minderungen der Belastungen in den Vorfeldmessstellen und Brunnen durch die eingeleiteten Maßnahmen jedoch nur mittel- bis langfristig zu erwarten. Vereinzelt werden jedoch bereits jetzt positive Entwicklungen in den Vorfeldmessstellen und Brunnen nachgewiesen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die positive Wirkung der eingeleiteten Maßnahmen zurückzuführen sind (Beispiele: Elbingerode, Göttingen-Stegemühle, Holdorf, Thülsfelde).

Entwicklung von Sanierungsmaßnahmen in besonders belasteten Gebieten

Auf Basis des mittlerweile vorliegenden umfangreichen Datenmaterials wurden zielgerichtet weitergehende Sanierungsmaßnahmen für eine Reihe von Einzugsgebieten mit besonders hoch belasteten Brunnen oder Vorfeldmessstellen konzipiert (Beispiele: Wasserschutzgebiete Hameln, Großenwieden, Lamme, Holdorf, Großenkneten).

Diese weitergehenden Maßnahmen beinhalten in der Regel eine Änderung der Fruchtfolgen in Verbindung mit einer deutlichen Reduzierung der Stickstoffdüngung. Die Maßnahmen wurden so konzipiert, daß bei Annahme der Maßnahmen durch die Landwirtschaft mittel- bis langfristig der Grenzwert der Trinkwasserverordnung in den Rohwasserbrunnen unterschritten werden müsste. Der Erfolg der eingeleiteten Maßnahmen kann zuvor jedoch bereits in den Vorfeldmessstellen überprüft werden. In einigen der o. g. Gebiete konnte hier mittlerweile ein deutliches Absinken der Nitratgehalte festgestellt werden (z. B. Großenwieden, Holdorf).

Erfolgskontrolle sichergestellt

Um die Wirkung der Maßnahmen sicherzustellen, wird eine Erfolgskontrolle mit geeigneten Methoden durchgeführt (u. a. jährliche Berichte durch die Zusatzberatung für die einzelnen Wasservorranggebiete; Entnahme von Bodenproben zur Ermittlung des Nitratgehaltes; Erstellung von Stickstoffbilanzen; Entnahme von Nitrat-Tiefenprofilen etc.). Die Auswertung erfolgt durch die Bezirksregierungen, die Zusatzberatung und die Wasserversorgungsunternehmen.

Bedeutung des Anwender-Handbuches für die Umsetzung des Prioritätenprogrammes Trinkwasserschutz

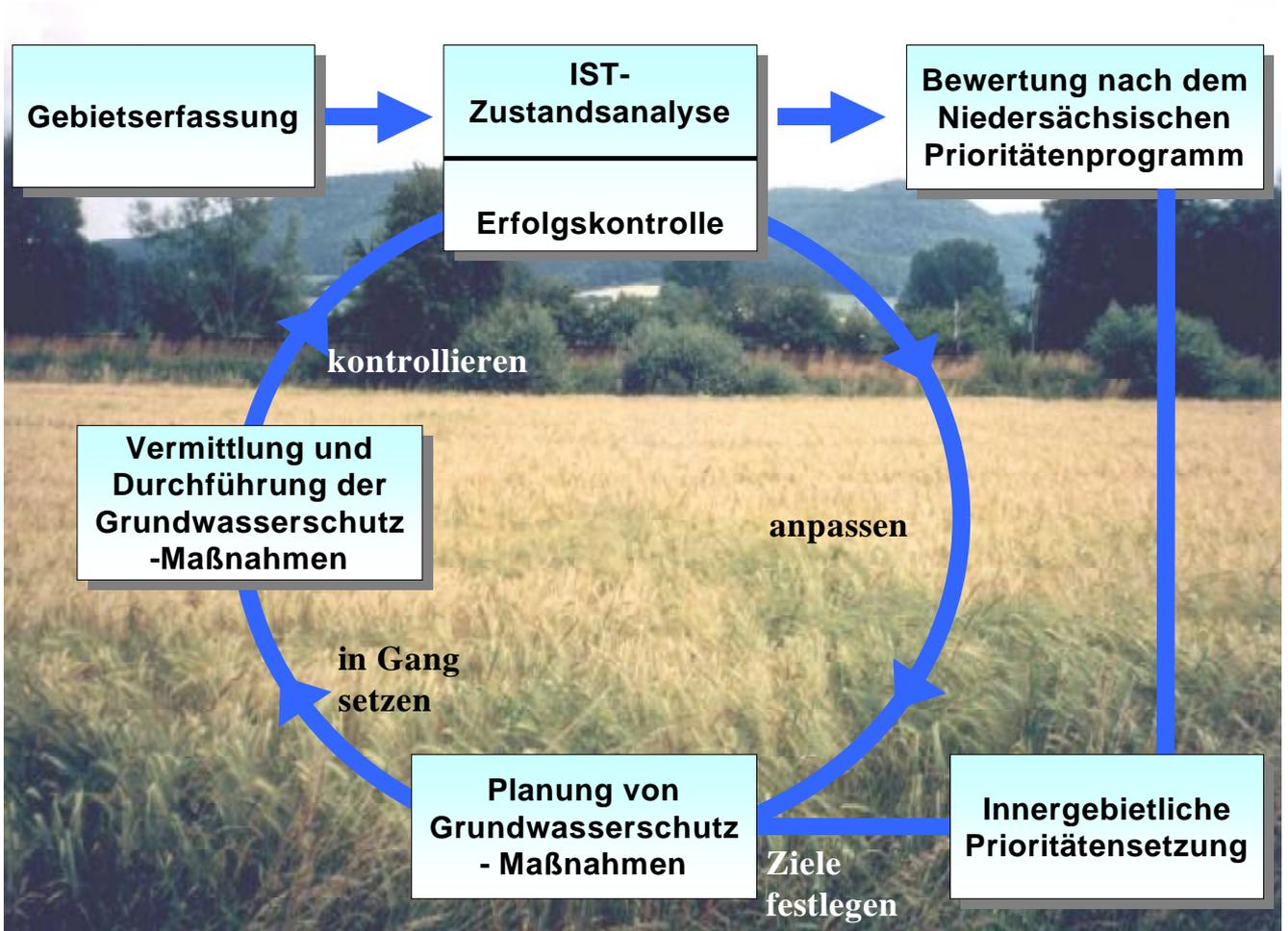
Das vorliegende Anwenderhandbuch, in dem Grundwasserschutz-orientierte Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft und Methoden zu ihrer Erfolgskontrolle beschrieben werden, bietet eine wichtige Hilfestellung bei der Umsetzung des Prioritätenprogrammes Trinkwasserschutz.

Mit dem Anwenderhandbuch wird eine wichtige Grundlage dafür geschaffen, dass eine einheitlicher Methodeneinsatz im Bereich der Zusatzberatung Wasserschutz gewährleistet wird, wodurch

die Möglichkeiten der bisherigen Erfolgskontrolle aufgrund von klaren Definitionen und der Vorgabe von einheitlichen Standards deutlich verbessert werden. Darüber hinaus stellt das Anwenderhandbuch eine Erweiterung der bisherigen Liste der Kontrollinstrumentarien dar. Es werden neue Instrumente zur Erfolgskontrolle beschrieben und deren Aussagekraft bewertet.

2 Anwendungsbeispiel für Einzelgebiete

2.1 Schematischer Ablauf der Zusatzberatung



Obenstehende Grafik verdeutlicht den prinzipiellen Ablauf der Zusatzberatung in Wassergewinnungsgebieten.

Nach der Gebietserfassung (Kap. C 2.2) erfolgt die Ermittlung des IST-Zustandes (Kap. C 2.3). Die Daten der IST-Zustandsanalyse sind Grundlage zur Gebietseinstufung nach dem Niedersächsischen Prioritätenprogramm (Kap. C 1). Innerhalb des WGG werden innergebietliche Prioritäten gesetzt (Kap. C 2.4), die wesentlichen Einfluss auf die Planung der Grundwasserschutz-Maßnahmen haben (Kap. C 2.5). Die Vermittlung und Durchführung, sowie die Erfolgskontrolle der Grundwasserschutz-Maßnahmen werden in den Kapiteln C 2.6 und C 2.7 dargestellt.



2.2 Gebietserfassung

Eine Zusatzberatung Wasserschutz beginnt idealerweise mit der Erfassung wichtiger Gebietseigenschaften (gebietliche Basisdaten) und deren thematischer Weiterverarbeitung für die zukünftige Beratungsarbeit. Es handelt sich im Regelfall um einmalige Arbeiten, wobei die erhobenen Datenbestände fortlaufend zu aktualisieren sind. Mindestbestandteile der Gebiets- erfassung sollten sein:

- Die kartographische Erfassung der Flurstücke sowie Einzelschläge und ihre Einbindung in ein computergestütztes Geografisches Informationssystem (GIS);
- die Erfassung der landwirtschaftlichen Betriebe und Aufnahme ihrer Grundwasserschutz-relevanten Kenndaten (Überschneidung mit Folgekapitel IST-Zustandserfassung);
- die Erstellung bodenkundlicher Grundlagenkarten und Ableitung thematischer Karten (z. B. zur Nitrat-Austragsgefahr NAG und zu geeigneten Stoffpotenzialen);
- die Auswertung hydrogeologischer und wasserwirtschaftlicher Daten, z. B. Schichtenverzeichnisse, Grundwasserstands- und Analysedaten, und sonstiger Unterlagen des Wasserversorgers.

Sollten trotz laufender Wasserschutzberatung wichtige Gebiets- eigenschaften noch nicht erhoben sein, so ist deren nachträgliche Erfassung erforderlich.

Shape	Polygon
FNr	20
Bodenform	3,0
Beschüttung	3
Herlass	36,515
N-Austragsgefahr	mittel
eff. We [dm]	2
GM-Faktor	135,00
PK/We [m/a]	200
rFK/We [mm]	150
Wpß [mm]	150
SWpß [mm]	271
Densifikation	1
Kü/Wet	5
Mineralisation	2
Nutzung	Acker
Hektar-Nenn-Wert [kg N/ha]	31

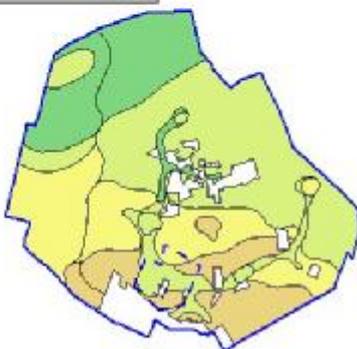


Abb. 1: In einem Geografischen Informationssystem (GIS) lassen sich kartographische Einheiten mit Fachdatenbanken verknüpfen.

GIS-Erfassung der Kartengrundlage und Aufbau einer EDV-gestützten Datenverwaltung

Die erhobenen Daten lassen sich am besten in einer Datenbank mit Anbindung an ein GIS verwalten. Die Vorteile hierbei sind:

- Ein einfacher Datenaustausch,
- eine weitgehend automatisierbare Datenauswertung,
- vielfältige kartografische Darstellungsmöglichkeiten raumbezogener Daten (z. B. NAG, Flächennutzung, Herbst-Nmin-Werte, Bilanzsalden etc.),
- die Möglichkeit der Verschneidung verschiedener Kartenebenen, z. B. NAG-Karte und Flächennutzungskarte.

Als Kartengrundlage für das GIS dient die Deutsche Grundkarte im Maßstab 1 : 5000 (DGK 5), die bei der LGN (Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen) in digitaler Form vorgehalten wird. Die Eintragung der Schlaggrenzen und die Zuweisung von Schlagnummern erfolgen manuell. Durch Verschneidung mit dem Automatisierten Liegenschaftsbuch bzw. Liegenschaftskataster (ALB bzw. ALK) des Katasteramtes ist auch die Verknüpfung zwischen den Flurstücken und ihren Eigentümern oder Pächtern möglich.

Über die Schlagnummern werden den Bewirtschaftungseinheiten die flächenbezogenen Daten (u. a. Größe, einzeljahresbezogene

Bewirtschaftungsdaten, Betriebsnummer des Bewirtschafters, NAG, Herbst-Nmin-Werte etc.) zugeordnet.

Die Daten werden in Tabellen der Datenbank eingegeben. Die Auswertung erfolgt über Abfragen, die sich auf eine oder mehrere Tabellen beziehen, oder auch auf anderen Abfragen aufbauen können. Filterfunktionen ermöglichen gesamtgebietliche Auswertungen nach Bewirtschaftern, Anbaufrüchten, NAG-Klassen etc. Beispielsweise lassen sich in einer Abfrage mit Zugriff auf die Bewirtschaftungsdaten-Tabelle zunächst die einschlagbezogenen Bilanzsalden berechnen, die dann in einer darauf aufbauenden weiteren Abfrage zu fruchtspezifischen Mittelwerten des Gesamtgebietes oder z. B. für Standorte mit sehr hoher / hoher / mittlerer / geringer Nitrataustragsgefährdung zusammengefasst werden.

Die Fach-Datenbank der Zusatzberatung unterscheidet sich von der einzelbetrieblichen EDV-Ackerschlagkartei (Kap. A 4.2) durch umfassendere Eingabe- und Auswertungsmöglichkeiten und dementsprechend größere fachliche und datenverarbeitungstechnische Anforderungen an den Nutzer.

Betriebsdatenerhebung

Die Betriebsdatenerhebung beschränkt sich im Rahmen der Gebietserfassung auf die

- verwaltungstechnisch erforderlichen Daten wie Postanschrift, Bankverbindung etc. sowie
- Grundwasserschutz-relevante Parameter wie z. B.
 - Klassifizierung des Betriebssystems gemäß KTBL,
 - Anbauverhältnisse,
 - technische Ausstattung,
 - Viehbesatz und Wirtschaftsdünger-Lagerkapazität.

Mit Beginn der Zusatzberatung sollte dabei möglichst frühzeitig der persönliche Kontakt zu den Betriebsleitern hergestellt werden.

Betriebserhebungsbogen (Datum:.....)

Allgemeine Angaben				
Name		EU-Nr.		
Vorname		Konto-Nr.		
Straße; Nr.		BLZ		
PLZ; Ort		Telefon		
Ortsteil		Fax; Handy		
Bemerkungen: Perspektiven/Tendenzen				
Welche Erwartungen knüpfen Sie an die Zusatzberatung?				

Flächennutzung			
LF ges. [ha]			
Acker [ha]		Früchte	Verwertung
davon:			

Tierhaltung				
Tierart	Alter bzw. Gewicht	Mittlerer Bestand	Aufstallung: Gülle/Mist	Weidegang ja/nein

Futtermittelzukauf		Menge [dt]	WIDü-Anfall
			Mist [dt]
			Gülle [m ³]
			Jauche [m ³]
			WIDü-Lagerraum

Landtechnik			
Bereiche	technische Ausstattung	Besitzverhältnisse	weitere Planung
Gülleausbrg			
Mistausbrg			
Saattechnik			
Bodenbearb.			
Bemerkungen: P.....ven/Tendenzen			

Abb. 2: Mehrteiliger Betriebserhebungsbogen

Daten der Bodenkunde

Die bodenkundlichen Originaldaten einer Kartierung oder z. B. der Bodenschätzung sollten soweit wie möglich für die Zusatzberatung nutzbar gemacht werden. Hierfür wird zunächst eine Bodenformenkarte erstellt. Die Bodenformen repräsentieren Standorte mit ähnlicher hydrologischer Reaktion (u. a. also einem übereinstimmenden Stoff-Austragsverhalten), deren Verbreitung durch Kartierbohrungen in Verbindung mit der Auswertung geologischer Karten ermittelt wird.

Die Bodenformenkarte

- lässt Rückschlüsse auf das natürliche Ertragspotenzial der Standorte zu;
- ermöglicht die Festlegung von standörtlich repräsentativen Probenahmepunkten bzw. von Repräsentativ-Parzellen für die Nmin-Beprobung oder das Versuchswesen;
- gibt Aufschluss über die Verbreitung von Böden mit natürlicherweise erhöhten Stickstoffvorräten (Niedermoor- und Anmoorbereiche), die zu hohen Nitratreinträgen in das Grundwasser führen können, bei der Berechnung der NAG aber nicht gesondert berücksichtigt werden.

Aus den Leitprofilen lassen sich u. a. Feldkapazität, Sickerwasserrate und NAG ableiten. Die natürlichen Grenzen der Bodenformen werden in das GIS übernommen. Für jeden Einzelschlag werden im GIS die Flächenanteile der vorhandenen Bodenformen berechnet. Diese gehen als Wichtungsfaktoren in die Berechnung schlagbezogener NAG-Werte ein, die als **Einzelschlag-NAG-Karte** dargestellt werden (**Abb. 3**) und eine wesentliche Grundlage für die innergebietliche Prioritätensetzung der Zusatzberatung bilden.

Anhand der Sickerwasserrate und der NAG lassen sich die standortabhängig maximal tolerierbaren Herbst-Nmin-Werte und Bilanzsalden berechnen, die zur Erfüllung von Zielvorgaben zur Sickerwasserqualität (z. B. NO_3 -Konzentration $< 50 \text{ mg/l}$) einzuhalten sind. Nach Klasseneinteilung lassen sich diese ebenfalls kartografisch darstellen.

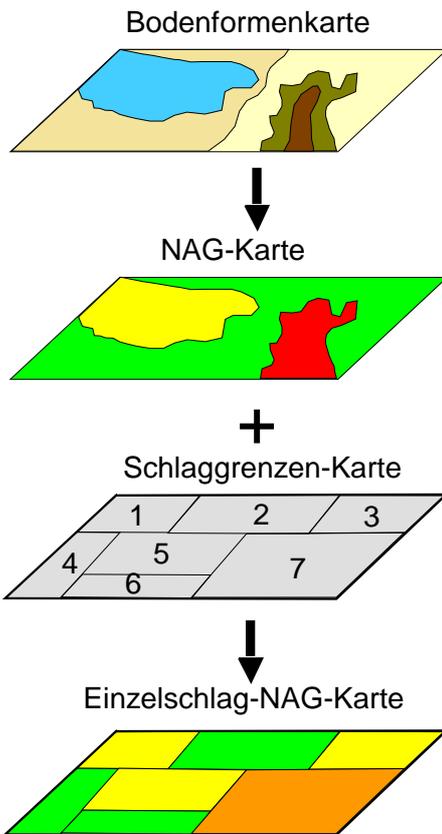


Abb. 3: Aus der Bodenformenkarte wird die NAG-Karte abgeleitet. Diese wird mit der Schlaggrenzenkarte zur Einzelschlag-NAG-Karte verschnitten.

Auswertung von Unterlagen des Wasserversorgers

Aus hydrogeologischen Gutachten sowie den Schichtenverzeichnissen von Vorfeld-Messstellen kann der geologische Aufbau des Wassergewinnungsgebietes erschlossen werden. Vor allem die Verbreitung schützender Aquifer-Deckschichten (z. B. Geschiebelehm) ist für die innergebietliche Prioritätensetzung der Zusatzberatung von Interesse.

Die Grundwasser-Fließrichtung und -geschwindigkeit sowie die Verfilterungstiefe der Vorfeld-Messstellen und Brunnen sollten für die Auswertung von Analysedaten des Grund- und Rohwassers bekannt sein. Sie sind außerdem die Grundlage zur Eignungsprüfung der vorhandenen Vorfeld-Messstellen für die Erfolgskontrolle der Zusatzberatung.

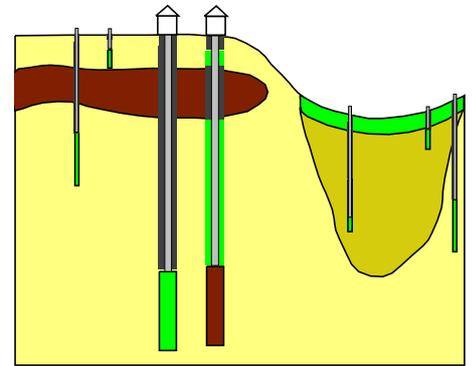


Abb. 4: Geologischer Querschnitt durch ein Wassergewinnungsgebiet in der Geest

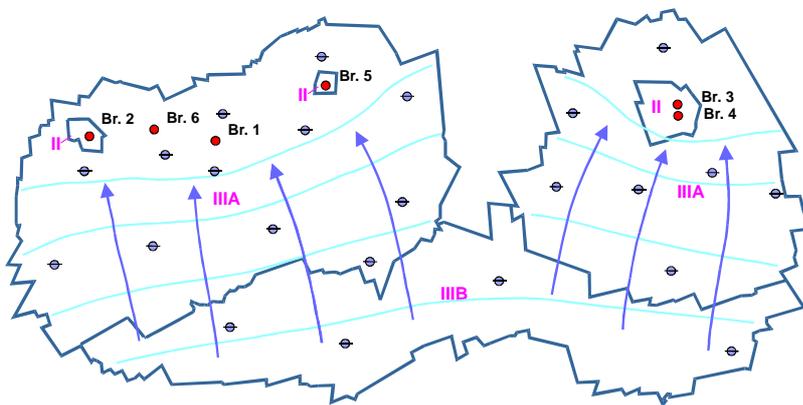
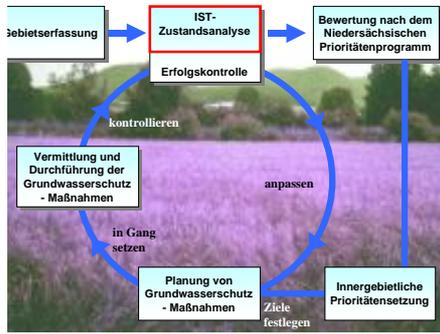


Abb. 5: Grundwassergleichenplan und die daraus abgeleiteten Grundwasserfließrichtungen



2.3 Stoffliche IST-Zustandsanalyse

Die Grundwasserschutz-bezogene IST-Zustandsanalyse dient

- der Einstufung eines Wassergewinnungsgebietes durch die zuständige Bezirksregierung nach dem Niedersächsischen Prioritätenprogramm,
- der innergebietlichen Prioritätensetzung durch die Zusatzberatung Wasserschutz vor Ort und
- als Vergleichsgrundlage (Ausgangszustand) für die spätere Erfolgskontrolle der Zusatzberatung Wasserschutz.

Die IST-Zustandsanalyse bedient sich bereits vorhandener Untersuchungen, die durch weitere Untersuchungen mit den in Teil B beschriebenen Methoden zielgerichtet ergänzt werden. Die Planung des jeweils geeigneten Untersuchungsprogramms erfolgt auf Grundlage der vorher durchgeführten Gebietserfassung.

Auswertung vorhandener Untersuchungsergebnisse

Die Auswertung vorliegender Analysen von Rohwasser und Messstellen-Beprobungen dient neben der Erfassung des aktuellen IST-Zustandes auch zur Ermittlung bisheriger Entwicklungstrends. Am Anfang der Auswertung steht eine sorgfältige Plausibilitätsüberprüfung der Werte.

Die Nitratbelastung des Rohwassers ist das übergeordnete Kriterium für die Einstufung des Gesamtgebietes nach dem Niedersächsischen Prioritätenprogramm. Aus der Zeitreihe der Einzelanalysen kann ggf. ein Entwicklungstrend abgeleitet werden. Dabei muss die meist sehr lange Reaktionszeit der Rohwasserqualität auf Bewirtschaftungsmaßnahmen und deren Veränderungen berücksichtigt werden. Die Aussagekraft der Rohwasseranalysen kann in manchen Fällen durch eine Altersanalyse mit Isotopenmethoden erhöht werden. Änderungen im Bereich der Grundwasser-Förderung (Förderraten, angeschlossene Brunnen und ihre Verfilterungstiefen) müssen für die Beurteilung der zeitlichen Entwicklung der Rohwasserqualität bekannt sein.

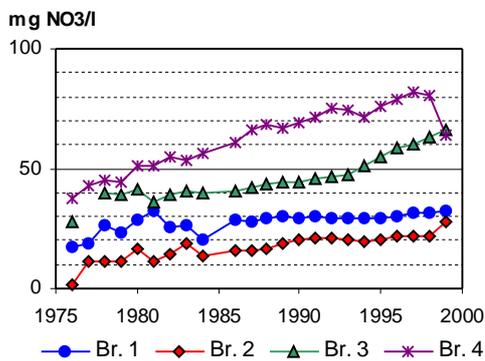


Abb. 1: Entwicklung der Nitratgehalte im Förder-Rohwasser einzelner Brunnen eines Wasserwerkes

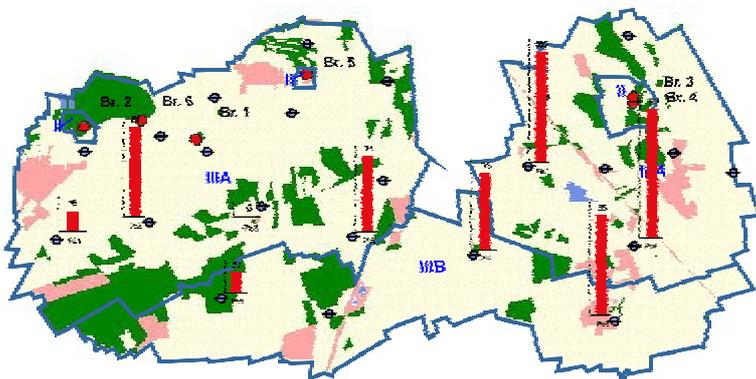


Abb. 2: Beispiel-Darstellung von Nitratwerten im Grundwasser (flach verfilterte Messstellen)

Grundwassergüte-Analysen von Vorfeld-Messstellen sind ein weiteres Standbein für die Ermittlung der Grundwasserschutz-Priorität eines Wassergewinnungsgebietes. Dies setzt ein gebietsrepräsentatives Messnetz voraus. Für die Berechnung der mittleren Nitratbelastung sollten ggf. Wichtungsfaktoren angewendet werden, um eine Überbewertung von Bereichen mit einer hohen Messstellendichte zu vermeiden.

Zur räumlich differenzierten IST-Zustandserfassung sind die Analysewerte einzelner Messstellen in Abhängigkeit von den Grundwasser-Strömungsverhältnissen und der Verfilterungs-

tiefe zu interpretieren. Messstellen mit geringen Verfilterungstiefen sind für die Fragestellungen der Zusatzberatung am ehesten geeignet, da sie die engste räumliche und zeitliche Beziehung zwischen der Landnutzung und den Messwerten gewährleisten.

Sickerwassergüte-Untersuchungen (siehe Kap. B 4) der Ungesättigten Zone sind vor Installation einer Zusatzberatung Wasserschutz im Allgemeinen nicht vorhanden. Die Sickerwasserqualität kann in diesem Fall lediglich indirekt durch Umrechnung aus Bilanzsalden bestimmt werden, sofern Nährstoff-Flächenbilanzdaten vorliegen.

Herbst-Nmin-Untersuchungen (siehe Kap. B 3) werden normalerweise erst im Rahmen der Zusatzberatung Wasserschutz durchgeführt.

Frühjahrs-Nmin-Untersuchungen, die für die einzelbetriebliche Düngeplanung bzw. für die Düngeberatung durchgeführt werden, sind keine geeignete Datengrundlage für die Grundwasserschutz-bezogene IST-Zustandserfassung, da sie die winterliche Stickstoff-Auswaschung nicht berücksichtigen.

Flächennutzungskartierung und Berechnung von Nährstoffbilanzen

Zunächst wird durch Aufnahme vor Ort eine Flächennutzungskartierung nach **Fruchtarten** durchgeführt. Die Kartierung wird ergänzt durch Erfragen der typischen **Fruchtfolgen** bei den Bewirtschaftern.

Die **Flächenbilanz**-Eingabedaten werden durch Ausfüllen der Schlagbilanz-Erhebungsbögen durch den Landwirt oder den Zusatzberater - möglichst rückwirkend für den Zeitraum mindestens einer Fruchtfolge - erhoben (vgl. Kap. B 2.2). Dabei sollen die gebietstypischen Fruchtfolgen und Anbauweisen mit einer ausreichenden Stichprobe erfasst werden. Durch Verrechnung der Bilanzsalden mit der Sickerwasserrate kann die potenzielle Nährstoffkonzentration im Sickerwasser berechnet werden. Je nach Flächenanteil der jeweiligen Nutzungsformen gehen diese in die Berechnung teil- oder gesamtgebietlicher Mittelwerte ein.

Hofterbilanzen (Kap. B 2.1) ermöglichen die Absicherung und ggf. Korrektur der Eingabedaten für die Flächenbilanzen und lassen den einzelbetrieblichen Beratungsbedarf erkennen. Ihre Erstellung ist im Rahmen der Zusatzberatung aber nur sinnvoll, wenn ein hoher Flächenanteil eines Betriebes innerhalb des Wassergewinnungsgebietes liegt.

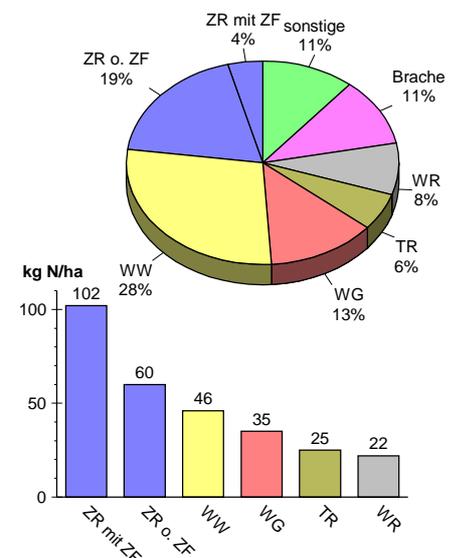


Abb. 3: Flächenanteile und mittlere N-Bilanzsalden der Anbaufrüchte in einem Wassergewinnungsgebiet

Untersuchungen der Ungesättigten Zone und des Grundwassers

Die aus den Nährstoff-Bilanzsalden und der Sickerwasserrate berechnete potenzielle Sickerwasserkonzentration ist aufgrund von Unsicherheiten bei der Ermittlung der Eingangsdaten, der Überprägung durch zeitnahe pflanzenbauliche Maßnahmen und wegen möglicher Quellen- oder Senkeneigenschaften des Bodens nicht mit der tatsächlichen Sickerwasserqualität gleichzusetzen.

Deshalb wird für die IST-Zustandserfassung, basierend auf der Bodenkarte und der Flächennutzungskarte, eine stofflich-analytische Repräsentativ-Untersuchung der wichtigsten Standorttypen und Nutzungsformen mit den geeigneten Untersuchungsmethoden durchgeführt (**Abb. 4**).

Die Methoden der stofflich-analytischen IST-Zustandserfassung entsprechen denen der Erfolgskontrolle (detaillierte Darstellung im Anwenderhandbuch Teil B).

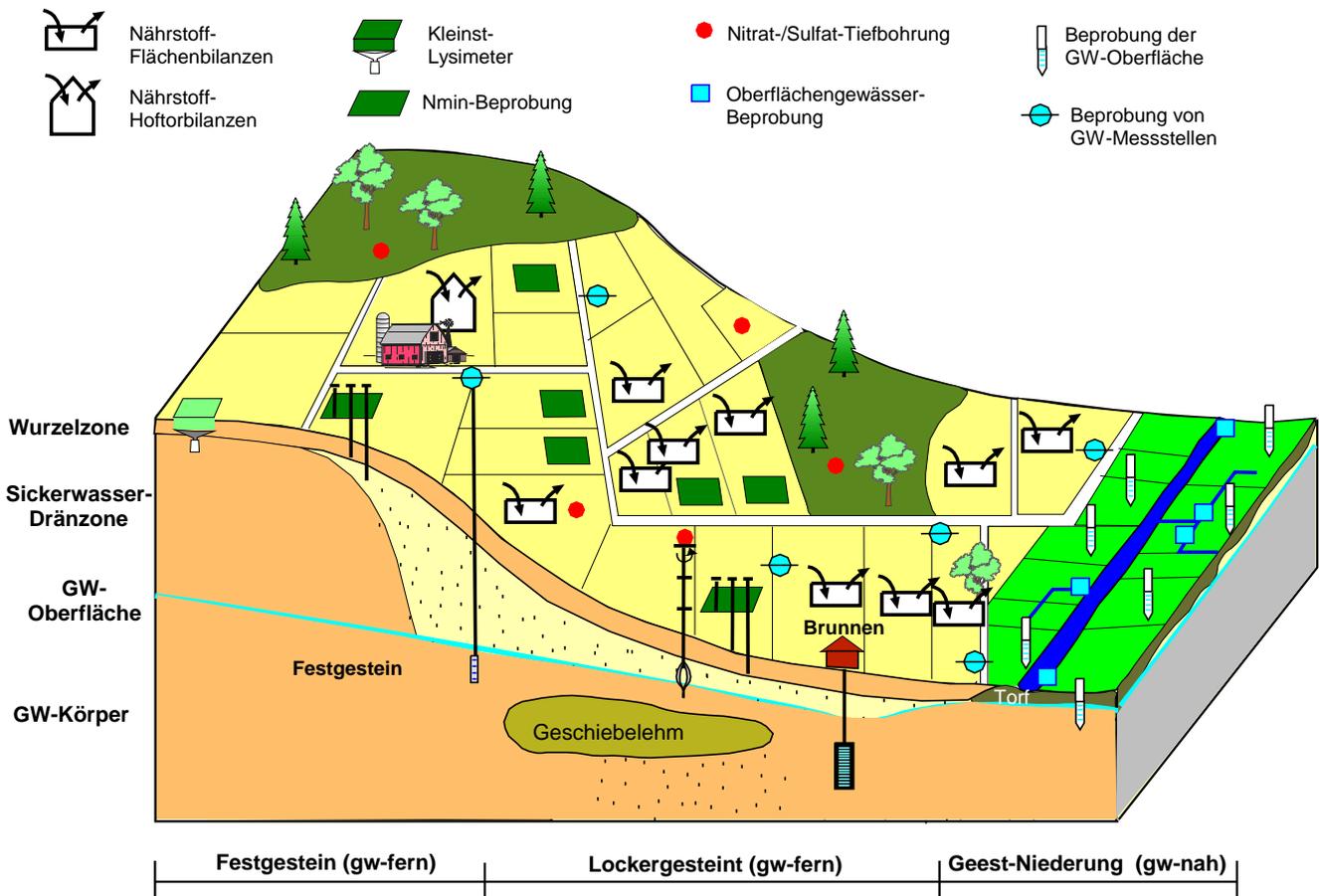


Abb. 4: Schematische Darstellung zur Anwendung von Methoden der IST-Zustandserfassung

Die **Herbst-N_{min}**-Methode (Kap. B 3) kann auf allen Standorten mit Ausnahme grundwassernaher oder flachgründiger Böden eingesetzt werden. Für zuverlässige Ergebnisse ist ein ausreichend später Beprobungstermin und bei hohen Herbst-Niederschlägen in Abhängigkeit von den Standorteigenschaften ggf. eine Anpassung der Beprobungstiefe erforderlich.

Anhand der Sickerwasserrate kann aus dem Herbst-N_{min}-Wert die rechnerische Nitratbelastung des Sickerwassers ermittelt werden.

Saugkerzen und **Lysimeter** (Kap. B 4.1) liefern Sickerwasserproben, deren Analyse unmittelbar Aufschluss über die Sickerwasserkonzentration zu einem Zeitpunkt gibt. In der Praxis kommen sie jedoch nur für das Versuchswesen und auf flachgründigen Standorten in Betracht, auf denen andere Methoden der IST-Zustandserfassung nicht eingesetzt werden können.

Tiefbohrungen (Kap. B 4.2) mit schichtweiser Beprobung geben durch die Analyse der Bodenproben Auskunft über den vertikalen Verlauf der Stoffkonzentrationen in der Sickerwasser-Dränzone. Der Vorteil gegenüber anderen Methoden liegt darin, dass sich hieraus meist ein *mehrfähriger* Bewirtschaftungseinfluss auf die Sickerwasserqualität ableiten lässt und dass die Sickerwasserqualität nahezu direkt ermittelt wird. D. h. der Einfluss der Sickerwasserrate wird „automatisch“ berücksichtigt.

Grundwasser-Untersuchungen eignen sich nur dann zur Grundwasserschutz-bezogenen Beurteilung der Landwirtschaft, wenn die Zuordnung der Proben zum Ort und Zeitpunkt der Grundwasser-Neubildung gewährleistet ist und wenn ein Nitratabbau (Denitrifikation) ausgeschlossen werden kann. Für die innergebietliche Prioritätensetzung und für die Planung von Grundwasserschutz-Maßnahmen sind daher hauptsächlich Untersuchungen des obersten Grundwasser-Bereiches von Interesse (Kap. B 5.1 und 5.2).

Beprobungen tiefer verfilterter Vorfeld-Messstellen dienen dagegen vorwiegend zur Ermittlung der Grundwasserschutz-Priorität des Gesamtgebietes.



2.4 Innergebietliche Prioritätensetzung

Flächenbezogene Prioritätensetzung

Die Einstufung des Wassergewinnungsgebietes nach dem Niedersächsischen Prioritätenprogramm (NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM 1999) liefert die **gesamtgebietliche Priorität**. Zur praktischen Planung und Umsetzung von Grundwasserschutz-Maßnahmen wird darüber hinaus innerhalb des Wassergewinnungsgebietes eine **weitergehende Differenzierung** benötigt.

Ausgehend von den im GIS aufbereiteten Informationen der Gebietserfassung, der IST-Zustandsanalyse und ggf. der Daten aus der Erfolgskontrolle vorhergehender Jahre, wird durch die Verschneidung relevanter Informationen eine flächenscharfe Differenzierung von Grundwasserschutz-relevanten Problembereichen vorgenommen.

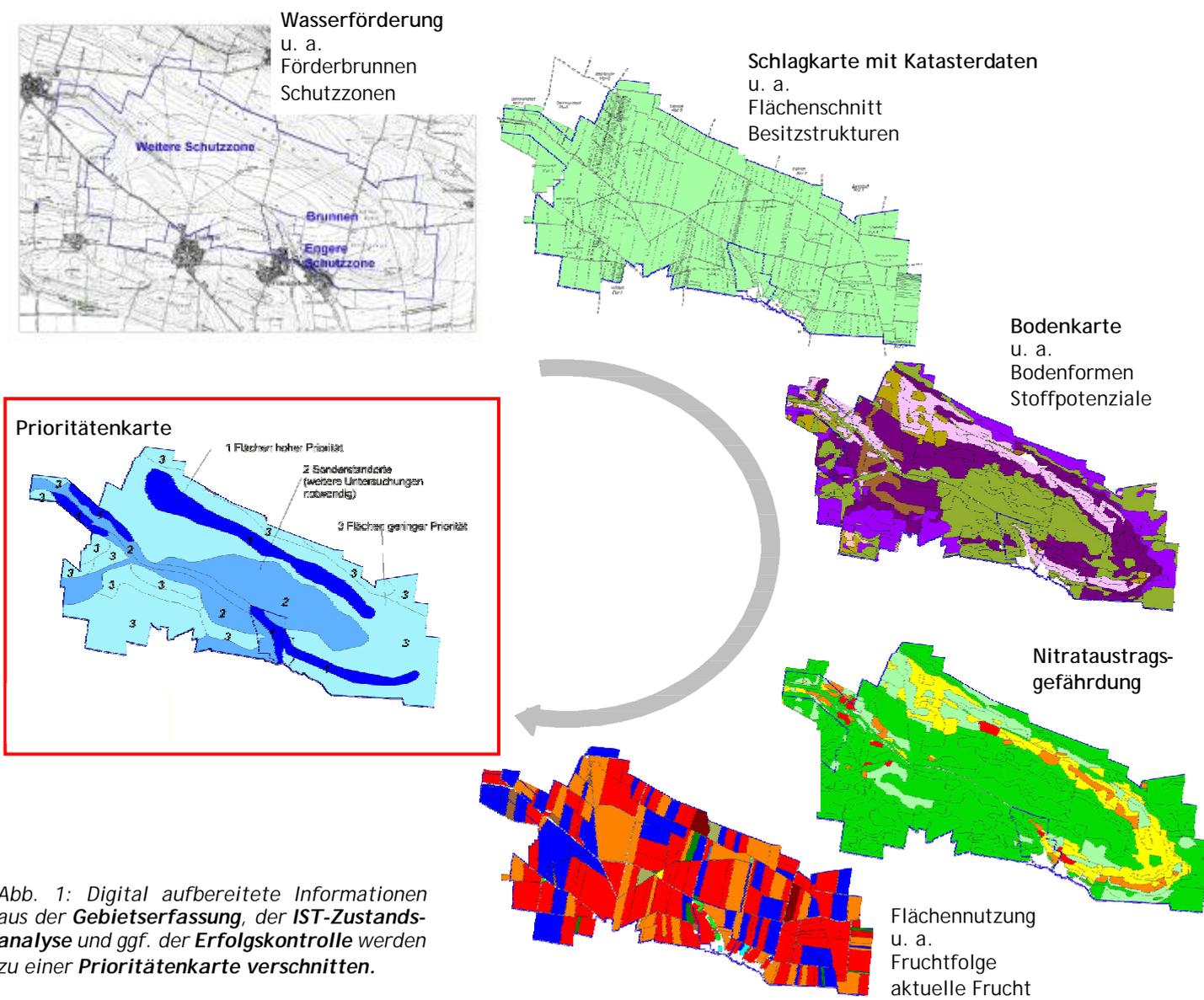


Abb. 1: Digital aufbereitete Informationen aus der **Gebietserfassung**, der **IST-Zustandsanalyse** und ggf. der **Erfolgskontrolle** werden zu einer **Prioritätenkarte** verschnitten.

Grundlegende Verschneidungsthemen sind insbesondere:

-
- Wasserförderung und Hydrogeologie (Schutzzonen, ggf. Fließzeiten und -wege),
 - Nitrataustragsgefährdung,
 - geogene Nährstoffumsetzungs- oder Freisetzungspotenziale (z.B. Auen- oder Niedermoorstandorte),
 - Besitz- und Flurstücksgliederung sowie die Flächennutzung,
 - N-Flächenbilanzen (nicht flächendeckend),
 - Flächen mit und ohne Abschluss Freiwilliger Vereinbarungen und
 - weitere Themen, die im Laufe der Kooperationsarbeit hinzukommen (insbesondere Daten der Erfolgskontrolle).

Die Überlagerung der oben aufgeführten Karteninhalte führt zur Erstellung von Konzeptkarten der innergebietlichen Prioritätensetzung. In ihr sind **Flächen hoher Maßnahmen-Priorität** oder hohen Beratungsbedarfs ausgewiesen. Ziel der Zusatzberatung ist es, durch Planung und Umsetzung von Maßnahmen auf den als prioritär erkannten Flächen einen schnellen und effizienten Grundwasserschutz zu realisieren. Die übrigen Gebiete des Wassergewinnungsgebietes werden im Sinne des flächendeckenden Grundwasserschutzes mit dem „Basisangebot“ an Beratung und Maßnahmen betreut.

Die innergebietliche Prioritätensetzung kann jährlich im Zuge der Erfolgs- und Effizienzkontrolle überprüft und ggf. an veränderte Gebiets- und Nutzungseigenschaften angepasst werden.

Betriebsbezogene Prioritätensetzung

Zur effizienten Durchführung der Zusatzberatung ist auch auf Betriebsebene eine Prioritätensetzung erforderlich. Diese ermöglicht die Ausgliederung von „Kernbetrieben der Beratung“. Parameter der betriebsbezogenen Einstufung sind z. B.:

- die Stickstoff Hoftorbilanz,
- der mittlere Viehbesatz,
- der mittlere Herbst N_{\min} -Wert,
- die technische Ausstattung des Betriebes,
- die Größe des Betriebes und
- der Flächenanteil des Betriebs im Wassergewinnungsgebiet.

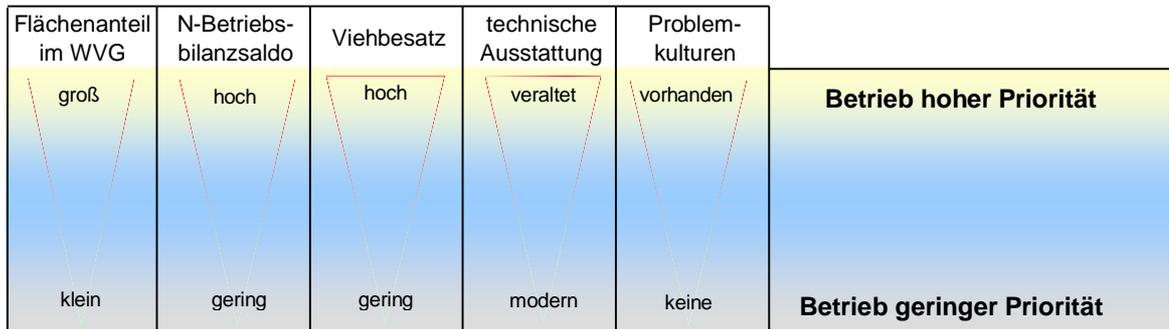


Abb. 2: Einstufung betrieblicher Prioritäten nach unterschiedlichen Kriterien. Nicht alle Kriterien müssen problematisch sein, um eine hohe Priorität für Wasserschutzberatung zu erreichen.

Ziel der Einstufung ist das Erkennen von Optimierungsmöglichkeiten in ganzen Betriebszweigen, Nutzungssystemen oder Betrieben. Spezielle gesamtbetriebliche oder überbetriebliche Maßnahmen können dann aufgrund der Prioritätenliste vorgeschlagen und ggf. umgesetzt werden.

Literatur

NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1999): Effizienzkontrolle der Maßnahmen in der Landwirtschaft aus der Wasserentnahmegebühr Prioritätenprogramm Trinkwasserschutz, Hannover.



2.5 Planung von Grundwasserschutz-Maßnahmen

Die Planung von Grundwasserschutz-Maßnahmen berücksichtigt

- die innergebietliche flächen- oder betriebsbezogene Grundwasserschutz-Priorität und die daraus abgeleiteten Zielvorgaben (z. B. Einhaltung maximaler Herbst-Nmin-Werte oder Flächen- bzw. Hoftorbilanz-Salden),
- die Umsetzbarkeit möglicher Maßnahmen, d. h. neben ihrer theoretischen Machbarkeit auch die praktische Vermittelbarkeit, und
- die zur Verfügung stehenden Geldmittel, die anhand der gesamtgebietlichen Grundwasserschutz-Priorität festgelegt werden.

Landwirtschaftliche Grundwasserschutz-Maßnahmen werden in Niedersachsen als Freiwillige Vereinbarungen zwischen den Bewirtschaftern und der Bezirksregierung vertraglich festgelegt. Hierfür werden durch die Bezirksregierung in Zusammenarbeit mit den Zusatzberatern jährlich Maßnahmenkataloge festgelegt, die durch gebiets- oder einzelfallbezogene individuelle Freiwillige Vereinbarungen ergänzt werden können.

Die Maßnahmen-Planung besteht daher in der Auswahl oder dem Neuentwurf Freiwilliger Vereinbarungen einschließlich der Kalkulation der Ausgleichszahlungen.

Auch die Beratungsintensität wird in Abhängigkeit von der flächen- oder betriebsspezifischen Grundwasserschutz-Priorität festgelegt.

Schlagbezogene Grundwasserschutz-Maßnahmen

- **Flächen mit geringer Grundwasserschutz-Priorität**
 - ⇒ Basispräsenz der Zusatzberatung:
 - Ausgabe schlagbezogener Düngeempfehlungen nach dem Erweiterten Bilanzansatz
 - Beratungsleistungen auf Anfrage der Bewirtschafter
 - Initiativberatung bei kostenneutralen Verbesserungsmöglichkeiten im Interesse des Grundwasserschutzes
 - ⇒ Freiwillige Vereinbarungen zu Maßnahmen mit geringer Eingriffsintensität

Hauptziele sind hierbei die Erhaltung des stofflichen IST-Zustandes und die Verbesserung der Akzeptanz der Zusatzberatung.

- **Flächen mit mittlerer Grundwasserschutz-Priorität**
 - ⇒ Grundwasserschutz-orientierte Pflanzenbau- und Pflanzenschutzberatung
 - ⇒ Freiwillige Vereinbarungen zu Einzelmaßnahmen mit geringer bis mittlerer Eingriffsintensität
 - ⇒ Auswertung bestehender Anbausysteme und Ableitung Freiwilliger Vereinbarungen zu Mehrjahresmaßnahmen mit geringer bis mittlerer Eingriffsintensität

- **Flächen mit hoher Grundwasserschutz-Priorität**
 - ⇒ Grundwasserschutz-orientierte Intensivberatung (Fruchtfolge- und Düngeplanung, Betreuung der Bestandesführung hinsichtlich Düngung und Pflanzenschutz, Bodenbearbeitung)
 - ⇒ Analyse vorhandener Anbausysteme und Entwicklung von Freiwilligen Vereinbarungen für Anbausysteme mit hohem Verbesserungspotenzial für die Sickerwasserqualität
 - ⇒ Erhöhte Anstrengungen zur Vermittlung mehrjähriger Freiwilliger Vereinbarungen mit hoher stofflich-analytischer Erfolgserwartung (vgl. Kap. A 3)
 - ⇒ Ggf. Auswahl von Flächen für Erwerb oder Pacht durch den Wasserversorger und Entwicklung geeigneter Extensivierungsmaßnahmen
 - ⇒ Ggf. gezielte Positionierung und Grundwasserschutz-orientierte Gestaltung von Naturschutz- und „Ausgleichs- und Ersatz“ Maßnahmen nach dem Niedersächsischen Naturschutzgesetz (z. B. Wiedervernässung von Niedermoor-Arealen).

Kalkulation der Ausgleichszahlungen

Zahlungen, zu denen sich die Bezirksregierung im Rahmen der Freiwilligen Vereinbarungen verpflichtet, sollen die Minderung des Deckungsbeitrags und / oder den Aufwand für Zusatzmaßnahmen (z. B. Zwischenfruchtanbau) ausgleichen.

Zur Datengrundlage (Literaturhinweise) für die Kalkulation der Ausgleichszahlungen siehe Kap. A 3.2.

	<i>Frucht 1</i>		<i>Frucht 2</i>		<i>Frucht 3</i>		Fruchtfolge-Durchschnitt Deckungsbeitrag / Ausgleich in DM
Ausgangs- Fruchtfolge	Z-Rübe A	2369,-	Wi-Weizen A	1553,-	Wi-Gerste Futter	1403,-	1775,-
Soll- Fruchtfolge	Z-Rübe A	2369,-	Wi-Roggen Futter	1230,-	So-Gerste Futter	884,-	1495,-
	Differenz						280,-
Zusatz- maßnahmen	Mulch	80,-	ZF-Einsatz bis 1.9.	200,-	ZF 1.9.	200,-	340,-
	red. Bo n. Hack	50,-	WR-Spät	100,-			
			N-Red WR	190,-			
			Herb. Verz.	200,-			
	mittlerer jährlicher Ausgleichsbetrag in DM						620,-

Abb. 1: Kalkulation der Ausgleichszahlungen für eine dreijährige Maßnahme zur Grundwasser-schonenden Fruchtfolgegestaltung. In den gelben Feldern sind die Deckungsbeiträge der Früchte und die Kosten der Zusatzmaßnahmen angegeben.

Betriebliche Grundwasserschutz-Maßnahmen

Die einzelbetriebliche Grundwasserschutz-Priorität bestimmt

- den anzustrebenden Beratungsaufwand und ggf.
- den Bedarf für betriebsbezogene investive (vgl. Kap. A 4.1) Grundwasserschutz-Maßnahmen.

Ein zusätzliches Kriterium für weitere einzelbetriebliche Grundwasserschutz-Maßnahmen (Kap. A 4.2 / 4.3 / 4.4) ist der mögliche Multiplikator-Effekt durch qualifizierte Betriebsleiter-Persönlichkeiten.



2.6 Vermittlung und Durchführung von Grundwasserschutz-Maßnahmen

In Wasserschutzgebieten bildet die SchuVO (Schutzverordnung) den gesetzlichen Handlungsrahmen für den Grundwasserschutz. Nutzungseinschränkungen, die durch Verbote und Genehmigungsvorbehalte der SchuVO entstehen, werden nach dem Niedersächsischen Wassergesetz §51a ausgeglichen.

Nach dem Niedersächsischen Kooperationserlass (NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM 1994) wird ergänzend in allen Wasservorranggebieten das Ziel des kooperativen Grundwasserschutzes verfolgt, indem Maßnahmen zum Trinkwasserschutz gemeinsam mit den Vertretern der Land- und Wasserwirtschaft geplant und einvernehmlich umgesetzt werden.

Die Kooperation

Die Kooperation Wasserschutz ist ein Gremium, in dem die Belange des Grundwasserschutzes zwischen den Wasserversorgern, der Land- und Forstwirtschaft sowie dem Erwerbsgartenbau und anderen Interessengruppen behandelt werden. Mitglieder der Kooperation sind:

- die Landbewirtschaftler, vertreten durch gewählte Kooperationsmitglieder,



Abb. 1: Zusammensetzung und Tätigkeitsfelder der Land- und Wasserwirtschaftlichen Kooperation nach dem Niedersächsischen Kooperationsmodell

- die Landwirtschaftskammer als landwirtschaftliche Fachbehörde,
- die obere und untere Wasserbehörde,
- die Wasserversorgungsunternehmen und
- die Zusatzberatung Wasserschutz (neutraler Fachberater).

Für Fachthemen können weitere Institutionen, wie z. B. die untere Naturschutzbehörde hinzugezogen werden.

Die Kooperation hat insbesondere folgende Aufgaben:

- Erörterung und Empfehlung von Grundwasserschutz-Maßnahmen,
- Mitarbeit bei der Erstellung von Konzepten zur Zusatzberatung,
- Auswahl der Zusatzberater,
- Erörterung und Bewertung der Berichte der Zusatzberatung und
- Erörterung und Empfehlung von Methoden der Erfolgskontrolle.

Aufgabe der Zusatzberatung Wasserschutz ist die laufende Berichterstattung und Abstimmung über Grundwasserschutz-Maßnahmen zwischen den Kooperationsmitgliedern. Darüber hinaus erfolgt die Planung, Vermittlung und Erfolgskontrolle von Maßnahmen des Trinkwasserschutzes in den Betrieben vor Ort.

Instrumente und Kommunikationsformen der Zusatzberatung

Eine zentrale Aufgabe der Zusatzberatung ist die Information der Bewirtschafter über Grundwasserschutz-Maßnahmen und Vermittlung der Möglichkeiten zur Umsetzung. Je nach erforderlicher Beratungsintensität stehen unterschiedliche Instrumente zur Verfügung.

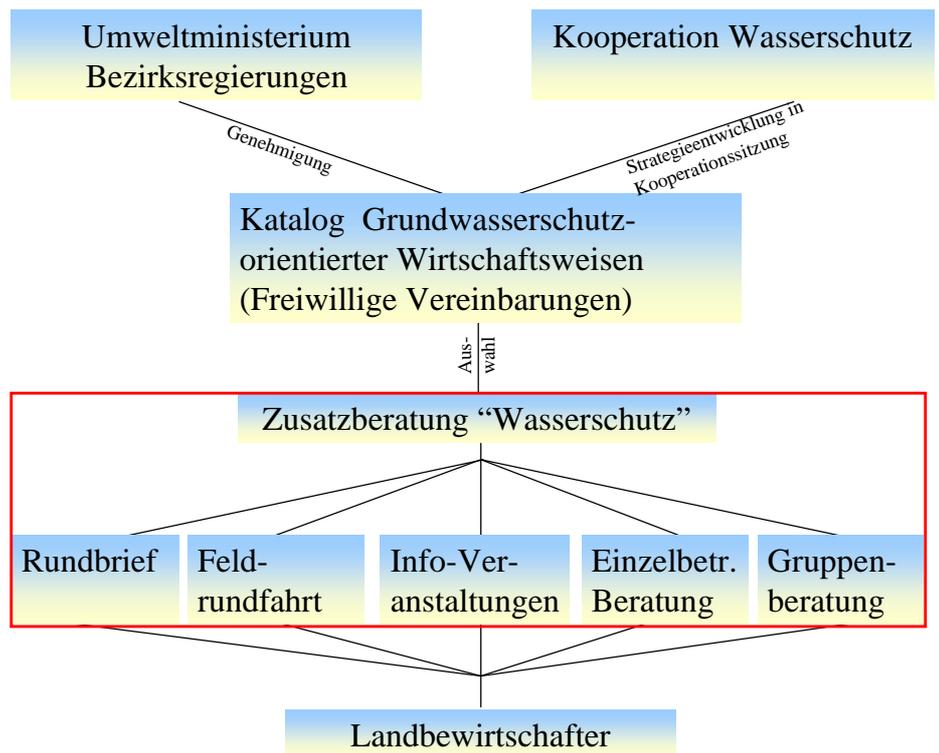


Abb. 2: Vermittlung Grundwasserschutz-orientierter Maßnahmen durch die Zusatzberatung

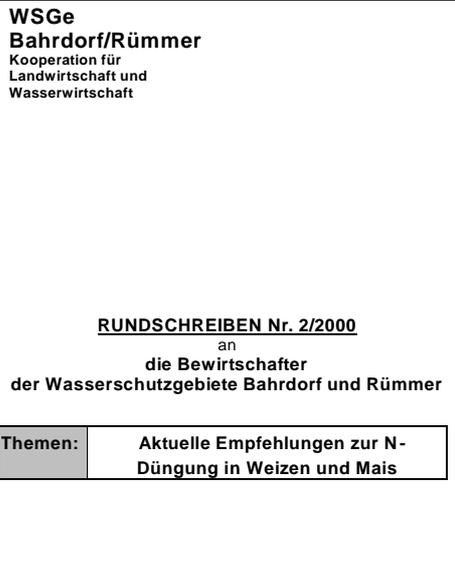


Abb. 2: Beispiel Deckblatt eines Rundbriefes



Abb. 3: Feldrundfahrt



Abb. 3: Einzelbetriebliche Beratung

Die Instrumente im Einzelnen:

- **Rundbrief**

Der Rundbrief ist Bestandteil der „Basisberatung“ innerhalb der Zusatzberatung Wasserschutz für alle Landbewirtschafter im betreffenden Wasservorranggebiet. In regelmäßigem Turnus werden an die Kooperationsmitglieder Rundbriefe, die über aktuelle Grundwasserschutz-orientierte Aspekte informieren, versandt. Inhalte sind insbesondere:

- Informationen und Daten aus der Durchführung und Erfolgskontrolle von Grundwasserschutz-Maßnahmen (z. B. N_{min} -Daten, Düngungsempfehlungen etc.),
- Informationen über neue Maßnahmen zum Grundwasserschutz (z. B. neue Freiwillige Vereinbarungen) und
- Informationen zu Terminen und Fristen.

- **Feldrundfahrt**

Auf Feldrundfahrten werden im Rahmen der „Basisberatung“ den Kooperationsmitgliedern Maßnahmen im landwirtschaftlichen Trinkwasserschutz, Einrichtungen der Wasserwirtschaft und Informationen zu den gebietsspezifischen naturräumlichen Randbedingungen vorgestellt. Anhand von **Demoversuchen**, **Exaktversuchen**, **Bodenprofilen**, **Geräte- und Anwendungsvorführungen** werden Inhalte vermittelt und zur Diskussion gestellt. Externe Fachreferenten können zu den Feldrundfahrten geladen werden. Zu den inhaltlichen Schwerpunkten werden von der Zusatzberatung Infobroschüren mit den Inhalten der Feldrundfahrten bereitgestellt.

- **Info-Veranstaltungen**

In der Regel finden einmal jährlich Info-Veranstaltungen statt. Ergebnisse und Erfahrungen aus dem vergangenen Wirtschaftsjahr werden interessierten Landwirten vorgestellt. Zu speziellen Fachthemen (z. B. GPS-Einsatz, elektronische Ackerschlagkarteien) können Gastreferenten eingeladen werden.

- **Gruppenberatung**

Informationen zu speziellen Grundwasserschutz-orientierten Maßnahmen können gut in Form der Gruppenberatung an die betroffenen Betriebe weitergegeben werden. Besonders **überbetriebliche Maßnahmen** verlangen eine intensive Beratung aller beteiligten Betriebsleiter.

- **Einzelbetriebliche Beratung**

Die Einzelbetriebliche Beratung ist die intensivste Form der Beratung. Sie wird für Betriebe, die durch die betriebsbezogene Prioritätensetzung einen hohen Maßnahmenbedarf aufweisen, durchgeführt.

Bei Bedarf können auch Betriebe niedriger Priorität einzeln beraten werden, sofern der Abschluss oder die Durchführung von Grundwasserschutz-Maßnahmen auf prioritären Flächen („hohe“ oder „sehr hohe“ Nitratstragsgefährdung) betroffen ist.

Maßnahmenumsetzung durch Vertragsabschluss

Freiwillige Vereinbarungen

Die Grundwasserschutz-orientierten Maßnahmen werden in Form von Freiwilligen Vereinbarungen abgeschlossen. Vertragspartner sind in der Regel die Bezirksregierungen und die Landbewirtschafter. Die Wasserversorgungsunternehmen können ebenfalls als Vertragspartner auftreten. Der Inhalt des Vertrages richtet sich nach den Notwendigkeiten der betreffenden Maßnahme, grundlegende Elemente sind:

- Grundlagen zu Rechten und Pflichten der Vertragspartner,
- Detaillierte Beschreibung der Bewirtschaftungsauflagen (z. B. Aussaat-, Mahd- oder Erntetermine, Düngungs-Obergrenzen) und
- Entschädigungshöhe und sonstige Zahlungs- und Rückforderungsmodalitäten.

Freiwillige Vereinbarungen werden in der Regel flächenbezogen für ein oder mehrere Jahre abgeschlossen. Sonderfälle gibt es im Bereich der betrieblichen und überbetrieblichen Maßnahmen, die investiven Charakter haben (insbesondere Güllelagerraum und Grundwasser-schonende Landtechnik). Hier wird die Investition als solche gefördert, wobei Bewirtschaftungsbedingungen weiterhin flächengebunden sind.

Weitere Förderprogramme

Neben dem Katalog von angebotenen Maßnahmen im Rahmen des kooperativen Grundwasserschutzes, gibt es Agrar-Förderprogramme mit Umweltaspekten, deren Zielrichtung nicht primär der Wasserschutz in Wasservorranggebieten ist, die aber u. U. auch in diesem Rahmen durch Nutzung von Synergieeffekten geeignet sind. Diese Programme sind z. B. :

- Niedersächsisches Agrar-Umweltprogramm (NAU; landesweites Agenda 2000-Programm),
- Agenda 2000-Maßnahmen zum Trinkwasserschutz in Wasservorranggebieten (z. B. Grünlandextensivierung, Ökolandbau),
- Kooperationsprogramm Dauergrünland in Naturschutzgebieten und Nationalparks,
- Kooperationsprogramm Biotoppflege in Naturschutzgebieten, Nationalparks, Biosphärenreservaten und Flächen des Natura 2000 Netzes und
- regionale Programme des Arten- und Naturschutzes.

Ob Maßnahmen aus den obengenannten Programmen sinnvoll einsetzbar und ob die Förderung möglich ist, muss durch die Zusatzberatung im Einzelfall ermittelt werden.

Literatur

NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1994): Kooperationen in Wasservorranggebieten für Wassergewinnung - RdErl. d. MU vom 06.06.1994-203a-62011/11/5.



2.7 Erfolgs- und Effizienzkontrolle

Die fortlaufende Erfolgsbewertung ist zentraler Bestandteil des Managements von Schutzgebieten. Bei der Erfolgs- und Effizienzkontrolle werden die gleichen Methoden wie bei der IST-Zustandsanalyse angewendet, der Einsatz ist allerdings in verstärktem Maße auf prioritäre Handlungsräume und durchgeführte Maßnahmen konzentriert.

Die Ergebnisse der Erfolgskontrolle werden fortlaufend in den Berichten und Veranstaltungen der Zusatzberatung vorgestellt und dienen der Fortentwicklung von gebietsspezifischen Grundwasserschutz-Maßnahmen.

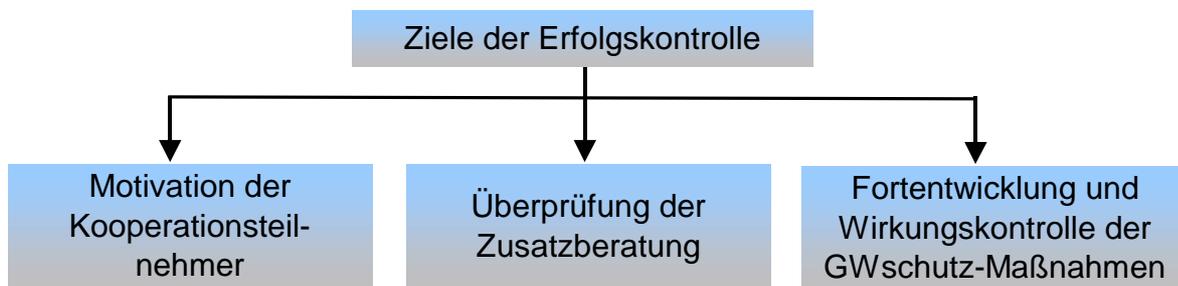


Abb. 1: Ziele der Erfolgs- und Effizienzkontrolle

Die vier Säulen der Erfolgs- und Effizienzkontrolle

Die Erfolgskontrolle der im Rahmen der Kooperation durchge-



Abb. 2: Die vier Säulen der Erfolgs- und Effizienzkontrolle

fürten Grundwasserschutzmaßnahmen erfolgt als kalkulatori-
260

sche, stofflich-analytische, monetäre oder an Akzeptanzkriterien orientierte Bewertung.

Kalkulatorische Erfolgskontrolle

Die kalkulatorische Erfolgskontrolle durch das Erstellen von Flächen- oder Hoftorbilanzen ist für alle Maßnahmen geeignet, die Auswirkungen auf Stickstoff-Zufuhr oder Stickstoff-Abfuhr des Einzelschlages oder des Betriebs haben. Düngereduktionen durch verbesserte Düngeplanung, der Abschluss einer Freiwilligen Vereinbarung zur reduzierten N-Düngung oder Verlustminimierung im Umgang mit Wirtschaftsdünger sind Beispiele hierfür.

Die kalkulatorische Erfolgsbewertung ist sehr verlässlich, wenn die Eingangsdaten ausreichend genau sind.

Stofflich-analytische Erfolgskontrolle

Die stofflich-analytische Erfolgskontrolle ist der umfangreichste und arbeitsintensivste Teil der Bewertung von Grundwasserschutz-orientierten Maßnahmen. Die zur Verfügung stehenden Methoden sind im Einzelnen in Teil B des Anwenderhandbuches aufgeführt.

Die Planung des Methodeneinsatzes und des Untersuchungsumfanges werden in Abhängigkeit vom Standort, der Flächenpriorität und den durchgeführten Maßnahmen (Gebietscharakteristik, Flächencharakteristik, Maßnahmeneignung) gewählt.

Die stofflich-analytische Erfolgskontrolle wird in der Regel einmalig nach Beendigung einer Grundwasserschutz-Maßnahme durchgeführt. Bestimmte Methoden erfordern wiederholte Probenahmen oder eine kontinuierliche Betreuung.

Innerhalb eines Wasservorranggebietes kann nicht jede durch einen Bewirtschafter umgesetzte Maßnahme Gegenstand der stofflich-analytischen Erfolgs- und Effizienzkontrolle sein. Vielmehr ist es sinnvoll, Referenzstandorte bzw. Leitflächen zu definieren und diese intensiv zu untersuchen.

Beispiel zum Einsatz der jährlichen Kapazitäten für die Herbst- N_{\min} -Beprobung:

50% auf immer gleichen Repräsentativ-Flächen zur Erfassung der langfristigen Entwicklung der Herbst- N_{\min} -Werte (Dauerbeobachtung),

25% zur Erfolgsbewertung bestimmter Maßnahmen,

25% stichprobenartig auf den übrigen Schlägen.

Tab. 1: Beispiel: Zusammenfassende Erfolgs- und Effizienzbewertung der Grundwasserschutz-Maßnahme Zwischenfruchtanbau. (Einjahresbewertung)

Fläche der abgeschlossener FV	mittlerer Herbst Nmin-Wert <u>ohne</u> ZF	mittlerer Herbst Nmin-Wert <u>mit</u> ZF	Summe Herbst Nmin-Minderung	Kosten je kg Herbst Nmin-Minderung
280 ha von möglichen 600 ha*	43 kg N/ha	21 kg N/ha	6160 kg N (WVG weit)	9,5 DM/kg N

FV=Freiwillige Vereinbarungen; ZF=Zwischenfrucht

*Auswertung der Nutzungskartierung dient zur Ermittlung des Potenzials für mögliche Freiwilligen Vereinbarungen

Ferner können Untersuchungsergebnisse von Flächen gleicher oder ähnlicher Randbedingungen zusammengefasst ausgewertet werden, so dass deren Ergebnisse auf vergleichbare Flächen übertragbar sind.

Akzeptanz

Ansätze zur Beurteilung der Akzeptanz sind z. B.:

- Der Flächenanteil von Maßnahmen mit Freiwilligen Vereinbarungen bezogen auf die Gesamtfläche des Wasservorranggebietes,
- die Umsetzung Freiwilliger Vereinbarungen auf den prioritären Standorten über mehrere Jahre (Abb. 3),
- die Beteiligung der Bewirtschafter des Gebietes an Veranstaltungen der Zusatzberatung und
- die Nachfrage nach Beratung.

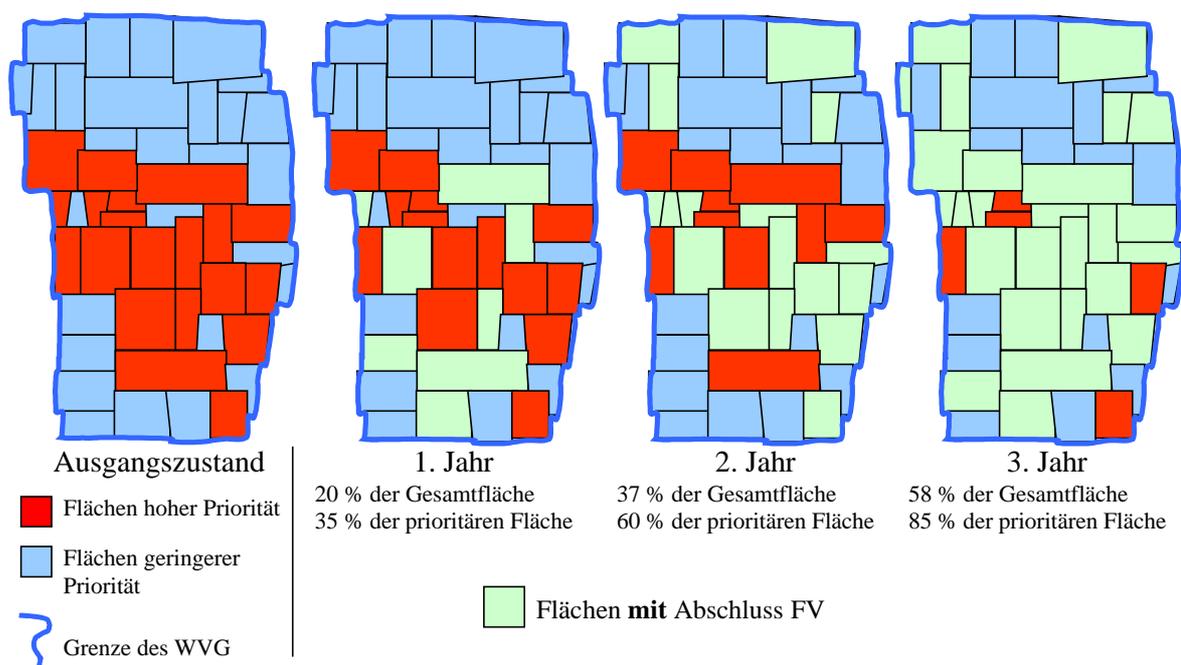


Abb.3: Entwicklung des Deckungsgrades von Flächen mit abgeschlossenen Freiwilligen Vereinbarungen in einem schematisierten Wasservorranggebiet (WVG)

Kosten

Die Kosten der gesamten Zusatzberatung oder einzelner Maßnahmen ergeben sich aus den Ausgleichszahlungen und dem (anteiligen) Beratungsaufwand. Der Quotient aus Kosten und (stofflich-kalkulatorischem oder stofflich-analytischem) Erfolg der Zusatzberatung beschreibt ihre Effizienz. Die Effizienzkontrolle baut also auf der Erfolgskontrolle auf.

Für Maßnahmen, die auf eine Verringerung des N-Inputs, des Bilanzsaldos oder des Herbst- N_{\min} -Wertes abzielen, ist die Kostengröße **DM/eingespartes kg N** sinnvoll. Die Kosteneffizienz von Maßnahmen, die auf eine Verringerung der Nitratkonzentration im Sickerwasser, abzielen wird in **DM/mg NO_3 /l Verbesserung und je ha** angegeben. Bezogen auf die Gesamtfläche des Wassereinzugsgebietes wäre es wünschenswert, die Größe **DM/nicht ins Grundwasser gelangtes kg N** quantifizieren zu können, da die monetäre Einstufung einzelner Grundwasserschutz-Maßnahmen aber eine vielfach abgeleitete Größe ist, sollten die Ergebnisse als Orientierungswerte verstanden werden.

Gesamtbewertung des Erfolgs und der Effizienz

Zwar stellt jede einzelne Säule der Erfolgs- und Effizienzkontrolle einen wichtigen Teilaspekt dar, doch nur die zusammenfassende Bewertung garantiert sachlich richtige und vermittelbare Ergebnisse der Erfolgs- und Effizienzkontrolle. Nicht in jedem Fall ist beispielsweise eine kostengünstige Maßnahme auch optimal für den Grundwasserschutz. Zusätzlich müssen die nicht in die Effizienzberechnung einfließenden Faktoren „Akzeptanz“ und „Nebenwirkungen“ (z. B. Verhaltensänderungen, die unabhängig von Ausgleichszahlungen beibehalten werden) berücksichtigt werden.

Aufgabe des Zusatzberaters ist es, die Informationen der Erfolgs- und Effizienzkontrolle zielgerichtet für die Planung und Fortentwicklung zukünftiger Grundwasserschutz-Maßnahmen im Wasservor-ranggebiet zu nutzen.

Ausblick

In Niedersachsen sind seit Einführung der Wasserentnahmegebühr in Zusammenarbeit zwischen Umweltministerium, dem Landesamt für Ökologie, den Fachdezernaten der Bezirksregierungen, den landwirtschaftlichen Fachbehörden und einer Vielzahl von Beratungsträgern sowie den vor Ort wirtschaftenden Landwirten erhebliche Fortschritte in der inhaltlichen Ausgestaltung der Wasserschutzberatung erreicht worden. Das Niedersächsische Kooperationsmodell ist fest etabliert und hat sich in hohem Maße bewährt. Die gute Akzeptanz beruht insbesondere auf der gebietspezifischen Bearbeitung und dem Prinzip der Freiwilligkeit.

Das vorliegende Handbuch gibt den derzeitigen Erfahrungsstand aus Sicht der Beratungspraxis wieder. Es liefert eine konkrete Anleitung zur Durchführung von Grundwasserschutz-Maßnahmen und Methoden ihrer Erfolgskontrolle. Welche Maßnahmen und Methoden für einzelne Wassergewinnungsgebiete sinnvoll sind, hängt vom tatsächlichen Grundwasserschutz-Bedarf eines jeweiligen Wassergewinnungsgebietes ab. Grundlage hierfür ist die Gebietseinstufung nach dem Prioritätenprogramm Trinkwasserschutz.

Wie die Grundwasserschutz-Maßnahmen und die Methoden ihrer Erfolgskontrolle zu einem sinnvollen „Verfahrensablauf“ zusammengestellt werden können, wird im Teil C des Handbuchs empfohlen. Entsprechende Abläufe haben sich in der Praxis bereits bewährt.

Mittlerweile stehen in Niedersachsen neue Ideen zur strukturellen und inhaltlichen Fortentwicklung der bestehenden Kooperationen zur Diskussion. Die Weiterentwicklung bisheriger Kooperationen zu fachübergreifenden Gremien wird dabei eine wichtige Rolle spielen. Hierdurch könnten zusätzliche Möglichkeiten zur Förderung grundwasserschonender Landnutzungen in Wassergewinnungsgebieten realisiert werden.

Konkret sind im Sinne eines „Wasserschutz-Managements“ neben der Landwirtschaft weitere Akteure bzw. Partner (z. B. Behörden, Landkreise und Städte, Verbände, Vereine, Interessengemeinschaften, Ernährungsindustrie etc.) zu gewinnen und ihre Handlungsbereiche mit den Zielen des gebietlichen Grundwasserschutzes zu vernetzen. Angestrebt ist eine stärkere und dauerhafte Verankerung des Grundwasserschutzes in einer Region.

Für den Träger der Wasserschutzberatung ist die fachübergreifende Kooperationsarbeit zukünftig mit erhöhten Planungs- und Managementaufgaben verbunden. Dies gilt vor allem hinsichtlich eines verbesserten Flächen- und Maßnahmen-Managements. Folgende Beispiele sind zu nennen:

-
- Zusammenführung aller in einem Gebiet relevanten Fachplanungen, Programme und Vorhaben für diverse Schutzgüter,
 - Festlegung gemeinsamer Zielgebiete für Wasserschutz und Naturschutz sowie dahingehende Bündelung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen,
 - Suche nach Vertragspartnern zur Abnahme von Produkten aus grundwasserschutz-orientierten Produktionsweisen,
 - stärkerer Austausch mit agrarstrukturellen Vorhaben; ggf. Einrichtung, Koordination und Betreuung gesamtgebietlicher Flächenpools für die Zielnutzung Grundwasserschutz,
 - Entwicklung regionaler Grünlandprogramme,
 - soweit möglich, Einwerbung von Maßnahmenprogrammen und Finanzmitteln anderer Träger.

Die fachübergreifende Kooperation ist eine logische Fortentwicklung der zunächst auf eine bilaterale Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft angelegten Wasserschutz-Kooperation. Sie bietet beste Voraussetzungen für eine weitere Festigung des Kooperationsgedankens und die Gewährleistung einer ausreichenden Nachhaltigkeit der bisher eingeleiteten Maßnahmen.

Am Erfolg sind immer viele beteiligt. Herausgeber und Autoren des Handbuches wünschen daher allen am Niedersächsischen Kooperationsmodell beteiligten Institutionen und Personen ein weiterhin gutes Gelingen ihrer Arbeit.

Ansprechpartner

Hubertus Schültken

Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
An der Scharlake 39
D-31135 Hildesheim
Tel.: 05121 / 509-798
Fax.: 05121 / 509-794
E-mail: hubertus.schueltken@nloe.niedersachsen.de

Dr. Joseph Hölscher**Hella Wacker**

Bezirksregierung Braunschweig Dez. 502
Obergstraße 1
38102 Braunschweig
Tel.: 0531 / 484-4547
Fax.: 0531 / 484-4646
E-mail: joseph.hoelscher@br-bs.niedersachsen.de

Andreas Löloff

Bezirksregierung Braunschweig Dez. 502
z. Z.: Niedersächsisches Umweltministerium, Ref. 203
Tel.: 0511 / 1203374
E-mail: andreas.loeloff@mu.niedersachsen.de

Dr. Christine von Buttlar**Lars Fiedler**

IGLU - Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt
Bühlstraße 10
37073 Göttingen
Tel.: 0551 / 54885-21
Fax.: 0551 / 54885-11
E-mail: iglu-cb@t-online.de

Dr. Franz Antony**Burkhard Gödecke**

INGUS - Ingenieurdienst UmweltSteuerung
Hubertusstraße 2
30163 Hannover
Tel.: 0511 / 39479-20
Fax.: 0511 / 39479-50
E-mail: ingus-han@t-online.de

Bisher erschienene Veröffentlichungen zum Thema Grundwasserschutz in der Land- und Forstwirtschaft:

AUF DEN STICKSTOFF KOMMT ES AN! - TIPS FÜR HAUS- UND KLEINGÄRTNER.
VERSORGBETRIEBE SEESEN/NLÖ, 1997. BROSCHÜRE, 20 S.

AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE AUSGEWÄHLTER MODELLGEBIETE ALS GRUNDLAGE FÜR
EMPFEHLUNGEN ZUR DURCHFÜHRUNG DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN ZUSATZBERATUNG.
BERICHT DES NLÖ-ARBEITSKREISES ARBEITSKREIS 1, 1997. BROSCHÜRE, 49 S. (VERGRIFEN)

GRUNDWASSERWORKSHOP DES NIEDERSÄCHSISCHEN LANDESAMTES FÜR ÖKOLOGIE.
TAGUNGSBAND VOM 11./12. SEPTEMBER 1996 IN HILDESHEIM. NLÖ, 1997, 44 S.,
SCHUTZGEBÜHR 5,- DM. (VERGRIFEN)

GRUNDWASSERWORKSHOP DES NIEDERSÄCHSISCHEN LANDESAMTES FÜR ÖKOLOGIE.
TAGUNGSBAND VOM 29. OKTOBER 1997 IN HILDESHEIM. NLÖ, 1998, 59 S., SCHUTZGEBÜHR 5,-
DM.

GRUNDWASSERWORKSHOP DES NIEDERSÄCHSISCHEN LANDESAMTES FÜR ÖKOLOGIE.
TAGUNGSBAND VOM 18./19. NOVEMBER 1998 IN HILDESHEIM. NLÖ, 2000, 99 S.,
SCHUTZGEBÜHR 5,- DM.

GRUNDWASSERWORKSHOP DES NIEDERSÄCHSISCHEN LANDESAMTES FÜR ÖKOLOGIE.
TAGUNGSBAND VOM 13. OKTOBER 1999 IN HILDESHEIM. NLÖ, 2000. SCHUTZGEBÜHR 5,- DM.

LAUBWALDVERMEHRUNG ALS OPTION DES FORSTWIRTSCHAFTLICHEN TRINKWASSERSCHUTZES.
MIT BEISPIELEN AUS EINEM PILOTVORHABEN IM FUHRBERGER FELD. STADTWERKE
HANNOVER/NLÖ, 2000. BROSCHÜRE, 24 S.

METHODENSAMMLUNG ZU GRUNDWASSERSCHUTZMASSNAHMEN IM RAHMEN
DER „ZUSATZBERATUNG GRUNDWASSERSCHUTZ“ GEMÄß § 47H (3) ZIFFER 4A DES NDS.
WASSERGESETZES. ABSCHLUSSBERICHT DER ARBEITSGRUPPE „METHODENSAMMLUNG
ZUSATZBERATUNG“ DES NIEDERSÄCHSISCHEN LANDESAMTES FÜR ÖKOLOGIE. NLÖ, 1998, 48 S.

MODELL- UND PILOTVORHABEN DES NIEDERSÄCHSISCHEN LANDESAMTES FÜR ÖKOLOGIE GEM.
§ 47 H (3) ZIFFER 5 UND 6 DES NIEDERSÄCHSISCHEN WASSERGESETZES – PROJEKTKATALOG.
NLÖ, 1999, 60 S,
1 ÜBERSICHTSKARTE. SCHUTZGEBÜHR 5,- DM.

N-SIMULATIONSMODELLE – MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN BEIM EINSATZ IN DER PRAXIS.
TAGUNGSBAND ZUM NLÖ-FACHSEMINAR AM 16.07.1998 IN HILDESHEIM. NLÖ, 1998.

ÖKOLOGISCHER LANDBAU IN NIEDERSACHSEN ALS EIN BEITRAG ZUR NACHHALTIGEN
LANDWIRTSCHAFT UND ZUM GRUNDWASSERSCHUTZ. – ERGEBNISSE AUS VIER PILOTPROJEKTEN.
NLÖ, 2000. BROSCHÜRE, 28 S., SCHUTZGEBÜHR 10,- DM.

Schutzgebühr zuzüglich Versandkostenpauschale (z. Z. 5,- DM)