



wpa Beratende Ingenieure

ÖPUL Evaluierung

Nitrataustrag aus auswaschungsgefährdeten Ackerflächen

Auftraggeber: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Abteilung II 8 - Biologische Landwirtschaft und Agrarumweltprogramme
Stubenring 1
A-1012 Wien

Berichtsdatum: 03.02.2009

Version: 2.0

Inhalt: Bericht

Ausführung: pdf

wpa Beratende Ingenieure GmbH
A-1090 Wien, Lackierergasse 1/4
Tel (+43-1) 403 62 80, Fax 405 57 16

Zweigstelle:
A-6850 Dornbirn, Am Kehlerpark 2,
Tel (+43-5572) 540 03, Fax 372 996
wpa@wpa.at www.wpa.at

UID: ATU 16138800, Gesellschaft mbH, Handelsgericht Wien, FN 51597d
Bankverbindung: BKS Bank AG (BLZ 17000), Kontonr. 141 000 225
IBAN: AT 0817 00000 141000225 BIC: BFKKAT2K

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	3
2	ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNG	5
3	DATENGRUNDLAGEN UND METHODEN	6
3.1	Methodisches Konzept	6
3.2	Untersuchungsgebiete und Flächenbezug	6
3.3	Messergebnisse Lysimeterdaten	8
3.4	Modellrechnungen	9
3.5	Teilnahmeverhalten	11
4	ERGEBNISSE	12
4.1	Lysimetermessungen	12
4.2	Modellrechnung	15
4.3	Teilnahmeverhalten	19
4.3.1	Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen	19
4.3.2	Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen (UBAG)	20
4.3.3	Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz	22
4.4	Wirksamkeit der Maßnahmen	23
5	LITERATUR UND QUELLEN	26

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3-1: Untersuchungsgebiete für Auswertung der Teilnehmer an der Maßnahme „Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen“	7
Abb. 4-1: Gegenüberstellung der gemessenen und berechneten Versickerungssummen	13
Abb. 4-2: Gegenüberstellung der gemessenen und berechneten Stickstoffversickerungen	13
Abb. 4-3: Nitratkonzentration im Sickerwasser bei Ackerbau und unter einer Stilllegung am Messplatz Petzenkirchen	14
Abb. 4-4: Gegenüberstellung von Ackerzahl und Sickerwassermenge für den Modellfall „Keine Maßnahme“ (SBh).....	16
Abb. 4-5: Gegenüberstellung von Ackerzahl und Stickstoffversickerung für den Modellfall „Keine Maßnahme“ (SBh).....	17
Abb. 4-6: Gegenüberstellung von Ackerzahl und Reduktion der Stickstoffversickerung zu den untersuchten Bewirtschaftungsvarianten	18
Abb. 4-8: Stickstoffversickerungen zu den Bewirtschaftungsmöglichkeiten gemäß ÖPUL 2007-Maßnahme 22 und 23 im Vergleich zu „Keine Maßnahme“	19
Abb. 4-9: Lage der teilnehmenden Grundstücke an der Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“	20
Abb. 4-10: Teilnahmequoten an der UBAG in den drei Untersuchungsgebieten	21
Abb. 4-11: Teilnahmequoten an der UBAG berechnet für Acker+Grünlandfläche	21
Abb. 4-12: Abhängigkeit der Teilnahmequote (UBAG) von der Betriebsgröße	21
Abb. 4-13: Abhängigkeit der Teilnahmequote (UBAG) vom Viehbesatz	22
Abb. 4-14: Durchschnittliche Flächenausstattung der Betriebe in den drei Untersuchungsgebieten.	22
Abb. 4-15: Durchschnittlicher Viehbesatz der Betriebe in den drei Untersuchungsgebieten.	22
Abb. 4-16: Teilnahmequoten „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“	23
Abb. 4-17: Teilnahmequoten „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“ berechnet für die Ackerfläche	23

Tabellenverzeichnis

Tab. 3-1: Übersicht zu den Messplätzen mit Messwerten zur standörtlichen Versickerung.....	8
Tab. 3-2: Angaben zu den in der Modellanalyse verwendeten Bodenformen	10
Tab. 4-1: Ergebnisse aus der Modellrechnung zur Sickerwassermenge und zur Stickstoffversickerung für Böden unterschiedlicher Bonität in den drei Regionen.....	15
Tab. 4-2: Anzahl der Betriebe und Anzahl der Schläge die an der Maßnahme „Bewirtschaftung von auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ teilnehmen	19

1 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Das ÖPUL 2007 enthält Maßnahmen, die an eine Einstufung der Bodenbonität geknüpft sind. Für die „Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen“ (UBAG) sind Düngebeschränkungen bei einer mittleren Ertragslage vorgesehen. Von einem mittleren Ertragsniveau wird ausgegangen, wenn 50% der Ackerfläche eine geringe Bodenbonität aufweisen (Ackerzahl ≤ 30 **und** geringwertiges Ackerland gemäß Österreichischer Bodenkarte). An der Maßnahme „Bewirtschaftung von auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ (eine Stilllegungsmaßnahme) kann nur mit Flächen niedriger Bodenbonität teilgenommen werden. Böden niedriger Bonität sind in diesem Fall solche, die in der Österreichischen Bodenkarte 1:25.000 als geringwertiges Ackerland eingestuft sind **oder** die gemäß der Finanzbodenschätzung eine Acker- oder Bodenklimazahl ≤ 30 besitzen.

In der vorliegenden Studie wurde untersucht

- ↪ welche Auswirkung die beiden Maßnahmen (Düngebeschränkung, Stilllegung) auf die Stickstoffversickerung haben (als Vergleich wurde eine Ackernutzung mit Düngung für eine hohe Ertragslage – h1 – angenommen);
- ↪ ob eine mögliche Auswirkung auf die Stickstoffversickerung tatsächlich von der Bodenbonität abhängt (erwartet wurde, dass die Maßnahmen auf Böden niedriger Bonität stärker wirken);
- ↪ wie das Teilnahmeverhalten im ersten Jahr war und sich daher aus Maßnahmenwirkung und Teilnahme eine Gesamtwirksamkeit dieser Teile des ÖPUL auf das Grundwasser darstellt.

Zur Untersuchung der Fragestellung wurden Lysimetermessungen ausgewertet, Modellrechnungen mit dem Programm SIMWASER/ STOTRASIM durchgeführt und die INVEKOS Daten des Jahres 2007 ausgewertet. Die Untersuchung wurde in drei Gebieten in Niederösterreich, Oberösterreich und der Steiermark durchgeführt.

Die wichtigsten Ergebnisse und Schlussfolgerungen sind:

- ↪ aus den Lysimeterdaten lässt sich ein Zusammenhang zwischen Bodeneigenschaften und mittel- bis langfristiger Versickerung herstellen. Entscheidend ist die Wasserspeicherkapazität des Bodens sowie die Niederschlagsmenge und der Stickstoffinput (letzterer, wenn nicht nur die Wasser- sondern auch die Stickstoffversickerung betrachtet wird).
- ↪ Die Ackerzahl gibt die entscheidenden Bodenkennwerte jedoch nicht in ausreichender Weise wieder bzw. steht dazu nicht in einem ausreichend engen Zusammenhang.
- ↪ Modellrechnungen haben gegenüber den Messreihen aus den Lysimetern den Vorteil, dass einzelne Einflussfaktoren gleich gehalten werden können, so dass der Einfluss der Ackerzahl leichter untersucht werden kann.
- ↪ Die **relative** Reduktion der Stickstoffversickerung durch eine Beschränkung der Düngung auf „mittlere Ertragslage“ beträgt im Durchschnitt 16% (gegenüber „hohe Ertragslage“) und hängt in ihrem langfristigen Verhalten nicht mit der Bodenbonität zusammen.
- ↪ Die **absolute** Höhe der Wasser- und der Stickstoffversickerung zeigt tendenziell eine Abhängigkeit von der Ackerzahl, mit stärkerer Versickerung bei kleineren Ackerzahlen. Dementsprechend ist auch die Reduktion der Versickerung in absoluten Werten bei niedrigen Ackerzahlen am höchsten. Es zeigte sich jedoch, dass auch bei Ackerzahlen über 30 bei einigen Böden Stickstoff in einem Ausmaß versickert, wie es sonst bei Böden mit niedrigeren Ackerzahlen der Fall ist.

- ↪ Die Wirkung einer Stilllegung, wie bei „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ ist sehr stark: eine Stickstoffversickerung wird damit fast zur Gänze vermieden. Dementsprechend wirkt diese Maßnahme auf Böden, wo unter herkömmlicher Ackerbewirtschaftung viel Stickstoff versickert, relativ gesehen am stärksten. Dies sind zum Teil, aber bei weitem nicht ausschließlich (s.o.), Böden niedriger Bonität.
- ↪ An der Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ nehmen in ganz Österreich nur 14 Betriebe teil, eine Grundwasserwirksamkeit ist somit nur äußerst punktuell gegeben.
- ↪ Die Teilnehmeraten an der Maßnahme UBAG sind zwar hoch (insbesondere in Niederösterreich, teilweise auch in Oberösterreich, weniger in der Steiermark), hier kommt aber folgender limitierende Faktor betreffend die Wirksamkeit zum Tragen: Im Rahmen der UBAG ist bei mittlerer Ertragslage eine Düngebeschränkung vorgesehen. Die Einschätzung der Ertragslage erfolgt mit dem „Bodenbonitätskriterium“: Ackerflächen werden dann auf eine mittlere Ertragslage eingeschätzt, wenn zumindest 50 % des Ackerlands eine Ackerzahl ≤ 30 aufweisen und wenn es sich um geringwertiges Ackerland gemäß Österreichischer Bodenkartierung handelt. Diese beiden Bodenbonitätskriterien stimmen jedoch, wie eine Vorarbeit zeigte, nur auf einem geringen Teil der Ackerfläche überein, sodass das Bodenbonitätskriterium so gut wie nicht zur Anwendung kommt.
- ↪ Eine gute Wirkung ist von Maßnahmen zu erwarten, die generell auf eine Düngung für eine mittlere Ertragslage abstellen. Im Rahmen der Maßnahme „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“ erfolgt durch eine schlagbezogene Bilanz, bei der die tatsächlich erzielten Erträge verwendet werden, eine Rückkoppelung mit dem Düngungsverhalten. Da in der Regel mittlere Erträge vorherrschen, kann erwartet werden, dass Teilnehmer eher entsprechend einer mittleren Ertragslage düngen als Nichtteilnehmer. Davon wurde anhand der Teilnehmeraten eine Wirksamkeit der Maßnahme in der Größenordnung von ca. 6% für die Untersuchungsgebiete in Niederösterreich und Oberösterreich abgeleitet (ca. 1% in der Steiermark). Die Wirksamkeit erhöht sich um ca. die Hälfte (auf 8-9% in N und O), wenn die Auswirkung der im Rahmen der Maßnahme verpflichtend vorgeschriebenen Begrünungen mit berücksichtigt wird.
- ↪ Im Vergleich können die Maßnahmen wie folgt bewertet werden: eine Stilllegung, wie in der Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ hat mit Abstand die stärkste Wirkung für den Grundwasserschutz, die Maßnahme kommt aber kaum zur Anwendung. Die bei mittlerer Ertragslage vorgesehene Beschränkung der Düngung hat eine deutliche Wirkung. Im Rahmen der UBAG wird anhand des Bodenbonitätskriteriums (Ackerzahl ≤ 30 & geringwertiges Ackerland) allerdings nur ein geringer Teil der Ackerfläche auf das mittlere Ertragsniveau eingestuft. Zwar geben die Düngevorschriften in der UBAG auch sonst vor, dass bei Erträgen bis zu einer festgelegten Höhe nur entsprechend einer mittleren Ertragslage gedüngt werden darf, die tatsächliche Höhe der Erträge muss aber im Rahmen dieser Maßnahme nicht dokumentiert werden und es bleibt daher fraglich, ob sie tatsächlich ermittelt werden. Eine Aufzeichnung der Erträge und damit auch eine dokumentierte Ertragsermittlung erfolgt jedoch im Rahmen der Maßnahme „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“, wobei zusätzlich aus einer Gegenüberstellung von Düngung und mit den Erträgen realisierten Entzügen Stickstoffbilanzen zu berechnen sind. Von dieser Maßnahme, die auch im größeren Umfang umgesetzt wird, sind daher stärkere Auswirkungen auf den Gewässerschutz zu erwarten.

2 Zielsetzung und Fragestellung

Eine dem Nährstoffbedarf der Vegetation angepasste Düngung und damit eine ausgeglichene Input-/Output-Bilanz an der Bodenoberfläche gilt als eine Voraussetzung, um eine Gewässerbefruchtung mit Nährstoffen (z.B. Nitratauswaschung in das Grundwasser) zu minimieren. Deshalb sind in den Richtlinien zur sachgerechten Düngung und auch im Anhang zu ÖPUL 2007 Düngeobergrenzen enthalten, die in Abhängigkeit von der Bodenbonität auf die Ertragsleistung des Standortes eingehen und auf den Gewässerschutz abzielen. Nachdem in einer Vorarbeit (wpa & BAW, 2008 a) auf Basis eines umfangreichen Datensatzes festzustellen war, dass Messdaten zu Erträgen von Ackerkulturen kaum eine Abhängigkeit zu Maßzahlen der Bodenbonität (Ackerzahl der Amtlichen Bodenschätzung; natürlicher Bodenwert gemäß österreichischer Bodenkartierung) zeigen, war es Ziel der vorliegenden Arbeit die Abhängigkeit von Bodenbonität und Nitratauswaschung ins Grundwasser und deren Sensibilität zu überprüfen.

Im ÖPUL 2007 gelten spezielle bodenbonitätsbezogene Düngebeschränkungen (bei Ackerzahl ≤ 30 oder geringwertigem Ackerland als natürlicher Bodenwert) für die Teilnahme an der Maßnahme Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen, die ihrerseits eine Voraussetzung für die Teilnahme an der Maßnahme „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“ (alternativ zu „Biologischer Wirtschaftsweise“) darstellt. Die Teilnahme an dieser Maßnahme ist wieder Voraussetzung für die Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“. Diese Maßnahme enthält für Flächen niedriger Bodenbonität (Ackerzahl ≤ 30 oder geringwertiges Ackerland als natürlicher Bodenwert) eine Stilllegung nach Grasansaat einschließlich einem Düngeverzicht.

Die Evaluierung dieser Maßnahmen sollte einerseits die Abhängigkeit einer Nitratauswaschung in das Grundwasser von der Bodenbonität generell überprüfen, andererseits die Wirkung der genannten Maßnahmen, die eine teilweise Bindung an Maßzahlen der Bodenbonität beinhalten, in Relation zur Bodenbonität untersuchen.

Im Weiteren war es eine Fragestellung im Rahmen dieser Evaluierung, den Grad der Umsetzung dieser Maßnahmen zu untersuchen, um aus der Kombination von Maßnahmenwirkung und Maßnahmenumsetzung auf die Wirksamkeit dieser Teile des ÖPUL 2007 schließen zu können.

3 Datengrundlagen und Methoden

3.1 Methodisches Konzept

Die Fragestellung wurde in drei Arbeitspaketen behandelt:

- ↗ Es wurde nach bestehenden Austragsmessungen recherchiert und diese ausgewertet um herauszufinden, ob ein Einfluss der Bodenbonität ablesbar ist.
- ↗ Es wurden Modellrechnungen durchgeführt, in denen die Varianten Düngereduktion oder Stilllegung im Vergleich zu keiner Maßnahmenumsetzung auf Böden unterschiedliche Bonität bewertet wurden.
- ↗ Es wurde eine Analyse des Teilnehmerverhaltens vorgenommen.

3.2 Untersuchungsgebiete und Flächenbezug

Als Untersuchungsgebiet wurden drei typische Ackerbauregionen Österreichs ausgewählt (Abb. 3-1):

- ↗ Für Ostösterreich das Weinviertel und das Marchfeld in Niederösterreich
- ↗ Für den Zentralraum die Traun-Enns-Platte in Oberösterreich
- ↗ Für die Steiermark das Oststeirische Hügelland mit dem Leibnitzer Feld und dem Grazer Feld.

Folgende Kurzbezeichnungen werden für die Projektgebiete in den jeweiligen Bundesländern verwendet:

- ↗ Niederösterreich „N“
- ↗ Oberösterreich „O“
- ↗ Steiermark „ST“

Teilgebiete, die zur Gebietskulisse „vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“ gehören, wurden in Abb. 3-1 schraffiert.

Da Auswaschungsmessungen nur an einer beschränkten Zahl an Standorten durchgeführt werden, wurden verfügbare Messreihen von Lysimetern aus diesen drei Bundesländern auch dann mit in die Untersuchung aufgenommen, wenn sie nicht aus den drei Untersuchungsgebieten stammen.

Weiters stellte sich im Zuge der Bearbeitung heraus, dass es in ganz Österreich nur wenige Betriebe gibt, die an der Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ teilnahmen, so dass diese in den Auswertungen dargestellt wurden, auch wenn sie nicht in den Untersuchungsgebieten lagen.

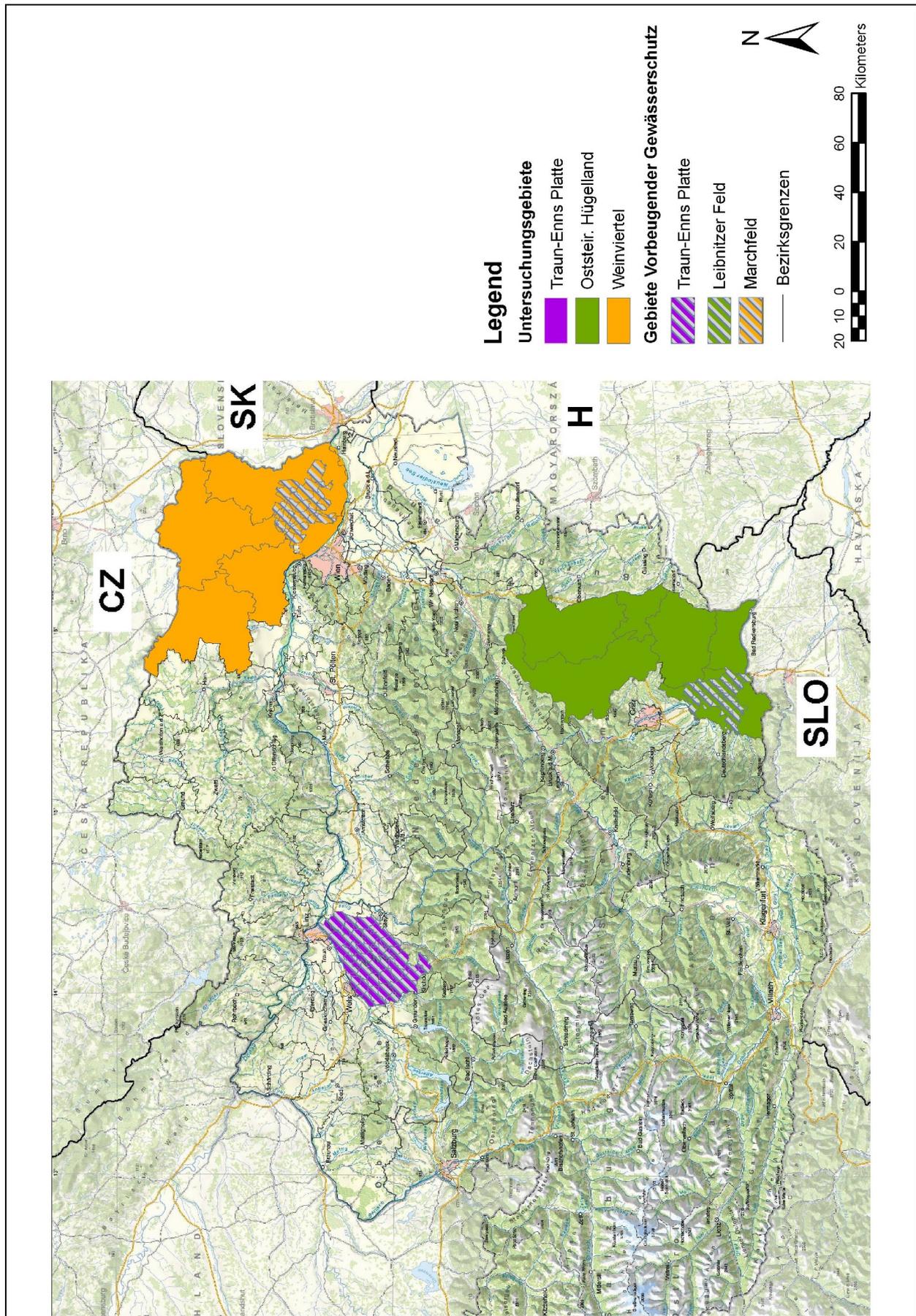


Abb. 3-1: Untersuchungsgebiete für Auswertung der Teilnehmer an der Maßnahme „Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen“

3.3 Messergebnisse Lysimeterdaten

Im Bemühen um Datenmaterial zur Nitratversickerung in den Untergrund wurden Personen und Institutionen kontaktiert, die in Österreich Lysimeterstationen oder annähernd gleiche Messplätze unterhalten. Es wurde um die Bereitstellung der Messwerte gebeten, wobei neben den gemessenen Versickerungen in den Untergrund die Daten zu den Rahmenbedingungen (Klima, agrarisches Management, Dün-

gung, Lage des Messplatzes, Bodenausstattung, Aufwuchs/Erträge, N-Entzug) erforderlich waren. Dieser Anfrage folgend wurden Daten zu den in Tab. 3-1 enthaltenen Messplätzen bereitgestellt, wobei Ort bzw. Bezeichnung und Anzahl der Messplätze, der Zeitraum der Datenreihe (gelegentlich mit Lücken) und die Kontaktperson(en) angeführt sind. Weiters wurden zu den Messplätzen die Ackerzahlen gemäß Finanzbodenschätzung ergänzt, die als Maßzahl zur Bodenbonität des Standortes herangezogen wurden.

Tab. 3-1: Übersicht zu den Messplätzen mit Messwerten zur standörtlichen Versickerung

Daten zu den Messplätzen				
Ort bzw. Bezeichnung	Anzahl	Zeitraum	Kontaktperson(en)	Ackerzahl gemäß FBS
Feldgemüse Grazer Feld, HB	2	12.12.2002 bis 16.1.2006	J. Maszwohl	41,5
Feldgemüse Grazer Feld, TA	2	12.12.2002 bis 16.1.2006	J. Maszwohl	43,6
Gumpenstein Kammerlysimeter - Grünland	3	14.02.2002 bis 4.10.2007	A. Bohner, M. Kandolf	35,0
Gumpenstein Kammerlysimeter – Acker	3	14.02.2002 bis 5.8.2007	A. Bohner, M. Kandolf	35,0
Langenschönbichl	2	1.01.1990 bis 17.5.1993	IKT	52,5
Lobau	3	26.11.1998 bis 17.5.2006	W. Hartl / IKT	53,4
Pettenbach, L1	1	9.1.1995 bis 16.9.2007	IKT	59,4
Pettenbach, L3	1	9.1.1995 bis 16.7.2007	IKT	62,2
Pucking	1	11.9.1995 bis 24.9.2007	IKT	33,0
Petzenkirchen	2	10.9.1989 bis 23.2.2005	IKT	39,4
Wagna	2	3.1.1992 bis 16.8.2006	J. Fank	49,5 bzw. 57,0
Halbenrain - Kainz	1		J. Maszwohl	
Alla - Raggam	1		J. Maszwohl	49,8
Gabersdorf - Luttenberger	1		J. Maszwohl	

Nach Möglichkeit wurden zu diesen Messplätzen durchgängige Zeitreihen zu folgenden Messwerten ausgehoben:

- ↗ Sickerwassermenge (mm)
- ↗ Stickstoffversickerung (kg N ha^{-1})
- ↗ Agrarmanagement (Abfolge der Kulturarten = Fruchtfolge, mineralische und /oder organische Düngung [kg N ha^{-1}], Bewässerung [mm],

Aufwuchs [kg TM ha^{-1}],
Stickstoffentzug [kg N ha^{-1}])

- ↗ Klima (Niederschlag [mm], Lufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$], relative Luftfeuchtigkeit [%], Globalstrahlung [J cm^{-2}] und Windgeschwindigkeit [m s^{-1}]).

Zu den drei letztgenannten Messplätzen (Halbenrain – Kainz, Alla – Raggam und Gabersdorf – Luttenberger) wurde die Ers-

tellung dieser Zeitreihen vorerst als zu aufwändig erachtet, so dass sie in der weiteren Bearbeitung nicht berücksichtigt wurden.

Diesen Zeitreihen wurden jeweils Charakteristika des Standortes hinzugefügt, wobei Kennzahlen zur Struktur der Bodenporen sowie Kohlenstoff- und Stickstoffausstattung des Bodenprofils und die Ackerzahl des Standortes gemäß Finanzbodenschätzung als allgemein verfügbare Klassifikation zur Bodenbonität ergänzt wurden. Die Zeitreihen wurden für jeden Standort zu parameterbezogenen Summen- bzw. Mittelwerten sowohl für die Zeiträume jedes Fruchtfolgegliedens als auch für den gesamten Zeitraum der Datenreihe bzw. für Zeiträume mit deutlicher Differenzierung in der Bewirtschaftungsintensität zusammengefasst. Diese Datensätze wurden einer multiregressiven Analyse unterzogen mit dem Bestreben, die Versickerungen quantitativ (mm) wie qualitativ (kg N ha^{-1}) durch die standörtlichen Rahmenbedingungen zu erklären und eine Abhängigkeit zu einer allgemeinen verfügbaren Maßzahl zur Bodenbonität (Ackerzahl der Finanzbodenschätzung) zu prüfen.

Diese Datensätze dienen in der gegenständlichen Arbeit ausschließlich dazu, um eine Abhängigkeit von gemessenen Austrägen und der zugehörigen Ackerzahl der Finanzbodenschätzung - als Maß der Bodenbonität - zu prüfen. Sie waren jener Datenumfang, der für Österreich im Moment der Bearbeitung und mit vertretbarem Aufwand verfügbar war.

3.4 Modellrechnungen

In der Modellrechnung wurden einerseits die Stilllegung der Flächen (Einsaat einer Gräsermischung mit nachfolgender Pflege und Düngeverzicht) untersucht, und andererseits regionaltypische Fruchtfolgen mit unterschiedlichen Düngeebenen verwendet. Diese wurden einmal so gewählt, wie sie lt. ÖPUL Anhängen für eine mittlere Ertragslage gelten (entsprechend der Düngebeschränkung für mittleres Ertragsniveau) und einmal für hohe Ertragslage (hoch1). Nachdem im Rahmen der Maßnahme „Vorbeugender Boden und Gewässerschutz“ Begrünungen verpflichtend vorgeschrieben sind, wurden diese ebenso in die Modellbetrachtung mit aufgenommen.

Die Berechnungen wurden in den drei Untersuchungsgebieten (Abb. 3-1) für unterschiedliche Bodenbonitäten durchgeführt, die bereits in Projekten zur Evaluierung von „Begrünungen der Ackerflächen“ bearbeitet wurden (Feichtinger et al., 2005; wpa & BAW, 2007). In den zitierten Projekten wurden zu jeder Region 6 Bodenformen (gemäß ÖBK) modellmäßig bearbeitet, womit im Wesentlichen die regionale Bodenformenvielfalt hinsichtlich Wasserspeicherfähigkeit und Humusausstattung abgedeckt wurde. Zu diesen ÖBK-Bodenformen wurden für die Lage der jeweiligen Profilstelle die Ackerzahlen gemäß Finanzbodenschätzung erhoben; in Tab. 3-2 sind diese Daten zusammengefasst. In jeder Region ist ein breites Spektrum der Ackerzahl erfasst und für Ostösterreich und die Südost-Steiermark sind Ackerzahlen ≤ 30 berücksichtigt. Daher wurden diese bereits parametrisierten Bodenformen in der Modellanalyse verwendet.

Tab. 3-2: Angaben zu den in der Modellanalyse verwendeten Bodenformen

Region	Kartierungs-bereich ÖBK	Bodenform ÖBK	Natürlicher*) Bo- denwert, ÖBK	Anmerkungen ÖBK	Ackerzahl ge- mäß FBS
Ostösterreich	006 Marchegg	10	mw. GL, gw. AL	Gley GW - Einfluss	15
	007 Groß Enzerdorf	37	gw. AL		21
	027 Gänserndorf	11	hw. AL		54
	038 Wien-Nordost	33	gw. AL		26
	101 Zistersdorf	38	mw. AL, gw. AL		54
	110 Hollabrunn	1	hw. AL		87
Zentralraum Oberösterreich	068 Wels	44	mw. AL		43
	080 Perg	3	hw. AL		61
	080 Perg	18	hw. AL		53
	120 Kirchdorf a. d. Krems	31	mw. AL		50
	120 Kirchdorf a. d. Krems	35	mw. GL	Hanggley, GW Hangwasser	34
	120 Kirchdorf a. d. Krems	44	hw. GL		44
Südost Steiermark	020 Leibnitz	009/1	gw. GL	Gley GW - Einfluss	17
	031 Wildon	27	mw. GL		39
	078 Graz-Süd	18	hw. AL, hw. GL		73
	078 Graz-Süd	29	mw. AL, hw. GL		54
	078 Graz-Süd	37	gw. GL	Gley GW - Einfluss	30
	086 Graz-Nord	78	mw. AL		41

Zum Agrarmanagement wurde ebenfalls auf die in den genannten Arbeiten (Feichtinger et al., 2005; wpa & BAW, 2007) verwendeten Fruchtfolgen zurückgegriffen. Es wurden zu jeder Region zwei Fruchtfolgen in die Modellanalyse eingebunden, welche für das regionale Kulturartenspektrum wesentliche Bedeutung haben. Die Gewichtung der Fruchtfolgen ist in wpa & BAW (2008 b) näher ausgeführt. Die beiden Fruchtfolgen jeder Region (Ostöster-

reich: FF1 und FF4, Zentralraum Oberösterreich: FV1 und FV2, Südost-Steiermark: FFG und FFR) wurden in den Varianten „Schwarzbrache in den Wintermonaten“ und „Begrünung der Ackerfläche im Winter“ bearbeitet. Zu Ostösterreich und dem Zentralraum Oberösterreich wurde die Begrünungsvariante D und zur Südost-Steiermark die Begrünungsvariante C berücksichtigt.

Zur Stickstoffdüngung wurde eine kulturspezifische Bemessung („maximal N“) gemäß „mittlere Ertragslage“ bzw. „Ertragslage hoch 1“ entsprechend ÖPUL 2007, Anhang E, Tabelle 3, in der Modellanalyse berücksichtigt. Weiters wurde eine Stilllegung der Fläche bearbeitet, wozu zu Beginn der Modellrechnung (1979) die Einsaat von Grünland erfolgte, welches bis an das Ende der Modellrechnung (Ende 2000) keine Stickstoffdüngung erfuhr und jeweils im Juni gemäht und im August gehäckselt wurde. All diese Managementvarianten wurden mit den erwähnten Bodenformen und den in Feichtinger et al. (2005) bereits verwendeten Wetterdaten kombiniert und fließen in die Modellrechnung zur Bewertung der Wasser- und Stickstoffversickerung ein. Bewertungszeitraum war in allen Fällen 1.1.1991 – 31.12.2000 mit einer Vorlaufzeit 1.1.1979 – 31.12.1990. Für die Modellrechnung wurde das Konzept SIMWASER/STOTRASIM (Stenitzer, 1988; Feichtinger, 1998) verwendet, welches in den zitierten Vorarbeiten bereits mehrfach beschrieben ist, wobei jedoch auf Grund einer Projektarbeit (Fank, Feichtinger & Fürst, 2008) Adaptierungen eingeflossen sind. Diese betreffen vor allem die Festlegung standortspezifischer Beiwerte zum Umsatz organischer Vorräte, sodass die Flüsse zwischen den organischen Pools einigermaßen im Gleichgewicht sind und so das Austragsgeschehen nicht von deutlichen Freisetzungen aus bzw. Festlegungen im Boden dominiert wird.

3.5 Teilnahmeverhalten

Zur Untersuchung des Teilnahmeverhaltens wurden die INVEKOS Daten des Jahres 2007 von Betrieben ausgewertet, die Flächen in den Untersuchungsgebieten bewirtschaften. Betriebe, die an der Maßnahme „Bewirtschaftung von auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ teilnehmen, wurden unabhängig von ihrer Flächenlage in die Auswertungen mit einbezogen. Neben der Maßnahmenteilnahme wurden die Flächenausstattung und die Kulturartenverteilung sowie der Viehbesatz ausgewertet.

4 Ergebnisse

4.1 Lysimetermessungen

Die Messwerte von den Lysimetern (Tab. 3-1) führten nach einer Multiregressionsanalyse zu folgenden Ergebnissen:

Auswahl geeigneter Betrachtungszeiträume

Die Analyse der Summen- bzw. Mittelwerte, welche sich für die kurzfristigen Zeiträume der einzelnen Fruchtfolgeglieder ergaben, erfolgte unter Einbeziehung der Standortcharakteristika und erbrachte für die gemessenen Versickerungen (mm bzw. kg N ha⁻¹) keine zufrieden stellende Beschreibung durch die standörtlichen Rahmenbedingungen und Parameter.

Erst die Zusammenfassung der Daten zu längeren Zeiträumen (Summen bzw. Mittelwerte), eben über den gesamten Messzeitraum eines Standorts oder allenfalls untergliedert nach Zeiträumen mit deutlich differenzierter Bewirtschaftungsintensität, ermöglichte eine Beschreibung der Versickerung anhand sonstiger standörtlicher Gegebenheiten (Wetter, Boden, Management).

So wurden die beiden Messplätze „Grazer Feld“ mit konventioneller Bewirtschaftung (HB, auch gleiche Ackerzahl) zu einem Ergebnis über den gesamten Messzeitraum zusammengefasst. Ebenso die Daten der beiden Standorte „Grazer Feld, biologische Bewirtschaftung“ (TA). Zu Gumpenstein wurden die Untersuchungsvarianten K1 – K3 für Ackerbau über den gesamten Beobachtungszeitraum zu einem Datensatz vereint und zu den Varianten K4 – K6 geschah dies für Grünlandnutzung. Die zwei Zeitreihen zum Messplatz Langenschönbichl und jene drei zur Lobau wurden jeweils zu einem standörtlichen Datensatz über die gesamte Messperiode zusammengeführt. Pettenbach L1, Pettenbach L3, Pucking, Wagna P14 und Wagna P18 verblieben in der Auswertung weiterhin als eigenständige Messplätze, jedoch mit summarischer Betrachtung der jeweils gesamten Messperiode; zu Wagna P14 und P18 wurde der Zeitraum des Lysimeterneubaus (September 2003 bis No-

vember 2004) ausgeklammert. Zu Petzenkirchen wurden die Daten der beiden Messstellen zusammengeführt, jedoch erfolge eine zeitliche Unterteilung; die Vereinigung der Daten erfolgte für die Periode des Ackerbaus (1990 – Juni 1995) und separat für die nachfolgende Grünbrache (Stilllegung ab 1995 bis dato). Somit verblieben 13 Datensätze mit jeweils langfristigen Mittelwerten bzw. Summen. Die Messreihen zum Grazer Feld wurden nur für die Beurteilung der Sickerwassermenge herangezogen, zur Stickstoffversickerungen blieben sie unberücksichtigt, da zu hohe Defizite zu Daten betreffend Düngung, Ertrag/N-Entzug und Versickerungskonzentration bestanden.

Zusammenhang Bodeneigenschaften - Versickerung

Aus der Analyse dieser zusammengefassten Datensätze resultierte der Ansatz nach Gleichung (1), der es erlaubt, die über den Betrachtungszeitraum akkumulierte Sickerwassermenge anhand der akkumulierten Niederschlagsmenge und des Wasserspeichervermögens des standörtlichen Bodenprofils zu quantifizieren.

$$\text{SumSW} = a + b \cdot \text{SumNS} + c \cdot \text{PR}_{50} + d \cdot \text{PR}_{100} + e \cdot \text{PR}_{50}^2 \quad (1)$$

SumSW	Akkumulierte Sickerwassermenge im Bewertungszeitraum eines Messplatzes, mm
SumNS	Akkumulierte Niederschlagsmenge im Bewertungszeitraum eines Messplatzes, mm
PR50	Volumen der Bodenporen im Matrixpotentialbereich 0 -15000 hPa akkumuliert über den Tiefenbereich 0 -50 cm unter Geländeoberfläche eines Messplatzes, mm
PR100	Volumen der Bodenporen im Matrixpotentialbereich 0 -15000 hPa akkumuliert über den Tiefenbereich 0 -100 cm unter Geländeoberfläche eines Messplatzes, mm
a,b,c,d,e	Regressionsparameter

Die so abgeleiteten akkumulierten Sickerwassermengen sind den Messwerten in Abb. 4-1 gegenübergestellt. Die in Gleichung (1) formulierte Abhängigkeit und die zugehörigen Regressionsparameter bedürfen jedoch einer weiteren Überprüfung und Evaluierung, bevor damit standörtliche

Versickerungen unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen verallgemeinernd eingeschätzt werden. Die Ackerzahl vermag jedenfalls keinen statistisch signifikanten Beitrag zu dieser Beschreibung zu leisten.

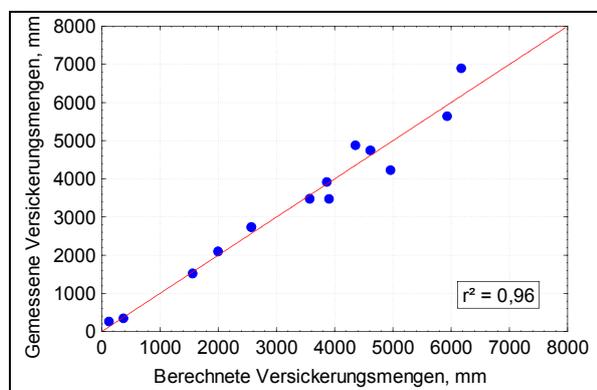


Abb. 4-1: Gegenüberstellung der gemessenen und berechneten Versickerungssummen

Ebenso sind die Messwerte der akkumulierten Stickstoffversickerungen durch eine multiregressive Formulierung anhand der akkumulierten Sickerwassermengen, der akkumulierten Stickstoffimporte durch Düngung und mit Hilfe von Parametern zur Speicherfähigkeit des Bodenprofils gemäß Gleichung (2) beschreibbar.

$$\text{SumST} = a + b \cdot \text{SumSW} + c \cdot \text{DUE} + d \cdot \text{PR}_{50} + e \cdot \text{PR}_{50}^2 + f \cdot \text{PR}_{100}^2 \quad (2)$$

- SumST Akkumulierte Stickstoffversickerung im Bewertungszeitraum eines Messplatzes, kg N ha⁻¹
- SumSW Akkumulierte Sickerwassermenge im Bewertungszeitraum eines Messplatzes, mm
- DUE Akkumulierter Stickstoffinput durch mineralische und organische Dünger, kg N ha⁻¹
- PR50 Volumen der Bodenporen im Matrixpotentialbereich 0 -15000 hPa akkumuliert über den Tiefenbereich 0 -50 cm unter Geländeoberfläche eines Messplatzes, mm
- PR100 Volumen der Bodenporen im Matrixpotentialbereich 0 -15000 hPa akkumuliert über den Tiefenbereich 0 -100 cm unter Geländeoberfläche eines Messplatzes, mm
- a,b,c,d,e,f Regressionsparameter

Die so abgeleiteten akkumulierten Stickstoffversickerungen sind den Messwerten in Abb. 4-2 gegenübergestellt. Die in Gleichung (2) formulierte Abhängigkeit und die zugehörigen Regressionsparameter bedürfen jedoch weiterer Überprüfung und Evaluierung, bevor damit standörtliche Versickerungen unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen verallgemeinernd eingeschätzt werden. Aber auch hier gilt, dass die Ackerzahl keinen statistisch signifikanten Beitrag zu dieser Beschreibung leistet.

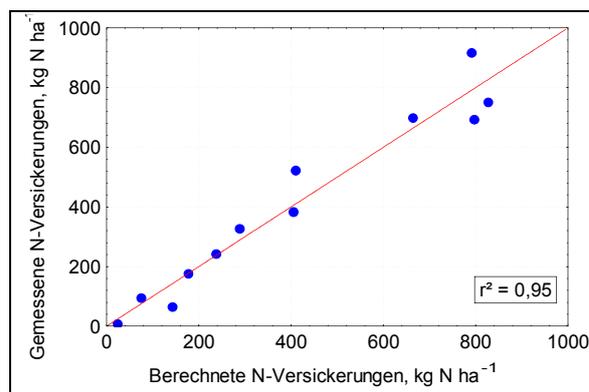


Abb. 4-2: Gegenüberstellung der gemessenen und berechneten Stickstoffversickerungen

In dieser Bewertung von Lysimeterdaten vermag die standörtliche Ackerzahl in keinem Fall einen signifikanten Beitrag zur Erklärung der jeweiligen Versickerungen zu leisten. Dies besagt, dass andere Maßzahlen und Einflussgrößen dominanter das Versickerungsgeschehen prägen als die Ackerzahl der Finanzbodenschätzung. Die erwähnten Abhängigkeiten zur Beschreibung der Versickerungen weisen darauf hin, dass Bodenparameter und klimatische Rahmenbedingungen neben standörtlichem Management wesentlichen Einfluss haben, jedoch die Ackerzahl diese Einflüsse offensichtlich nicht summarisch zu bewerten vermag. Jedoch sind diese Messreihen eben auch nicht in der Lage, die Rahmenbedingungen gleich zu halten und ausschließlich die Ackerzahl als Maß der Bodenbonität zu variieren, um so deren Gewicht aufzuzeigen.

Jedoch lassen die an den untersuchten Datensätzen beobachteten Abhängigkeiten im Ausblick hoffen, nach Überprüfung und Evaluierung der Ansätze standörtliche

Versickerungen unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen damit einschätzen zu können.

Auswirkung einer Stilllegung

Ein Teil der ausgewerteten Lysimeterdaten illustriert eindrucksvoll die Grundwasserrelevanz einer Stilllegung, wie sie zum Beispiel die Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ darstellt. Auf den beiden Messplätzen in Petzenkirchen wird seit 1990 die Versickerung in 110 cm unter Gelände quantitativ wie qualitativ erfasst. Dort wurde zunächst bis in den Herbst 1994 ortsüblicher Ackerbau betrieben und dann, im Oktober 1994, im Rahmen von ÖPUL 95 eine Grünbrache angelegt. Diese wurde seither nicht gedüngt. Die regelmäßigen Pflegemaßnahmen entsprechen den Vorgaben der Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ im ÖPUL 2007.

Abb. 4-3 zeigt die Nitratkonzentration der Versickerungen über den Zeitraum 1990 bis April 2008. Bei ortsüblichem Ackerbau lag die Nitratkonzentration im Sickerwasser im Mittel bei etwa $100 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$. Hingegen bewirkte die Grünbrache nach voller Pflanzenentwicklung (ab 1. Schnitt) eine drastische Reduktion der Nitratkonzentration im Mittel auf ungefähr $10 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$. Für das Ziel, die Nitratbefruchtung des Grundwassers zu reduzieren, ist somit die ÖPUL-Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ bzw. allgemein eine Grünbrache gegenüber regionaltypischem Ackerbau sehr effektiv.

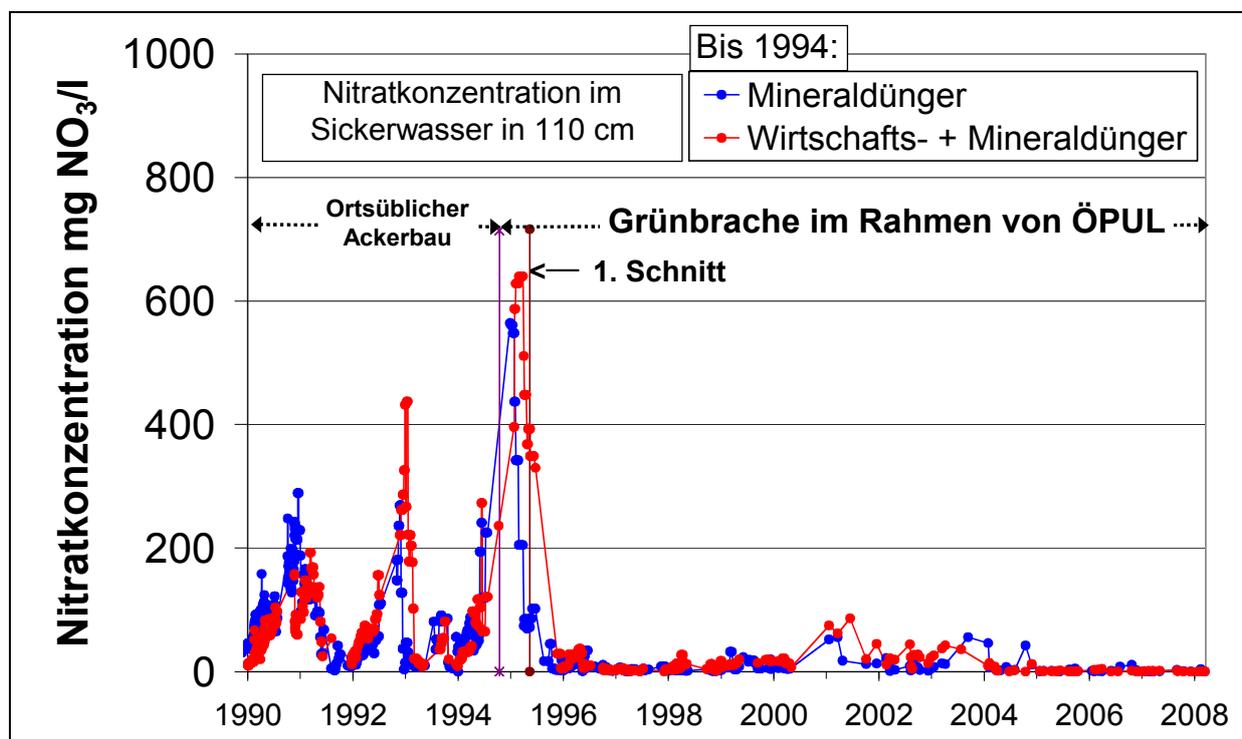


Abb. 4-3: Nitratkonzentration im Sickerwasser bei Ackerbau und unter einer Stilllegung am Messplatz Petzenkirchen

4.2 Modellrechnung

Die Modellrechnung bietet die Möglichkeit bei sonst gleichen Rahmenbedingungen die Bodensituation und somit Bodenbonität (in der gegenständlichen Modellrechnung mit Bezug zur Ackerzahl der Finanzbodenschätzung) zu verändern und die Auswirkungen auf die Versickerung ins Grundwasser zu untersuchen.

Die Berechnungen erfolgten für Böden unterschiedlicher Bonität und für zwei Düngeneiveaus (mittel – m und hoch1 – h), wobei zusätzlich die Zwischenbegrünung variiert wurde (mit Zwischenbegrünung BG oder ohne, d.h. Schwarzbrache SB) und eine Stilllegung ebenfalls bewertet wurde.

Die Ergebnisse sind in Tab. 4-1 dargestellt, ausgenommen zu Bodenform 086-078 (Südost – Steiermark), da die Modellrechnung zu Wasserexporten primär Oberflächenabfluss und kaum die im Rahmen dieser Studie relevante Tiefensickerung ergab.

Die in Tab. 4-1 gelb unterlegten Standorte sind jene, wo die ÖBK auf Grundwasser-einfluss hinweist, worauf nachfolgend wiederholt Bezug genommen wird.

Tab. 4-1: Ergebnisse aus der Modellrechnung zur Sickerwassermenge und zur Stickstoffversickerung für Böden unterschiedlicher Bonität in den drei Regionen

Re-gion	Boden-form ÖBK *)	Acker-zahl FBS	Versickerung / Grundwasserneubildung, mm a ⁻¹					Stickstoffversickerung, kgN ha ⁻¹ a ⁻¹				
			SBh **)	SBm **)	BGh **)	BGm **)	STILL **)	SBh	SBm	BGh	BGm	STILL
Ostösterreich	006-010	15	57	57	51	51	25	19	14	15	11	0
	007-037	21	85	85	81	81	59	67	58	64	55	1
	027-011	54	23	23	22	22	9	9	7	8	6	0
	038-033	26	56	56	53	53	37	46	39	40	34	1
	101-038	54	30	30	27	27	11	15	10	11	8	0
	110-001	87	24	24	23	23	12	5	3	4	3	0
Zentralraum Oberösterreich	068-044	43	260	260	253	253	221	42	36	41	35	1
	080-003	61	267	267	260	260	224	51	45	48	42	1
	080-018	53	264	264	257	257	215	44	38	42	36	1
	120-031	50	225	225	219	219	204	35	31	33	28	2
	120-035	34	280	280	272	272	265	30	27	28	24	5
	120-044	44	312	312	304	305	235	56	53	51	48	5
Südost Steiermark	020-9/1	17	288	288	290	290	322	62	54	60	52	1
	031-027	39	382	382	381	381	355	53	46	52	45	5
	078-018	73	314	314	315	315	330	66	58	63	55	1
	078-029	54	331	332	332	332	323	74	64	70	62	6
	078-037	30	351	351	351	351	333	46	39	44	37	1

*) 006-010 bedeutet: Kartierungsbereich 006 – Bodenform 010

**) SBh: Schwarzbrache (keine Begrünung), Düngemessung nach Ertragslage "hoch1"
 SBm: Schwarzbrache (keine Begrünung), Düngemessung nach Ertragslage "mittel"
 BGh: Begrünung von Winterbrachen, Düngemessung nach Ertragslage "hoch1"
 BGm: Begrünung von Winterbrachen, Düngemessung nach Ertragslage "mittel"
 STILL: Stilllegung gemäß Maßnahme 23 aus ÖPUL 2007

Die mittleren Jahresniederschläge betragen im Bewertungszeitraum in Ostösterreich (N) 541 mm, im Zentralraum Oberösterreich (O) 811 mm und in der Südost – Steiermark (ST) 939 mm. Die gedüngten Stickstoffmengen sind zur Ertragslage „hoch1“ durchschnittlich $124 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ in N, $130 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ in O und $133 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ in der ST. Zur Ertragslage „mittel“ sind sie $108 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ in N, $114 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ in O und in der ST $116 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Somit differiert die jährlich gedüngte Stickstoffmenge für die beiden Düngeniveaus in allen drei Regionen um $15 - 17 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

Bezüglich Wasserversickerung/Grundwasserneubildung zeichnet sich in allen drei Regionen eine Relation zur Ackerzahl ab, was Abb. 4-4 durch Gegenüberstellung von Ackerzahl und Wasserversickerung für jeden Standort verdeutlicht.

Daraus sind sinkende Versickerungsmengen bei ansteigenden Ackerzahlen ersichtlich. Dies geschieht in den drei Regionen auf durchaus unterschiedlichen Niveaus, was auf die regional unterschiedlichen Niederschlagsituationen zurückzuführen ist.

Am stärksten von dieser Relation weichen Standorte ab, für die in der ÖBK ein Grundwassereinfluss angegeben ist (vgl. Tab. 3-2), der in der Modellrechnung nicht berücksichtigt wurde und die daher in Abb. 4-4 mit anderer Signatur dargestellt sind.

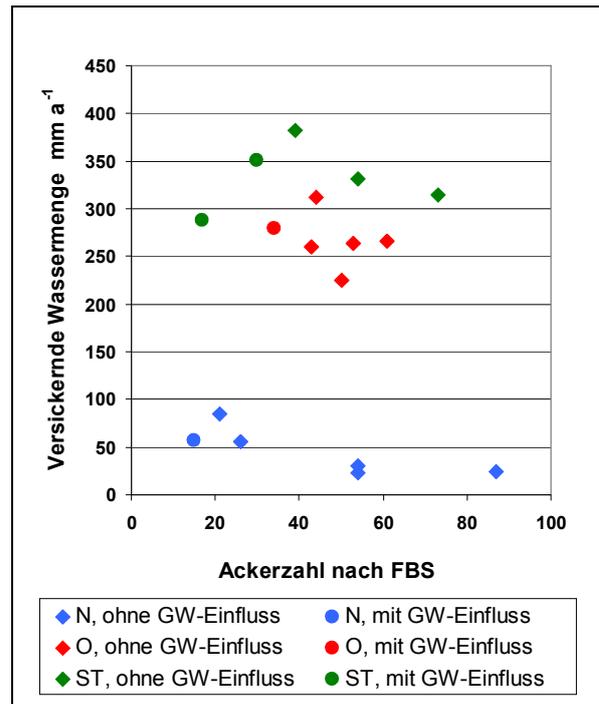


Abb. 4-4: Gegenüberstellung von Ackerzahl und Sickerwassermenge für den Modellfall „Keine Maßnahme“ (SBh)

In der Tendenz ähnliches gilt auch für die versickernden Stickstofffrachten (siehe Abb. 4-5), wenngleich hier der Zusammenhang vor allem für die Region Niederösterreich erkennbar ist und in den anderen Regionen kaum ausgeprägt ist.

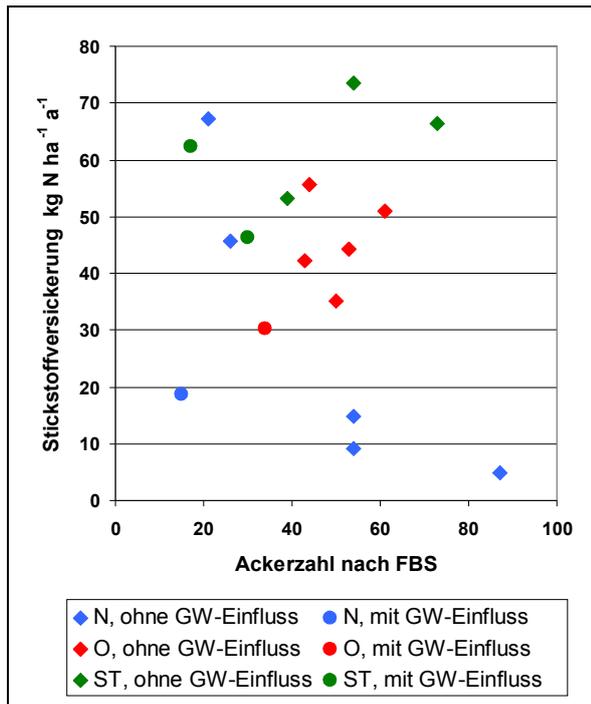


Abb. 4-5: Gegenüberstellung von Ackerzahl und Stickstoffversickerung für den Modellfall „Keine Maßnahme“ (SBh)

Zur Frage, ob Ackerflächen mit niedrigerer Ackerzahl ein höheres Potenzial einer Grundwasserbefruchtung besitzen, sind folgende Feststellungen zu treffen:

- Seichtgründige Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität und oft niedriger Ackerzahl weisen im Rahmen des regionalen Niveaus meist hohe absolute Versickerungen (sowohl Wasser als auch Stickstoff) auf. Sie sind daher von hoher zeitlicher Reaktionsgeschwindigkeit (höhere Austauschhäufigkeit) gegenüber speicherfähigen Böden gekennzeichnet. Daher ist davon auszugehen, dass Maßnahmen an der Bodenoberfläche auf seichtgründigen Standorten rascher grundwasserwirksam werden. Aufgrund der geringeren Retentionskapazität ist auf solchen Flächen auch die Wahrscheinlichkeit höher, dass bei widrigen Witterungsbedingungen eine Düngung in das Grundwasser ausgewaschen wird. Dieser zeitliche Aspekt war zwar nicht Inhalt dieser Modellanalyse, ist jedoch in früheren Arbeiten beleuchtet worden (IKT, 1998).

➤ In der Modellanalyse wurde der langfristige Aspekt unterschiedlicher Bewirtschaftung von Ackerflächen in Relation zur Ackerzahl untersucht. Zur Wasser- und Stickstoffversickerung wurden die Absolutzahlen mit entsprechender Wertung der Ackerzahlen in Abb. 4-4 und Abb. 4-5 gegenübergestellt.

➤ In der langfristigen Betrachtung wurde kein Einfluss der Ackerzahl auf die Effizienz der untersuchten Maßnahmen (Düngebeschränkung und Begrünung) festgestellt, d.h. die Reduktion der Stickstoffversickerung **relativ** zum Ausgangswert (SBm/SBh; BGh/SBh; BGm/BGh) hängt nicht mit der Ackerzahl zusammen. Eine Reduktion der Düngung auf das Niveau für mittlere Ertragslage (SBm) bewirkt gegenüber einer Düngung für hohe Ertragslage (SBh) eine durchschnittliche Verminderung der Stickstoffversickerung um 16% für alle Böden und ebenso um 16%, wenn der Durchschnitt nur für jene Böden gebildet wird, die eine Ackerzahl ≤ 30 besitzen.

➤ Hingegen zeigt die **absolute** Reduktion der Stickstoffversickerung (SBh-SBm; SBh-BGh; BGh-BGm) sehr wohl eine gewisse Abhängigkeit von der Ackerzahl (Abb. 4-6). Zum Teil wird dies bereits durch die höheren Ausgangswerte verursacht, die bei niedrigen Ackerzahlen zu beobachten sind, wenn keine Maßnahme gesetzt wird (vgl. Abb. 4-5).

➤ Abb. 4-6 zeigt, dass alle drei getesteten Maßnahmenkombinationen (SBm Düngung für mittlere Ertragslage, ohne Begrünung; BGh und BGm Düngung für hohe bzw. mittlere Ertragslage, jeweils mit Begrünung) im Vergleich zu einer Variante mit Düngung für hohe Ertragslage ohne Begrünung (SBh) eine Reduktion der Stickstoffauswaschung bewirken, die tendenziell bei niedrigen Ackerzahlen stärker ausfällt.

- Das Bodenbonitätskriterium (Ackerzahl ≤ 30) gilt zwar nur für die Düngebeschränkung (grüne Symbole in Abb. 4-6), der Zusammenhang zwischen Ackerzahl und Wirkung ist aber auch für die Begrünungsmaßnahme zu beobachten (blaue Symbole in Abb. 4-6).

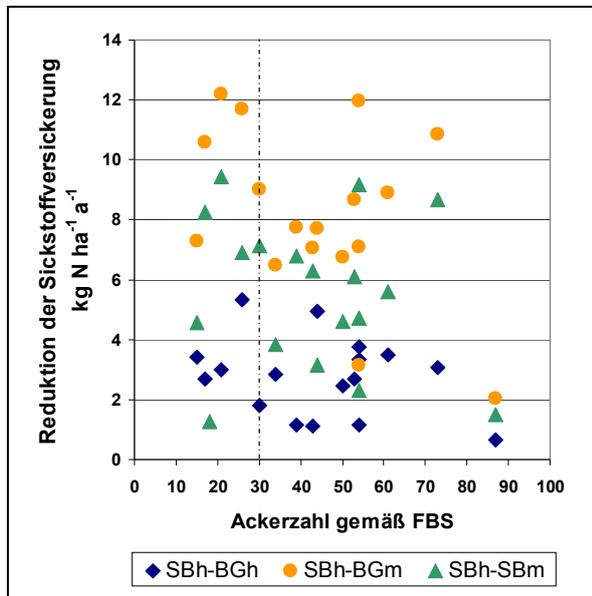


Abb. 4-6: Gegenüberstellung von Ackerzahl und Reduktion der Stickstoffversickerung zu den untersuchten Bewirtschaftungsvarianten

- Bei Ackerzahlen ≤ 30 wird von einer mittleren Ertragslage ausgegangen und eine Beschränkung der Düngung ist vorgesehen, Abb. 4-6 zeigt jedoch, dass auch bei höheren Ackerzahlen eine Beschränkung der Düngung auf mittlere Ertragslage eine Reduktion der Stickstoffversickerung bewirkt, die z.T. auf gleichem Niveau liegt wie bei Ackerzahlen ≤ 30 . Dies, kombiniert mit den Ergebnissen der Vorarbeit (wpa & BAW, 2008 a), die zeigte, dass $\sim 75\%$ der Erträge auf Ackerflächen der mittleren Ertragslage oder darunter entsprechen, ergibt die Schlussfolgerung, dass es für die Ziele des Grundwasserschutzes daher angebracht wäre, eine Reduktion der Stickstoffdüngung auf das Niveau einer mittleren Ertragslage generell vorzusehen, solange nicht eine hohe Ertragslage erwiesen ist.

- Da die Stickstoffversickerung bei einer Stilllegung in jedem Fall sehr niedrig ist

(vgl. Abb. 4-8), hängt die mögliche Reduktion gegenüber einer herkömmlichen Ackernutzung in erster Linie davon ab, wie hoch die Stickstoffversickerung unter dieser Nutzung ist. Abb. 4-7 zeigt das Reduktionspotenzial im Vergleich zu einer Düngung für hohe Ertragslage, das Bild gleicht weitgehend jenem in Abb. 4-5. Es ist zwar eine gewisse Abhängigkeit mit der Ackerzahl erkennbar, eine Stilllegung würde aber auch in einigen Fällen mit Ackerzahlen >30 eine erhebliche Reduktion der Stickstoffversickerung bewirken, die z.T. auf einem ähnlichen Niveau wie bei Ackerzahlen ≤ 30 läge.

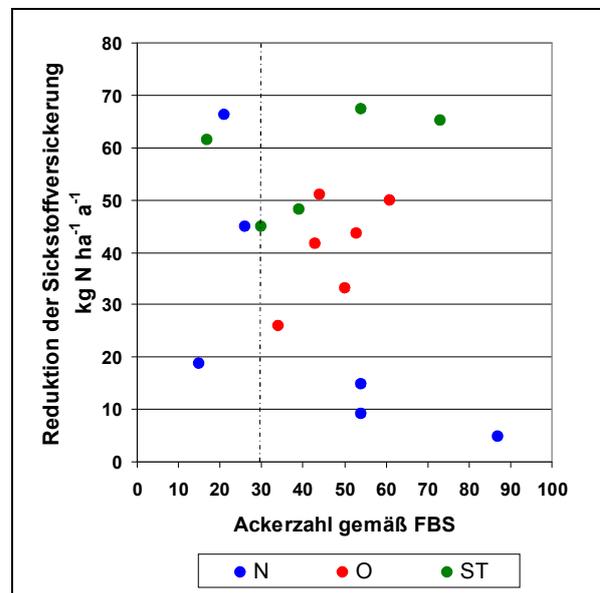


Abb. 4-7: Gegenüberstellung von Ackerzahl und Reduktion der Stickstoffversickerung bei Stilllegung gegenüber Düngung für hohe Ertragslage (SBh)

- Eine Reduktion der Stickstoffdüngung ist hinsichtlich Reduktion der Stickstoffauswaschung in das Grundwasser effizienter als die begleitende Begrünung (Abb. 4-8). Für das Ziel, die Nitratauswaschung ins Grundwasser aus Ackerflächen zu reduzieren, ist jedoch eine Kombination aus beiden Maßnahmen anzustreben.

➤ Die Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ (Stilllegung) ist hinsichtlich Grundwasserqualität die mit Abstand effizienteste Maßnahme und speziell auf sehr seichtgründigen Standorten unbedingt beizubehalten und möglichst zu forcieren. Dies belegen auch die diesbezüglichen Messdaten, wie dies in Kap. 4.1, Abb. 4-3 ausgeführt und dargestellt ist.

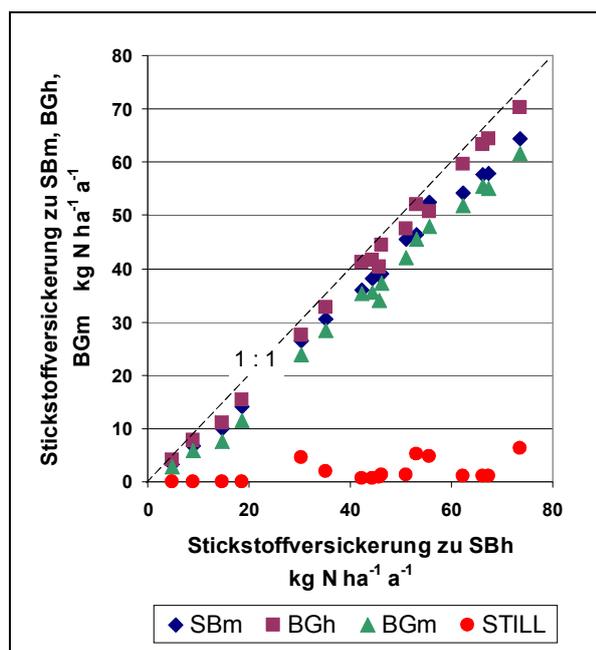


Abb. 4-8: Stickstoffversickerungen zu den Bewirtschaftungsmöglichkeiten gemäß ÖPUL 2007- Maßnahme 22 und 23 im Vergleich zu „Keine Maßnahme“

4.3 Teilnahmeverhalten

4.3.1 Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen.

An der Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ nahmen im Jahr 2007 aus ganz Österreich 14 Betriebe teil. Diese Betriebe legten nach Einsaat einer Gräsermischung insgesamt 40 auswaschungsgefährdete Ackerschläge still (Tab. 4-2). Die Teilnehmer stammen aus den Bundesländern Oberösterreich, Niederösterreich und Burgenland (Abb. 4-9). Keine Teilnehmer gibt es aus den Bundesländern Steiermark und Kärnten (und Wien), die ebenfalls Teile der Gebietskulisse zur Maßnahme „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“ enthalten, an die die Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ gebunden ist.

Tab. 4-2: Anzahl der Betriebe und Anzahl der Schläge die an der Maßnahme „Bewirtschaftung von auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ teilnehmen

	Anzahl der Betriebe	Anzahl der Schläge
Niederösterreich	4	7
Oberösterreich	2	2
Burgenland	8	31
Gesamt	14	40

Nur 3 dieser Betriebe mit insgesamt 4 Schlägen befanden sich im Untersuchungsgebiet dieser Studie. Sie liegen alle im niederösterreichischen Teil.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ nicht angenommen wurde. Folgende Gründe kommen dafür in Frage:

➤ Es wird die Teilnahme an einer Reihe weiterer Maßnahmen vorausgesetzt. Zunächst ist das einmal die Maßnahme „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“, die ihrerseits die Teilnahme an der Maßnahme „Begrünung

von Ackerflächen im Herbst und Winter“ sowie „Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen“ oder „Biologische Wirtschaftsweise“ zur Voraussetzung hat.

➤ Es ist im Vergleich zu anderen Maßnahmen für den Landwirt mit einem erhöhten Aufwand verbunden festzustellen, ob für seine Flächen eine Teilnahmeberechtigung besteht.

➤ Die Prämie könnte im Vergleich zu anderen Bewirtschaftungsoptionen zu niedrig sein.

➤ Es könnte die Befürchtung bestehen, dass die in die Maßnahme eingebrachten Flächen in Dauergrünland umgewandelt werden.

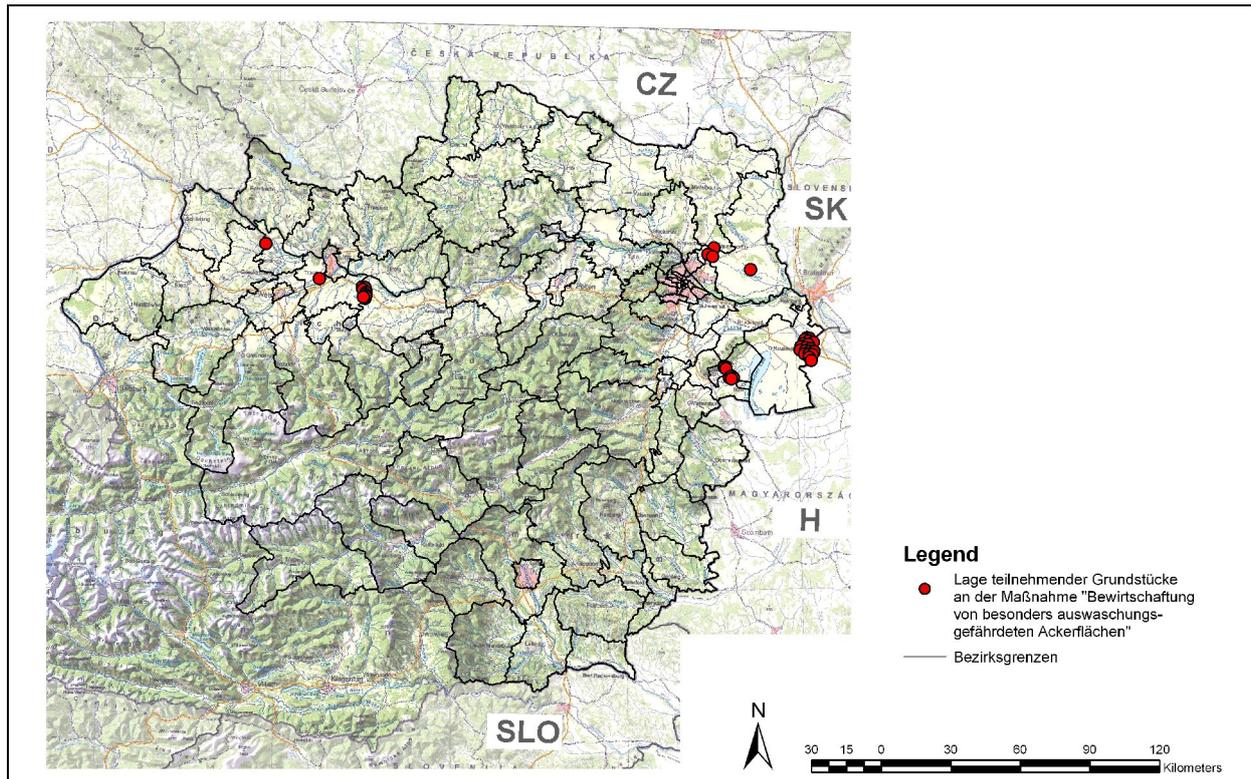


Abb. 4-9: Lage der teilnehmenden Grundstücke an der Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“

4.3.2 Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen (UBAG)

Eine Düngung für maximal mittlere Ertragslage für Böden niedriger Bonität (Ackerzahl ≤ 30 & geringwertiges Ackerland) gilt zwar auch auf Grund gesetzlicher Bestimmungen (VO des BMLFUW über das Aktionsprogramm 2008 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen), im Rahmen der ÖPUL Maßnahme „Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und

Grünlandflächen“ bekommt diese Auflage aber deshalb besondere Relevanz, als dort Aufzeichnungen über Düngemaßnahmen verpflichtend zu führen sind und damit deren Einhaltung jedenfalls nachvollziehbar wird. Es kann daher von der Annahme ausgegangen werden, dass Betriebe, die an der UBAG teilnehmen, bodenbonitätsbedingten Düngebeschränkungen eine größere Aufmerksamkeit widmen, als Betriebe, die daran nicht teilnehmen.

Die Teilnahmequote beträgt im niederösterreichischen Untersuchungsgebiet 85%, im oberösterreichischen 56% und im stei-

rischen 23% (Abb. 4-10). Eine Berechnung der Teilnahmequote für die Acker- + Grünlandfläche ergibt Teilnahmequoten von 81%, 61% und 29% (Abb. 4-11).

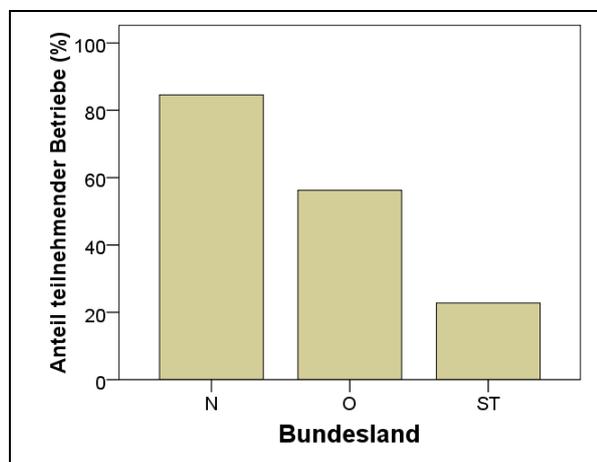


Abb. 4-10: Teilnahmequoten an der UBAG in den drei Untersuchungsgebieten

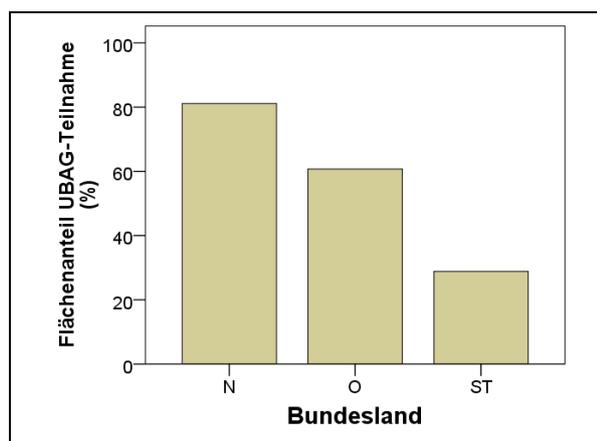


Abb. 4-11: Teilnahmequoten an der UBAG berechnet für Acker+Grünlandfläche

Nachteilig auf die Teilnahmequote dürfte sich ausgewirkt haben, dass im Zuge des Genehmigungsverfahrens zusätzliche Auflagen für die Teilnahme an der Maßnahme eingeführt wurden (Biodiversitätsflächen, max. 2,0 GVE/ha, max. 150 kg N/ha, schlagbezogene Aufzeichnungen).

Abb. 4-12 zeigt, dass die Teilnahme an der UBAG von der Betriebsgröße abhängt. Nichtteilnehmer überwiegen bei weitem in der Klasse von Betrieben mit weniger als 10 ha Nutzfläche, in die Klasse 10 bis 20 ha fällt ein ungefähr gleich großer Anteil der Teilnehmer und Nichtteilnehmer

und ab 20 ha überwiegen Teilnehmer. Der wahrscheinliche Grund besteht darin, dass die Prämienhöhe von der Fläche abhängt.

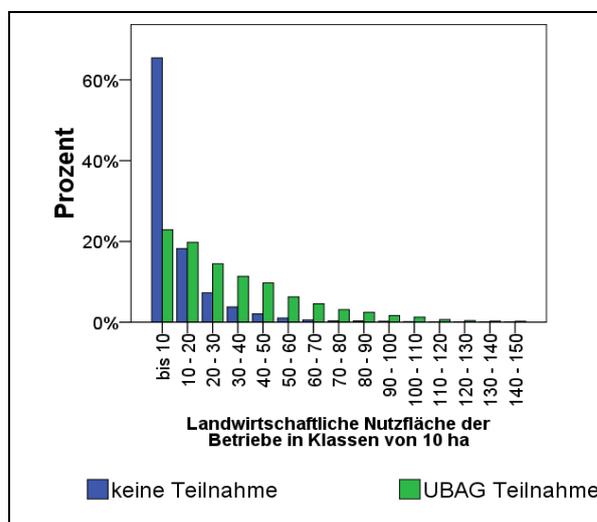


Abb. 4-12: Abhängigkeit der Teilnahmequote (UBAG) von der Betriebsgröße

Ebenso lässt sich ein Zusammenhang mit dem Viehbesatz erkennen (Abb. 4-13). Die UBAG wird von viehlosen Betrieben stark bevorzugt, bei viehhaltenden Betrieben bis zwei GVE/ha überwiegen die Nichtteilnehmer, über 2 GVE/ha ist eine Teilnahme nicht möglich, wobei diese Grenze erst im Laufe des Jahres 2007 im Zuge des Genehmigungsverfahrens eingeführt wurde, sodass in Abb. 4-13 auch Klassen mit höherem Viehbesatz vereinzelt Teilnehmer enthalten.

Die geringere Akzeptanz der Maßnahme bei Viehhaltern dürfte darauf zurückzuführen sein, dass der verpflichtende Dokumentations- und Rechenaufwand für viehhaltende Betriebe größer ist als für solche, die lediglich Mineraldünger einsetzen.

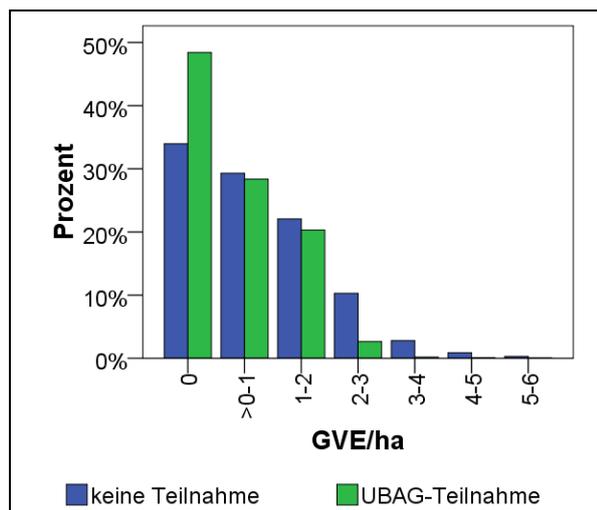


Abb. 4-13: Abhängigkeit der Teilnahmequote (UBAG) vom Viehbesatz

Die Abhängigkeit der Teilnahme von Betriebsgröße und Viehbesatz erklärt auch die deutlichen Unterschiede in der Teilnahmequote zwischen den drei Untersuchungsgebieten (Abb. 4-10, Abb. 4-11). Im niederösterreichischen Gebiet ist die Flächenausstattung am größten und Viehhaltung spielt kaum keine Rolle (Abb. 4-14, Abb. 4-15). Dementsprechend ist dort die Teilnahmequote am höchsten. In Oberösterreich liegt die Flächenausstattung zwischen der in den anderen beiden Gebieten und der Viehbesatz ist am höchsten. Steiermark hat einen fast ebenso hohen durchschnittlichen Viehbesatz aber die bei weitem geringste durchschnittliche Flächenausstattung pro Betrieb.

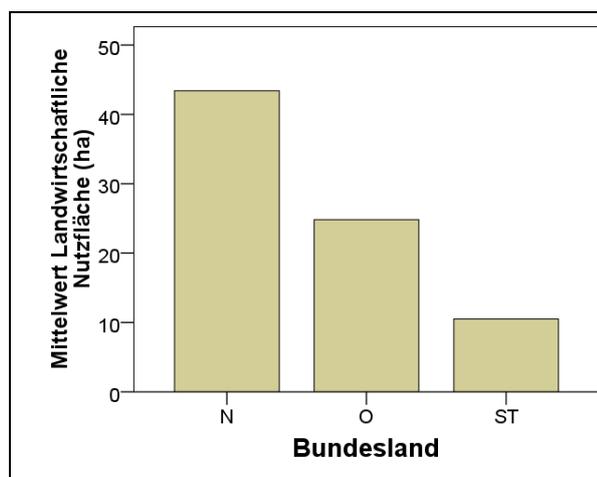


Abb. 4-14: Durchschnittliche Flächenausstattung der Betriebe in den drei Untersuchungsgebieten.

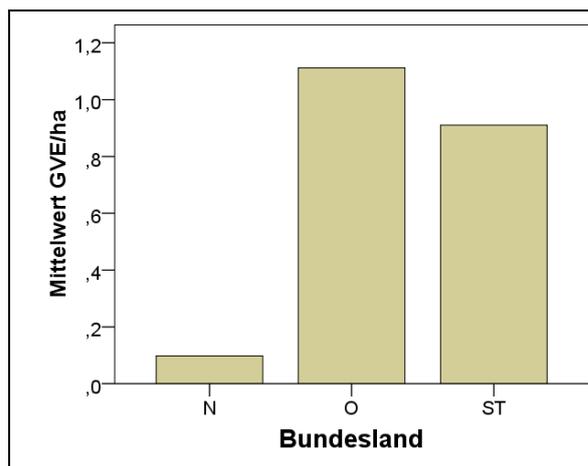


Abb. 4-15: Durchschnittlicher Viehbesatz der Betriebe in den drei Untersuchungsgebieten.

4.3.3 Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz

Die Modellrechnungen ergaben, dass eine Düngung für eine mittlere Ertragslage gegenüber einer Düngung für hohe Ertragslage (hoch 1) eine durchschnittliche Reduktion der Stickstoffversickerung um 16% ergibt (Kap. 4.2). Zwar ist die Stickstoffdüngung auch auf Grund gesetzlicher Vorgaben an die Ertragslage gebunden (VO des BMLFUW über das Aktionsprogramm 2008 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen), eine Dokumentation der Erträge, verbunden mit einer Gegenüberstellung mit der Düngung, ist jedoch nur im Rahmen der ÖPUL Maßnahme „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“ vorgesehen. Da diese Maßnahme darüber hinaus auch eine Schulung vorsieht, kann die Annahme getroffen werden, dass eine durchgängige Berücksichtigung der tatsächlich erzielten Erträge die daran teilnehmenden Betriebe von Nichtteilnehmern in vielen Fällen abhebt.

Davon lassen sich deshalb grundwasserrelevante Effekte erwarten, da die Erhebung von Ertragsdaten in der Vorarbeit ergeben hat, dass generell Erträge dominieren, die einer mittleren Ertragslage entsprechen, so dass Teilnehmer an der Maßnahme „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“ überwiegend entsprechend einer mittleren Ertragslage düngen sollten.

Diese Maßnahme ist an eine Gebietskulisse gebunden (in Abb. 3-1 schraffiert dargestellt). Innerhalb dieser Gebietskulisse beträgt in den Untersuchungsgebieten die Teilnahmequote in Niederösterreich 55%, in Oberösterreich 45% und in der Steiermark 4% (Abb. 4-16), bzw. bezogen auf die Ackerfläche 51% (N), 54% (O) und 7% (ST) (Abb. 4-17). In Oberösterreich liegen diese Werte nahe an den Teilnahmequoten der UBAG, in den anderen Untersuchungsgebieten deutlich darunter.

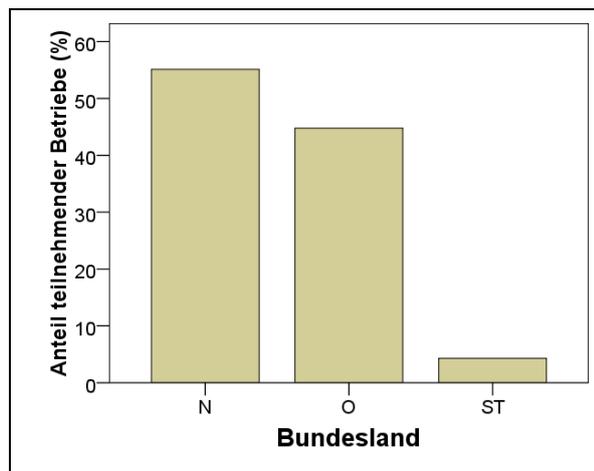


Abb. 4-16: Teilnahmequoten „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“

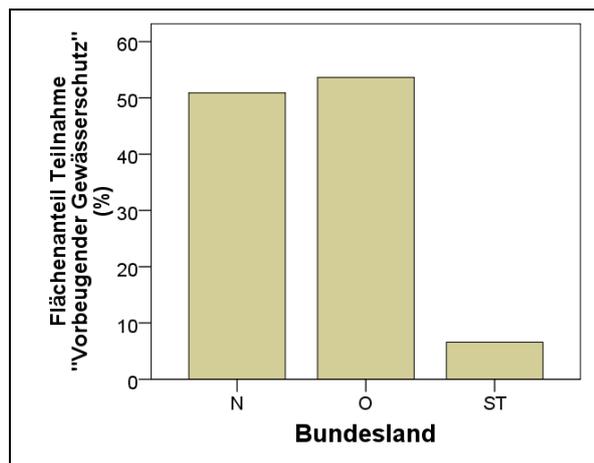


Abb. 4-17: Teilnahmequoten „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“ berechnet für die Ackerfläche

4.4 Wirksamkeit der Maßnahmen

4.4.1 Allgemeine Voraussetzungen

Zu den allgemeinen Voraussetzungen der hier evaluierten Maßnahmen zählt die Einstufung der Bodenbonität. Dies kann entweder anhand der Bodenkarte 1:25.000 erfolgen, wo der Boden als geringwertiges Ackerland ausgewiesen sein muss, oder anhand der Ergebnisse der Finanzbodenschätzung, die für Ackerzahlen oder die Bodenklimazahlen einen Wert ≤ 30 ergeben muss. Die Vorarbeit zu diesem Bericht (wpa & BAW, 2008 a) ergab, dass im Gebiet der Traun-Enns-Platte auf 4% der Ackerfläche eines der beiden Kriterien zutrifft und auf 0,1% der Ackerfläche beide Kriterien. Im Marchfeld treffen für 13,4% der Ackerfläche eines der beiden Kriterien und auf 2,6% beide Kriterien zu. Für jene Teile des Untersuchungsgebiets in der Steiermark, der zur Gebietskulisse „Vorbeugender Gewässerschutz“ gehört, weist die Bodenkarte 1:25.000 21% der Ackerfläche als geringwertiges Ackerland aus.

Aus dem Text in Anhang E zu ÖPUL geht hervor, dass eine Bodenbonitätsbedingte Düngebeschränkung auf einem Schlag nur dann gilt, wenn beide Kriterien zutreffen. Für eine Teilnahme an der Bewirtschaftung besonders auswaschungsgefährdeter Ackerflächen kann der Text des ÖPUL so interpretiert werden, dass es ausreicht, wenn ein Kriterium zutrifft.

Die potenzielle Teilnahmefläche für die Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ insbesondere aber die relevante Fläche für Düngebeschränkungen auf Grund der Bodenbonität ist daher klein. Gleichzeitig ergab die Vorarbeit, dass auf Böden besserer Bonität mittlere Erträge am häufigsten sind.

4.4.2 Bewirtschaftung besonders auswaschungsgefährdeter Ackerflächen

Obwohl mit der in dieser Maßnahme enthaltenen Stilllegung von Ackerflächen der Nitrataustrag ins Grundwasser sehr stark reduziert wird, sind auf Grund der

geringen Teilnahme nur sehr punktuelle Auswirkungen auf das Grundwasser zu erwarten. Das ÖPUL 2007 entfaltet über diese Maßnahme so gut wie keine Wirksamkeit im Hinblick auf den Grundwasserschutz.

4.4.3 Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen

Die UBAG ist als Breitenmaßnahme für eine große Zahl landwirtschaftlicher Betriebe konzipiert. Die in Kap. 4.3.2 dargestellten Teilnahmequoten (bezogen auf die Fläche) bewegen sich in den drei Untersuchungsgebieten zwischen 81% (N), 61% (O) und 29% (ST). Bodenbonitätsbedingte Düngebeschränkungen bestehen in N für 2,6%, in O für 0,1% der Ackerflächen (vgl. Kap. 4.3.2; für ST wurden in der Vorarbeit die Ergebnisse der Bodenschätzung nicht ausgewertet).

Die Reduktion der Stickstoffversickerung wurde mit 16% ermittelt (Kap. 4.2). Eine Abschätzung der Wirksamkeit der bodenbonitätsbedingten Düngebeschränkung ergibt somit für N einen Wert von 0,3% ($0,81 \times 0,026 \times 0,16 = 0,003$) für Oberösterreich einen Wert von 0,01% ($0,61 \times 0,001 \times 0,16$).

De facto leisten bodenbonitätsbedingte Düngebeschränkungen, wie sie im ÖPUL 2007 enthalten sind, so gut wie keinen Beitrag zur Reduktion der Stickstoffversickerung, wobei dieses Ergebnis vor allem vom Umstand bestimmt ist, dass die Fläche, für die diese Düngebeschränkung gilt, sehr klein ist.

4.4.4 Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz

Diese Maßnahme setzt im Rahmen von schlagbezogenen Bilanzen auf eine Rückkoppelung von Düngenniveau und tatsächlich erzielten Erträgen und hat damit das Potenzial, dass auf einem Großteil der Fläche nur entsprechend einer mittleren Ertragslage gedüngt wird. Gegenüber einer Düngung für hohe Ertragslage würde das eine Reduktion der Stickstoffversickerung von 16% bewirken, im Rahmen der vorliegenden Studie wurden jedoch keine

Daten erhoben, wie viele Nichtteilnehmer entsprechend einer hohen Ertragslage düngen. Unter der Annahme, dass alle Nichtteilnehmer für eine hohe Ertragslage düngen und Teilnehmer in 70% der Fälle für eine mittlere, lässt sich folgende Wirksamkeit für eine Reduktion der Stickstoffversickerung von Ackerflächen abschätzen:

Niederösterreich: $0,51 \times 0,7 \times 0,16 = 6\%$
 Oberösterreich: $0,54 \times 0,7 \times 0,16 = 6\%$
 Steiermark: $0,07 \times 0,7 \times 0,16 = 0,8\%$

Auch wenn hier eine Untersuchung der Annahmen zu einem etwas anderen Ergebnis kommen würde, so kann dennoch abgeleitet werden, dass diese Maßnahme vom Potenzial her eine Wirksamkeit hat, die um ein bis zwei Größenordnungen über jener von bodenbonitätsbedingten Düngebeschränkungen liegt.

Hinzu kommt, dass durch die im Rahmen der Maßnahmen zum Vorbeugenden Boden und Gewässerschutz auch eine Begrünung von Ackerflächen im Herbst und Winter verpflichtend vorgeschrieben ist, wodurch sich die Wirksamkeit gegenüber den oben angeführten Werten um ca. die Hälfte erhöht (N: 8%, O: 9%, ST: 1,2%).

4.4.5 Vergleich der Maßnahmen

Im Vergleich können die Maßnahmen wie folgt bewertet werden: eine Stilllegung, wie in der Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ hat mit Abstand die stärkste Wirkung für den Grundwasserschutz, die Maßnahme kommt aber kaum zur Anwendung. Die bei mittlerer Ertragslage vorgesehene Beschränkung der Düngung hat eine deutliche Wirkung. Im Rahmen der UBAG wird anhand des Bodenbonitätskriteriums (Ackerzahl ≤ 30 & geringwertiges Ackerland) allerdings nur ein geringer Teil der Ackerfläche auf das mittlere Ertragsniveau eingestuft. Zwar geben die Düngvorschriften in der UBAG auch sonst vor, dass bei Erträgen bis zu einer festgelegten Höhe nur entsprechend einer mittleren Ertragslage gedüngt werden darf, die tatsächliche Höhe der Erträge muss aber im Rahmen dieser Maßnahme nicht dokumentiert werden und es bleibt daher fraglich, ob sie tatsächlich ermittelt werden.

Eine Aufzeichnung der Erträge und damit auch eine dokumentierte Ertragsermittlung erfolgt jedoch im Rahmen der Maßnahme „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“, wobei zusätzlich aus einer Gegenüberstellung von Düngung und mit den Erträgen realisierten Entzügen Stickstoffbilanzen zu berechnen sind. Von dieser Maßnahme, die auch im größeren Umfang umgesetzt wird, sind daher stärkere Auswirkungen auf den Gewässerschutz zu erwarten.

5 Literatur und Quellen

Fank, Feichtinger & Fürst (2008): Endbericht zu Netzknoten 1, Work Package 1.1.1: Prognosemodell Murtal – Aquifer. Durchgeführt im Auftrag der Kompetenznetzwerk Wasserressourcen GmbH; Work Package Leitung: Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt

Feichtinger, F. (1998): STOTRASIM – Ein Modell zur Simulation der Stickstoffdynamik in der ungesättigten Zone eines Ackerstandortes. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Bd. 7, 14-41.

Feichtinger, F., A. Scheidl & J. Dorner (2005): „ÖPUL 2000 – Begrünungsvarianten (Pkt. 2.22), Evaluierung der wasserwirtschaftlichen Relevanz (Effizienz) einer Begrünung von Ackerflächen im Herbst und Winter“.– Bericht, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Petzenkirchen.

IKT (1998): Bericht „Über eine weitere Differenzierung bezüglich der Gülleanwendung“ auf Basis der Vorstudie „Zur modellmäßigen Bewertung der mittleren Grundwasserneubildung und der durchschnittlichen Stickstoffausträge für sechs Bodenformen des Leibnitzer Feldes unter Maismonokultur bei unterschiedlichen Güllemengen und Düngeterminen; Juli 1998“. Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Petzenkirchen, November 1998.

Stenitzer, E. (1988): SIMWASER – Ein numerisches Modell zur Simulation des Bodenwasserhaushaltes und des Pflanzenertrages eines Standortes. Mitteilungen aus der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Nr. 31, A-3252 Petzenkirchen.

WPA Beratende Ingenieure & Bundesamt für Wasserwirtschaft, WPA & BAW (2008 a): ÖPUL Evaluierung - Einstufung auswaschungsgefährdeter Ackerflächen. Bericht vom 25.03.2008 an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

WPA Beratende Ingenieure & Bundesamt für Wasserwirtschaft, WPA & BAW (2008 b): ÖPUL Evaluierung - Änderungen in der Gesamtwirksamkeit der Begrünungsvarianten und Nebeneffekte. Bericht vom 19.12.2008 an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.