

Bodenschutz als Bestandteil nachhaltiger Landnutzung im Weißenstädter Becken

Hartmann, Ch., GeoTeam GmbH, Wilhelmsplatz 7, 95444 Bayreuth
Mertens, M., Universität Bayreuth, Universitätsstr. 30, 95447 Bayreuth
email: christoph.hartmann@geoteam-umwelt.de, marion.mertens@uni-bayreuth.de

***Abstract:** The objective of „Wasser-verbindet“ is to minimize non-point nutrient outputs of soils in the Weißenstädter Becken (Fichtelgebirge). P- and N-balances as well as model calculations were used to determine the relevant output paths along with the development of scenarios to visualize the effect of landuse changes. Consulting instruments based on the above results will be installed and validated in the internet in 2004.*

***Zusammenfassung:** Ziel des Projekts „Wasser-verbindet“ im Weißenstädter Becken (Fichtelgebirge) ist die Minimierung der diffusen Nährstoffausträge aus Böden. Mittels einer P- und N-Bilanzierung und Modellrechnungen wurden die relevanten Austragspfade ermittelt und Szenarios für die Visualisierung des Effekts von Nutzungsänderungen entwickelt. Das darauf aufbauende Beratungsinstrumentarium wird zielgruppenorientiert ab 2004 im Internet erprobt.*

Keywords: nutrient balance, nitrogen, phosphorus, water quality, consulting

Schlagworte: Nährstoffbilanz, Stickstoff, Phosphor, Wasserqualität, Beratung

1 Einleitung

Wirksamer Bodenschutz setzt eine nachhaltige Flächenbewirtschaftung durch die relevanten Nutzergruppen voraus. Die Beurteilung von Nachhaltigkeit darf sich hierbei nicht nur an der ökologischen Dimension orientieren, sondern die ökonomischen und sozialen Aspekte müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Diesem Grundgedanken fühlt sich auch das Verbundprojekt „Wasser-verbindet“ verpflichtet, das gemeinsam von der HofEnergie+Wasser GmbH (HEW), der Stadt Weißenstadt, der GeoTeam GmbH und dem Bayreuther Institut für Terrestrische Ökosystemforschung (BITÖK) getragen und von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt von 2001-2004 gefördert wird. Projektziel ist die Verminderung der Nährstoffausträge aus Böden zur Sicherung der Trink- und Badewasserqualität.

In enger Kooperation mit den beteiligten Nutzergruppen und Fachbehörden werden u.a. praktikable Strategien zum vorbeugenden Bodenschutz entwickelt und erprobt. Darüber hinaus erfolgt eine intensive Öffentlichkeitsarbeit, um den gesellschaftlichen Diskurs für eine nachhaltige Landnutzung im Weißenstädter Becken voranzubringen. So sollen die im Arbeitsgebiet ablaufenden komplexen Prozesse veranschaulicht und die konsensorientierte Erarbeitung praktikabler Abhilfemaßnahmen erleichtert werden. Im folgenden Beitrag werden die bisherigen Ergebnisse an den zwei Beispielen Stickstoff (N) und Phosphor (P) vorgestellt und diskutiert.

2 Material und Methoden

Das Arbeitsgebiet umfasst das Flusseinzugsgebiet der Eger von der Quelle bis zum Weißenstädter See und hat eine Größe von 32 km². Im Weißenstädter Becken stehen – stellvertretend für andere struktur-

schwache Mittelgebirgsregionen - Nutzungsansprüche von Land-, Forst- und Teichwirtschaft den Anforderungen von Trinkwassergewinnung, Naturschutz und Fremdenverkehr auf engstem Raum gegenüber. Etwa 2/3 des Einzugsgebietes sind bewaldet, das restliche Drittel wird zu 40% als Acker und zu 60% als Grünland genutzt (überwiegend Milchviehhaltung, mittlerer Viehbesatz 1,1 GV/ha), in ca. 190 Teichen wird Forellen- und Karpfenzucht betrieben. Trotz erheblicher Anstrengungen in den vergangenen Jahren ist die Gewässerbelastung durch diffuse Nährstoffeinträge immer noch zu hoch. Die seit 1996 bestehende Kooperation mit der Landwirtschaft beruht in erster Linie auf einem privatrechtlichen Vertrag. Die geltenden Bewirtschaftungs- und Umgangsregeln sowie Prämien wurden bisher alle 3 Jahre angepasst:

1. 1997-1999: Grundprämie plus Nitratprämie auf Ackerflächen mit leichten und stark humosen Böden nach Herbstuntersuchung (gestaffelt nach Richtwerten: 30/50 kg N/ha);
2. 2000 – 2002: Zusätzliche Prämie für 4-zeilige Wintergerste und Zwischenfrüchte im gesamten WSG, Nitratprämie gestaffelt je nach Unterschreitung des mittleren Nitratgehalts der bayer. LfL-Monitoringflächen (Verrechnung mit Zwischenfruchtprämie);
3. seit 2003: Modifiziertes Prämiensystem zur Vermeidung von Auflagenüberschneidung mit dem bayer. Kulturlandschaftsprogramm (KULAP), Nitratprämie gestaffelt nach Produkt aus festen Richtwerten (30/40/50 kg N/ha) und Witterungskorrekturfaktor;

Der Nitratgehalt im Rohmischwasser der 17 bis maximal 100 m tiefen Brunnen der HEW Hof Energie+Wasser GmbH liegt seit Ende der 80er Jahre im Bereich des EU-Richtwertes (25 mg/l). Einzelne Brunnen weisen deutlich höhere Werte bzw. immer noch steigende Tendenz auf. Das Grundwasser weist auch unter Wald auffällig hohe P_{ORTHO} -Gehalte von ca. 40-50 $\mu\text{g/l}$ auf. Der 1976 aufgestaute und maximal nur 3 m tiefe Weißenstädter See weist auch nach dem Anschluss aller Ortsteile an die zentrale Abwasserentsorgung noch P_{GESAMT} -Gehalte um 50 $\mu\text{g/l}$ auf und ist somit als eutropher, ungeschichteter Flachsee mit dem Risiko einer Algenblüte in den Sommermonaten einzustufen. Bedingt durch den geringen Nitratgehalt im See von nur 4-7 mg/l werden insbesondere die Toxin-bildenden Blaualgen begünstigt (weitere Details im Internet unter: www.wasser-verbundet.de).

P: Eintragspfade in den Weißenstädter See: Nach Auswertung der verfügbaren Daten (von insgesamt 9 Institutionen) zu den P-Konzentrationen und -Frachten der Gewässer seit 1976, wurden die Zuflüsse sowie der Abfluss des Sees von Dezember 2001 bis März 2003 sowohl ereignisbezogen als auch monatlich auf die verschiedenen P-Fraktionen untersucht. Die Auswertung der P_{GESAMT} -Messdaten erfolgte getrennt nach Niedrigwasser, auflaufendem bzw. ablaufendem Hochwasser. Das Verhältnis von P_{ORTHO} und $P_{GEFILTERT}$ zu P_{GESAMT} gibt zusätzlich Auskunft darüber, in welchem Umfang Bodenerosion vor der Probenahme stattgefunden hat. Dadurch konnten sowohl die Spitzenwerte bei Hochwasser als auch die Mittelwerte bei Niedrigwasser erfasst werden. Darüber hinaus wurden Interviews mit den Teichwirten zur Erfassung der relevanten Bilanzgrößen geführt.

N: Eintragspfade in die Brunnen der HEW: Nach Auswertung der verfügbaren Daten (MERTENS 2001, HEGE et al. 2002) und Interviews mit den Landwirten wurde die Entwicklung der standort- und kulturartenspezifischen N-Überhänge sowie die umbruchs- und entwässerungsbedingten N-Freisetzungsraten und die daraus folgenden Auswaschungsraten für die einzelnen Nutzungsformen ermittelt. Um die Entwicklung der Nitratgehalte in den Brunnen nachzuvollziehen, wurde für den Zeitraum 1950-2003 ein instationäres 3D-Grundwasserströmungs- und N-Transportmodell (*Modflow*) berechnet. Eine Beurteilung der bisherigen Bemühungen im Wasserschutzgebiet der HEW HofEnergie+Wasser GmbH erfolgte durch die jährliche Erfassung der angebauten Kulturarten und Durchführung von Nitrat-Bodenuntersuchungen im Herbst.

3 Ergebnisse und Diskussion

Im Zuge der Erhebungen zeigte sich vor allem in zwei Bereichen, wie wichtig eine Plausibilitätsprüfung der Daten ist, bevor mit der Interpretation begonnen wird. So beinhalten die in Interviews mit Land- und Teichwirten erhobenen Daten naturgemäß eine gewisse Unschärfe und sind häufig von subjektiven Wertvorstellungen sowohl des Fragestellers als auch des Befragten beeinflusst. Um diese Fehlerquellen so weit wie möglich auszuschalten, wurde ein zuvor mit den Experten der jeweiligen Fachbehörden abgestimmter, standardisierter Fragebogen verwendet und die Ergebnisse einem Abgleich durch diese Personen unterzogen. Auch bei N- und P-Messungen in Böden und Gewässern muss die Vergleichbarkeit im Hinblick auf Probenahmeort, -art und -termin sowie Probenaufbereitung und -analyse gewährleistet sein. Die Methodik wurde jeweils mit den Fachbehörden abgestimmt und es wurden regelmäßig Parallelproben in den beteiligten Labors untersucht. Die bisher vorliegenden Ergebnisse sind im Folgenden dargestellt (Details siehe MERTENS 2003):

P: Erwartungsgemäß liegen die P_{GESAMT} -Gehalte der Vorfluter bei auflaufendem Hochwasser deutlich höher als bei ablaufendem Hochwasser oder Niedrigwasser (siehe Abb. 1). Dies wird auf die höhere und dadurch erosionswirksame Fließgeschwindigkeit zu Beginn eines Hochwasser-Ereignisses zurückgeführt. Die P_{GESAMT} -Gehalte steigen, ausgehend vom Mittelwert bei Niedrigwasser von $43 \mu\text{g P/l}$ zunächst steil an, bis ab etwa 1200 l/s Abfluss (Egerpegel) die Flussaue überschwemmt wird. Dadurch nimmt die Fließgeschwindigkeit ab und der an Bodenpartikel gebundene Phosphor sedimentiert in der Aue ab. Die Folge sind niedrigere P-Konzentrationen bei noch höheren Abflüssen. Für die Abschätzung der Jahresfrachten des Hauptvorfluters Eger bei Hochwasser wurde daher eine Regression über ein Polynom 3. Grades verwendet. Ohne Berücksichtigung der Hochwasserphasen wäre es zu einer deutlichen Fehleinschätzung der erosionsbedingten P-Austräge gekommen.

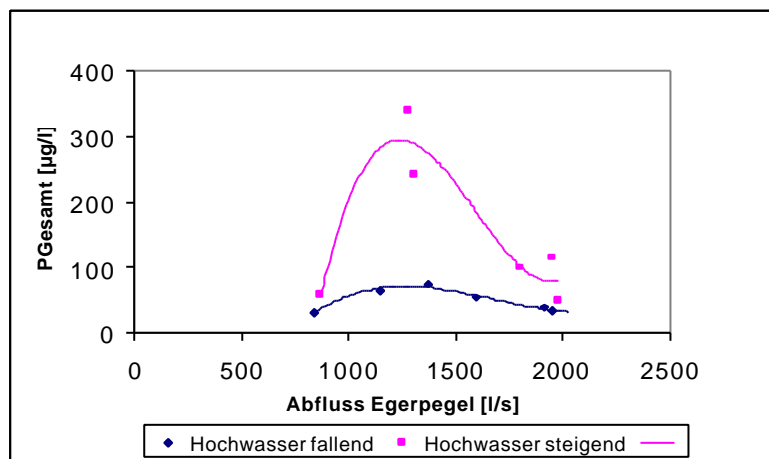


Abbildung 1: P_{GESAMT} -Gehalte der Eger am Egerpegel in Abhängigkeit von der Abflussmenge bei auf- bzw. ablaufendem Hochwasser (Zeitraum: 12/01 – 3/03)

Die Verrechnung der P-Messdaten mit den stündlichen Abflussmessungen am Egerpegel, die Umrechnung auf das Gesamt-Einzugsgebiet und den Bezugszeitraum 1996-2002 ergeben die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse. Demnach stammt knapp die Hälfte der P-Einträge in den Weißensstädter See von Hochwasser-Ereignissen und ist damit dem zentralen Problemkreis Bodenerosion

zuzuordnen. In etwa derselbe Anteil wird über die Gewässer aus Waldgebieten ausgetragen. Zum Vergleich sind in Tabelle 1 die Ergebnisse der P-Studie Eixendorfer Stausee der Bayer. Landwirtschaftsverwaltung (KREMB et al. 2001) dargestellt. Während sich die erosionsbedingten P-Austräge in der gleichen Größenordnung bewegen, sind im Weißenstädter Becken insbesondere die Austräge aus punktuellen Quellen geringer und die Austräge unter Wald deutlich höher.

Tabelle 1: Herkunftsvergleich der P-Einträge in den Weißenstädter See und den Eixendorfer Stausee

Einzugsgebiet	Weißenstädter See (32 km ²)		Eixendorfer Stausee (410 km ²)	
	Anteil (%)	P-Menge (kg/km ² ·a)	Anteil (%)	P-Menge (kg/km ² ·a)
Verkehrsflächen ohne Kanalisation	3,5	-	3	-
Siedlungsflächen, Abwasser	0,6	-	26	-
Teichwirtschaft	±0	±0	<1	329
Forstwirtschaft	46	20	4	5,7
Landwirtschaft, davon				
Erosion/Abschwemmung	44	111	44	137
Drainagen	6	15	16	49
<i>Mittel</i>		<i>27,7</i>		<i>78,3</i>

N: Der düngungsbedingte N-Überhang auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen im Arbeitsgebiet ist seit 1988 (110 kg N/ha und Jahr) zwar deutlich zurückgegangen, liegt jedoch auch nach Abzug der standorttypischen Denitrifikation im Wurzelraum noch im Bereich von 50 kg N/ha und Jahr. Unter den vorliegenden Standortbedingungen und der Vorgabe, dass im Sickerwasser der TVO-Grenzwert von 50 mg/l im Mittel nicht überschritten werden sollte, ist je nach Nutzungsart lediglich ein N-Überhang von 30-35 kg N/ha und Jahr tolerierbar (MAIDL & BRUNNER 1999). Die Modellrechnungen haben zudem gezeigt, dass die Nitratgehalte in den Brunnen heute viel höher sind, als sie aufgrund der ermittelten N-Überhänge sein dürften.

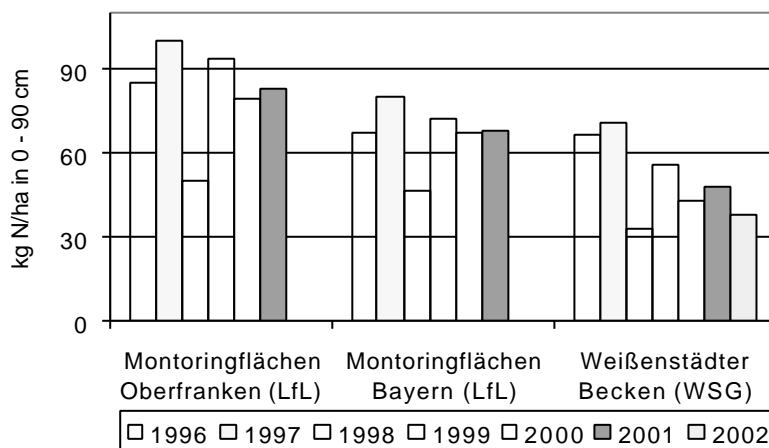


Abbildung 2: Restnitratgehalte der Ackerflächen im Herbst (HEGE ET AL. 2002, GEOTEAM 2002)

Dadurch wurde der Einfluss der in den 70er Jahren im Zuge der Flurbereinigung erfolgten Grünlandumbrüche und Entwässerungsmaßnahmen bestätigt. Für beide Vorgänge wurde die jährliche Netto-Nitratfreisetzung mittels einer abfallenden Exponentialfunktion beschrieben. Die Werte für das 1. Jahr nach Durchführung wurden mit 5% (Umbruch) bzw. 1% (Drainage) des ursprünglichen

Gesamt-N-Vorrats in 0-25 cm Bodentiefe angesetzt. Selbst ein Umbruch typischen Grünlands (Bodenart L, 5% Humus) führt bei üblicher Ackernutzung mit Pflugeinsatz noch 30 Jahre danach zu einer zusätzlichen Freisetzung von ca. 25 kg N/ha u. Jahr. Die vorläufige N-Bilanz zeigt, dass der N-Eintrag ins Sickerwasser unter den landwirtschaftlichen Nutzflächen auch heute noch über der N-Menge liegt, die mit dem Trinkwasser aus den Brunnen entnommen wird bzw. über die Gewässer aus dem Einzugsgebiet abströmt.

Immerhin zeigt der Vergleich der Bodenuntersuchungsergebnisse im Wasserschutzgebiet mit den der Monitoringflächen der Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), dass die Restnitratgehalte der Ackerflächen vor Beginn der Auswaschungsperiode gegenüber dem bayerischen bzw. oberfränkischen Mittel durch die Kooperation deutlich reduziert werden konnte (vgl. Abb. 2). Auch die Fruchtfolge als maßgeblicher Faktor für die Bodenerosion wurde durch die Kooperation günstiger (vgl. Abb. 3): Während 1996 nur knapp 20% der Ackerfläche im Herbst begrünt waren, betrug dieser Anteil seit 2001 ca. 60%.

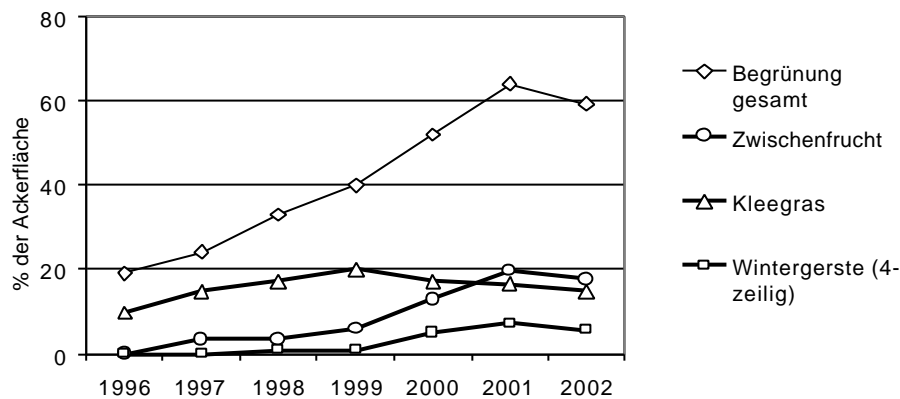


Abbildung 3: Herbstbegrünung im Wasserschutzgebiet der HEW HofEnergie+Wasser GmbH

4 Schlussfolgerungen

P: Durch konsequente Grünlandnutzung der Flußauen, Optimierung der P-Düngung und Einhaltung ungedüngter Randstreifen zu Gewässern und Gräben können die P-Austräge aus Böden noch deutlich verringert werden. Der Transport von erodiertem Bodenmaterial im Zuge von Hochwasserereignissen kann abgemildert werden durch Wiederherstellung funktionsfähiger Überschwemmungsbereiche oberhalb des Sees. Dort wo eine Verbesserung der Gewässerstruktur kurzfristig nicht möglich ist, kann ggf. die Rückhaltefunktion vorhandener Fischteiche im Oberlauf genutzt werden. Die Ursachen für die hohen P-Austräge unter Wald werden derzeit noch untersucht, um Empfehlungen für forstliche Bewirtschaftungsmaßnahmen entwickeln zu können.

N: Zentrales Anliegen der Agrarberatung muss die weitere Reduzierung der einzelbetrieblichen N-Überhänge und die konsequente Begrünung der Ackerflächen sein. Weitere Grünlandumbrüche und Entwässerungsmaßnahmen können nicht toleriert werden. Für derzeit noch als Acker genutzte Flächen in unmittelbarer Nähe zu Gewässern oder mit stark humosen/anmoorigen Böden ist eine Grünlandnutzung anzustreben. Dies ist auch aus ökonomischer Sicht für Landwirte wieder interessant, da durch die Anpassung der Kooperationsvereinbarung an die aktuellen KULAP-Richtlinien beide Förderprogramme beansprucht werden können.

Zur Unterstützung der amtlichen und privaten Beratung sind einfache Modelle zur Prognose von Gewässerbelastungen mit Stickstoff und Phosphor sowohl auf der Ebene einzelner Nutzflächen als auch auf Einzugsgebietsebene erforderlich. Im Rahmen des DBU-Projekts wird hierfür eine Internet-Anwendung entwickelt, auf deren „Werkzeuge“ die Zielgruppen nach entsprechender Autorisierung zugreifen können (vgl. Tab. 2). Nicht datenschutzrelevante Inhalte werden darüber hinaus über eine allgemeinverständliche Benutzeroberfläche der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Darauf aufbauend soll die Anwendung auf den gesamten Landkreis Wunsiedel erweitert werden, um die nach Tschechien gelangenden N- und P-Frachten verringern zu können. Das Flusseinzugsgebiet der Eger bis zur Landesgrenze eignet sich dafür besonders, weil es sich weitgehend mit der politischen Grenze deckt. Herzlicher Dank für die gute Zusammenarbeit gilt an dieser Stelle den Vertretern der beteiligten Fachbehörden. Um weiterhin konstruktive Beteiligung wird ausdrücklich gebeten.

Tabelle 2: Internet-Anwendung zur Visualisierung der N- und P-Eintragspfade in die Gewässer

Betrachtungsebene	Einzelne Nutzfläche		Gesamtes Einzugsgebiet	
	Phosphor	Stickstoff	Phosphor	Stickstoff
Nährstoff	Phosphor	Stickstoff	Phosphor	Stickstoff
Zielgruppe	Teichwirte	Landwirte	HEW + Stadtverwaltung, Fachbehörden,	
Abfragemöglichkeiten	nutzungs- und standortbedingte Nährstoffausträge, Düngempfehlungen und Bewirtschaftungshinweise unter Berücksichtigung staatlicher und privater Förderprogramme		P-Eintrag in den See je nach Landnutzungsszenario, Risikoanalyse für Algenblüte auf der Basis von Standardparametern	N-Eintrag ins Grundwasser je nach Landnutzungsszenario, Prognose der Trinkwasserbelastung
vorrangige Beratungsziele	Optimierung von Fischbesatz und Fütterung, P-Rückhaltung durch schonendes Abfischen	Verringerung des Mineraldüngeraufwands, mehr extensives Grünland bzw. „grüne“ Ackerfruchtfolgen	Verbesserte Akzeptanz von Maßnahmen zur Nährstoffrückhaltung (Gewässerrenaturierung, erosionsmindernde Landschaftsstrukturen und Fruchtfolgen, etc.), konkrete Entscheidungs- und Planungshilfe bei Einzelmaßnahmen, Kostensenkung bei der Gewässerbewirtschaftung	
Projektstand	unter www.wasser-verbindet.de anwendbar	wird derzeit auf internetfähiges GIS/Datenbank-System umgestellt	Befindet sich aufgrund der hohen fachlichen Anforderungen noch in der Entwicklung	Transportmodell wird derzeit vereinfacht und auf lizenzfreie Software umgestellt

5 Literatur

- HEGE, U., K. OFFENBERGER UND H. KÖNIG (2002): Zehn Jahre Stickstoffmonitoring. Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft – Freising (im Internet unter www.lfl.de)
- GEOTEAM (2003): Ergebnisse der Nitratbodenuntersuchungen im Trinkwassergewinnungsgebiet „Weißstädter Becken“ (im Internet unter www.wasser-verbindet.de)
- MERTENS, M. (2003): Bilanzierung der P-Eintragspfade für den Weißstädter See (in Vorbereitung)
- MERTENS, M. (2001): Die Anwendung der Fuzzy-Set-Theorie auf die Modellierung von Stickstoffbilanzen im Weißstädter Becken. Bayreuther Forum Ökologie, Band 85 - Bayreuth
- KREMB, S., HONISCH, M., RASCHBACHER, S. (2001): Ursachen von Phosphatbelastungen der Landwirtschaft in Seen mit Acker- und Grünlandnutzung im Einzugsgebiet und Umsetzung von Maßnahmen zur Verringerung des Eintrags am Eixendorfer Stausee (Lkr. Schwandorf). Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft, 126 S.
- MAIDL, F.X. & H. BRUNNER (1999): Strategien zur gewässerschonenden Landbewirtschaftung in Bayern – Ableitung standortspezifischer Bewirtschaftungsrichtlinien. Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft – Freising (im Internet unter www.lfl.de)