



**Grundwasserschonende Landbe-
wirtschaftung in den Gebieten
Hohenthann, Pfeffenhausen und
Rottenburg an der Laaber**



Projektbericht

Projektförderung: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF)

Finanzierung: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF)

Förderkennzeichen: A/14/08

Geschäftszeichen: L/a-4420-1/42 vom 21.04.2014

Projektlaufzeit: 01.03.2013 bis 28.02.2017

Projektleiter: Dr. Matthias Wendland

Projektbearbeiter: Dr. Sonja Brummer, Gerold Johann Haringer

Herausgegeben im: August 2018

**Grundwasserschonende Landwirtschaft
in den Gebieten
Hohenthann, Pfeffenhausen und
Rottenburg a.d. Laaber
(A/14/08)**

Dr. Matthias Wendland

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	11
1 Einleitung	13
2 Projektgebiet und durchgeführte Arbeiten	13
2.1 Projektgebiet.....	13
2.2 Projektorganisation.....	16
2.3 Veranstaltungen.....	17
3 Einzelbetriebliche Erhebungen.....	19
3.1 Nährstoffbilanzen	19
3.1.1 Datenerhebung	21
3.1.2 Ergebnisse	22
3.1.3 Ursachen und Zusammenhänge	24
3.1.4 Fazit.....	29
3.2 N _{min} -Untersuchungen	29
3.2.1 Probenahmen	30
3.2.2 Ergebnisse	30
3.2.3 Fazit.....	32
3.3 Tiefenbohrungen	32
3.3.1 Probenahmen	33
3.3.2 Ergebnisse	33
3.3.3 Fazit.....	34
3.4 Gülleuntersuchungen.....	34
3.4.1 Untersuchungsergebnisse	34
3.4.2 Fazit.....	35
3.5 Güllelagerraum.....	35
3.5.1 Ergebnisse	36
3.5.2 Fazit.....	38
3.6 Schauversuche	38
4 Maßnahmen zur grundwasserschonenden Bewirtschaftung	40
4.1 Auswahl der Maßnahmen.....	41
4.2 Weitere Maßnahmen	42
4.3 Beratung	42
5 Handlungsempfehlungen für vergleichbare Gebiete	43
Literaturverzeichnis	44

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1: Projektgebiet (Quelle: LfU)	14
Abb. 2: Tierzahlen im Jahr 2010 in Hohenthann (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (Statistik kommunal 2012)	14
Abb. 3: Entwicklung der Zahl der Schweine von 2010 bis 2016 (Quelle: Bayerischer Agrarbericht 2018)	16
Abb. 4: Ein- und Ausgangsgrößen der Feld-Stall-Bilanz	20
Abb. 5: Ein- und Ausgangsgrößen der Feld-Stall-Bilanz	20
Abb. 6: Programm zur Berechnung von Stallbilanzen.....	21
Abb. 7: Durchschnittssaldo der Hof-Tor- und Feld-Stall-Bilanzen nach Betriebsform für Stickstoff und Phosphat.....	23
Abb. 8: Feld-Stall-Bilanzen für Stickstoff der Einzelbetriebe gruppiert nach Betriebsform (grün: Marktfrucht, rot: Rinderbetriebe, blau: Schweinebetriebe)	23
Abb. 9: Hof-Tor-Bilanzen für Stickstoff der Einzelbetriebe gruppiert nach Betriebsform (grün: Marktfrucht, rot: Rinderbetriebe, blau: Schweinebetriebe)	24
Abb. 10: Abweichung der Stickstoff-Hof-Tor-Bilanz zur Feld-Stall-Bilanz gruppiert nach Betriebsformen (grün: Marktfrucht, rot: Rinderbetriebe, blau: Schweinebetriebe)	24
Abb. 11: Zusammenhang des Stickstoffüberschusses mit der landwirtschaftlichen Nutzfläche	25
Abb. 12: Futtermittelzukauf in kg N/ha nach Betriebstypen (rot: Rinderbetriebe, blau: Schweinebetriebe)	26
Abb. 13: Zusammenhang des Stickstoffüberschusses (Hof-Tor-Bilanz) mit dem Futtermittelzukauf	26
Abb. 14: Nährstoffausscheidungen in kg N/ha nach Betriebstypen (rot: Rinderbetriebe, blau: Schweinebetriebe)	27
Abb. 15: Zusammenhang des Stickstoffüberschusses (Hof-Tor-Bilanz) mit den jeweiligen im Betrieb anfallenden Stickstoffausscheidungen.....	27
Abb. 16: Düngemittelzukauf in kg N/ha nach Betriebstypen (grün: Marktfrucht, rot: Rinderbetriebe, blau: Schweinebetriebe).....	28
Abb. 17: Zusammenhang des Stickstoffüberschusses (Hof-Tor-Bilanz) mit der zugekauften Mineraldüngermenge an Stickstoff.....	28
Abb. 18: Gesamtmenge der Stickstoffdüngung in den untersuchten Betrieben (mineralisch und organisch)	29
Abb. 19: N _{min} -Bodenprobenahme mit einem Spezialfahrzeug	30
Abb. 20: N _{min} -Werte (0 bis 90 cm) in kg N/ha unter Zwischenfrüchten.....	32
Abb. 21: Spezialgerät zur Tiefenbohrung	33
Abb. 22: Vergleich vorhandener Lagerraum bei den untersuchten Betrieben und notwendiger Lagerraum für neun Monate bei N/P-reduzierter Fütterung	36
Abb. 23: Notwendige Lagerkapazitäten Ackerbaubetrieb, 170 kg N aus tierischen Ausscheidungen, klassische Gülleausbringtermine	37
Abb. 24: Notwendige Lagerkapazitäten Ackerbaubetrieb, 170 kg N aus tierischen Ausscheidungen, zwei Ausbringtermine Mais	37
Abb. 25: Gülleausbringung in Maisbestand mit Verschlauchung.....	38
Abb. 26: Gülleausbringung in Mais mit angehängtem Güllefass	39
Abb. 27: Informationsveranstaltung zum System VAN-Kontroll	39

Abb. 28: N_{\min} -Werte im Frühjahr nach Anbau verschiedener Zwischenfrüchte	40
Abb. 29: Zwischenfruchtmischung zur Konservierung des Stickstoffs	40

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1: Schweinehaltung nach den Daten der HIT-Datenbank	15
Tab. 2: Zusammensetzung der Lenkungsgruppe	17
Tab. 3: Zusammensetzung der Steuerungsgruppe	17
Tab. 4: Veranstaltungen im Projektverlauf.....	18
Tab. 5: N _{min} -Werte im Frühjahr in Hohenthann (Ho), Bayern (By) und Niederbayern (Ndb).....	30
Tab. 6: N _{min} -Werte nach der Ernte in Hohenthann.....	31
Tab. 7: N _{min} -Werte im Herbst in Hohenthann	31
Tab. 8: Ergebnisse der Tiefenbohrungen Hohenthann	33
Tab. 9: Vergleich der Gülleuntersuchungen in Hohenthann mit den Basisdaten.....	34
Tab. 10: Düngebedarfsermittlung für Körnermais (Ertrag 100 dt.) mit Nährstoffgehalten in der Gülle nach Basisdaten (2014) und gemessenen Werten	35
Tab. 11: Matrix zur Beurteilung von Maßnahmen zur Minderung des Nitrat austrages im Projektgebiet	41

Zusammenfassung

Im Projektgebiet der Gemeinden Hohenthann, Pfeffenhausen und Rottenburg an der Laaber wurden in den letzten Jahren die traditionelle Schweinehaltung intensiviert und zusätzlich Biogasanlagen installiert. Eine Folge dieser Landnutzung ist unter anderem der steigende Anfall von organischen Düngern, die nach Ansicht des Wasserversorgers und der Bevölkerung zu erhöhten Nitratkonzentrationen im Trinkwasser führen.

Ziel des von den Ministerien für „Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF)“ und „Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV)“ geförderten Projektes war die Ursachenforschung und die Beratung der Landwirte. Die Arbeiten der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft konzentrierten sich auf Erhebungen bei den Landwirten, einer Analyse der wichtigsten Ursachen, der Ableitung effektiver Maßnahmen und der Sensibilisierung und Beratung der Landwirte.

Die Erhebung der für das Untersuchungsgebiet relevanten Daten der Tierhaltung erwies sich als schwierig, da die Anzahl von KG-Betrieben nicht bekannt ist und die Tiere dieser Betriebe nicht in den Daten des Mehrfachantrages erscheinen. Hier war man auf die Angaben der Landwirte angewiesen.

Bei der Berechnung der Stickstoffsalden wurden Überschüsse bis zu 184 kg/N/ha/Jahr festgestellt. Hohe Salden traten bei allen Betriebstypen auf, schweinehaltende Betriebe erwiesen sich tendenziell als gefährdeter. Entscheiden für hohe Salden sind der Tierbesatz, der Nährstoffimport über Futtermittel sowie eine überzogene Mineraldüngung durch mangelnde Berücksichtigung der Nährstoffe aus den Wirtschaftsdüngern.

Die N_{\min} -Werte im Frühjahr lagen im bayerischen Durchschnitt und wurden den Landwirten als Grundlage für eine exakte Düngeplanung zur Verfügung gestellt. Die Werte nach der Ernte lagen besonders nach Mais sehr hoch, bei Getreide streuten die Werte in Abhängigkeit von der Vorfrucht, niedrige Werte waren unter Zwischenfrüchten festzustellen, wenn sich diese schnell und gut entwickelten. Es zeigte sich deutlich, dass durch gezielte, an den tatsächlich zu erwartenden Ertrag angepasste Düngeplanungen mit den gemessenen N_{\min} -Werten im Frühjahr eine Minderung der Herbstwerte möglich ist.

Im Untersuchungsgebiet werden zur Fütterung der Schweine zahlreiche Nebenprodukte eingesetzt, deren Nährstoffgehalte nicht immer genau bekannt sind. Daher lassen sich die notwendigen Nährstoffgehalte der Futterrationen nur ungenau bestimmen, um Unterversorgungen zu vermeiden, werden oft zur Risikoabsicherung Sicherheitszuschläge gegeben. Die nicht benötigten Nährstoffe werden ausgeschieden. Das führt dazu, dass die Nährstoffgehalte der Gülle im Projektgebiet wesentlich mehr Nährstoffe enthalten, als das die in der Praxis zur Düngeplanung verwendeten Standardzahlen ausdrücken. Durch die Umstellung auf nährstoffreduzierte Fütterungssysteme können die Betriebe die Nährstoffausscheidungen reduzieren und sich wieder mehr Spielraum bei der Ausbringung der Wirtschaftsdünger verschaffen.

Die Stickstoffeffizienz bei der Ausbringung der Wirtschaftsdünger hängt auch wesentlich vom Ausbringtermin ab. Zeiten im Frühjahr und mit kühler Witterung sind optimal. Um diese wahrnehmen zu können, ist ausreichender Güllelagerraum nötig. Im Projektgebiet mit einer intensiven Maisfruchtfolge werden neun Monate Lagerkapazität empfohlen. Um das zu erreichen, müssen die 38 Betriebe, die an den Untersuchungen teilgenommen haben, ca. 11.000 m³ Güllelagerraum zusätzlich schaffen.

Schauversuche zu innovativen Ausbringetechniken und Zwischenfruchtanbau haben sich als probates Mittel erwiesen, Landwirte anzusprechen und für Änderungen in den Bewirtschaftungsweisen zu interessieren.

Die Projektbeteiligten haben für die untersuchten Gemeinden Maßnahmen zur Minderung der Nitratausträge erarbeitet, in einer Matrix zusammengefasst und bewertet. Die Maßnahmen beziehen sich in erster Linie auf das Projektgebiet, sind jedoch auch auf andere Regionen mit ähnlichen Problemen übertragbar, müssen dort jedoch eventuell um weitere Maßnahmen ergänzt werden.

Zur Umsetzung der Maßnahmen ist eine langfristig sichergestellte, kontinuierliche Beratung notwendig. Der Aufgabenbereich eines Wasserberaters wird beschrieben und Handlungsempfehlungen für vergleichbare Gebiete gegeben.

1 Einleitung

Im März 2014 startete das Forschungsprojekt „Landwirtschaft und Grundwasserschutz in den Gebieten Hohenthann, Pfeffenhausen und Rottenburg a.d. Laaber“. Die am Forschungsprojekt beteiligten Institutionen waren das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU), der Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme der Technischen Universität München (TUM) und die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Finanziell gefördert wurde das Projekt von den beiden Staatsministerien „Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF)“ und „Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV)“.

Hintergrund des Projektes sind die seit einiger Zeit kontinuierlich steigenden Nitrat-Konzentrationen im Grundwasser im Bereich der Gemeinde Hohenthann und im Einzugsgebiet der Brunnen des Zweckverbandes Rottenburger Gruppe. Bereits Mitte 2011 hat die Gemeinde Hohenthann mit der Landwirtschaft das Kooperationsprojekt „Landwirtschaft – Trinkwasserschutz – Wohnen“ ins Leben gerufen.

Die Landwirtschaft wird im Untersuchungsgebiet sehr intensiv betrieben. Durch den Ausbau der Schweinehaltung und den Bau von Biogasanlagen stieg das Aufkommen von organischem Wirtschaftsdünger (Gülle, Gärreste) in den vergangenen Jahren weiter an. Seitens der Wasserversorgung werden die Intensivtierhaltung und die Gülleausbringung als wichtigste Ursache des Nitratanstiegs angesehen. Allerdings sind die Zusammenhänge zwischen landwirtschaftlicher Flächennutzung und Nitratreinträgen ins Grundwasser sehr komplex. Das ausgewaschene Nitrat gelangt zunächst in das oberflächennahe Grundwasser, wo es sich meist über wasserstauenden Schichten ansammelt und teilweise über Quellen wieder austritt. Vom oberflächennahen Grundwasser in das durch die Trinkwasserbrunnen genutzte Tiefengrundwasser gelangt, das Nitrat oft erst auf Umwegen und mit längeren Fließzeiten. Da es sich dort langsam mit unbelastetem Grundwasser mischt, kann der Anstieg der Nitratgehalte viele Jahrzehnte dauern.

Zahlreiche Medienberichte über die Problematik führten zu einer angespannten Atmosphäre zwischen Landwirten und Bevölkerung sowie Wasserversorger. Daher sollten in der Modellregion Hohenthann die Ursachen und Abläufe des Nitratanstiegs wissenschaftlich untersucht werden, um gezielt Maßnahmen abzuleiten, die von den Landwirten ergriffen werden können, um hohe Nitratreinträge in das Grundwasser dauerhaft zu vermeiden und die Gehalte an Nitrat im Grundwasser bzw. Trinkwasser nicht weiter ansteigen zu lassen.

Die Maßnahmen sowie die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Ursachen sowie der Beratung sollen auf andere Projektgebiete übertragbar sein.

2 Projektgebiet und durchgeführte Arbeiten

2.1 Projektgebiet

Das Projektgebiet (landwirtschaftliches Kerngebiet, Abbildung 1) befindet sich nördlich von Landshut in Niederbayern und ist geprägt von intensiver Ackernutzung und Viehhaltung, insbesondere Schweinehaltung (Abbildung 2). Es umfasst die komplette Gemeinde Hohenthann, Teilbereiche der Gemeinden Pfeffenhausen und Rottenburg a.d. Laaber.

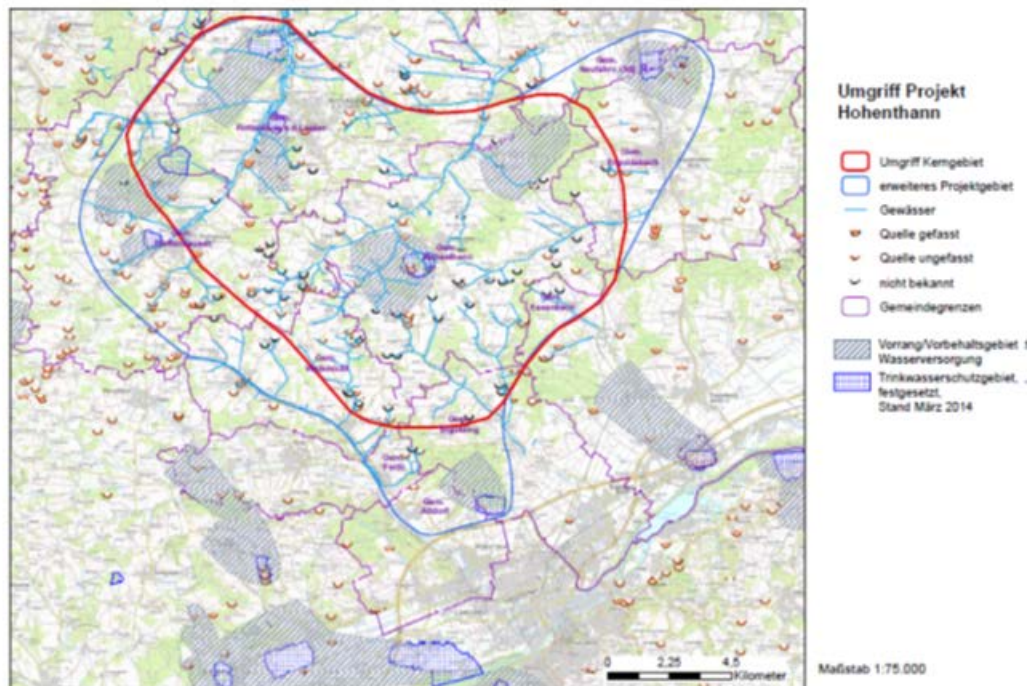


Abb. 1: Projektgebiet (Quelle: LfU)

Im landwirtschaftlichen Kerngebiet waren zu Projektbeginn 281 Betriebe gemeldet. 222 Betriebe haben eine Fläche von über zehn ha LF und sind damit verpflichtet eine Nährstoffbilanz zu erstellen. 170 Betriebe werden im Haupterwerb und 111 Betriebe im Nebenerwerb bewirtschaftet.

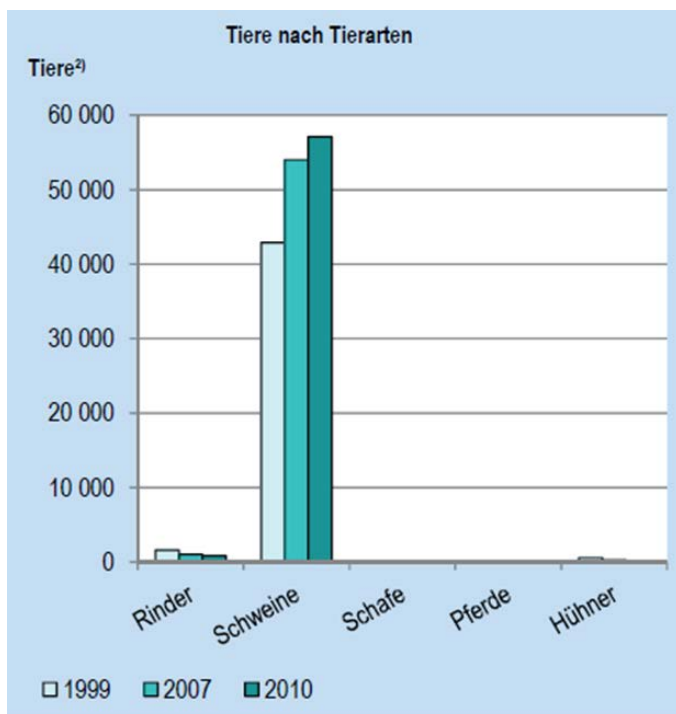


Abb. 2: Tierzahlen im Jahr 2010 in Hohenthann (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (Statistik kommunal 2012))

In den letzten Jahren haben zunehmende Stallbauten und die Intensivierung der Schweinehaltung zu Unmut in der Bevölkerung geführt, da zum einen die Nitratbelastung der Brunnen und zum anderen die Geruchsbelästigung zunahm. Man geht je nach Erhebungsgrundlage von einem Tierbestand von 65.000 bis 80.000 Schweinen aus, wobei durch zahlreiche KG-Betriebe die genaue Anzahl schwer zu bestimmen ist. Abbildung 2 zeigt die Tierzahl 2012 nach den Angaben des Bayerischen Landesamtes für Statistik und Datenverarbeitung (Statistik kommunal 2012). Für Informationen über die im Gebiet gehaltenen Nutztiere sind die Invekos-Daten nicht für alle Tierarten aussagekräftig, da gewerbliche Tierhalter ohne Flächen nicht enthalten sind. Aussagekräftiger sind die Zahlen der HIT-Tierdatenbank, insbesondere für Rinder. Für alle anderen Tierarten ist in der Datenbank keine laufende Aktualisierung vorgeschrieben, eine Stichtagsmeldung zu Beginn des Jahres ist ausreichend. Die tatsächlichen Zahlen können daher leicht abweichen. Tabelle 1 zeigt die Tierzahlen nach der HIT-Datenbank der Jahre 2016 und 2017. Mit der Novellierung des Düngegesetzes 2017 (§12) besteht nun die Möglichkeit auch beim Landratsamt Tierzahlen nach dem Tierseuchengesetz bzw. der Viehverkehrsverordnung abzufragen.

Die Schweinehaltung nimmt weiter zu (Abbildung 3), im Landkreis Landshut um 16,9 % in den Jahren 2010 bis 2016. Einige Betriebe haben eine sehr intensive Mastschweinehaltung mit über 2 GV/ha. Die Ackerflächen werden intensiv genutzt mit einer Fruchtfolge aus Winterweizen, Wintergerste und Körnermais. Diese Kulturen werden überwiegend zur Fütterung der Schweine und zum Teil zur Energiegewinnung in Biogasanlagen eingesetzt.

Tab. 1: Schweinehaltung nach den Daten der HIT-Datenbank

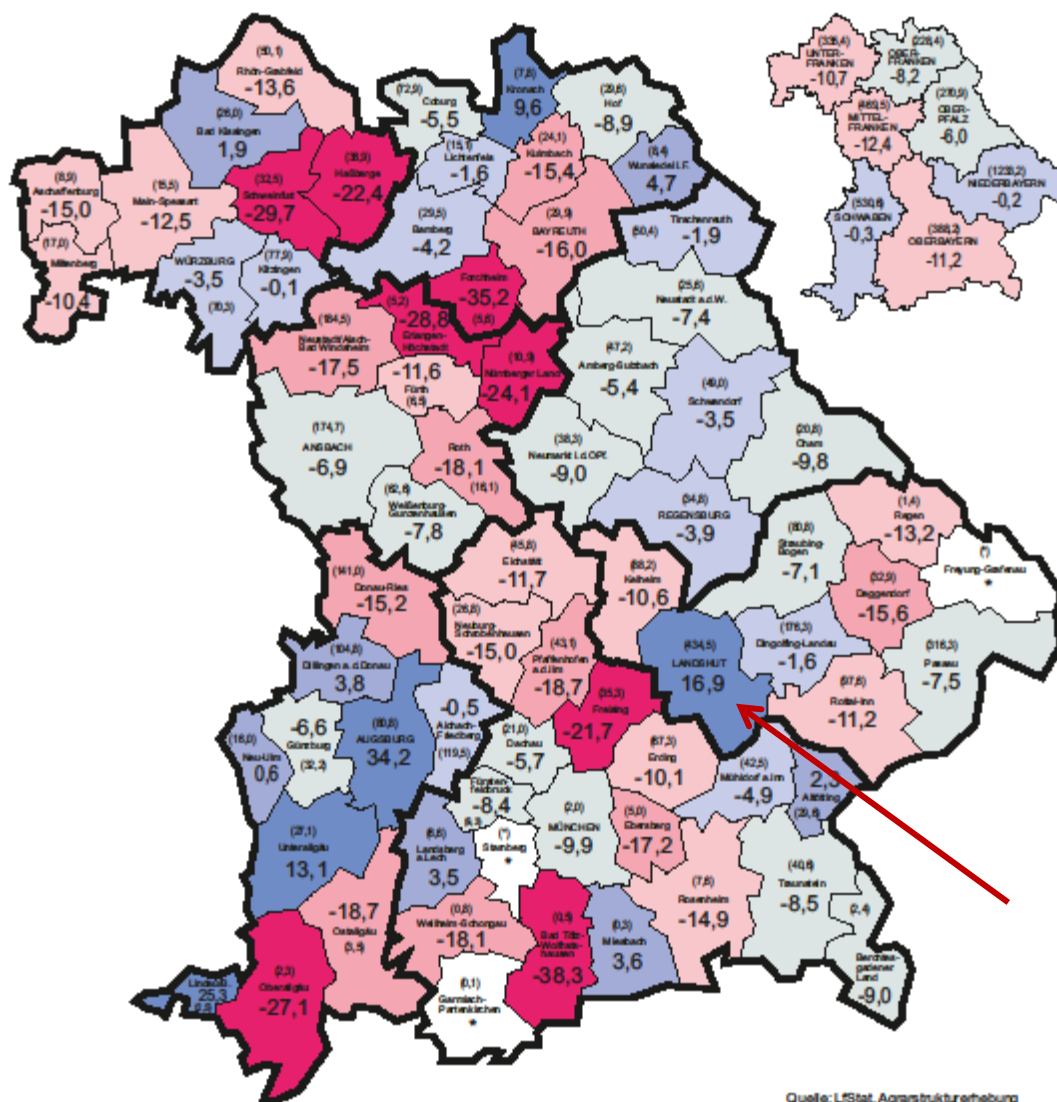
HIT 01.01.2017

	Zucht-sauen	Ferkel	Mast-schweine	Summe Schweine	Summe S-GV	Fläche	S-GV/ha
Landshut	21.103	106.694	297.049	424.846	44.111	86.373	0,51
Hohenthann	1.728	10.410	65.714	77.852	8.612	5.100	1,69
Pfeffenhausen	1.377	7.096	20.521	28.994	3.018	4.700	0,64
Rottenburg/Laabber	3.275	15.850	24.993	44.118	4.299	5.300	0,81

HIT 01.01.2016

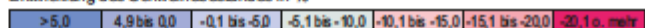
Landshut	21.067	106.813	308.899	436.779	45.524	86.373	0,53
Hohenthann	1.568	9.619	66.563	77.750	8.650	5.100	1,70
Pfeffenhausen	1.512	6.874	22.179	30.565	3.253	4.700	0,69
Rottenburg/Laabber	3.429	15.072	25.940	44.441	4.443	5.300	0,84

Entwicklung der Zahl der Schweine von 2010 bis 2016 (in %) und Zahl der Schweine 2016 (in 1.000)



Quelle: LfStat, Agrarstrukturerhebung

Entwicklung des Schweinebestandes in %



Die Zahl in Klammer gibt die Zahl der Schweine 2016 in 1.000 an.

* Keine Daten wegen Geheimhaltung.

Bayern	2010	2016 ¹	Entwicklung in % (2010 = 100)
Zahl der Schweine	3.654.276	3.456.293	- 5,4

¹ Durch andere Erfassungsgrenzen ergibt sich eine zum Kapitel „Schweine“ abweichende Anzahl.

Abb. 3: Entwicklung der Zahl der Schweine von 2010 bis 2016 (Quelle: Bayerischer Agrarbericht 2018)

2.2 Projektorganisation

Das LfU wurde mit der Koordination des Projektes beauftragt. Als unterstützende und begleitende Einheiten wurden eine Lenkungsgruppe (Tabelle 2) und eine Steuerungsgruppe (Tabelle 3) eingesetzt.

Tab. 2: Zusammensetzung der Lenkungsgruppe

Lenkungsgruppe (Organisation LfU)
<ul style="list-style-type: none"> – Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz - StMUV – Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten - StMELF – Landesamt für Umwelt - LfU – Technische Universität München - TUM – Landesanstalt für Landwirtschaft - LfL

Tab. 3: Zusammensetzung der Steuerungsgruppe

Fachliche Steuerungsgruppe (Organisation LfU)	
obligatorisch	bedarfsweise
<ul style="list-style-type: none"> – StMUV – StMELF – LfU – TUM – LfL – Projektgruppe „Landwirtschaft und Trinkwasserschutz Hohenthann“ 	<ul style="list-style-type: none"> – Gemeinde Hohenthann – Wasserwirtschaftsamt Landshut – Regierung von Niederbayern – Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Landshut – Kreisverwaltungsbehörde Landshut – Zweckverband „Rottenburger Gruppe“

In der Lenkungsgruppe waren die Projektbeteiligten (LfL, LfU, TUM) sowie das StMELF und das StMUV vertreten, um die Vorgehensweise im Projekt, wichtige Termine und die Öffentlichkeitsarbeit zu koordinieren.

Die Steuerungsgruppe diente dazu, die beteiligten Institutionen vor Ort in die Arbeiten einzubinden.

Zur Information der Behörden und Verbände Vor-Ort wurde ein runder Tisch eingeführt, an dem in regelmäßigen Abständen über die Aktivitäten berichtet wurde.

2.3 Veranstaltungen

Eine Übersicht über die durchgeführten Veranstaltungen zeigt Tabelle 4. Die Bürger der betroffenen Gemeinden wurden in drei jährlich stattfindenden Veranstaltungen über die Ziele des Projektes, die Zwischenergebnisse und die sich daraus ergebenden Maßnahmen informiert. Diese Veranstaltungen waren sehr gut besucht und erwiesen sich als sehr nützlich, um in der Projektphase den öffentlichen Druck zu verringern.

Die Landwirte wurden in der ersten Bürgerversammlung und einer nachfolgenden Informationsveranstaltung speziell für Landwirte informiert. Dazu wurden alle im Gebiet tätigen Landwirte angeschrieben. Sie hatten dann die Möglichkeit, sich durch einen ausgelegten Flyer oder per Mail für betriebsspezifische Untersuchungen und Beratungen anzumelden. 90 Betriebe nahmen an dieser Veranstaltung teil, davon erklärten sich im ersten Schritt 35 Betriebe bereit, ihre Betriebe näher untersuchen zu lassen. Ein Jahr später waren es bereits 50 Betriebe, in der gesamten Projektlaufzeit stellten 55 Betriebe mehrjährige Daten zur Berechnung der Nährstoffbilanzen zur Verfügung. Somit konnten 94 Nährstoffbilanzen (mehrjährig) gerechnet werden. Die Betriebsleiter, die bereit waren, die benötigten Daten zur Nährstoffbilanzierung zu liefern, wurden zu zwei Informationsveranstaltungen eingeladen. An diesen Terminen erhielten die Betriebsleiter ihre Ergebnisse der Nährstoffbilanz, der Gülleuntersuchung sowie der N_{min} -Untersuchungen und wurden über die durchschnittlichen Ergebnisse, die in anonymisierter Form ausgewertet wurden, infor-

miert. In einer zweiten Veranstaltung wurden Möglichkeiten und Wege aufgezeigt, die Nährstoffsalden zu verbessern. Ebenso wurden die Ergebnisse mit den Landwirten diskutiert. Betriebsleiter mit hohen Salden wurden in Einzelgesprächen beraten. Auch hier wurden den Landwirten Möglichkeiten zur Steigerung der N-Effizienz aufgezeigt. In einer weiteren Veranstaltung konnten sich die Landwirte auf der Versuchsstation der LfL in Puch über die aktuellen Versuche der LfL zur Steigerung der N-Effizienz bei der Wirtschaftsdüngerausbringung informieren.

An Feldtagen und Führungen zu Schauversuchen wurde versucht, den Landwirten neue Maßnahmen näher zu bringen. Von den bereits bekannten Maßnahmen wurden Maßnahmen ausgewählt, die insbesondere für das Projektgebiet geeignet erschienen. Schwerpunktmäßig waren dies die Maßnahmen Gülleausbringung in den Maisbestand sowie Schauversuche zum Zwischenfruchtanbau. Über Schauversuche wird die Kontaktaufnahme für einzelbetriebliche Erhebungen erleichtert.

Es bestätigte sich die Erfahrung aus früheren Projekten, dass es eine angemessene Zeit benötigt, bis Landwirte Vertrauen zu der beratenden Person fassen und bereit sind, betriebsinterne Daten freizugeben. Das setzt auch eine Konstanz in Personalbesetzung und der Projektdauer voraus.

Tab. 4: *Veranstaltungen im Projektverlauf*

Datum	Thema	Projektteilnehmer
23.01.2014	1. Bürgerversammlung	LfL, LfU, TUM
13.03.2014	1. Sitzung Lenkungsgruppe	LfL, LfU, TUM
10.04.2014	Versammlung Landwirte	LfL, LfU, TUM
20.05.2014	1. Sitzung Steuerungsgruppe	LfL, LfU, TUM
03.07.2014	Feldtag	LfL, LfU, TUM
06.11.2014	Vorstellung Projekt beim Wasserverbandstag (WVT) Bremen/Niedersachsen/Sachsen-Anhalt	LfL, LfU, TUM
12.11.2014	Informationsveranstaltung zum Projekt „Landwirtschaft und Trinkwasserschutz“ für Landwirte der Gemeinden Pfeffenhausen und Rottenburg a.d. Laaber	LfL, TUM
08.12.2014	2. Sitzung Lenkungsgruppe	LfL, LfU, TUM
03.02.2015	Besprechung mit Zweckverband Rottenburger Gruppe und WWA Landshut	LfL, LfU, TUM
25.02.2015	2. Bürgerversammlung	LfL, LfU, TUM
07.04.2015	Zwischenfruchtanbau und Saatbettbereitung Mais	LfL
08.04.2015	Zwischenfruchtanbau und Saatbettbereitung Mais	LfL
17.06.2015	Vorführung Nährstoffgesteuerte Gülleausbringung	LfL
29.09.2015	3. Sitzung der Lenkungsgruppe	LfL, LfU, TUM
12.11.2015	2. Sitzung Steuerungsgruppe	LfL, LfU, TUM
01.12.2015	1. Informationsveranstaltung LW mit Ergebnissen	LfL
27.01.2016	Vorstellung Projekt im Umweltausschuss des BBV	LfL, LfU, TUM
28.01.2016	2. Informationsveranstaltung LW mit Ergebnissen	LfL
03.02.2016	1. Runder Tisch mit Behörden	LfL, LfU, TUM
04.02.2016	3. Bürgerversammlung	LfL, LfU, TUM
07.03.2016	4. Sitzung Lenkungsgruppe	LfL, LfU, TUM
20.06.2016	Versuchsführung in Puch für Landwirte des Projektgebietes	LfL
25.07.2016	Arbeitsbesprechung	LfL, LfU, TUM
13.10.2016	Vorstellung Projekt am Landratsamt	LfL, LfU, TUM

Datum	Thema	Projektteilnehmer
26.11.2016	Vorstellung Projekt bei VLF	LfL, LfU, TUM
17.11.2016	Arbeitsbesprechung	LfL, LfU, TUM
09.12.2016	5. Sitzung der Lenkungsgruppe	LfL, LfU, TUM
26.01.2017	1. Sitzung zur Bewertung der Maßnahmen zum Forschungsprojekt	LfL, LfU, TUM
02.02.2017	2. Runder Tisch mit Behörden	LfL, LfU, TUM
24.02.2017	6. Sitzung Lenkungsgruppe	LfL, LfU, TUM
16.05.2017	2. Sitzung zur Bewertung der Maßnahmen zum Forschungsprojekt	LfL, LfU, TUM
12.06.2017	Besprechung zum Nachfolgeprojekt „Landwirtschaft und Grundwasserschutz in den Gebieten Hohentann, Pfeffenhausen und Rottenburg a.d. Laaber (Behördentermin)	LfL, LfU
05.07.2017	3. Informationsveranstaltung für Bürger	Alle

3 Einzelbetriebliche Erhebungen

3.1 Nährstoffbilanzen

Die Flächenbilanz oder Feld-Stall-Bilanz dient bundesweit zur Umsetzung der in der Düngeverordnung festgelegten Bilanzierungspflicht landwirtschaftlicher Betriebe. Abbildung 4 zeigt die in der Bilanz berücksichtigten Größen. Die Überschüsse dieser Bilanz dürfen nach der Düngeverordnung von 2006 60 kg N/ha und Jahr im Betriebsdurchschnitt nicht überschreiten. Der Wert wird mit der neuen Düngeverordnung von 2017 für die Jahre ab 2018 auf 50 kg abgesenkt. Diese Bilanzierung muss mit Ausnahme von kleinen Betrieben unter 15 ha von allen Betrieben jährlich erstellt werden, wobei der Bilanzierungszeitraum zwischen Kalender- und Wirtschaftsjahr gewählt werden kann. Es war daher davon auszugehen, dass diese Bilanz bei den meisten Betrieben im Projektgebiet mehrjährig vorliegt.

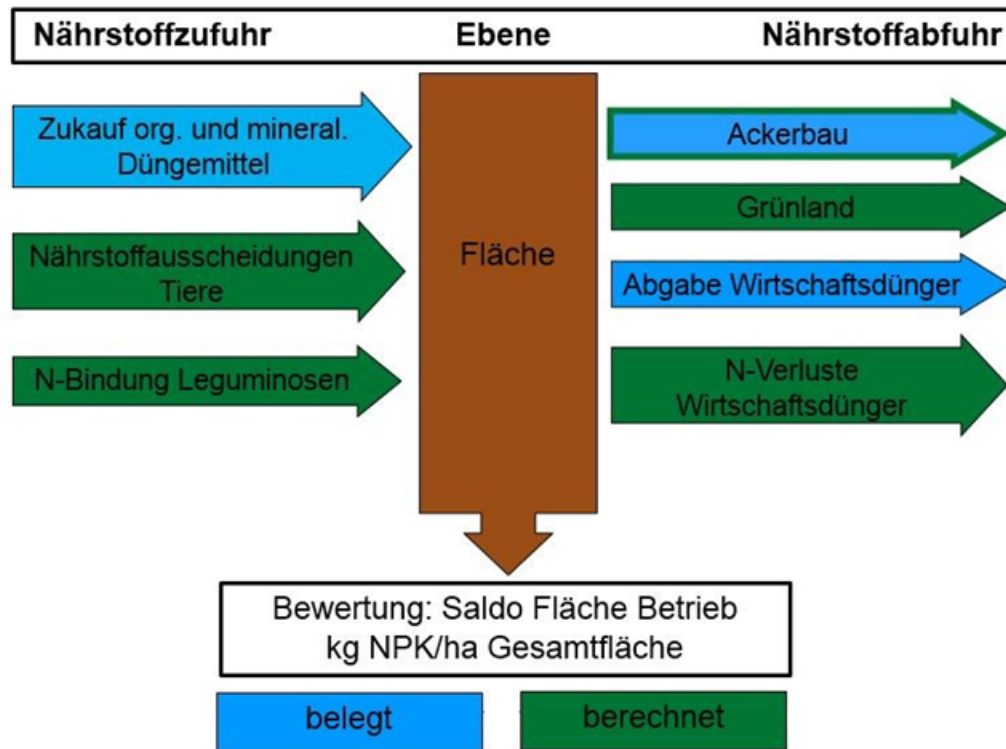


Abb. 4: Ein- und Ausgangsgrößen der Feld-Stall-Bilanz

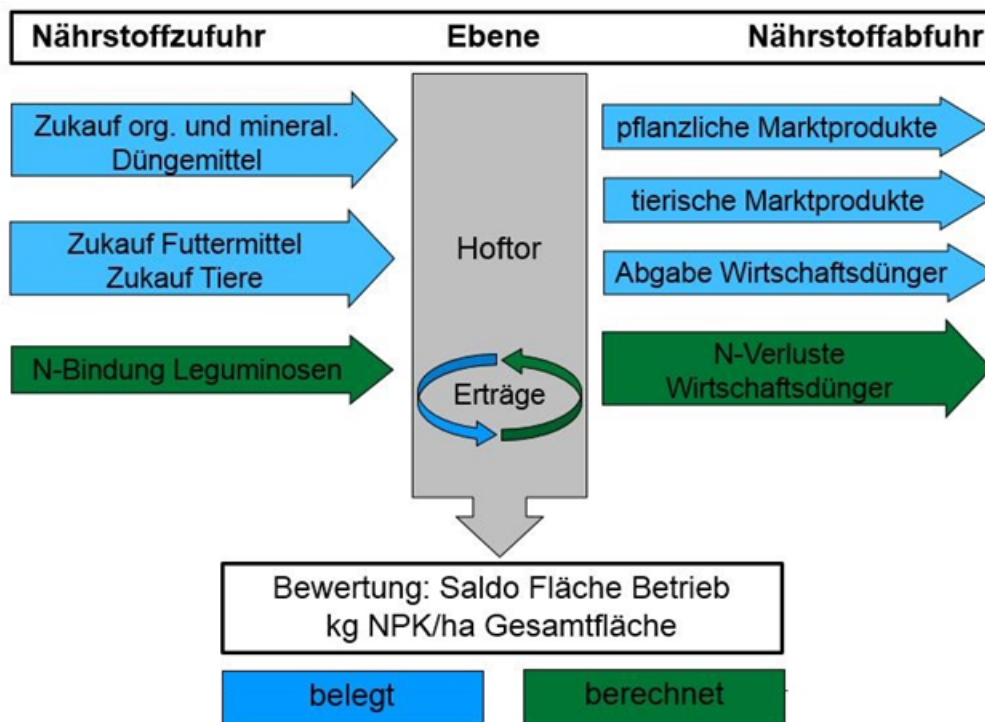


Abb. 5: Ein- und Ausgangsgrößen der Feld-Stall-Bilanz

Bei der Hof-Tor-Bilanz sind alle Nährstoffinputs und -outputs in den Betrieb, nicht jedoch Nährstoffverschiebungen innerhalb des Betriebes relevant. Hof-Tor-Bilanzen werden sowohl zur Bilanzierung von einzelnen landwirtschaftlichen Betrieben als auch zur Erstellung von nationalen oder sektoralen Bilanzen verwendet. Die für die Erstellung einer Hof-Tor-Bilanz eines landwirtschaftlichen Betriebes relevanten Parameter sind in Abbildung 6

dargestellt. Der Zukauf von Düngemitteln, Futtermitteln und Tieren, sowie der Verkauf von Marktprodukten und Tieren sind in landwirtschaftlichen Betrieben üblicherweise aus der Buchhaltung ersichtlich oder es liegen Belege vor. Ebenso sind in der Buchhaltung Bestandsänderungen, die beispielsweise auf den Abgang von Tieren zurückzuführen sind, aufgezeichnet. Ein weiterer Vorteil der Hof-Tor-Bilanz wird darin gesehen, dass die innerbetrieblich verwendeten Ernteprodukte, deren Erträge meist nicht bekannt sind, in der Berechnung keine Rolle spielen. Diese Bilanzierungsart gilt daher allgemein als beste Methode für tierhaltende Betriebe (Baumgärtel et al., 2007).

Zusätzlich zu den genannten Bilanzen wurde ein LfL-internes Programm zur Berechnung von Stallbilanzen eingesetzt (Abbildung 6). Damit war es möglich, die Angaben über Tierzahlen und eingesetzte betriebseigenen bzw. zugekauften Futtermittel zu plausibilisieren und in Rücksprache mit den Landwirten zu korrigieren.

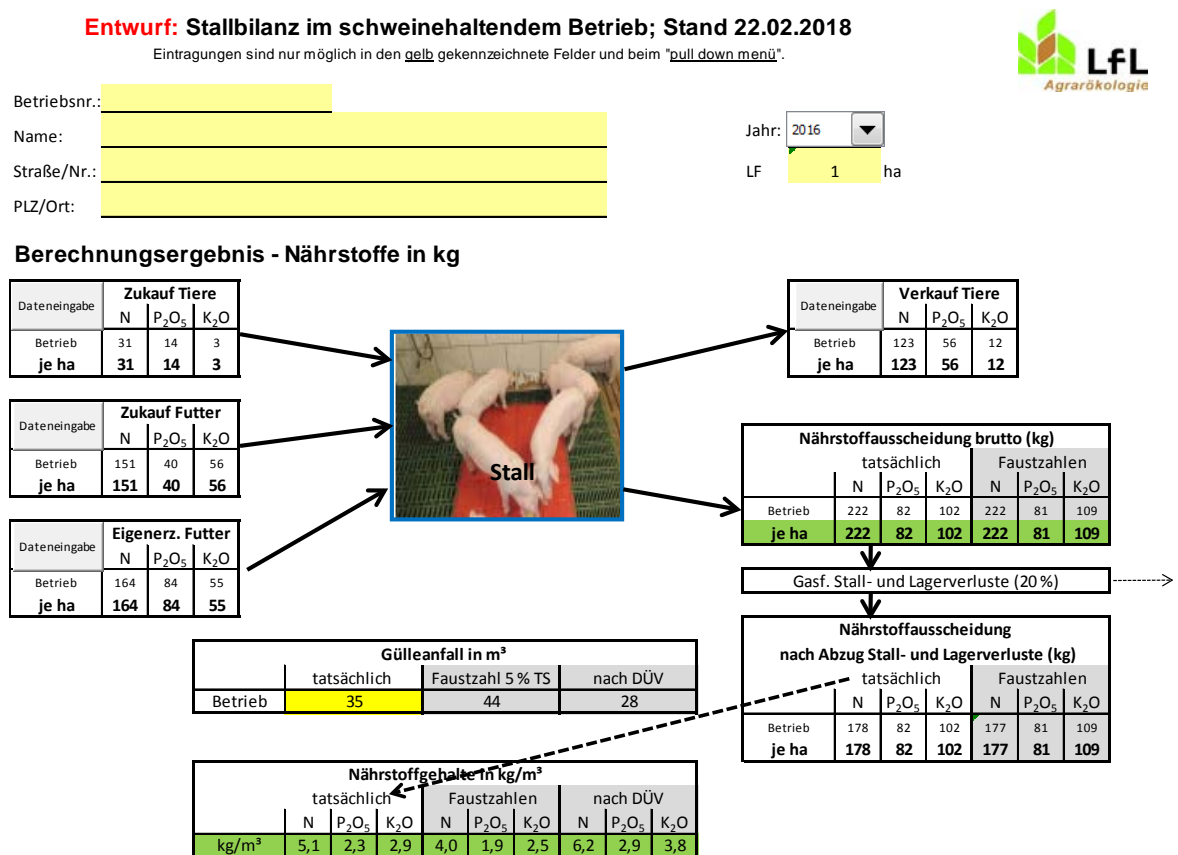


Abb. 6: Programm zur Berechnung von Stallbilanzen

3.1.1 Datenerhebung

Zu Beginn des Projektes wurden 281 Betriebe aus den Gemeinden Hohenthann, Pfeffenhausen und Rottenburg a.d. Laaber, die Flächen im Projektgebiet hatten, angeschrieben und eingeladen am Projekt teilzunehmen. In der gesamten Projektlaufzeit haben 55 Betriebe zum Teil für mehrere Jahre Daten zur Berechnung der Nährstoffbilanz geliefert. Dazu erhielt jeder Betrieb einen Erfassungsbogen. Bei Bedarf wurden die Betriebsleiter bei der Datenerfassung unterstützt. Wenn möglich wurde sowohl die Feld-Stall-Bilanz als auch die Hoftorbilanz berechnet.

In die Auswertungen gingen die Daten von 48 Betrieben mit zum Teil mehrjährigen Bilanzergebnissen ein. Die Größe der Betriebe variiert von sieben ha landwirtschaftlicher

Nutzfläche (ohne Stilllegung), bis hin zu 164 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche (ohne Stilllegung). Kriterium für die Auswahl der Betriebe war die Lage im Projektgebiet sowie, da es sich um eine freiwillige Bilanzierung handelte, die Bereitschaft zur Mitarbeit. Nach Betriebsart aufgeteilt konnten 29 schweinehaltende Betriebe, sieben rinderhaltende Betriebe und zwölf Marktfruchtbetriebe zur Mitarbeit bei der Erstellung von Nährstoffbilanzen gewonnen werden. Die Datenerfassung für die Nährstoffbilanzierung erfolgte mithilfe vorgefertigter Fragebögen in schriftlicher und digitaler Form. Bei nicht vorhandener Dokumentation, beispielsweise bezüglich Nährstoffgehalten von Feldfrüchten oder Futtermitteln, wurde auf den Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland (WENDLAND et al., 2014) zurückgegriffen, welcher die durch z. B. Durchschnittserträge ergänzten Kennzahlen zur Nährstoffbilanzierung im Sinne der Düngeverordnung (DÜV, 2006) enthält. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte im Rahmen einer Masterarbeit von G. J. Haringer (2016).

3.1.2 Ergebnisse

Abbildung 7 zeigt den Durchschnittssaldo der berechneten Hof-Tor- und Feld-Stall-Bilanzen für Stickstoff und Phosphor, aufgeschlüsselt nach Betriebsformen. Betrachtet man zunächst die errechneten Stickstoffüberschüsse, zeigt sich, dass die durchschnittliche Feld-Stall-Bilanz der Schweinebetriebe, die in der Düngeverordnung festgelegte Grenze von 60 kg N/ha mit einem Wert von 61 kg N/ha knapp überschreitet, die Durchschnitte der Rinderbetriebe mit 51,6 kg N/ha und der Marktfruchtbetriebe mit 50,4 kg N/ha jedoch im vom Gesetzgeber festgelegten Rahmen bleiben. Im Vergleich hierzu sind die durchschnittlichen Hof-Tor-Bilanzen für Stickstoff höher. Die durchschnittliche Bilanz der Schweinebetriebe zeigt hier einen Stickstoffüberschuss von 75 kg /ha, die Bilanz der rinderhaltenden Betriebe 64,3 kg/ha N-Überschuss, womit beide Betriebsformen im Schnitt überhöhte Nährstoffbilanzen aufweisen. Die Hof-Tor-Bilanz der Marktfruchtbetriebe weicht mit 49,7 kg N/ha Überschuss nur geringfügig von der Feld-Stall-Bilanz ab.

Die durchschnittlichen Phosphorsalden der jeweiligen Betriebsformen liegen sowohl bei einer Feld-Stall-Bilanzierung, als auch bei der Hof-Tor-Bilanzierung im niedrigen bis negativen Bereich.

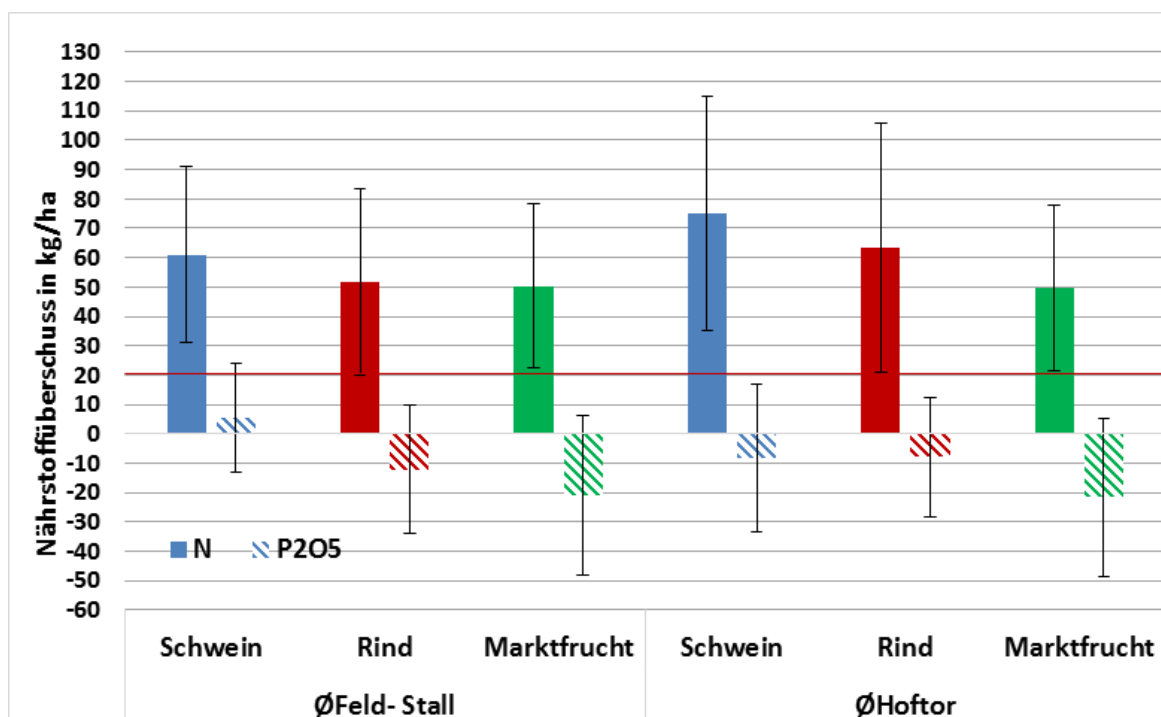


Abb. 7: Durchschnittssaldo der Hof-Tor- und Feld-Stall-Bilanzen nach Betriebsform für Stickstoff und Phosphat

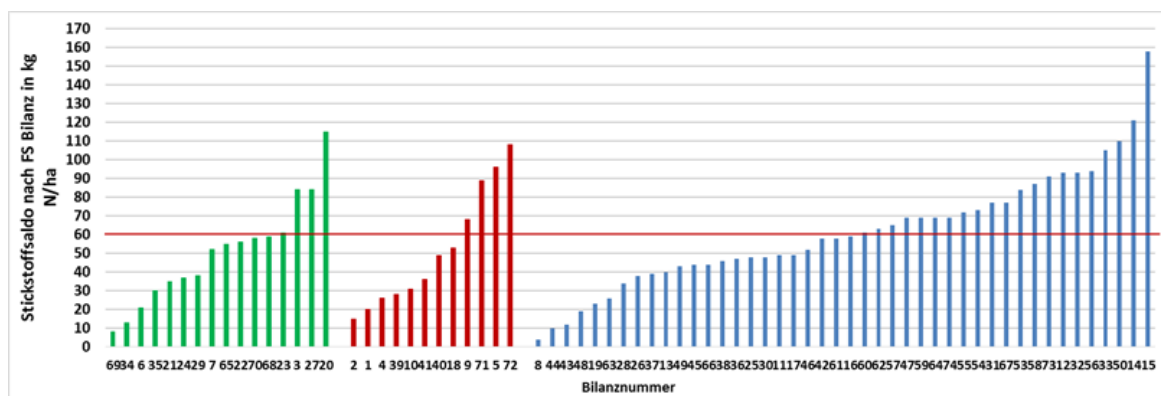


Abb. 8: Feld-Stall-Bilanzen für Stickstoff der Einzelbetriebe gruppiert nach Betriebsform (grün: Marktfrucht, rot: Rinderbetriebe, blau: Schweinebetriebe)

Betrachtet man die Stickstoffüberschüsse der Einzelbetriebe, zeigt sich hier klarer als im Gesamtdurchschnitt der jeweiligen Betriebsformen, dass auch Bilanzen von Marktfrucht- und Rinderbetrieben teilweise weit über der Grenze von 60 kg Stickstoffüberschuss/ha liegen (Abbildung 8). Die einzelnen Bilanzen der Marktfruchtbetriebe bewegen sich im Bereich von acht bis 115 kg N/ha Nährstoffüberschuss, wobei fünf der 16 Bilanzen (31 %) über 60 kg N/ha liegen. Die Bilanzen der Rinderbetriebe ergeben Stickstoffüberschüsse von 15 bis 108 kg/ha wobei vier von 12 Bilanzen (33%) über 60 kg/ha liegen. Die Bilanzen der Schweinebetriebe zeigen Stickstoffüberschüsse von vier bis 115 kg/ha. 21 der 44 Bilanzen (48 %) überschreiten die Grenze von 60 kg.

Zusätzlich zur Feld-Stall-Bilanz wurde für die teilnehmenden Betriebe die Hof-Tor-Bilanz berechnet (Abbildung 9). Sie hat den Vorteil, dass innerbetriebliche Nährstoffflüsse wie die Futtererzeugung nicht berücksichtigt werden, damit spielen fehlende Informationen über Erträge keine Rolle. Vor allem für grundfuttererzeugende Betriebe wird damit die Bi-

lanzierung genauer. Da zusätzlich die Nährstoffzufuhr in zugekauften Futtermitteln berücksichtigt wird, ist die Aussagekraft auch für schweinehaltende Betriebe genauer.

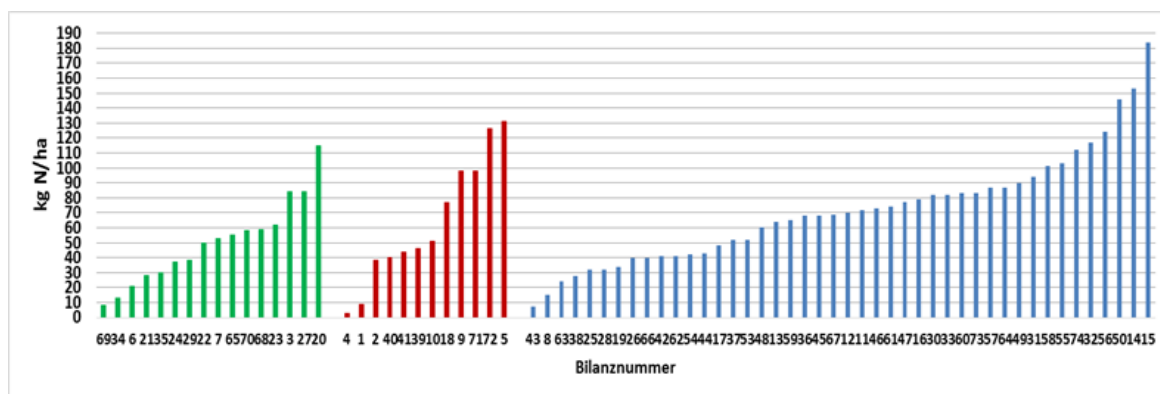


Abb. 9: Hof-Tor-Bilanzen für Stickstoff der Einzelbetriebe gruppiert nach Betriebsform (grün: Marktfrucht, rot: Rinderbetriebe, blau: Schweinebetriebe)

Während sich die Salden bei den Marktfruchtbetrieben erwartungsgemäß kaum verändern, steigen die maximalen Bilanzwerte bei den rinderhaltenden Betrieben auf 131 kg N/ha und bei den schweinehaltenden Betrieben von 115 auf 184 kg N/ha. Die Abweichungen der Salden zwischen den Bilanztypen sind in Abbildung 10 für die einzelnen Betriebe dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass für aussagekräftige Bewertungen und die Abschätzung des Nährstoffverlustpotentials in tierhaltenden Betrieben die Hof-Tor-Bilanz oder in Zukunft die Stoffstrombilanz die geeignete Methode ist.

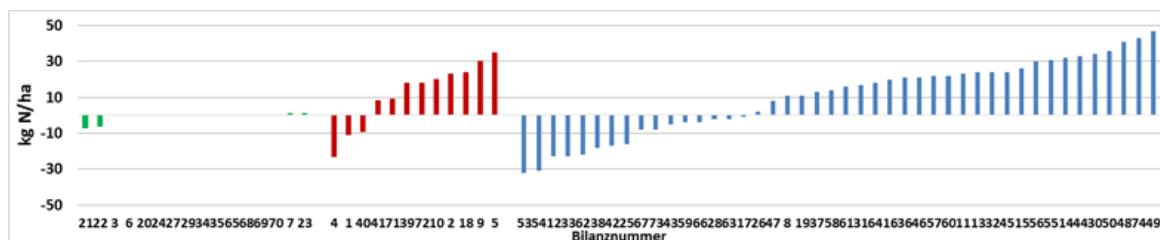


Abb. 10: Abweichung der Stickstoff-Hof-Tor-Bilanz zur Feld-Stall-Bilanz gruppiert nach Betriebsformen (grün: Marktfrucht, rot: Rinderbetriebe, blau: Schweinebetriebe)

3.1.3 Ursachen und Zusammenhänge

Es bestehen in der Region nicht zu vernachlässigende, überhöhte Stickstoffüberschüsse, die bei allen Betriebstypen auftreten können. Entscheidend für die Ableitung von Minderungsmaßnahmen ist die Suche nach Ursachen für Überschüsse und von der Landwirtschaft ausgehenden Gefährdungspotentialen.

Zusammenhang mit der Größe der Betriebe

In Diskussionen wird oft angeführt, dass die großen Betriebe Verursacher der Umweltbelastungen seien. Es wurden Hof-Tor-Bilanzen für Betriebe mit einer genutzten landwirtschaftlichen Fläche zwischen sieben und 164 ha erstellt. Die Abbildung 11 zeigt den geringen Zusammenhang zwischen Stickstoffüberschüssen und landwirtschaftlicher Nutzfläche. Es tritt eine große Streuung der Überschüsse sowohl in Betrieben mit geringer, als auch in Betrieben mit großer Flächenausstattung auf. So schwanken beispielsweise die Salden im Bereich bis 20 ha Fläche zwischen sieben und 184 kg N-Überschuss. Die Korrelationsanalyse nach Pearson zeigte keinen signifikanten Zusammenhang. Die erstellte Regressionsgerade weist analog zur Korrelation ein R^2 von nur 0,006 auf. Ein Zusammen-

hang zwischen landwirtschaftlicher Fläche und Stickstoffbilanz konnte nicht nachgewiesen werden.

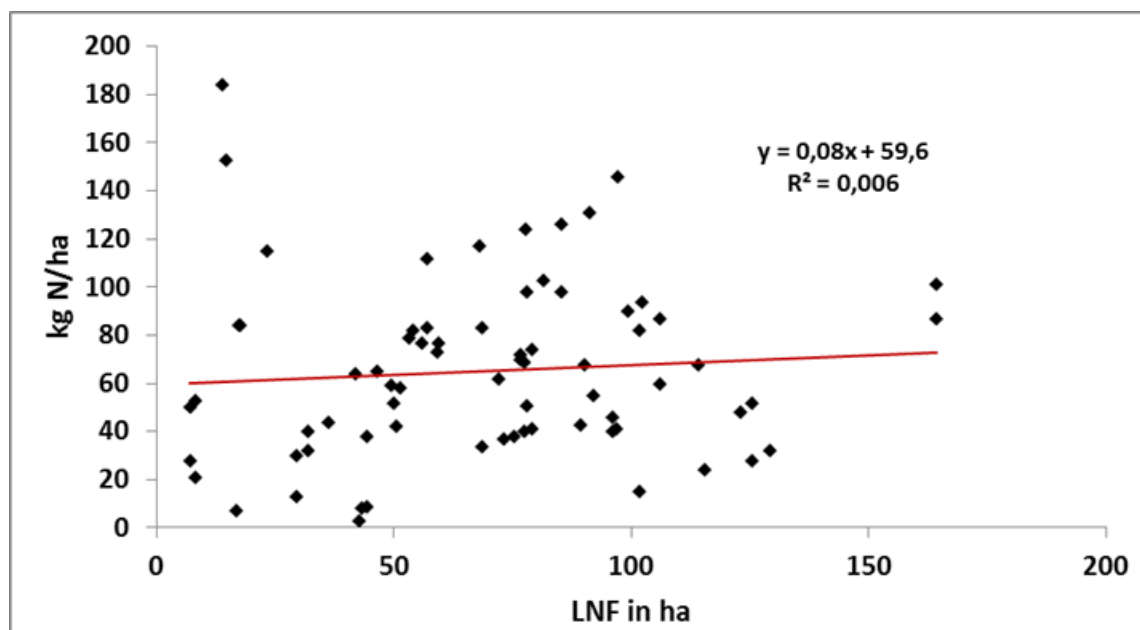


Abb. 11: Zusammenhang des Stickstoffüberschusses mit der landwirtschaftlichen Nutzfläche

Zusammenhang mit Futtermittelzukauf

Der Import von Futtermitteln gilt als eine der Haupteinflussgrößen auf die Höhe von Hof-Tor-Nährstoffbilanzen. Abbildung 12 zeigt die erfassten Futtermittelimporte (kg Stickstoff/ha) der einzelnen Betriebe, gegliedert nach Wirtschaftsform. Die Importmenge der Rinderbetriebe bewegt sich, mit Ausnahme eines Betriebes, der 347 kg N/ha über Futtermittel importiert, in einem moderaten Rahmen zwischen 16 und 101 kg N/ha. Die schweinehaltenden Betriebe importieren tendenziell mehr Nährstoffe. Der Futtermittelimport bewegt sich hier in einem Bereich zwischen 31 und 487 kg N/ha und Betrieb. Der Zusammenhang der importierten Nährstoffmenge mit dem Bilanzüberschuss wird in Abbildung 13 deutlich. Trotz nicht zu vernachlässigender Streuung der Werte, ist deutlich ein Anstieg der N-Überschüsse analog zu den Futtermittelimporten erkennbar. Die Regressionsgerade weist ein R^2 von 0,331 auf. Die Korrelationsanalyse nach Pearson zeigt einen signifikanten Zusammenhang der beiden Größen. In der Projektregion leistet der Import von Futtermitteln einen Beitrag zu überhöhten N-Bilanzen und dadurch verursachter potentieller Grundwassergefährdung.

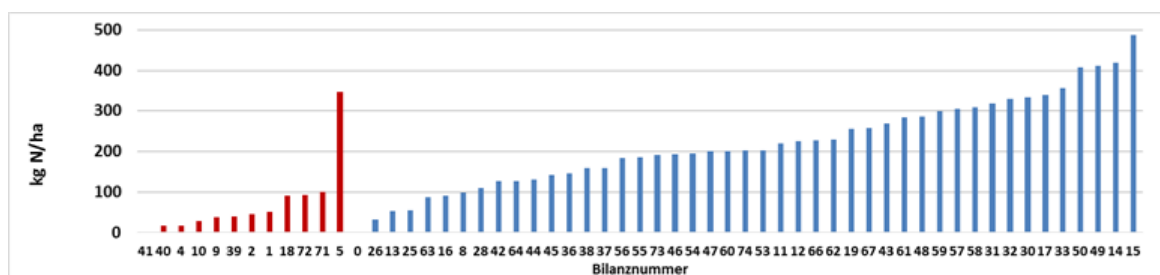


Abb. 12: Futtermittelzukauf in kg N/ha nach Betriebstypen (rot: Rinderbetriebe, blau: Schweinebetriebe)

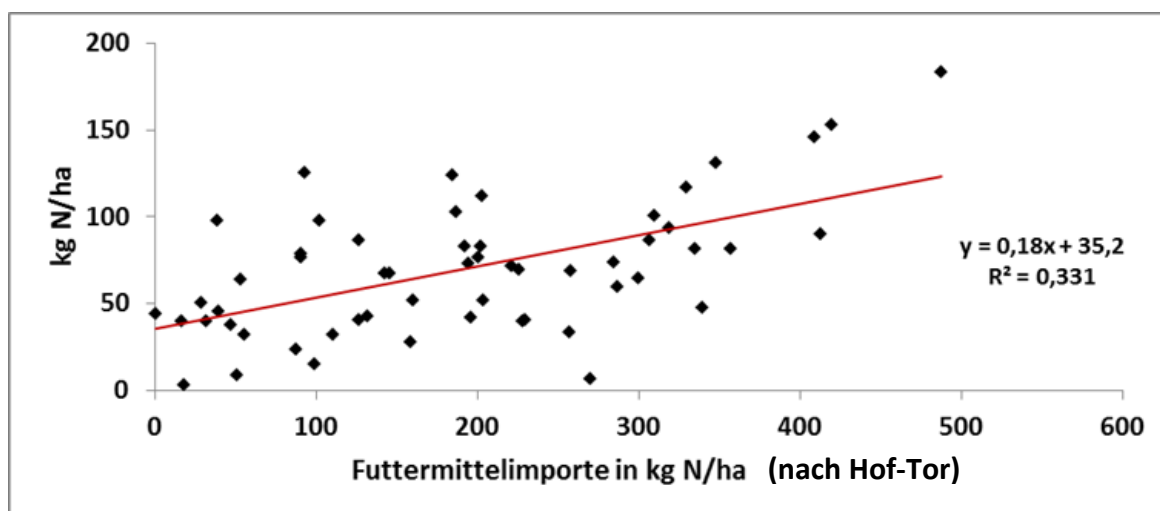


Abb. 13: Zusammenhang des Stickstoffüberschusses (Hof-Tor-Bilanz) mit dem Futtermittelzukauf

Zusammenhang mit der Intensität der Tierhaltung

Die Viehdichte und die damit einhergehende Intensität der Tierhaltung, ist einer der Haupteinflussfaktoren von Nährstoffüberschüssen. Als Kennzahl für die Intensität der Tierhaltung werden die im Rahmen der Hof-Tor-Bilanz errechneten Ausscheidungen in kg N je ha verwendet. Die in die jeweiligen Einzelbilanzen einfließenden Stickstoffausscheidungen (Abbildung 14) sind bei rinderhaltenden Betrieben zwischen 46 und 193 kg N/ha und bei schweinehaltenden Betrieben zwischen 82 und 418 kg N/ha einzuordnen. Der höhere Anfall an Wirtschaftsdünger der schweinehaltenden Betriebe weist (wie auch die bereits besprochenen höheren Salden) auf ein im Vergleich mit anderen Betriebsformen mögliches höheres Umweltbelastungspotential hin. Der Zusammenhang zwischen Nährstoffausscheidungen und Bilanzen ist in der Abbildungen 15 dargestellt. Sowohl für Stickstoff als auch für Phosphor (nicht dargestellt) zeigt sich, dass mit zunehmenden Nährstoffausscheidungen pro Fläche auch der Nährstoffüberschuss ansteigt.

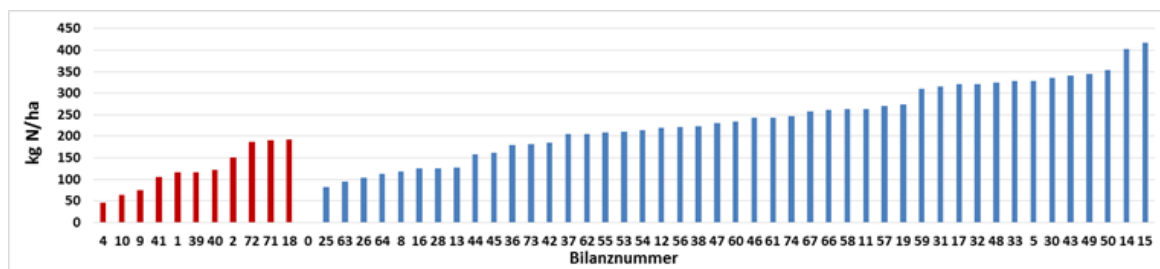


Abb. 14: Nährstoffausscheidungen in kg N/ha nach Betriebstypen (rot: Rinderbetriebe, blau: Schweinebetriebe)

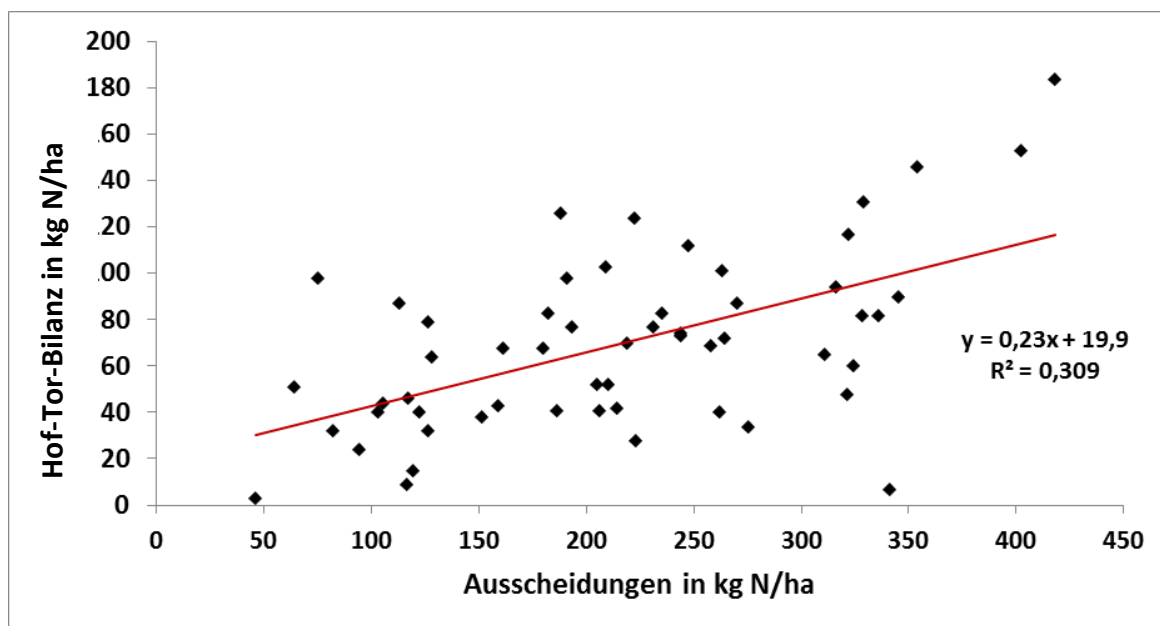


Abb. 15: Zusammenhang des Stickstoffüberschusses (Hof-Tor-Bilanz) mit den jeweiligen im Betrieb anfallenden Stickstoffausscheidungen

Zusammenhang mit dem Mineraldüngerzukauf

Der Import von Düngemitteln kann Nährstoffbilanzen sehr stark beeinflussen, insbesondere dann, wenn der Bedarf nicht auf die Erträge der Pflanzenproduktion abgestimmt ist. Durch den Nachweis eines Zusammenhanges mit den Bilanzen der Projektregion kann – gerade auch im Hinblick auf den ohnehin hohen Anfall an Wirtschaftsdünger – ein Potenzial zur Reduktion der Nährstoffüberschüsse aufgezeigt werden. Die in Abbildung 16 dargestellten Stickstoffimporte bewegen sich bei Marktfruchtbetrieben zwischen 89 und 257 kg N/ha importierten Stickstoffdünger, bei Rinderbetrieben zwischen 105 und 195 kg N/ha. Schweinehaltende Betriebe importierten nach den vorgelegten Bilanzen zwischen 58 und 160 kg N/ha über Dünger. Die größten Düngemengen wurden im Projektgebiet wie zu erwarten von den Marktfruchtbetrieben zugekauft, da diese Betriebe keinen Nährstoffanfall aus der Tierhaltung haben.

Die das Verhältnis zwischen Düngemittelimport und Nährstoffüberschuss darstellende Abbildung 17 lässt erkennen, dass aufgrund starker Streuung (z. B. zwischen neun und 135 kg N-Überschuss bei Mineraldüngerimport von 105 kg/ha) ein Zusammenhang der beiden Größen, trotz steigender Regressionsgerade, im Durchschnitt aller Betriebe nicht nachzuweisen ist und durch andere Faktoren überlagert wird. In Einzelbetrieben spielt natürlich der Mineraldüngerzukauf zusätzlich zu den anfallenden Nährstoffen aus der Tier-

haltung eine große signifikante Rolle (Abbildung 18). Es ist Aufgabe des Beraters diesen Faktor in betriebsspezifischen Analysen zu eruieren. Dazu ist die Summe des Nährstoffbedarfs der Kulturen mit dem Nährstoffanfall aus den Wirtschaftsdüngern und den zugekauften Mineraldüngern abzugleichen.

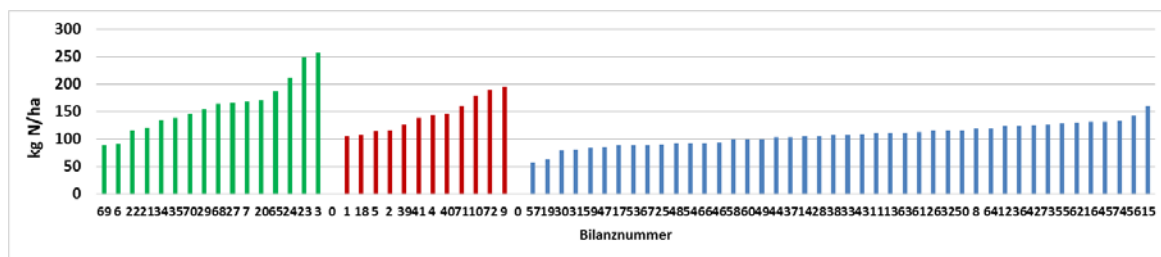


Abb. 16: Düngemittelzukauf in kg N/ha nach Betriebstypen (grün: Marktfrucht, rot: Rinderbetriebe, blau: Schweinebetriebe)

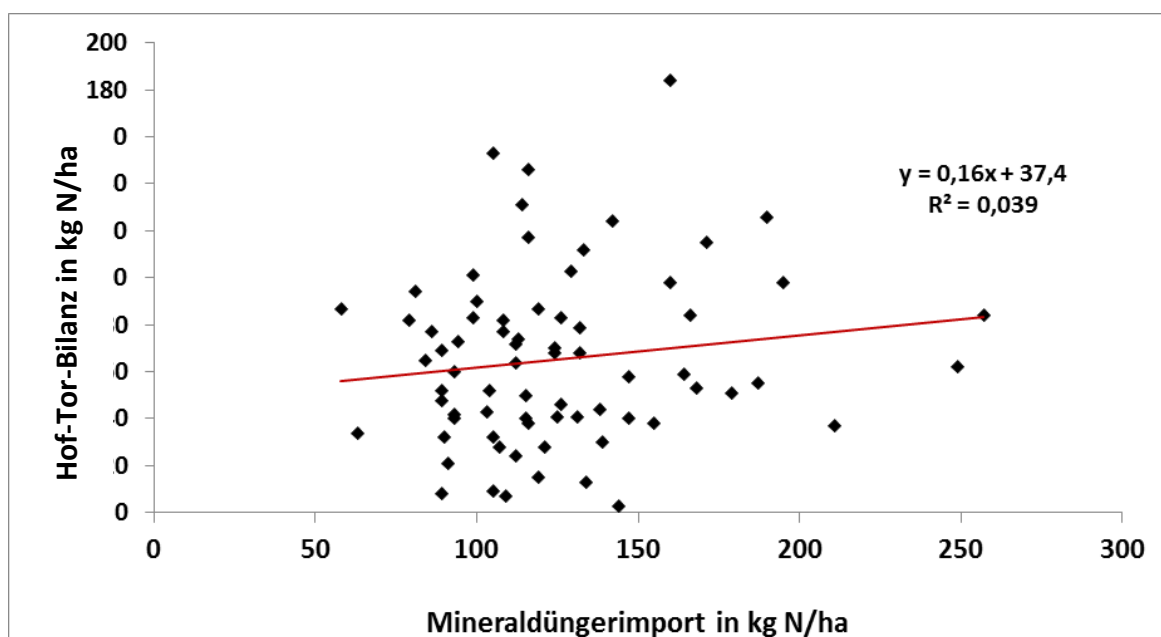


Abb. 17: Zusammenhang des Stickstoffüberschusses (Hof-Tor-Bilanz) mit der zugekauften Mineraldüngermenge an Stickstoff

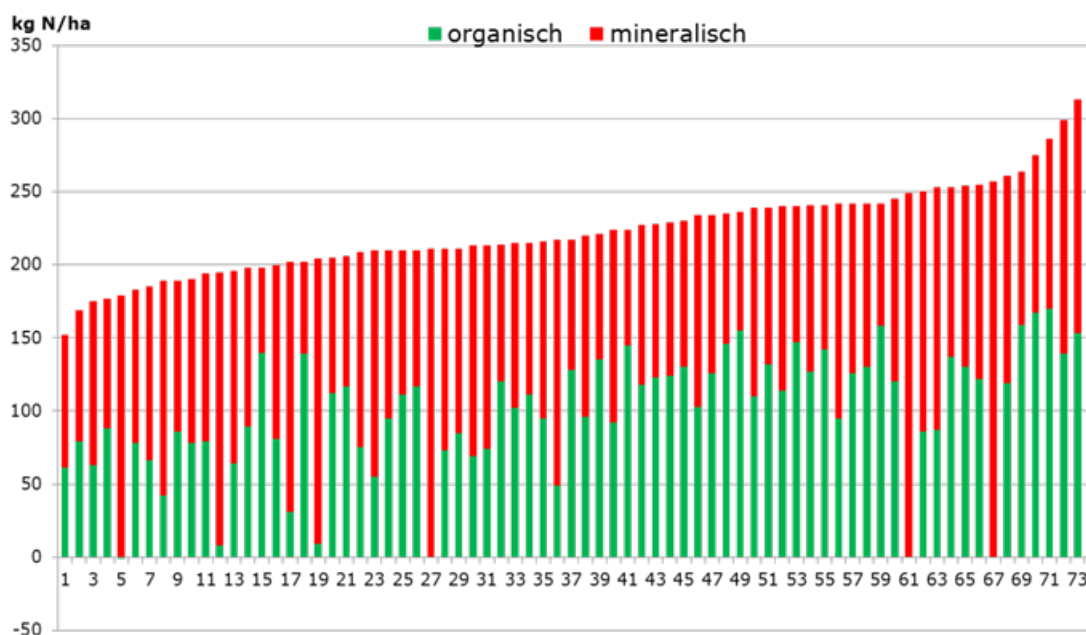


Abb. 18: Gesamtmenge der Stickstoffdüngung in den untersuchten Betrieben (mineralisch und organisch)

3.1.4 Fazit

Nährstoffbilanzen sind ein wichtiges Instrument, um den betrieblichen Nährstoffkreislauf darstellen zu können. Hof-Tor-Bilanzen sind für tierhaltende Betriebe aussagekräftiger, da sie den Futtermittelzukauf berücksichtigen.

Bei den im Projektgebiet untersuchten Betrieben wurden Bilanzüberschüsse bis zu 184 kg N/ha berechnet. Hohe Salden treten bei allen Betriebstypen auf, schweinehaltende Betriebe sind tendenziell gefährdeter für hohe Nährstoffüberschüsse, aber auch einzelne Marktfrucht- und Rinderbetriebe überschreiten die nach Düngeverordnung zulässigen Grenzen. Der Tierbesatz beeinflusst die Salden entscheidend, wobei der Nährstoffimport durch Zukauf der Futtermittel eine große Rolle spielt. Die Überprüfung des Futterregimes mit dem Ziel einer nährstoffreduzierten Fütterung kann zu einer deutlichen Verbesserung der Salden beitragen. Der Mineraldüngerzukauf führt bei Betrieben mit hohem Nährstoffanfall aus der Tierhaltung zu hohen Salden. Durch bedarfsgerechte Düngeplanungen sind die Nährstoffüberschüsse abzubauen.

3.2 N_{\min} -Untersuchungen

Mit der N_{\min} -Methode wird der im Boden für die Pflanzen verfügbare Stickstoff gemessen. Untersuchungstermine im Frühjahr geben darüber Aufschluss, wieviel Stickstoff den Pflanzen zum Wachstum zur Verfügung steht, diese Menge ist bei der Düngebedarfsermittlung zu berücksichtigen. Untersuchungen nach der Ernte lassen einen Rückschluss darauf zu, ob die Düngung dem Entzug der Pflanzen angepasst war. Untersuchungen im Herbst zeigen die Menge an Stickstoff an, die im Winter dem Risiko der Verlagerung in tiefere Bodenschichten unterliegt.

3.2.1 Probenahmen

Auf Flächen im Projektgebiet wurden zu drei Terminen Bodenuntersuchungen auf Nitrat in jeweils drei Schichten (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) durchgeführt. Basierend auf der Frühjahrsuntersuchung wurde den Landwirten nach dem Düngesystem DSN eine Düngedarfsermittlung und Empfehlung an die Hand gegeben. Die Proben nach der Ernte dienen der Überprüfung der Düngungshöhe, die Herbstproben sollten zum einen Wirkungen der Zwischenfrüchte zur Stickstoffbindung aufzeigen und zum anderen das Risikopotential für Nährstoffverlagerung und Auswaschung darstellen. Im ersten Jahr wurden Flächen zufällig gewählt, im zweiten und insbesondere im dritten Jahr war den meisten Landwirten bekannt, wo die Bodenprobenahme stattfinden sollte. Die Bodenprobenahme wurden mit einem Spezialfahrzeug durchgeführt.



Abb. 19: N_{min} -Bodenprobenahme mit einem Spezialfahrzeug

3.2.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Proben im Frühjahr wurden den Landwirten als Grundlage für die Düngplanung zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 im Vergleich zu den Werten im Durchschnitt Bayerns und Niederbayerns dargestellt. Die in Hohenthann im Boden verfügbaren Stickstoffmengen weichen auf den untersuchten Flächen nicht vom Durchschnitt der anderen Regionen ab. Im Jahr 2014 führte ein sehr milder Winter mit niedrigen Niederschlägen in ganz Bayern zu höheren N_{min} -Werten. Vor allem im Jahr 2015 wurden die für Mais zur Beprobung vorgesehenen Flächen mit Zwischenfrüchten bestellt, was zu einem im Vergleich niedrigeren N_{min} -Wert führte.

Tab. 5: N_{min} -Werte im Frühjahr in Hohenthann (Ho), Bayern (By) und Niederbayern (Ndb)

Kultur	2014			2015			2016		
	Ho	By	Ndb	Ho	By	Ndb	Ho	By	Ndb
Winterweizen	46	56	64	46	48	50	66	59	66
Wintergerste	60	48	59	33	38	38	36	49	54
Winterraps	46	37	43						
Mais	102	96	121	55	74	73	71	66	64

Die Beprobungen nach der Ernte geben darüber Auskunft, ob die Düngungshöhe dem erwarteten Ertragsniveau angepasst war oder zu hohe Mengen ausgebracht wurden. Rest- N_{min} -Mengen von 40 bis 50 kg N/ha sind anzustreben. Bei den Getreideflächen waren die Nacherntewerte in allen Jahren in einem annehmbaren Bereich mit sinkender Tendenz über die Jahre (Tabelle 6). Die angepasste Düngplanung mit eigenen N_{min} -Werten zeigt hier die positiven Effekte. Nach Mais waren die Werte in den Jahren 2014 und 2015 zu

hoch, im Jahr 2015 war der Wert durch einen extrem trockenen Sommer und hohe Ertragseinbußen geprägt. Im Jahr 2016 erfolgte die Probenahme auf Flächen, die nach den Düngeempfehlungen auf Basis des bayerischen DSN-Systems gedüngt wurden. Dadurch konnten die Werte deutlich gesenkt werden. Auf vier weiteren Flächen, die ohne eine angepasste Bedarfsermittlung gedüngt wurden, wurde ein durchschnittlicher N_{\min} -Wert von 115 kg N/ha ermittelt.

Tab. 6: N_{\min} -Werte nach der Ernte in Hohenthann

Kultur	2014	2015	2016
Wintergerste	57	50	26
Winterweizen	47	50	36
Mais	84	128	40

Die N_{\min} -Werte im Herbst zu Vegetationsende zeigen ein mögliches Verlagerungspotential in der vegetationsfreien Zeit an. Bei den Herbst- N_{\min} -Proben waren die niedrigsten Werte beim Anbau von Zwischenfrüchten zu finden (Tabelle 7). Im Jahr 2015 war der Wert auch bei Zwischenfrüchten etwas höher, da der Aufgang aufgrund der Trockenheit teilweise sehr lückig war. Zwischenfrüchte sind grundsätzlich gut geeignet, den Stickstoff zu binden und über den Winter zu konservieren, insbesondere auch in einem Gebiet, in dem zu Zwischenfrüchten Wirtschaftsdünger ausgebracht werden. Der Effekt wird jedoch nur mit geeigneten Zwischenfrüchten und guter Bestandsentwicklung erreicht (Abbildung 20).

Relativ hoch waren die N_{\min} -Werte in den Jahren 2014 und 2015 unter Winterweizen. Das ist auf die Vorfrucht Körnermais zurückzuführen, dessen Nach-Ernte-Werte deutlich zu hoch waren. Winterweizen ist zudem eine Kultur, die im Herbst bis zum Vegetationsende nur sehr wenig Stickstoff aufnimmt. Die neue Düngeverordnung (2017) untersagt daher die Düngung von Winterweizen im Herbst.

Tab. 7: N_{\min} -Werte im Herbst in Hohenthann

	2014	2015	2016
Wintergerste	53	66	59
Winterweizen	75	95	44
Zwischenfrucht	46	50	22

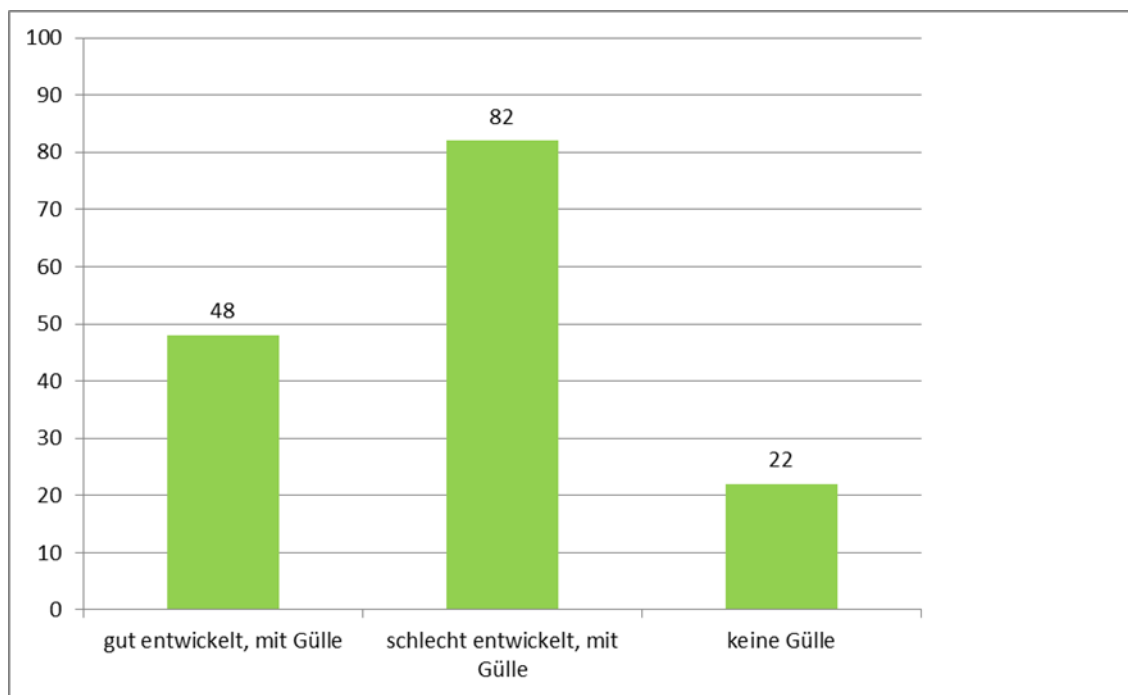


Abb. 20: N_{min} -Werte (0 bis 90 cm) in kg N/ha unter Zwischenfrüchten

3.2.3 Fazit

Die N_{min} -Werte im Frühjahr unterschieden sich kaum von den bayernweiten Untersuchungsergebnissen. Die höchsten Werte wurden unter Mais gemessen. Diese sind wahrscheinlich durch die Witterung im Frühjahr und durch langjährige organische Düngung verursacht. Werden diese Werte bei der Düngeplanung berücksichtigt, können wesentliche Nährstoffmengen insbesondere bei der Mineraldüngung eingespart werden.

Auch die N_{min} -Werte nach der Ernte zeigten nach Mais die höchsten Werte, die jedoch zum Teil durch schlechte Ernten bedingt waren. Dennoch konnten auch diese Werte durch eine konsequente Düngebedarfsermittlung gesenkt werden.

Entscheidend für das Auswaschungsrisiko sind die N_{min} -Werte im Herbst zu Beginn der vegetationslosen Zeit. Diese können besonders durch einen erfolgreichen Zwischenfruchtanbau, insbesondere mit überwinterten Zwischenfrüchten abgesenkt werden. Die Herbst- N_{min} -Beprobung eignet sich auch im Rahmen von freiwilligen Vereinbarungen für die Bemessung von Ausgleichsleistungen.

3.3 Tiefenbohrungen

Um die in früheren Jahren verlagerten Stickstoffmengen und die Nitratgehalte im Sickerwasser zu bestimmen, wurden im Herbst 2012 Tiefenbohrungen auf zwölf unterschiedlich strukturierten Betrieben durchgeführt. Die Ergebnisse sollen darüber Auskunft geben, welche Mengen des ausgebrachten Stickstoffes unterhalb der durchwurzelten Zone in welchem Zeitraum und in welchen Mengen mit dem Sickerwasser verlagert werden. Die Nitratgehalte im Sickerwasser sind zum einen von der Höhe der flächenbezogenen Stickstoffbilanz und zum anderen von verschiedenen Umsatzprozessen im Boden abhängig. Dabei spielt die Denitrifikation die größte Rolle bei der Verringerung des Nitratgehaltes.

3.3.1 Probenahmen

Die Auswahl der Betriebe erfolgte durch das AELF Landshut anhand der Angaben im Mehrfachantrag, die Flächen wurden von den Landwirten ausgewählt. Die Angaben über die Fruchtfolge und für die Berechnung des N-Saldos der Flächen (drei bis sechs Jahre) stammen von den Landwirten. Je Fläche wurden mit einem Spezialgerät drei Bohrungen bis in eine Tiefe von maximal fünf Metern durchgeführt (Abbildung 21).



Abb. 21: Spezialgerät zur Tiefenbohrung

3.3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Tiefenbohrung sind in Tabelle 8 wiedergegeben. Es wurden Werte zwischen 17 und 90 mg NO₃/l gemessen. Sie lassen kaum einen Zusammenhang zwischen dem flächenbezogenen Saldo und den gemessenen Nitratwerten erkennen und sind auch keinen bestimmten Betriebstypen zuzuordnen. Das mag damit zusammenhängen, dass die Daten z. T. schwer plausibilisierbar waren (z. B. realer Tierbesatz durch KG-Schweine, Salden manchmal aus dem Gedächtnis der Landwirte erstellt). Die Ergebnisse sind auch aufgrund der geringen Anzahl und der Einjährigkeit nur schwer interpretierbar und nicht verallgemeinerungsfähig. Grundsätzlich wurden, besonders bei intensiver Schweinehaltung in Verbindung mit einer Biogasanlage, jedoch wesentlich höhere Werte erwartet.

Tab. 8: Ergebnisse der Tiefenbohrungen Hohenthann

Betrieb	Saldo kg N/ha	mg NO ₃ /l
1	21	45
2	16	29
3	18	90
4	43	33
5	8	46
6	17	49
7	2	17
8	15	24
9	9	60
10	-2	42
11	-22	36
12	-	69

3.3.3 Fazit

Die durchgeführten Tiefenbohrungen brachten aus den oben genannten Gründen nur schwer interpretierbare Ergebnisse. Das kann auch daran liegen, dass die Denitrifikation oder andere Umsetzungen im Boden wie Festlegung in organische Substanz eine größere Rolle spielen als erwartet.

Daraus kann geschlossen werden, dass Tiefenbohrungen zur Beurteilung eines Gebietes oder verschiedener Bewirtschaftungsformen nur in einem größeren Umfang über mehrere Jahre und bei zufallsverteilter Flächenauswahl sinnvoll sind.

3.4 Gülleuntersuchungen

In Gebieten mit intensiver Tierhaltung ist für die bedarfsgerechte Düngeplanung die Kenntnis der Nährstoffgehalte der organischen Dünger von entscheidender Bedeutung. Auch die Düngeverordnung von 2017 schreibt in § 3 Abs. 4 vor:

„(4) Das Aufbringen von Düngemitteln sowie Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten oder Pflanzenhilfsmitteln darf nur erfolgen, wenn vor dem Aufbringen ihre Gehalte an Gesamtstickstoff, verfügbarem Stickstoff oder Ammoniumstickstoff und Gesamtphosphat

1. auf Grund vorgeschriebener Kennzeichnung dem Betriebsinhaber bekannt sind,
2. auf der Grundlage von Daten der nach Landesrecht zuständigen Stelle vom Betriebsinhaber ermittelt oder
3. auf der Grundlage wissenschaftlich anerkannter Messmethoden vom Betriebsinhaber oder in dessen Auftrag festgestellt worden sind.“

Die meisten Betriebe nutzen die Möglichkeit nach Nr. 2 und verwenden die von der Landesanstalt für Landwirtschaft veröffentlichten „Basisdaten“ im „Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland“ (2014), Anhang 7. Diese Daten beruhen auf definierten Futterrationen. Im Untersuchungsgebiet werden abweichend von diesen „üblichen“ Futterrationen viele Nebenprodukte eingesetzt. Es war daher zu vermuten, dass auch die Nährstoffgehalte der Wirtschaftsdünger von den Basisdaten abweichen.

3.4.1 Untersuchungsergebnisse

Bei den Gülleuntersuchungen von 27 Betrieben ergaben sich die in Tabelle 9 aufgeführten Werte, die mit den Basisdaten einer Standard- und N/P reduzierten Fütterungen verglichen werden. Dazu wurden auch die Nährstoffgehalte der untersuchten Wirtschaftsdünger auf 5 % TS umgerechnet.

Tab. 9: Vergleich der Gülleuntersuchungen in Hohenthann mit den Basisdaten

Jahr	Ngesamt	Ammonium	P ₂ O ₅	TS
2014	4,9	3,8	3,7	5,0
2015	6,1	4,8	3,8	5,0
2016	5,5	4,0	3,5	5,0
Basis Standardfütterung	3,8	2,7	2,5	5,0
Basis N/P-reduziert	3,3	2,3	2,4	5,0

Die Untersuchungsergebnisse aller Jahre weisen für die Schweinegülle aus dem Projektgebiet wesentlich höhere Nährstoffmengen aus als die Werte aus dem „Gelben Heft“. Wird bei der Düngebedarfsermittlung wie in der praktischen Landwirtschaft üblich in Kubikmeter und mit Standardwerten gerechnet, werden tatsächlich wesentlich höhere N-

Mengen über die Gülle ausgebracht. Im Extremfall können das bei 20 m³ Gülle, berechnet mit N/P-reduziert, im Vergleich zu den Werten von 2016 100 % mehr Stickstoff sein. Das hat entscheidende Auswirkungen auf die Düngedarfsermittlung, die anhand eines Berechnungsbeispiels für Körnermais mit einem Ertrag von 100 dt. in Tabelle 10 dargestellt sind. Wird die Bedarfsermittlung mit den gemessenen Nährstoffgehalten durchgeführt, werden für die Düngung des Körnermaises 35 kg N/ha weniger benötigt.

Tab. 10: Düngedarfsermittlung für Körnermais (Ertrag 100 dt.) mit Nährstoffgehalten in der Gülle nach Basisdaten (2014) und gemessenen Werten

		Berechnung nach Basisdaten N/P red.	Berechnung gemessene Werte
		Gesamtgabe kg N/ha	Gesamtgabe kg N/ha
Stickstoffbedarfswert nach DüV bei 90 dt/ha		200	200
Zu-/Abschläge für Ertragsdifferenz von + 10 dt/ha		+ 10	+ 10
Nmin (kg N/ha)		-55	- 55
Bodenart:	Mineralboden	0	0
Vorfrucht:	Getreide	0	0
Zwischenfrucht:	Senf	0	0
Org. Düngung im Vorjahr:	25 m ³ Schweinegülle	- 9,5	- 15,2
Stickstoffdüngedarf während der Vegetation (min. + org.)		145,5	139,8
Organische Düngung (Frühjahr)	25 m ³ Schweinegülle	- 49,9	- 80,0
Mineralische Ergänzungsdüngung		95,6	59,9

3.4.2 Fazit

Der Grund dafür, dass sogar die Nährstoffgehalte der Basisdaten bei der Standardfütterung überschritten werden, liegt am verbreiteten Einsatz zahlreicher Nebenprodukte wie z. B. Molken, Schlemphen oder Kartoffeldampfschalen. Diese werden in sehr unterschiedlichen Konzentrationen angeliefert und erschweren eine genaue Berechnung der Futterrationen. Das führt oft dazu, dass die Gesamtrationen mehr Nährstoffe enthalten, als die Tiere benötigen. Es wäre notwendig, alle Futtermittel regelmäßig zu untersuchen, die Rationen und den Mineralfuttereinsatz darauf abzustimmen und eventuell auf eine nährstoffreduzierte Fütterung umzustellen. Dadurch sinken auch die Nährstoffgehalte in den Ausscheidungen und verschaffen den Betrieben wieder einen größeren Spielraum beim Einsatz der Wirtschaftsdünger. Tierhaltende Betriebe sollten daher in regelmäßigen Abständen Untersuchungen der Wirtschaftsdünger vornehmen um eventuelle Abweichungen von den Basisdaten festzustellen.

3.5 Güllelagerraum

Die Düngeverordnung (2017) schreibt für landwirtschaftliche Betriebe eine Lagerkapazität von sechs Monaten vor. Darüber hinaus sind bei der Lagerung anfallende Mengen an Nie-

derschlags- und Abwasser sowie Silagesickersäfte zu berücksichtigen. Betriebe, die über drei GV haben oder über keine eigenen Ausbringflächen verfügen, müssen sicherstellen, dass die Gülle neun Monate gelagert werden kann. Das trifft insbesondere für die flächenlosen KG-Betriebe zu. Da die neue Düngeverordnung zusätzlich die Sperrzeiten verlängert, die Ausbringmengen im Herbst beschränkt (60 kg Nges. bzw. 30 kg Ammonium-N) und die Kulturen mit Düngebedarf stark einschränkt, kann es fruchtfolgebedingt dazu kommen, dass sechs Monate Lagerkapazität nicht für eine grundwasserschonende Ausbringung ausreichen. Im Untersuchungsgebiet mit einem hohen Anteil Mais in der Fruchtfolge wird eine neunmonatige Lagerkapazität empfohlen.

3.5.1 Ergebnisse

Vergleicht man bei den an der Untersuchung teilnehmenden Betrieben die vorhandenen Lagerkapazitäten mit denen, die für neun Monate notwendig wären, müssten 63 % der Betriebe zusätzlichen Lagerraum für eine neunmonatige Lagerkapazität schaffen. Bei den teilnehmenden Betrieben würde sich ein zusätzlicher Lagerbedarf von 10.586 m³ für eine neunmonatige Lagerung ergeben (Abbildung 22).

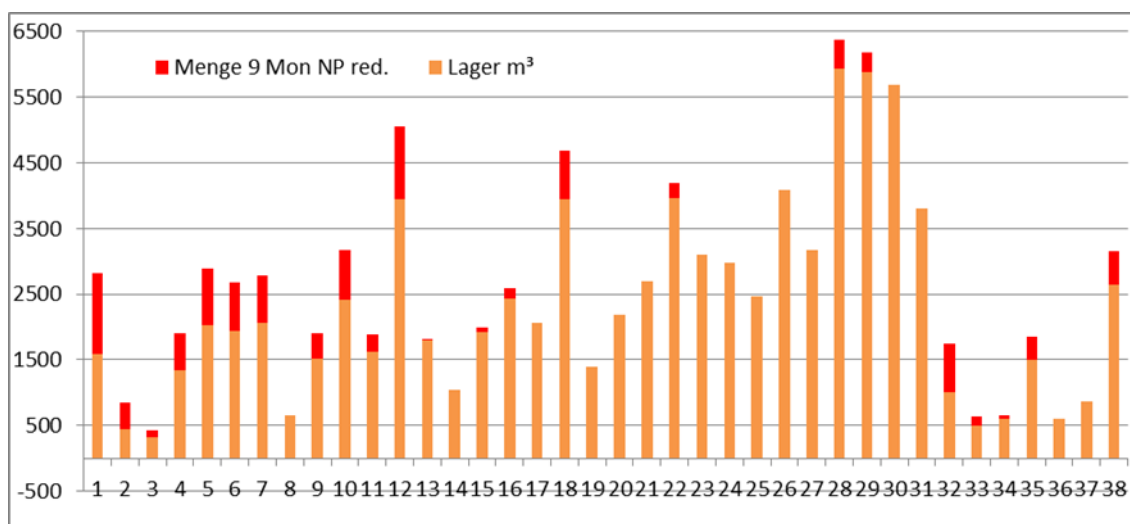


Abb. 22: Vergleich vorhandener Lagerraum bei den untersuchten Betrieben und notwendiger Lagerraum für neun Monate bei N/P-reduzierter Fütterung

Möglichkeiten, mit sechs Monaten Lagerkapazität auszukommen sind neben einer Anpassung der Fruchtfolge (weniger Mais, mehr Zwischenfrüchte) zwei Ausbringtermine in Getreide (Vegetationsbeginn, EC 31) oder eine Ausbringung bei Mais vor der Saat und eine in den stehenden Bestand. Die Abbildungen 23 und 24 zeigen die Auswirkungen: der Lagerraumbedarf sinkt von neun Monaten auf sieben Monate.

Beispiel: Gülleverteilung in einem Betrieb mit 10 ha

Gülleanfall im Jahr: 50 m³/ha; 3,4 kg N/m³ --> 170 kg N/ha

Frucht	ha	Gülleausbringung												Jahr Summe	
		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		
Getreide + Zwf	5			32				18							50
				110				60							170
W-Gerste + Zwf.	0														
Mais	5				50										50
					170										170
Grünland	0														
Betrieb (Gesamt)	10														500
															1700

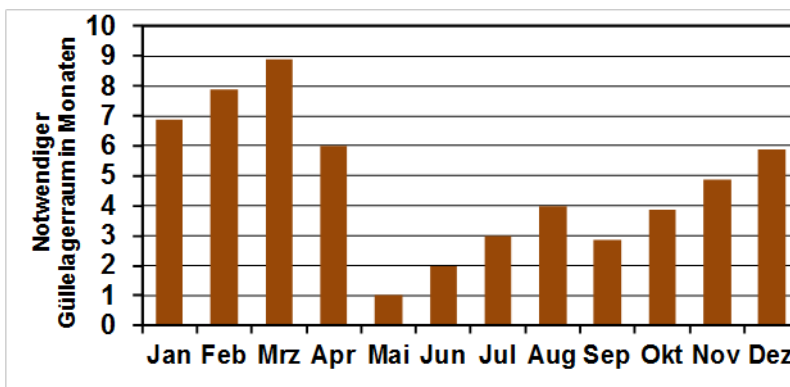


Abb. 23: Notwendige Lagerkapazitäten Ackerbaubetrieb, 170 kg N aus tierischen Ausscheidungen, klassische Gülleausbringtermine

Beispiel: Gülleverteilung in einem Betrieb mit 10 ha

Gülleanfall im Jahr: 50 m³/ha; 3,4 kg N/m³ --> 170 kg N/ha

Frucht	ha	Gülleausbringung												Jahr Summe	
		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		
Getreide + Zwf	5			32				18							50
				110				60							170
W-Gerste + Zwf.	0														
Mais	5				35		15								50
					119		51								170
Grünland	0														
Betrieb (Gesamt)	10														500
															1700

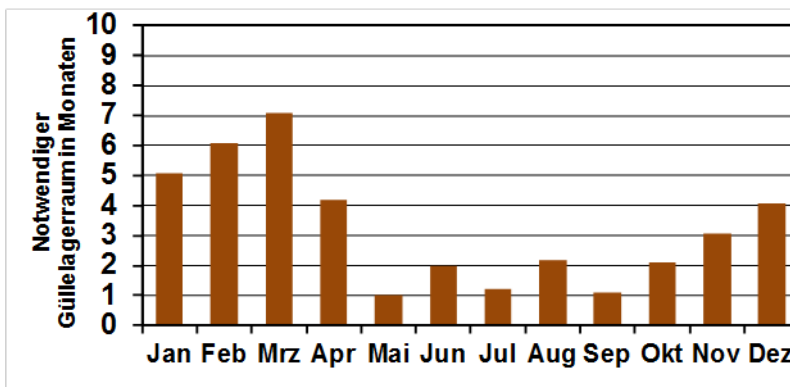


Abb. 24: Notwendige Lagerkapazitäten Ackerbaubetrieb, 170 kg N aus tierischen Ausscheidungen, zwei Ausbringtermine Mais

3.5.2 Fazit

Die neue Düngeverordnung verlängert die Sperrfristen, begrenzt die Ausbringmengen im Herbst (60 kg Nges. bzw. 30 kg Ammonium-N) und schränkt die Kulturen mit Düngebedarf stark ein. Daher kann es fruchtfolgebedingt dazu kommen, dass sechs Monate Lagerkapazität nicht für eine grundwasserschonende Ausbringung ausreichen. Im Untersuchungsgebiet mit einem hohen Anteil Mais in der Fruchtfolge wird eine neunmonatige Lagerkapazität empfohlen. Eine Veränderung der Fruchtfolgen oder zweimalige Ausbringung der Wirtschaftsdünger in Getreide und Mais kann die Situation entspannen.

3.6 Schauversuche

Schauversuche sind ein probates Mittel, neue Techniken und Anbausysteme zu zeigen und den Landwirten näher zu bringen. Gleichzeitig ergeben sich am Rande von Besichtigungsterminen zahlreiche Gespräche, die das Vertrauen in den Berater begründen und zu neuen Einzelberatungen führen können. Da im Projektgebiet aufgrund der intensiven Tierhaltung hohe Mengen an Gülle anfallen und die Gülle grundwasserschonend eingesetzt werden soll, wurden als Themenschwerpunkte für die Schauversuche die Gülleausbringung in den Maisbestand sowie der Zwischenfruchtanbau gewählt.

Es wurden Schauversuche mit Führungen durchgeführt zu:

- Gülleausbringung mit Verschlauchung, um die großen Lasten auf den Boden gegenüber herkömmlicher Ausbringung zu vermindern (Abbildung 25)



Abb. 25: Gülleausbringung in Maisbestand mit Verschlauchung

- Gülleausbringung in stehenden Mais mit angehängtem Güllefass (Abbildung 26)



Abb. 26: Gülleausbringung in Mais mit angehängtem Güllefass

- Gezielte Nährstoffausbringung mit dem System VAN-Kontroll (Abbildung 27). Analysen der eigenen Wirtschaftsdünger sind nicht immer aktuell, da die Gülle meist erst zum Ausbringetermin aufgerührt wird. Mit dem System VAN-Kontroll werden die Nährstoffe direkt bei der Ausbringung gemessen.



Abb. 27: Informationsveranstaltung zum System VAN-Kontroll

- Schauversuche zum Zwischenfruchtanbau
Der Zwischenfruchtanbau dient vielen Zielen, insbesondere dem Erosionsschutz bei nachfolgender Mulchsaat und dem Grundwasserschutz durch die Konservierung des Stickstoffs über den Winter. Dafür eignen sich besonders überwinterte Zwischenfrüchte, da sie bis ins Frühjahr Nährstoffe aufnehmen können. Abfrierende Zwischenfrüchte sind dazu nur bis zum ersten stärkeren Frost in der Lage (Abbildung 28). Nicht geeignet sind leguminosenreiche Mischungen, die zusätzlich Stickstoff in das System bringen. Da Zwischenfrüchte nach den Regeln der neuen Düngeverordnung eine der wenigen Kulturen sind, zu denen im Herbst noch beschränkt Gülle ausgebracht werden kann, werden vom Saatguthandel viele Mischungen angeboten.

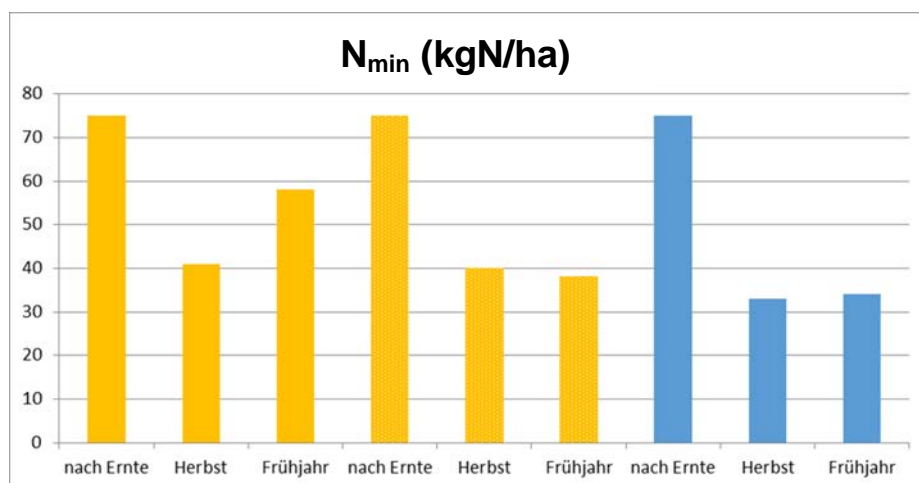


Abb. 28: N_{min} -Werte im Frühjahr nach Anbau verschiedener Zwischenfrüchte

Ziel der Schauversuche war es, möglichst viele Mischungen anzusäen um deren Entwicklung im Projektgebiet zu beobachten und den Landwirten darzustellen, beispielhaft eine Mischung aus Ölrettich, Senf, Phacelia, Ramtillkraut und Buchweizen (Abbildung 29). Nachdem sich die Zusammensetzung der angebotenen Mischungen jedes Jahr ändert, sollten die Eigenschaften der einzelnen Mischungspartner und ihre Eignung für den Grundwasserschutz bei der Auswahl berücksichtigt werden. Hilfreich ist dazu die LfL-Information „Zwischenfruchtanbau zum Erosions- und Grundwasserschutz (2017).



Abb. 29: Zwischenfruchtmischung zur Konservierung des Stickstoffs

4 Maßnahmen zur grundwasserschonenden Bewirtschaftung

Die Projektbeteiligten, LfU, TUM, LfL, haben zur Beurteilung der Maßnahmen zur Verminderung des Nitrataustrages im Projektgebiet eine Bewertungsmatrix erstellt. Darin werden die Effizienz und die Kosten der Maßnahmen für dieses Gebiet bewertet (Tabelle 10). Die Maßnahmenauswahl ist auch auf andere vergleichbare Gegenden übertragbar, es muss jedoch die Effizienz für jede Situation neu beurteilt werden und um weitere Maßnahmen ergänzt werden. Ein umfassender Maßnahmenkatalog mit Bewertungen findet sich auch unter

https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/umsetzbsp_landbew.pdf.

Tab. 11: Matrix zur Beurteilung von Maßnahmen zur Minderung des Nitrataustrages im Projektgebiet

	Umsetzbarkeit	Effizienz	Kosten
1. Tierhaltung und Fütterung			
1.1 Optimierung der Fütterung	+++	+++	++
1.2 Ausbau der Güllelagerkapazität	+++	+++	+++
1.3 Begrenzung des Viehbesatzes	+	++++	++++
1.4 Gülleabgabe	++++	++++	++
2. Güllendüngung			
2.1 Gülleanalysen	++	+++	+
2.2 Verlustarme Ausbringtechnik	++++	+++	++
2.3 Keine Güllendüngung Herbst zu Getreide	++++	++++	+
2.4 Keine zeitgleiche Applikation von Gülle- und Mineral-N im Frühjahr	++++	++	0
3. Mineraldüngung			
3.1 Sorgfältige Düngeplanung	+++	++	+
3.2 Ertragsangepasste Düngung			
3.2.1 schlagspezifisch	+++	++	+
3.2.2 teilschlagspezifisch	++	+++	++
3.3 Anwendung von Düngesystemen (DSN)	+++	++	++
3.4 Stickstoffsensoren			
3.4.1 sensorgestützte Düngung (TUM)	+	++++	+++
3.4.2 sensorgestützte Düngung (übrige)	+	++	+++
3.5 Keine Unterfußdüngung bei Mais	++++	+	0
4. N-Salden und N_{min}-Vorräte der Böden			
4.1 N-Salden			
4.1.1 N-Salden auf Schlagebene	++++	++++	++
4.1.2 N-Salden auf Betriebsebene (Hof-Tor)	++++	+++	+
4.2 N _{min} -Vorräte und N _{min} -Proben			
4.2.1 im Herbst	++	++	+++
4.2.2 im Frühjahr	+++	++	+++
4.2.3 nach der Ernte	++	0	+++
5. Fruchtfolgegestaltung			
5.1 Fruchtarten			
5.1.1 Verringerung des Maisanteils	+	++	++++
5.1.2 Verringerung des Rapsanteils	+	+	++++
5.2 Zwischenfruchtanbau	++++	++	+
6. Beratung			
6.1 Intensive einzelbetriebliche Beratung	++	+++	++++
6.2 Fütterungsberatung	+++	++	++
6.3 Schulung der Landwirte	++	++	++
7. Kontrolle			
7.1 Einhaltung der Düngeverordnung	++	+++	+++
7.2 Einhaltung der Wirtschaftsdüngerverbringungsverordnung			

4.1 Auswahl der Maßnahmen

Die Auswahl der Maßnahmen hat sich nach der Sanierungsbedürftigkeit, den Ursachen für die schlechte Gewässerqualität und nach der Effizienz zu richten. Im Projektgebiet ist die Sanierungsbedürftigkeit hoch, die Ursachen sind eine intensive Tierhaltung mit hohen

Nährstoffausscheidungen verbunden mit teilweise hohem Einsatz von Mineraldünger. Als prioritäre Maßnahmen kommen daher in Frage:

- Berechnung der Nährstoffbilanzen unter Einbeziehung aller ausgebrachten organischer Dünger (auch KG-Betriebe) und Analyse der Schwachstellen
- Erstellung einer ertragsangepassten Düngebedarfsermittlung mit N_{\min} -Untersuchungen im Frühjahr
- Berechnung der notwendigen Gülleabgabe zur Einhaltung der Düngeverordnung (Grenze 170 kg N/ha)
- Optimierung der Fütterung, nährstoffreduzierte Fütterung
- Zwischenfruchtanbau, insbesondere überwinternde Zwischenfrüchte
- Ausbau der Güllelagerkapazität
- Erfolgskontrolle mit N_{\min} -Untersuchungen im Herbst und Neuberechnung der Nährstoffbilanzen.

Erst wenn diese Maßnahmen umgesetzt und befolgt werden, macht es Sinn, mit weiteren Maßnahmen zusätzliche Einsparpotentiale zu aktivieren. Dazu gehören die verlustarme Ausbringtontechnik, die Einsparung der Unterfußdüngung und Änderungen der Fruchtfolgen. Dann macht auch der Einsatz eines Schleppersensors auf größeren Flächen zur teilschlag-spezifischen Düngung Sinn. Dabei ist jedoch zu beachten, dass viele Sensorsysteme noch nicht die Grenzen der neuen Düngeverordnung (berechneter Bedarf ist eine nicht zu überschreitende Obergrenze) berücksichtigen. Beim Einsatz von Sensorhandgeräten geht der Vorteil der teilflächenspezifischen Düngung verloren.

4.2 Weitere Maßnahmen

Das Ziel einer Verminderung der Nährstoffeinträge in das Grundwasser kann oftmals nur erreicht werden, wenn Maßnahmen getroffen werden, die über die gute fachliche Praxis hinausgehen oder deren Umsetzung mit hohen Kosten verbunden ist. Für manche Maßnahmen kann ein Ausgleich über die Agrarumweltmaßnahmen erfolgen. Eine weitere Möglichkeit sind freiwillige Vereinbarungen, die der Wasserversorger mit den Landwirten für besondere Leistungen im Wasserschutzgebiet oder im Wassereinzugsgebiet trifft. Die Maßnahmen gehen über die Anforderungen der ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung hinaus, dabei entstehende wirtschaftliche Nachteile bzw. Mehraufwendungen einschließlich eines Anreizanteiles werden entschädigt. Die Maßnahmen müssen zielgerichtet und genau definiert werden, für die Landwirte umsetzbar und kontrollierbar sein. Es hat sich bewährt und erhöht die Akzeptanz, wenn die Maßnahmen gemeinsam mit Wasserversorger, Landwirten und Fachbehörden ausgearbeitet werden. Im Projektgebiet Hohenthann werden freiwillige Vereinbarungen bisher nicht angeboten, es wird jedoch dringend empfohlen daran zu arbeiten. Dem Beispiel vieler anderer Kooperationen folgend könnte zum Beispiel das Erreichen eines bestimmten N_{\min} -Wertes im Herbst eine umsetzbare Maßnahme darstellen.

4.3 Beratung

Eine intensive grundwasserschutzorientierte Beratung ist Grundvoraussetzung für die Umsetzung aller Maßnahmen. Der Aufgabenbereich erstreckt sich von einer anfänglichen Kontaktaufnahme zu den Landwirten (Informationsveranstaltungen, Schauversuche) bis zur Erhebung einzelbetrieblicher Daten. Für die einzelbetriebliche Beratung spielt das Vertrauen zum Berater eine wichtige Rolle, da der Landwirt sensible Daten bereitstellt. Daher ist die Kontinuität der Beratung hinsichtlich der Finanzierung als auch der Person

des Beraters eine Voraussetzung für den Erfolg. Man muss sich darüber im Klaren sein, dass der Berater eineinhalb Jahre zur Datenerfassung, Analyse und Bekanntwerden im Projektgebiet benötigt. Erst dann kann er mit einzelbetrieblichen Beratungen beginnen. Eine ausreichende finanzielle Ausstattung des Beraters zur Durchführung von Sonderaktionen (N_{\min} -Untersuchungen, Gülleuntersuchung, Schauversuche) ist ein wichtiger Baustein zur Motivation der Landwirte.

Zu den Aufgaben der Berater gehören insbesondere:

- Erhebung aller relevanten Daten der Tierhaltung und Flächennutzung
- Eruiierung der grundwasserbezogenen Schwachstellen in der Produktion
- Entwicklung und Ableitung standort- und betriebspezifischer Maßnahmen zur grundwasserschonenden Bewirtschaftung
- Einbeziehung anderer Beratungsanbieter, insbesondere Fütterungsberatung in intensiven Tierhaltungsgebieten
- Einbeziehung von betroffenen Behörden, Verbänden, Wasserversorger
- Vermittlung der Maßnahmen in Gruppen- und Einzelberatungen
- Schauversuche zu grundwasserschonenden Anbausystemen
- Aktionen zur N_{\min} -Untersuchung im Frühjahr und Herbst
- Erfolgskontrollen.

5 Handlungsempfehlungen für vergleichbare Gebiete

Grundlage für die Umsetzung gewässerschonender Maßnahmen ist eine langfristige unterstützende Beratung der Landwirte. Der Aufgabenbereich von Wasserschutzberatern ist sehr umfangreich. Folgende Empfehlungen können (auch in der chronologischen Reihenfolge) gegeben werden:

- Bereitstellung langfristiger Mittel für Beratung
- Einstellung einer kompetenten Beratungskraft, die Kontinuität verspricht
- Ausstattung der Beratungskraft mit Mitteln für besondere Aktionen
- Erhebung aller relevanten Daten der Tierhaltung (HIT, ev. Landratsamt), Biogasanlagen und der Flächennutzung
- Daten zur gewerblichen Tierhaltung (Landratsamt)
- Ursachenforschung
- Einbeziehung von betroffenen Behörden, Verbänden, Wasserversorger, Verbundberatung
- Erarbeitung standortbezogener Maßnahmen zum Grundwasserschutz
- Informationsveranstaltung für Landwirte mit der Möglichkeit, sich für Datenerhebung und einzelbetriebliche Beratung zu melden
- Informationsveranstaltung für Bürger
- Kontaktaufnahme mit interessierten Landwirten, Datenerhebung bei diesen Landwirten (Nährstoffbilanzen, Düngebedarfsermittlung, Bodenuntersuchungsergebnisse, Futterrationen, Güllelagerraum), zügige Auswertung
- Planung von Schauversuchen mit interessanten Themen
- Flurbegehungen und Führungen an den Schauversuchen
- Informationsveranstaltung für die teilnehmenden Landwirte mit einzelbetrieblicher Datenauswertung und Maßnahmenempfehlung
- Bildungsangebot für alle Landwirte mit Werbung für weitere Teilnehmer
- Durchführung von Einzelberatungen und jährlich wiederkehrende Erfolgskontrolle.

Literaturverzeichnis

- [1] Baumgärtel G., Breitschuh G., Ebertseder T., Eckert H., Gutser R., Hege U., Herold L., Wiesler F., Zorn W. (2007): VDLUFA Standpunkt: Nährstoffbilanzierung im landwirtschaftlichen Betrieb. URL: <http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/10Naehrstoffbilanzierung.pdf>.
- [2] Bayerischer Agrarbericht 2018, <https://www.agrarbericht-2018.bayern.de/politik-strategien/index.html>
- [3] Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung. Statistik kommunal 2012, Gebiet und Flächennutzung 2012, <https://www.statistik.bayern.de/>
- [4] Düngeverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 36 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- [5] Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 32, ausgegeben zu Bonn am 01. Juni 2017.
- [6] Haringer, G. J. (2016): Überprüfung betrieblicher Nährstoffbilanzen in der Region Hohenthann. Masterarbeit am Lehrstuhl für Pflanzenernährung der TUM.
- [7] Wendland, M., Diepolder M., Capriel P. (2014): Leitfaden für die Düngung von Acker und Grünland. 12. Auflage, Kastner Verlag, Wolnzach.
- [8] Zwischenfruchtanbau zum Erosions- und Grundwasserschutz, LfL-Information 2017, https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/zwischenfruchtanbau-erosionsgewaesserschutz_lfl-information.pdf