

Phosphorbilanzen und Phosphoreffizienz von Milchviehbetrieben in Nordwesteuropa

Martin Elsässer^{1*}, Katja Herrmann¹, Theresa Jilg¹, Thomas Hummler¹ und Jouke Oenema²

Abstract

DAIRYMAN was an EU-Interreg IVb NWE project (2009-2013) and focused on the conditions and improvement of sustainable dairy-farming. In a network of 14 partners, 8 regions and 127 dairy-farms, a. o. the ecological effects of dairy-farming were investigated and evaluated with a specific sustainability index (DSI). For this index 18 parameters were selected and scored. Nitrogen and phosphorus balances at farm-gate could be observed and the corresponding efficiencies of these nutrients were calculated for the different project regions. Feeding of concentrates is necessary in order to obtain the best milk performance and a high input of fertilizer seems to be necessary for high yielding grasslands with the risk of nitrogen leaching and phosphorus run-off. Farms running a high input strategy can reach the same efficient use of nutrients like those with low input strategy and no purchased P- fertilizers.

Keywords: Phosphorus balances, P-efficiency, concentrates, fertilizer use

Einleitung

Die Milchviehhaltung ist ein wichtiger Bestandteil der Landwirtschaft in Mittel- und Nordwesteuropa. Sie bietet Arbeit und Einkommen für ca. 250.000 Milchbauern. Hinzu kommt eine große Anzahl von Beschäftigten im nachgelagerten Ernährungssektor. Probleme können u.a. daraus entstehen, dass die günstigen Boden- und Klimabedingungen sowie die exzellenten Marktbedingungen für Milchprodukte vielerorts zu vergleichsweise hohen Viehbesatzdichten bis zu 2,5 Großvieheinheiten je Hektar führen. Daraus ergibt sich häufig ein Phosphor- und Stickstoffüberschuss, der vor allem für Wasser (Verschmutzung mit Nitrat und Phosphat) und Luft (Abgasung von Ammoniak, Methan und anderen gasförmigen Stickstoffverbindungen) belastend sein kann (Hind, 2010; Gerber und Steinfeld, 2010). Milchkühe benötigen für ihr Wachstum und

die Produktion von Milch Nährstoffe, die sie aus dem Futter aufnehmen - Phosphor ist dabei ein essentieller Nährstoff. Im Zuge gesteigerter tierischer Leistungen sind meist Zugaben energiereicher Kraftfuttermittel zur Ausfütterung der tierischen Leistungsfähigkeit erforderlich. Ein bewährter Grundsatz beruht auf dem Kreislaufgedanken, wonach die Exkremente der Tiere, die mit hofeigenem Futter gefüttert werden, wieder auf die Fläche zurückgeführt werden sollten. Über die reine Rückführung von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft hinaus werden zudem weitere Düngemittel mit dem Ziel verabreicht, Erträge zu steigern, um in der Folge mehr Vieh halten zu können. Beide Prozesse sind zunächst nicht weiter problematisch, sofern trotz zusätzlicher Nährstoffimporte die Landwirtschaftsbetriebe eine ausgeglichene Nährstoffbilanz aufweisen und negative Auswirkungen auf die Umwelt durch Ab- und Einschwemmungen von Nährstoffen in Grund- oder Oberflächengewässer vermieden werden können. Aufgrund der weltweit extremen Knappheit der Phosphatreserven wird dringend eine generelle Verbesserung der Effizienz beim Einsatz von Phosphordüngern in der Landwirtschaft gefordert (Oenema, 2013). Das ist auch insbesondere vor dem Hintergrund des Kostendrucks bei der Milcherzeugung von großer Bedeutung (Ohm, 2013).

Vorteile bei der Verwendung von Nebenprodukten und Abfällen aus der landwirtschaftlichen Produktion sehen Oenema *et al.* (2012b) in deren Beitrag zur Steigerung der Effizienz bei der Ressourcenausnutzung, der abnehmenden Eutrophierung des Oberflächenwassers und dem damit zusammenhängenden geringeren Verlust an Artenvielfalt sowie dem abnehmenden Anteil beim P-Abbau aus dem Gestein. Der Hauptnachteil liegt den Autoren zufolge in den schwankenden Nährstoffgehalten in Beiprodukten und Abfällen und deren ungewisser P-Verfügbarkeit, den möglichen Verunreinigungen, der geringen Akzeptanz bei den Bauern und dem Fehlen einer guten Marketing- und Verteilungsinfrastruktur.

Nach Untersuchungen von Pommer (2005) belasten Milchviehbetriebe mit einem Viehbesatz von mehr

¹ Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei, Atzenberger Weg 99, D-88326 AULENDORF

² Wageningen University Research (WUR), Droevendaalsesteeg 4, NL-6708 PB WAGENINGEN

* Ansprechpartner: Prof. Dr. Martin ELSÄSSER, martin.elsaesser@lazbw.bwl.de



| | | NL | BF | BW | IR | IN | GE | FR-BR | FR-PDL | FR-NPdC | LU |
|---------------|------------|----|----|----|----|----|----|-------|--------|---------|----|
| Air quality | ammonia | 5 | 4 | 1 | 2 | 2 | 5 | 3 | 3 | ?-2 | 1 |
| | GHG | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | ?-1 | 2 |
| Water quality | nitrate | 3 | 5 | 5 | 1 | 2 | 2 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| | phosphate | 5 | 4 | 2 | 3 | 5 | 3 | 4 | 2 | 1 | 3 |
| | pesticides | 3 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| Soil quality | erosion | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | 3 |
| | fertility | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Biodiversity | | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 |

Abbildung 1: Umweltprobleme in den Dairyman-Regionen (Einschätzungen nach regionalen Stakeholder-Meetings; 1 = eher unbedeutend; 5 = höchste Priorität) (De Vries et al., 2013)

als 2,0 GV/ha in intensiven Grünlandgebieten das Wasser dann nicht mit Stickstoff und Phosphor, wenn die Nährstoffe aus den Wirtschaftsdüngern optimal verwertet werden. Da dies bei den untersuchten Betrieben nur zur Hälfte zutraf, sollte die umweltschonende Düngung nach Aussagen von Pommer durch die Einhaltung von Toleranzwerten für Nährstoffüberhänge von N und P gewährleistet werden. Die Festlegung dieser Werte ist allerdings mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Zwar belasten Betriebe mit mehr als 2,5 GV/ha die Oberflächengewässer zunehmend mit Saldenüberhängen an Phosphor (Pommer, 2005), trotzdem sind die absoluten Obergrenzen bei Viehbesatz und Saldenüberhang nicht ohne weiteres festzulegen.

Material und Methoden

Das Dairyman-Projekt und die beteiligten Regionen

Die hier berichteten Angaben zu Phosphorbilanzen und der P-Nutzungseffizienz entstammen dem EU-InterregIVb Projekt Dairyman, einem Projekt mit starkem Anwendungsbezug, das u.a. in einem vierjährigen Untersuchungszeitraum (2009-2013) in einem Netzwerk von 127 Milchvieh-Pilotbetrieben in neun nordwesteuropäischen Partnerregionen die Nährstoffflüsse, Treibhausgasbelastung und die ökonomischen und sozialen Gegebenheiten der Pilotbetriebe untersucht hat. Dabei ist es für die weitere Darstellung der Ergebnisse außerordentlich wichtig zu wissen, dass diese Pilotbetriebe kein repräsentatives Mittel der jeweiligen Partnerregionen darstellen, sondern die Betriebe hauptsächlich aufgrund ihrer Bereitschaft zur Mitarbeit und zur Veränderung innerhalb der Projektdauer ausgesucht wurden. Partner des LAZBW Aulendorf aus Baden-Württemberg bei Dairyman waren die Universität Wageningen mit dem Plant Research in den Niederlanden, das Institut Libramont in Wallonien, ILVO in Flandern, AFBI in Nordirland, Teagasc Moorepark in Irland, Institut de l'Élevage in Frankreich und die französischen Landwirtschaftskammern der Regionen Nord Pas de Calais, Pays de la Loire und Bretagne sowie das Lycée Technique Agricole in Luxemburg.

Der transnationale Ansatz des Projektes macht die Regionen untereinander direkt vergleichbar, wobei hinsichtlich der Phosphatproblematik und ihrer regionalen Bewertung zwischen den Partnerländern erhebliche Unterschiede bestehen. Irland (IR), Bretagne (FR-BR) und Nordirland (IN) bewerten die P-Problematik als sehr stark, wohingegen in den anderen Ländern nicht

Phosphor sondern neben der N-Problematik die Treibhausgasbelastung im Vordergrund steht (Abbildung 1). Im Netzwerk der Pilotbetriebe (Abbildung 2) beteiligten sich in Baden-Württemberg insgesamt 14 Betriebe aus den vier viehstarken Regionen Oberschwaben, Allgäu, Schwarzwald-Baar und Ostalb. Dairyman hat für alle teilnehmenden Pilotbetriebe in den Jahren 2009-2012 (2011) Nährstoffbilanzen auf der Basis von Hof-Tor-Berechnungen erstellt. Dabei zeigten sich nicht nur charakteristische Unterschiede zwischen den teilnehmenden Partnerländern sondern auch zwischen den einzelnen Betrieben in Deutschland.

Vorgehen bei der Erstellung von Hoftorbilanzen

Im Gegensatz zu Feld-Stall-Bilanzen basiert die Hoftorbilanz auf berechneten und gemessenen Daten. Damit steigt insbesondere bei Betrieben mit Viehhaltung die Genauigkeit und Aussagekraft auch im Hinblick auf die potentielle Gefährdung der Umwelt (Wüstholz und

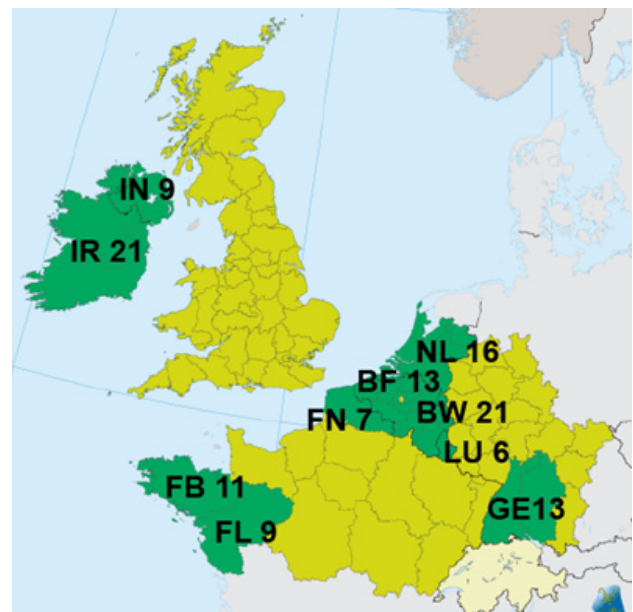


Abbildung 2: Netzwerk der Pilotbetriebe und beteiligte Regionen (127 Betriebe in 10 Regionen: Abkürzungen: Flandern = BF; Wallonien = BW; Bretagne = FB; Pays de la Loire = FL; Nord-Pas de Calais = FN; Irland = IR; Nordirland = IN; Baden-Württemberg = GE; Luxemburg = LU; Niederlande = NL)

Bahrs, 2013). Die Wissenschaftlichen Beiräte für Agrarpolitik und für Düngungsfragen beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz fordern daher in einer Kurzstellungnahme die flächendeckende Einführung von Hoftorbilanzen (Taube *et al.*, 2013). Die Ergebnisse können daher zum einen für die Umweltgefährdung als auch zur Beurteilung des Düngemanagements eines Betriebes herangezogen werden (Baumgärtel *et al.*, 2007). Bei der Erstellung der Hoftorbilanzen wurde wie folgt vorgegangen:

| Zufuhr | Abfuhr |
|-------------------------|----------------------|
| 1. Kraftfutter | Milch |
| 2. Grundfutter | Fleisch |
| 3. Mineralischer Dünger | Organischer Dünger |
| 4. Organischer Dünger | Pflanzliche Produkte |
| 5. Tiere | |

P-Bilanzsaldo = Zufuhr minus Abfuhr

Ermittlung der Phosphor-Nutzungseffizienz

Die Effizienz des eingesetzten Phosphors wurde wie folgt berechnet:

$$\text{Effizienz} = \frac{\Sigma \text{Outputs}}{\Sigma \text{Input} - \Sigma \text{Bestandesänderung}}$$

Phosphorbilanzen in den einzelnen Partnerregionen

Die durchschnittlichen Phosphorsalden je Hektar in den Pilotbetrieben schwanken sehr stark zwischen den Regionen (Abbildung 3). Sie sind im Durchschnitt am höchsten in Baden-Württemberg (GE) und in Pays de la Loire (FL) und sie sind besonders gering in Nord-Pas de Calais in Frankreichs Norden (FN) und in Irland (IR). In Irland ist dies vor allem bedingt durch eine restriktive Gesetzgebung sowie vor dem Hintergrund massiver Probleme durch P-Eintrag in Gewässer in der Vergangenheit.

Bezieht man die P-Salden nicht nur auf die Fläche, sondern auf die auf ihr produzierte Milch, ergibt sich vor allem in den Niederlanden, einer Partnerregion mit sehr hoher Milchproduktion je ha, ein anderes Bild (Abbildung 4). Zudem zeigt sich innerhalb der Projektlaufzeit eine Veränderung der Werte, die sich u.a. in Baden-Württemberg durchaus positiv entwickelten. Wenn man zudem die Verteilung der Bilanzsalden betrachtet (Abbildung 5), dann fällt auf, dass in Wallonien eine sehr große Streuung der Betriebsergebnisse existiert. Bei der Frage, wie es zu diesen unterschiedlichen Bilanzsalden kommt, fällt auf (Tabelle 1), dass zwischen den einzelnen Partnerregionen deutliche Unterschiede hinsichtlich der Phosphorzufuhr auftreten. Interessant ist, dass nur in

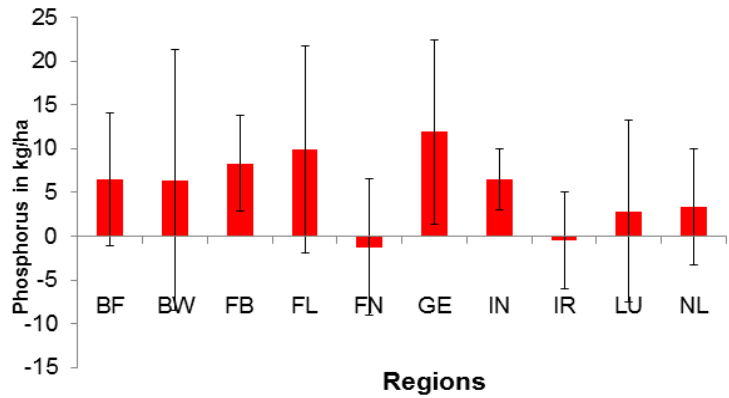


Abbildung 3: Phosphorbilanzen der Pilotbetriebe in unterschiedlichen Regionen des Dairyman-Projektes (Mittel der Beobachtungsjahre 2009-2011) (Oenema *et al.*, 2012a) Abkürzungen: B = Belgien: BF = Flandern, BW = Wallonien; F = Frankreich: FB = Bretagne, FL = Pays de la Loire, FN = Nord-Pas de Calais; GE = Deutschland Baden-Württemberg; I = Irland: IN = Nordirland, IR = Republik Irland; LU = Luxemburg; NL = Niederlande

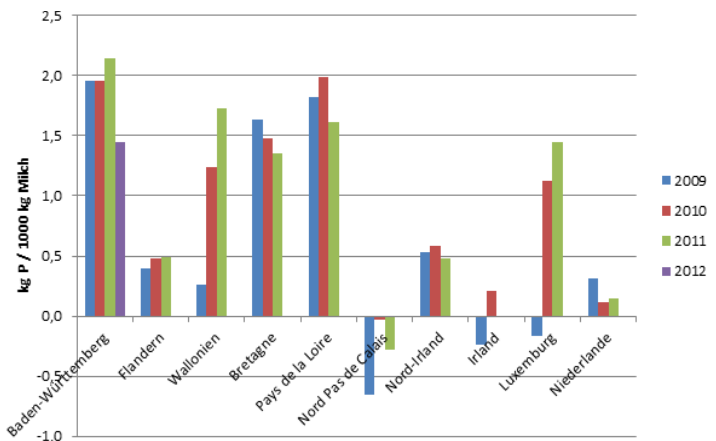


Abbildung 4: Phosphorbilanzen der Pilotbetriebe in unterschiedlichen Regionen je Tonne Milch von 2009-2011 (nur für Baden-Württemberg wurde auch das Jahr 2012 bilanziert)

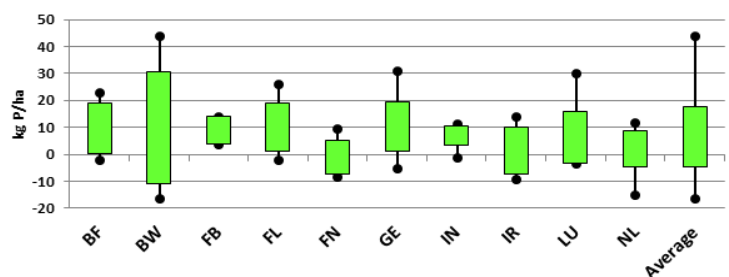


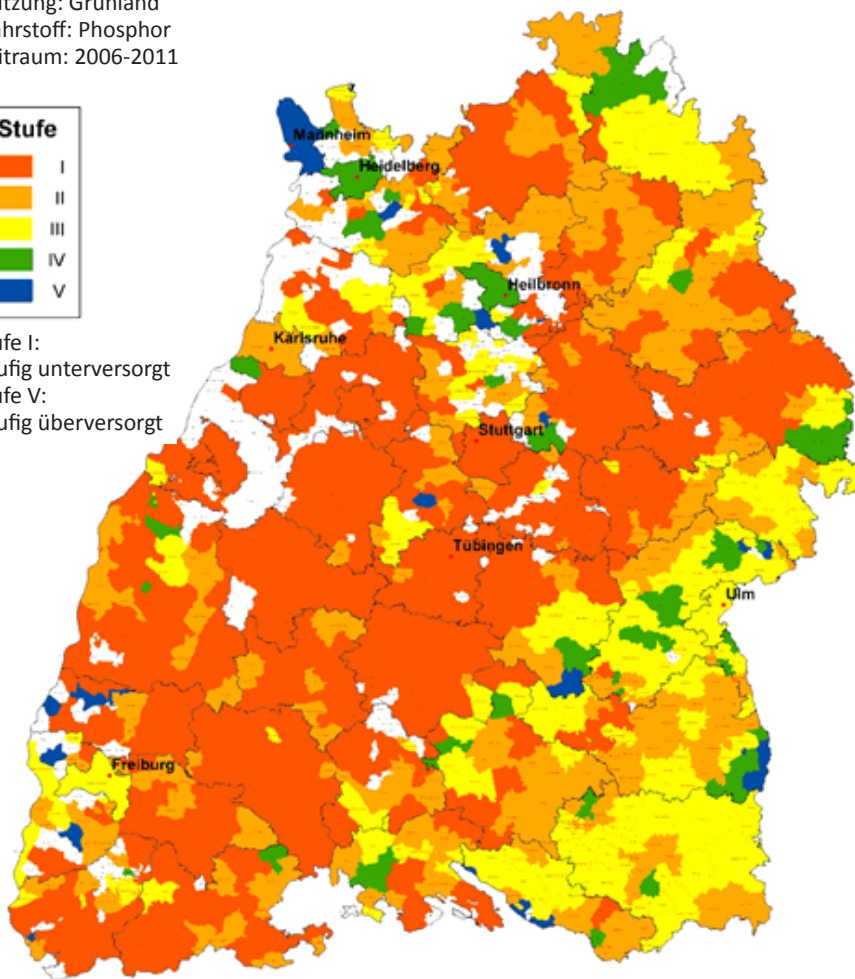
Abbildung 5: P Saldo in kg/ha in Dairyman-Pilotbetrieben (2010) ausgedrückt als Boxplots (mit Minimal- und Maximalwerten sowie 90% und 10% Quantilen) (Average = Durchschnitt)

wenigen Partnerregionen, nämlich Luxemburg, Baden-Württemberg, Irland und Wallonien, nennenswerte Mengen an P gedüngt werden. Die P-Zufuhr erfolgt bei den anderen Partnern nahezu ausschließlich über die Fütterung und hier vor allem durch Kraftfutter. Wenn also die Nährstoffbilanz bei Phosphor auf Betriebsebene verbessert werden soll, dann ist offensichtlich der Ansatz durch Reduzierung von Kraftfutter, und zwar nach Menge und den P-Gehalten im Kraftfutter, der am ehesten erfolgversprechendste.

Nutzung: Grünland
Nährstoff: Phosphor
Zeitraum: 2006-2011



Stufe I:
häufig unterversorgt
Stufe V:
häufig überversorgt



Es wurden nur Gemeinden ab 10 Untersuchungsergebnissen berücksichtigt

Abbildung 6: Situation der P-Versorgung von Grünlandböden in Baden-Württemberg (Übelhör und Hartwig, 2012)

Geht man allerdings der Frage nach, warum u.a. in Baden-Württemberg P in großem Maße gedüngt wird, dann lohnt es sich die Phosphor-Versorgung von

gen, aber derzeit noch von den P-Reserven im Boden profitieren, so dass dennoch ein ausreichender Ertrag möglich ist.

Tabelle 1: Quellspezifischer P-Aufwand der Dairyman-Pilotbetriebe während der Projektlaufzeit 2009-2011 (in % des jeweiligen Gesamt-P-Aufwandes)

| | Kraftfutter | Andere Futtermittel | Mineraldünger | Organ. Dünger | Tiere | |
|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------|---------------|-------|-----|
| Gesamtprojekt (Ø aller 10 Regionen) | | | | | | |
| 2009 | 63 | 15 | 12 | 9 | 1 | |
| 2010 | 64 | 16 | 13 | 7 | 1 | |
| 2011 | 61 | 16,5 | 14 | 8 | 0,5 | |
| Mittel (2009-2011) | 63 | 16 | 12,3 | 8 | 0,7 | |
| Region | Gesamt-P-Aufwand in kg P/ha LN | | | | | |
| Flandern (BF) | 31,7 | 80 | 8,7 | 6 | 5 | 0,3 |
| Wallonien (BW) | 20,5 | 60 | 6 | 17 | 17 | 0,6 |
| Bretagne (FB) | 21,4 | 54 | 9 | 8 | 28 | 1 |
| Pays de la Loire (FP) | 22,1 | 89 | 7,5 | 2,5 | 0,2 | 0,8 |
| Nord-Pas de Calais (FN) | 22,6 | 60 | 5 | 12 | 22 | 1 |
| Baden-Württemberg (GE) | 29,3 | 42 | 25 | 31 | 1,4 | 0,6 |
| Irland (IR) | 9,9 | 55 | 13 | 29 | 0 | 3 |
| Nordirland (IN) | 20,3 | 96,4 | 1 | 2 | 0 | 0,6 |
| Luxemburg (LU) | 12,9 | 60 | 11 | 24 | 1 | 4 |
| Niederlande (NL) | 37,4 | 61,6 | 33,2 | 3,5 | 1 | 0,7 |

Grünlandböden zu betrachten (Abbildung 6). Im weit überwiegenden Teil der Landesfläche, mit Ausnahme des Südostens, ist eine eher geringe P-Versorgung der Grünlandböden zu beobachten. Hier stellt sich nun die Frage, ob eine mineralische P-Düngung notwendig ist oder ob es überlegenswert wäre, sich der Düngepraxis anderer Dairyman-Regionen anzupassen und die P-Düngung zu reduzieren.

Effizienz der P-Nutzung

Die P-Effizienz steigt in einzelnen Betrieben in verschiedenen Regionen deutlich über 100% an (Abbildung 7). Hier wurde meist aufgrund strikter gesetzlicher Vorlagen deutlich mehr Phosphat abgeführt und entzogen als dem Betrieb zugeführt worden ist, was sich auch in einem negativem P-Saldo widerspiegelt.

Zudem besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen P-Saldo und P-Effizienz (Abbildung 8). Es ist davon auszugehen, dass diese Betriebe kaum bis gar keinen mineralischen P-Dünger auf die Flächen ausbringen,

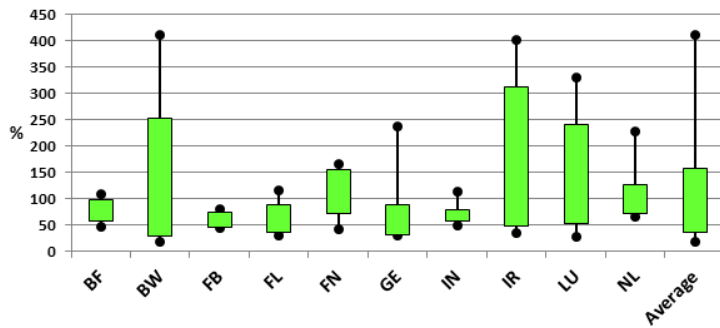


Abbildung 7: P-Effizienz (%) in Dairyman-Pilotbetrieben (2010) ausgedrückt als Boxplots (mit Minimal- und Maximalwerten sowie 90% und 10% Quantilen) (Average = Durchschnitt)

Situation baden-württembergischer Dairyman-Pilotbetriebe - Entwicklung während der Projektdauer

Die P-Salden schwanken nicht nur zwischen den Projektregionen sondern auch innerhalb dieser Regionen sehr stark, wie sich u.a. am Beispiel der baden-württembergischen Betriebe nachvollziehen lässt (Abbildung 9).

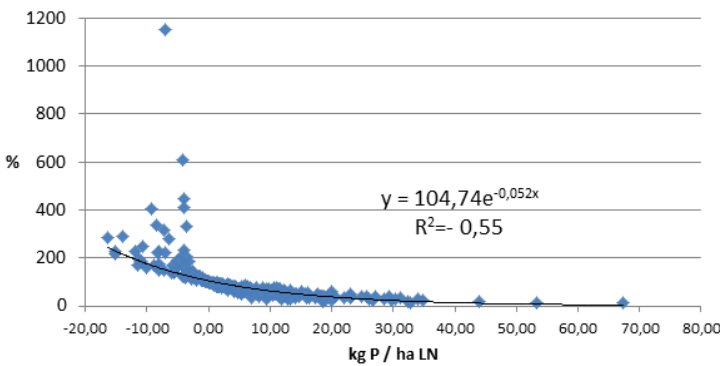


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen P-Effizienz (%) und P-Saldo (kg/ha) (2009-2011)

Vielfach haben die Betriebe keine ausgeglichene Nährstoffbilanz. Die Annahme, wonach hoher Nährstoffeinsatz generell mit zu hohen Bilanzsalden einhergeht, ist allerdings zu kurz gedacht. Exemplarisch betrachtet werden sollen die Betriebe, die einen außergewöhnlich niedrigen P-Saldo von unter 3 kg P/ha aufweisen (Betrieb 3 und 15). Und ferner gibt es Betriebe (z.B. Betrieb Nr. 1), die im Laufe der 4-jährigen Projektdauer eine sehr gute Entwicklung hinsichtlich der P-Salden genommen haben. Betrieb Nr. 1 hat seine P-Bilanz im Untersuchungszeitraum von 30 kg P/ha auf 5 kg P/ha reduziert und die P-Effizienz (siehe Abbildung 10) von 25% auf 75% gesteigert und setzt damit die im Dairyman-Projekt angestrebte Entwicklung in wesentlichen Punkten äußerst positiv um.

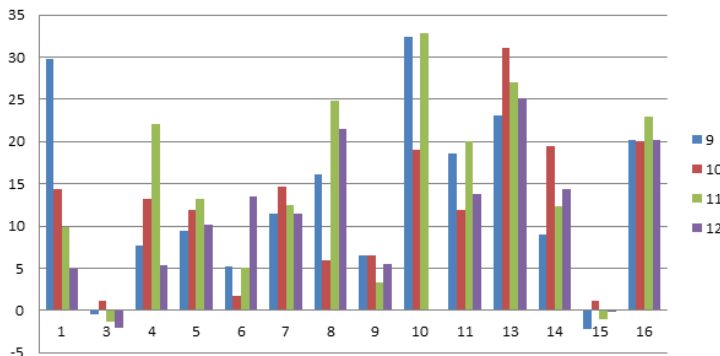


Abbildung 9: P-Salden in kg P/ha LN der Pilotbetriebe in Baden-Württemberg in den Jahren 2009-2012

Ökonomische Auswirkungen einer verbesserten P-Effizienz

Bewertung der Ergebnisse mit dem Dairyman-Sustainability-Faktor (DSI)

Von Interesse ist nun, ob und inwieweit sich die P-Salden bzw. die P-Effizienz direkt auf die wirtschaftliche Situation der Pilotbetriebe auswirken. Das lässt sich u.a. mittels einer Bewertung einzelner einkommensrelevanter Größen (z.B. Steigerung der Milchleistung mit damit verbundenem veränderten Einkommen oder auch mit einer Kombination der Einkommensgrößen wie z.B. dem Dairyman-Sustainability-Index (DSI) ermitteln. Im Gegensatz zu der Berücksichtigung einzelner ökonomischer Erfolgsparameter werden hier mehrere Faktoren u.a. auch aus den Bereichen Ökologie und soziale Aspekte der Milchproduktion kombiniert (Elsäßer et al., 2013).

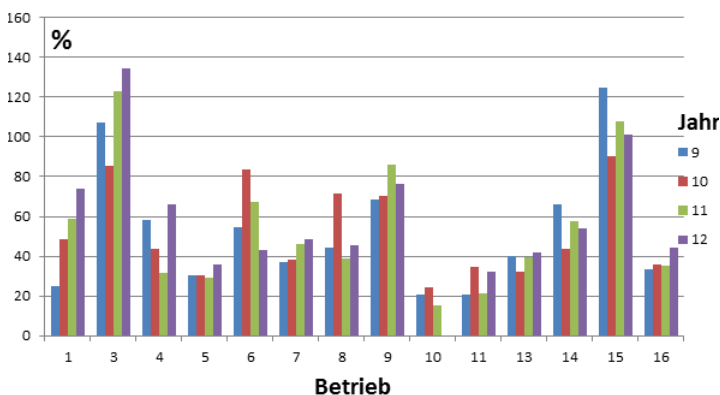


Abbildung 10: Veränderung der P-Effizienz der Pilotbetriebe in Baden-Württemberg in den Jahren 2009-2012

Wie aus Abbildung 11 ersichtlich, ist der Zusammenhang zwischen dem wirtschaftlichen Erfolg eines Milchviehbetriebes und dem P-Saldo der Betriebe allerdings nur gering.

Diskussion

Die Frage was ein einzelner Landwirt tun kann, um seine Hoftor-P-Bilanzen zu verbessern, wirft für die Entscheidungen des einzelnen Landwirtes mehrere Aspekte auf. Sind die Gründe für gezielte Aktivitäten in dieser Richtung für ihn einsichtig? Was ist der Antrieb dafür, Anstrengungen zu unternehmen, um eine gezielte Verbesserung der Situation zu erreichen? Ökonomisch sinnvoll ist der P-Verzicht nicht generell und auch die P-Nutzungseffizienz wird nicht in erster Linie dadurch gesteigert, dass der Aufwand bei P aus Kraftfutter oder Mineraldüngung gesenkt wird (Abbildung 12). Es wird also letztlich hauptsächlich um die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben gehen, die sich an der Notwendigkeit ausrichten, einerseits dringend die Umwelt zu entlasten und andererseits verhindern soll, knappe und vor allem sehr endliche Ressourcen nicht unnötig zu vergeuden. Hierbei hilft die Erkenntnis, dass der Einsatz von Phosphor in Milchviehbetrieben zwar essentiell ist, aber eine Steigerung der Intensität des Aufwandes nicht unbedingt stets mit einem höheren Milchertrag verbunden ist. Es geht also darum, die Einzelgrößen des P-Kreislaufes zu benennen und gezielt zu verändern. Die Bilanzen werden, wie oben gezeigt, vor allem durch den Kraftfutturaufwand, den Tierbesatz je Fläche und die Milchleistung je Kuh beeinflusst. Als Maßnahmen zur Verbesserung von P-Bilanzen kommen daher in Frage (s.u.a. auch: AgriSearch, 2010; Ferris *et al.*, 2010).

- Verfütterung von Kraftfuttermitteln mit geringerem P-Gehalt
- Verfütterung von weniger Kraftfutter
- Ersatz von zugekauftem Kraftfutter durch selbst angebautes Getreide
- Senken des P-Düngeaufwandes und Düngung nur bei Bedarf
- Gülleexport
- Verringerung des Viehbesatzes

Zusätzlich sind hilfreich:

- Sorgfältiges Management bei der Düngung von Mineral- und Wirtschaftsdüngern
- Bessere und umweltfreundlichere Gülleausbringungstechnik
- Minimieren von Schäden an den Böden

Das sind alles Maßnahmen, die einen konkreten Erfolg nach sich ziehen können. Das wurde auch bei den individuellen Betriebsentwicklungsplänen den Betriebsleitern der Pilotbetriebe während des Dairyman-Projektes deutlich. Positive Entwicklungen sind demnach auch schon in kurzer Zeit möglich und sie sind nicht zwingend mit einer negativen Auswirkung

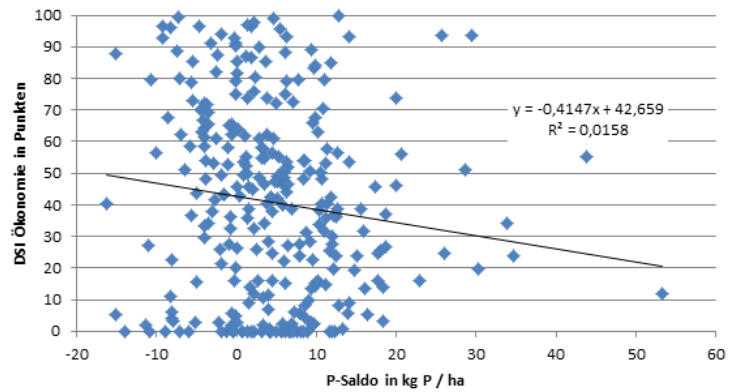


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen Wirtschaftlichkeit und P-Saldo

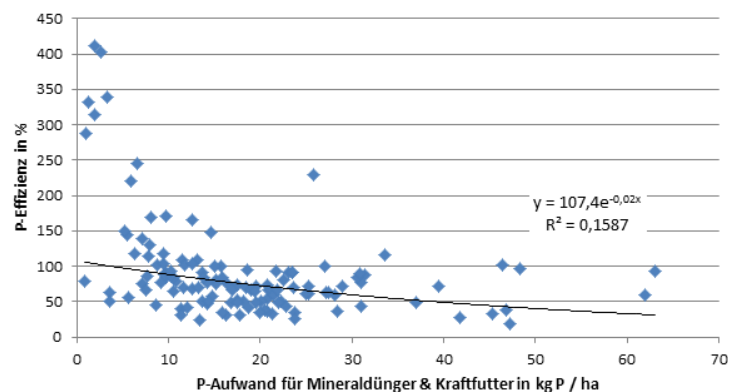


Abbildung 12: Zusammenhang zwischen P-Effizienz und Aufwand an P für Mineraldünger und Kraftfutter in kg P/ha in den Dairyman-Pilotbetrieben

auf das betriebliche Ergebnis von Milchviehbetrieben verbunden. Als geeignetes Instrument für die betrieblichen Entscheidungen hat sich auf alle Fälle die Hoftor-Bilanzierung bewährt.

Literatur

- Baumgärtel, G., Breitschuh, G., Ebertseder, T., Eckert, H., Gutser, R., Hege, U., Herold, L., Wiesler, F., Zorn, W., 2007: Nährstoffbilanzierung im landwirtschaftlichen Betrieb, Speyer.
- De Vries, M., Debruyne, L., Aarts, F., 2013: Suitability of dairy farming and the implementation of EU environmental directives in the northwest of Europe. Report Dairyman Project, 64 pp, Plant Research International, Business Unit Agrosystem Research, Wageningen.
- Elsaesser, M., Herrmann, K., Jilg, T., 2013: The DAIRYMAN-Sustainability-Index (DSI) as a possible tool for the evaluation of sustainability of dairy farms in Northwest-Europe. Dairyman Report, Nr.3; LAZBW Aulendorf und www.interregdairyman.eu.
- Ferris, C., Patterson, D., McCoy, M., 2010: Reducing phosphorus levels in dairy cow diets. Booklet AgriSearch - Farmer Funded Research, 18. Agri Food and Biosciences Institute, Hillsborough (UK).
- Ferris, C.P., Patterson, D.C., McCoy, M.A., Kilpatrick, D.J., 2010: Effect of offering dairy cows diets differing in phosphorus concentration over four successive lactations. 1. Food intake, milk production, tissue changes and blood metabolites. *Animal*, 4:4, 545-559.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., 2010: The global environmental consequences of the livestock sector's growth. *Bulletin of the international dairy Federation*, 443, 4-12.
- Hind, T., 2010: Overview of the main environmental issues at farm level and the work that has already been done in the guide to good dairy farming practice. *Bulletin of the international dairy Federation*, 443, 3.
- Huguenin-Elie, O., Nemecek, T., Plantureux, S., Jeanneret, P., Lüscher, A., 2012: Environmental impacts of grassland management at the plot and the farm scale. *Grassland Science in Europe*, Lublin.

- Oenema, J., Boonen, J., Hennart, S., Beguin, E., 2012a: Environmental performances of pilot farms. Presentation at the Dairyman General Stakeholder Meeting, Gent (Be), 24. and 25.10.2013 (www.interregdairyman.eu).
- Oenema, O., 2013: Assessment of global nutrient use & estimation of nutrients in manure. Vortrag bei EAAP Conference, Nantes (F), 26.-30. August 2013.
- Oenema, O., Chardon, W., Ehlert, P., Van Dijk, K., Schoumans, O., Rulkens, W., 2012b: Phosphorus fertilizers from by-products and wastes. International fertilizer society, Proceedings 717, Meeting in Cambridge on 7th December 2012.
- Ohm, M., 2013: Phosphor - wichtig wie Wasser, endlich wie Öl. Agrar-Info. <http://www.agrarkoordination.de/publikationen>.
- Pommer, G., 2005: Auswirkungen der Höhe des Viehbesatzes von Milchviehbetrieben auf die Umwelt. LfL Bayern.
- Taube, F., Balmann, A., Bauhus, J., Birner, R., Bokelmann, W., Christen, C., Gaulty, M., Grethe, H., Holm-Müller, K., Horst, W., Knierim, U., Latacz-Lohmann, U., Nieberg, H., Qaim, M., Spiller, A., Täuber, S., Weingarten, P., Wiesler, F., 2013: Novellierung der Düngeverordnung - Nährstoffüberschüsse wirksam begrenzen. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 219.
- Übelhör, W., Hartwig, H., 2012: Grundnährstoffversorgung von Böden in Baden-Württemberg. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Baden-Württemberg (LTZ), Karlsruhe.
- Wüstholtz, R., Bahrs, E., 2013: Endbericht des Projektes "Weiterentwicklung von Nährstoffbilanzen in der Landwirtschaft als ergänzendes Instrumentarium zur Erreichung eines verbesserten Gewässerschutzes". Universität Hohenheim, Institut für Betriebswirtschaftslehre, 175 S.

