

# Stickstoffbilanz und -effizienz von Milchproduktionssystemen auf Basis von frischem Wiesenfutter

<sup>1,2</sup> F. AKERT, <sup>3</sup>H. FREY, <sup>1</sup>K. DORN, <sup>2</sup>M. KREUZER UND <sup>1</sup>B. REIDY

<sup>1</sup> Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, 3052 Zollikofen, Schweiz

<sup>2</sup> ETH Zürich, Institut für Agrarwissenschaften, 8092 Zürich, Schweiz

<sup>3</sup> Berufsbildungszentrum Natur und Ernährung BBZN, 6276 Hohenrain, Schweiz

franziska.akert@bfh.ch

## Einleitung und Problemstellung

Die Landwirtschaft trägt entscheidend zum anthropogenen Stickstoff (N)-Eintrag in die natürlichen Ökosysteme bei. Aufgrund der hohen N-Belastung gibt es in der Schweiz Bestrebungen die N-Überschüsse in landwirtschaftlichen Systemen zu reduzieren (BLW, 2016). Nährstoffbilanzen auf Ebene Betrieb sind ein geeignetes Mittel, um Nährstoffüberschüsse zu identifizieren und die Nährstoffeffizienz auf Betriebsebene zu beurteilen (Oenema et al., 2003). Im Rahmen des Projekts «Systemvergleich Hohenrain II: Optimierung von Milchproduktionssystemen mit Eingrasen» wurden drei Milchproduktionssysteme untersucht, deren Futterration einen hohen Anteil an frischem Wiesenfutter aufwies. Dabei wurden Optimierungsmöglichkeiten in den Bereichen Arbeits- und Betriebswirtschaft, Futterbau, Tierhaltung, Effizienz und Nachhaltigkeit erarbeitet. Ziel der vorliegenden Studie ist es, über die Berechnung der N-Effizienz und des N-Saldos der drei untersuchten Milchproduktionssysteme Optimierungspotenziale im Bereich der N-Effizienz zu eruieren.

## Material und Methoden

Auf dem Gutsbetrieb des Berufsbildungszentrums Natur und Ernährung (BBZN) in Hohenrain wurden drei Milchviehgruppen unter den drei Systemen Vollweide ohne Kraftfutterergänzung (VW), Eingrasen mit Teilweide und Zufütterung von reduzierten (EGKF) und erhöhten Kraftfuttermengen (EGKFplus) separat gehalten (Ineichen et al., 2018). Die untersuchten Systeme sind in Tabelle 1 charakterisiert.

Tab. 1: Mittlerer Kraftfutterverbrauch je Milchkuh, Anzahl Kühe, energiekorrigierte Milchleistung und verkaufte Milchmenge je Produktionssystem (Mittelwert über drei Jahre und Standardabweichung)

	VW	EGKF	EGKFplus
Kraftfutterverbrauch (kg/Kuh und Jahr)	4 ± 5	181 ± 20	856 ± 121
Anzahl Milchkuhe	25.1 ± 0.2	21.5 ± 0.5	24.1 ± 0.8
Milchleistung (kg ECM/Kuh und Jahr)	5'289 ± 153	6'433 ± 343	7'492 ± 158
Milchmenge (kg Milch verkauft/Jahr)	126'334 ± 6'854	133'714 ± 8'551	175'818 ± 12'544

Für alle drei Produktionssysteme wurde jährlich eine Hoftorbilanz für Stickstoff berechnet. Den Bilanzierungsrahmen bildete dabei die Milchkuhherde und ihre Futterflächen inklusive trockenstehende Kühe und Kälber, bis letztere auf den Aufzucht- oder Ausmastbetrieb ausgelagert wurden. Damit wurden drei spezialisierte Milchproduktionssysteme simuliert. Für die N-Bilanzierung wurden zugekaufte Tiere, mineralischer und organischer Dünger, verzehrtes Grundfutter (geschätzt basierend auf Energiebedarf für Milchleistung und Erhaltung), biologische N-Fixierung und atmosphärische N-Deposition als Inputgrößen berücksichtigt. Der N-Output wurde in Form von Export von Milch, Tieren, Grundfutter und organischem Dünger berücksichtigt. Die produzierte Milchmenge wurde täglich erfasst, der Milchproteingehalt wurde elfmal jährlich analysiert und durch den Faktor 6.38 dividiert, um

den N-Gehalt je kg Milch zu berechnen. Die Lebendmasse der Milchkühe wurde alle vier Wochen erfasst. Die Kälber wurden beim Verlassen des Betriebs für die weitere Aufzucht oder Mast gewogen. Der N-Input und Output in Form von Tieren wurde über die Lebendmasse mit einem N-Gehalt von 25 g N/kg Lebendmasse ermittelt (Richner und Sinaj, 2017). Die N-Gehalte der konservierten Grundfuttermittel wurden zweimal jährlich analysiert. Der N-Eintrag der zugeführten Kraffutter und Mineraldünger wurde gemäss den N-Gehaltsangaben der Hersteller- bzw. Lieferantenangaben und den vorgelegten, bzw. ausgebrachten Mengen berechnet. Die biologische N-Fixierung wurde nach Boller et al. (2003) basierend auf dem Leguminosen-Anteil und dem Ertrag an Trockenmasse der Wiesen und Weiden geschätzt. Die atmosphärische N-Deposition wurde mit 25 kg N je Hektare Betriebsfläche berücksichtigt (BAFU, 2014). Da die tierischen Ausscheidungen aller Gruppen in einen einzigen Güllebehälter flossen bzw. auf der Weide anfielen, wurden die Zu- und Wegfuhren an organischem Dünger geschätzt. Dazu wurden die tierischen Ausscheidungen an N im Stall je Gruppe berechnet (Richner und Sinaj, 2017) und die angefallene Gesamtmenge anschliessend gemäss dem Verhältnis des ausgebrachten Volumens entsprechend der Futterflächen der drei Herden berechnet. Der N-Saldo je ha Betriebsfläche wurde als N-Input minus N-Output je ha und die N-Effizienz als Verhältnis von N-Output zu N-Input berechnet.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Milchproduktionssysteme VW, EGKF und EGKFplus wiesen einen mittleren N-Saldo von  $163 \pm 15$  (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung),  $87 \pm 9$  und  $87 \pm 6$  kg N/ha auf. Der mittlere N-Input war mit 236 ( $\pm 11$ ) und 232 ( $\pm 16$ ) kg N/ha höher für VW und EGKFplus als für EGKF mit 177 ( $\pm 11$ ) kg N/ha pro Jahr. Die atmosphärische Deposition und die biologische N-Fixierung waren in allen drei Systemen für rund die Hälfte des N-Inputs verantwortlich (Abbildung 1). Ohne Berücksichtigung der N-Deposition und N-Fixierung, machte die Zufuhr an mineralischen und organischen Düngemitteln in VW und EGKF über 50% des Inputs aus, während in EGKFplus über die Hälfte (57%) des zugeführten N über das Kraffutter eingebracht wurde. Mineralische Düngemittel, Futterzukaufe und biologische N-Fixierung wurden auch auf Ebene Schweizer Landwirtschaft von Spiess (2011) als wichtigste N-Input Grössen bezeichnet.

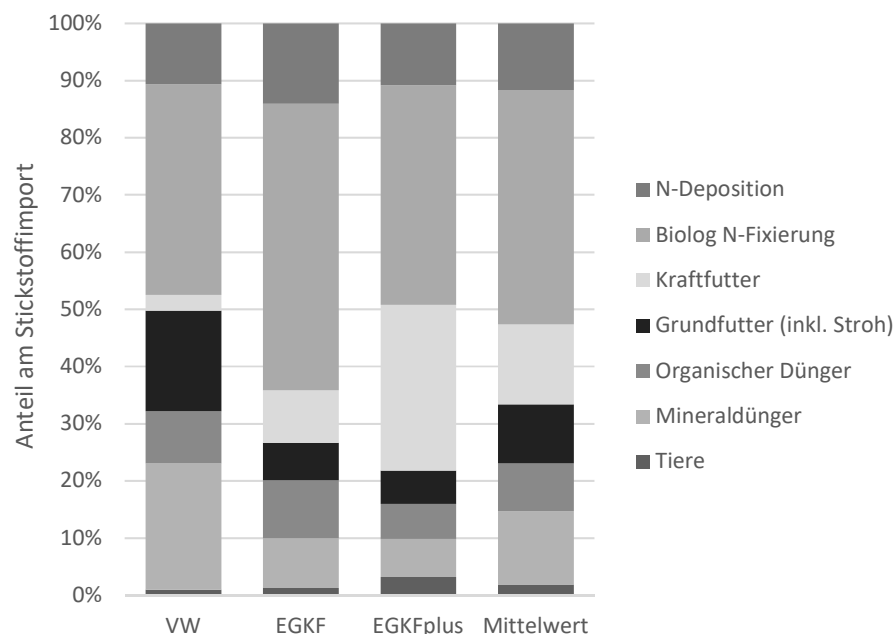


Abb. 1: Stickstoffzufuhren dargestellt als relativer Anteil am Gesamt N-Import je System (VW, EGKF, EGKFplus) sowie der Mittelwert über alle Systeme (Mittelwert über drei Jahre je System).

Der N-Output je System betrug  $73 \pm 4$ ,  $90 \pm 9$  und  $144 \pm 10$  kg N/ha für VW, EGKF und EGKFplus. Der grösste Anteil stellte dabei der N-Export via Milch dar (Abbildung 2).

Die N-Effizienz betrug  $31 \pm 3$ ,  $51 \pm 4$  bzw.  $62 \pm 0$  % für VW, EGKF und EGKFplus. Die beiden Systeme, in denen Eingrasen und Weiden kombiniert wurde, zeigten eine effizientere N-Nutzung als die Vollweide. Dabei spielte der Export von Grundfutter eine bedeutende Rolle. Der N-Verwertung in Milchproduktionssystemen sind biologische Grenzen gesetzt, einerseits durch die physiologische Limitierung Futter-N in Milch-, Fleisch und Kot-N umzuwandeln und andererseits auch durch begrenzte Umsetzungsmöglichkeit von Dünger-N in pflanzliche Biomasse (Powell et al., 2010). In den Systemen EGKF und EGKFplus konnte durch die Ergänzung der Futterration von energiereichem Krafftutter die Konvertierung von Futter-N in Milch-N verbessert werden.

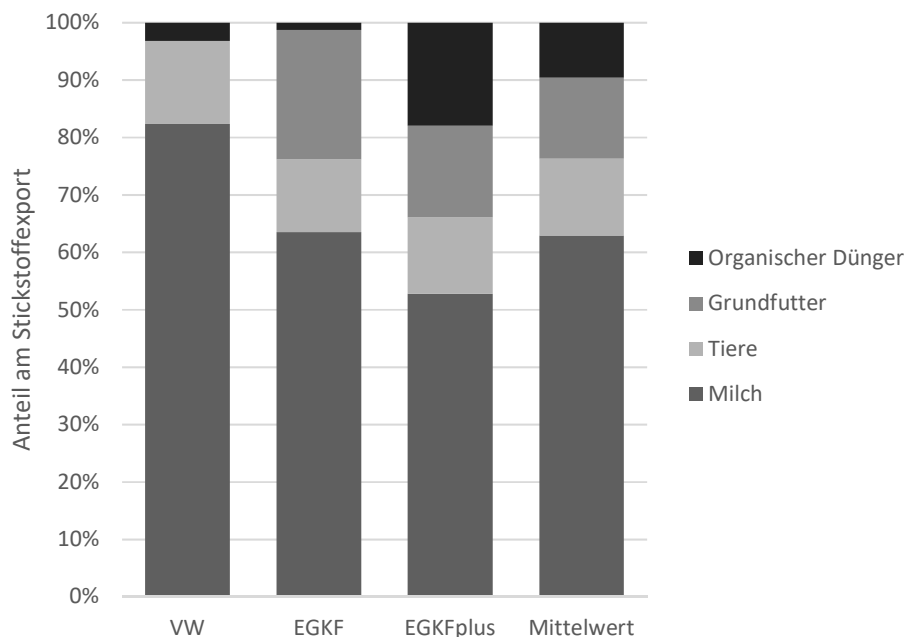


Abb. 2: Stickstoffwegfuhren dargestellt als relativer Anteil am totalen N-Export je System (VW, EGKF, EGKFplus) und im Mittel über alle Systeme (Mittelwert über drei Jahre je System).

## Schlussfolgerungen

Die untersuchten wiesenfutterbasierten Milchproduktionssysteme wiesen alle rechnerisch einen N-Überschuss in Bezug auf ihre Flächen auf. Diese Überschüsse werden entweder in Form von organischer Substanz gespeichert oder gelangen durch N-Emissionen in die Umwelt. Neben atmosphärischer N-Deposition und biologischer N-Fixierung stellten in den Systemen VW und EGKF die Düngemittel und im System EGKFplus das zugekaufte Krafftutter wichtige N-Importe auf Betriebsebene dar. Die N-Effizienz aller drei Systeme lag bei mindestens 31%, wobei die beiden Systeme mit Kombination aus Weidenutzung und Eingrasen eine deutlich höhere Effizienz aufwiesen.

## Literatur

BAFU (2104): Bundesamt für Umwelt: Karte Stickstoff-Deposition.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/luftbelastung-historische-daten/karten-jahreswerte/karte-stickstoff-deposition.html>.

BLW (2016): Agrarbericht 2016. Zugang: <http://2016.agrarbericht.ch/de/umwelt/stickstoff/stickstoff-in-der-landwirtschaft> [11.05.2018].

BOLLER, B., LÜSCHER, A. & ZANETTI, S. (2003): Schätzung der biologischen Stickstoff-Fixierung in Klee-Gras-Beständen. *Schriftenreihe der FAL* 45, 47-54.

INEICHEN, S., AKERT, F., FREY, H., WYSS, U., HOFSTETTER, P., SCHMID, H., GUT, W. & REIDY, B. (2018): Serie Systemvergleich Hohenrain II: Versuchsbeschreibung und Qualität des frischen Wiesenfutters. *Agrarforschung Schweiz* 9 (4), 112-119.

RICHNER, W. & SINAJ, S. (EDS) (2017): Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017). *Agrarforschung Schweiz* 8 (6), 47-66

Oenema O., Kros H. & de Vries, W. (2003): Approaches and uncertainties in nutrient budgets: implications for nutrient management and environmental policies. *European Journal of Agronomy* 20, 3-16.

POWELL J.M., GOURLEY C.J.P., ROTZ C.A. & WEAVER, D.M. (2010): Nitrogen use efficiency: A potential performance indicator and policy tool for dairy farms. *Environmental Science & Policy* 13, 217-228