

## Stickstoffeffizienz von Schweizer Milchproduktionsbetrieben

H. Menzi

Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (SHL), Länggasse 85,  
CH-3052 Zollikofen, Email: harald.menzi@shl.bfh.ch

### Einleitung

Stickstoff (N) hat in der Landwirtschaft und besonders auf Tierhaltungsbetrieben eine zentrale Bedeutung. Zum einen hat er im Pflanzenbau einen wesentlichen Einfluss auf den Ertrag und zum andern sind N-Einträge in Gewässer (vor allem Nitratauswaschung) und Atmosphäre (vor allem Ammoniak -  $\text{NH}_3$  - und Lachgas) wichtige Umweltauswirkungen der Landwirtschaft. Ziel einer umweltbewussten Landwirtschaft muss es sein, mit so geringen N-Verlusten wie möglich gute Erträge zu erzielen. Eine verlustfreie Landwirtschaft ist grundsätzlich nicht möglich, jedoch könnten auf den meisten Betrieben die Verluste durch einen bewussten Umgang mit N und besonders durch einen vorsichtigen und gezielten Umgang mit Gülle und Mist noch deutlich reduziert werden.

Die gebräuchlichste Methode zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit der Düngung ist die Nährstoffbilanzierung (Menzi und Gerber, 2006). Die Beurteilung der Phosphor- und Kalibilanz ist relativ einfach, da in der Regel keine Verluste und keine natürlichen Einträge berücksichtigt werden. Wesentlich schwieriger ist die Beurteilung der N-Bilanz. Einerseits sind auch bei guter landwirtschaftlicher Praxis Verluste durch  $\text{NH}_3$ -Verflüchtigung, Denitrifikation und Nitratauswaschung unvermeidbar. Andererseits liefern N-Fixierung und N-Deposition erhebliche und schwer quantifizierbare Einträge. Zusätzlich erschwerend ist, dass der organisch gebundene Stickstoff über längere Zeit mineralisiert werden muss.

Eine andere, bisher kaum angewandte Möglichkeit zur Beurteilung der N-Düngung ist die N-Effizienz, d.h. der Vergleich von N in landwirtschaftlichen Produkten mit dem N-Einsatz. Als Koeffizient oder in Prozenten ausgedrückt, zeigt die N-Effizienz welcher Anteil des eingesetzten N (sowohl in Produktionsmitteln wie als natürliche Einträge) in die Produkte geht und welcher Anteil "verloren geht" (unter der Annahme, dass in der Schweiz kaum eine Humusanreicherung stattfindet) und so potenziell die Umwelt belastet. Die Effizienz kann beispielsweise verwendet werden, um verschiedene Produktionssysteme zu vergleichen oder umweltrelevante Verbesserungen im Nährstoffmanagement aufzuzeigen (zum Beispiel JARVIS und MENZI, 2004).

### Grundlagen für die Berechnung der N-Effizienz

Zur Beurteilung der N-Effizienz wurden auf der Basis der statistischen Angaben für das Jahr 2000 (BFS, 2002) für die ganze Schweiz sowie einzeln für das Tal-, Hügel- und Berggebiet (gemäss Produktionskatasterzonen) je ein durchschnitt-

licher Milchproduktionsbetrieb definiert. Die Angaben sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Sie wurden ergänzt mit Angaben zu den mittleren eingesetzten N-Dünger- und Kraftfuttermengen aus einer repräsentativen Umfrage Ende 2002 (REIDY *et al.*, 2007; MENZI *et al.*, 2008) sowie mit der mittleren Milchleistung gemäss Statistik des Bundesamtes für Landwirtschaft (persönliche Mitteilung).

**Tab. 1:** Angaben zu durchschnittlichen Milchproduktionsbetrieben in der Schweiz gemäss statistischen Angaben für das Jahr 2000. *Talgebiet* = Talzone plus erweiterte Übergangszone, *Hügelgebiet* = voralpine Hügelzone plus Bergzone 1, *Berggebiet* = Bergzonen 2-4.

Region	ganze Schweiz	Talgebiet	Hügelgebiet	Berggebiet
Landw. Nutzfläche (ha) <sup>1)</sup>	17	19.2	15.8	15.9
Grünland (ha) <sup>1)</sup>	13.4	11.5	13.3	15.4
Anteil Kunstwiesen am Grünland (%) <sup>1)</sup>	16.2	32.6	19.9	2.8
Silomais (ha) <sup>1)</sup>	0.58	1.18	0.44	0.04
GVE/ha Hauptfutterfläche <sup>1)</sup>	1.6	2.04	1.55	1.18
GVE Rindvieh <sup>1)</sup>	19.1	21.9	19.2	15.9
Milchkühe <sup>1)</sup>	14.7	17.9	14.7	13
Milchleistung (kg/Kuh/Jahr) <sup>2)</sup>	6000	6300	5900	5500
Kraftfutter Milchkühe (kg/Kuh/Jahr) <sup>3)</sup>	620	680	600	590
Kraftfutter anderes Rindvieh (kg/Tier/Jahr) <sup>4)</sup>	250	250	250	250
Mineraldünger-N (kg/ha/Jahr) <sup>3)</sup>	48	67	43	20

<sup>1)</sup> Statistische Angaben nach BFS (2002)

<sup>2)</sup> Milchleistungsstatistik (Bundesamt für Landwirtschaft, persönliche Mitteilung)

<sup>3)</sup> Repräsentative Umfrage (Reidy *et al.*, 2007; Menzi *et al.*, 2008)

<sup>4)</sup> Persönliche Schätzung

Auf der Basis der Angaben in Tab. 1 konnte die Zu- und Wegfuhr von N pro Hektare landwirtschaftlicher Nutzfläche sowie die N-Effizienz berechnet werden. Als mittlerer Rohproteingehalt des Kraftfutters wurde 14 % angenommen. Als mittlere N-Fixierung wurden nach Boller und Nösberger (1987) pro Hektare Grünland 59 kg N angenommen. Für die N-Deposition wurde gestützt auf BUWAL (2005) ein gesamtschweizerisch ein mittlerer Wert von 25 kg N/ha verwendet, für das Tal-, Hügel- und Berggebiet 25, 30 und 15 kg N/ha.

Die gleichen Berechnungen wurden für zwei Gruppen von je neun Pionierbetrieben mit einer konsequenten Vollweidestrategie bzw. einer Hochleistungsstrategie aus dem Projekt Opti-Milch (Blättler *et al.*, 2004) gemacht. Zusätzlich wurde die Berechnung für den Versuchsbetrieb Waldhof durchgeführt. Der Waldhof erzielt mit einer konsequenten Vollweidestrategie an einem hoch produktiven Standort Flächenleistungen von bis über 16'000 kg Milch pro Hektare Futterfläche (THOMET *et al.*, 2004).

### Mittlere N-Effizienz von Milchviehbetrieben in der Schweiz

Schweizer Milchviehbetriebe weisen im Tal- und Hügellgebiet durchschnittlich einen Bilanzüberschuss von rund 100 kg N/ha auf (Tab. 2). Allerdings nehmen sowohl Inputs wie Outputs mit steigender Höhe ab, insbesondere wegen abnehmendem Tierbesatz und geringeren Erträgen. Gesamtschweizerisch beträgt die N-Effizienz 28.6 %. Sie ist im Talgebiet (36.3 %) am besten und im Berggebiet (27.4%) am geringsten, weil die Produktivität pro Hektare mit steigender Höhe stärker zunimmt als die Inputs.

**Tab. 2:** Inputs, Outputs, Bilanz und Effizienz von Stickstoff (kg N/ha) von durchschnittlichen Milchproduktionsbetrieben in der Schweiz.

		ganze Schweiz	Talgebiet	Hügelgebiet	Berggebiet
<b>Inputs</b>	Kraftfutter	19	26	19	14
	Mineraldünger	48	67	43	20
	N-Fixierung	47	35	50	57
	Atmosphärische Deposition	25	25	30	15
<b>Inputs total</b>		<b>139</b>	<b>153</b>	<b>142</b>	<b>106</b>
<b>Outputs</b>	Milch	33	47	33	24
	Tiere	7	9	7	5
	<b>Outputs total</b>	<b>40</b>	<b>56</b>	<b>40</b>	<b>29</b>
<b>Bilanz</b>		<b>99</b>	<b>98</b>	<b>102</b>	<b>76</b>
<b>N-Effizienz (%)</b>		<b>28.6%</b>	<b>36.3%</b>	<b>28.1%</b>	<b>27.4%</b>

### N-Effizienz bei verschiedenen Milchproduktionsstrategien

Die Vollweidebetriebe aus dem Projekt Opti-Milch erreichten eine N-Effizienz von 38 %, die Hochleistungsbetriebe 42 %. Durch das konsequente Umsetzen einer Strategie konnten somit die Effizienz im Vergleich zum Schweizer Mittel noch gesteigert werden. Der Versuchsbetrieb Waldhof erreicht die gleiche Effizienz wie die anderen Vollweidebetriebe, aber mit 50 % mehr Output.

### Diskussion und Schlussfolgerungen

JARVIS und MENZI (2004) geben als Mittelwerte von sechs Milchproduktionsbetrieben in Südwest-England pro Hektare Nutzfläche Inputs von 366 kg N (Mineraldünger 261 kg N), Outputs von 59 kg N, einen Bilanzüberschuss von 307 kg N und eine N-Effizienz von 16 % an. Bei ungefähr gleichem Output sind somit die Inputs 2.4 mal (Dünger 3.9 mal) so gross wie die vergleichbaren Werte im Schweizer Talgebiet. Die Schweizer Milchproduktionsbetriebe erreichen somit im Vergleich eine vergleichsweise gute N-Effizienz. Mögliche Gründe sind das sorgfältige Wiesen- und Wirtschaftsdüngermanagement, die kleereichen Wiesen und Weiden, die günstigen klimatischen Bedingungen für den Futterbau sowie der deutlich geringere Einsatz von zugeführten Ressourcen. Zudem wurde der N-Einsatz in Form von Mineraldüngern seit der Einführung der neuen Agrarpolitik in den 90er-Jahren, welche die Einhaltung einer ausgewogenen N- und P-Bilanz verlangt, um rund 25 % reduziert (BÖTSCH, 2008), ohne dass erns-

te Ertragseinbussen sichtbar wurden. Ermöglicht wurde dies in erster Linie durch den wesentlich bewussteren Umgang mit Stickstoff. Die Mehrheit der Landwirte realisierte, dass eine optimale und verlustarme Düngung unter den gegebenen Voraussetzungen Ertragssteigerungspotenzial haben kann.

Zwischen einzelnen Betrieben bestehen grosse Unterschiede (nicht gezeigte Ergebnisse). Die eingesetzte Menge an Produktionsmitteln spielt eine wichtige Rolle. Noch grösser ist in der Regel jedoch der Einfluss des Anteils des Ackerbaus an der Nutzfläche, weil mit Tierhaltung wesentlich höhere unvermeidbare N-Verluste entstehen. Im Allgemeinen erzielt die Milchproduktion die bessere Effizienz als die Fleischproduktion. Wichtig sind aber auch die natürlichen Voraussetzungen. Mit abnehmender Höhe über Meer nimmt beispielsweise die Effizienz deutlich ab, weil die Flächenproduktivität geringer wird.

Die N-Effizienz ist ein interessantes Mass zur Beurteilung von Produktionssystemen. Allerdings braucht es weitere Untersuchungen um die Einflussgrössen noch besser zu verstehen und die Ergebnisse umfassender interpretieren zu können.

## Literatur

- ANONYM (1998): Verordnung über den landwirtschaftlichen Produktionskataster und die Ausscheidung von Zonen.
- BFS (2002): Landwirtschaftliche Betriebszählung 2000. Bundesamt für Statistik, Neuenburg.
- BLÄTTLER, T., DURGIALI, B., KOHLER, S., KUNZ, P., LEUENBERGER, S., MÜLLER, R., SCHÄUBLIN, H., SPRING, P., STÄHLI, R., THOMET, P., WANNER, K., WEBER, A. & MENZI, H. (2004): Projekt Opti-Milch: Zielsetzung und Grundlagen. *Agrarforschung*, 11, 80-85.
- BOLLER, B. & NÖSBERGER, J. (1987): Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrass at low levels of 15N fertilization. *Plant and Soil*, 104, 219-226.
- BÖTSCH, M. (2008): Stellung des Futterbaus und der Milchproduktion in der Schweizerischen Agrarpolitik. Proc. AGG Jahrestagung, 28./29.8.2008, Zollikofen.
- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2005): Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz. *Schriftenreihe Umwelt*, 384.
- JARVIS, S.C. & MENZI, H. (2004): Optimising best practice for N management in livestock systems: Meeting production and environmental targets. In Lüscher A., Jeangros B., Kessler W., Huguenin O., Lobsiger M., Milar N. and Suter D. (Eds.), *Land Use Systems in Grassland Dominated Regions: Proc. 20th General Meeting of the EGF, Luzern, Switzerland, 21-24 Juni 2004*, 361-372.
- MENZI, H. & GERBER, P. (2006): Nutrient balances for improving the use-efficiency of non-renewable resources: experiences from Switzerland and Southeast. In Frossard E. et al. "Function of soils for human societies and the environment", *Special Publication of the Geological Society (London)*, 171-181.
- MENZI, H., KUPPER, T. & REIDY, B. (2008): Emissionsinventar für Ammoniak basierend auf einer repräsentativen Umfrage zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik. Proc. AGG Jahrestagung, 28./29.8.2008, Zollikofen.
- REIDY, B., RIHM, B. & MENZI, H. (2007): A new Swiss inventory on ammonia emissions from agriculture based on a stratified farm survey and farm-specific model calculations. *Atmospheric Environment*, 42, 3266-3276.
- THOMET, P., LEUENBERGER, S. & BLÄTTLER, T. (2004): Projekt Opti-Milch: Produktionspotenzial des Vollweidesystems. *Agrarforschung*, 11, 336-341.