

# GRUD 2017: Auswirkungen auf sektorielle Nährstoffbilanzen, Ammoniak- und Lachgasverluste

Walter Richner<sup>1</sup>, Daniel Bretscher<sup>1</sup>, Thomas Kupper<sup>2</sup> und Ernst Spiess<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agroscope, 8046 Zürich, Schweiz

<sup>2</sup>Berner Fachhochschule, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, 3052 Zollikofen, Schweiz

Auskünfte: Walter Richner, E-Mail: walter.richner@agroscope.admin.ch



Ausscheidungen der Nutztiere sind ein wichtiger Teil des landwirtschaftlichen Nährstoffkreislaufs.

(Foto: Gabriela Brändle, Agroscope)

**In den «Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz» (GRUD 2017) wurden u. a. die Nährstoffausscheidungen verschiedener wichtiger Tierkategorien revidiert. Deshalb wurden die Auswirkungen der GRUD-Änderungen auf sektorielle Nährstoffbilanzen und Verluste von Ammoniak sowie Lachgas untersucht.**

Während der Erarbeitung der «Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz» (GRUD, Richner und Sinaj 2017) wurden die fachlichen Inhalte der 2009 erschienenen «Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau» (GRUDAF, Flisch *et al.* 2009) überprüft und nach Bedarf aktualisiert. Die wichtigsten Änderungen mit den potenziell grössten Auswirkungen auf Nährstoffanfall, -bilanzen und -verluste betreffen die Nährstoffausscheidungen und den Verzehr von Grundfutter verschiedener Tierkategorien (Menzi *et al.* 2016a–c).

Weil diese Änderungen Auswirkungen auf Nährstoffanfall und -verluste auf betrieblicher und sektorieller Ebene haben können, beauftragte das Bundesamt für Landwirtschaft BLW Agroscope und AGRIDEA mit einer Folgeabschätzung der GRUD-Revision. Agroscope sollte abklären, wie sich die GRUD-Änderungen auf die sektoriellen Stickstoff(N)- und Phosphor(P)-Bilanzen sowie die Ammoniak(NH<sub>3</sub>)- und Lachgas(N<sub>2</sub>O)-Emissionen auswirken. AGRIDEA hatte den Auftrag, den Einfluss der GRUD 2017 auf N- und P-Suisse-Bilanzen von ausgewählten Betriebstypen abzuschätzen (Weyermann und Arnold 2017). In beiden Fällen erfolgten die Analysen unter der statischen Annahme, dass die GRUD-Änderungen keine Auswirkungen auf die Struktur und Produktionstechnik der Landwirtschaftsbetriebe und somit nur die geänderten GRUD-Inhalte einen Einfluss auf die Berechnungen der Zielparameter haben.

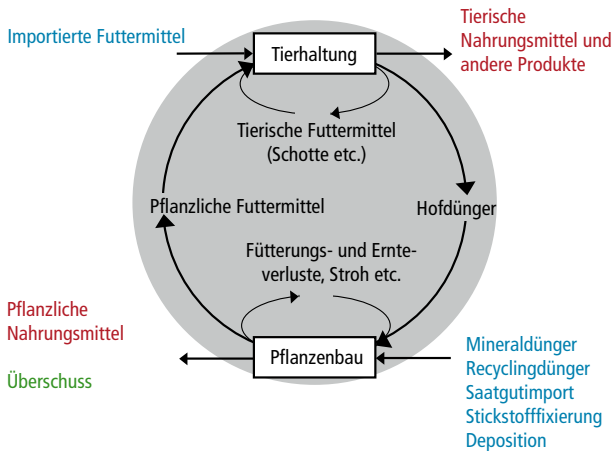


Abb. 1 | Nährstoffkreislauf der Landwirtschaft.

### Stickstoff- und Phosphorbilanzen

Nährstoffbilanzen als Abbild des landwirtschaftlichen Nährstoffkreislaufs (Abb. 1) geben anhand ihres Saldos – im Fall der gesamten Landwirtschaft meistens ein Überschuss – einen Hinweis auf das Potenzial für Verluste von Nährstoffen in die Umwelt (mehrheitlich bei N) oder für die Nährstoffanreicherung im Boden (mehrheitlich bei P). Um Unterschiede zwischen den mit den Werten der GRUDAF 2009 beziehungsweise der GRUD 2017 berechneten Nährstoffbilanz-Saldi zu bestimmen, wurde die Bodenbilanzmethode (OECD und EUROSTAT 2007) verwendet, bei der nur der Pflanzenbau bilanziert wird. Diese Methode eignet sich, weil sowohl die Nährstoffausscheidungen als auch der Grundfutterverzehr in die Bilanzrechnung einfließen.

In der Bodenbilanz ändern sich mit den GRUD 2017 die Inputgrößen Hofdünger und N-Fixierung sowie die Outputgrösse Pflanzliche Futtermittel (Tab. 1). Der Nährstoffanfall in den Hofdüngern wird in der Bilanz auf Basis der Nährstoffausscheidungswerte der GRUD berechnet, während die biologisch fixierte N-Menge von den Erträgen der Wiesen und Weiden abhängt, die in der Bilanzrechnung eine Funktion der Grundfutterverzehrswerte der GRUD sind. Tierkategorien mit deutlichen Veränderungen dieser wichtigen GRUD-Parameter sind in Tabelle 2 aufgeführt. Die anderen Parameter der Bilanz ändern sich nicht, weil sie unabhängig von den Tierzahlen oder der Grundfutterproduktion sind und somit von der GRUD-Revision nicht beeinflusst werden.

Die Tierkategorien tragen in unterschiedlichem Ausmass zum gesamten Nährstoffanfall in den Hofdüngern bei. Die Milchkühe sind mit einem Anteil von ca. 50 % am bedeutsamsten; alle Rindviehkategorien machen zusammen etwa 75 % aus. Die Schweine mit ca. 13 % und das Geflügel mit fast 5 % tragen deutlich weniger zum gesamten Nährstoffanfall bei.

Berechnet mit den GRUDAF 2009 ergibt sich für 2014 ein totaler Nährstoffanfall in den Hofdüngern von rund 130 000 t N und 21 000 t P (Tab. 1). Basierend auf den GRUD 2017 fallen der N-Anfall um 270 t (–0,2 %) und der P-Anfall um rund 1000 t (–4 %) geringer aus. Der gesamte Grundfutterverzehr ist 2 % geringer als der mit den Richtwerten der GRUDAF 2009 berechnete. Somit ist nicht nur der Hofdüngieranfall, sondern auch der Grundfutterverzehr in den GRUD 2017 etwas niedriger.

Mit den GRUD 2017 kommt es bei den Bilanz-Inputparametern neben den Nährstoffmengen in den Hofdüngern

Tab. 1 | Landwirtschaftliche Stickstoff(N)- und Phosphor(P)-Bilanz 2014, berechnet mittels der Bodenbilanzmethode (OECD und EUROSTAT 2007) gemäss GRUDAF 2009 (Flisch *et al.* 2009) und GRUD 2017 (Richner und Sinaj 2017).

Kategorie	GRUDAF 2009		GRUD 2017		Differenz	
	N (t)	P (t)	N (t)	P (t)	N (t)	P (t)
Hofdünger	130277	21315	130007	20360	–270	–954
Mineraldünger	50020	4061	50020	4061		
Recyclingdünger	2855	1017	2855	1017		
Biologische N-Fixierung	38964		37967		–997	
Deposition	24731	354	24731	354		
Saatgutimport	258	42	258	42		
<b>Total Input</b>	<b>247 712</b>	<b>26 895</b>	<b>282 771</b>	<b>25 941</b>	<b>–2030</b>	<b>–954</b>
Pflanzliche Produkte	10489	1412	10489	1412		
Pflanzliche Futtermittel	152011	23358	148812	22892	–3199	–466
<b>Total Output</b>	<b>163 107</b>	<b>24 876</b>	<b>196 234</b>	<b>24 410</b>	<b>–3962</b>	<b>–466</b>
<b>Bilanzsaldo</b>	<b>84 605</b>	<b>2019</b>	<b>86 537</b>	<b>1530</b>	<b>1932</b>	<b>–488</b>

**Tab. 2 | Deutliche Anpassungen der Nährstoffausscheidungen oder des Grundfutterverzehr bei einzelnen Tierkategorien in den GRUD 2017 (Richner und Sinaj 2017), Veränderungen in %.**

Tierkategorie	Nährstoffausscheidungen		Grundfutterverzehr
	N	P	
Milchkühe	-6	-8	-5
Rindviehmast		-18	
Mastkälber	+38	+58	
Milchziegen	+31	+38	+32
Schafe	+50	+33	
Mutterschweine	+26	+11	
Mutterkühe			+13
Mastschweine		-12	
Junghennen	-12	-19	
Mastpoulets	-20	-19	

auch bei der biologischen N-Fixierung zu einer Abnahme (-3 %). Die biologisch fixierte N-Menge stammt grösstenteils aus dem Futterbau. Die Wiesenerträge – und damit indirekt die N-Menge im Wiesenfutter – fallen mit den GRUD 2017 teilweise tiefer aus, weil sie in der Bilanzrechnung anhand des GF-Verzehrs der Tiere bestimmt werden. Beim Bilanz-Output gibt es bei den pflanzlichen Futtermitteln, die auch das Wiesenfutter umfassen, eine Veränderung der enthaltenen Nährstoffmengen (-2,1 % N, -2,0 % P).

**Tab. 2 | Landwirtschaftliche Ammoniak(NH<sub>3</sub>)-Emissionen 2015, gegliedert nach Emissionsstufen sowie nach Tier- und Pflanzenproduktion, modelliert basierend auf den Stickstoffausscheidungen (N<sub>ex</sub>) der GRUDAF 2009 (Flisch et al. 2009) und GRUD 2017 (Richner und Sinaj 2017).**

	N <sub>ex</sub> GRUDAF 2009 (kt NH <sub>3</sub> -N)	N <sub>ex</sub> GRUD 2017 (kt NH <sub>3</sub> -N)	Differenz (%)
Weide	1,15	1,14	-0,4
Stall und Laufhof	15,04	15,08	0,2
Hofdüngerlagerung	7,42	7,46	0,6
Hofdüngerausbringung	18,38	18,42	0,2
<b>Totale Emissionen Tierproduktion</b>	<b>41,99</b>	<b>42,10</b>	<b>0,3</b>
Mineralischer N-Dünger	1,82	1,82	0,0
Recyclingdünger	0,36	0,36	0,0
Landwirtschaftliche Nutzfläche	2,10	2,10	0,0
<b>Totale Emissionen Pflanzenproduktion</b>	<b>4,28</b>	<b>4,28</b>	<b>0,0</b>
<b>Totale Emissionen Landwirtschaft</b>	<b>46,27</b>	<b>46,38</b>	<b>0,2</b>

Weil sich die Auswirkungen von Parametern, die in den GRUD 2017 geändert wurden, in der Berechnung der N- und P-Bilanzen teilweise gegenseitig aufheben, sind die Auswirkungen der GRUD-Revision auf die N- und P-Bilanzsaldi der Landwirtschaft nur gering. Der Saldo der N-Bilanz nimmt mit +1 % geringfügig zu und jener der P-Bilanz mit -2 % leicht ab.

### Ammoniak-Emissionen

Die NH<sub>3</sub>-Verluste bilden zusammen mit den Stickoxidemissionen aus der Verbrennung fossiler und biogener Brenn- und Treibstoffe die wichtigsten Quellen von reaktiven N-Verbindungen in der Atmosphäre, die wesentlich zur Versauerung und Eutrophierung von naturnahen Ökosystemen beitragen. NH<sub>3</sub> verursachte 2010 in der Schweiz rund zwei Drittel der Emissionen von reaktivem N; davon stammten 92 % aus der Landwirtschaft (Klossner et al. 2013).

Die Analyse der Auswirkungen der GRUD-Revision auf die landwirtschaftlichen NH<sub>3</sub>-Emissionen erfolgte für 2015 mit Hilfe des N-Flussmodells Agrammon (Kupper et al. 2015), das für die Berechnung des nationalen landwirtschaftlichen Emissionsinventars für NH<sub>3</sub> verwendet wird.

Die berechneten NH<sub>3</sub>-Verluste ergaben bei Verwendung der Richtwerte der GRUD 2017 bei sechs von insgesamt 24 Tierkategorien eine Veränderung um mehr als 10 %. Bei den drei Tierkategorien Milchkühe, Mastschweine und Mutterkühe, die anteilmässig den grössten Anteil der NH<sub>3</sub>-Emissionen ausmachen (zwei Drittel der Gesamtverluste), waren die Emissionsänderungen aufgrund der GRUD-Revision kleiner als 5 %.

Die Änderungen der GRUD 2017 hatten nur einen geringfügigen Einfluss auf die NH<sub>3</sub>-Emissionen der verschiedenen Emissionsstufen; die Änderungen bewegten sich in einem Bereich von -0,4 bis +0,6 % (Tab. 2). Die gesamten NH<sub>3</sub>-Verluste der Landwirtschaft nahmen mit den Richtwerten der GRUD 2017 um +0,2 % zu, jene der Tierproduktion um +0,3 %.

### Lachgasemissionen

N<sub>2</sub>O ist ein starkes Treibhausgas, das in der Schweiz zu 80 % aus der Landwirtschaft stammt; der Beitrag von N<sub>2</sub>O aus der Landwirtschaft zu den gesamten Treibhausgasverlusten der Schweiz beläuft sich auf 4,1 % (BAFU 2017). Für die Abschätzung der Auswirkungen der GRUD-Revision wurde das Inventarmodell (BAFU 2017) verwendet, mit dem das nationale Inventar der landwirtschaftlichen N<sub>2</sub>O-Emissionen berechnet wird. Es werden die N<sub>2</sub>O-Verluste der drei Emissionsbereiche «Weide, Stall, Hofdüngerlagerung», «Landwirtschaftliche Böden» (u. a.

Hofdüngerausbringung) und «Indirekte Emissionen» abgebildet, wobei das N-Flussmodell von Agrammon eine wichtige Grundlage ist.

Die Untersuchung des Einflusses der GRUD 2017 zeigte, dass sich bei sechs von insgesamt 24 Tierkategorien die N<sub>2</sub>O-Emissionen um mehr als 10 % veränderten. Bei den drei Tierkategorien Milchkühe, Mastschweine, Mutterkühe, die ca. 64 % der N<sub>2</sub>O-Verluste aus der Tierhaltung ausmachen, war die Änderung der N<sub>2</sub>O-Emissionen insgesamt kleiner als 0,3 %. Die Emissionen der Tierproduktion nahmen um +0,1 % zu, während sich die gesamten landwirtschaftlichen N<sub>2</sub>O-Verluste nicht veränderten. Bei den einzelnen Emissionsquellen wurden kaum Veränderungen festgestellt (Tab. 3), ausser bei den Tiefstreusystemen (enthalten in den «Anderen Hofdüngersystemen»), die jedoch relativ unbedeutend sind für die gesamten N<sub>2</sub>O-Emissionen.

## Schlussfolgerungen

Die Zu- beziehungsweise Abnahmen der Nährstoffausscheidungen bei den verschiedenen Tierkategorien sowie bei Input- und Outputgrössen der Nährstoffbilanzen kompensieren sich teilweise. Deshalb wurden keine deutlichen Auswirkungen der GRUD 2017 auf Nährstoffanfall sowie NH<sub>3</sub>- und N<sub>2</sub>O-Verluste auf sektorieller Ebene festgestellt. Während beim P der Überschuss der Bodenbilanz leicht zurückgeht, nimmt er beim N leicht zu. Wegen der geringen Effekte der GRUD-Revision auf die gesamten tierischen Ausscheidungen ändern sich auch die NH<sub>3</sub>- und N<sub>2</sub>O-Verluste der Landwirtschaft praktisch nicht. Von unserer Analyse auf sektorieller Ebene kann nicht abgeleitet werden, welche Auswirkungen die GRUD 2017

**Tab. 3 | Landwirtschaftliche Lachgas(N<sub>2</sub>O)-Emissionen 2015, gegliedert nach Emissionsbereichen, modelliert basierend auf den Stickstoffausscheidungen (N<sub>ex</sub>) der GRUDAF 2009 (Flisch *et al.* 2009) und GRUD 2017 (Richner und Sinaj 2017).**

	N <sub>ex</sub> GRUDAF 2009 (t N <sub>2</sub> O-N)	N <sub>ex</sub> GRUD 2017 (t N <sub>2</sub> O-N)	Differenz (%)
Güllelagerung	22,9	23,0	0,4
Mistlagerung	85,4	84,9	-0,6
Anderer Hofdüngersysteme	44,2	47,6	7,7
Indirekte Emissionen der Hofdüngersysteme	595,5	596,4	0,2
Weide	421,9	419,7	-0,5
Hofdüngerausbringung	838,6	838,4	-0,0
Ausbringung von Mineral- und Recyclingdüngern	505,8	505,8	0,0
Emissionen nach N-Mineralisierung im Boden	146,4	146,4	0,0
Zersetzung von Ernteresten	320,8	320,8	0,0
Indirekte Emissionen landwirtschaftlicher Böden	918,3	918,7	0,0
<b>Totale Emissionen Landwirtschaft</b>	<b>3899,8</b>	<b>3901,7</b>	<b>+0,0</b>

auf die einzelbetrieblichen Nährstoffbilanzen haben. Die in dieser Arbeit verwendete Bodenbilanzmethode ist nicht identisch mit der von den Betrieben verwendeten Suisse-Bilanz (Agridea und BLW 2015), die eine Anfalls-Bedarfs-Bilanzmethode darstellt. Informationen zu den GRUD-Effekten auf die einzelbetrieblichen N- und P-Bilanzen liefert das Parallelprojekt der Agridea (Weyermann und Arnold 2017). ■

## Literatur

- Agridea & BLW, 2015. Wegleitung Suisse-Bilanz, Auflage 1.13. Bundesamt für Landwirtschaft BLW, Bern. 25 S.
- BAFU, 2017. Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2015: National Inventory Report, CRF tables. Submission of 15 April 2015 under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- Flisch R., Sinaj S., Charles R. & Richner W., 2009. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (GRUDAF). *Agrarforschung* 16 (2), 1–97.
- Klossner M., Kupper T., Reidy B. & Menzi H., 2013. Historical development of ammonia emissions from agriculture in Switzerland over the past 150 years. In: RAMIRAN 2013 – Recycling of organic residues for agriculture: from waste management to ecosystem services (Eds. G. Vallez *et al.*). 15<sup>th</sup> International Conference, Versailles, France, 3–5 June 2013, 4 S.
- Kupper T., Bonjour C. & Menzi H., 2015. Evolution of farm and manure management and their influence on ammonia emissions from agriculture in Switzerland between 1990 and 2010. *Atmospheric Environment* 103, 215–221.
- Menzi H., Morel I. & Schlegel P., 2016a. Neue Ausscheidungsrichtwerte für Mutterkühe. *Agrarforschung Schweiz* 7 (7+8), 344–351.
- Menzi H., Stoll P. & Schlegel P., 2016b. Neue Ausscheidungsrichtwerte für Schweine. *Agrarforschung Schweiz* 7 (11+12), 484–489.
- Menzi H., Arrigo Y., Huguenin O., Mürger A., Schori F., Wyss U. & Schlegel P., 2016c. Neue Ausscheidungsrichtwerte für Milchkühe. *Agrarforschung Schweiz* 7 (10), 428–435.
- OECD & EUROSTAT, 2007. Gross Nitrogen Balances – Handbook. Zugang: <http://www.oecd.org/greengrowth/sustainable-agriculture/40820234.pdf> [30.01.2017].
- Richner W. & Sinaj S., 2017. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017). *Agrarforschung Schweiz* 8 (6), Spezialpublikation, 276 S.
- Weyermann I. & Arnold B., 2017. GRUD 2017: Auswirkungen auf die Futter- und Suisse-Bilanz. *Agrarforschung Schweiz* 8 (6), 244–247.