



Berner
Fachhochschule

Ammoniakemissionen und tierfreundliche Haltungssysteme

Resultate der Berechnungen für
STS-IP-SUISSE-Mutterkuh Schweiz 26.05.2021

Thomas Kupper

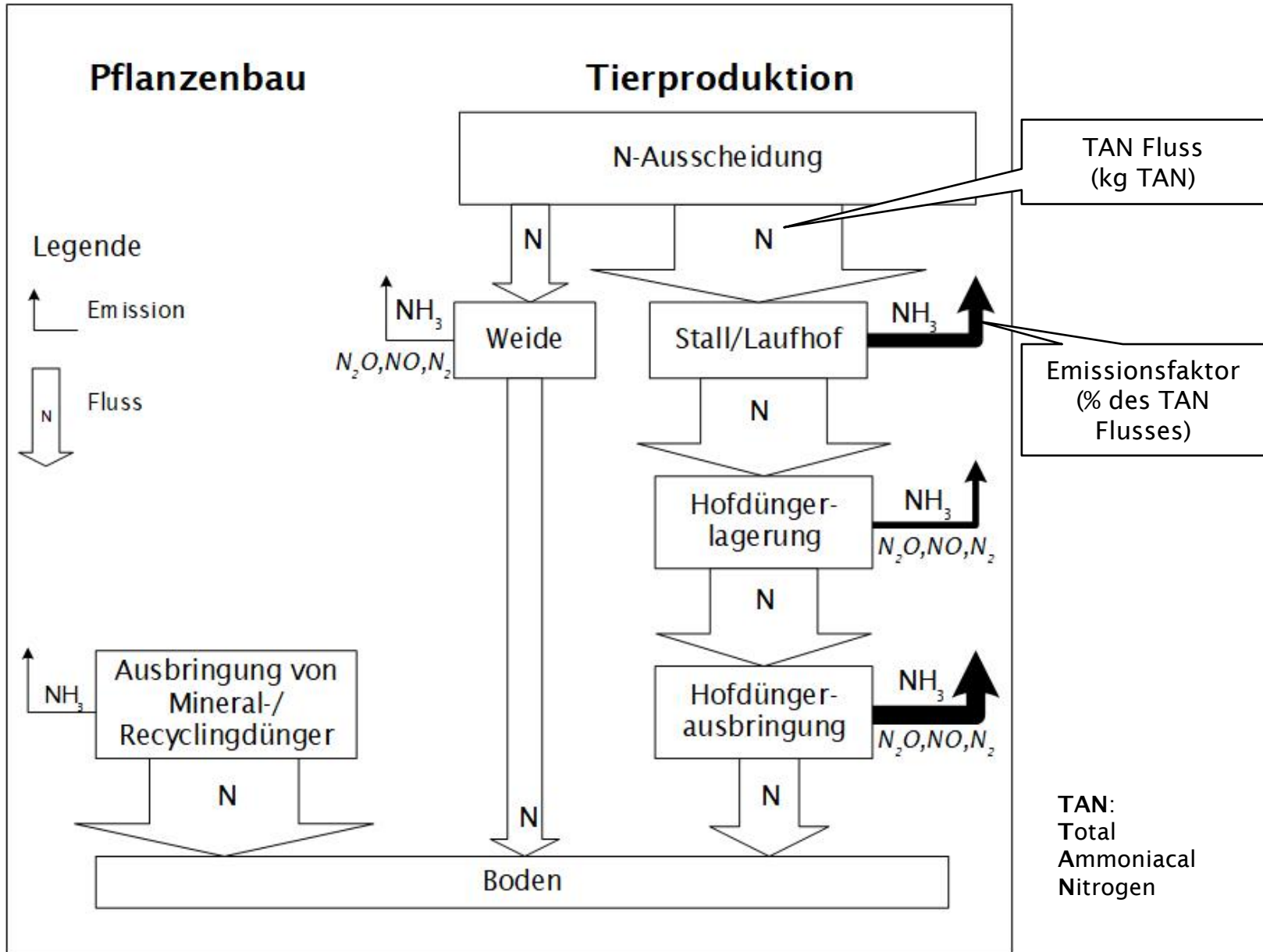
Einleitung

- ▶ Verpflichtungen zu Emissionsreduktion im Rahmen des Göteborg-Protokoll der UNECE Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung
- ▶ Umweltziele Landwirtschaft des Bundes
- ▶ Erfolgskontrolle mittels Emissionsmodellierung und Erstellung des schweizerischen Emissionsinventars
- ▶ State of the Art: Tier 3 Stoffflussmodell
- ▶ Auf Web frei verfügbar → weltweit einmalig
- ▶ Grundlagen:
 - ▶ Ausscheidungen der Nutztiere
 - ▶ Emissionsfaktoren auf den Stufen Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlagerung und -ausbringung

*Göteborg-Protokoll der UNECE Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung
<https://unece-modl.dotsoft.gr/environment-policyair/protocol-abate-acidification-eutrophication-and-ground-level-ozone>

BAFU, BLW. 2016. Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. Umwelt-Wissen Nr. 1633. Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Bundesamt für Landwirtschaft (BLW)

Modell AGRAMMON



Ziel der Studie

- ▶ Schätzung der Auswirkungen von tierfreundlichen Haltungssystemen auf die Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft
- ▶ Einschätzung des Minderungspotentials ausgewählter Techniken zur Emissionsreduktion mit Fokus auf die Emissionsstufe Stall/Laufhof

Übersetzung BTS, RAUS in Agrammon

Tierkat	BTS	Quelle BTS	Agrammon
Rindvieh	Ständiger Zugang Liegebereich	<i>Anhang 6 A, Ziff. 2.1, S. 89</i>	Laufstall
Rindvieh	Gruppenhaltung	<i>Anhang 6 A, Ziff. 2.5, S. 90</i>	Laufstall
Rindvieh	Fixierung ausgeschlossen	<i>Anhang 6 A, Ziff. 2.6, S. 89</i>	Laufstall
Schweine	Mehrflächenbucht: Liegebereich, nicht eingestreuter Bereich	<i>Anhang 6 A, Ziff. 5.1,2 S. 92</i>	Konventioneller Stall ohne Auslauf
Geflügel	ganzflächig eingestreuten Stall mit erhöhten Sitzgelegenheiten, tagsüber Zugang haben zu einem Aussenklimabereich (AKB)	<i>Anhang 6 A, Ziff. 7.1,2 S. 94</i>	Alle Stallsysteme
Equiden, Kleinwieder- käufer	-	-	Keine Differenzierung

Übersetzung BTS, RAUS in Agrammon

Tierkat.	RAUS	Quelle RAUS	Agrammon
Rindvieh , Equiden, Kleinwiederkäuer	Tieren ist wie folgt Auslauf zu gewähren vom 1. Mai bis zum 31. Oktober: an mindestens 26 Tagen pro Monat auf einer Weide	<i>Anhang 6 B, Ziff. 2.1a, S. 96</i>	Jährliche Weidetage ≥ 156
Rindvieh , Kleinwiederkäuer	mindestens 25 Prozent ihres Tagesbedarfs an Trockensubstanz durch Weidefutter decken können	<i>Anhang 6 B, Ziff. 2.4a, S. 97</i>	Tägliche Weidestunden: $>3^*$
Rindvieh , Equiden, Kleinwiederkäuer	Tieren ist wie folgt Auslauf zu gewähren vom 1. November bis zum 30. April: an mindestens 13 Tagen pro Monat auf einer Auslaufläche oder einer Weide	<i>Anhang 6 B, Ziff. 2.1b, S. 96</i>	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof $\geq 78^{**}$
Alternativ für Rindvieh: Aufzuchtrinder unter 1-jährig Masttiere (Rindviehmast), Mastkälber	Tieren der Rindergattung und Wasserbüffeln ausser Milchkühen, andern Kühen und den über 160 Tage alten weiblichen Nachzuchtieren, kann alternativ zu Ziffer 2.1 während des ganzen Jahres dauernd Zugang zu einer Auslaufläche gewährt werden	<i>Anhang 6 B, Ziff. 2.2 S. 96</i>	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof 365; **Jährliche Weidetage = 0
Schweine	Allen Tierkategorien der Schweinegattung ausser säugenden Zuchtsauen muss jeden Tag ein mehrstündiger Zugang zu einer Auslaufläche oder einer Weide gewährt werden	<i>Anhang 6 B, Ziff. 3.1 S. 98</i>	Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf oder Weidehaltung (ganzjährig auf Weide)
Geflügel	An jedem Tag müssen die Tiere: tagsüber Zugang zu einem Aussenklimabereich nach Buchstabe A Ziffern 7.5–7.8 haben; und b. von spätestens 13 Uhr bis mindestens 16 Uhr, im Minimum aber während fünf Stunden Zugang zu einer Weide haben.	<i>Anhang 6 B, Ziff. 4.1a,b S. 99</i>	Haben die Tiere Zugang zu einer Weide? Ja

Gerechnete Szenarien

- ▶ Basisszenario; das Basisszenario sind die Emissionen der Schweiz für das Jahr 2015/2019 berechnet mittels Agrammon Regionalmodell auf der Grundlage der Produktionstechnik 2015 (Kupper et al., 2018) und Tierzahlen von 2019
- ▶ 1a 100% BTS ohne emissionsmindernde Techniken auf Stufe Stall/Laufhof
- ▶ 1b 100% BTS mit emissionsmindernden Techniken auf Stufe Stall/Laufhof, die eine Reduktion der Emissionen aus dem Stall von 30% für 100% der Tiere bewirken
- ▶ 1c 100% BTS mit emissionsmindernden Techniken auf Stufe Stall/Laufhof, die eine Reduktion der Emissionen aus dem Stall von 50% für 100% der Tiere bewirken
- ▶ 1d 100% BTS mit emissionsmindernden Techniken auf Stufe Stall/Laufhof, die eine Reduktion der Emissionen aus dem Stall von 50% für 100% der Tiere bewirken, plus weitgehende Umsetzung emissionsmindernder Techniken bei Hofdüngerlagerung und -ausbringung

▶ *Kupper, T., Bonjour, C., Menzi, H., Bretscher, D., & Zaucker, F. (2018). Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neuberechnung 1990-2015 URL: <http://www.agrammon.ch/dokumente-zum-download/>.

Gerechnete Szenarien

- ▶ 2a 100% RAUS ohne Umsetzung emissionsmindernder Techniken auf Stufe Stall/Laufhof
- ▶ 2b 100% RAUS mit emissionsmindernden Techniken auf Stufe Stall/Laufhof, die eine Reduktion der Emissionen aus dem Stall von 30% für 100% der Tiere bewirken
- ▶ 2c 100% RAUS mit emissionsmindernden Techniken auf Stufe Stall/Laufhof, die eine Reduktion der Emissionen aus dem Stall von 50% für 100% der Tiere bewirken
- ▶ 2d 100% RAUS mit emissionsmindernden Techniken auf Stufe Stall/Laufhof, die eine Reduktion der Emissionen aus dem Stall von 50% für 100% der Tiere bewirken, plus weitgehende Umsetzung emissionsmindernder Techniken bei Hofdüngerlagerung und -ausbringung

Gerechnete Szenarien

- ▶ 3a 100% BTS/RAUS ohne Umsetzung emissionsmindernder Techniken auf Stufe Stall/Laufhof
- ▶ 3b 100% BTS/RAUS mit emissionsmindernden Techniken auf Stufe Stall/Laufhof, die eine Reduktion der Emissionen aus dem Stall von 30% für 100% der Tiere bewirken
- ▶ 3c 100% BTS/RAUS mit emissionsmindernden Techniken auf Stufe Stall/Laufhof, die eine Reduktion der Emissionen aus dem Stall von 50% für 100% der Tiere bewirken
- ▶ 3d 100% BTS/RAUS mit emissionsmindernden Techniken auf Stufe Stall/Laufhof, die eine Reduktion der Emissionen aus dem Stall von 50% für 100% der Tiere bewirken, plus weitgehende Umsetzung emissionsmindernder Techniken bei Hofdüngerlagerung und -ausbringung

Gerechnete Szenarien

- ▶ 4a 100% BTS/RAUS ohne Umsetzung emissionsmindernder Techniken auf Stufe Stall/Laufhof und 100% der Milchkühe mit Vollweide*
- ▶ 4b 100% BTS/RAUS mit emissionsmindernden Techniken auf Stufe Stall/Laufhof, die eine Reduktion der Emissionen aus dem Stall von 30% für 100% der Tiere bewirken, und 100% der Milchkühe mit Vollweide*
- ▶ 4c 100% BTS/RAUS mit emissionsmindernden Techniken auf Stufe Stall/Laufhof, die eine Reduktion der Emissionen aus dem Stall von 50% für 100% der Tiere bewirken, und 100% der Milchkühe mit Vollweide*
- ▶ 4d 100% BTS/RAUS mit emissionsmindernden Techniken auf Stufe Stall/Laufhof, die eine Reduktion der Emissionen aus dem Stall von 50% für 100% der Tiere bewirken, und 100% der Milchkühe mit Vollweide* plus weitgehende Umsetzung emissionsmindernder Techniken bei Hofdüngerlagerung und -ausbringung

*Annahme: 17 Stunden Weide pro Tag

Gerechnete Szenarien

- ▶ Änderungen aufgrund von BTS und RAUS angewendet auf die Tierkategorien Milchkühe, übriges Rindvieh, Zuchtschweine, Mastschweine, Geflügel
- ▶ Parameter für übrige Tierkategorien und Pflanzenbau werden in die Modellrechnung eingeschlossen (damit die Gesamtemissionen Landwirtschaft modelliert werden können), werden aber im Vergleich zum Basisszenario nicht verändert

Bemerkungen zu den gerechneten Szenarien

- ▶ Die Szenarien basieren auf stark vereinfachten Annahmen:
 - ▶ Keine Änderungen der Tierbestände: dass Szenarien eine Änderung von Tierbeständen zur Folge haben können, wird vereinfachend nicht berücksichtigt
 - ▶ Pauschale Annahmen zur Umsetzung emissionsmindernder Techniken für den Stall im Sinne einer Vereinfachung
 - ▶ Die Szenarien 1-4b,c,d, die eine Emissionsreduktion beinhalten, erfolgten im Hinblick auf eine Einschätzung der Wirkung emissionsmindernder Techniken in Kombination mit tierfreundlichen Haltungssystemen auf die Ammoniakverluste aus der Landwirtschaft. Die Resultate sind keine Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen in Zukunft
 - ▶ 30% bzw. 50% Emissionsreduktion für den Stall entsprechen einer ambitionierten Umsetzung emissionsmindernder Techniken. Eine Emissionsminderung auf Stufe Stall und Laufhof um 50% wäre gemäss Stand des Wissens heute beispielsweise nur mit Anlagen zur Ansäuerung von Gülle im Stall bei Rindvieh und Schweinen oder Abluftreinigung bei Schweinen und Geflügel erreichbar. Für eine solche Emissionsminderung von 30% bzw. 50% aus dem Stall wäre eine flächendeckende Umsetzung solcher Techniken erforderlich

Bemerkungen zu den gerechneten Szenarien

- ▶ Die Szenarien basieren auf stark vereinfachten Annahmen:
 - ▶ Die Szenarien 4a-d unterstellen vereinfachend, dass sämtliche Milchkühe in einem System mit Vollweide gehalten werden
Aufgrund der Topographie und der Struktur der Betriebe ist dies kaum möglich. Die Auswirkungen der Vollweide auf die Emissionen gemäss Modellrechnung entsprechen demzufolge einem Best Case
 - ▶ «Weitgehende Umsetzung emissionsmindernder Techniken bei Hofdüngerlagerung und -ausbringung» bedeutet: Abdeckung sämtlicher Güllelager und emissionsmindernde Gülleausbringtechnik soweit von Topographie und Parzellengrösse möglich.
Dies bedeutet, dass 70% der Güllemenge mit emissionsmindernder Gülleausbringtechnik ausgebracht werden
 - ▶ Untersuchungen zu Umsetzbarkeit und Kosten der Szenarien (z.B. emissionsmindernde Techniken) waren nicht Gegenstand dieser Studie

Resultate

Emissionen nach Tierkategorie

Veränderung relativ zum Basisszenario in Prozent

	1a 100% BTS OR	1b 100% BTS 30%R	1c 100% BTS 50%R	1d 100% BTS 50%R+ R L-A	2a 100% RAUS OR	2b 100% RAUS 30%R	2c 100% RAUS 50%R	2d 100% RAUS 50%R+ R L-A
Milchkühe	4.4%	0.3%	-2.5%	-19%	-1.6%	-4.1%	-5.7%	-21%
Übriges Rindvieh	-0.3%	-3.8%	-6.0%	-17%	-2.7%	-5.4%	-7.2%	-18%
Mastschweine	-0.9%	-14%	-23%	-35%	12%	-4.9%	-16%	-28%
Zuchtschweine	-1.0%	-13%	-22%	-34%	19%	0.6%	-11%	-24%
Geflügel	0%	-8.3%	-14%	-14%	1.7%	-6.6%	-12%	-12%
Übrige	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Pflanzenbau	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Total	1.8%	-3.2%	-6.6%	-19%	0.5%	-4.1%	-7.2%	-19%

Resultate

Emissionen nach Tierkategorie

Veränderung relativ zum Basisszenario in Prozent

	3a 100% BTS/RAUS OR	3b 100% BTS/RAUS 30%R	3c 100% BTS/RAUS 50%R	3d 100% BTS/RAUS 50%R+ R L-A	4a 100% BTS/RAUS VW OR	4b 100% BTS/RAUS VW 30%R	4c 100% BTS/RAUS VW 50%R	4d 100% BTS/RAUS VW 50%R+ R L-A
Milchkühe	2.7%	-1.2%	-3.8%	-20%	-12%	-16%	-18%	-31%
Übriges Rindvieh	-3.0%	-6.0%	-8.0%	-19%	-2.3%	-5.2%	-7.2%	-18%
Mastschweine	11%	-5.7%	-17%	-28%	13%	-4.5%	-16%	-27%
Zuchtschweine	18%	-0.2%	-12%	-24%	19%	1.1%	-11%	-23%
Geflügel	1.7%	-6.6%	-12%	-12%	1.7%	-6.6%	-12%	-12%
Übrige	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Pflanzenbau	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Total	2.3%	-3.1%	-6.7%	-18%	-4.2%	-9.2%	-13%	-23%

Resultate

Emissionen alle Tierkategorien nach Emissionsstufe Veränderung relativ zum Basisszenario in Prozent

	1a 100% BTS OR	1b 100% BTS 30%R	1c 100% BTS 50%R	1d 100% BTS 50%R+ R L-A	2a 100% RAUS OR	2b 100% RAUS 30%R	2c 100% RAUS 50%R	2d 100% RAUS 50%R+ R L-A
Weide	-0.4%	-0.4%	-0.4%	-0.4%	19%	19%	19%	19%
Stall/Laufhof	13%	-14%	-32%	-32%	7.4%	-17%	-34%	-34%
Hofdünger- lagerung	-8.4%	-6.4%	-5.1%	-33%	-1.6%	0.3%	1.6%	-26%
Hofdünger- ausbringung	-2.3%	7.4%	14%	-2.8%	-5.6%	3.2%	9.0%	-5.9%
Tierproduktion	1.9%	-3.4%	-6.9%	-20%	0.6%	-4.3%	-7.6%	-20%
Pflanzen- produktion	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Total	1.8%	-3.2%	-6.6%	-19%	0.5%	-4.1%	-7.2%	-19%

Resultate

Emissionen alle Tierkategorien nach Emissionsstufe Veränderung relativ zum Basisszenario in Prozent

	3a 100% BTS/RAUS OR	3b 100% BTS/RAUS 30%R	3c 100% BTS/RAUS 50%R	3d 100% BTS/RAUS 50%R+ R L-A	4a 100% BTS/RAUS VW OR	4b 100% BTS/RAUS VW 30%R	4c 100% BTS/RAUS VW 50%R	4d 100% BTS/RAUS VW 50%R+ R L-A
Weide	18%	18%	18%	18%	63%	63%	63%	63%
Stall/Laufhof	20%	-8.4%	-27%	-27%	13%	-13%	-31%	-31%
Hofdünger- lagerung	-9.9%	-7.9%	-6.6%	-34%	-11%	-9.4%	-8.2%	-36%
Hofdünger- ausbringung	-7.8%	2.5%	9.3%	-6.5%	-21%	-12%	-5.3%	-18%
Tierproduktion	2.4%	-3.2%	-7.0%	-19%	-4.5%	-9.7%	-13%	-24%
Pflanzen- produktion	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Total	2.3%	-3.1%	-6.7%	-18%	-4.2%	-9.2%	-13%	-23%

Kommentare zu Resultaten

- ▶ Grundsätzlich: die Modellrechnungen unterliegen methodenbedingt einer gewissen Unschärfe. Die Angabe von Zahlen mit Nachkommastellen soll keine entsprechende Genauigkeit suggerieren
- ▶ Emissionszunahme bei 100% BTS total um 1.8%
 - ▶ Ursache Änderungen: Ersatz Anbindestall durch Laufstall bei Rindvieh
 - ▶ Zunahme Emissionen Stall/Laufhof um 30% Milchkühe und 7% übriges Rindvieh (aktuell: Anteil Anbindestall Milchkühe >> Anteil Anbindestall übriges Rindvieh)
 - ▶ Emissionszunahme total << Zunahme Emissionen Stall/Laufhof, da
 - ▶ Änderung Emissionen praktisch nur bei Rindvieh
 - ▶ im Stoffflussmodell Änderungen auf Stufe Stall/Laufhof auf den Stufen Hofdüngerlagerung/-ausbringung teilweise kompensiert werden (weniger N vorhanden auf Stufen Hofdüngerlagerung/-ausbringung, wenn NH_3 -Verluste auf Stufe Stall/Laufhof zunehmen)

Kommentare zu Resultaten

- ▶ Emissionsreduktion bei 100% BTS mit emissionsmindernden Techniken (50% Emissionsreduktion auf Stufe Stall/Laufhof) um -6.6%
 - ▶ Reduktion Emissionen Stall/Laufhof um -22% Milchkühe und -30% übriges Rindvieh: Emissionsreduktion <50%, da Emissionszunahme wegen 100% BTS und Emissionsreduktion nur im Stall erfolgt und nicht im Laufhof
 - ▶ Emissionsreduktion total << Reduktion Emissionen Stall/Laufhof, da im Stoffflussmodell Änderungen auf Stufe Stall/Laufhof auf den Stufen Hofdüngerlagerung/-ausbringung teilweise kompensiert werden (mehr N vorhanden auf Stufen Hofdüngerlagerung/-ausbringung, wenn NH_3 -Verluste auf Stufe Stall/Laufhof reduziert werden)

Kommentare zu Resultaten

- ▶ Emissionsreduktion bei 100% RAUS Milchkühe um -1.6% wegen
 - ▶ nur geringfügig mehr Weide; Anforderungen RAUS bez. Weide schon jetzt fast flächendeckend erfüllt
 - ▶ kaum Änderungen Laufhof (was zusätzliche Emissionen verursachen würde); Anforderungen RAUS bezüglich Laufhof schon jetzt fast flächendeckend erfüllt
- ▶ Emissionszunahme bei 100% RAUS Mastschweine bzw. Zuchtschweine um 12% bzw. 19%
 - ▶ höhere Anteile Systeme mit Mehrflächenbucht und Auslauf plus mehr Freilandhaltung (allerdings auf tiefem Niveau)
- ▶ Emissionszunahme bei 100% BTS/RAUS Rindvieh um 2.3%
 - ▶ Kombination Effekte wie vorgängig beschrieben: Ersatz Anbindestall durch Laufstall bei Rindvieh (BTS); höhere Anteile Systeme mit Mehrflächenbucht und Auslauf bei Schweinen (RAUS)
 - ▶ Nur kleine Emissionsreduktion bei Rindvieh wegen mehr Weide (RAUS)
- ▶ Effekt der Vollweide bei Milchkühen ist eher moderat: bringt zwar eine Emissionsreduktion, aber nur in begrenztem Ausmass

Kommentare zu Resultaten

- ▶ Allgemein sind die Effekte relativ klein, weil
 - ▶ nur eine Emissionsstufe und nicht alle Tierkategorien betroffen sind
 - ▶ die Differenz zwischen 100% BTS bzw. 100% RAUS im Vergleich zum Zustand aktuell bezüglich Produktionstechnik nicht sehr gross ist (Anforderungen BTS und RAUS bezüglich Weide, Aufstallung und Laufhof schon jetzt weit bis fast flächendeckend erfüllt)
 - ▶ im Stoffflussmodell Änderungen auf Stufe Stall/Laufhof auf den Stufen Hofdüngerlagerung/-ausbringung teilweise kompensiert werden
- ▶ Auch Vollweide bei Milchkühen bringt keine deutliche Verbesserung in Richtung Emissionsreduktion, da der Weideanteil (im Mittel aktuell ca. 8.5 h Weide pro Tag) bereits jetzt gross ist
- ▶ Eine Emissionsreduktion von total rund 20% ist möglich mit flächendeckender Umsetzung emissionsmindernder Techniken mit 50% Emissionsreduktion im Stall und weitgehender Umsetzung emissionsmindernder Techniken bei Hofdüngerlagerung und -ausbringung. Dies zu erreichen erfordert grosse Anstrengungen bei der Umsetzung emissionsmindernder Techniken

Fazit

- ▶ Sowohl 100% BTS, 100% RAUS als auch 100% BTS/RAUS führen nicht zu einer drastischen Emissionszunahme
- ▶ Emissionsmindernde Techniken (30% bzw. 50% Emissionsreduktion auf Stufe Stall/Laufhof) kombiniert mit 100% BTS, 100% RAUS oder 100% BTS/RAUS führen voraussichtlich nicht zu einer ausreichenden Emissionsreduktion
- ▶ Verbesserung des Tierwohls (höhere Anteile BTS und/oder RAUS) erschwert das Einhalten des Zielpfads in Richtung Einhaltung kritischer Stickstoffeinträge in natürliche Ökosysteme zusätzlich, wenn auch in begrenztem Ausmass