

Bericht über das Reduzierungspotential von NH₃-Verlusten in Milchviehbetrieben infolge der Rationsoptimierung mit Rentabilitätsanalyse der vorgeschlagenen Maßnahmen



Bericht über das Reduzierungspotential von NH₃-Verlusten in Milchviehbetrieben infolge der Rationsoptimierung mit Rentabilitätsanalyse der vorgeschlagenen Maßnahmen

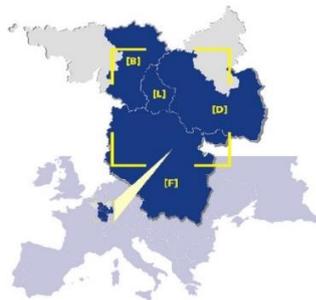
Autoren: Rocco Lioy*, Audrey Feyder*, Romain Reding* (*CONVIS Société coopérative)

Mai 2022

AutoProt

Das Projekt zielt auf die Verbreitung von Maßnahmen und Innovationen, die eine Verbesserung der Eiweißautarkie in Milchviehbetrieben der Groß-Region sowie der Groß-Region als Ganzes erlauben. Die Miteinbeziehung der Akteure im Projekt soll eine kritische Beurteilung und die Aneignung dieser Innovationen durch den Sektor zwecks Steigerung seiner Wettbewerbsfähigkeit ermöglichen. Dies wird darüber hinaus auch die Dauerhaftigkeit des Austausches zwischen diesen Akteuren jenseits der Projektzeitgrenzen gewährleisten. Nach der Definition und Anwendung einer Methodik zur Erfassung der Autarkie und der Nachhaltigkeit von Betrieben und Gebieten wird eine Bestandaufnahme der anwendbaren Innovationen für ihre Verbesserung durchgeführt. Ein besonderes Augenmerk wird den Synergien geschenkt, die sich durch die Behandlung der Problematik auf der Ebene der Groß-Region ergeben sowie den Maßnahmen, die in der Lage sind, die Hindernisse zur Anwendung der Innovationen zu reduzieren.

AutoProt ist ein Projekt des INTERREG VA Großregion Programmes und wird durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung kofinanziert. Unter dem Vorsitz von CONVIS wird eine Zusammenarbeit zwischen 10 Partnerorganisationen der Großregion aufgebaut.



INTERREG V A Großregion

INTERREG, auch die „Europäische territoriale Zusammenarbeit (ETZ)“ genannt, ist Teil der Kohäsionspolitik der Europäischen Union. Wesentliches Ziel dieser Politik ist es, die wirtschaftliche, soziale und territoriale Kohäsion zwischen den verschiedenen Gebieten der Europäischen Union zu stärken und Entwicklungsunterschiede zu verringern.

Das INTERREG-Programm wird aus dem „Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung“ (EFRE) gefördert und bildet seit mehr als 30 Jahren einen Rahmen für grenzüberschreitende, transnationale und interregionale Kooperationen in Europa. 2014 begann die 5. Förderperiode des INTERREG-Programms, die bis 2020 laufen wird.

Das INTERREG V A Programm Großregion fördert grenzüberschreitende Kooperationen zwischen lokalen und regionalen Akteuren im Gebiet der Großregion.

Kontakt

CONVIS s.c.

4, Zone Artisanale et Commerciale

L-9085 Ettelbruck Grand-Duché de Luxembourg

Tel : +352-26 81 20 – 0

Email: info@convis.lu

Für das PDF dieses Berichtes,

Pour le pdf de ce rapport, plus d'informations et de résultats, voir : www.autoprot.eu

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
1. Einleitung	- 1 -
2. Zusammenhang zwischen Harnstoffgehalt in der Milch und Autarkieparametern	- 2 -
2.1. Bedeutung des Harnstoffgehaltes in der Milch in der Voraussage von Emissionen an Ammoniak (NH ₃) aus der Rinderhaltung	- 2 -
2.2. Erforschung des Zusammenhangs zwischen Harnstoff im Milchtank und Autarkieparametern (Periode 2014-2016, Betriebe wie in Aktion 3)	- 3 -
2.3. Erforschung des Zusammenhangs zwischen Harnstoff im Milchtank und dem Rohproteingehalt der Ration von Milchkühen für ausgewählte Betriebe (Jahre 2014-2020)	- 5 -
3. Zusammenhang zwischen NH ₃ -Verlusten und Rohproteinüberschüssen bzw. Autarkieparametern der Milchviehherden	- 7 -
3.1. Methodik der Ermittlung von NH ₃ -Verlusten und von Rohproteingehalten	- 7 -
3.1.1. Berechnung von Ammoniakemissionen	- 7 -
3.1.2. Berechnung des Rohproteingehalts der Rationen in Milchviehbetrieben	- 8 -
3.2. Korrelationen zwischen NH ₃ -Verlusten und Eiweißautarkie sowie zwischen Eiweißverlusten und XP-Gehalten in der Ration	- 9 -
4. Möglichkeiten der Reduzierung der NH ₃ -Emissionen in der Milchviehhaltung durch Optimierung des Rohproteingehaltes und Quantifizierung der Auswirkungen auf die Rentabilität der Betriebe	- 13 -
4.1. Reduzierung von NH ₃ Emissionen durch eine Absenkung des XP-Gehaltes in der Ration der Milchkühe auf 15%	- 13 -
4.1.1. Berechnungsmethodik	- 13 -
4.1.2. Ergebnisse und Diskussion	- 14 -
4.2. Kosten der Reduzierung der NH ₃ Emissionen durch eine Absenkung des XP-Gehaltes in der Ration der Milchkühe auf 14%	- 16 -
4.2.1. Berechnungsmethodik	- 17 -
4.2.2. Ergebnisse und Diskussion	- 18 -
5. Schlussfolgerungen	- 21 -
6. Literatur	- 23 -

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 : Anzahl der ausgewerteten Betriebe nach Teilregion	- 3 -
Tabelle 2: Ammoniak-Emissionen (*kg NH ₃ _N/ha) und Viehbesatzdichte der ausgewerteten Betriebe- 8 -	
Tabelle 3: Rohproteingehalte sowie Rohprotein- und Trockensubstanzaufnahme der Milchviehherden der ausgewerteten Betriebe (CP=Rohprotein, DM=Trockensubstanz).....	- 9 -
Tabelle 4a und 4b: Bestimmtheitsmaß der Korrelationen zwischen dem nicht verwerteten Eiweiß und den NH ₃ -Emissionen für die Teilregionen und für die Betriebstypen	- 10 -
Tabelle 5: XP-Gehalt in % der Ration der Milchkühe und Einsparpotential an NH ₃ -Emissionen in % in den Betrieben der verschiedenen Regionen.....	- 14 -
Tabelle 6 : Leistungsminderung in % bei Absenkung des XP-Gehaltes der Ration von 15% auf 14%, Kosten der reduzierten NH ₃ Emissionen in Euro pro Kuh und Jahr, Kosten der reduzierten NH ₃ Emissionen pro % NH ₃ und Signifikanzunterschiede der Kosten pro % NH ₃ , nach Region.....	- 18 -
Tabelle 7: Kosten der reduzierten NH ₃ Emissionen in Euro pro Kuh und Jahr, Kosten der reduzierten NH ₃ Emissionen pro % NH ₃ und Signifikanzunterschiede der Kosten pro % NH ₃ , nach Betriebstyp	- 19 -
-	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Korrelation zwischen Harnstoffgehalt in der Milch (MUN) und NH ₃ -Verlusten von Milchkühen (Quelle: Bracher 2011)	- 2 -
Abbildung 2: Korrelation zwischen Harnstoffgehalt in der Milch (MLP) und Eiweißautarkie.....	- 2 -
Abbildung 3: Korrelationen zwischen der Eiweißautarkie relativ (links) und absolut (rechts) und dem Harnstoffgehalt der Milch (X-Achse, Werte in ppm).....	- 4 -
Abbildung 4: Korrelationen zwischen Eiweißverluste, Eiweißzukauf, Bedarf an Eiweiß und verfüttertem Rohprotein mit dem Harnstoffgehalt der Milch (X-Achse, Werte in ppm)	- 4 -
Abbildung 5: Korrelationen zwischen Harnstoffgehalt in der Milch (Y-Achse, Werte in ppm) und Rohproteingehalt in der Ration (Y-Achse, Werte in g XP pro 1000 g Trockensubstanz)	- 5 -
Abbildung 6: Der Massenflusskonzept zur Berechnung der Emissionen von N-Spezies aus der Rinderhaltung (nach IPCC 2066).....	- 7 -
Abbildung 7: Korrelationen zwischen den NH ₃ -Verlusten (kg NH ₃ _N/ha, Achse Y) und der Eiweißautarkie (Achse X. Links: relativ, rechts: absolut).....	- 9 -
Abbildung 8: Korrelation zwischen den NH ₃ -Verlusten (kg NH ₃ _N/ha, Achse Y) und dem nicht verwerteten Eiweiß (Achse X, kg Rohprotein/ha)	- 10 -
Abbildung 9: Korrelation zwischen den NH ₃ -Verlusten (kg NH ₃ _N/ha, Achse Y) und dem Rohproteingehalt der Ration (Achse X, % i.d. TS)	- 11 -
Abbildung 10: Korrelation zwischen dem nicht verwerteten Eiweiß (kg XP/ha, Achse Y) und dem Rohproteingehalt der Ration (Achse X, % i.d. TS)	- 12 -
Abbildung 11: Box-Plot der Werte des Einsparpotentials an NH ₃ nach Region	- 14 -
Abbildung 12: Anteil der Betriebe mit Rationen >15% XP, XP-Gehalt der Rationen in % und Einsparpotential von NH ₃ Emissionen, wenn der XP-Gehalt der Ration auf 15% reduziert wird, je nach Betriebstyp	- 15 -
Abbildung 13: Box-Plot der Werte des Einsparpotentials an NH ₃ nach Betriebstyp und Signifikanzunterschiede, gleicher Buchstabe bedeutet kein signifikanter Unterschied	- 16 -
Abbildung 14: Box-Plot der Kosten pro % reduziertem NH ₃ in Euro nach Region	- 19 -
Abbildung 15: Box-Plot der Kosten pro % reduziertem NH ₃ in Euro nach Region und Signifikanzunterschiede, gleicher Buchstabe bedeutet kein signifikanter Unterschied	- 20 -

1. Einleitung

Das Hauptziel der Aktion 8 ist es, Möglichkeiten und Grenzen einer Verwendung der Eiweißautarkieparameter zur Quantifizierung des Verlustpotentials an NH_3 in Milchviehbetrieben festzustellen. Diese Untersuchung findet vor dem Hintergrund der Notwendigkeit, die NH_3 -Emissionen zu reduzieren, wie dies von der NEC-Direktive der EU (2016) ausdrücklich gefordert wird. Diesbezüglich hat sich z.B. Luxemburg darauf verpflichtet, seine NH_3 -Emissionen aus der Landwirtschaft um 22% bis zum Jahr 2025 zu reduzieren. Der größte Teil dieser Reduzierung fällt auf der Milchviehbranche zu.

Diesbezüglich werden mehrere parallellaufende Pfade untersucht. Zum einen soll ein möglicher Zusammenhang zwischen Harnstoffgehalt in der Milch und Autarkieparametern gekoppelt mit der Höhe des NH_3 -Ausstosses durch die Milchkühe untersucht werden. Was der Harnstoffgehalt der Milch betrifft, handelt es sich einerseits um die Analysen der Molkereien derselben Jahre und der Betriebe, für die die Berechnung der Eiweißautarkie im Rahmen der Aktion 3 „Analyse“ durchgeführt wurde. Andererseits, um die Präzision der Voraussage zu erhöhen, werden zusätzlich Daten aus ausgewählten Betrieben genommen, speziell aus den Futterrattenen der Milchkühe, und diese in Verbindung damit den jeweiligen Harnstoffgehalte gesetzt.

Parallel dazu soll versucht werden, zu quantifizieren, in welchem Umfang sich die Ammoniakemissionen unter Praxisbedingungen über eine Optimierung des Rohproteingehaltes in der Ration von Milchkühen reduzieren lassen. Diesbezüglich werden zunächst die allgemeinen Zusammenhänge zwischen den Ammoniakemissionen auf der einen Seite und dem Rohproteinüberschuss sowie den Autarkieparametern auf der anderen Seite untersuchen. Weiter wird ermittelt, wie viel sich durch eine Optimierung der Fütterung und unter den Projektbedingungen an Ammoniak vermeiden lässt. Schließlich soll untersucht werden, wie viel die vermiedene Menge an Ammoniak kostet (z. B.: Kosten für die Vermeidung von 1 kg NH_3), wobei die positiven Auswirkungen der Einsparung durch die Fütterung und die negativen Auswirkungen im Zusammenhang mit einer möglichen Reduzierung der Milchproduktion miteinander ausbalanciert werden sollen. Die Kostenanalyse gewährt die Übereinstimmung der Aktion 8 mit dem Hauptziel des Projektes, nämlich der Wettbewerbsfähigkeit der Milchviehbetriebe im Zusammenhang mit ihrer Eiweißautarkie.

2. Zusammenhang zwischen Harnstoffgehalt in der Milch und Autarkieparametern

2.1. Bedeutung des Harnstoffgehaltes in der Milch in der Voraussage von Emissionen an Ammoniak (NH₃) aus der Rinderhaltung

Hauptverantwortlich für NH₃-Emissionen aus der Rinderhaltung ist das Urinanteil der Ausscheidungen (KTBL/UBA 2021). Je höher die Urinanteile in den Ausscheidungen sind, umso höher die NH₃-Emissionen. Ein weiterer wichtiger Sachverhalt ist, dass zwischen dem Harnstoffgehalt des Urins und dem Harnstoffgehalt in der Milch eine enge Korrelation besteht, wie von zahlreichen Studien (u.a. Bannik & Hindle 2003, Broderick 2003, Speck et al. 2013) belegt wird. Steigt der Harnstoffgehalt in der Milch, so ist auch mit höheren Harnstoffkonzentrationen im Urin zu rechnen. Das bedeutet, dass der Harnstoffgehalt in der Milch als Indikator für die Ammoniakverluste aus der Milchviehhaltung herangezogen werden kann, wie durch Abb.1 belegt wird.

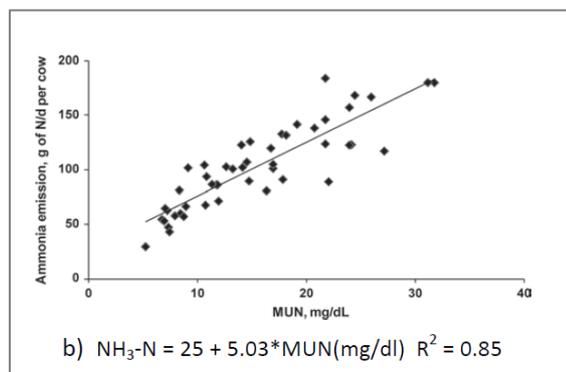


Abbildung 1: Korrelation zwischen Harnstoffgehalt in der Milch (MUN) und NH₃-Verlusten von Milchkühen (Quelle: Bracher 2011)

Auch die Eiweißautarkie erweist sich als ein geeigneter Parameter dafür, Milchviehbetriebe mit höheren Harnstoffgehalten und daher mit höherem NH₃-Verlustpotential ausfindig zu machen. Wie Abb.2 belegt, zeigt die Eiweißautarkie der Luxemburger 78 AUTOPROT-Betriebe einen relativ deutlichen Zusammenhang mit dem Harnstoffgehalt in der Milch (daten aus der Milchleistungsprüfung, Schnitt der Jahre 2014 bis 2016). Wenn die Eiweißautarkie steigt, sinkt tendenziell der Harnstoff in der Milch und das Verlustpotential an Ammoniak reduziert sich.

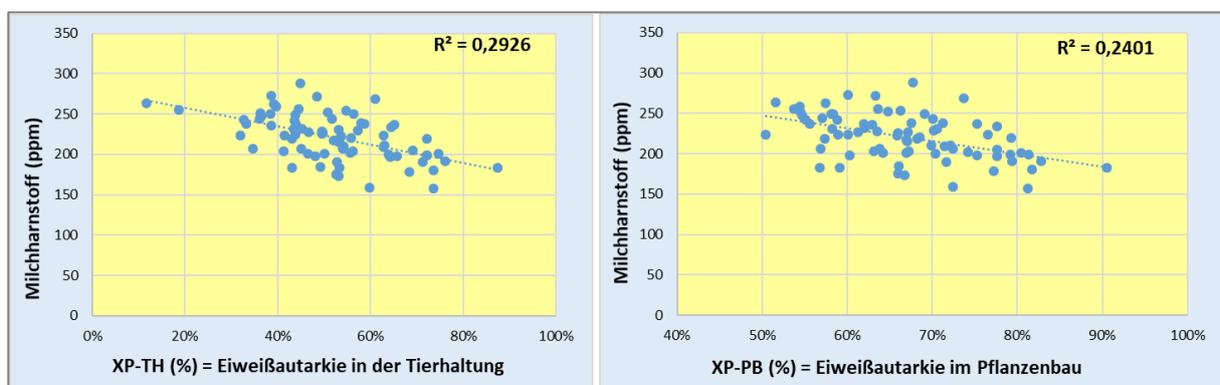


Abbildung 2: Korrelation zwischen Harnstoffgehalt in der Milch (MLP) und Eiweißautarkie

Aus diesen Überlegungen wurde von den Autoprot-Partnern beschlossen, auf der Basis vorhandener Milchlabordaten den Zusammenhang zwischen Harnstoffgehalt in der Milch und der Eiweißautarkie nachzugehen. Es wurde darüber hinaus beschlossen, dass Die Harnstoffwerte, vom Milchtank und nicht aus der MLP zu nehmen, da der Milchtank besser die mittleren Verhältnisse der Milchkuhherde wiedergibt.

2.2. Erforschung des Zusammenhangs zwischen Harnstoff im Milchtank und Autarkieparametern (Periode 2014-2016, Betriebe wie in Aktion 3)

Aus Tab.1 sind die Anzahl der Betriebe zu entnehmen, die Harnstoffdaten für die Auswertungen im Rahmen der Aktion 8 zur Verfügung gestellt haben. Diesbezüglich sei ausdrücklich erwähnt, dass die Zurverfügungstellung der Daten keine Selbstverständlichkeit ist, sondern um die Daten von den Betroffenen Betrieben zu bekommen mussten Datenschutzerklärung unterschrieben werden, damit die Milchlabore in den jeweiligen Teilregionen die Harnstoffwerte freigeben konnten.

Tabelle 1 : Anzahl der ausgewerteten Betriebe nach Teilregion

Teilregion	Betriebe Aktion 3	Betriebe mit Labor-Zustimmung	% Zustimmungen
LUX	78	48	62%
RPS	33	29	88%
LOR	48	7	15%
PLL	58	30	52%
Alle	217	114	53%

Bei der Lorraine ist festzuhalten, dass in den Departements Vosges, Meuse sowie Meurthe-et-Moselle die Milchlabore nicht imstande waren, die Daten aus der Vergangenheit (2015-2015-2016) bereitzustellen. Somit konnten für die Lorraine die Auswertungen lediglich für die Betriebe aus dem Department Moselle durchgeführt werden.

Die berechneten Korrelationen zwischen Harnstoffgehalt in der Milch und den Autarkieparametern für die Gesamtheit der 114 auswertbaren Betrieben sind Abb.3 und 4 zu entnehmen.

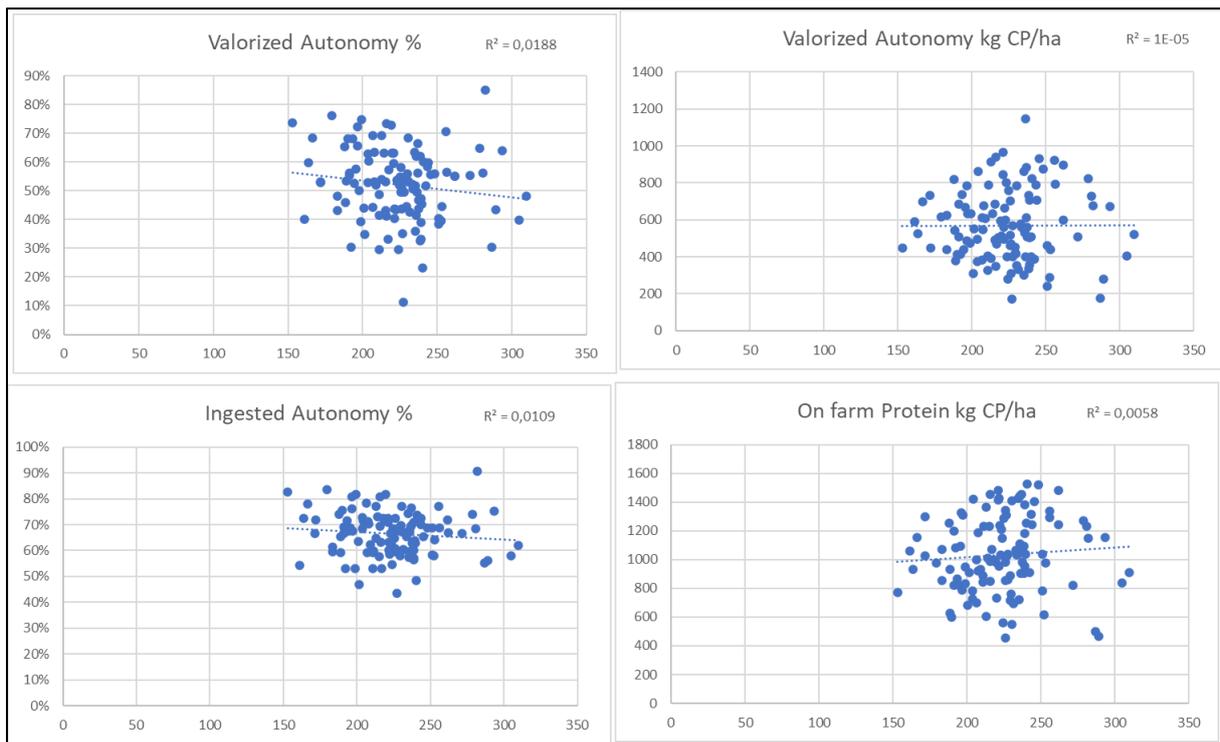


Abbildung 3: Korrelationen zwischen der Eiweißautarkie relativ (links) und absolut (rechts) und dem Harnstoffgehalt der Milch (X-Achse, Werte in ppm)

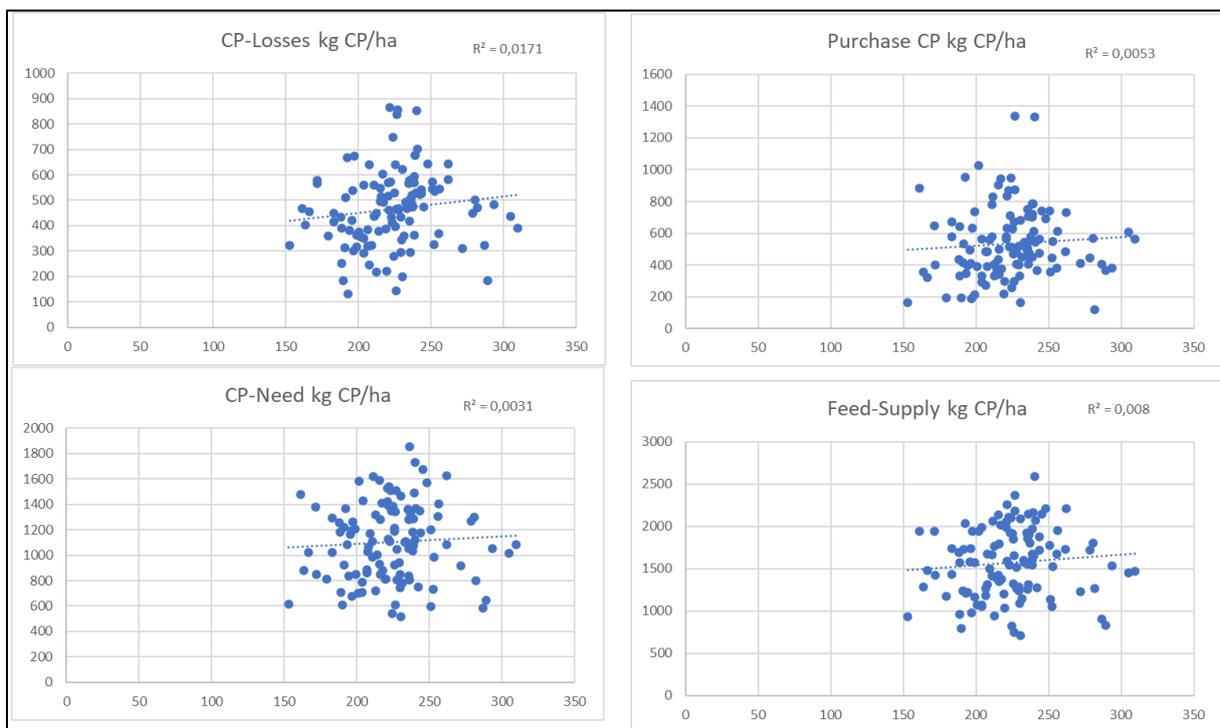


Abbildung 4: Korrelationen zwischen Eiweißverluste, Eiweißzukauf, Bedarf an Eiweiß und verfüttertem Rohprotein mit dem Harnstoffgehalt der Milch (X-Achse, Werte in ppm)

Leider erwiesen sich alle berechneten Korrelationen als nicht signifikant. Darüber gibt es mehrere Erklärungen: Zum einen die Tatsache, dass die Autarkieparameter sich auf die gesamte Milchviehherde beziehen, während die Harnstoffwerte nur auf die Milchkühe. Auch ist die hohe Streuung der

Ergebnisse durch die Heterogenität der Fütterung beeinflusst, da die Ergänzung des Grundfutters mit Mais und des Kraftfutters mit Eiweißkonzentrat zu Kompensationen im Harnstoffgehalt führen kann. Aufgrund der schwachen Korrelationen wird auf eine Deklination der Korrelationen auf Ebene der Teilregionen sowie der Betriebstypen verzichtet.

2.3. Erforschung des Zusammenhangs zwischen Harnstoff im Milchtank und dem Rohproteingehalt der Ration von Milchkühen für ausgewählte Betriebe (Jahre 2014-2020)

Um den Zusammenhang zwischen Harnstoffgehalt in der Milch und der Eiweißautarkie präziser nachzugehen, wurden im Rahmen der Aktion 8 eine weitere Untersuchung durchgeführt. Diesmal wurden die Harnstoffgehalte des Milchtanks direkt in Verbindung mit den entsprechenden Rohproteingehalten der Rationen der Milchkühe gebracht. Diesbezüglich wurden aus allen Teilregionen 8 bis 10 Betriebe ausgewählt (10 für Luxemburg und den Provinzen von Liège und Luxembourg, 9 für Rheinland-Pfalz und Saarland sowie 8 für die Lorraine), die eine sehr gute Datenqualität aufweisen besonders im Hinblick auf die Verlässlichkeit der verfütterten Rationskomponenten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Jahre der Untersuchung nicht notwendigerweise diejenigen waren, wie in der Aktion 8. Somit wurden die Jahre von 2014 bis 2020 berücksichtigt, je nach Verfügbarkeit und Qualität der Daten. Für alle Betriebe wurden getrennt eine Sommer- und eine Winterration der Milchkühe mit den entsprechenden Harnstoffwerten aufgezeichnet. Pro Betrieb ergeben sich also bis zu 6 Wertepaare (Harnstoff-Rohproteingehalt der Ration), verteilt auf drei Jahre.

Die berechneten Korrelationen sind Abb.5 zu entnehmen. Von dort geht hervor, dass in zwei Teilregionen (Rheinland-Pfalz und Saarland sowie Luxemburg) die Korrelationen nicht signifikant sind. In der Lorraine ist die Korrelation schwach-signifikant, lediglich in den Provinzen Liège und Luxembourg wurde eine etwas stärkere Korrelation gefunden.

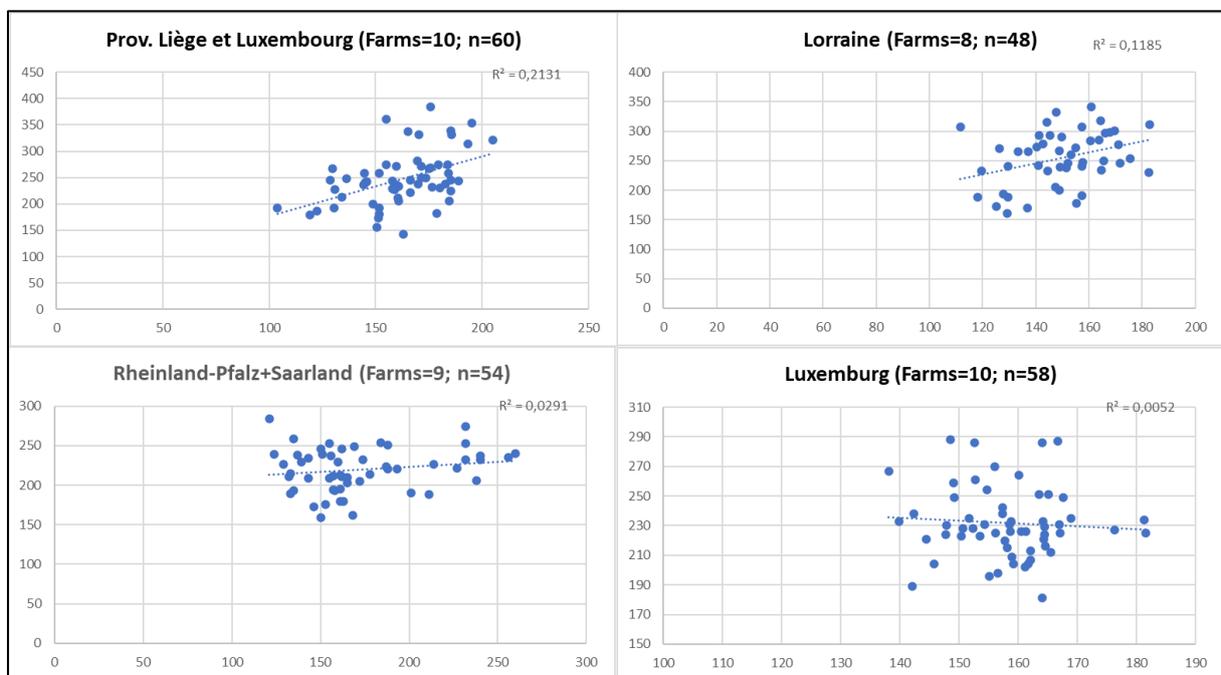


Abbildung 5: Korrelationen zwischen Harnstoffgehalt in der Milch (Y-Achse, Werte in ppm) und Rohproteingehalt in der Ration (Y-Achse, Werte in g XP pro 1000 g Trockensubstanz)

Die Betriebe aus Luxemburg, Rheinland-Pfalz und Saarland, die überwiegend zum Betriebstyp LMI gehören, weisen Grundfutterrationen für die Milchkühe auf, die stark Maisbetont sind. Aus diesem Grund sind oft die Werte an Harnstoff nicht sehr hoch, auch wenn der Rohproteingehalt in der Ration hoch ist. Dagegen ist der Grasanteil in der Ration der Milchkühe in der Lorraine (dominanter Betriebstyp: LMSI mit deutlich mehr Gras in der Ration als LMI) schon höher, und am höchsten sind sie in den wallonischen Provinzen Liège und Luxembourg, wo der dominierende Betriebstyp LHI ist. Wenn Gras in der Ration dominiert, ist der Rohproteingehalt der Ration höher und die Harnstoffgehalte in der Milch tendenziell auch höher (Decker et al. 2021), was das unterschiedliche Verhalten unter den Betrieben der einzelnen Teilregionen erklärt.

Hinsichtlich der Verwendung dieser Ergebnisse als Prognose für NH₃-Verluste muss schlussgefolgert werden, dass der Zusammenhang zwischen Rationsdaten und Harnstoffgehalt im Milchtank zu schwach ist, um eine ausreichend gesicherte Prognose abzugeben, dies selbst in grasbetonten Betrieben. Die Schwankungen in den Rationen und mögliche Probleme in der Repräsentativität der Harnstoffwerte aus dem Milchtank sind offensichtlich zu hoch. Um eine ausreichend sichere Prognose der Harnstoffgehalte auf der Basis des Rohproteingehaltes der Ration müssten die Rationen über eine längere Periode regelmäßig berechnet werden und die Milchwerte möglichst tagtäglich ermittelt werden. Dann könnten auch die Umstellungsphasen der Fütterung von z.B. Winter- auf Sommerration besser erfasst werden und Fehleinschätzungen gemieden werden.

3. Zusammenhang zwischen NH₃-Verlusten und Rohproteinüberschüssen bzw. Autarkieparametern der Milchviehherden

3.1. Methodik der Ermittlung von NH₃-Verlusten und von Rohproteingehalten

3.1.1. Berechnung von Ammoniakemissionen

Die NH₃-Emissionen der Betriebe aus der Aktion 3 von Autoprot wurden aus den bereits ermittelten Zahlen für die CO₂-Bilanzierung der Betriebe entnommen (n=217, Schnitt der Jahre 2014 bis 2016). Die Ermittlung der NH₃-Emissionen ist nämlich notwendig, um die Treibhausgasemissionen (speziell: die N₂O-Emissionen) der Betriebe berechnen zu können. Diesbezüglich liegt ein Massenflusskonzept für die Emissionen von Stickstoffspezies zugrunde, der sich dem IPCC-Ansatz (2006) anlehnt (Abb.1).

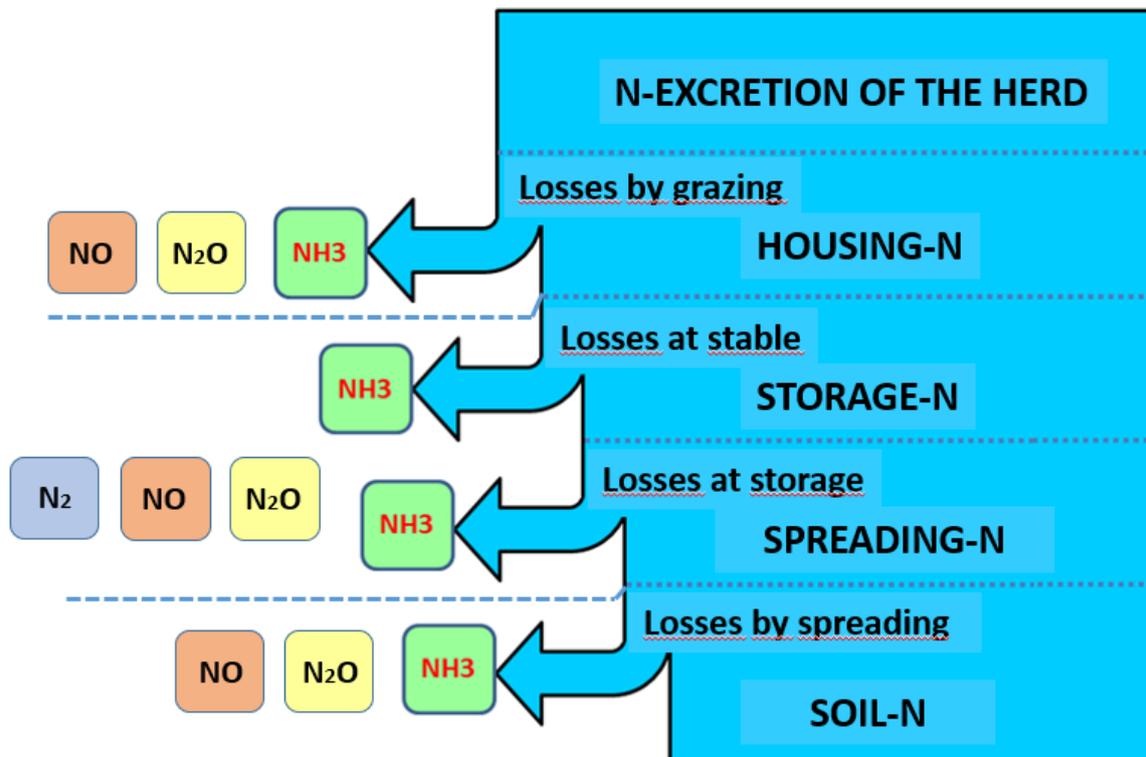


Abbildung 6: Der Massenflusskonzept zur Berechnung der Emissionen von N-Spezies aus der Rinderhaltung (nach IPCC 2006)

Wie aus der Abbildung 6 ersichtlich wird, werden von den ausgeschiedenen N-Mengen die Mengen abgezogen, die auf der Weide ausgeschieden werden. Der verbleibende Stickstoff wird im Stall ausgeschieden und setzt einen Fluss in Gang, der nach dem Durchlauf der Kompartimente Stall, Lager und Ausbringung auf den Boden landet. Zur Berechnung der Emissionen in einem Kompartiment (B) müssen die N-Mengen ermittelt werden, die aus dem vorausgehenden Kompartiment (A) in das Kompartiment (B) hineinfließen. Diese N-Mengen bestehen aus den N-Mengen, die in das Kompartiment (A) hineingeflossen abzüglich alle im Kompartiment (A) stattfindenden Emissionen. Nach diesem Abzug kann man die Emissionsfaktoren für das Kompartiment (B) anwenden und dessen Emissionen ermitteln.

Zur Ermittlung der NH₃-Emissionen aus den Bereichen Weide, Stall, Lager und Ausbringung wurden Emissionsfaktoren nach Döhler et al. (2002) angewendet. Diese Emissionsfaktoren werden auch vom

VTI-Institut für die Berechnung des deutschen Nationalinventars an Treibhausgasemissionen (VTI-Report 57, 2018) verwendet. Sie sind dort alle ausführlich dargestellt.

Die Höhe der NH₃-Emissionen der untersuchten Betriebe folgt in der Regel der Viehbesatzdichte (LAU/ha) der Betriebe (Tab.2). Ausnahme bilden die Betriebe aus Rheinland-Pfalz und Saarland, die Höhere Emissionen aufweisen als die Luxemburger, obwohl diese einen höheren Viehbesatz aufweisen. Der Grund liegt darin, dass bei den Luxemburger Betriebe die Anwendung von emissionsarmer Ausbringungstechnik verbreitet ist als in Rheinland-Pfalz und Saarland. Diesbezüglich sei aus erwähnt, dass aufgrund mangelnder Daten bei den Betrieben aus der Lorraine und Wallonien eine Ausbringung der Gülle mit Prallteller und von Mist ohne Einarbeitung angenommen wurde. Aus Tab.2 geht auch hervor, dass die Streuung der Ergebnisse in Luxemburg und in den wallonischen Provinzen Liège und Luxembourg niedriger als in der Lorraine und in Rheinland-Pfalz und Saarland ist.

Tabelle 2: Ammoniak-Emissionen (*kg NH₃_N/ha) und Viehbesatzdichte der ausgewerteten Betriebe

	*Average	*min	*max	*StDev%	LAU/ha
All	47,5	17,1	92,2	31%	1,51
LUX	43,7	18,7	70,5	26%	1,58
RPS	50,2	19,7	82,5	35%	1,46
LOR	40,4	17,1	80,5	33%	1,14
PLL	58,3	26,3	92,2	25%	1,88

3.1.2. Berechnung des Rohproteingehalts der Rationen in Milchviehbetrieben

Zur Berechnung des Rohproteingehaltes der Rationen in den Milchviehbetrieben musste zwei Datensätze bereitgestellt werden:

- a) Das verfütterte Rohprotein als Summe des betrieblichen und zugekauften Proteins. Das verfütterte Rohprotein ist Bestandteil der Daten, die zur Berechnung der Eiweiß-autarkie nach Aufnahme (Methode IDELE) benötigt werden. Diese Daten wurden schon im Rahmen der Aktion 3 „Analyse“ berechnet und verwendet.
- b) Die Trockensubstanzaufnahme der Milchviehherde. Auch diese Größe wurde für die Berechnung der Eiweißautarkie nach Aufnahme im Rahmen der Aktion 3 „Analyse verwendet. Eine genaue Beschreibung der Berechnung der Trockensubstanzaufnahme der Milchviehherde ist unter [https://www.autoprot.eu/wp-content/uploads/2021/02/Livvable-2.1 Technisches-Handbuch.pdf](https://www.autoprot.eu/wp-content/uploads/2021/02/Livvable-2.1_Technisches-Handbuch.pdf), Seiten 12-13, zu finden.

Der Gehalt an Rohprotein der Rationen vom Milchvieh errechnet sich aus der Formel:

$$\text{XP-Gehalt (\%)} = \text{Verfüttertes Rohprotein (kg)} / \text{Trockensubstanzaufnahme (kg)} * 100$$

Wie aus Tab.3 ersichtlich wird, liegt der durchschnittliche Rohproteingehalt der Ration in den ausgewerteten Milchviehbetrieben bei 15,7%. Am niedrigsten sind die XP-Gehalte in der Lorraine (15,0%), am höchsten in Luxemburg (16,1%). Die wallonischen Betriebe zeichnen sich sowohl durch ihre hohe Protein- als auch durch ihre hohe Trockensubstanzaufnahme aus. Trotzdem weisen sie nicht die höchsten XP-Gehalte in der Ration. Die Luxemburger Betriebe weisen auch die höchste Streuung in den Ergebnissen sowohl der Protein- als auch der Trockensubstanzaufnahme auf.

Tabelle 3: Rohproteingehalte sowie Rohprotein- und Trockensubstanzaufnahme der Milchviehherden der ausgewerteten Betriebe (CP=Rohprotein, DM=Trockensubstanz)

	Feeded CP (kg/ha)	StDev.	DM intake (kg*100/ha)	StDev.	Ration CP content
All	1404	47%	89	51%	15,7
LUX	1475	59%	92	57%	16,1
RPS	1415	12%	89	33%	15,9
LOR	1010	42%	67	41%	15
PLL	1715	36%	110	34%	15,7

3.2. Korrelationen zwischen NH₃-Verlusten und Eiweißautarkie sowie zwischen Eiweißverlusten und XP-Gehalten in der Ration

Die Ammoniakemissionen der ausgewerteten Betriebe korrelieren alle signifikant mit den Werten der Eiweißautarkie nach Verwertung und nach Aufnahme, dies sowohl wenn die Eiweißautarkie in % als auch wenn sie in kg XP/ha ausgedrückt wird (Abb.7). Die Tatsache, dass die Korrelation eine negative ist im Fall der Autarkie in % und eine positive im Fall der Autarkie in kg XP/ha bedarf einer Erklärung. Die Werte der Eiweißautarkie in % sind maßgeblich von der Effizienz des Futtermitelesatzes beeinflusst. Wenn dieser steigt, dann erhöht sich die Eiweißautarkie einerseits, andererseits verringern sich die Emissionen, da mehr eingesetztes Eiweiß in Milch und Fleisch umgewandelt und weniger als Kot und Harn ausgeschieden wird. Auf der anderen Seite sind die absoluten Werten der Autarkie (in kg XP/ha) stark vom Viehbesatz abhängig, so wie bekanntlich die NH₃-Emissionen. Wenn also der Viehbesatz steigt, steigen gleichzeitig die Werte der Autarkie in kg XP/ha und die NH₃-Emissionen.

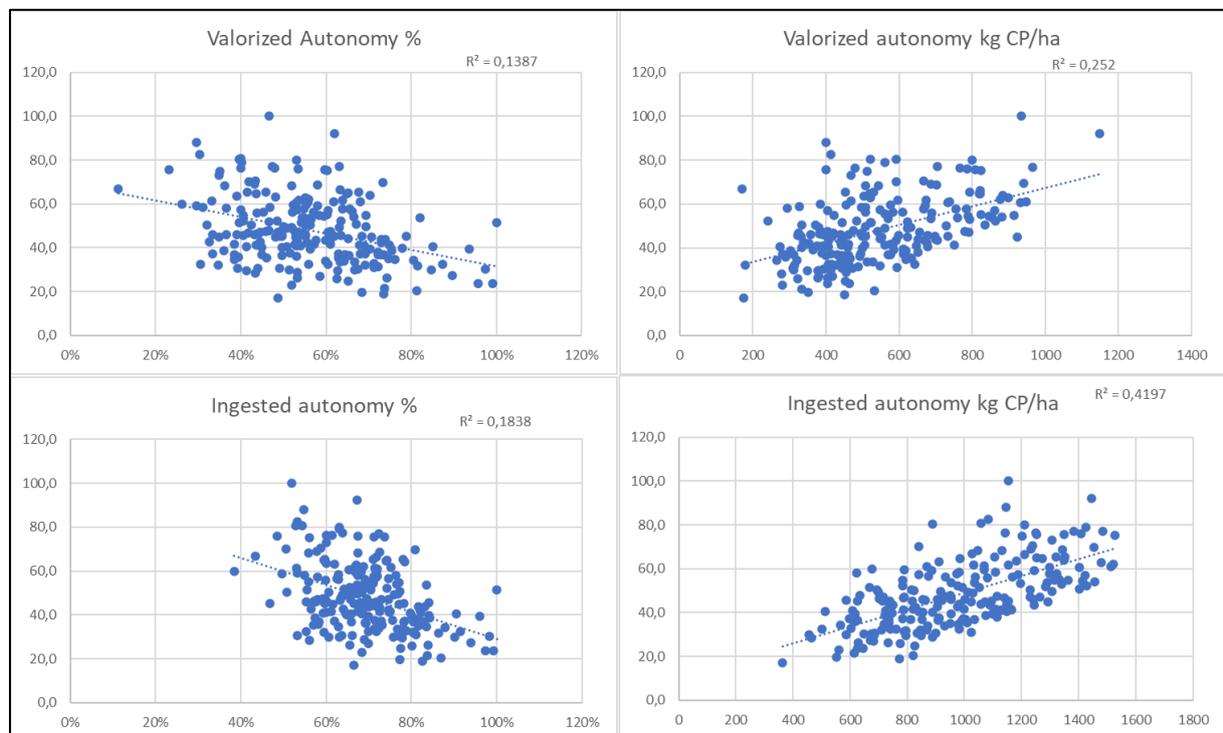


Abbildung 7: Korrelationen zwischen den NH₃-Verlusten (kg NH₃_N/ha, Achse Y) und der Eiweißautarkie (Achse X. Links: relativ, rechts: absolut)

Es wundert auch nicht, dass die stärkste der ermittelten Korrelationen diejenige zwischen der Autarkie nach Aufnahme in kg XP/ha mit den NH₃-Emissionen ist. Je höher die absolute Menge an Rohprotein

ist, die das Milchvieh aufnimmt, umso höher auch der Anteil des Eiweißes, das nicht verwertet werden kann und somit der NH₃-Verluste.

Gerade dies leitet zum eigentlichen Thema dieses Berichtes über. Es sollte nämlich versucht werden, die Relation zwischen dem nicht verwerteten Eiweiß und den NH₃-Emissionen zu beleuchten. Es wird hier zur Erinnerung erwähnt, dass das nicht verwertete Eiweiß die Differenz in den absoluten Zahlen (kg XP/ha) zwischen der Eiweißautarkie nach Aufnahme und der Eiweißautarkie nach Verwertung ist. Rechnerisch entspricht diese Differenz dem Rohproteinüberschuss in der Ration der Milchviehherde.

Aus Abb.8 geht hervor, dass die NH₃-Emissionen deutlich mit der Zunahme des nicht verwerteten Eiweiß steigen. Das bedeutet im Klartext, dass je höher die Menge an Eiweiß ist, das vom Milchvieh nicht produktiv umgesetzt werden kann, umso höher die Verluste an Stickstoff in NH₃-Form sind. Diese positive Korrelation zwischen den betrachteten Parametern ist signifikant auch für die einzelnen Teilregionen sowie für die Betriebstypen mit Ausnahme des Typs LMSI (Tab.4a und 4b).

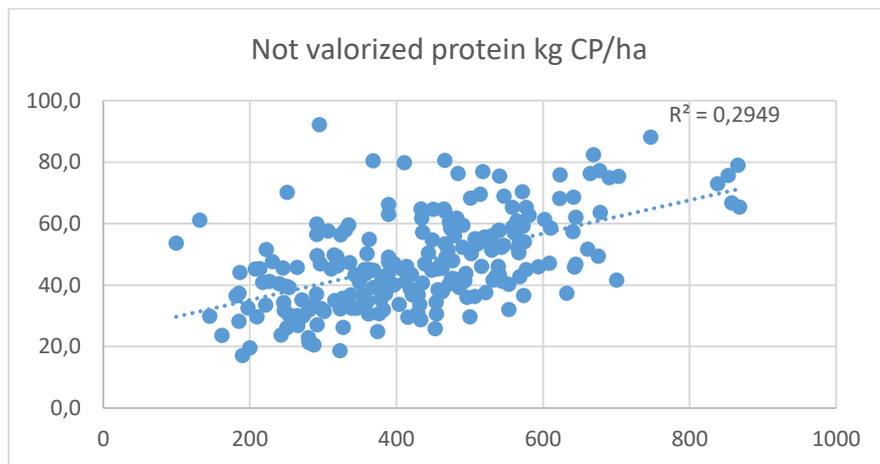


Abbildung 8: Korrelation zwischen den NH₃-Verlusten (kg NH₃-N/ha, Achse Y) und dem nicht verwerteten Eiweiß (Achse X, kg Rohprotein/ha)

Tabelle 4a und 4b: Bestimmtheitsmaß der Korrelationen zwischen dem nicht verwerteten Eiweiß und den NH₃-Emissionen für die Teilregionen und für die Betriebstypen

Subregion	R ²
LUX	0,3979
RPS	0,4887
LOR	0,1045
PLL	0,2376

Typologie	R ²
BIO	0,5279
LHE	0,6141
LHI	0,1548
LMSI	n.s.
LMI_LP	0,2474
LMI_HP	0,2359
LP	0,3276

Ein weiteres Kapitel ist die Verbindung zwischen NH₃-Emissionen und dem Rohproteingehalt der Ration. Ein Versuch, eine direkte Verbindung zwischen diesen Parametern herzustellen, führt zu einer nicht signifikanten Korrelation (Abb.9)

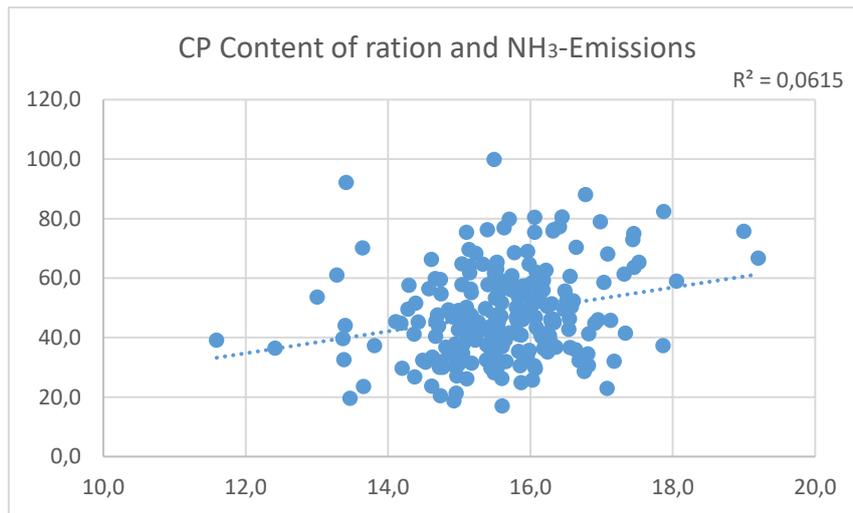


Abbildung 9: Korrelation zwischen den NH₃-Verlusten (kg NH₃-N/ha, Achse Y) und dem Rohproteingehalt der Ration (Achse X, % i.d. TS)

Das lässt sich dadurch erklären, dass nicht alle Betriebe einen Überschuss an Rohprotein in der Ration aufweisen. Es gibt durchaus Betriebe, die Bedarfsgerecht bzw. sehr effizient füttern, so dass in diesen Fällen die NH₃-Verluste gering sind. Auch muss die Qualität des Rohproteins berücksichtigt werden, das verfüttert wird. Wenn er Überschuss durch erhöhte Kraftfuttermengen zustande kommt, führt dies zu einer erhöhten Ausscheidung von Stickstoff unter Form von Harn und somit zu NH₃-Emissionen. Falls aber der Überschuss durch eine Erhöhte Aufnahme von Gras zustande kommt, dann ist die Ausscheidung zwar hoch aber die Gefahr von NH₃-Emissionen nicht im selben Maß gegeben. Vor allem aber besagt die Nicht-Signifikanz der Korrelation zwischen NH₃-Emissionen und XP-Gehalt der Ration, dass die Gefahr von Verlusten im Betrieb nicht so sehr von einzelnen Parametern, sondern viel mehr von der Güte des betrieblichen Managements abhängt, dass wie so oft für die erheblichen Streuungen in den Ergebnissen von Korrelationen verantwortlich ist.

Ein letzter Punkt betrifft den Zusammenhang zwischen dem nicht verwerteten Eiweiß und dem Rohproteingehalt in der Ration (Abb.10). Es kommt zu einer hochsignifikanten Korrelation, die allerdings Größen betrifft, die nicht komplett unabhängig sind, da z.B. zur Berechnung beider Parameter das verfütterte Protein einfließt. Der Grund, weshalb die Korrelation trotzdem gezeigt wird, ist, dass in Situationen, in denen das nicht verwertete Eiweiß nicht über die Berechnung der Eiweißautarkie ermittelt werden kann, kann dieses über die Korrelation berechnet werden, auch wenn mit einer Unsicherheit von etwa 50%.

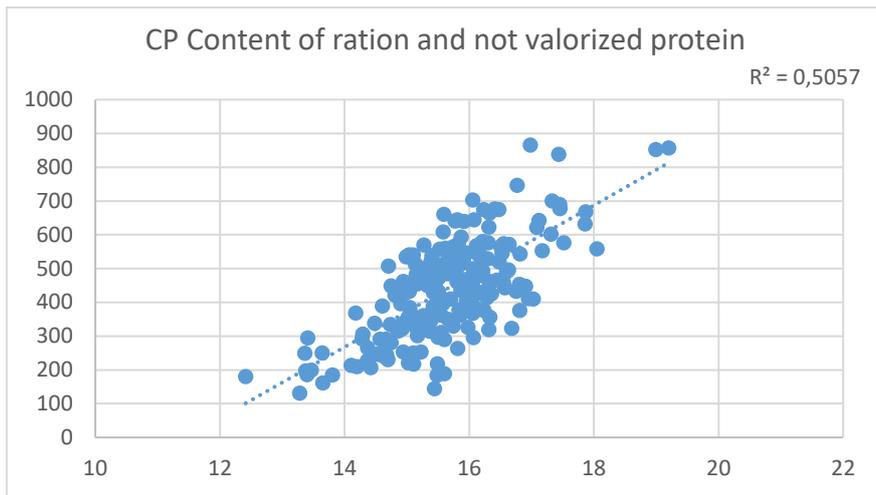


Abbildung 10: Korrelation zwischen dem nicht verwerteten Eiweiß (kg XP/ha, Achse Y) und dem Rohproteingehalt der Ration (Achse X, % i.d. TS)

Die in diesem Kapitel vorgestellten Ergebnisse und Überlegungen bilden nun die Basis für die Untersuchung von Möglichkeiten und Grenzen einer Reduzierung der NH₃-Emissionen durch Optimierung bzw. Senkung des Rohproteingehaltes in der Ration der Milchviehherde.

4. Möglichkeiten der Reduzierung der NH₃-Emissionen in der Milchviehhaltung durch Optimierung des Rohproteingehaltes und Quantifizierung der Auswirkungen auf die Rentabilität der Betriebe

4.1. Reduzierung von NH₃ Emissionen durch eine Absenkung des XP-Gehaltes in der Ration der Milchkühe auf 15%

4.1.1. Berechnungsmethodik

Zur Berechnung des Reduzierungspotentials der NH₃ Emissionen in den Milchviehbetrieben der Großregion wurden zunächst folgende Daten der Projektbetriebe zusammengetragen: Trockenmasseaufnahme der Milchkühe, Trockenmasseaufnahme vom Jungvieh, Mengen an verfüttertem Rohprotein (XP), Milchleistung (ECM) und Anzahl Kühe. Da die Datensätze es nicht erlaubten den XP-Gehalt der Rationen vom Jungvieh (JV) und den Milchkühen (MK) einzeln auszurechnen, musste die Annahme getroffen werden, dass die durchschnittliche Ration vom Jungvieh 14,5% XP enthält. Dieser Wert wurde anhand der detaillierteren Daten der Betriebe aus Luxemburg ermittelt.

Ausgehend von dieser Annahme konnte der durchschnittliche XP-Gehalt der Ration der Milchkühe wie folgend berechnet werden:

$$XP \text{ Ration MK } [\%] = \frac{XP \text{ Vorlage gesamt } [kg] - (TS \text{ Aufnahme JV } [kg] * 14,5\%)}{TS \text{ Aufnahme } [kg] \text{ MK}}$$

Basierend auf den Erkenntnissen verschiedener Forschungsgruppen, wurde für die weitere Berechnung angenommen, dass der XP-Gehalt der Ration der Milchkühe auf 15% abgesenkt werden kann, ohne dass es dabei zu einer Leistungsminderung kommt (Westreicher-Kristen, E. et al., 2022). Außerdem haben verschiedene Untersuchungen ergeben, dass durch die Absenkung des XP-Gehaltes in der Ration von Rindern um 1%, die NH₃ Emissionen um 17% reduziert werden (Sajeev et al., 2018).

Somit wurde zunächst die Differenz des tatsächlichen XP-Gehaltes der Ration der Milchkühe und des optimierten XP-Gehaltes von 15% berechnet. Dabei wurden Betriebe mit einem XP-Gehalt in der Ration der Milchkühe unter 15% aus der Berechnung ausgeschlossen. Diese Differenz wurde im nächsten Schritt mit dem Faktor 17 multipliziert um das Einsparpotential an NH₃ Emissionen, ohne Leistungsverlust, in den Betrieben zu ermitteln.

$$NH_3 \text{ Einsparpotential } [\%] = (XP \text{ Ration MK} [\%] - 15[\%]) * 17$$

Die Werte des NH₃ Einsparpotentials wurden statistisch mit einem ANOVA Test und dem Programm R ausgewertet.

4.1.2. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 5: XP-Gehalt in % der Ration der Milchkühe und Einsparpotential an NH₃-Emissionen in % in den Betrieben der verschiedenen Regionen

Region	XP% Ration MK, alle Betriebe	Anteil Betriebe mit > 15% XP in Ration MK	XP% Ration MK, nur Betriebe >15% XP Ration MK	Einsparpotential NH ₃ in %	Signifikanzunterschiede*
LUX	16,6	96%	16,6	27,9	b
RPS	16,2	85%	16,7	29,5	b
LOR	15,1	52%	15,9	15,7	a
WAL	15,9	88%	16,3	21,9	ab
Mittelwert	16,0	80%	16,4	24,7	

* Gleicher Buchstabe bedeutet kein signifikanter Unterschied

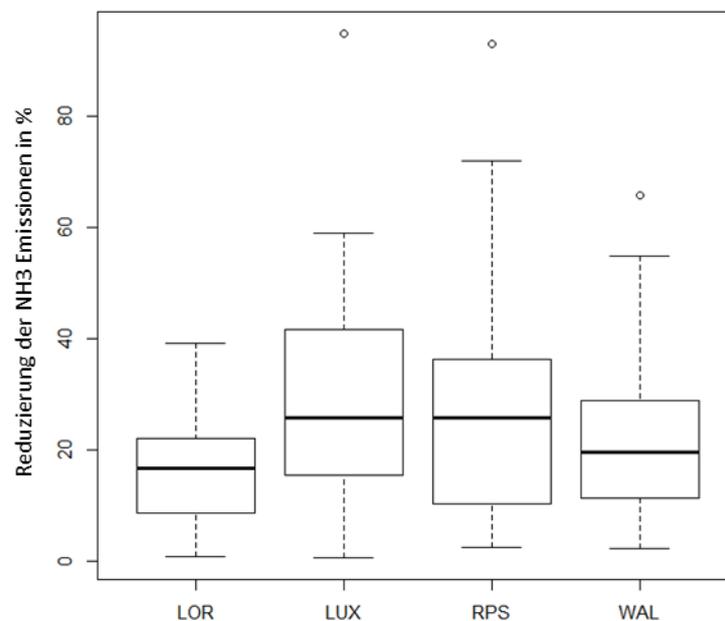


Abbildung 11: Box-Plot der Werte des Einsparpotentials an NH₃ nach Region

Wie in Tabelle 5 ersichtlich, füttern die Betriebe der Großregion zu 80% Rationen an die Milchkühe mit mehr als 15% XP. In Luxemburg (LUX) sind das sogar 96%, während in der Lorraine (LOR) nur 52% der Betriebe Rationen mit mehr als 15% XP an die Milchkühe verfüttern. Eine Ursache hierfür ist sicherlich, dass sich die Häufigkeiten der Betriebstypen in den verschiedenen Regionen unterscheiden. In der Lorraine befinden sich vor allem Ackerbaubetriebe der Betriebstypen LP und LMSI, welche sich beide durch geringere Grasanteile in der Ration auszeichnen. Wie es auch der durchschnittliche XP-Gehalt der Ration von 15,1% zeigt, scheinen die Betriebe in LOR insgesamt weniger XP zu füttern. Die luxemburgischen Betriebe (LUX) füttern am meisten XP, 16,6% im Durchschnitt aller Betriebe.

Rheinland-Pfalz und Saarland (RPS) sowie die Wallonie (WAL) bewegen sich im Mittelfeld mit XP-Gehalten von 16,2% bzw. 15,9%. Da die Betriebe LUX und RPS den höchsten XP-Überschuss in den Rationen haben, ergibt sich in diesen beiden Regionen auch das höchste Einsparpotential an NH₃ Emissionen von 29,5% bzw. 27,9%. Dem gegenüber steht LOR, wo 15,7% der NH₃ Emissionen durch eine XP-optimierte Ration bei den Milchkühen reduziert werden könnten. Damit unterscheidet sich LOR auch signifikant von LUX und RPS. WAL nimmt mit 21,9% eine mittlere Stellung ein, ohne signifikanten Unterschied zu den anderen Regionen im Projekt. Gemittelt über alle Regionen hinweg könnten 24,7% NH₃ Emissionen dadurch eingespart werden, dass die Rationen der Milchkühe in den jeweiligen Betrieben auf 15% XP abgesenkt würden.

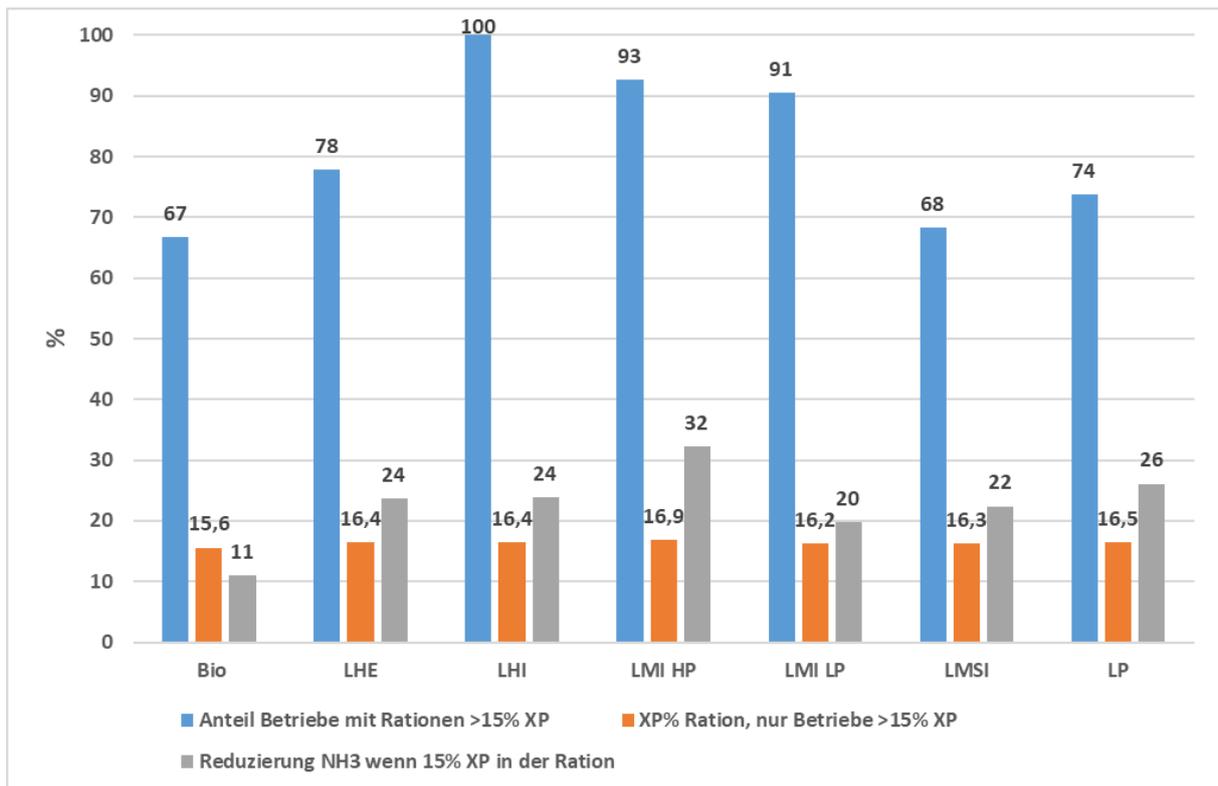


Abbildung 12: Anteil der Betriebe mit Rationen >15% XP, XP-Gehalt der Rationen in % und Einsparpotential von NH₃ Emissionen, wenn der XP-Gehalt der Ration auf 15% reduziert wird, je nach Betriebstyp

In Abbildung 12 ist die gleiche Auswertung nach Betriebstyp dargestellt. Auch hier ist zu erkennen, dass der Großteil der Betriebe Rationen mit >15% XP bei den Milchkühen verfüttern, allen voran die LHI Betriebe mit 100%. Darauf folgen die LMI HP und LP Betriebe mit 93 und 91%, sodass die intensiveren Betriebstypen, mit den höchsten Milchleistungen, tendenziell auch häufiger Rationen mit mehr als 15% XP füttern. Bei den BIO und LMSI Betrieben werden dagegen am häufigsten Rationen mit weniger als 15% XP gefüttert. Die LP und LHE Betriebe nehmen eine mittlere Stellung ein. Interessant ist, dass die Betriebe LMI HP mit mehr als 15% XP in der Ration der Milchkühe, im Schnitt eine Ration mit 16,9% XP verfüttern. Die LMI HP-Betriebe zeichnen sich durch einen hohen Maisanteil in der Futterfläche aus, sodass man eher niedrigere XP-Gehalte in den Rationen erwartet hätte. Dennoch ist der Rohproteinüberschuss in der Ration am höchsten und demnach auch das Einsparpotential für NH₃ Emissionen von 32%.

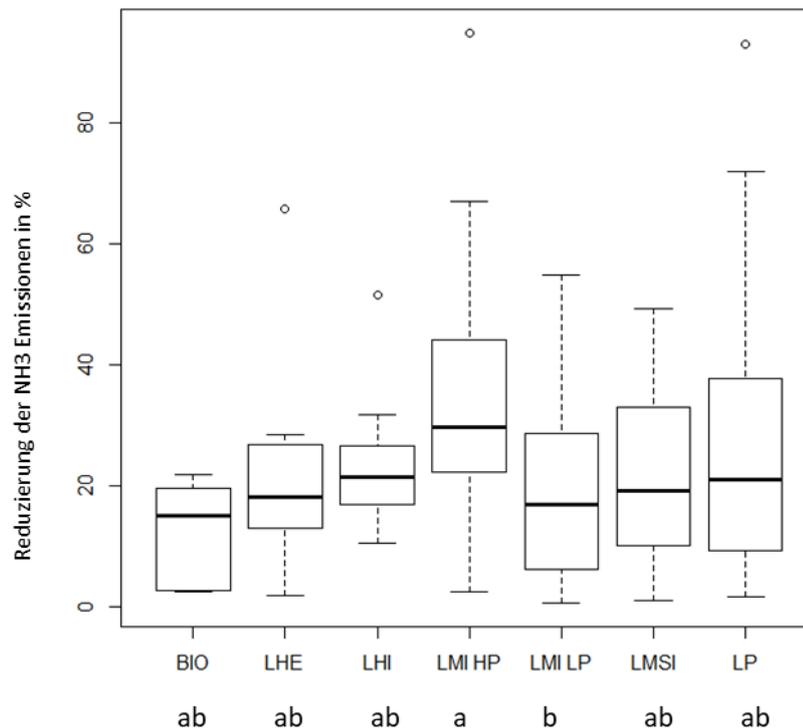


Abbildung 13: Box-Plot der Werte des Einsparpotentials an NH₃ nach Betriebstyp und Signifikanzunterschiede, gleicher Buchstabe bedeutet kein signifikanter Unterschied

Statistisch gesehen unterscheidet sich das Einsparpotential der NH₃ Emissionen der LMI HP aber nur signifikant vom Betriebstyp LMI LP, zu allen anderen Betriebstypen ist kein signifikanter Unterschied feststellbar. Die Betriebstypen BIO, LHE, LHI, LMSI und LP unterscheiden sich auch nicht signifikant voneinander, obwohl die BIO Betriebe mit 11% doch ein wesentlich geringes NH₃ Einsparpotential aufzeigen als die anderen, mit Werten zwischen 20 und 24%. Wie in Abbildung 13 zu sehen ist, streuen die Werte des NH₃ Einsparpotentials am wenigsten bei den LHI und LHE Betrieben. Ein möglicher Erklärungsansatz könnten die sehr grasbetonten Rationen dieser Betriebe sein, in denen ein überwiegender Teil des XP aus dem Gras stammt und die Rationen an sich wahrscheinlich auch sehr ähnlich gestaltet sind. Dagegen variieren die Rationsgestaltungen auf den Betrieben mit maisbetonterer Ration stärker, was zu sehr unterschiedlichen XP-Gehalten führen kann, ganz besonders bei den LP Betrieben.

4.2. Kosten der Reduzierung der NH₃ Emissionen durch eine Absenkung des XP-Gehaltes in der Ration der Milchkühe auf 14%

Wie unter Punkt 4.1.2. dargestellt, können die NH₃ Emissionen um 24,7% reduziert werden, ohne dass mit Leistungseinbußen gerechnet werden muss. Somit wäre bei dieser Reduzierung auch nicht mit Kosten zu rechnen, ganz im Gegenteil, durch den reduzierten XP-Gehalt der Rationen könnte sogar teures Eiweißkonzentrat eingespart werden. Sollten die NH₃ Emissionen jedoch noch weiter reduziert

werden, müsste der XP-Gehalt der Ration unter 15% gesenkt werden, was dann zu Leistungseinbußen führen würde. Im Folgenden wird die Berechnung der dadurch entstehenden Kosten aufgeführt.

4.2.1. Berechnungsmethodik

Für alle folgenden Berechnungen wurden die Werte der Betriebe ausgeschlossen die Rationen unter 14% XP an die Milchkühe verfüttern. Mit Hilfe der Trockenmasseaufnahme der Milchkühe auf den Betrieben wurde zunächst die aufgenommene Menge an Rohprotein bei optimierter Ration von 15% XP berechnet. Die gleiche Berechnung erfolgte für eine Ration mit 14% XP. Die Differenz aus den beiden Werten des aufgenommenen XP dient zur Berechnung des Leistungsverlustes durch einen Mangel an XP. Aus den Versorgungsempfehlungen der GfE (2001) ist zu entnehmen, dass die Bildung von 1kg ECM (3,4% Eiweiß) 85g nXP benötigt wird. An dieser Stelle ist unbedingt anzumerken, dass das nXP das nutzbare Rohprotein am Dünndarm darstellt, welches sich aus dem XP-Gehalt eines Futtermittels aber auch dessen Energiegehalt und der Rohproteinabbaubarkeit im Pansen ergibt. Der XP- und nXP-Gehalt eines Futtermittels sind demnach nicht gleichzusetzen. Bei der Datenerhebung für das Projekt wurden jedoch nur die XP-Gehalte erfasst. Da sich in Rationen von Milchkühen verschiedene Komponenten befinden, die sich gegenseitig ausgleichen, liegen in der gefütterten Ration die XP und nXP-Gehalte recht nah beieinander, sodass für die weitere Berechnung angenommen wurde, dass für die Bildung von 1kg ECM 85g XP benötigt werden.

Somit wurde der Milchleistungsverlust wie folgt berechnet:

$$\text{Verlust ECM [kg]} = \frac{(\text{TS Aufnahme [g]} * 15 \% \text{ XP}) - (\text{TS Aufnahme [g]} * 14 \% \text{ XP})}{85[\text{g}]}$$

Der Milchverlust wurde dann mit dem jeweiligen Milchpreis vom Betrieb multipliziert um das entgangene Milchgeld zu berechnen. Da jedoch durch den reduzierten XP-Gehalt von 14% in der Ration auch weniger Eiweißkonzentrat gefüttert werden muss, wurden ebenfalls die so eingesparten Kosten ermittelt. Dabei wurde die Annahme getroffen, dass in den Betrieben ein Konzentrat mit einem XP-Gehalt von 40% eingesetzt wird. Die Preise eines solchen Konzentrates wurden pro Region ermittelt. Die Kosten einer weiteren Reduzierung der NH3 Emissionen wurden demnach wie folgt berechnet:

$$\text{gespartes EWK} \left[\frac{\text{kg}}{\text{Jahr}} \right] = \frac{(\text{TS Aufnahme [g]} * 15 \% \text{ XP}) - (\text{TS Aufnahme [g]} * 14 \% \text{ XP})}{400 [\text{g/kg}]}$$

Kosten pro % NH3 [eur] =

$$\frac{(\text{Verlust ECM [kg]} * \text{Milchpreis [eur/kg ECM]}) - (\text{gespartes EWK [kg]} * \text{Preis EWK} \left[\frac{\text{eur}}{\text{kg}} \right])}{17}$$

Kosten pro Kuh und Jahr [eur] =

$$\frac{(\text{Verlust ECM [kg]} * \text{Milchpreis [eur/kg ECM]}) - (\text{gespartes EWK [kg]} * \text{Preis EWK} \left[\frac{\text{eur}}{\text{kg}} \right])}{\text{Anzahl Kühe}}$$

Die Kosten pro % NH3 wurden statistisch im Programm R mittels ANOVA Test ausgewertet.

4.2.2. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 6 : Leistungsminderung in % bei Absenkung des XP-Gehaltes der Ration von 15% auf 14%, Kosten der reduzierten NH3 Emissionen in Euro pro Kuh und Jahr, Kosten der reduzierten NH3 Emissionen pro % NH3 und Signifikanzunterschiede der Kosten pro % NH3, nach Region

Region	Leistungsminderung in % bei 14% XP in der Ration	Kosten pro Kuh und Jahr in EUR	Kosten pro % NH3 in EUR	Signifikanzunterschied der Kosten pro % NH3*
LUX	10,3	199	989	a
RPS	9,4	193	1328	b
LOR	10,8	198	842	a
WAL	10,3	181	982	a
Mittelwert	10,3	193	1005	

* gleicher Buchstabe bedeutet kein signifikanter Unterschied

Wie in Tabelle 6 ersichtlich wird, würde eine Absenkung des XP-Gehaltes in der Ration von 15% auf 14% mit einer Leistungsminderung von durchschnittlich 10,3% einhergehen. Die dadurch entstehenden Kosten würden sich im Schnitt auf 193 Euro pro Kuh und Jahr belaufen. Bezogen auf das % reduzierter NH3 Emissionen wurde ein Wert von 1005 Euro ermittelt. Dabei fiel auf, dass RPS signifikant höher liegt als alle anderen Regionen, was damit erklärt werden kann, dass die Betriebe dieser Region die größten Herden haben und somit pro % NH3 auch die höchsten Kosten entstehen. Wie in Abbildung 14 zu erkennen ist, streuen die Einzelwerte in den verschiedenen Regionen recht wenig, eine besonders geringe Varianz konnte bei LOR und WAL verzeichnet werden.

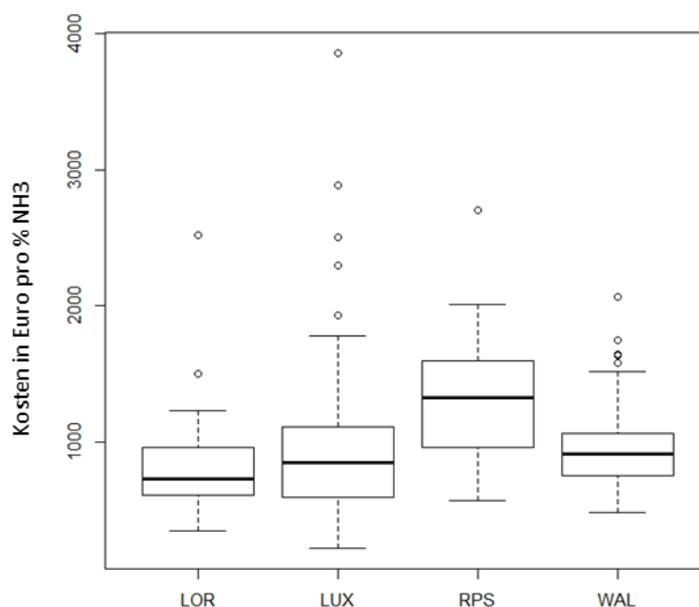


Abbildung 14: Box-Plot der Kosten pro % reduziertem NH3 in Euro nach Region

Tabelle 7: Kosten der reduzierten NH3 Emissionen in Euro pro Kuh und Jahr, Kosten der reduzierten NH3 Emissionen pro % NH3 und Signifikanzunterschiede der Kosten pro % NH3, nach Betriebstyp

Typologie	Kosten pro Kuh und Jahr in EUR	Kosten pro % NH3 in EUR	Signifikanzunterschied der Kosten pro % NH3*
BIO	252	1196	bc
LHE	180	675	ab
LHI	181	740	ac
LMI HP	193	1166	c
LMI LP	177	1043	bc
LMSI	187	599	a
LP	191	1147	bc

* gleicher Buchstabe bedeutet kein signifikanter Unterschied

In Tabelle 7 sind die berechneten Kosten nach Betriebstyp dargestellt. Pro Kuh ausgedrückt liegen die BIO Betriebe mit 252 Euro am höchsten, was sich durch den wesentlich höheren Milchpreis erklären lässt. Bezogen auf das % NH3, haben die Betriebe der Typen LHE, LHI und LMSI die geringsten Kosten. Diese Betriebe zeichnen sich durch kleinere Herden aus, mit 56 bis 70 Tieren. Dagegen sind die Herden der anderen Betriebstypen mit 77 bis 105 Tieren wesentlich größer, womit auch nach dieser Berechnung der Einfluss der Herdengröße auf die Kosten pro % NH3 klar wird. Um diesen Effekt zu vermeiden, müssten die Kosten pro kg NH3-N pro ha Futterfläche ausgewiesen werden.

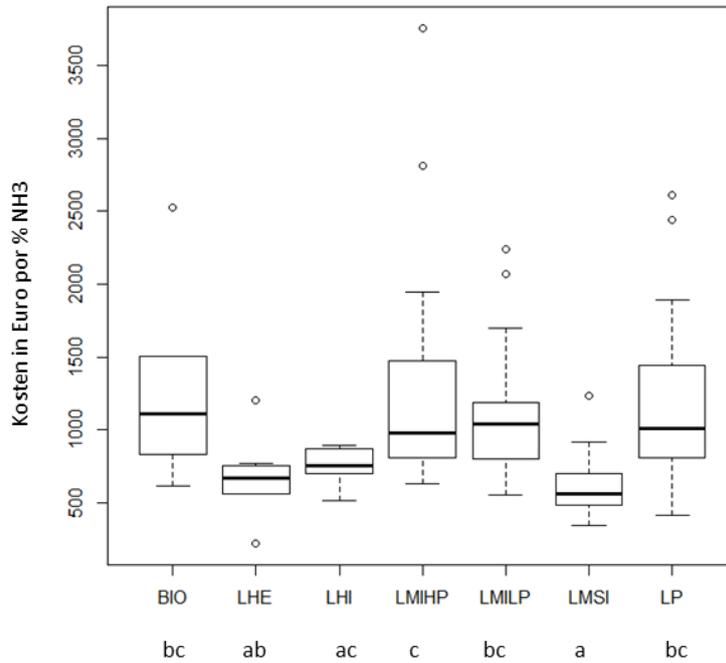


Abbildung 15: Box-Plot der Kosten pro % reduziertem NH₃ in Euro nach Region und Signifikanzunterschiede, gleicher Buchstabe bedeutet kein signifikanter Unterschied

Wie das Box-Plot in Abbildung 15 zeigt, ist die Streuung der Werte bei LHE, LHI und LMSI sehr gering, wohingegen LMI HP, LP und BIO viel weiter streuen. Bezüglich der Signifikanzen setzen sich die LMSI Betriebe mit den niedrigsten Kosten von 599 Euro pro % NH₃ am deutlichsten von den anderen Betrieben ab. Unter den konventionellen Betrieben unterscheiden sich die intensivsten Betriebe (LMI HP) signifikant von den extensivsten (LHE), wobei die Kosten pro % NH₃ der LHE Betriebe nur 58% der Kosten pro % NH₃ der LMI HP-Betriebe ausmachen. Die Bio-Betriebe unterscheiden sich jedoch nicht signifikant von der Gesamtheit der konventionellen Betriebe.

5. Schlussfolgerungen

Im Rahmen der Aktion 8 „Ammoniak“ wurde versucht, den Zusammenhang zwischen Fütterung und NH₃-Emissionen unter dem Blickwinkel der Eiweißautarkie zu beleuchten. Unter den Projektbedingungen (Übergangsjahre von der Milchquotenregelung zur kompletten Abschaffung der Quote) und nicht zuletzt unter Berücksichtigung der Preise vor allem für Futtermitteln und für die Milch, lassen sich die grundsätzlichen Ergebnisse dieser Untersuchung folgendermaßen zusammenfassen:

- Es konnte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Harnstoffgehalt in der Milch und Eiweißautarkieparametern für die Milchviehbetriebe festgestellt werden. Ebenso konnte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Rohproteingehalt in Ration von Milchkühen und Harnstoffgehalt im Milchtank ermittelt werden für Betriebe, bei denen detaillierte Daten der Rationen vorlagen. Präzisere Rationsdaten (vor allem betreffend die Häufigkeit der Datenaufnahme) und Harnstoffgehalte der MLP sind möglicherweise besser geeignet, den Zusammenhang zwischen Rohproteingehalt bzw. Eiweißautarkie und Harnstoffgehalt festzustellen.
- Zwischen Höhe der NH₃-Verluste und Eiweißautarkie besteht einen statistisch signifikanten Zusammenhang. Die Korrelationen mit den Autarkiewerten in % sind negativ und maßgeblich von der Fütterungseffizienz, die mit den Autarkiewerten in % dagegen sind positiv und in hohem Umfang vom Viehbesatz der Betriebe abhängig. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass eine hohe prozentuale Eiweißautarkie einen positiven Effekt hat auf die Reduzierung der NH₃-Emissionen im Milchviehbetrieb.
- Das nicht verwertete Eiweiß ist ein Indikator für die Ammoniakverluste, da zwischen diesen Parametern ein statistisch signifikanter Zusammenhang besteht. Der Rohproteingehalt in der Ration kann auch dazu verwendet werden, um die Höhe des nicht verwerteten Eiweißes im Betrieb festzustellen, beim in Kaufnehmen einer Unsicherheit von 50%. Dagegen ist es nicht möglich, direkt vom XP-Gehalt in der Ration der Milchviehherde auf die Höhe der NH₃-Verluste zurückzuschließen, da die Effizienz des Futtermitelesatzes von Betrieb zu Betrieb stark schwankt und daher einzeln nachgegangen werden muss.
- Eine Untersuchung über das Reduzierungspotentials der NH₃-Emissionen bei Optimierung des XP-Gehalts der Rationen auf 15,0% hat ergeben, dass bei den Milchviehbetrieben mit XP-Gehalt über 15,0% ein NH₃-Verringerungspotential von fast 25% besteht. Am höchsten ist dieses Potentials in Betrieben aus Luxemburg und Rheinland-Pfalz bzw. Saarland, am geringsten in Betrieben aus Lothringen, die eher mit niedrigeren XP-Gehalten in der Ration füttern. Bei den Betriebstypen weisen die LMI_HP-Betriebe (maisbetont intensiv mit hoher Milchleistung) den höchsten Reduzierungspotential auf, gefolgt von den Betrieben LP (Ackerstandortbetriebe) und LHI bzw. LHE (grasbetont intensiv bzw. extensiv wirtschaftende Betriebe).
- Es wurde weiter untersucht, wie hoch die Kosten einer weiteren Verringerung der NH₃-Emissionen wären, falls der Gehalt an Rohprotein in der Ration unter 15,0 auf bis 14,0 Prozent herabgesenkt würde. Unter 15,0 Prozent ist nämlich mit zum Teil erheblichen Leistungseinbußen der Milchkühe zu rechnen. Unter Berücksichtigung der Kostenvermeidung über das eingesparte Kraftfutter konnten Netto-Zusatzkosten in Höhe von 193 € pro Kuh bzw. rund 1000€ pro Prozent reduzierten Ammoniaks ermittelt werden. Bei den Betriebstypen

würden die Bio-Betriebe am meisten belastet, bedingt durch den hohen Milchpreis, gefolgt durch die Betriebe LMI_HP und LP. Diese Aussagen gelten nur für die Bedingungen der Jahre 2014-2015-2016 und müssten für eine aktuelle Aussage auf heutige Verhältnisse angepasst werden.

6. Literatur

- AUTOPROT (2019):** Aktion2 – Konkretes Ergebnis 1: Gemeinsame Methoden und Rechenwerte zur Berechnung der Eiweißautarkie, https://www.convis.lu/fileadmin/data/departments/Beratung-neu/AUTOPROT_AKTION2_KONKRETES_ERGEBNIS1_Technisches_Handbuch_Eiweissautarkie.pdf
- Bannink A, Hindle V.A. (2003):** Prediction of N intake and N-excretion by dairy cows from milk data (in dutch). Report 030008567, Animal Sciences Group Lelystad
- Bracher A. (2011):** Möglichkeiten zur Reduktion von Ammoniakemissionen durch Förderungsmaßnahmen beim Rindvieh (Milchkuh). SHL, Agroscope, https://www.blw.admin.ch/dam/blw/fr/dokumente/Instrumente/Ressourcen-%20und%20Gewaesserschutzprogramm/Ressourcenprogramm/Studie%20der%20SHL%20und%20ALP%20zu%20Ammoniakemissionsreduktion%20bei%20Rindfuehfuetterung.pdf.download.pdf/K%C3%BChNH3-Schlussbericht_14+12+2011.pdf
- Broderick G.A. (2003):** Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. J Dairy Sci. 86: 1370-1381.
- Decker A., Zähner M., Dohme-Meier F., Böttger C., Münger A., Heimo D., Schrade S. (2021):** Milchwahnstoffgehalt: Was sagt er über die Stickstoffausscheidungen aus? Agrarforschung Schweiz 12: 137–145, 2021 https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2021/10/137-145_Artikel_Zaehner_Nutztiere_Milchwahnstoffgehalt.pdf
- Döhler H., Eurich-Menden B., Dämmgen U., Osterburg B., Lüttich M., Bergschmidt A., Berg W, Brunsch R. (2002):** Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungszenarien bis zum Jahr 2010. Forschungsbericht 299 42 256/02. Texte 05/02. Umweltbundesamt, Berlin
- Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) (2001):** Empfehlungen zur Energie-und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder / Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, - Frankfurt am Main, DLG-Verlag
- Haenel H.D., Rösemann C., Dämmgen U., Döring U., Wulf S., Eurich-Menden B., Freibauer A., Döhler H., Schreiner C., Osterburg B. (2018):** Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2016. Report on methods and data (RMD), Submission 2018 https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_57.pdf
- IPCC (2006):** Greenhouse gas inventory. Reference manual, Volume 4. Agriculture, Forestry and other land use (AFOLU)
- KTBL/UBA (2021):** Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft mindern – Gute fachliche Praxis https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/2021_fb_ammoniakemissionen_in_landwirtschaft_mindern_final_bf.pdf
- NEC-Directive (2016):** https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2016.344.01.0001.01.ENG&toc=OJ:L:2016:344:TOC
- Sajeev, E.P.M, et al. (2018):** Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 110:161-175
- Spek J.W., Dijkstra J., van Duinkerken G., Hendriks W.H., Bannink A. (2013):** Prediction of urinary nitrogen and urinary urea nitrogen excretion by lactating dairy cattle in northwestern Europe and North America: A meta-analysis, J. Dairy Sci. 96:4310 – 4322, <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6265>

Statistik „R“ (2022): <https://www.r-statistik.de/>

Westreicher-Kristen, E., Kroon, L., Van Straalen, W. (2022): Einfluss der Reduktion der ruminalen Proteinbilanz und der metabolisierbaren Aminosäuren auf Milchleistung und N-Effizienz bei Milchkühen, Tagungsunterlage Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung am 3. und 4. Mai 2022, DLG und Verband der Landwirt

Zähler M., Keck M., Hilty R. (2005): Ammoniak-Emissionen von Rindviehställen - Minderung beim Bau und Management. FAT-Berichte Nr. 641 2005,
https://www.strickhof.ch/custom/strickhof.ch/userfiles/files/Fachwissen/Duengung/RessourcenprojektAmmoniak/Merkblaetter/FAT_Bericht_641_Rindviehstaelle_Ammoniak_Emissionen.pdf



AutoProt ist eine Kooperation zwischen 10 Partnern:

CONVIS Société Coopérative, Luxemburg

Lycée Technique Agricole. Luxemburg

Institut de l'Élevage, Frankreich

Chambre d'Agriculture de la Moselle, Frankreich

Chambre d'Agriculture des Vosges, Frankreich

Centre Wallon de Recherches Agronomiques, Belgien

Association Wallonne de l'Élevage asbl (AWE asbl) Belgien

Centre de Gestion du SPIGVA ASBL, Belgien

Landwirtschaftskammer für das Saarland, Deutschland

Landwirtschaftskammer Rheinland-Pfalz, Deutschland