



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD
Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP



Möglichkeiten zur Reduktion der Ammoniakemissionen durch Fütterungsmassnahmen bei der Milchkuh

Annelies Bracher

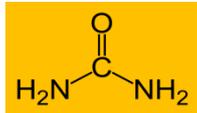
ALP-Tagung 2011, Posieux, 29.09.2011

ALP gehört zur Einheit ALP-Haras



1. Kontext

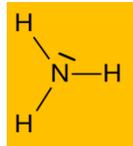
Göteborg Protokoll → Emissionsgrenzen für Schadstoffe, auch NH₃



Harnstoff (Harn)



Urease (Kot)

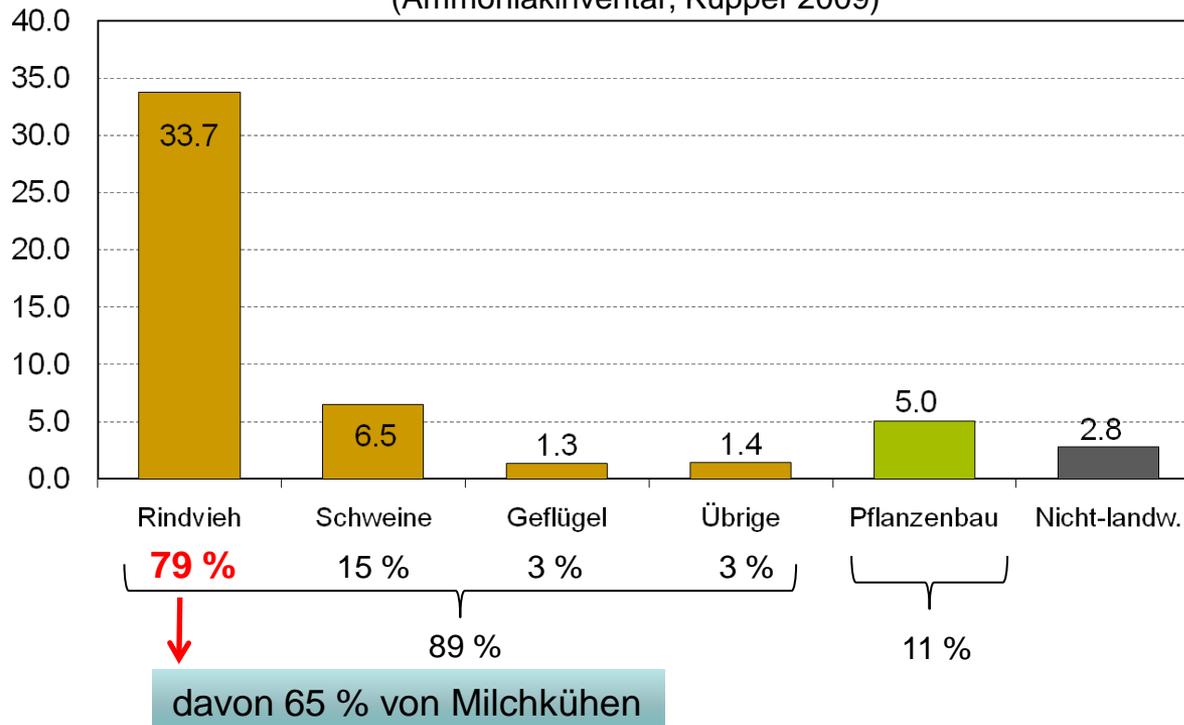


Ammoniak (Gülle)

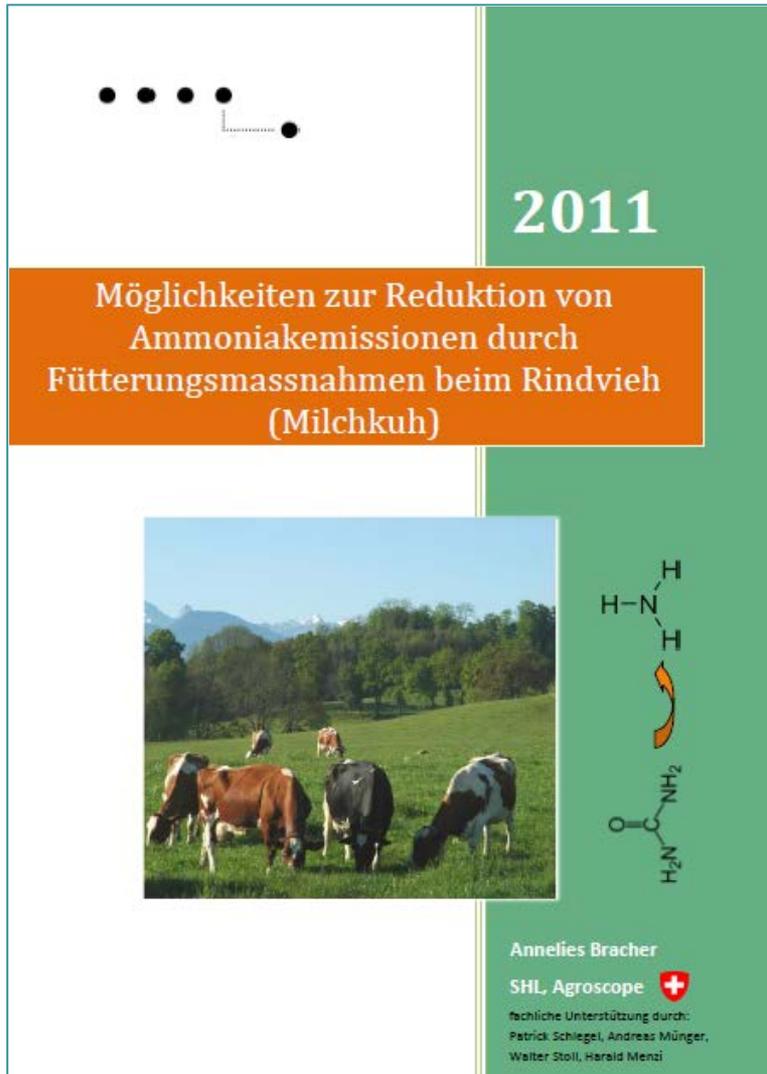
- Harnstoff ist wichtigster Vorläufer
- direkter Bezug zum N-Fluss
- hoher Beitrag der Tierhaltung

Schweiz: Landwirtschaftliche NH₃-Emissionen 2007

(Ammoniakinventar, Kupper 2009)



2. Ammoniakstudie



2011

Möglichkeiten zur Reduktion von Ammoniakemissionen durch Fütterungsmassnahmen beim Rindvieh (Milchkuh)



Annelies Bracher
SHL Agroscope 
fachliche Unterstützung durch:
Patrick Schlegel, Andreas Mürger,
Walter Stoll, Harald Menzi

Auslöser: Umsetzung von Reduktionsmassnahmen im Rahmen von kantonalen Ressourcenprogrammen (BLW)

Projektziele:

- Wissensstand, Indikatoren
→ Literatur
- Evaluierung Milchwahstoff
- N-Bilanzversuche CH
→ Metaanalyse, Regressionen
- Quantifizierung N-Ausscheidung
→ Modellierung
- Quantifizierung NH_3 -Emissionen
→ Modellierung
- Empfehlungen zu Massnahmen

Co-Autoren:

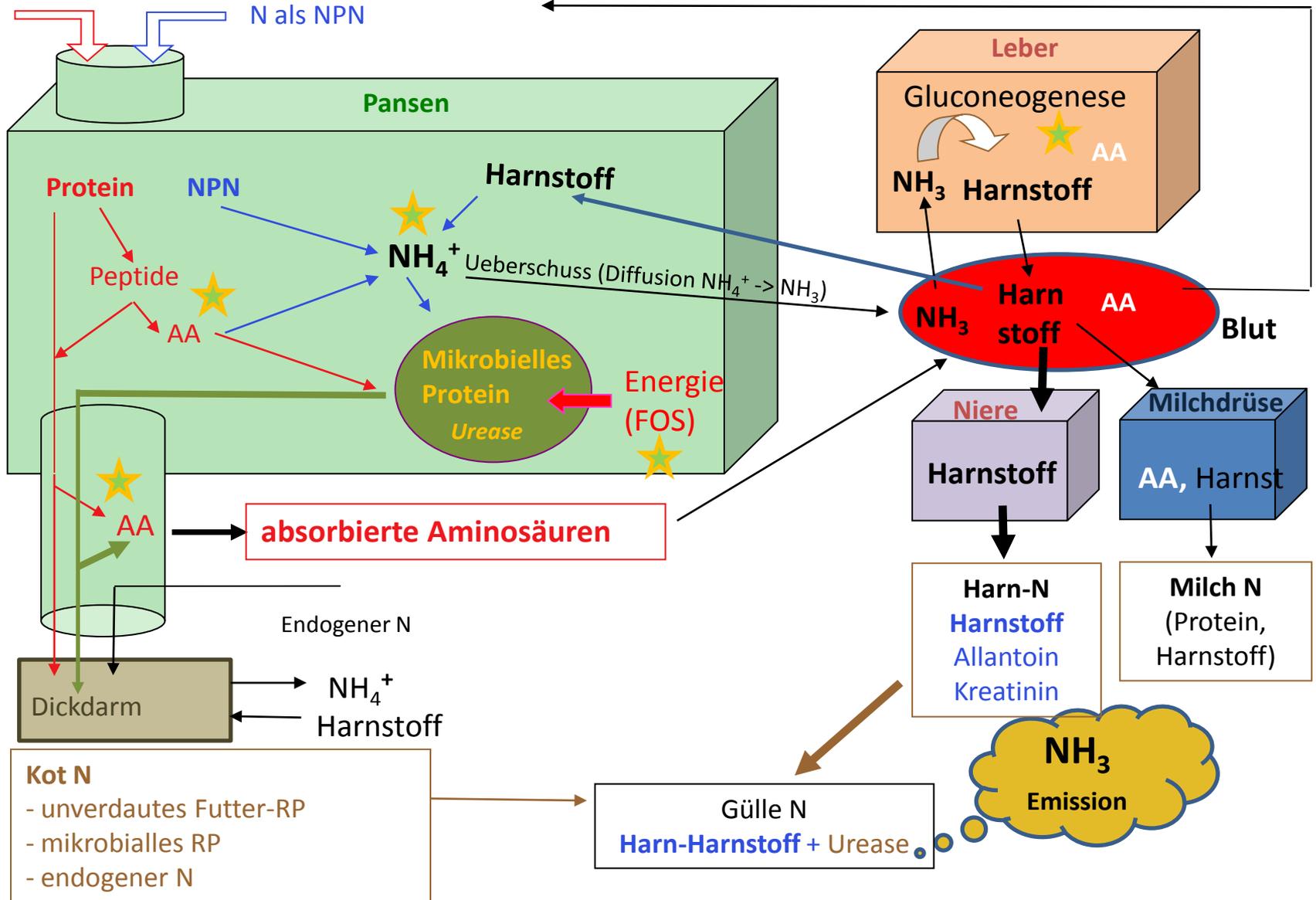
Patrick Schlegel, Andreas Mürger, Walter Stoll, Harald Menzi

3. Proteinstoffwechsel beim Wiederkäuer

Futterprotein (N*6.25)
 Futterenergie (Sta, Zu, NDF, Pec)

N als Protein

N als NPN



Proteinstoffwechsel: Harnstoff minimieren!

- hohe Korrelation zwischen Pansen-NH₃ und Blut-, Harn- und Milchwarnstoff
- Interaktionen zum Energieumsatz

Ursachen hoher Harnstoffausscheidungen

1. metabolische Verluste → weitgehend unvermeidbar
2. Energie-Protein-Imbalanz im Pansen (Menge, Timing)
3. postruminale Proteinübersversorgung



Fütterungseinfluss

→ vermeidbare Harnstoffquellen minimieren



Indikatoren mit Bezug zur Harnstoffausscheidung

Vermeidbare NH ₃ - und Harnstoffquellen	futterabhängige Indikatoren = f(Futterbewertungssystem)
Ruminale Proteinbilanz	PMN-PME , g/kg TS, g/Tag PMN g/kg TS = RP *[1 - {1.11*(1 - aRP /100)}] PME g/kg TS = 0.145* FOS FOS g/kg TS = VOS-RP*(1-aRP/100)-RL-ST*(1-aST/100)-FP/2 N/VOS, N/FOS , g/kg
Protein-Energiebilanz Kuh	RP/NEL , g/MJ; MPP_{NEL} - MPP_{APD}
Protein(über)versorgung	RP Verzehr, RP g/kg TS APD Versorgung – APD Bedarf
metabolische Indikatoren: Milch-Harnstoff (MUC) mg/dl Blut-Harnstoff Harn-Harnstoff g/l	

PME = mikrobielles Protein, das aus fermentierbarer Energie aufgebaut werden kann
 PMN = mikrobielles Protein, das aus dem abbaubaren Rohprotein aufgebaut werden kann



4. Milchwahnstoff (MUC, mg/dl)

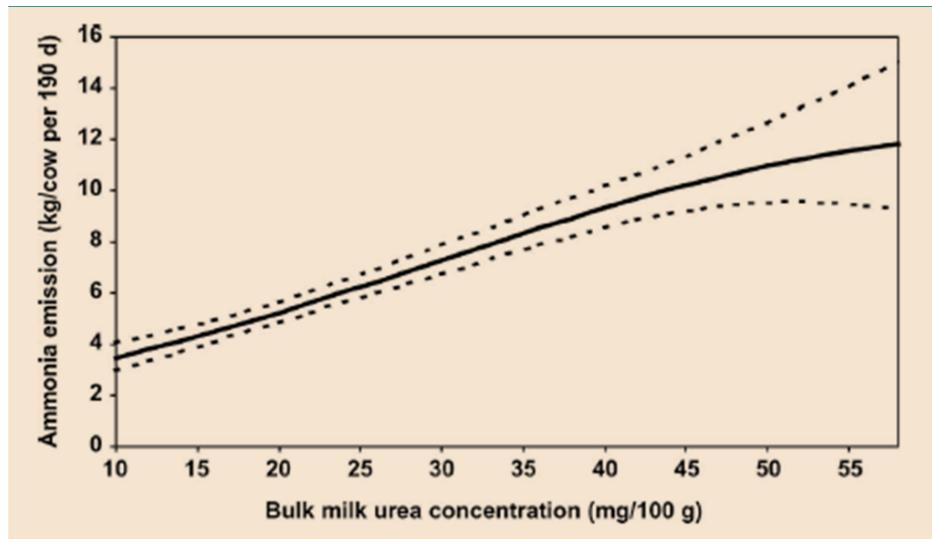
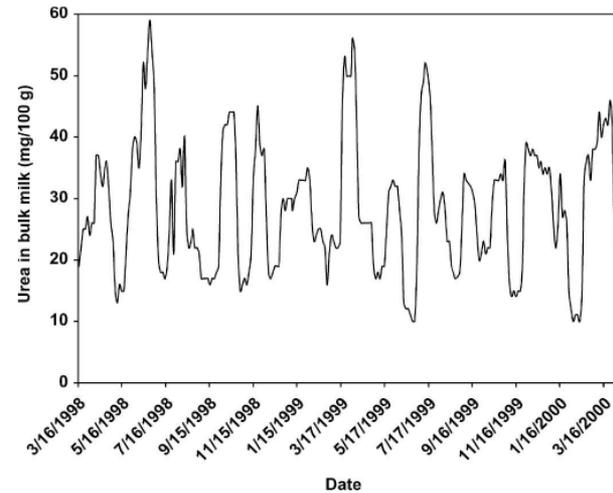
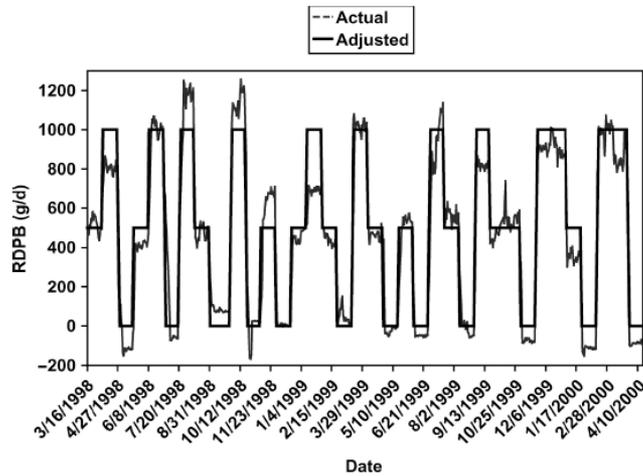
MUC positiv korreliert	MUC negativ korreliert
RP Ration g/kg TS, g/Tag PMN-PME g/kg TS, g/Tag APD-Bilanz RP:NEL N:VOS aRP NH ₃ Pansen Blutwahnstoff Harnstoffkonz im Harn (UUN) g/l Harn-N g/Tag TAN Gülle g/l NH₃-Emissionen	NFC Ration g/kg TS Stärke Ration g/kg TS WSC Ration g/kg TS WSC:RP Grünfütter Tannin LG NEL-Bilanz N-Effizienz C:N Gülle

Milchwahnstoff widerspiegelt den Harnstoff-Turnover und ist mit den gleichen Futter-, Stoffwechsel- und Güllemerkmalen positiv korreliert wie die potentiellen Ammoniakemissionen. Er eignet sich als Indikator, allerdings mit Einschränkungen und offenen Fragen.



Ruminale Bilanz, MUC und NH₃-Stallemissionen

(van Duinkerken et al 2005)

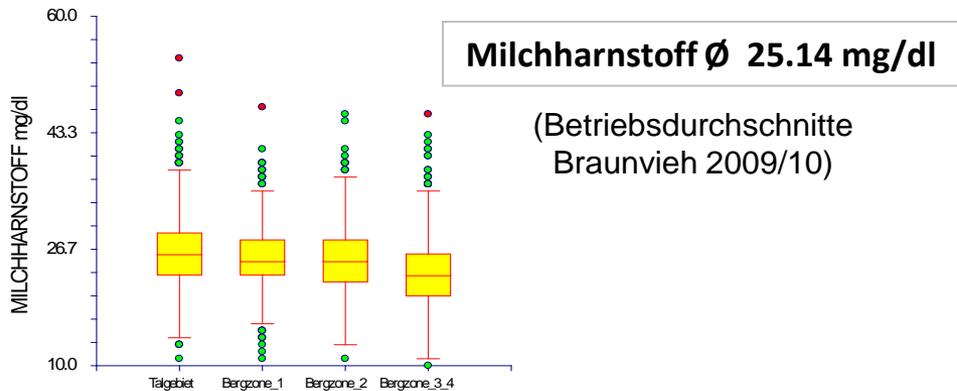
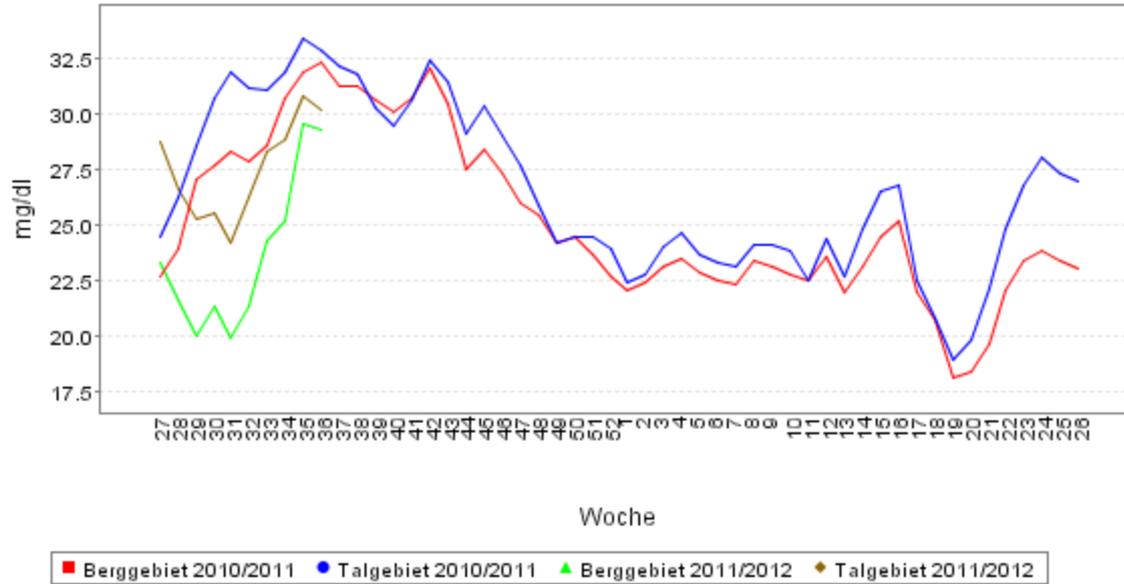


- ruminale Bilanz und MUC verlaufen parallel
- Temperatur und MUC erklären 76 % der Varianz der NH₃-Stallemissionen



Schweiz: saisonale, regionale Effekte auf MUC

Harnstoff (<http://homepage.braunvieh.ch> 2011)

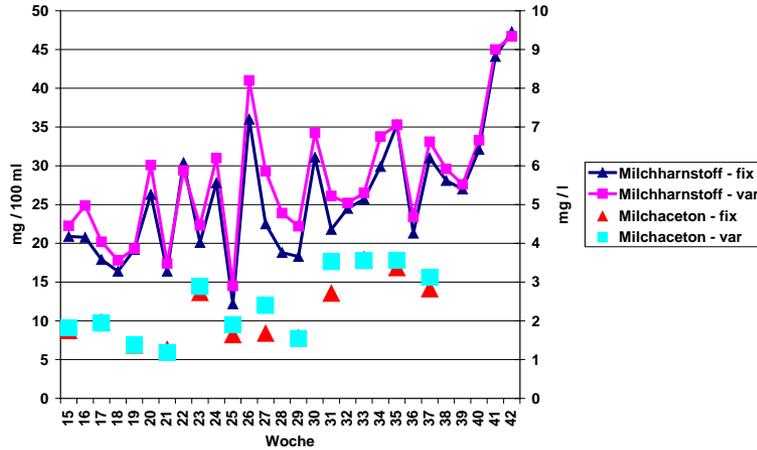


- hohe MUC-Gehalte während Grünfütterung, va Sommer/Herbst
- Talgebiet > Berggebiet
- grosse Betriebsstreuung
- Reduktionspotenzial vorhanden



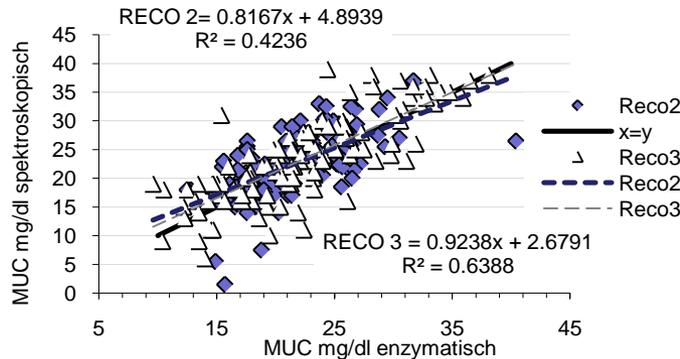
Milchharnstoff: Problembereiche

Milchkühe auf Vollweide mit Ergänzungsfütterung (Münger 2009)



Sprunghaftigkeit bei variabler Futterqualität, ausgeprägt bei Grünfütterung
→ Analysenhäufigkeit?

Enzymatische vs spektroskopische Analyse



Routineanalyse Qualitätsmängel
→ schlechte Vergleichbarkeit zwischen Methoden
→ Einzeltierinterpretation?



Milchharnstoff: offene Fragen

- Sprunghaftigkeit
- Analytik

- Berechnungsmethode für Betriebsdurchschnitt

- Einzeltierprobe oder Tankmilchprobe

- Definition Zielbereich

- MUC ist unspezifisch in Bezug auf Harnstoffquelle, mehrere Ursachen gleichzeitig und gegenläufig möglich

- MUC als Indikator nur bei laktierenden Tieren einsetzbar

- Kombination mit weiteren Indikatoren



5. Analyse Schweizer N-Bilanzversuche

Datenquelle: Dissertationen, Fütterungsversuche ALP

Ziel: Überprüfung der Beziehung zwischen Futtermerkmalen und N-Umsatz

Übersicht der Datensätze aufgeteilt nach Kuhgruppe und Rationstyp

Gruppe	n	NEL MJ/kg TS	RP g/kg TS	N- Verzehr g/Tag	Kot-N g/Tag	Harn-N g/Tag	Harn-N /N- Exkr %	Milk kg ECM	MUC mg/dl
Galkühe	31	4.9	109	132.54	54.25	37.16	27.0	-	-
lakt Kühe Winterration	165	6.15	148.3	399.9	144.9	109.9	41.0	23.0	20.0
lakt Kühe Sommerration	191	6.61	182.6	515.6	143.7	214.0	58.54	26.6	30.5

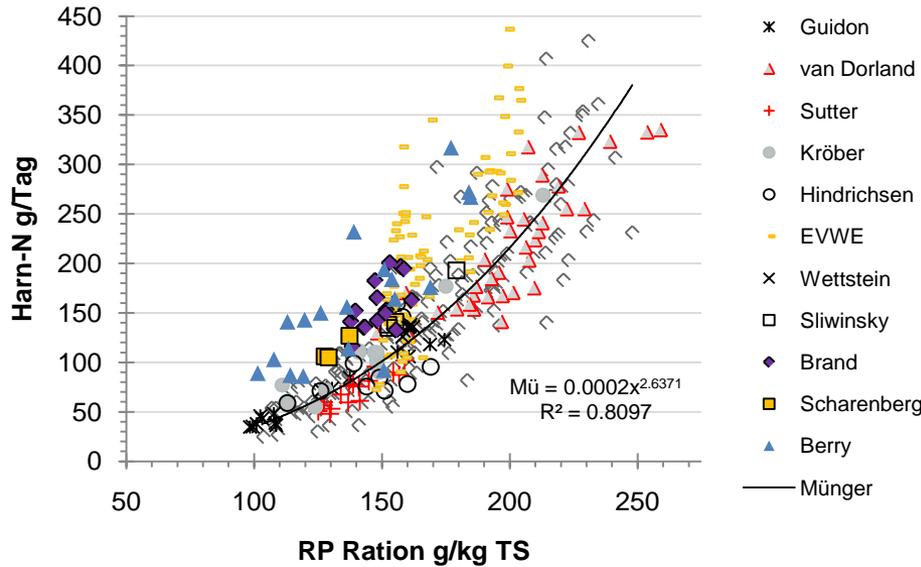
- Datensätze decken eine breite Palette an Rationen und Leistungen ab
- mehrheitlich Einzeltierdaten
- spektroskopisch bestimmte Milchwahstoffdaten gestrichen

generell:

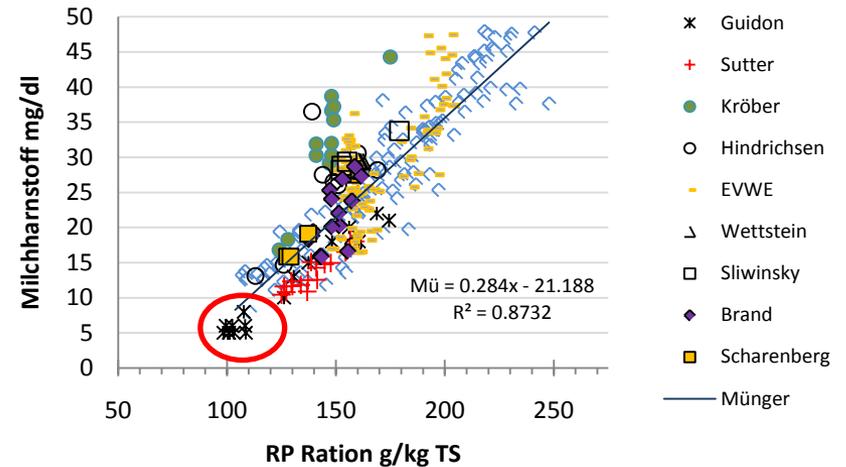
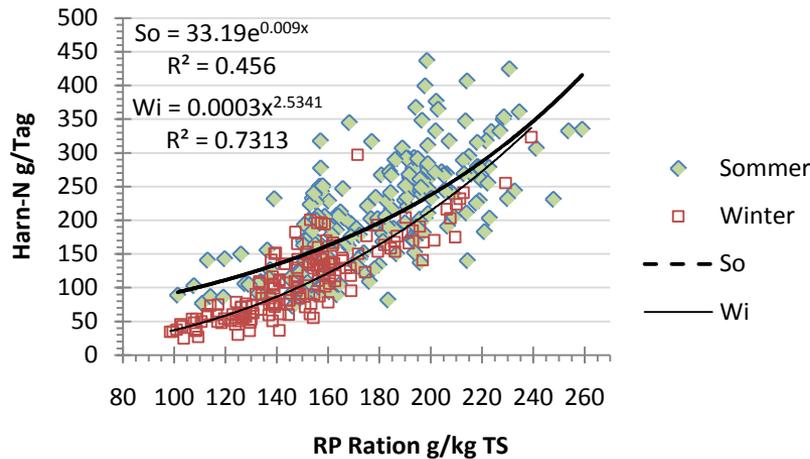
- saisonaler Einfluss auf N-turnover
- Harn-N viel variabler als Kot-N
- Harn-N nimmt mit N-Verzehr quadratisch zu



Harn-N, RP-Gehalt der Ration und Milchwahnstoff

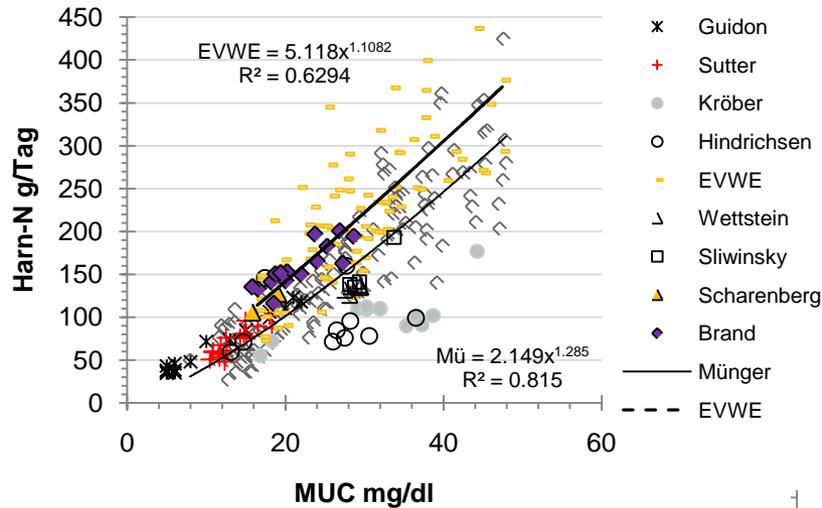


- Harn-N steigt mit zunehmendem RP-Gehalt
- Unterschiede zwischen Versuchen
- Sommerrationen verursachen hohe Harn-N-Ausscheidung
- Milchwahnstoff korreliert mit RPRation ($R^2 = 0.74$)
- analog: RP/NEL, N/VOS, PMN-PME

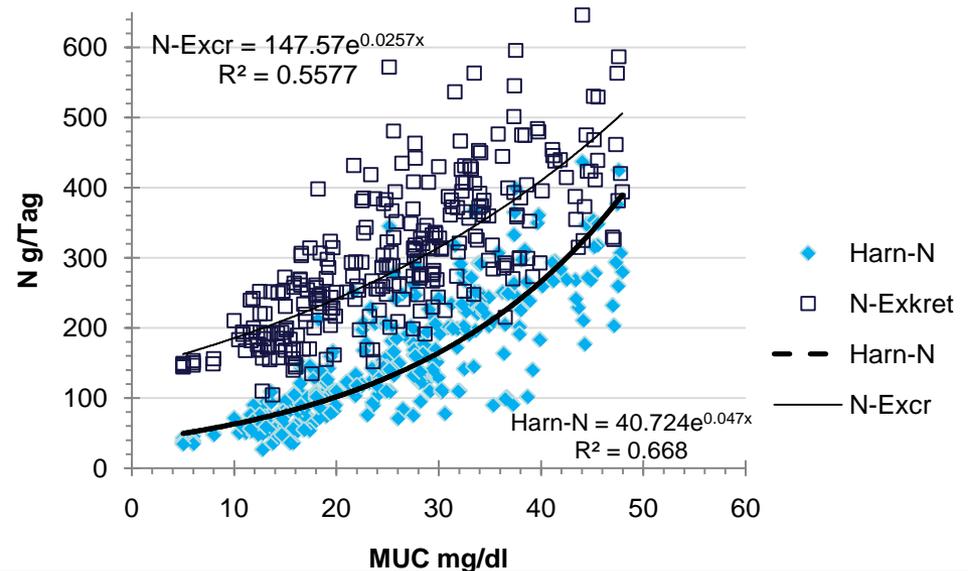




Schätzung der N-Ausscheidung aus Milchharnstoff



- Interesse an Schätzgleichung hoch, weil unabhängig von Futterverzehrdaten anwenbar
- Harn-N nimmt mit MUC zu
- Unterschiede zwischen Versuchen
- bessere Schätzung für Harn-N als Ntot
- Restfehler sind gross
- multivariate Ansätze testen

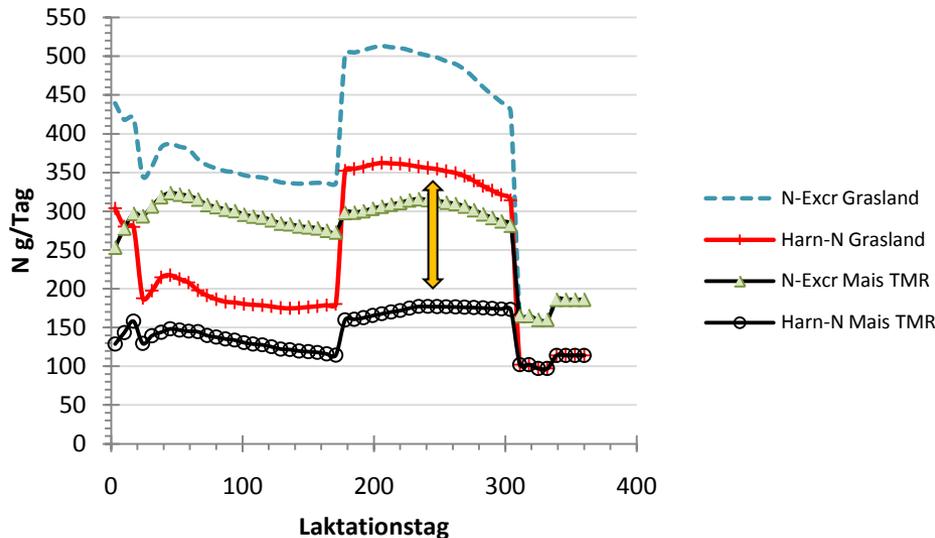




6. Modellierung N-Ausscheidung

- Laktationskurve → Bedarf
- Verzehrmodell (gemäss Grünes Buch), eingeplantes Energiedefizit (Protein) → Kraftfutterbedarf
- Kot-N g/Tag = Futter-N (g/Tag) * (1-vN)
- Harn-N g/Tag = Futter-N (g/Tag) - Milch-N (g/Tag) - Kot-N (g/Tag); N-Bilanz = 0
- Input: Rationskomponenten, Dauer Winter-/Sommerfütterung, Abkalbung, Leistung → 12 Fütterungsstrategien

	Grasland basiert	Mais betont
Leistungkg ECM	7000	7000
Abkalbung	20. Okt	20. Okt
Winterration	Heu (50 %), GS (50 %) + Kf	MS (40 %), GS, Heu, Futterrüben+ Kf
Sommerration	100 % Gras, 21 % RP	MS (40 %), Heu (20 %), Gras (40 %)



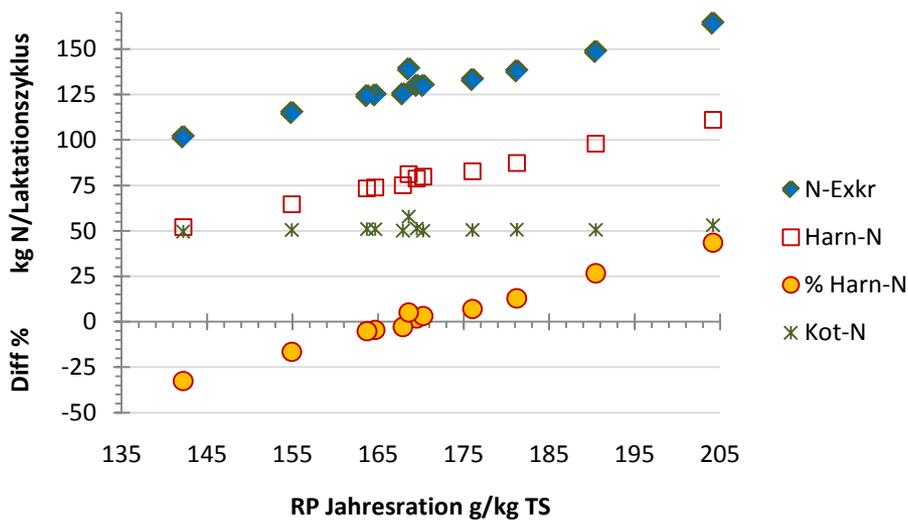
Σ Laktation	Grasland	Mais
Kot-N kg	50.7	49.7
Harn-N kg	87.3	52.1
total N-Exkr kg	138.0	101.8
RP Ration %	18.1	14.2
N-Exkr/ECM g/kg	20.1	14.8
N-eff %	19.9	25.1



Fütterungsmassnahmen Sommer

Abkalbung Oktober	RP Sommer g/kg TS lact	PMN-PME g/kg TS lact	Harn-N Sommer kg	% Diff
21 % RP Gras, kein Ef	210	59.7	58.4	
17,6 % RP Gras, kein Ef → Grasqualität	176	28.3	44.2	-24.3
21 % RP Gras, +Dürrfutter (10%)	199	52.4	53.6	-8.2
21 % RP Gras, +Maiswürfel (10%)	196	50.9	53.0	-9.2
21 % RP Gras, +Rübenschnitzel (10%)	198	46.9	53.8	-7.9

Modellierte Jahresausscheidung an Kot-N, Harn-N und N-Exkr (7000 kg ECM)

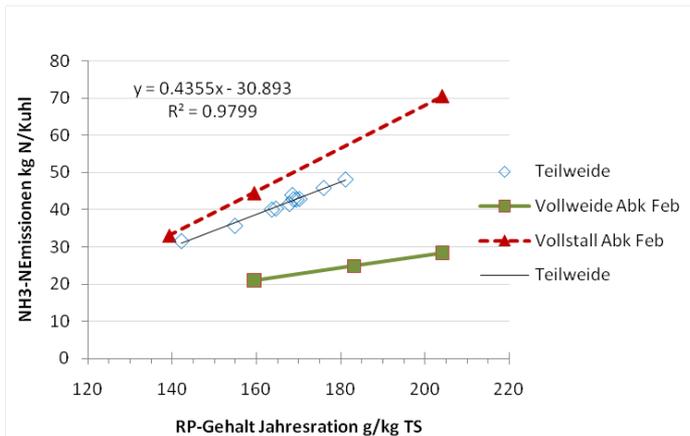
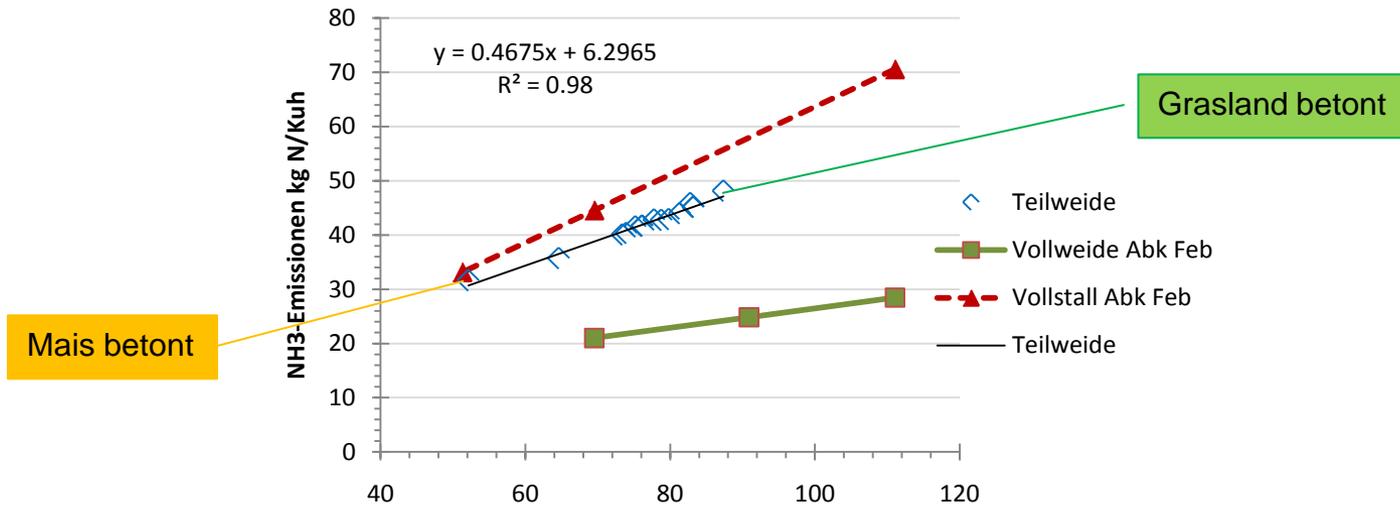


Inputvariablen für
NH₃-Emissionsberechnung



7. Modellierung NH₃-Emissionen

Modellbetrieb: Laufstall, Vollgülle, Laufhof, nur Stallfütterung oder 6 h Weide (Teilweide) oder 20 h Weide (Vollweide) an 210 Tagen, abgedecktes Güllelager, Prallteller, TAN-Flussmodell (<http://agrammon.ch>).



Harn-N kg/Jahr

- Vollweide im Sommer immer die tiefsten Emissionen
- **Teilweidestrategie:**
 - pro kg ↓ Harn-N → 0.47 kg weniger NH₃-N
 - pro % ↓ Harn-N → 1.3 kg weniger NH₃-N
 - pro g ↓ RP Ratio → 0.44 kg weniger NH₃-N
 - pro g/MJ ↓ CP/NEL → 2.68 kg weniger NH₃-N



8. Richtwerte für eine N-optimierte Fütterung mit reduziertem NH₃-Emissionspotenzial

Gesamtration (zu jedem Zeitpunkt der Laktation)

- RP-Gehalt < 18 %
- RP/NEL -Verhältnis < 25 g/MJ
- N/VOS-Verhältnis < 40 g/kg
- ruminale Proteinbilanz < 600 g/Tag, < 30 g/kg TS (PMN-PME)
- MPP_{NEL} , MPP_{APDE} , MPP_{APDN} ausgewogen, bedarfsgerecht



Fütterungstechnik

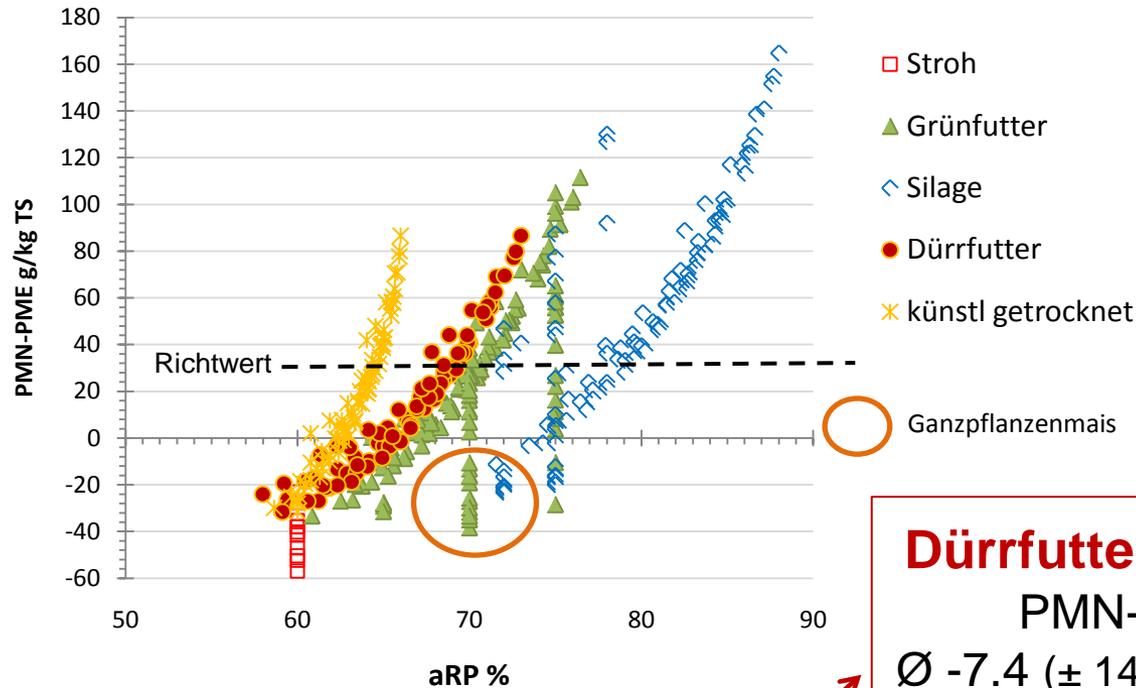
- mehr als 2x Krafftutter/Tag über Automat oder Futtermischwagen
- **Sonderfall Weide:** Ohne Ausgleichsfütterung und/oder abgestufte Grasqualität für spätlaktierende Kühe ist der N-Anfall hoch und die **N-Effizienz** auf Kuh- und Betriebsstufe reduziert. Wegen Bodenversickerung bleiben die NH₃-Emissionen tief.

Milchharnstoff

- < 25 mg/dl
- Korrekturfaktor bei Vollweide



Abbaubarkeit des Rohproteins und ruminale Proteinbilanz von Raufutter (schweiz. Futtermitteldatenbank 2011)



Dürrfutterenquôte
PMN-PME
Ø -7.4 (± 14.2) g/kg TS

- frühe Nutzungsstadien haben einen N-Ueberhang im Verhältnis zur Energie
→ Weidestadien
→ Grassilage mit generell hoher aRP
- spätere Nutzungsstadien und Maisprodukte eignen sich als Ausgleichsfutter
- Häufigkeitsverteilung in Praxis?



Schlussfolgerungen



- empfohlene **Rationsmerkmale** kombiniert anwenden, in Fütterungsplänen als Kontrollgrösse einbauen
- **Problembereiche**
 - Winter → hohe Grassilageanteile ohne Mais oder Hackfrüchte
 - Sommer → frühe Nutzungsstadien von Grünfutter, Verzicht auf Ausgleichsfutter (Krafftutter oder Raufutter), Proteinübersversorgung spätlaktierende+galte Kühe
- **Graslandbasierte Milchproduktion** hat Optimierungsbedarf in Bezug auf N-Effizienz, bei Vollweide sind NH_3 -Emissionen tief
- **Umsetzungsvarianten** im Vollzug: noch in Diskussion!
 1. Produktionssystem (z.B. Vollweide oder ganzjährig ausgewogene Ration)
 2. Punktesystem
 3. Milchwahnharnstoff als Indikator