

MoMiNE

Fütterungsversuche zur Optimierung von Stickstoffausscheidungen bei Milchkühen

Katharina Padberg¹

U. Meyer¹, D. von Soosten¹, C. Unruh¹, C. Visscher², S. Dänicke¹

¹ Institute of Animal Nutrition, Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesallee 37, 38116 Brunswick, Germany

² Institute for Animal Nutrition, University of Veterinary Medicine Hanover - Foundation, Hanover, Germany



Abschlussveranstaltung Projekt MoMiNE

Braunschweig, 02.12.2025

Projektschwerpunkte am FLI - ITE

Institut für Tierernährung

- Ernährungsphysiologie
- Futtermittelkunde
- Tierfütterung

Fokus

- Tiergesundheit
- Leistungsparameter
- geringe Umweltbelastung

Stoffwechsel und Nährstoffbedarf

- Untersuchung der Vorgänge im Verdauungstrakt von Wiederkäuern
- Bedeutung der Nährstoffumsetzungen für umweltrelevante Ausscheidungen (Stickstoff)

Gefördert durch



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Projektträger



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

This work is financially supported by the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) based on a decision of the Parliament of the Federal Republic of Germany, granted by the Federal Office for Agriculture and Food (BLE; grant number 28N204802).

Arbeitsthema I: Datenauswertung vergangener Bilanzversuche

Milchviehhaltung als Emissionsverursacher

- Milchkühe in der **Nutztierhaltung** für den **Großteil der Stickstoffemissionen** verantwortlich (Korevaar 1992, Sorley et al. 2024)
- Minderung der Stickstoffemissionen ist das Ziel

Fütterungsparameter

- Fütterung spielt hinsichtlich Protein- und Energiezufuhr eine wichtige Rolle (Castillo et al. 2001, Spanghero et al. 2021)
- Errechnete N-Bilanzen geben einen Hinweis auf die **zu erwartende Stickstoffausscheidung** bei entsprechender Proteinzufuhr im Futter

Urinmengenkalkulation

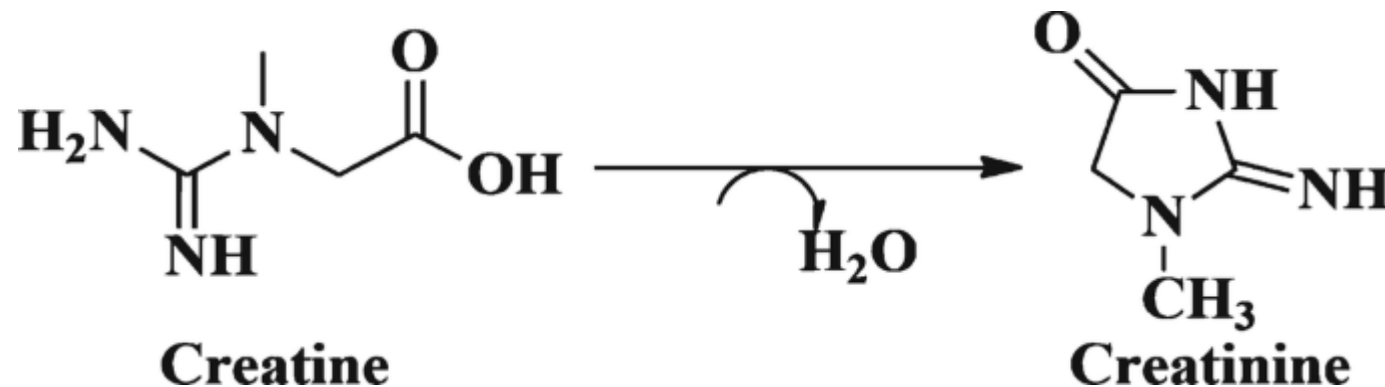
- N-Bilanzen lassen sich nur errechnen, wenn man eine **zuverlässige Schätzung der täglich ausgeschiedenen Urinmenge** hat

Arbeitsthema I: Datenauswertung vergangener Bilanzversuche

- Versuchsreihe von 9 Bilanzversuchen, von 2010 bis 2013
- Pro Versuch 4-6 laktierende oder trockenstehende Deutsche Holstein aufgestellt
- 5 Tage quantitative Sammlung von Kot und Harn, sowie Erfassung der Stickstoffaufnahme



Arbeitsthema I: Datenauswertung vergangener Bilanzversuche



Kreatinin*:

- Abbauprodukt von Kreatin im Muskel
- Harnpflichtiger Stoff ohne Rückresorption (THURMANN 2012)
- Relativ konstant (PHYSIOLOGIE 2019)

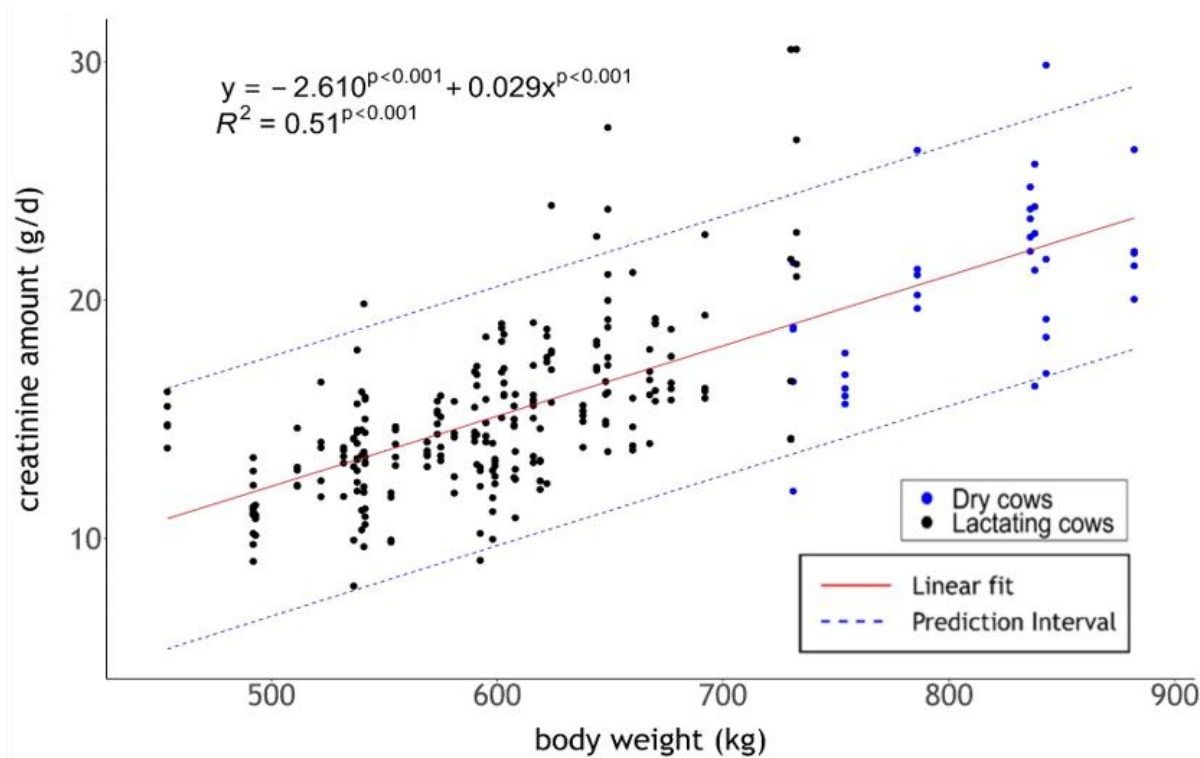


Arbeitsthema I: Datenauswertung vergangener Bilanzversuche

Lineare Methode	Nicht lineare Methode
<ul style="list-style-type: none">▪ Aus Literatur bekannt (Valadares et al. 1999)<ul style="list-style-type: none">▪ $\text{Lebendmasse} \cdot 29 / (\text{Kreatininkonzentration in mg/l} \cdot 1000)$▪ Mit geringem Stichprobenumfang ($n = 24$) und ohne Trockensteher erstellt▪ Prüfung an eigenem Datensatz mit modernen Kühen derselben Genetik▪ Rechnet mit<ul style="list-style-type: none">▪ Kreatininkonzentration▪ Durchschnittlicher Kreatininmenge▪ Pro kg Körpergewicht	<ul style="list-style-type: none">▪ Aus Datensatz ermittelt▪ Kühe derselben Genetik▪ Trockensteher inkludiert▪ Benötigt nur<ul style="list-style-type: none">▪ Kreatininkonzentration aus einer Spoturinprobe

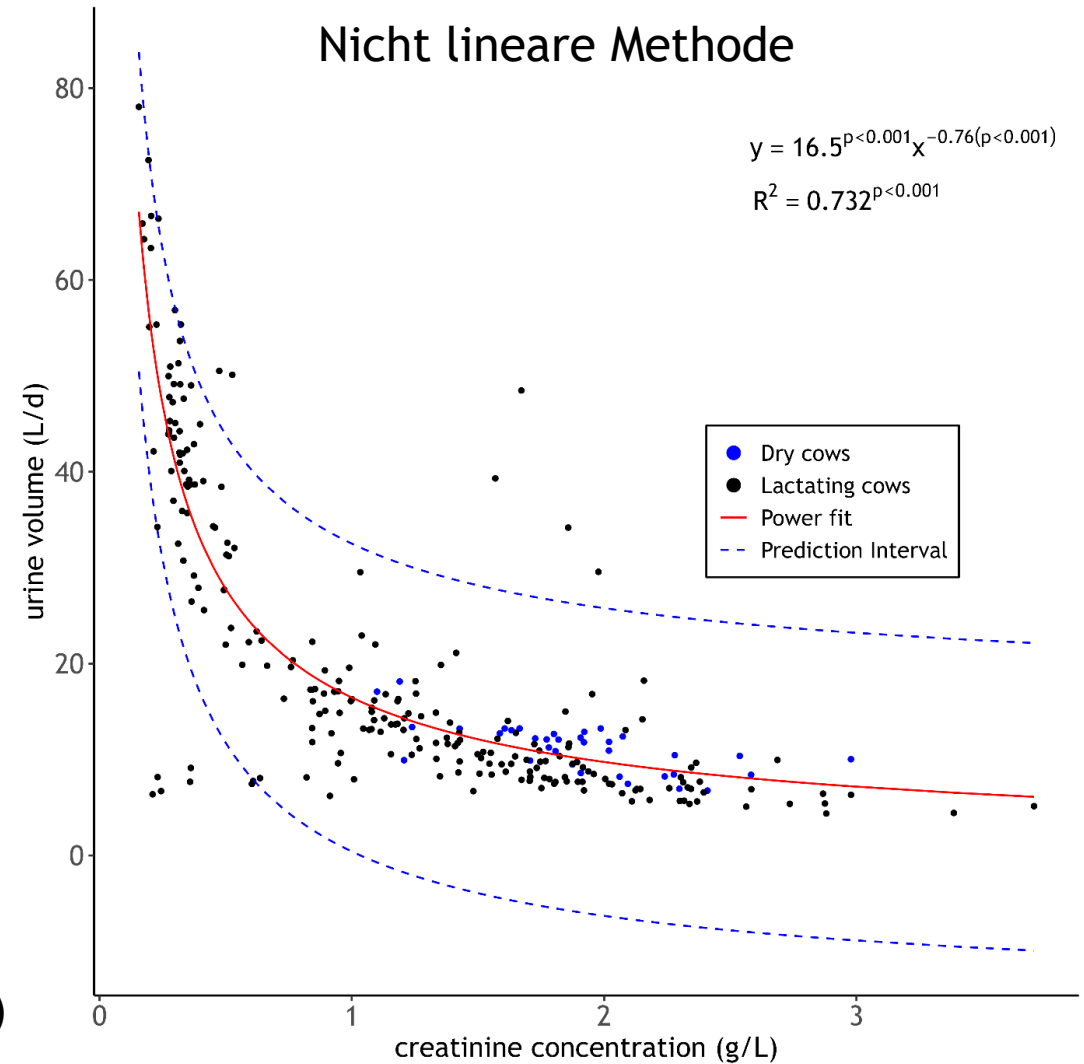
Arbeitsthema I: Datenauswertung vergangener Bilanzversuche

Lineare Methode



Urinmenge L/d =
 Lebendmasse*29/(Kreatininkonzentration in mg/l(*1000))

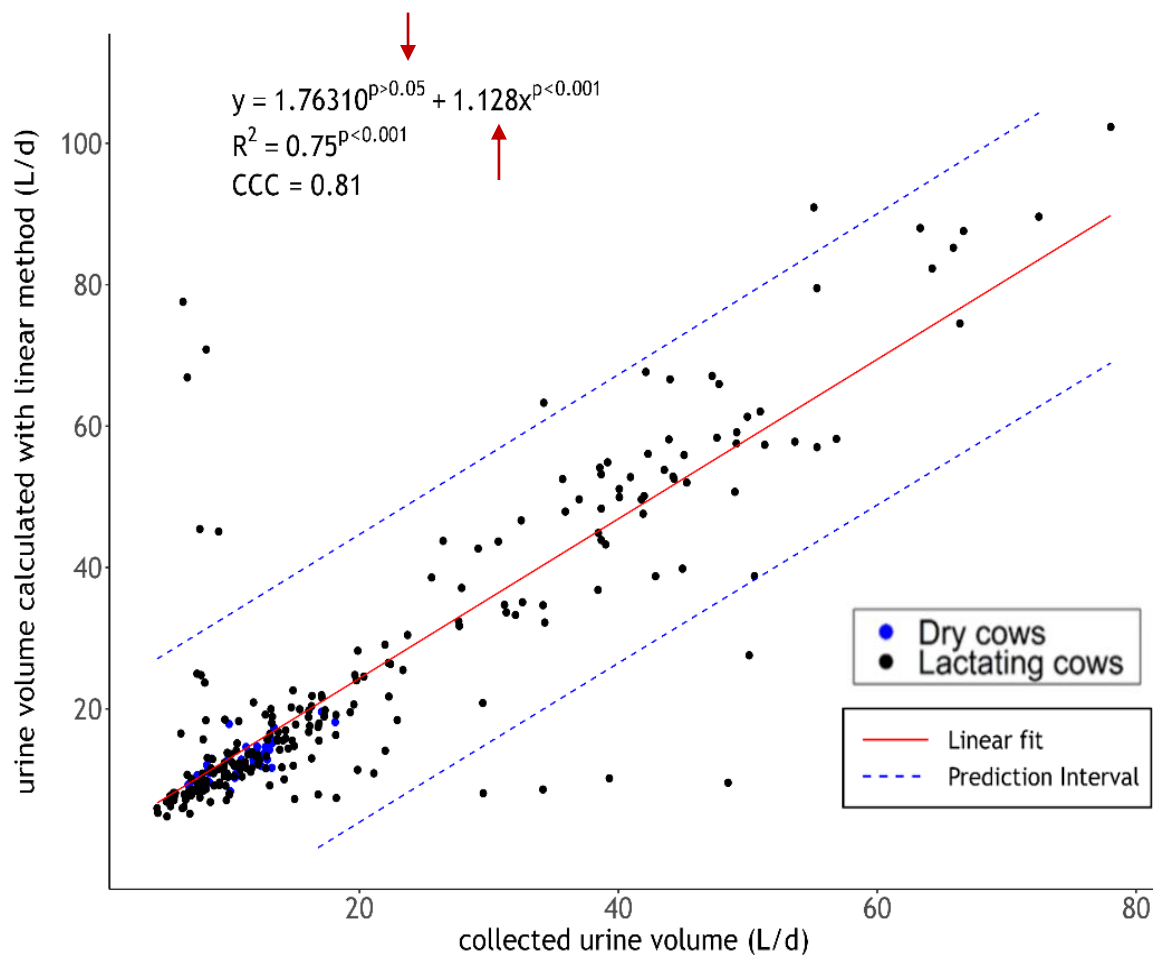
Nicht lineare Methode



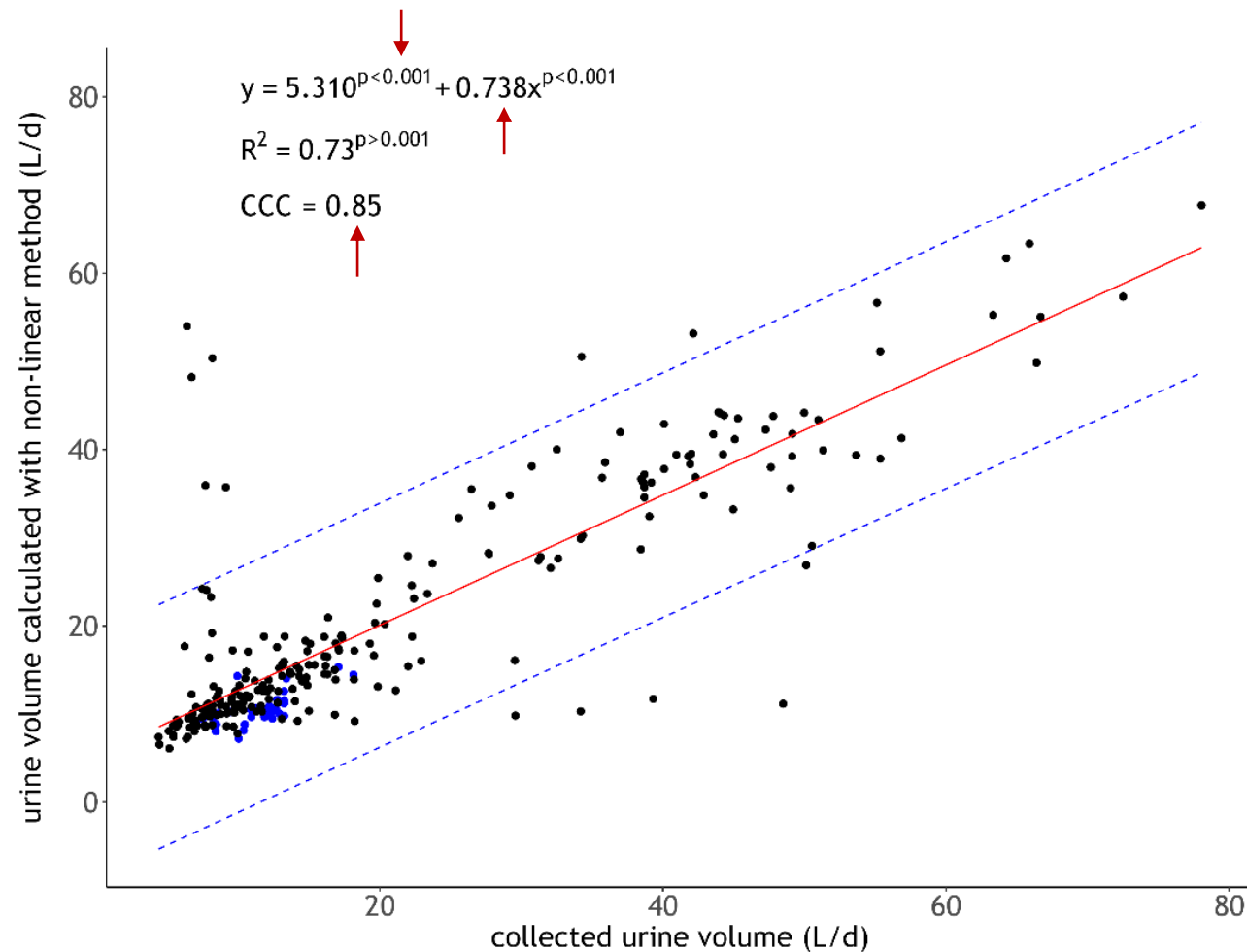
Urinmenge L/d = $16.5 \cdot \text{Kreatininkonzentration}^{-0.76}$

Arbeitsthema I: Datenauswertung vergangener Bilanzversuche

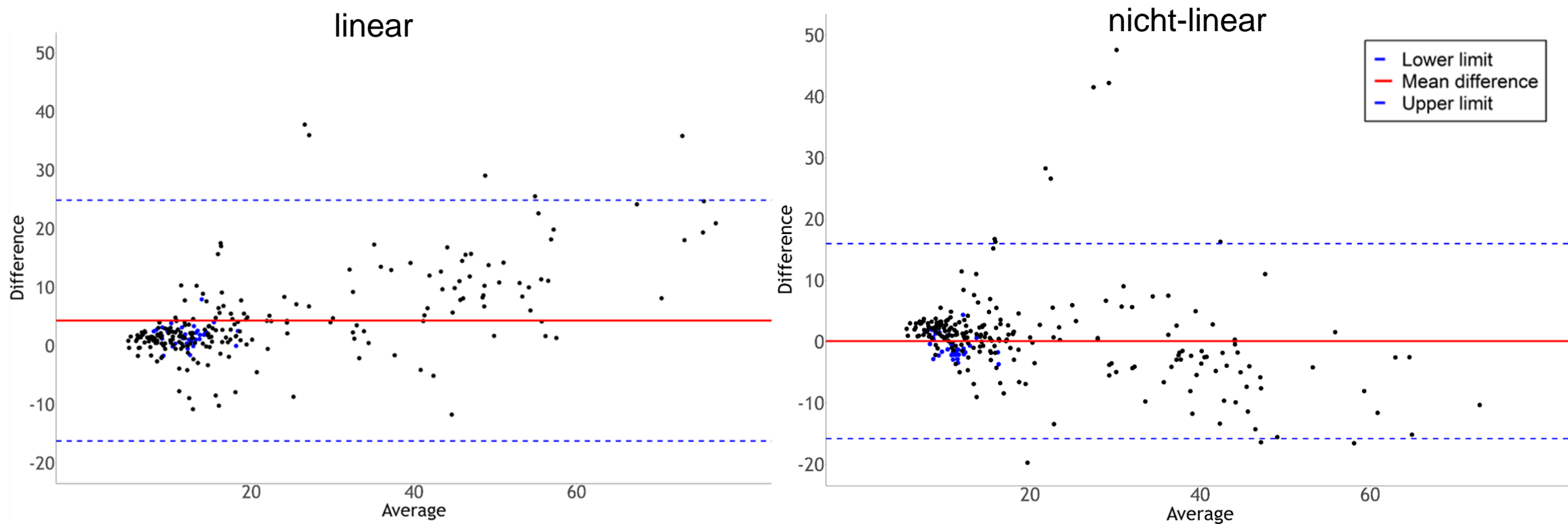
linear



nicht-linear



Arbeitsthema I: Datenauswertung vergangener Bilanzversuche



x-Achse: Mittelwert von beiden Methoden $((M1+M2)/2)$

y-Achse: Differenz von beiden Methoden $M1-M2$

Bias: systemische Abweichungen von 0 und Streuung

Parameter	Lineare Methode	Nicht-lineare Methode
Bias	4.3	0.1
Lower Limit of Agreement	-16.2	-15.8
Higher Limit of Agreement	24.9	16.0

Zwischenfazit Arbeitsthema I

- 1 Beide Kalkulationsmethoden performen **zufriedenstellend**
- 2 Ist das **Körpergewicht der Kuh vorhanden**, würde man auf Grund des physiologischen Zusammenhangs zwischen Körpergewicht und ausgeschiedener Kreatininmenge die Nutzung der **linearen Methode empfehlen**
- 3 Nichtsdestotrotz stellt die **nicht lineare Methode einen zufriedenstellenden und sehr praxisnahen Ansatz** der Kalkulation dar

Arbeitsthema II.I: Durchführung eines Fütterungsversuchs

Errechnete N-Bilanzen
geben einen Hinweis auf
die **zu erwartende**
Stickstoffausscheidung
bei entsprechender
Proteinzufuhr im Futter

Arbeitsthema II.I: Durchführung eines Fütterungsversuchs

Fütterung von Milchkühen

- Keine repräsentativen Daten in Deutschland zu **tatsächlichen Futtermengen, Futterzusammensetzung und Fütterungssystemen** in Rinderbetrieben

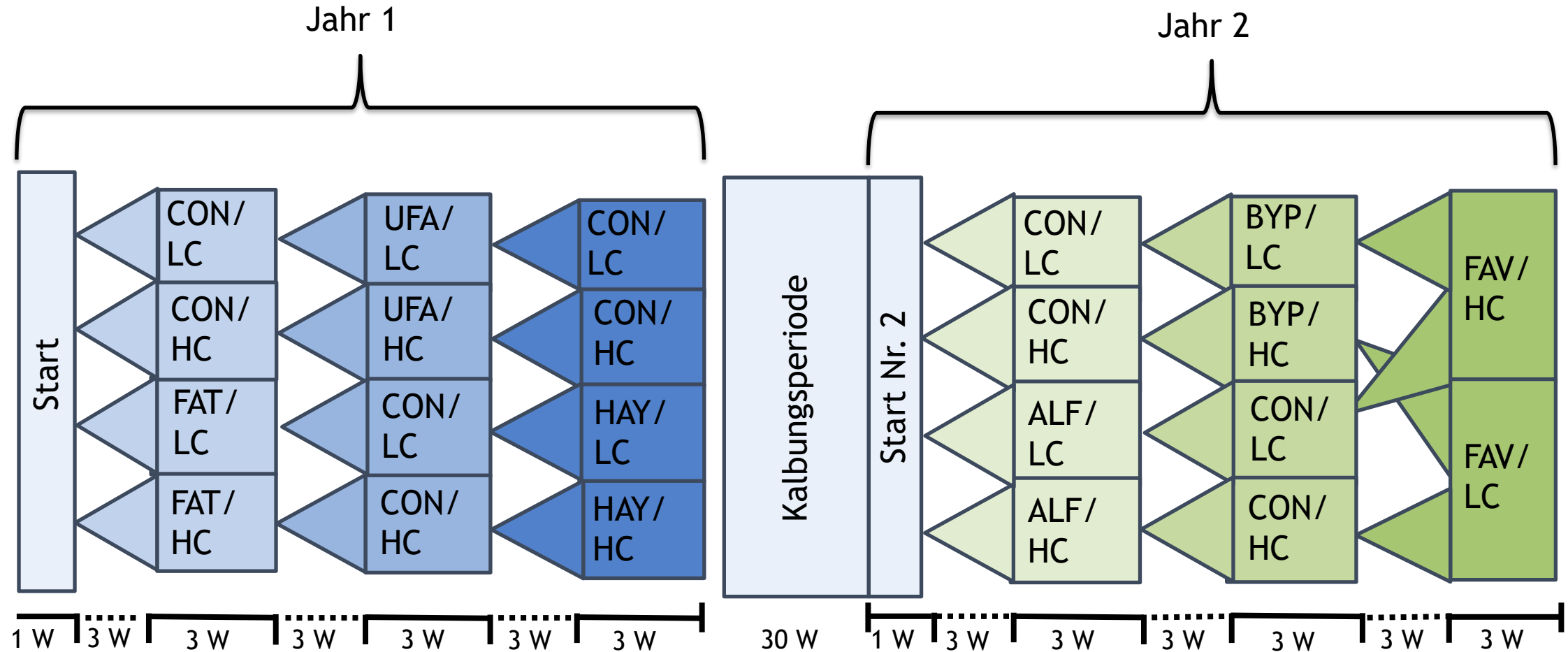
Fokus

- Potenziale **zur Reduktion der Stickstoffausscheidungen**
- **Umfangreiche Daten** zu Fütterung, Leistung und Tiergesundheit erheben

Ziel

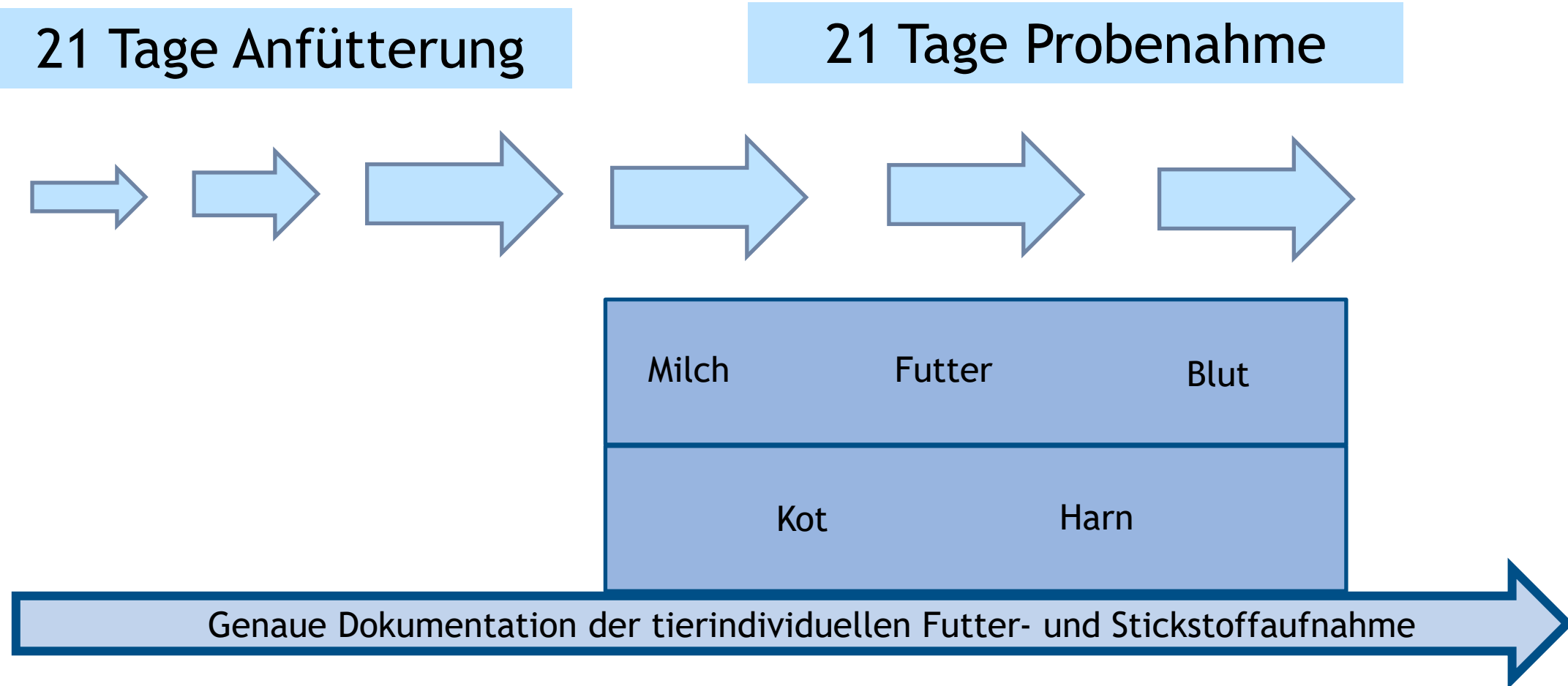
- **Optimierungspotenziale** bei der Rohproteinversorgung
- Entwicklung **praxisnaher Kriterien** zur Beurteilung der N-Versorgung

Arbeitsthema II.I: Durchführung eines Fütterungsversuchs



W = Woche, LC = niedrig Kraftfutter (25 - 35%), HC = hoch Kraftfutter (45 - 55%), CON = Kontrolle, FAT = Fett, UFA = ungesättigte Fettsäuren, HAY = Heu, ALF = Luzerne, BYP = Nebenprodukte (Biertreber- und Zuckerrübenschnitzelsilage), FAV = Ackerbohne

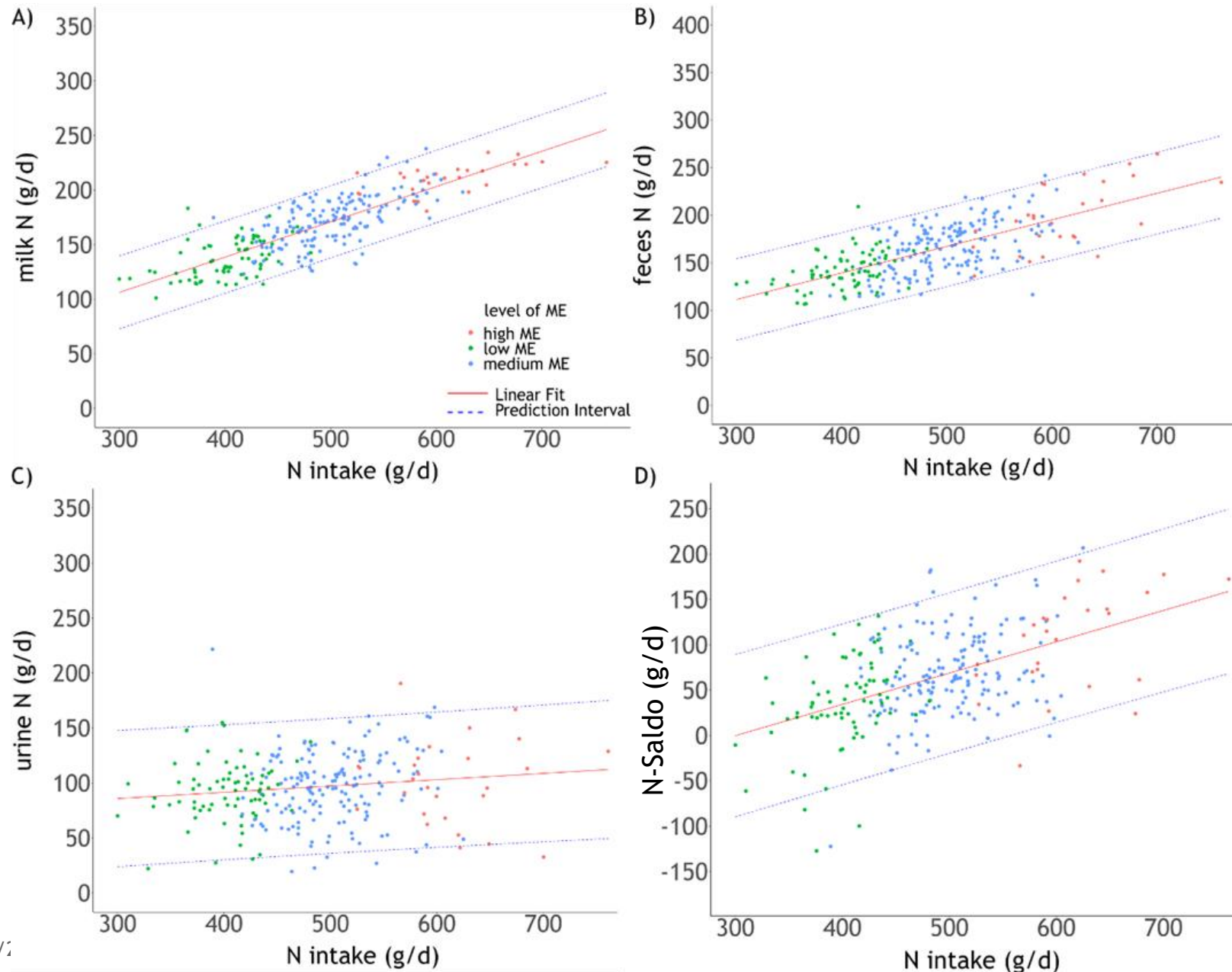
Arbeitsthema II.I: Durchführung eines Fütterungsversuchs



Arbeitsthema II.II: Datenauswertung des Fütterungsversuchs

Parameter in g/d	Spanghero and Kowalski (2021) [25]	Chowdhury et al. (2024)	Diese Studie
Stickstoffaufnahme	572±114	530	489±51
N-Milch	155±34 (27%)	173 (33%)	168±16 (34%)
N-Urin	186±61 (33%)	106 (20%)	95±20 (19%)
N-Kot	192±42 (34%)	169 (32%)	161±18 (33%)
N-Saldo	38.5±43.2	82.0	69.0±39
Legende	% in () = Prozentsatz der gesamt N-Ausscheidung, N-Saldo = (N-Aufnahme - (N-Milch + N-Kot + N-Urin))		

Chowdhury et al. mit vergleichbarster Fütterung



Level der metabolische Energie (ME):
 rot = hoher ME (140 - 216 MJ/kg
 Trockenmasse (DM))
 blau = mittlerer ME (216 - 292 MJ/kg DM)
 grün = niedriger ME (292 - 360 MJ/kg DM)

Para- meter	slope	RSE	R
NM	0.32***	16.7	0.68***
NF	0.28***	21.4	0.49***
NU	0.06*	31.1	0.02
N- Saldo	0.35***	44.9	0.25***

N-Effizienz

- Mit den erhobenen Daten lässt sich auch die **N-Effizienz der Kühe errechnen**
- Im Durchschnitt mit 34% **hohe Effizienz**, analog Chowdhury et al. 2024

Modellerstellung

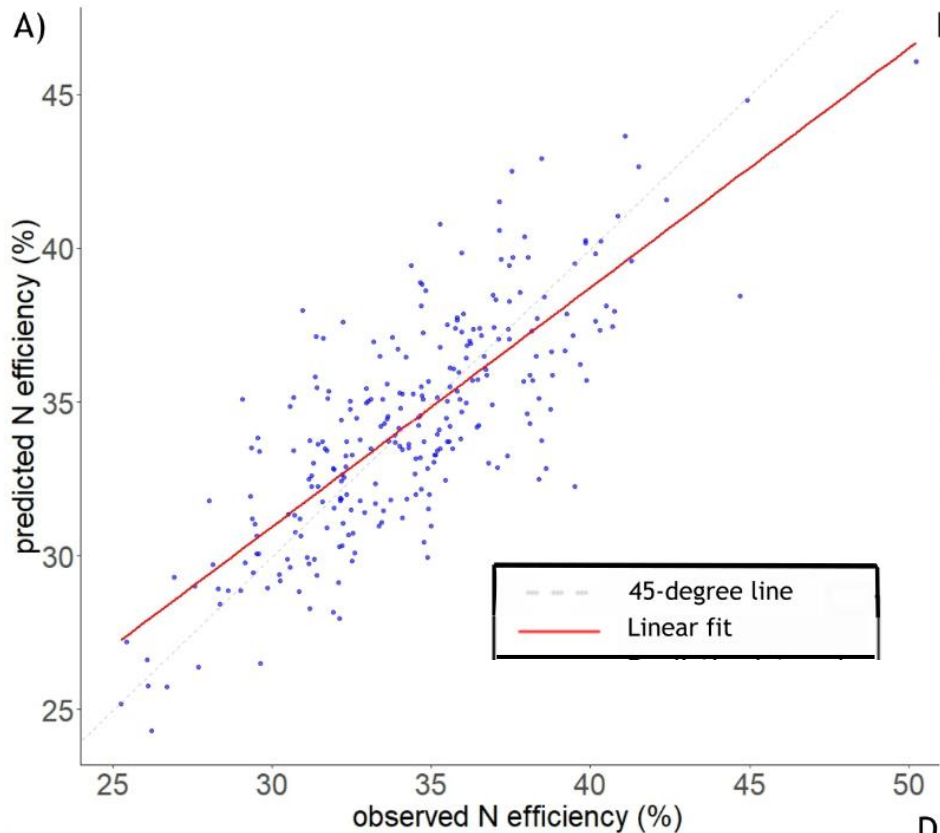
- **Vorhersagemodelle** zur N-Effizienz bei geringerer Datenlage
- Auf Praxisbetrieben und in der Wissenschaft

Praktisches Modell*: $\text{Bruttoenergie} \cdot \text{Rohproteingehalt} + \text{Milchmenge} \cdot \text{Milchprotein}$

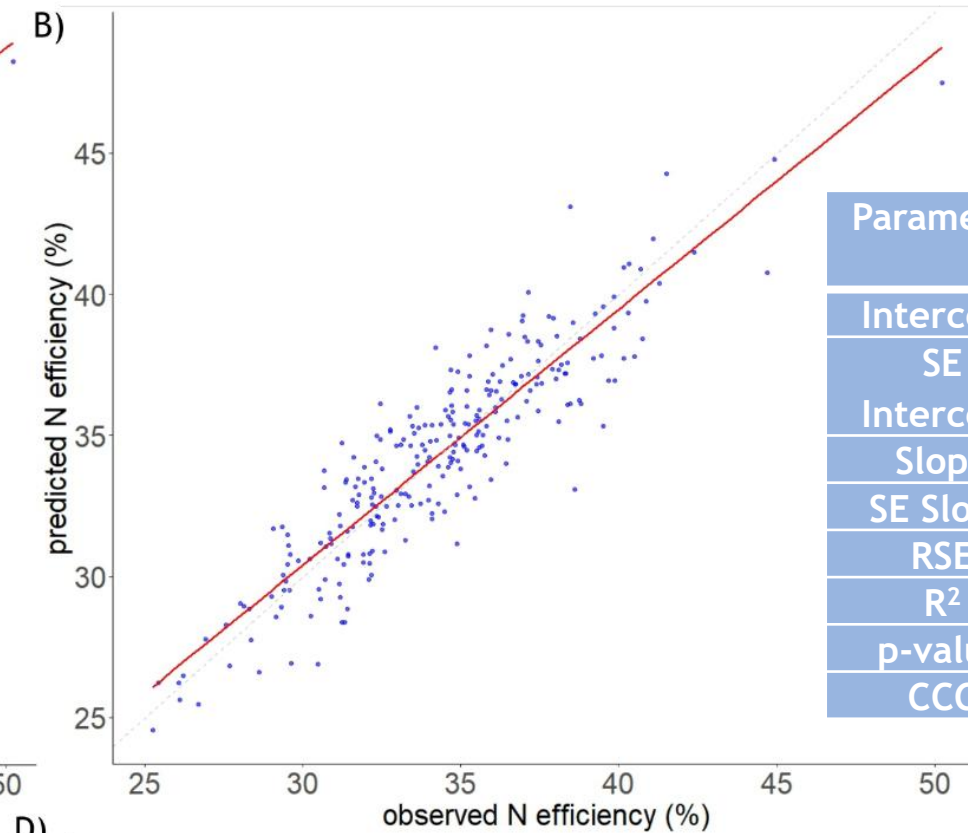
Wissenschaftliches Modell*: $\text{Bruttoenergie} \cdot \text{Rohproteingehalt} + \text{Milchmenge} \cdot \text{Milchprotein} + \text{Aspartat Aminotransferase, FFA, Glukose, Cholesterin}$

*erstellt mit Top-Down-Method nach Zurr et al. 2009

Arbeitsthema II.II: Datenauswertung des Fütterungsversuchs



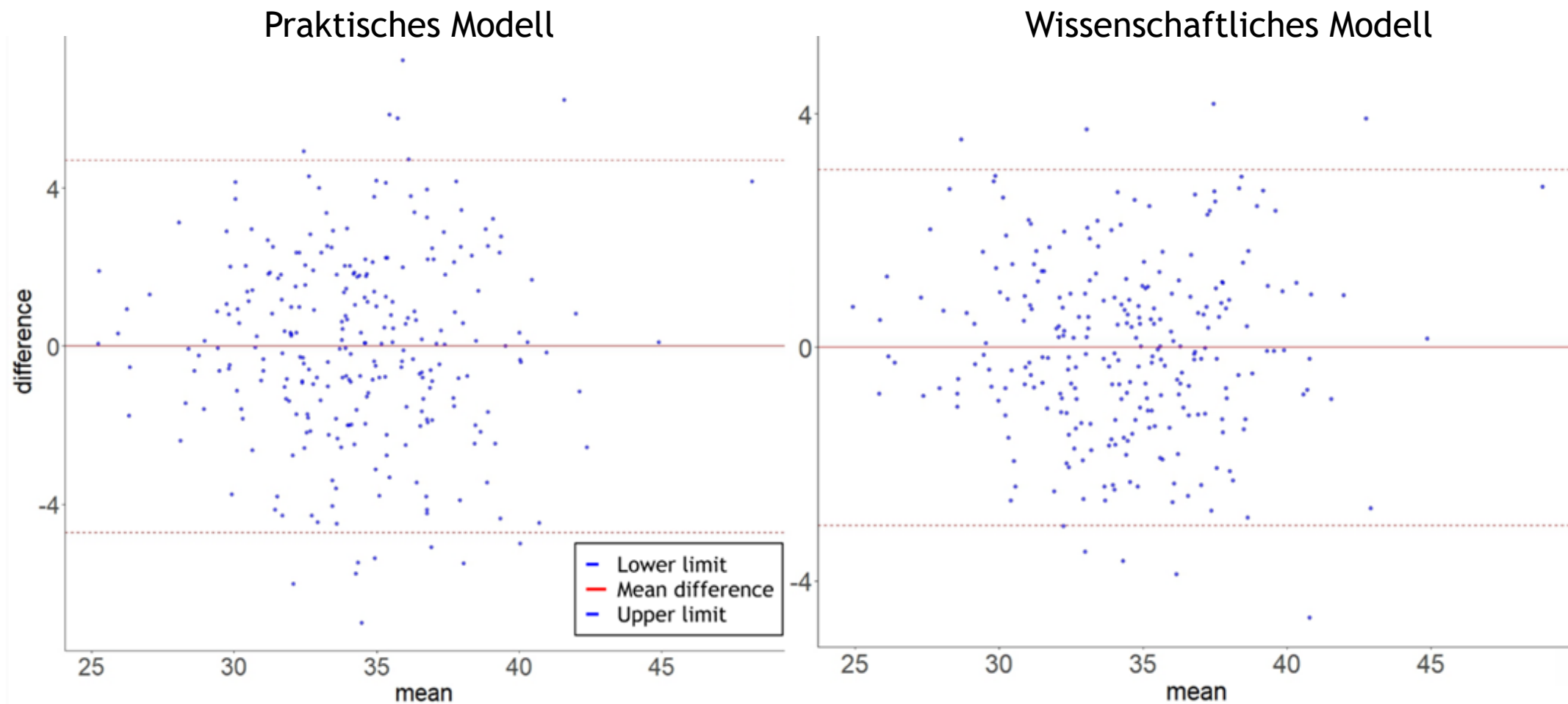
Praktisches Modell



Wissenschaftliches Modell

Parameter	Praktisches Modell	Wissenschaftliches Modell
Intercept	7.6***	3.2***
SE Intercept	1.3	0.9
Slope	0.8***	0.9***
SE Slope	0.04	0.03
RSE	2.3	1.5
R ²	0.6	0.8
p-value	***	***
CCC	0.8	0.9

Arbeitsthema II.II: Datenauswertung des Fütterungsversuchs



Parameter	Praktisches Modell	Wissenschaftliches Modell
Bias	0	0
Lower Limit of Agreement	-4.7	-3.1
Higher Limit of Agreement	4.7	3.1

Zusammenfassung

- 1 Mit Hilfe der **Urinmengenkalulation nur über die Kreatininkonzentration** im Urin wurde ein **praxisnaher Ansatz** geschaffen, der Informationen über die Stickstoffausscheidung der Kuh gibt
- 2 Das **Level der metabolischen Energie und die Proteinmenge in der Ration** beeinflussen die Höhe der Stickstoffausscheidung und Stickstoffeffizienz
- 3 Vorhersagemodelle zur Stickstoffeffizienz sind unter **Berücksichtigung praxisnaher Fütterungs- und Milchparameter** schon sehr genau in ihrer Schätzung. Für die Wissenschaft eignen sich **im Blut messbare Parameter** zur noch weiter verbesserten Schätzung der Stickstoffeffizienz.



Padberg, K., et al., *Evaluation of Creatinine-Based Methods for Estimating the Urine Volume of Lactating and Dry Dairy Cows with Special Consideration of Using Spot Urine Samples*. Ruminants, 2025.

<https://doi.org/10.3390/ruminants5030031>

This work is financially supported by the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) based on a decision of the Parliament of the Federal Republic of Germany, granted by the Federal Office for Agriculture and Food (BLE; grant number 28N204802).



Literaturverzeichnis

- **Castillo, A.R.**, et al., *A review of efficiency of nitrogen utilisation in lactating dairy cows and its relationship with environmental pollution*. Journal of Animal and Feed Science, 2000. **9**(1): p. 1-32.
- **Chowdhury, M.R.**, et al., *Reducing dietary protein and supplementation with starch or rumen-protected methionine and its effect on performance and nitrogen efficiency in dairy cows fed a red clover and grass silage-based diet*. Journal of Dairy Science, 2024. **107**(6): p.3543-3557.
- **Pape, H.-C., Kurtz, A., Silbernagl, S.**, *Physiologie*, 9. Auflage, 2019.
- **Korevaar, H.**, *The Nitrogen Balance on Intensive Dutch Dairy Farms - a Review*. Livestock Production Science, 1992. **31**(1-2): p. 17-27.
- **Sorley, M.**, et al., *Factors influencing the carbon footprint of milk production on dairy farms with different feeding strategies in western Europe*. Journal of Cleaner Production, 2024. **435**.
- **Spanghero, M. and Z.M. Kowalski**, *Updating analysis of nitrogen balance experiments in dairy cows*. Journal of Dairy Science, 2021. **104**(7): p. 7725-7737.
- **Thurmann**: *Tagesschwankungen von Laborparametern beim Milchrind*, 2012.
- **Valadares, R.F.D.**, et al., *Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives*. Journal of Dairy Science. 1999. **82**(12): p. 2686-2696.
- **Zurr, A.F.**, et al., *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. 2009, New York, NY, USA: Springer Science + Business Media.

Parameter	Intercept	SE Intercept	Slope	SE Slope	RSE	R ²	p-value	Pearson r
Feed parameters								
NEL	29***	4.9	0.78	0.720	3.6	<0.001	-	0.07
GE	-72*	27.9	5.72***	1.510	3.5	0.05	***	0.23***
CP	46***	4.4	-0.10*	0.030	3.6	0.02	*	-0.15***
EE	28***	1.2	0.20***	0.400	3.4	0.09	***	0.3***
Milk parameters								
Milk yield	25***	1.0	0.30***	0.030	3.1	0.26	***	0.51***
Milk protein	43***	2.5	-2.40***	0.710	3.5	0.41	***	-0.20***
MUN	37***	0.8	-0.01***	0.004	3.5	0.04	***	-0.30***
Milk fat	42***	1.4	-1.70***	0.320	3.4	0.09	***	-0.20***
Blood parameters								
AST	33***	0.7	0.02**	0.006	3.6	0.03	**	0.16***
FFA	33***	0.5	0.008**	0.003	3.5	0.04	**	0.19
Glucose	41***	2.6	-1.80*	0.720	3.6	0.02	*	-0.15***
Cholesterol	28***	0.9	1.20***	0.170	3.3	0.16	***	0.40***
Legend	SE = Standard Error, RSE = Residual Standard Error, Asterisks indicate the level of statistical significance of the parameter estimates: no asterisk = not significant, * = p < 0.05, ** = p < 0.01, and *** = p < 0.001, NEL = Net Energy for Lactation, GE = Gross Energy, CP = Crude Protein, EE = Ether Extract, MUN = Milk Urea Nitrogen, AST = Aspartate Aminotransferase, FFA = Free Fatty Acids							

Period	1				2				3				4				5				6			
Supplement	FAT		CON		UFA		CON		HAY		CON		ALF		CON		BYP		CON		FAV			
Concentrate	LC	HC	LC	HC	LC	HC	LC	HC	LC	HC	LC	HC	LC	HC	LC	HC	LC	HC	LC	HC	LC	HC		
% of total ration	30	55	30	55	30	55	30	55	30	55	30	55	35	50	35	50	25	45	25	45	20	50		
Ingredients (g/kg DM)																								
Crude ash	60	67	60	57	65	60	65	60	61	58	63	59	63	62	49	55	71	64	62	59	66	62		
Crude protein (CP)	128	153	130	151	153	165	153	165	149	157	152	159	151	158	150	157	151	166	144	159	139	156		
Ether Extract (EE)	56	56	33	31	33	31	33	31	31	30	33	31	32	32	30	30	34	37	31	35	31	31		
Crude fibre (CF)	187	147	188	144	209	157	209	157	212	162	201	155	187	162	188	163	225	206	206	186	216	164		
aNDFom	376	320	380	321	411	340	411	340	415	347	392	333	356	323	368	333	469	416	399	359	416	339		
ADFom	220	233	312	232	240	186	240	186	238	188	228	187	211	180	208	183	254	225	225	203	230	178		
Starch	200	261	214	300	189	285	189	284	189	282	204	292	230	273	244	282	53	113	223	236	218	287		
Sugars	51	56	52	54	47	51	43	51	53	54	46	50	28	36	33	40	46	43	38	45	42	49		
Metabolizable																								
Protein (MP)	144	155	147	156	146	155	146	155	145	154	148	155	153	159	150	156	155	162	146	157	141	157		
RNB	-1	1	-1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
Energy (MJ/kg DM)																								
ME	11.6	12.1	11.2	11.7	10.9	11.5	10.9	11.5	10.8	11.0	11.0	11.5	11.1	11.4	11.1	11.5	10.9	11.5	10.8	11.4	10.8	11.5		
NEL	7.1	7.5	6.9	7.3	6.6	7.1	6.6	7.1	6.5	7.0	6.7	7.1	6.7	7.0	6.8	7.1	6.7	7.0	6.5	7.0	6.5	7.1		
24 Legend	LC = low concentrate, HC = high concentrate, CON = control, FAT = fat, UFA = unsaturated fatty acids, HAY = hay, ALF = alfalfa silage, BYP = byproducts (brewers’ grains silage and pressed pulp silage), FAV = fava bean, RNB = Rumen Nitrogen Balance, ME =																							

