

Die Klimawirksamkeit landwirtschaftlicher Nutztiere

S. Dänicke

Institut für Tierernährung
Braunschweig

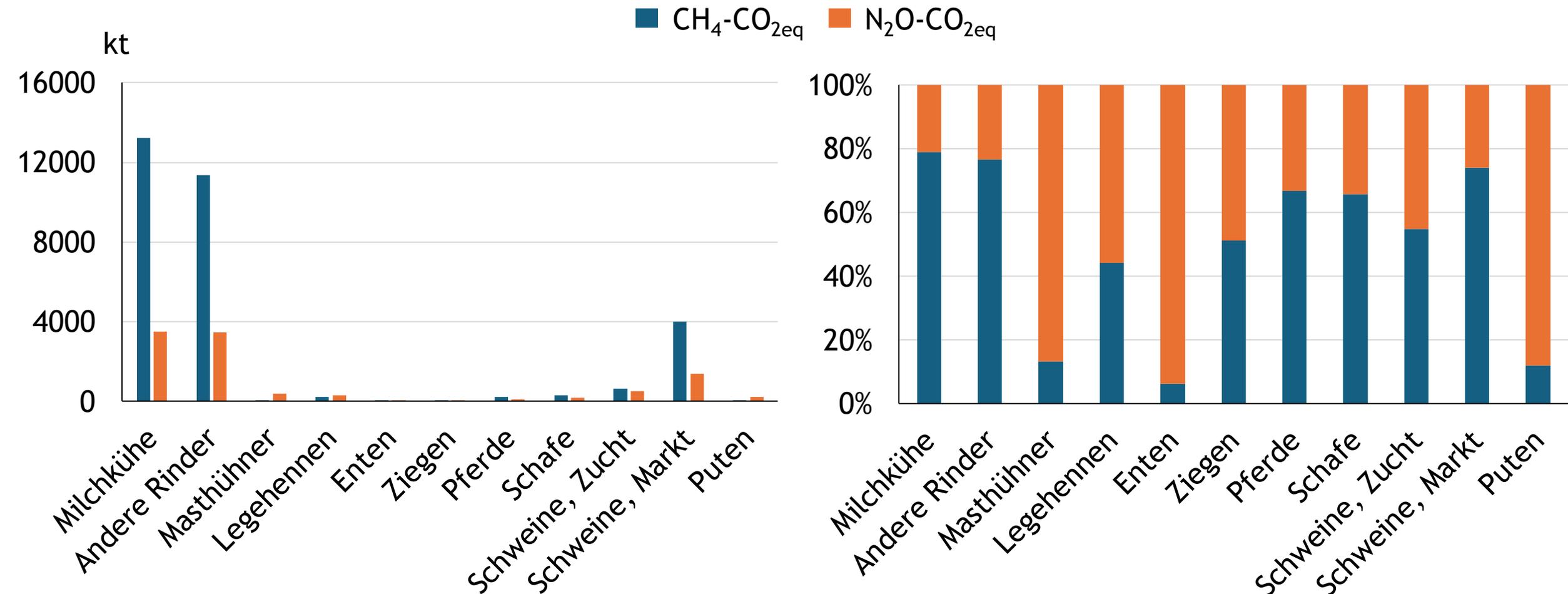


**Methan-Messstation im Milchviehstall der
Versuchsstation Braunschweig**





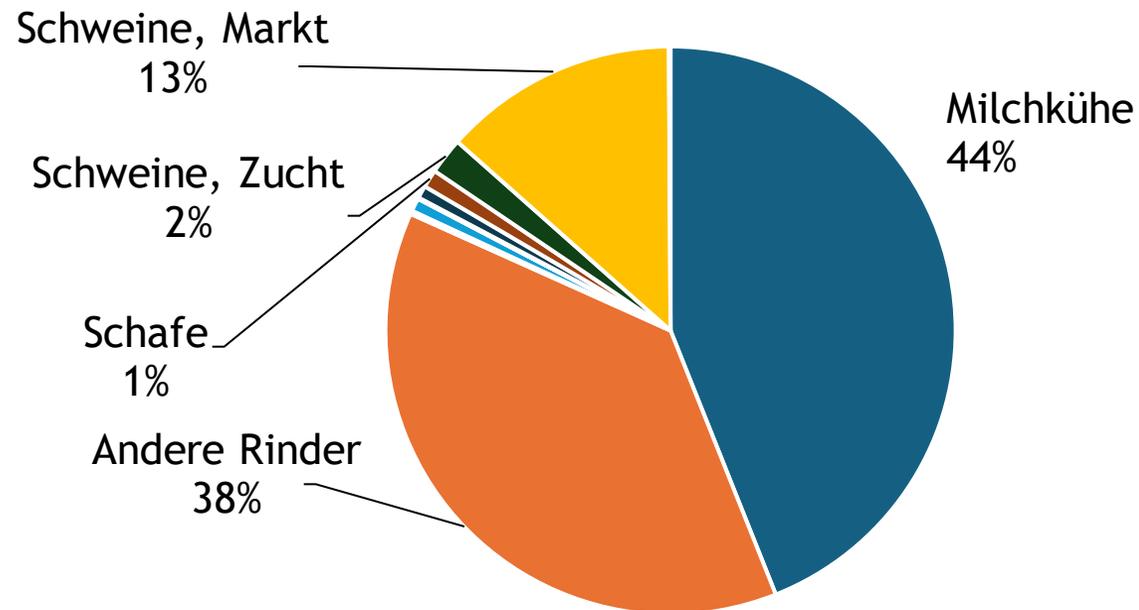
Emissionen landwirtschaftlicher Nutztiere in Deutschland für 2021 (FAO, 2021; FAO Tier 1)



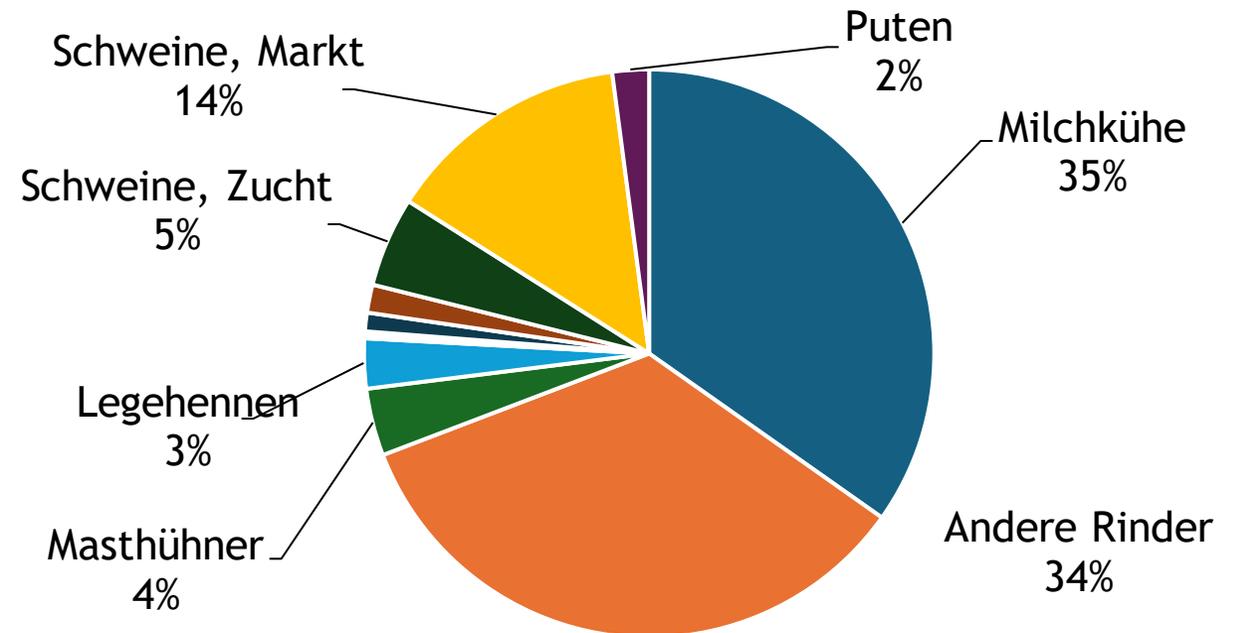


Emissionen landwirtschaftlicher Nutztiere in Deutschland für 2021 (FAO, 2021; FAO Tier 1)

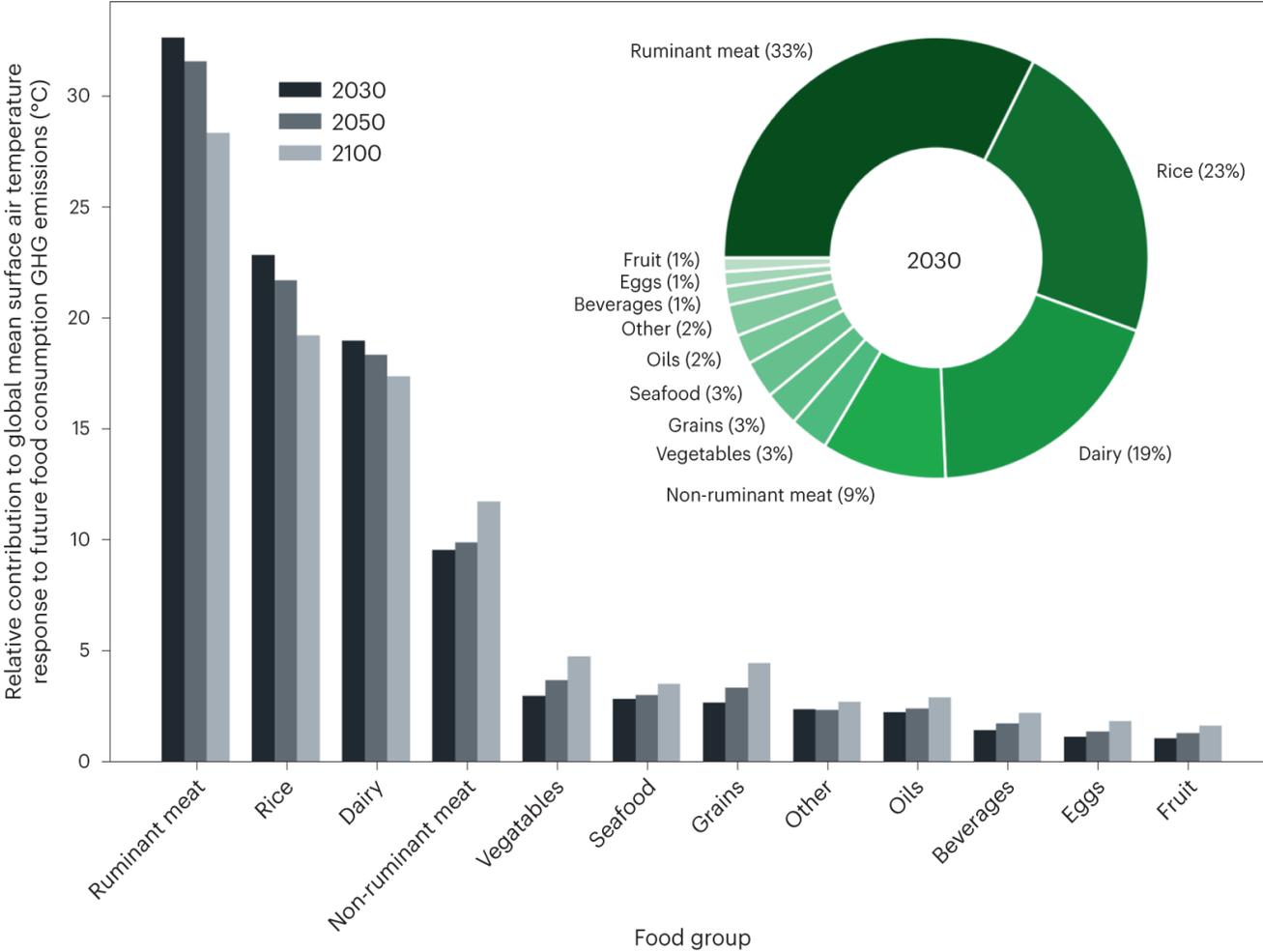
$\text{CH}_4\text{-CO}_{2\text{eq}}$



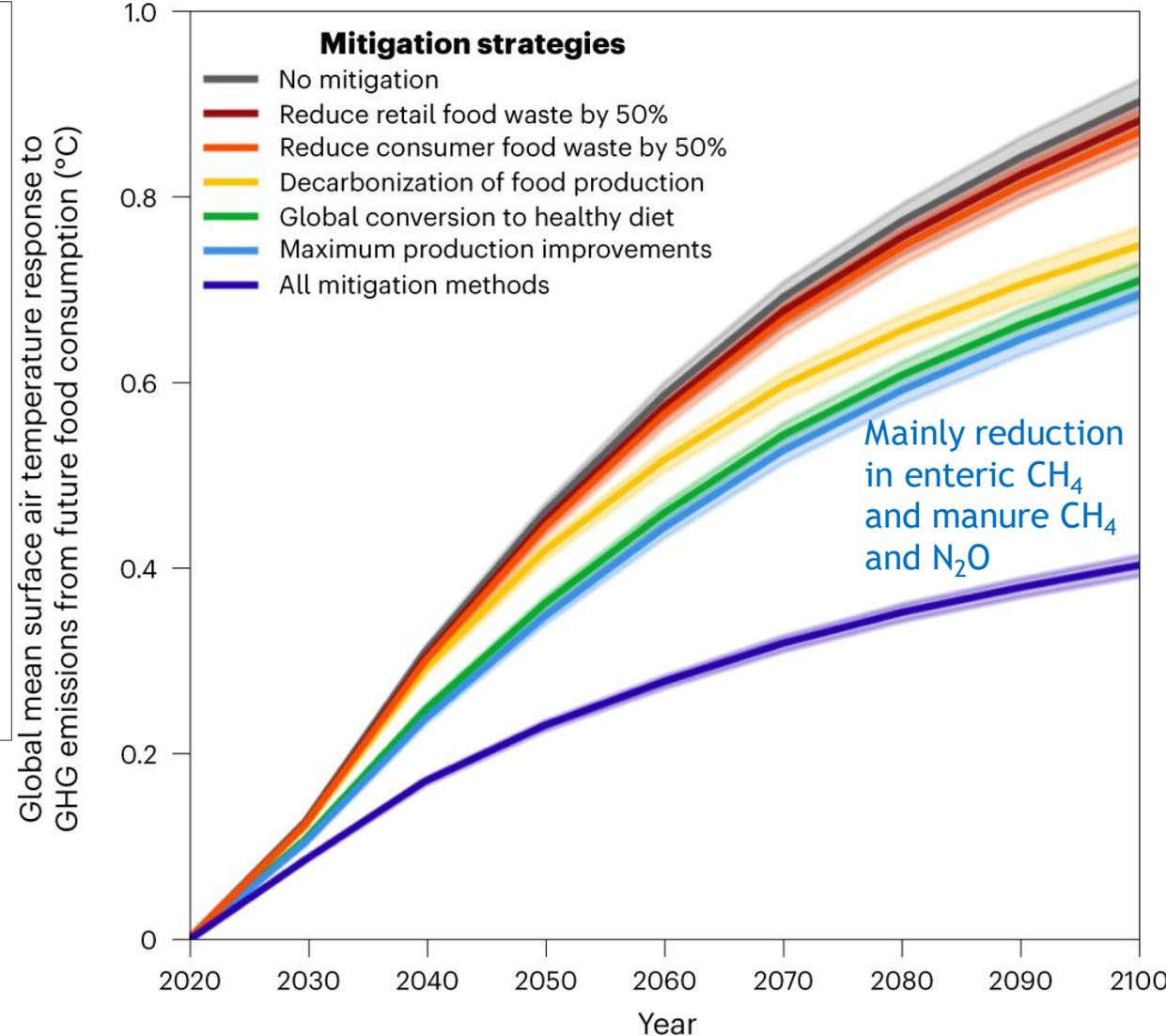
$\text{N}_2\text{O-CO}_{2\text{eq}}$



Relative contribution of food groups to global mean surface air temperature responses to future food consumption GHG emissions under a high-population projection



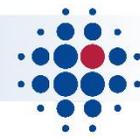
Global mean surface air temperature responses to future food consumption GHG emissions for mitigation strategies and under a high-population projection



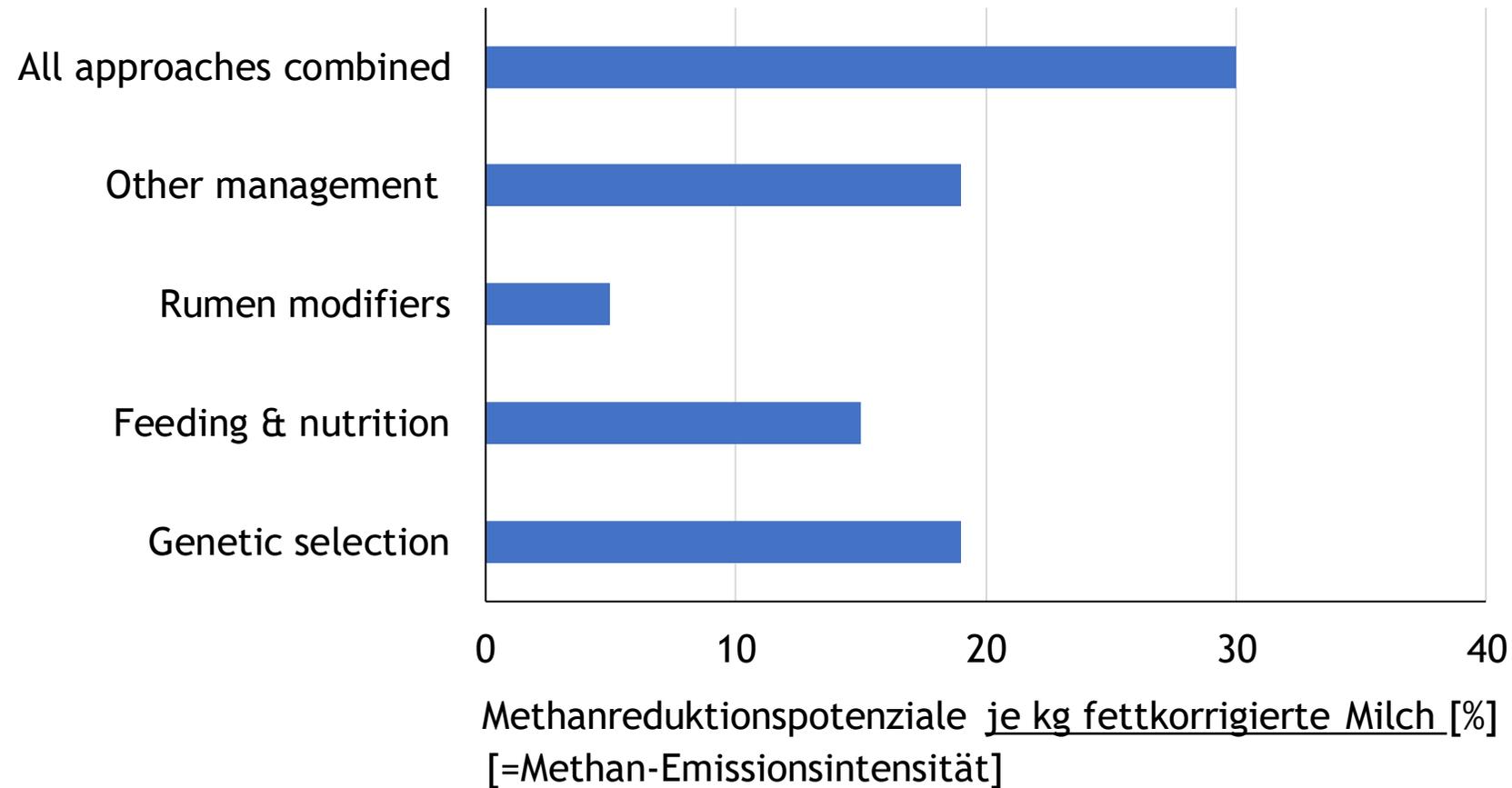


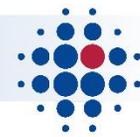
Anwendungsbereiche verschiedener Parameter zur Methanemission durch Milchkühe

| Definition | Anwendungsbereich |
|---|--|
| Methanproduktion (g CH ₄ /Tag) | (globale) Bilanzierung der Wirkung auf das Klima |
| Methan-Emissionsintensität (g CH ₄ /kg fettkorrigierte Milch) | nährstoffökonomische Betrachtungen bei Akzeptanz der Nutzung von Rindern für die menschliche Ernährung |
| Methanertrag (g CH ₄ /kg Trockenmasse-Aufnahme) | nährstoffökonomische Betrachtungen bei Akzeptanz der Nutzung von Rindern für die menschliche Ernährung |

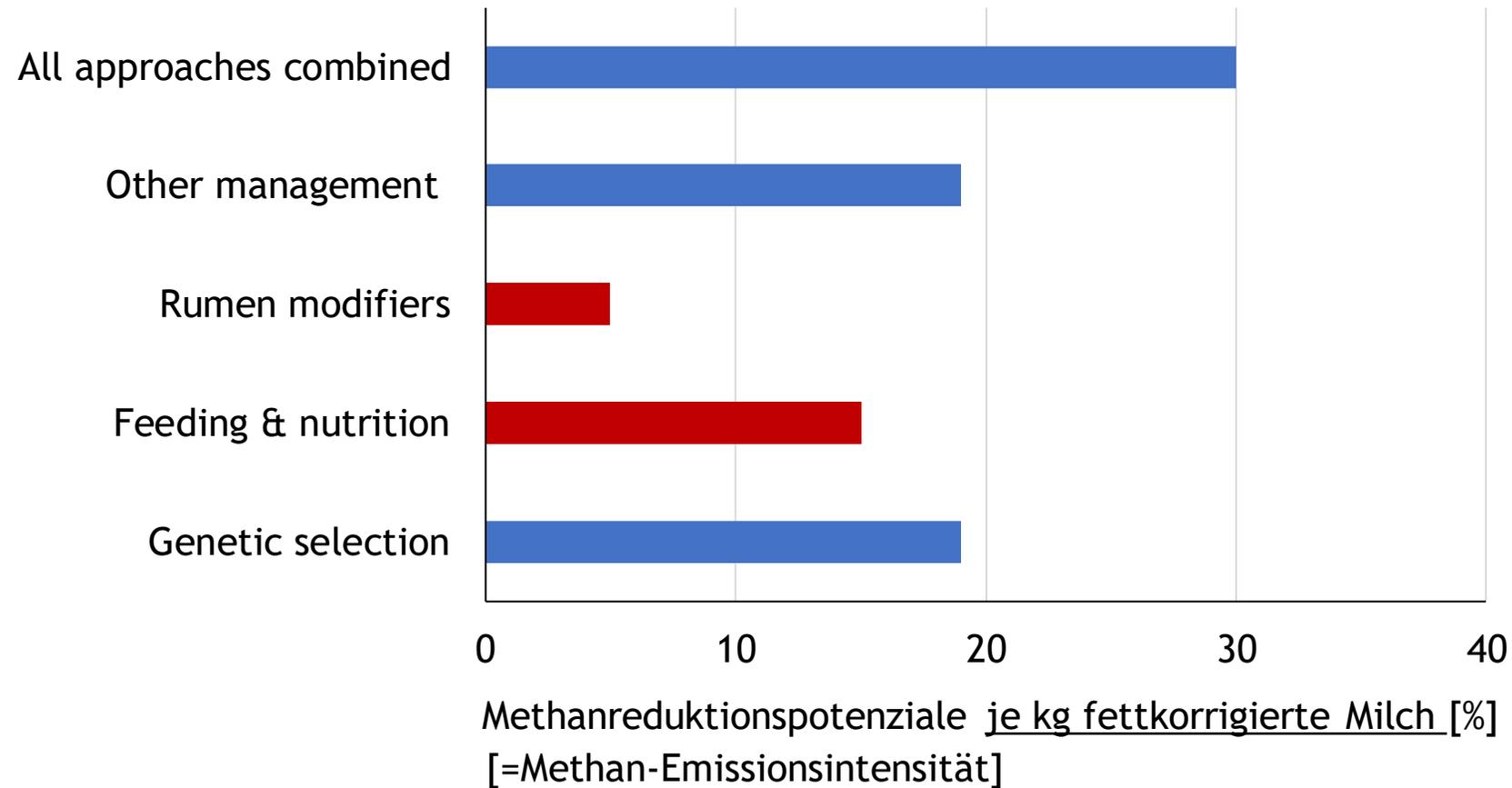


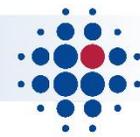
Methanreduktionspotenziale bei Kühen (nach Knapp et al., 2014)



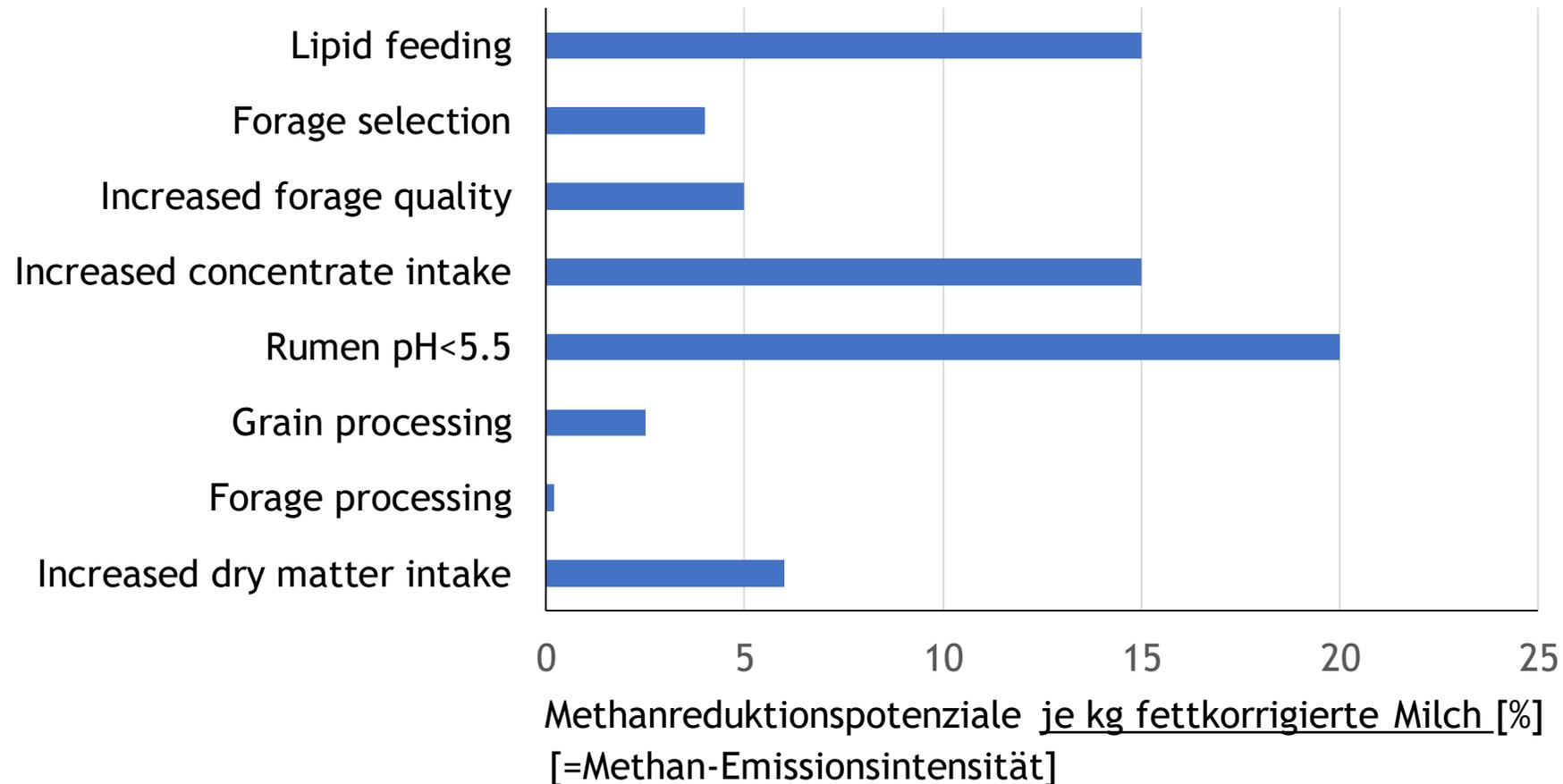


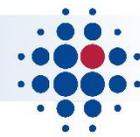
Methanreduktionspotenziale bei Kühen (nach Knapp et al., 2014)



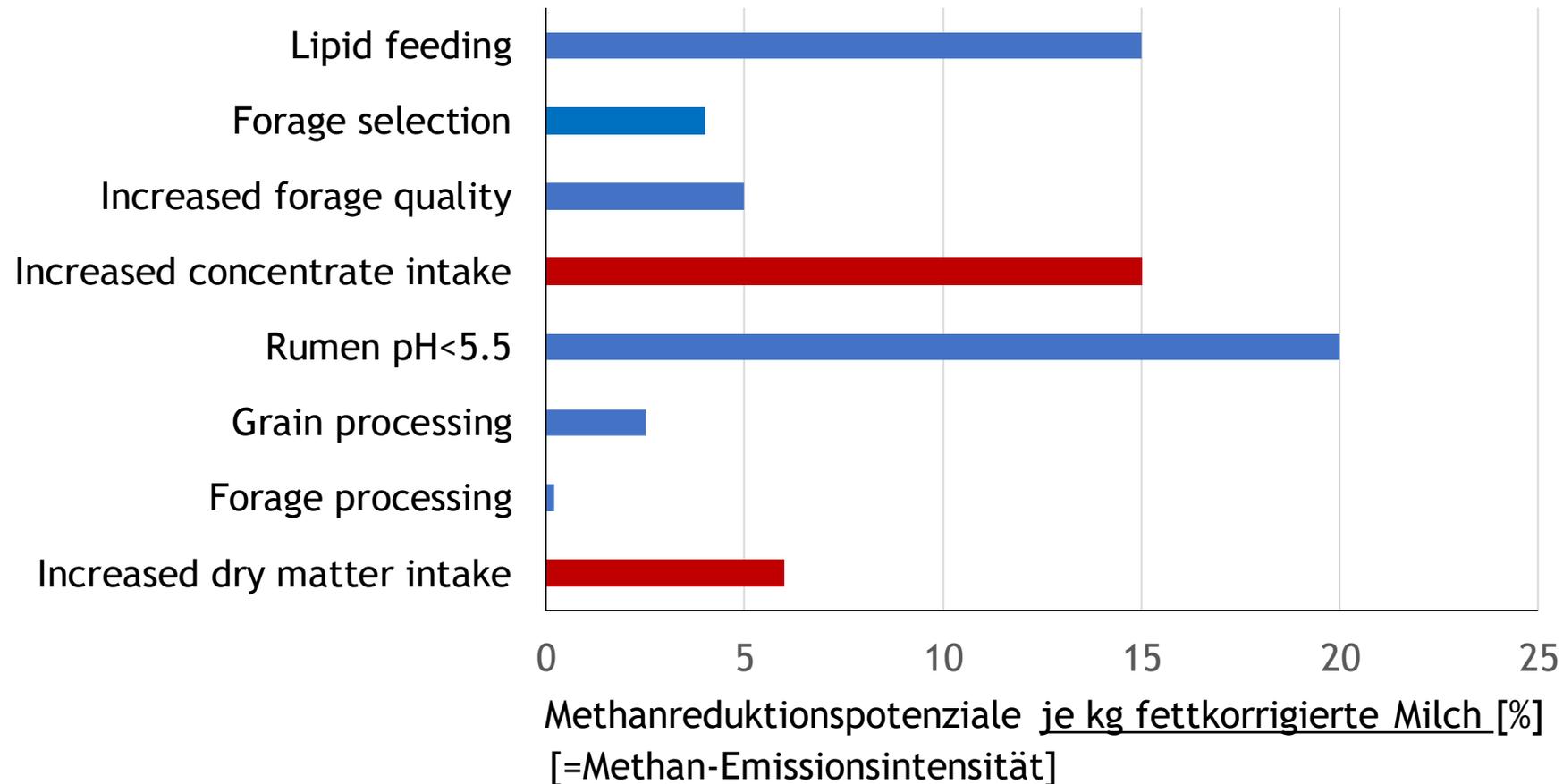


Mit der **Ernährung** assoziierte Methanreduktionspotenziale bei Kühen (nach Knapp et al., 2014)

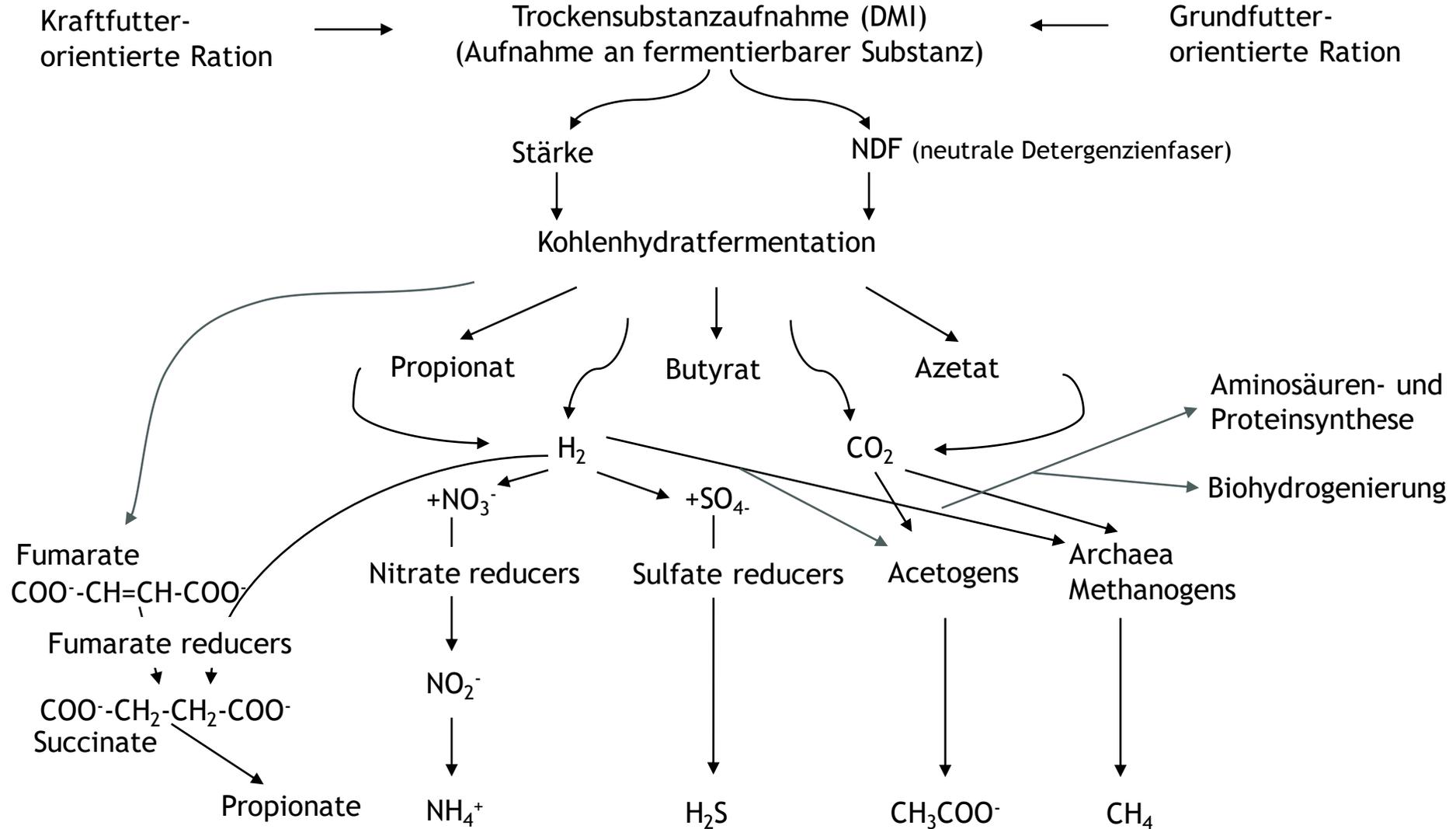




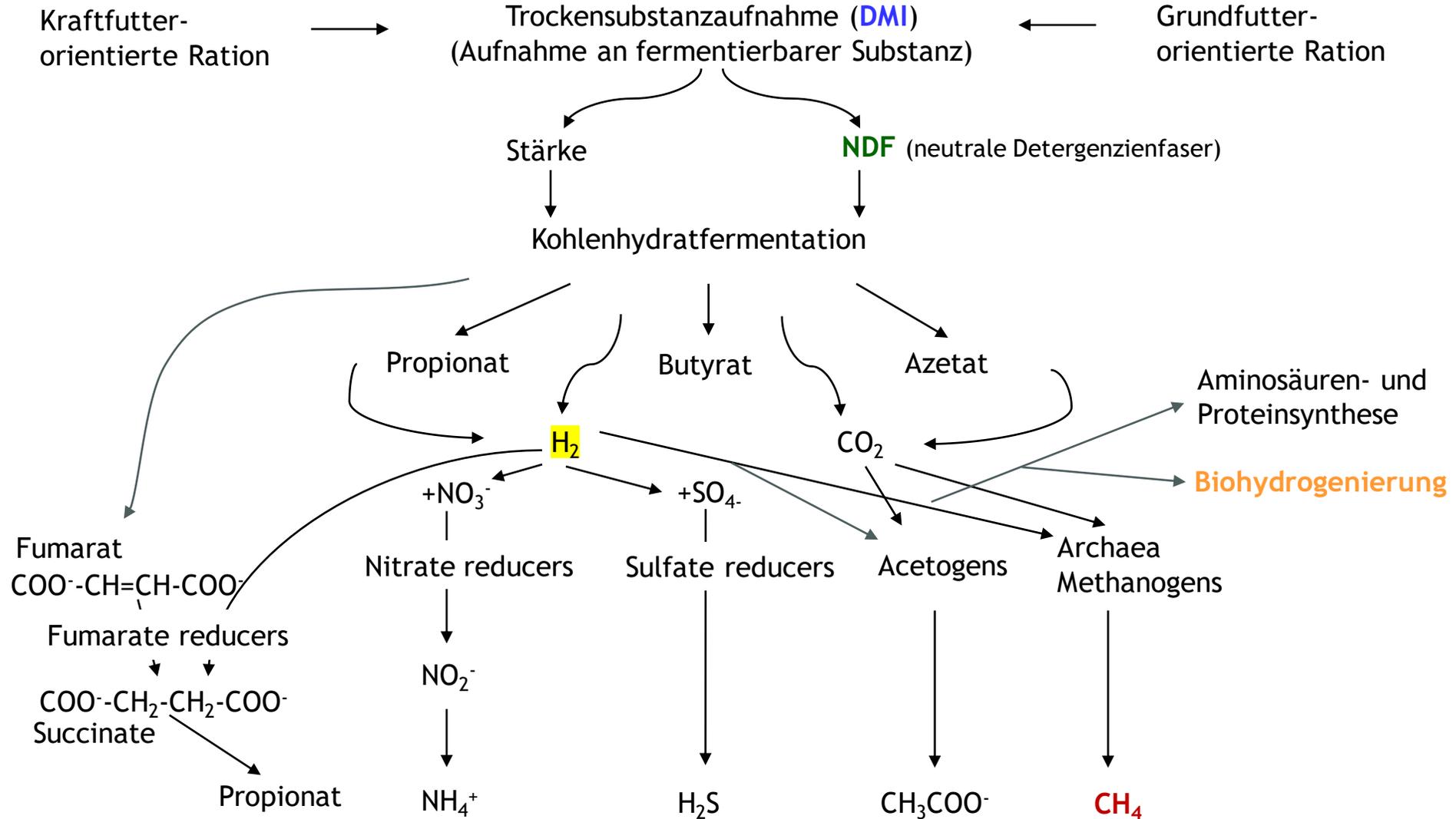
Mit der **Ernährung** assoziierte Methanreduktionspotenziale bei Kühen (nach Knapp et al., 2014)



Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



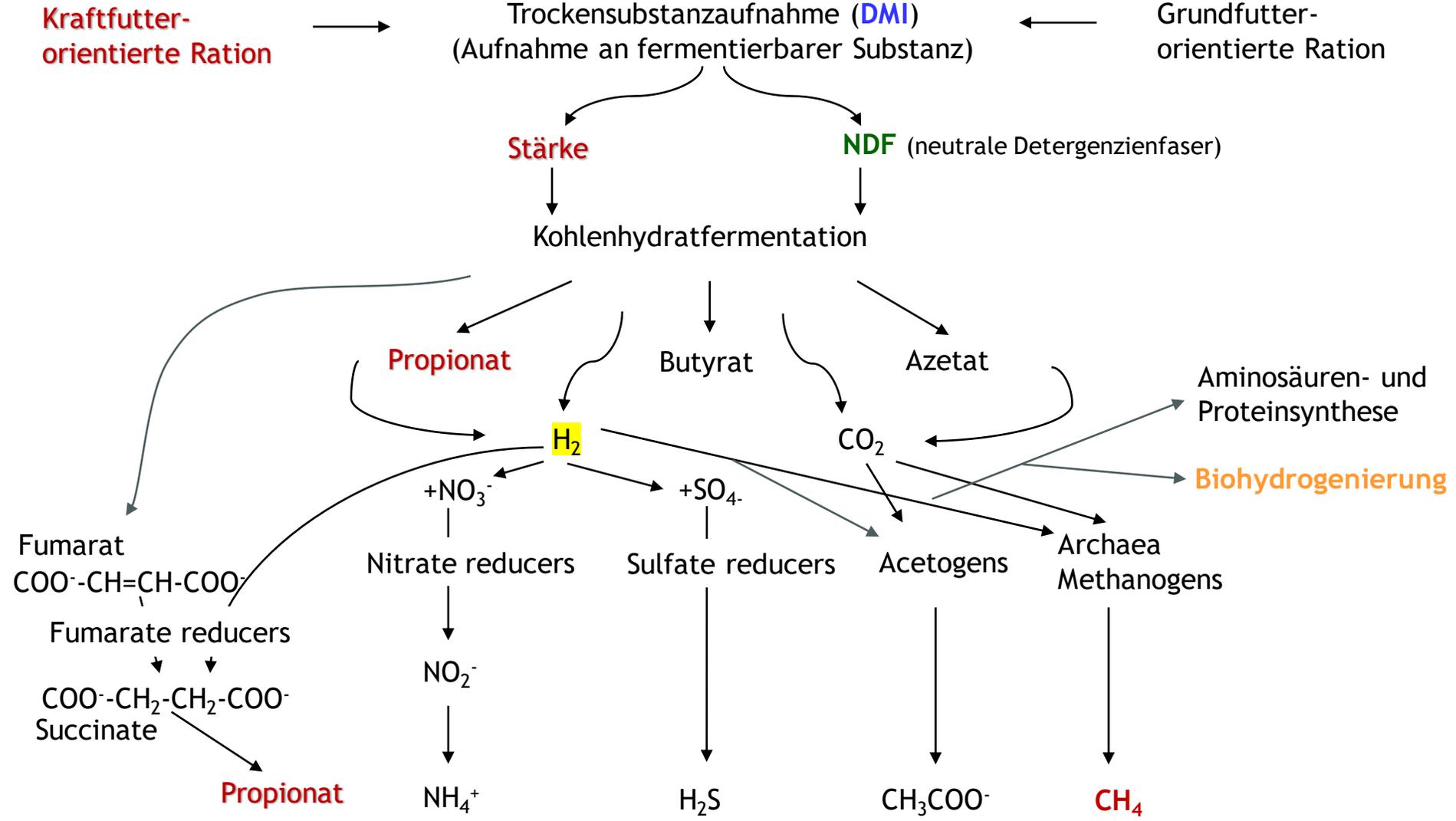
Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$



Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)

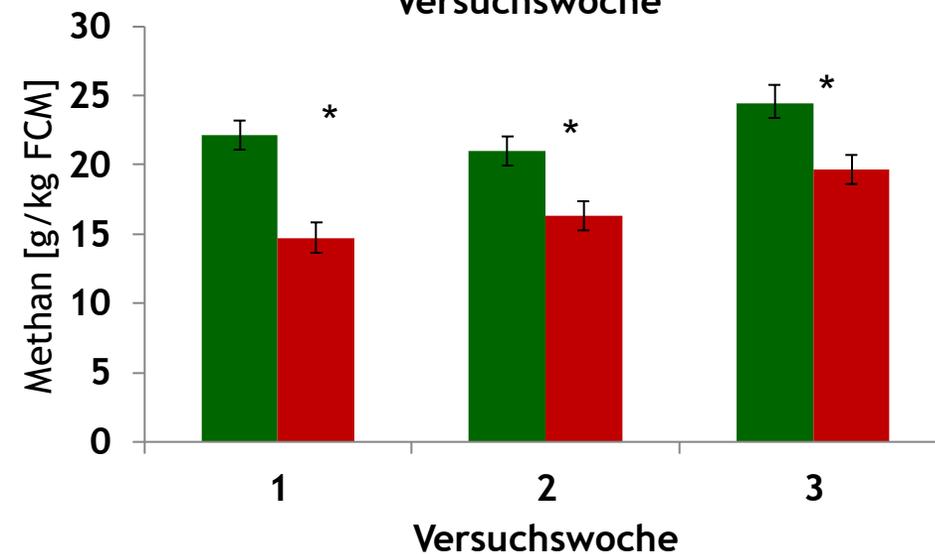
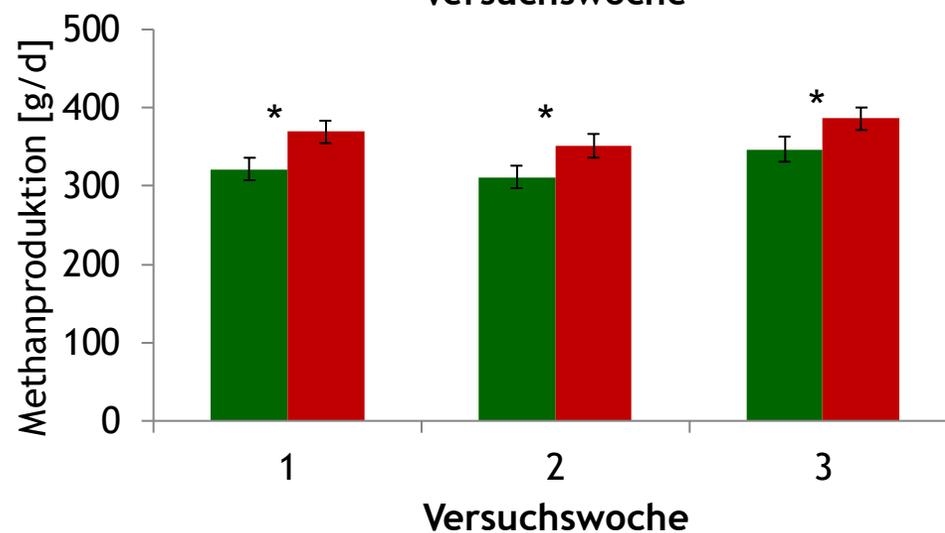
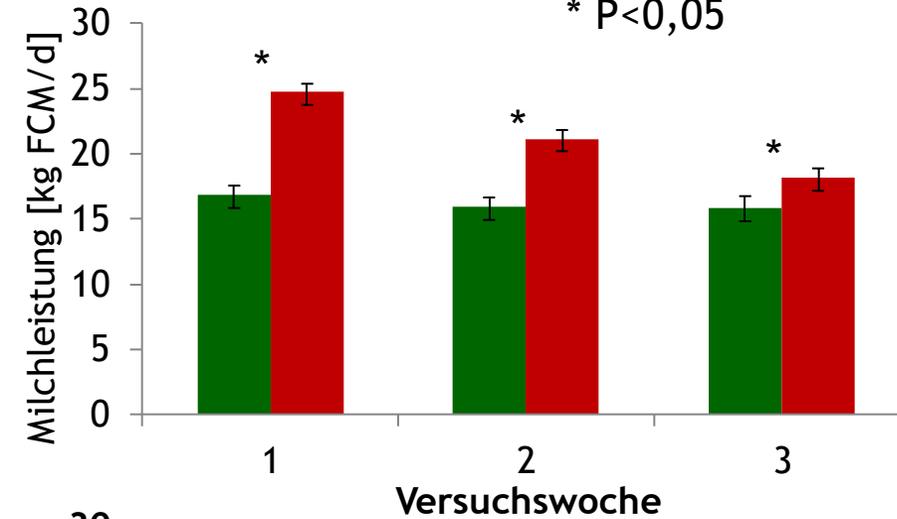
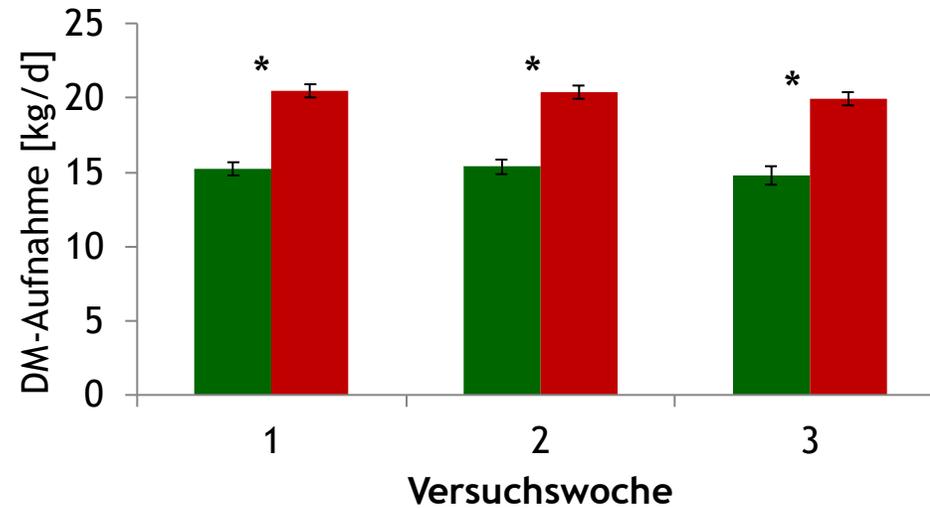


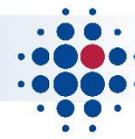
$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$



Einfluss des Konzentratfutteranteils in der Ration auf die Methan-Emission (Schäfers et al., 2018)

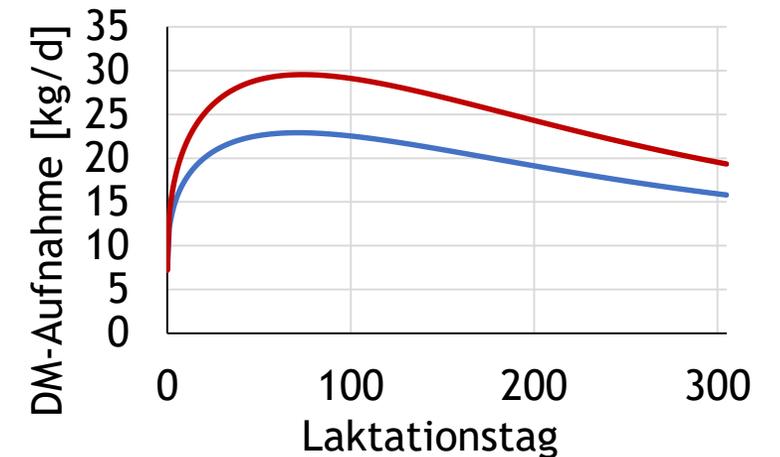
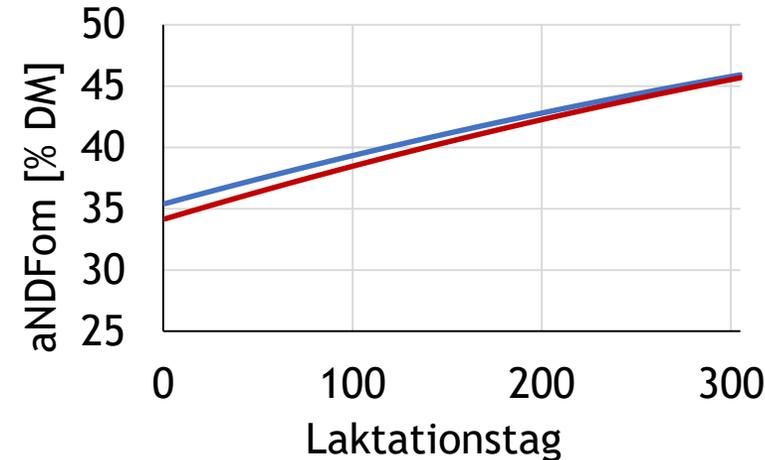
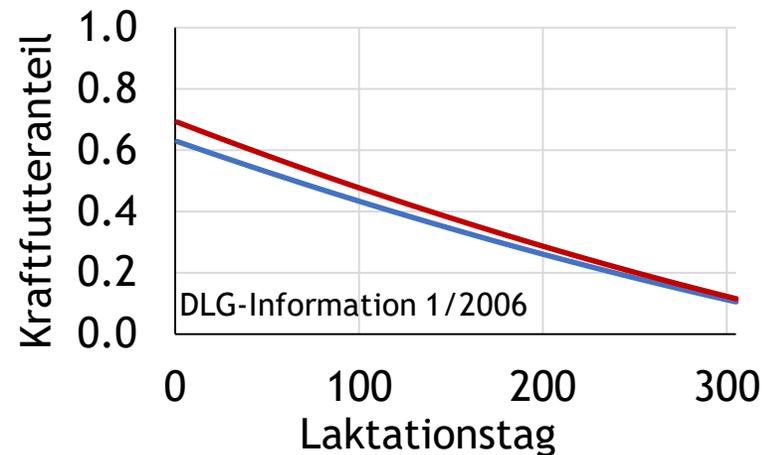
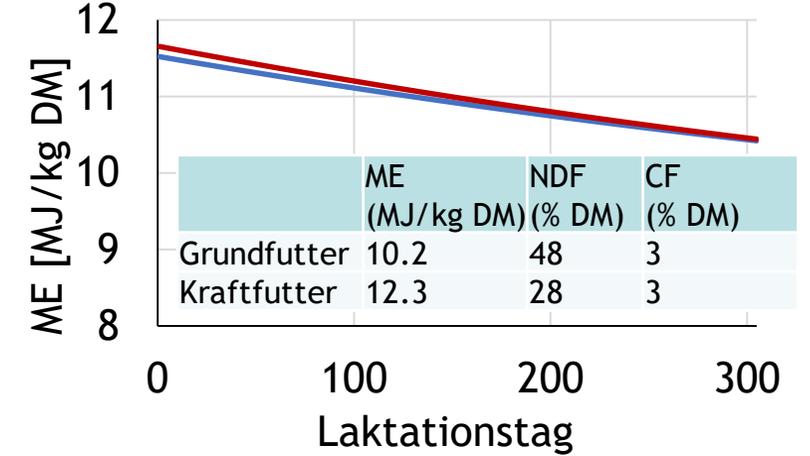
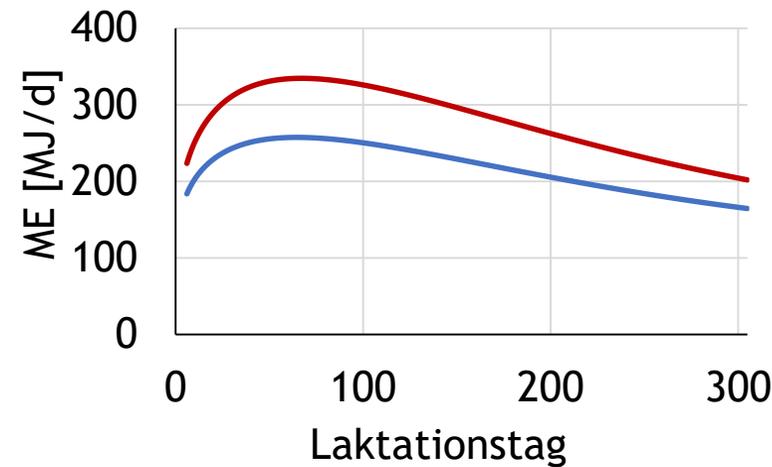
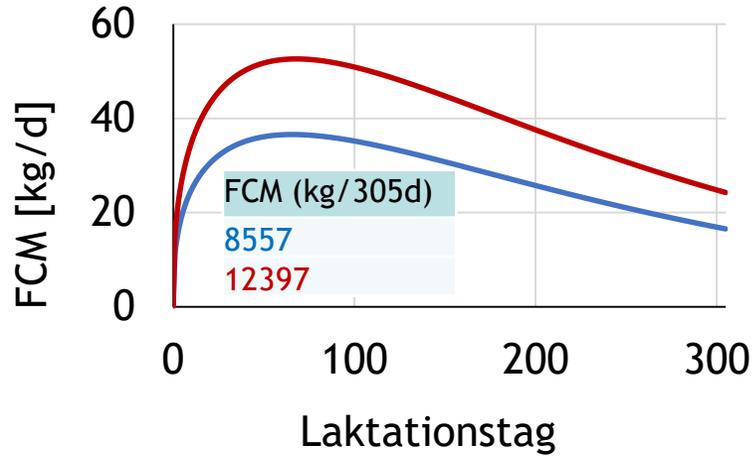
■ 20% Konzentrat
■ 50% Konzentrat
* P<0,05

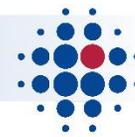




Ableitung des Bedarfes an umsetzbarer Energie (ME) und der notwendigen Trockensubstanz (DM)-Aufnahme

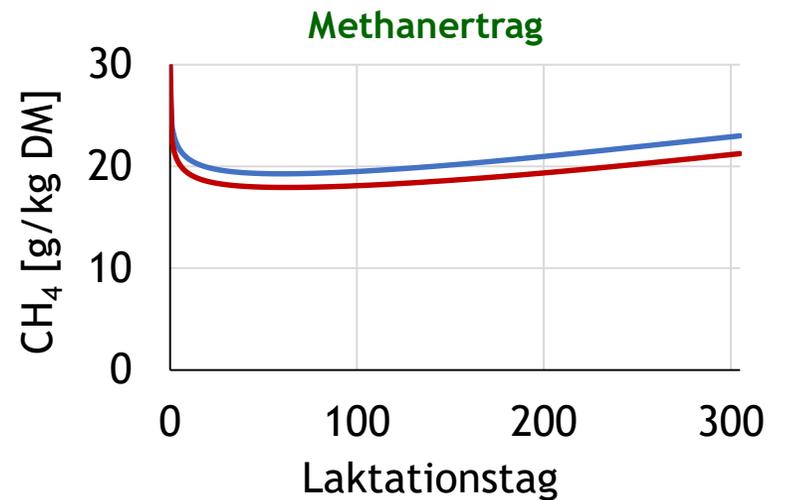
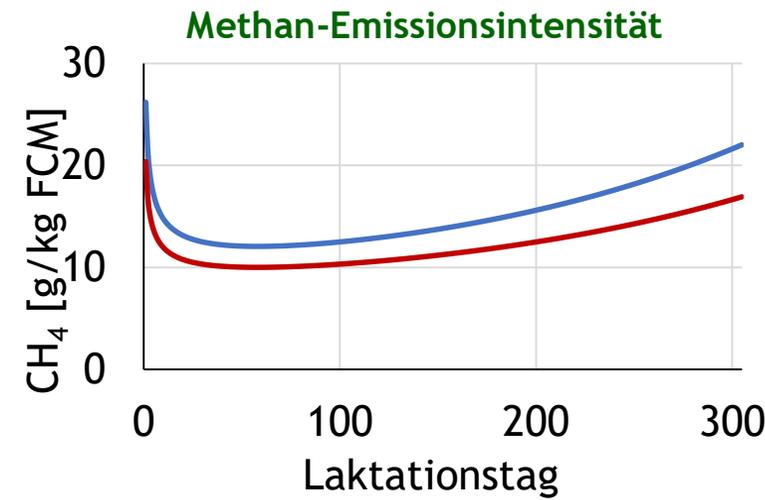
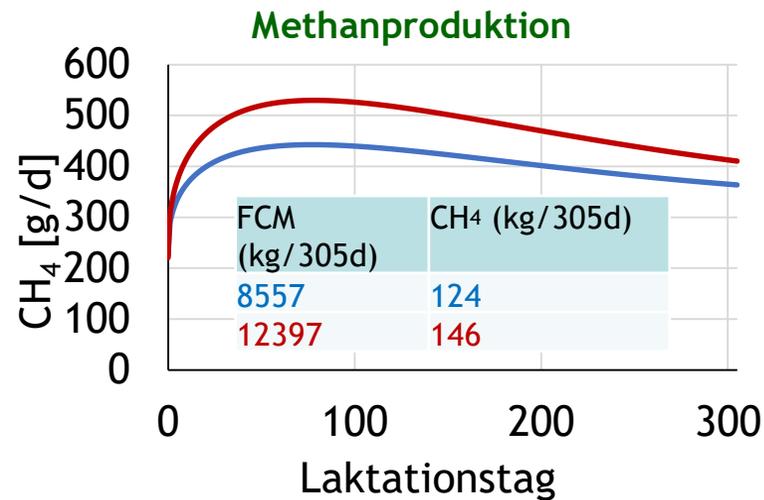
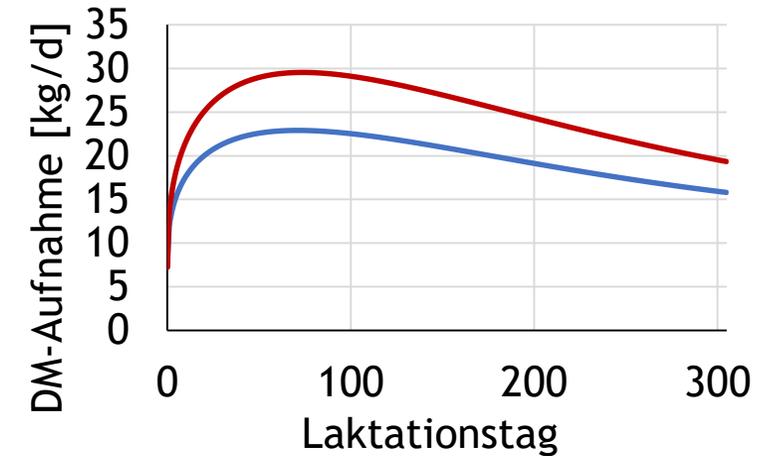
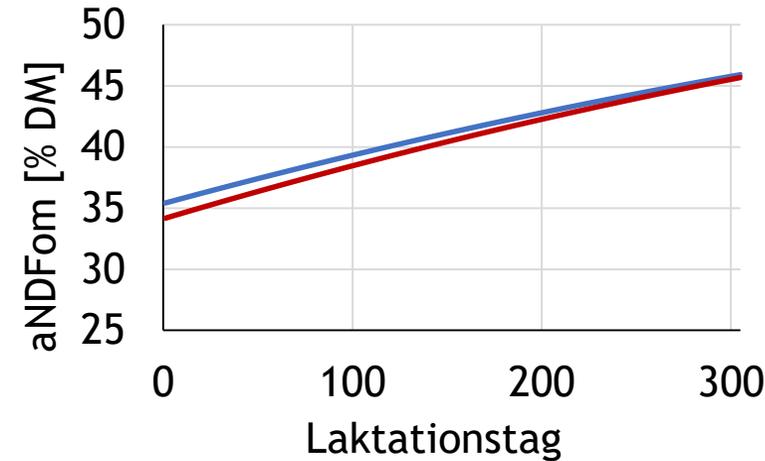
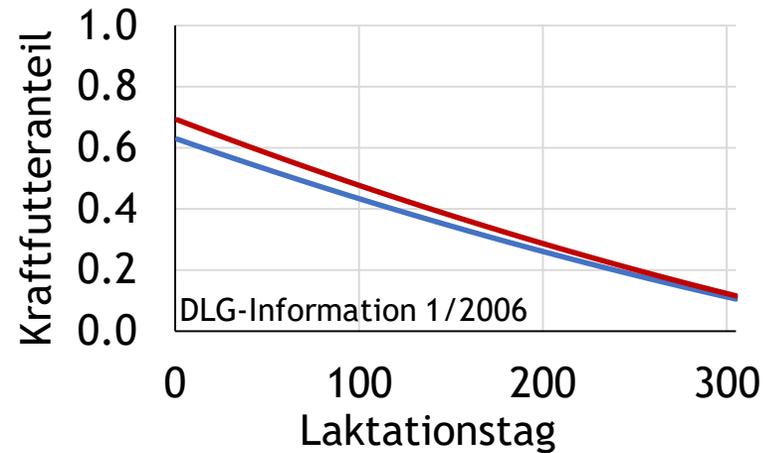
$$\text{ME-Bedarf (MJ/d)} = 4.8 \text{ MJ/kg FCM} \cdot \text{FCM(kg/d)} + 0.64 \text{ MJ/kg Lebendmasse}^{0.75} \cdot 650\text{kg}^{0.75} \text{ (GfE, 2023)}$$





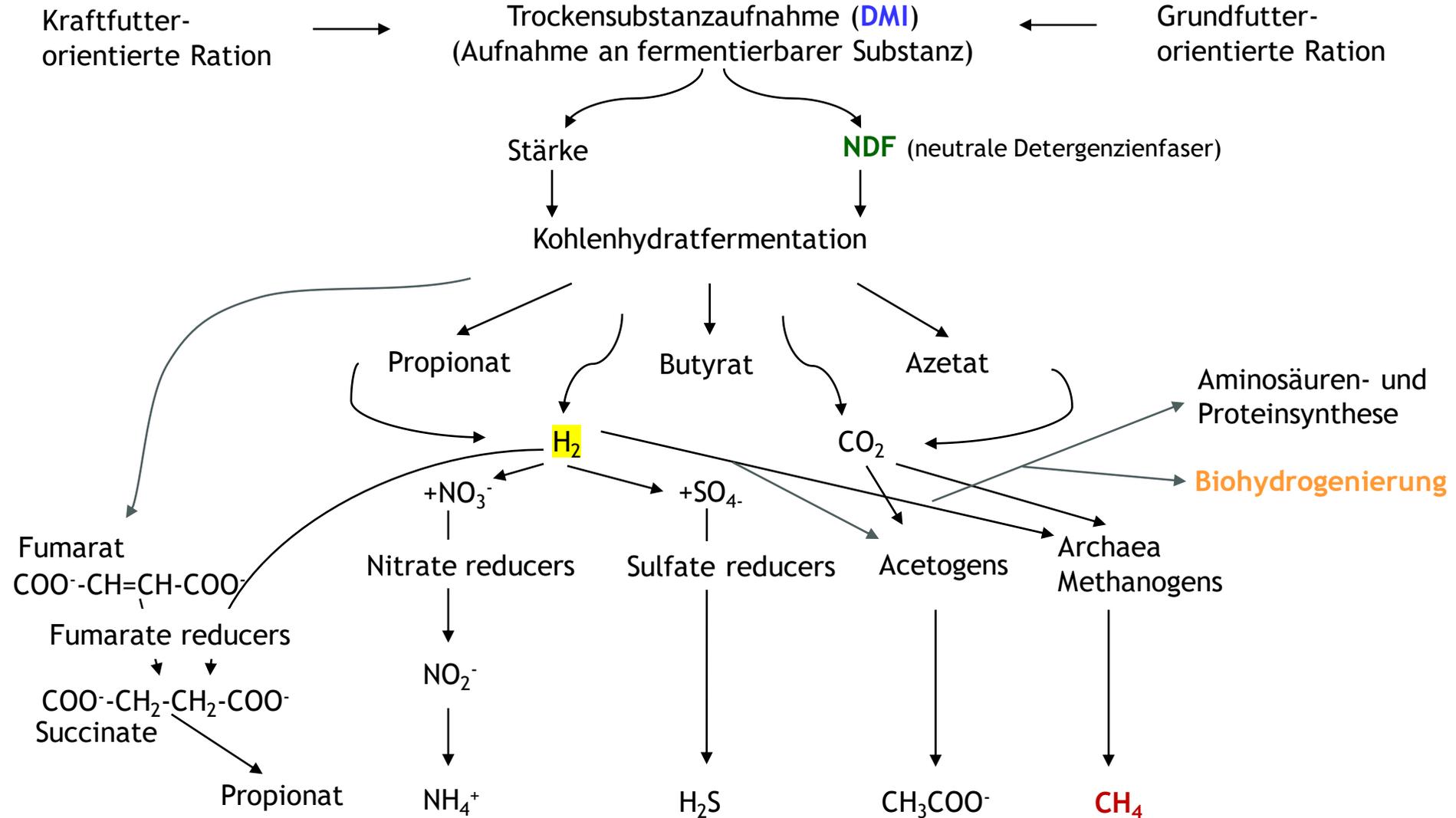
Die Dynamik der Methanproduktion im Verlauf der Laktation wird hauptsächlich durch den der Trockenmasse(DM)-Aufnahme bestimmt

$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$





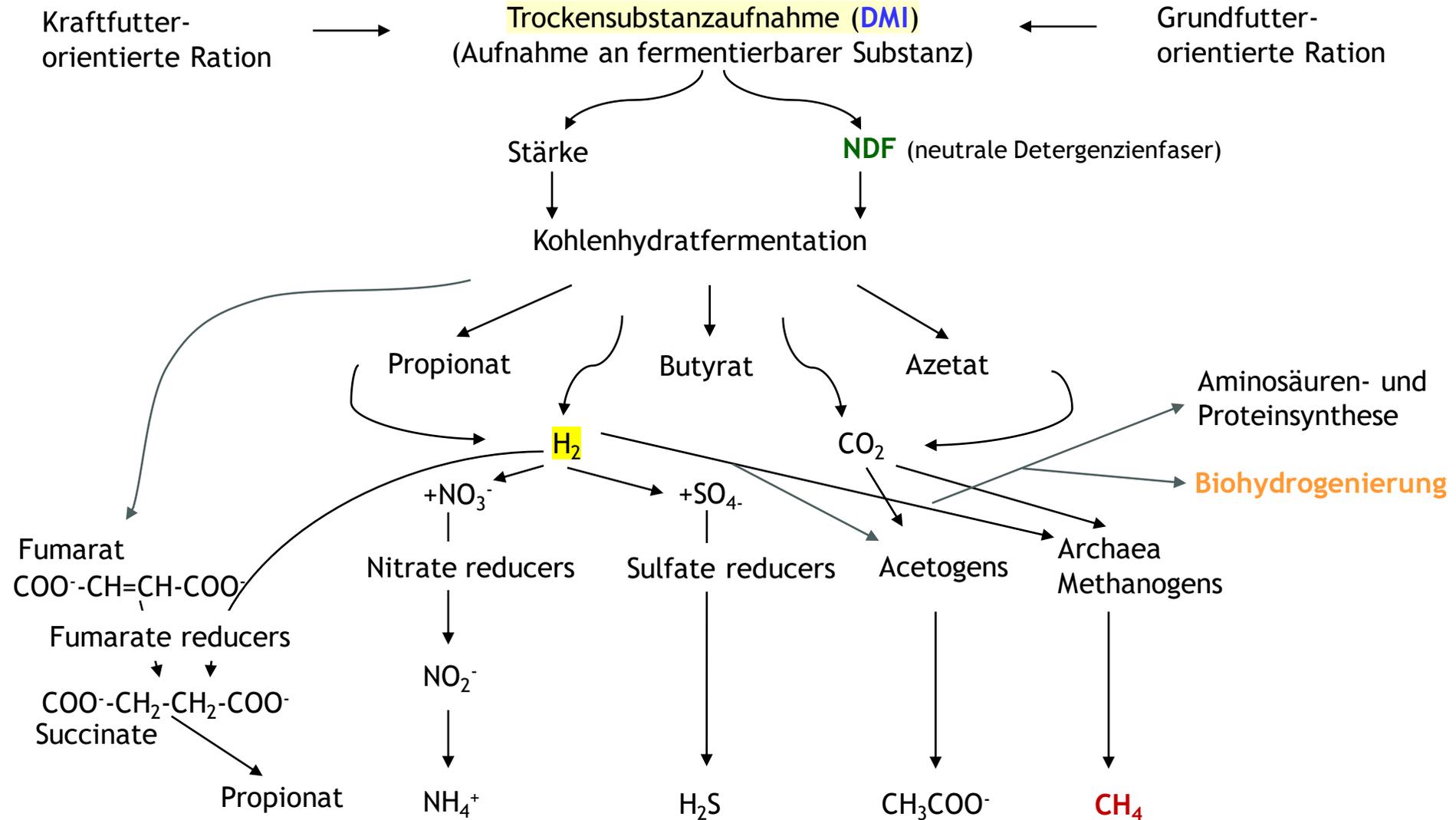
Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



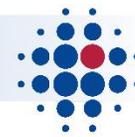
$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$



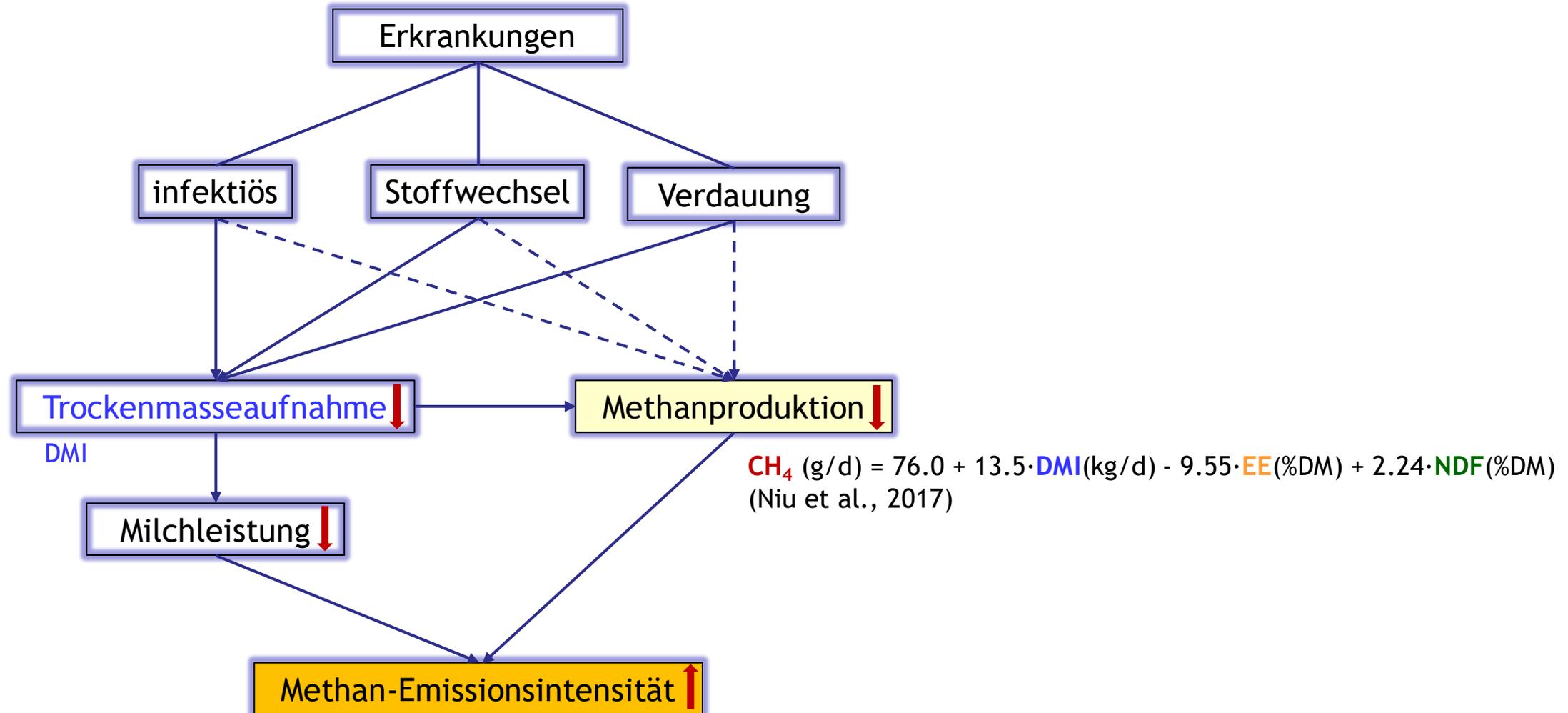
Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$

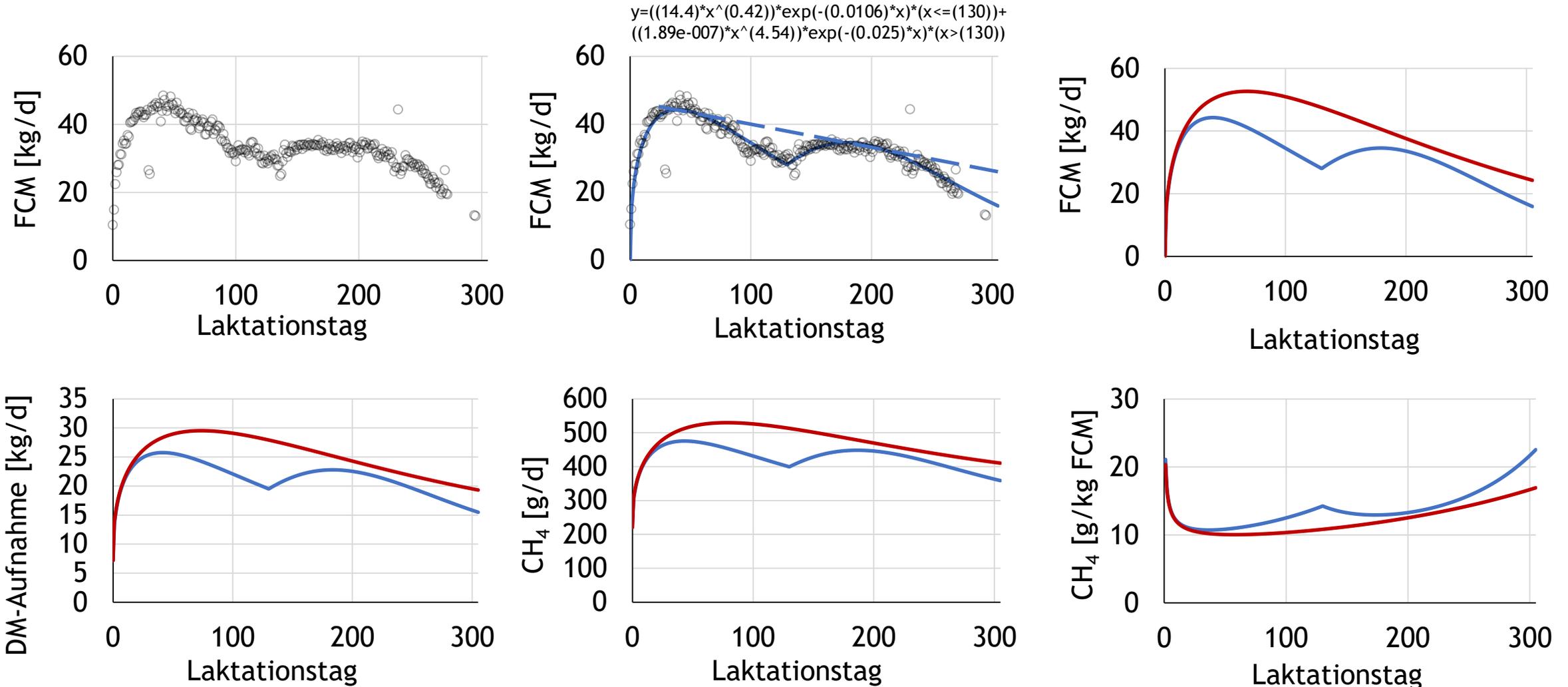


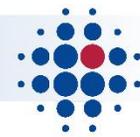
Beeinträchtigungen der Tiergesundheit führen häufig durch eine reduzierte Futtermittelaufnahme und Milchleistung zu einer verschlechterten Methan-Emissionsintensität



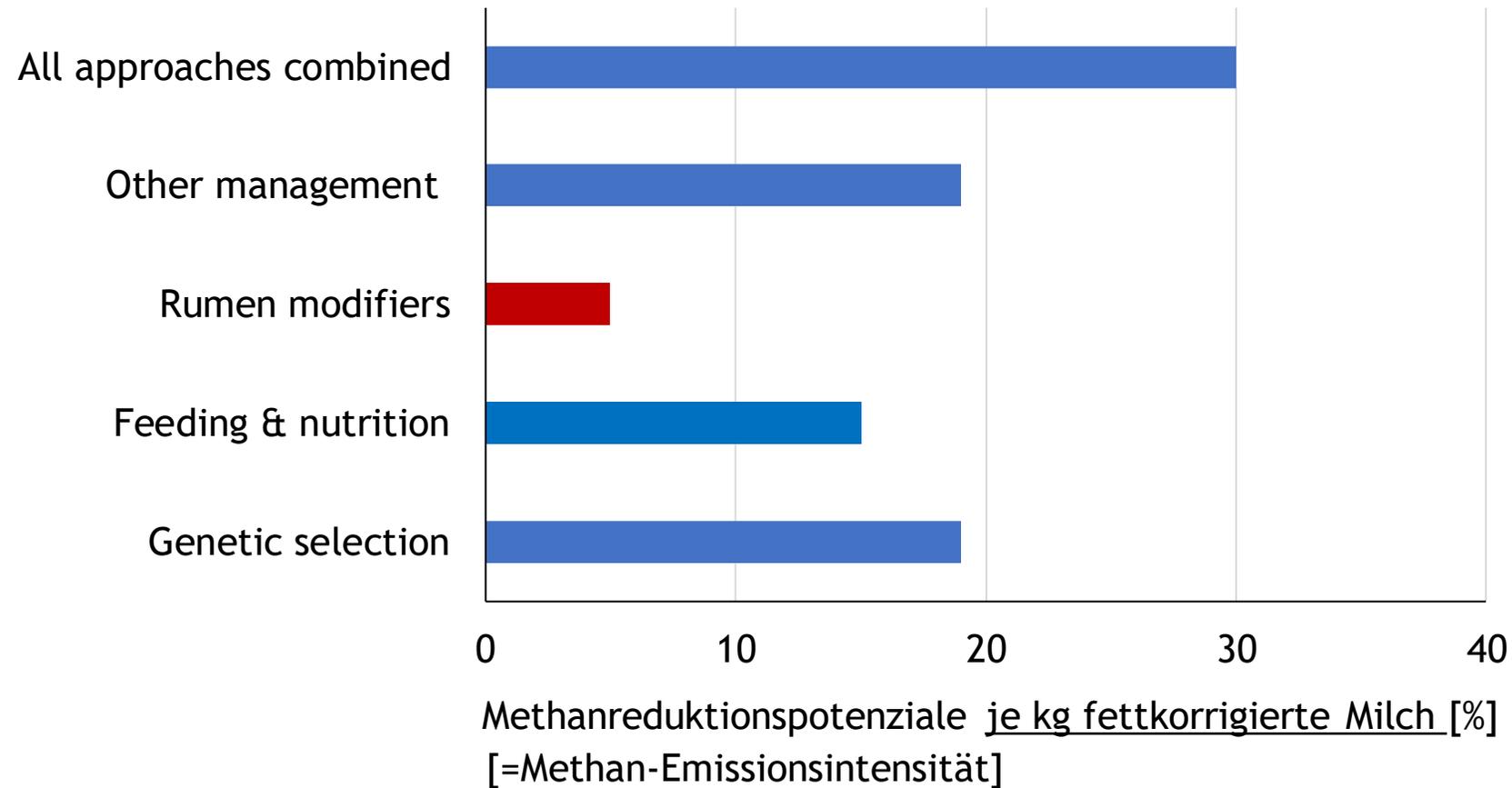


Beeinträchtigungen der Tiergesundheit führen häufig durch eine reduzierte Futterraufnahme und Milchleistung zu einer verschlechterten Methan-Emissionsintensität



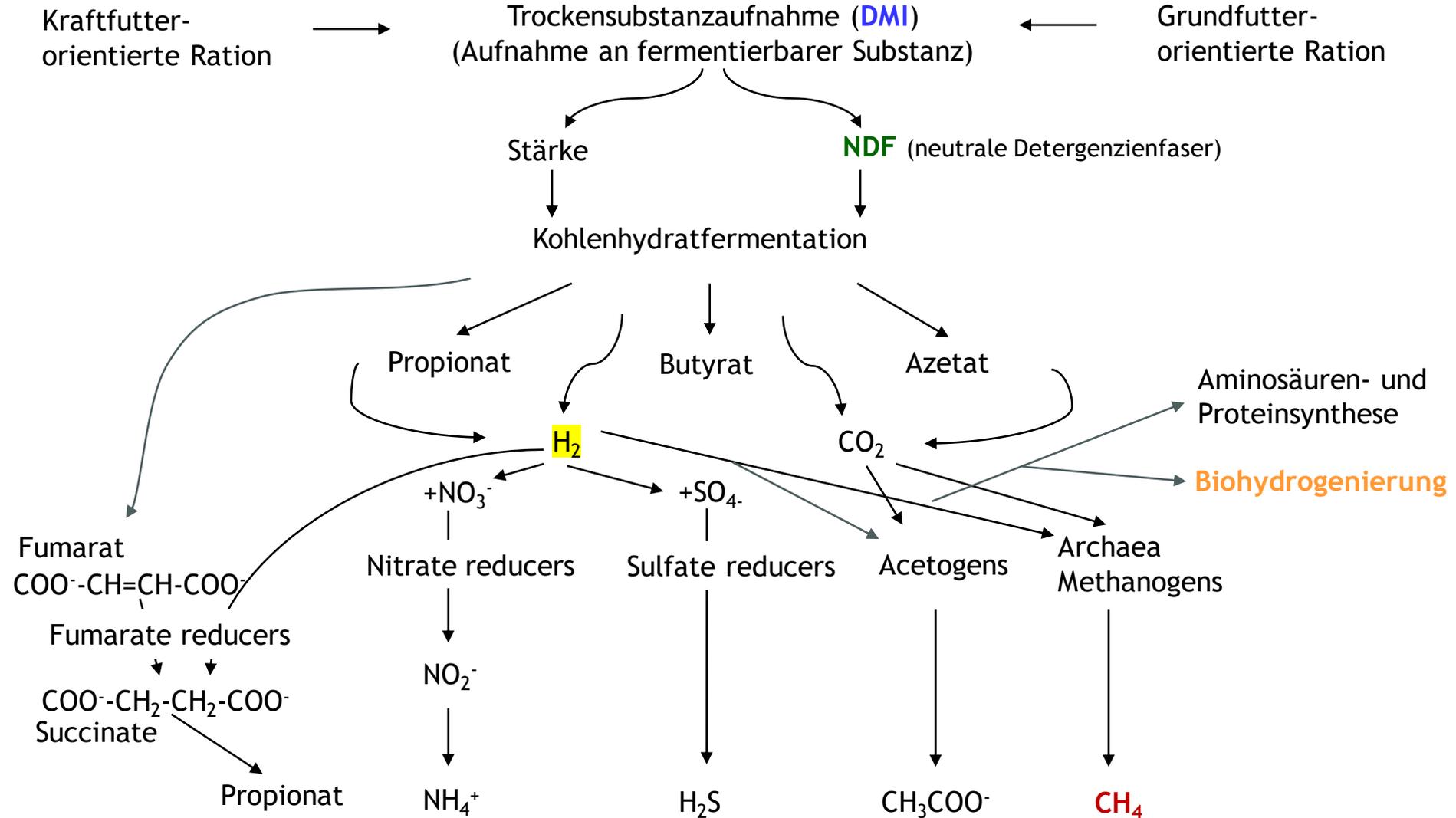


Methanreduktionspotenziale bei Kühen (nach Knapp et al., 2014)





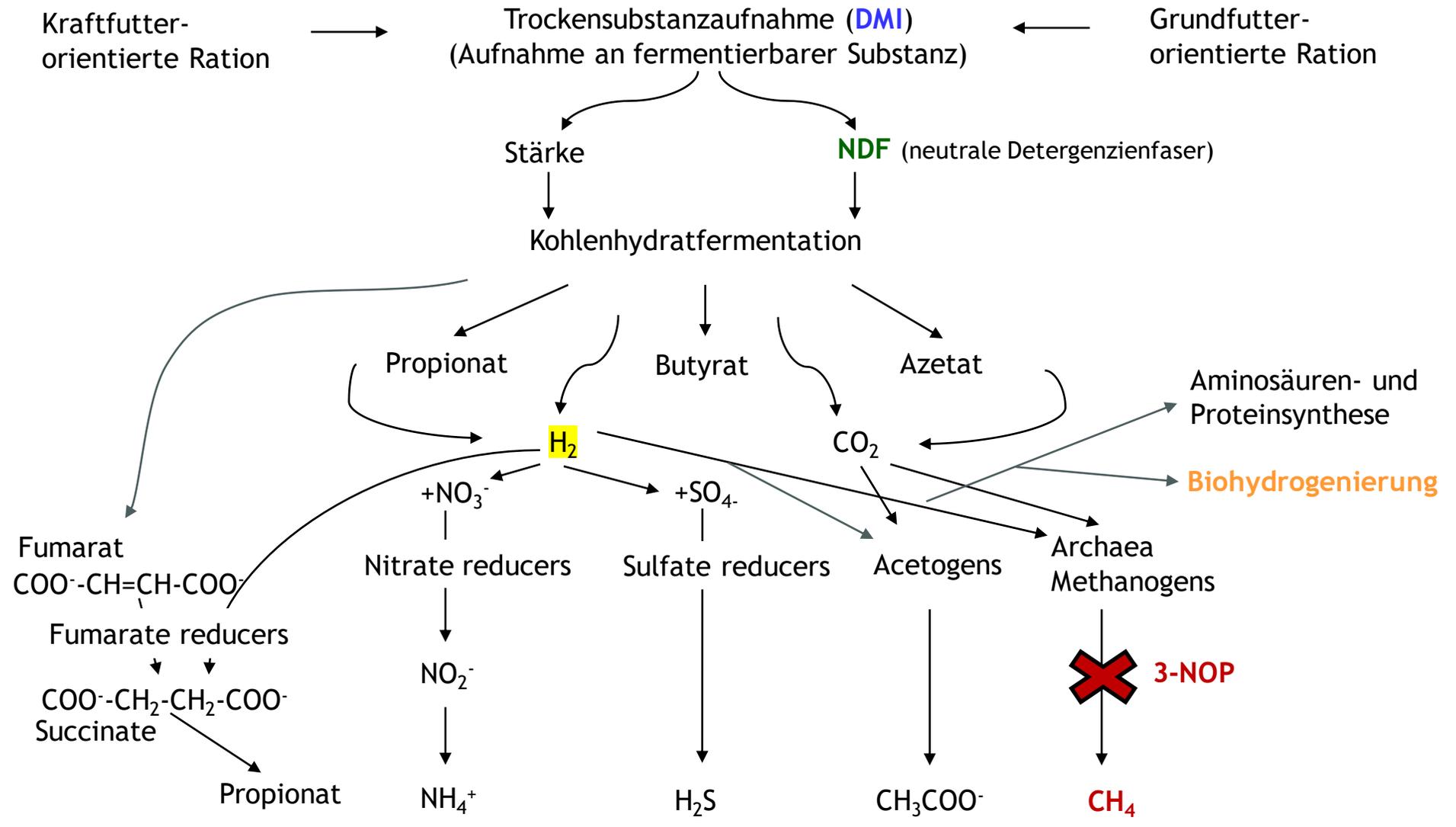
Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



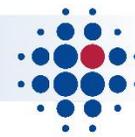
$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$



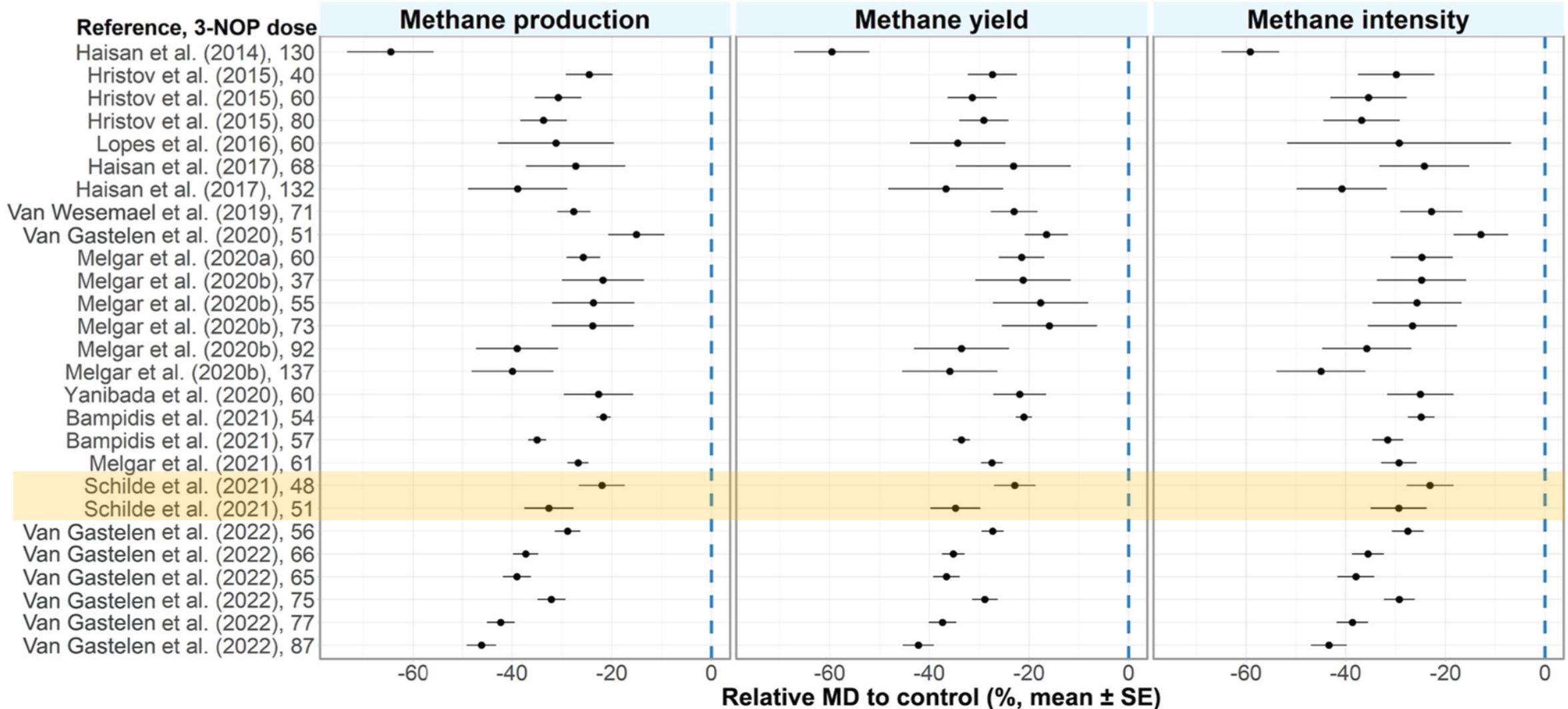
Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$

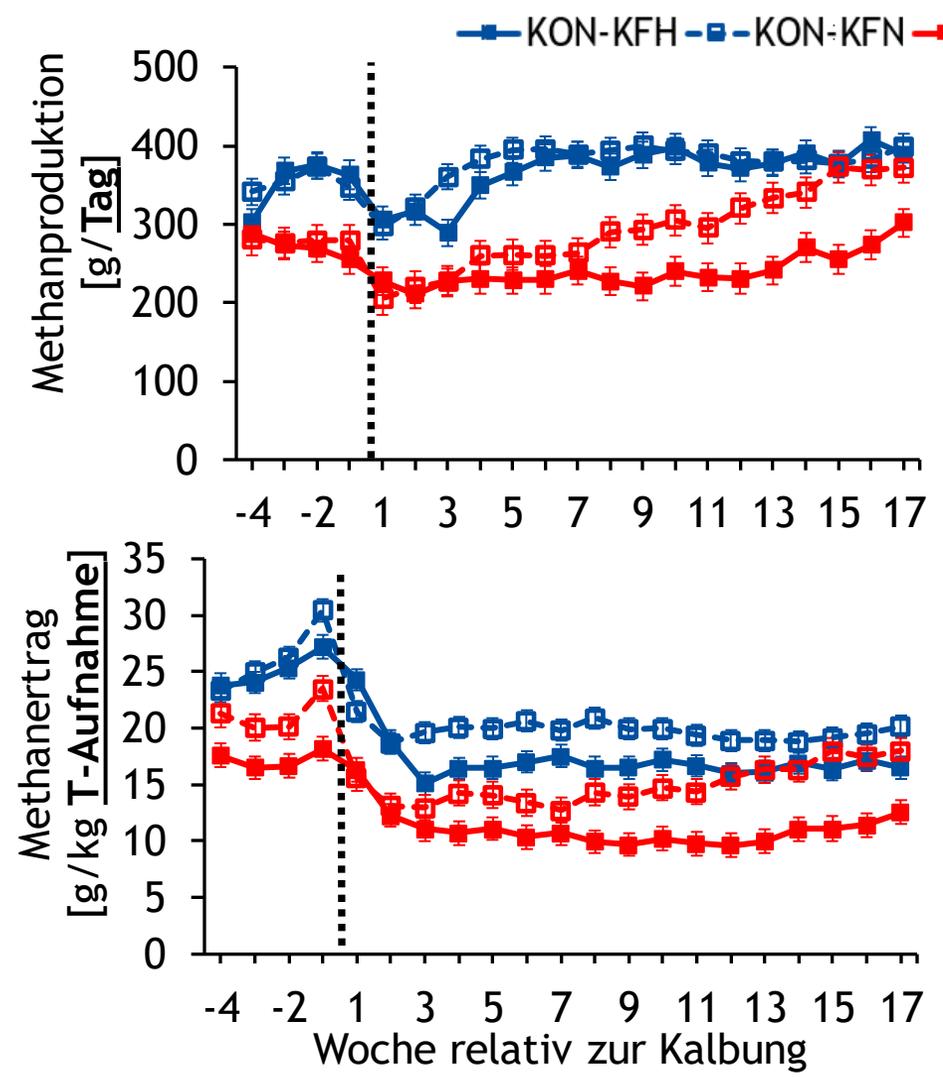


Der zugelassene Futterzusatzstoff 3-NOP reduziert die Methan-Emission bei Milchkühen (Kebreab et al., 2023; Literaturlauswertung)

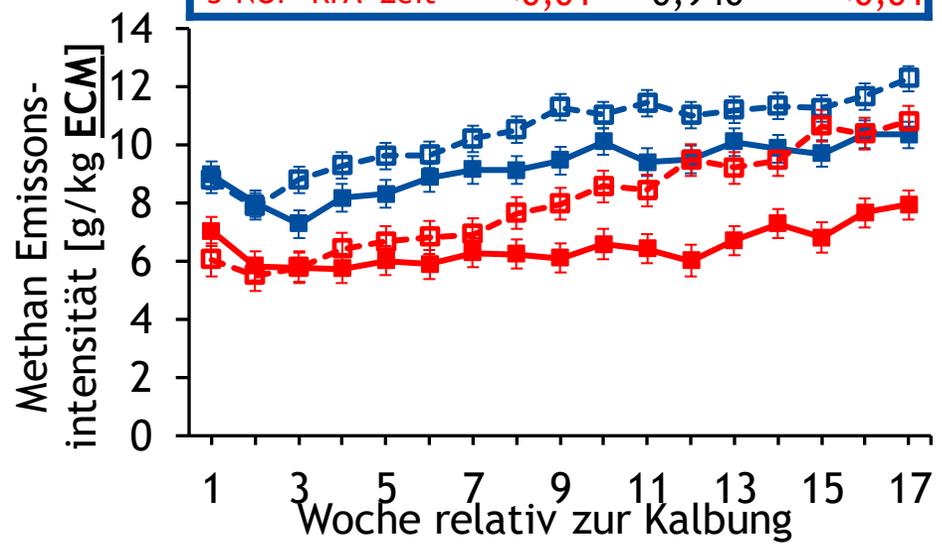




Methanemissionen bei Verwendung von 3-NOP und variierenden Konzentratfutteranteilen bzw. NDF-Gehalten in der Ration (Schilde et al., 2020)



| Effekt | CH ₄ absolut | CH ₄ Ertrag | CH ₄ Intensität |
|----------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|
| 3-NOP | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| KFA | <0,01 | <0,001 | <0,01 |
| Zeit | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| 3-NOP×KFA | 0,051 | <0,05 | 0,640 |
| 3-NOP×Zeit | <0,01 | 0,259 | <0,05 |
| KFA×Zeit | 0,055 | <0,001 | <0,001 |
| 3-NOP×KFA×Zeit | <0,01 | 0,940 | <0,01 |





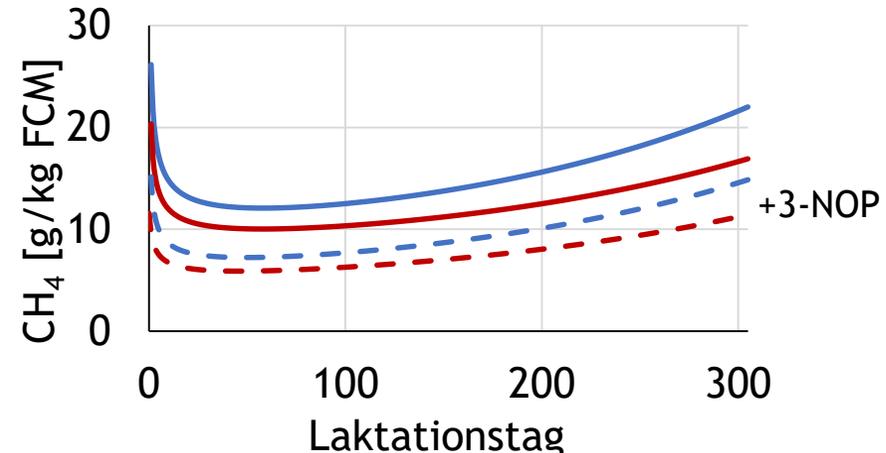
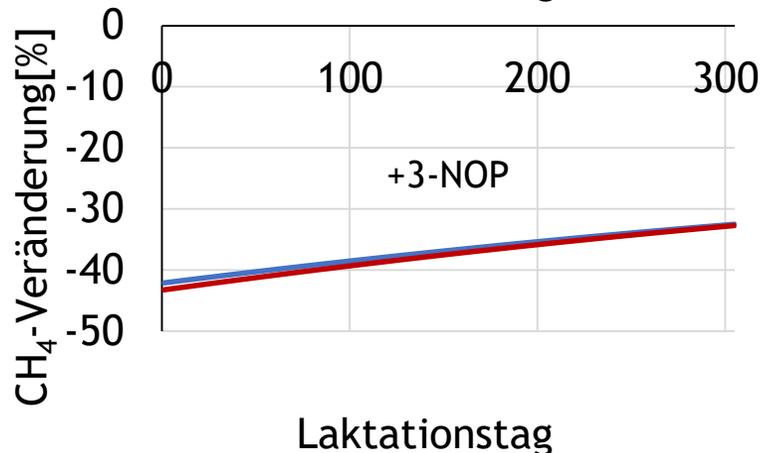
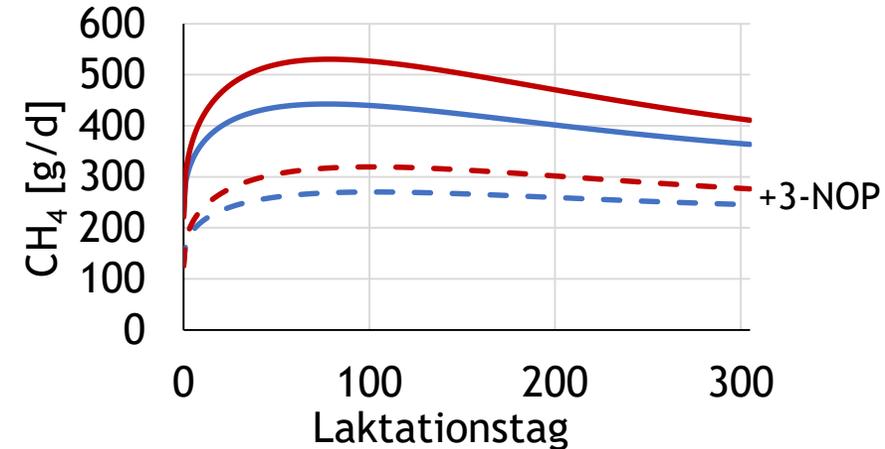
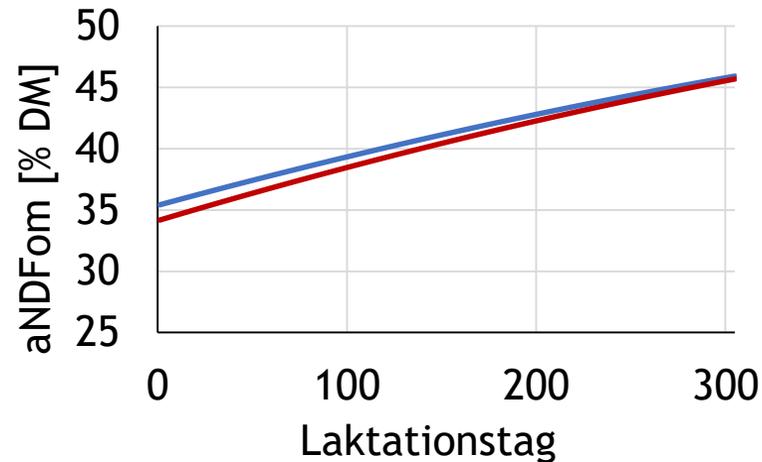
Die Reduktion der Methan-Emission durch 3-NOP wird durch den Gehalt der Ration an neutraler Detergenzienfaser (NDF) und Rohfett (CF) modifiziert

$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$

$$\text{CH}_4\text{-Veränderung (\%)} = -32.4 - 0.282 \cdot (3\text{NOP} - 70.5) + 0.915 \cdot (\text{NDF} - 32.9) + 3.08 \cdot (\text{CF} - 4.2) \quad (\text{Kebreab et al., 2023})$$

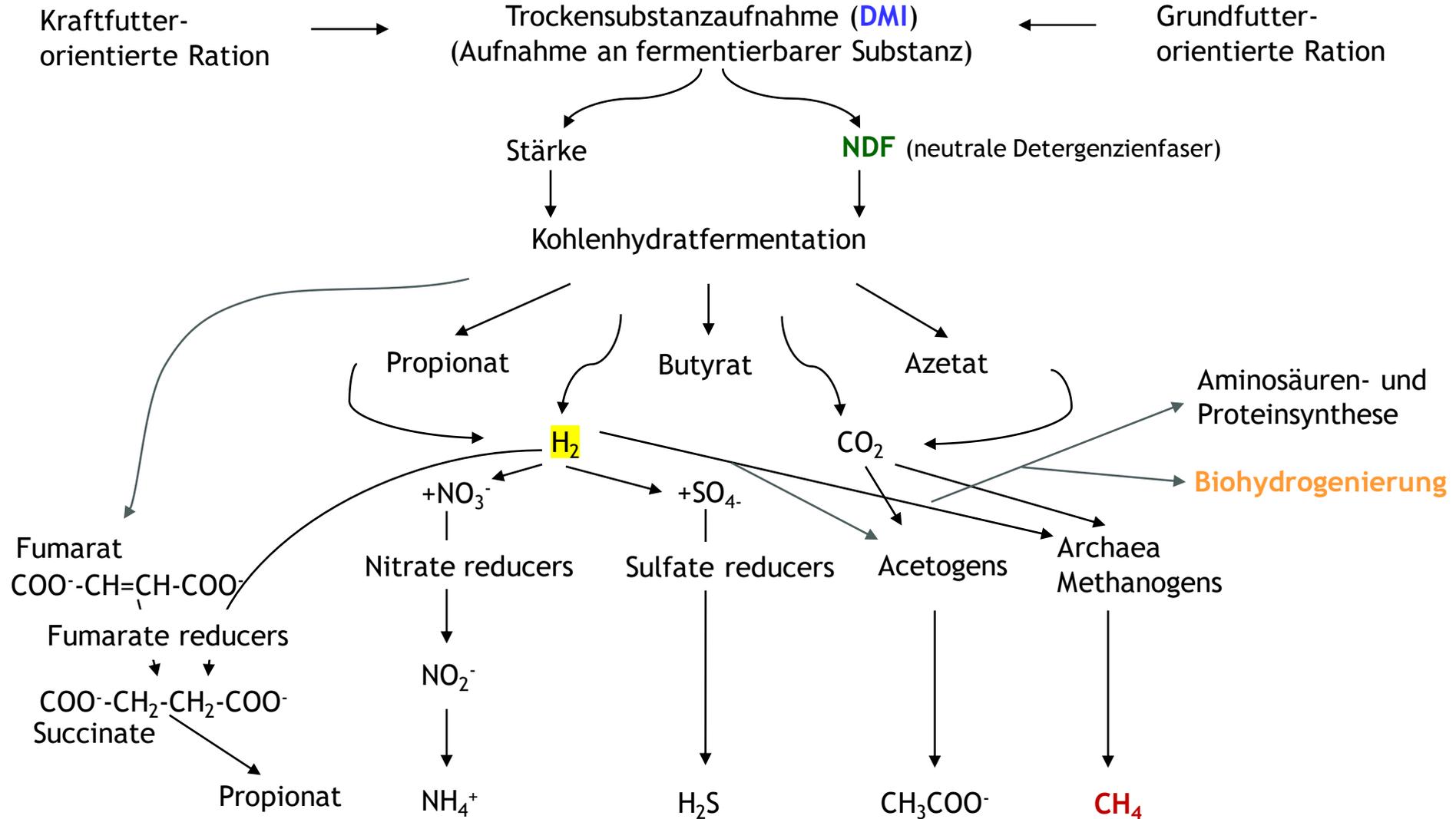
3-NOP = 3-Nitrooxypropanol (100 mg/kg DM)

NDF, CF = neutrale Detergenzienfaser (variabel) bzw. Rohfett (3% DM)



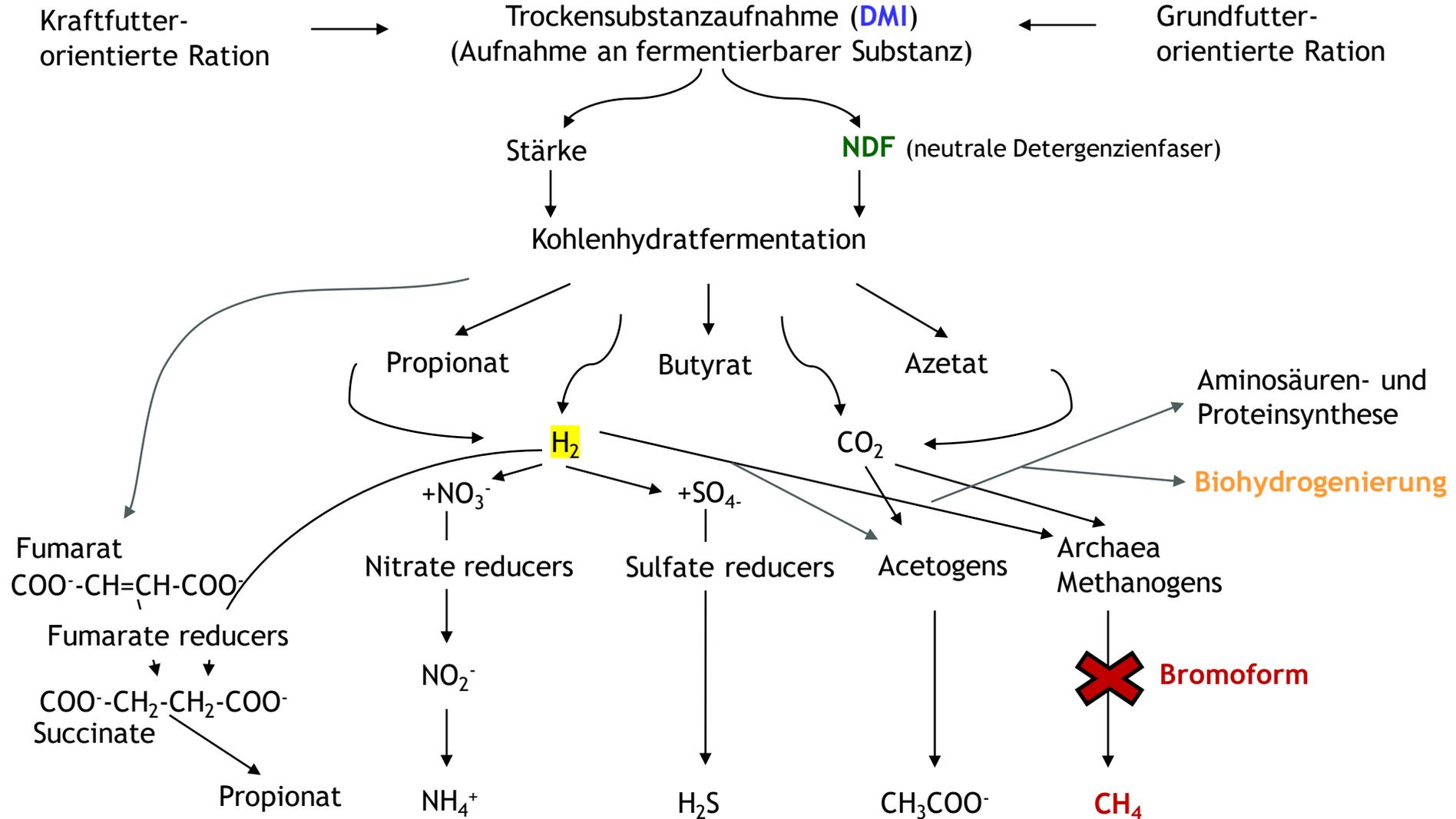


Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)

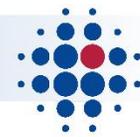


$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$

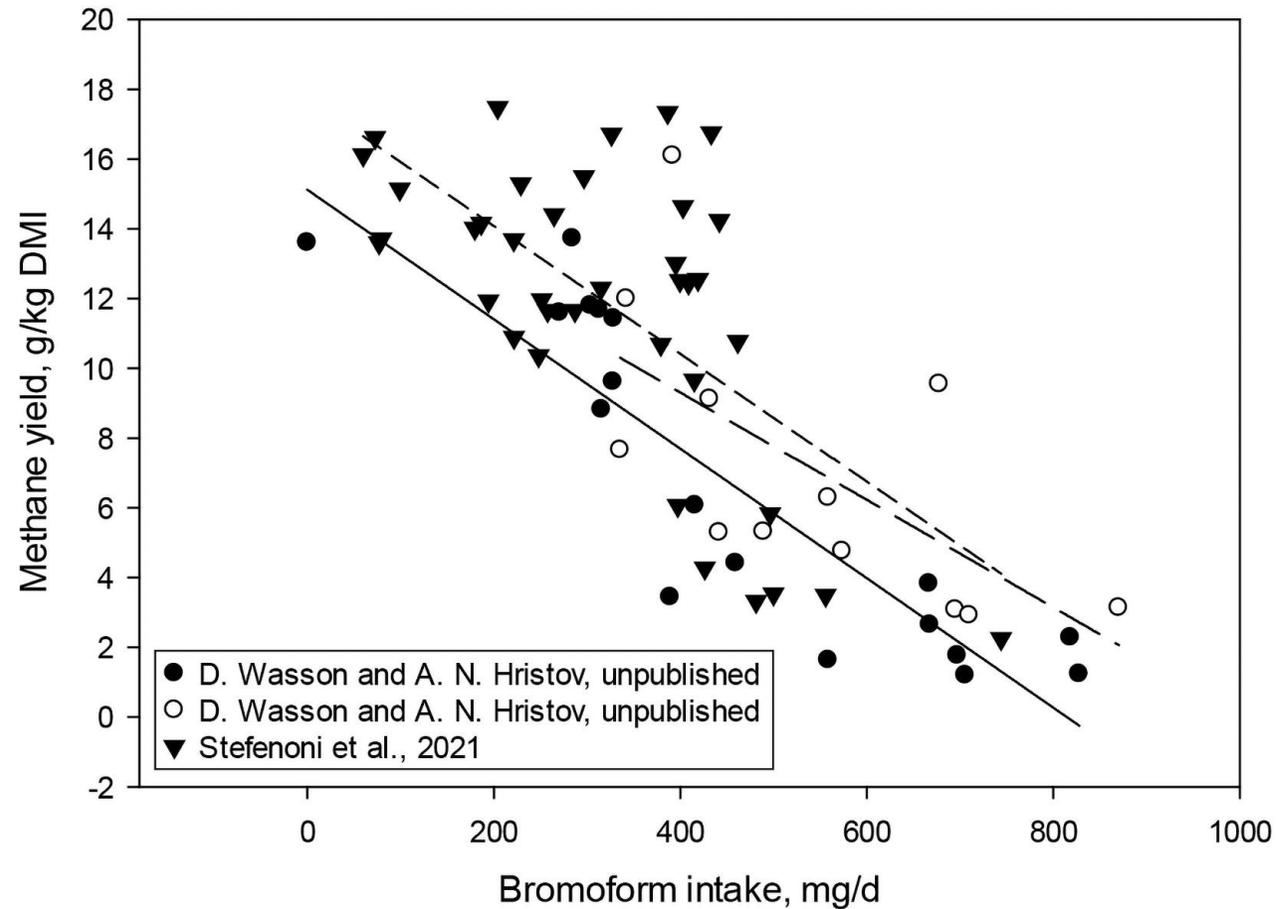
Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$

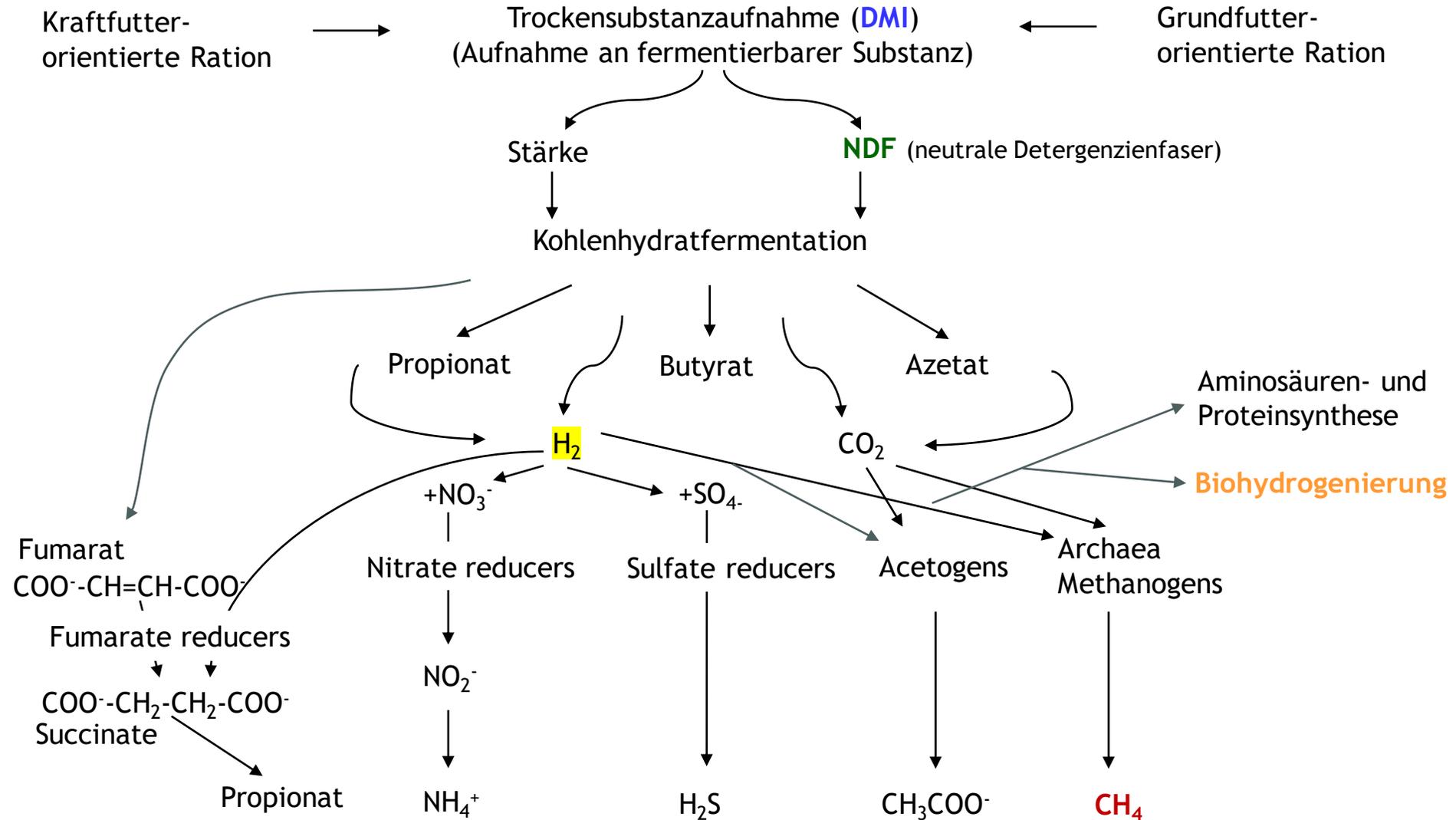


Relationship of bromoform intake from *Asparagopsis taxiformis* and enteric methane emission yield in dairy cows (Hristov et al., 2022)





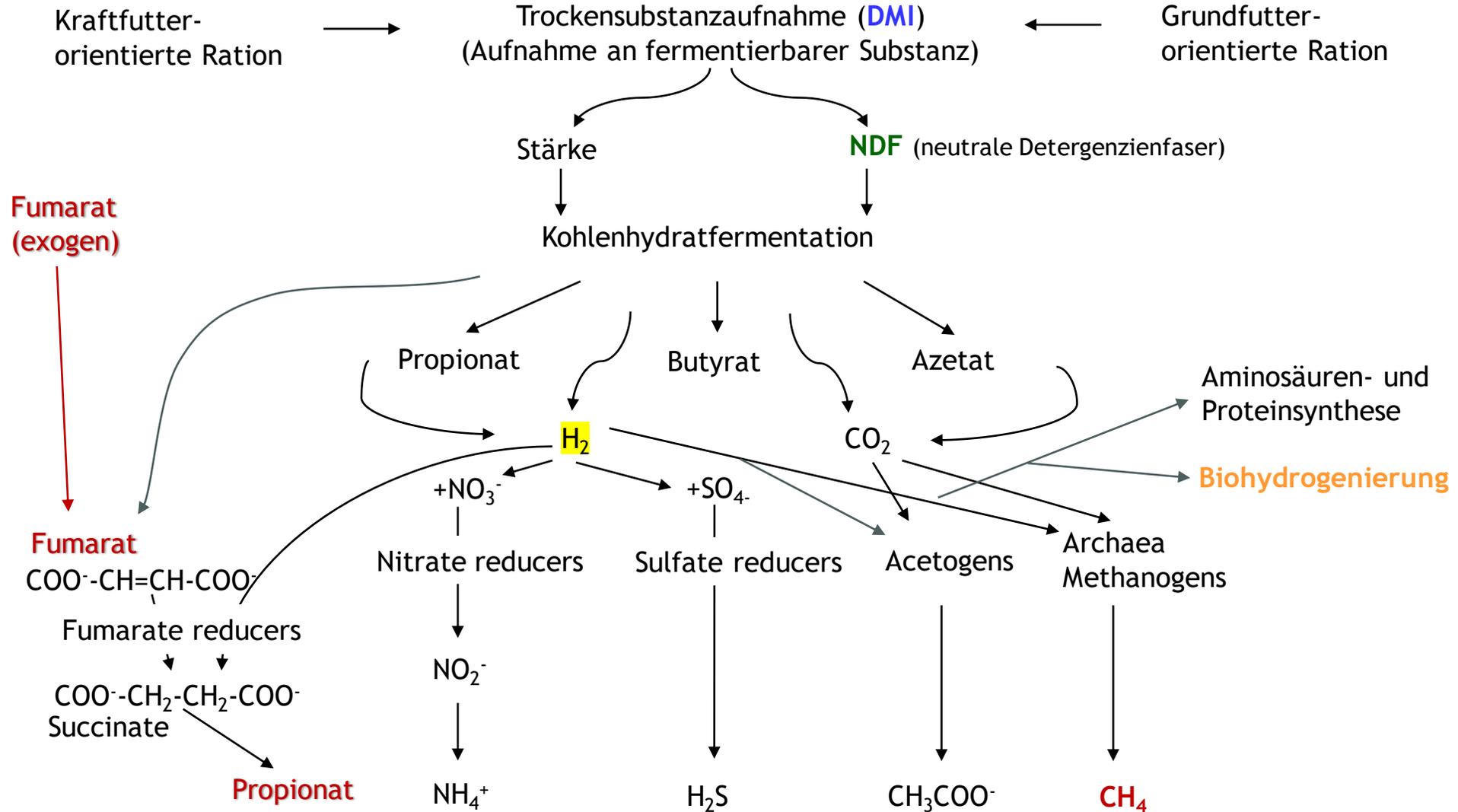
Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$



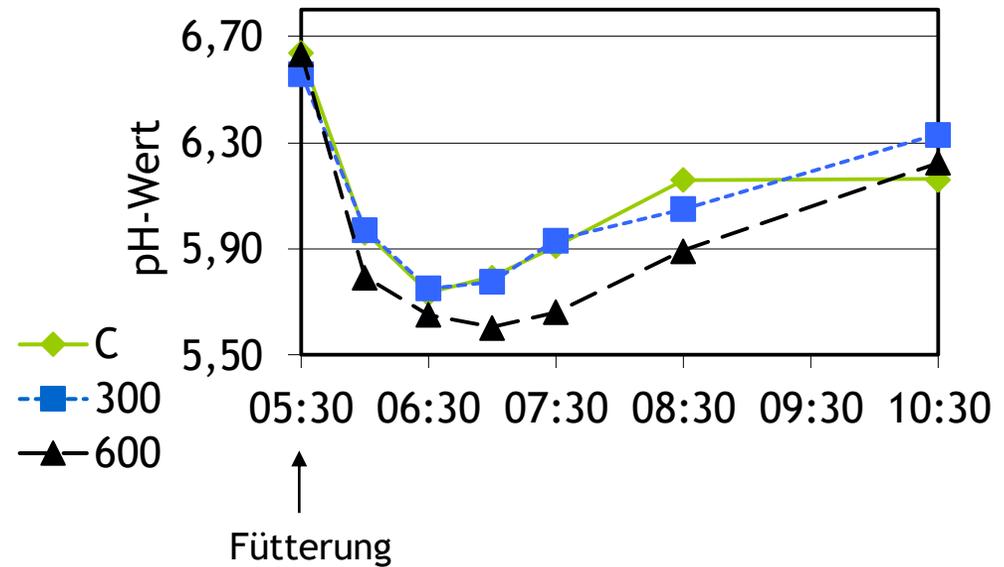
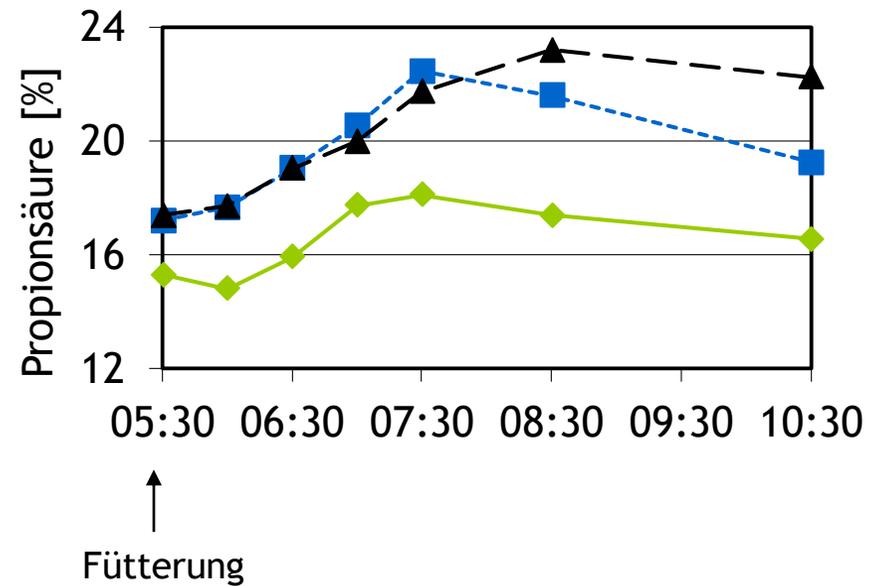
Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



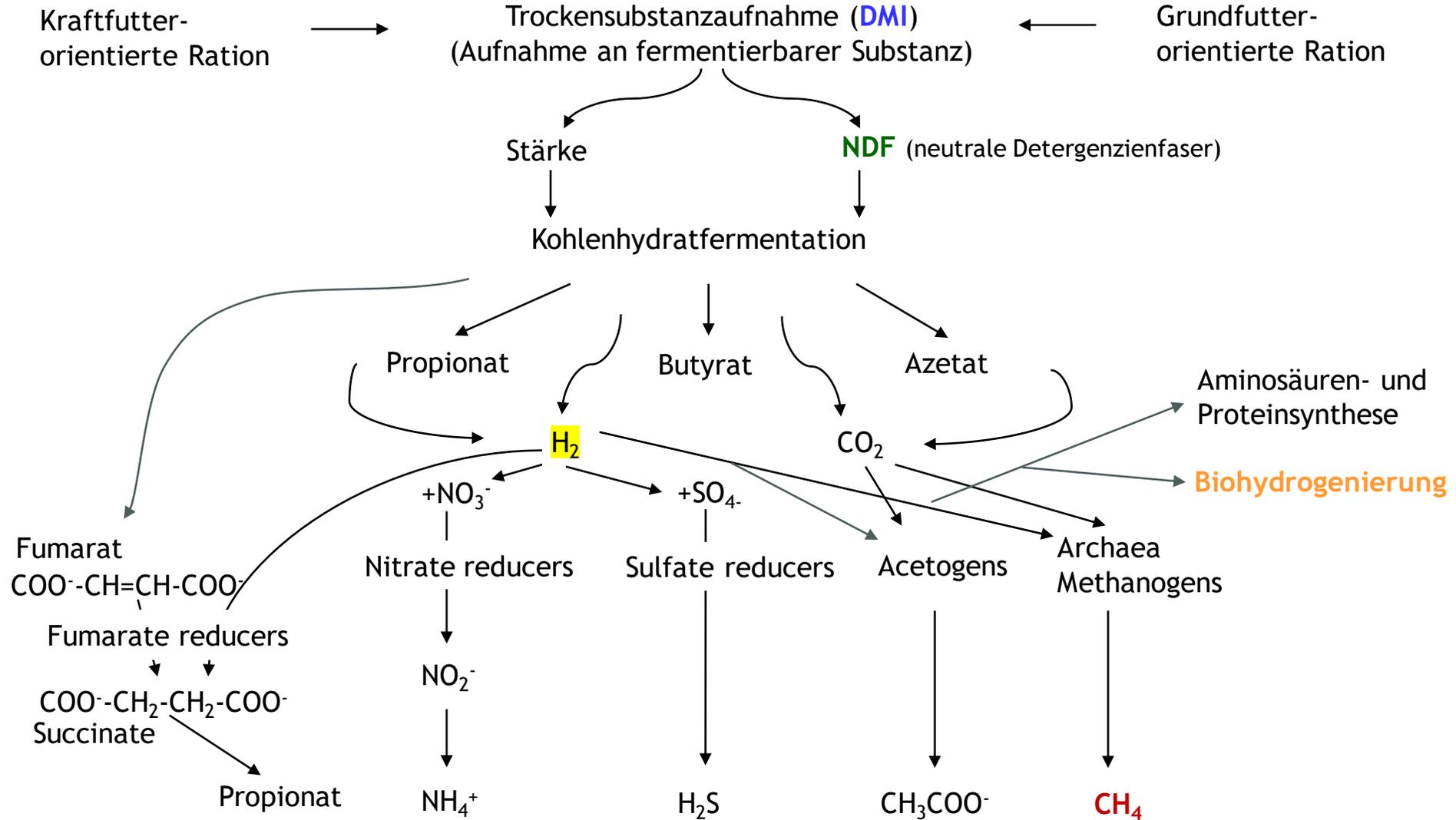
$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$



Eine Supplementation der Ration von Milchkühen mit Fumarsäure (g/Kuh und Tag) führte zu steigenden ruminalen molaren Anteilen von Propionat und zu sinkenden pH-Werten (Remling et al., 2014)



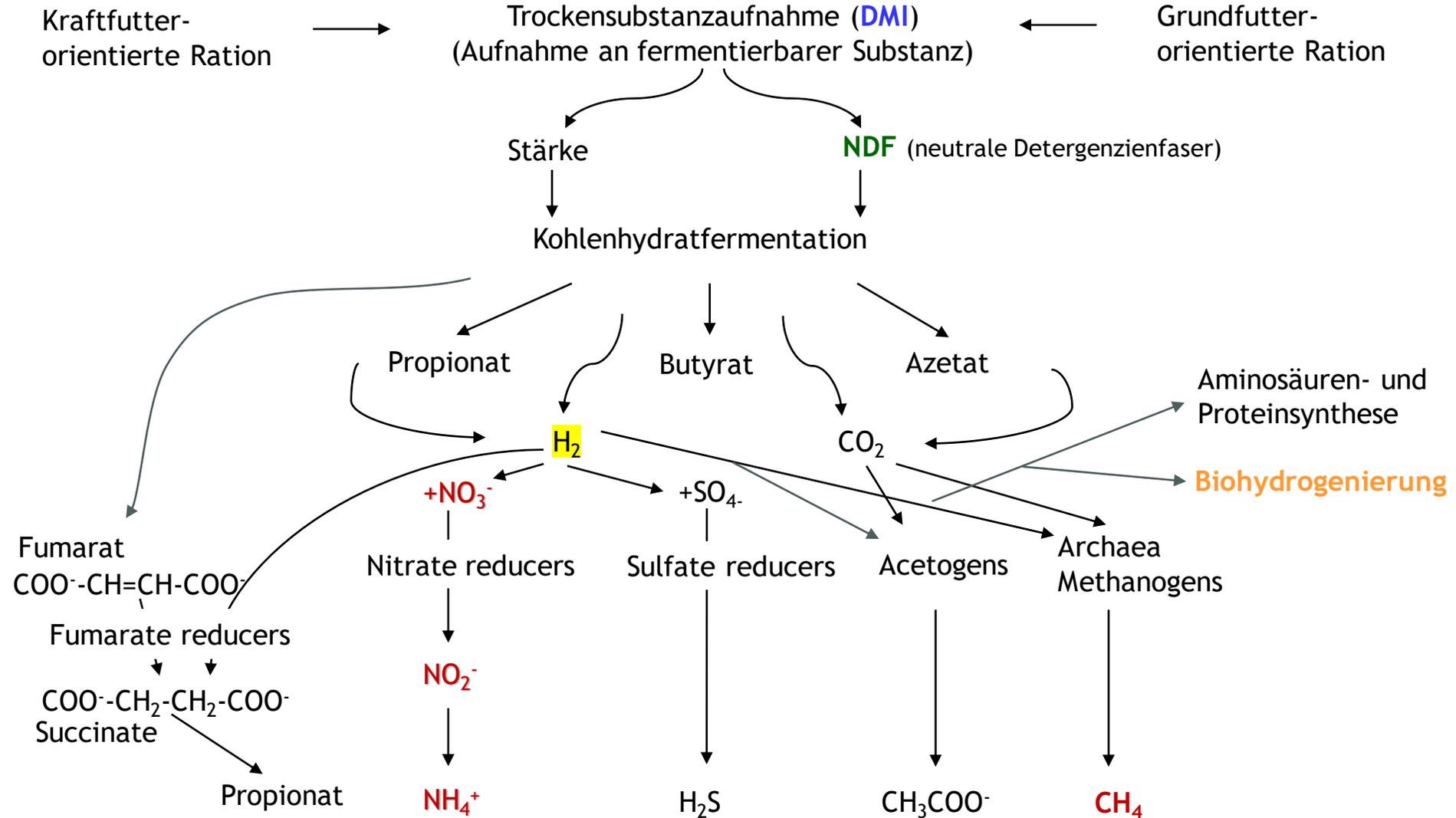
Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$

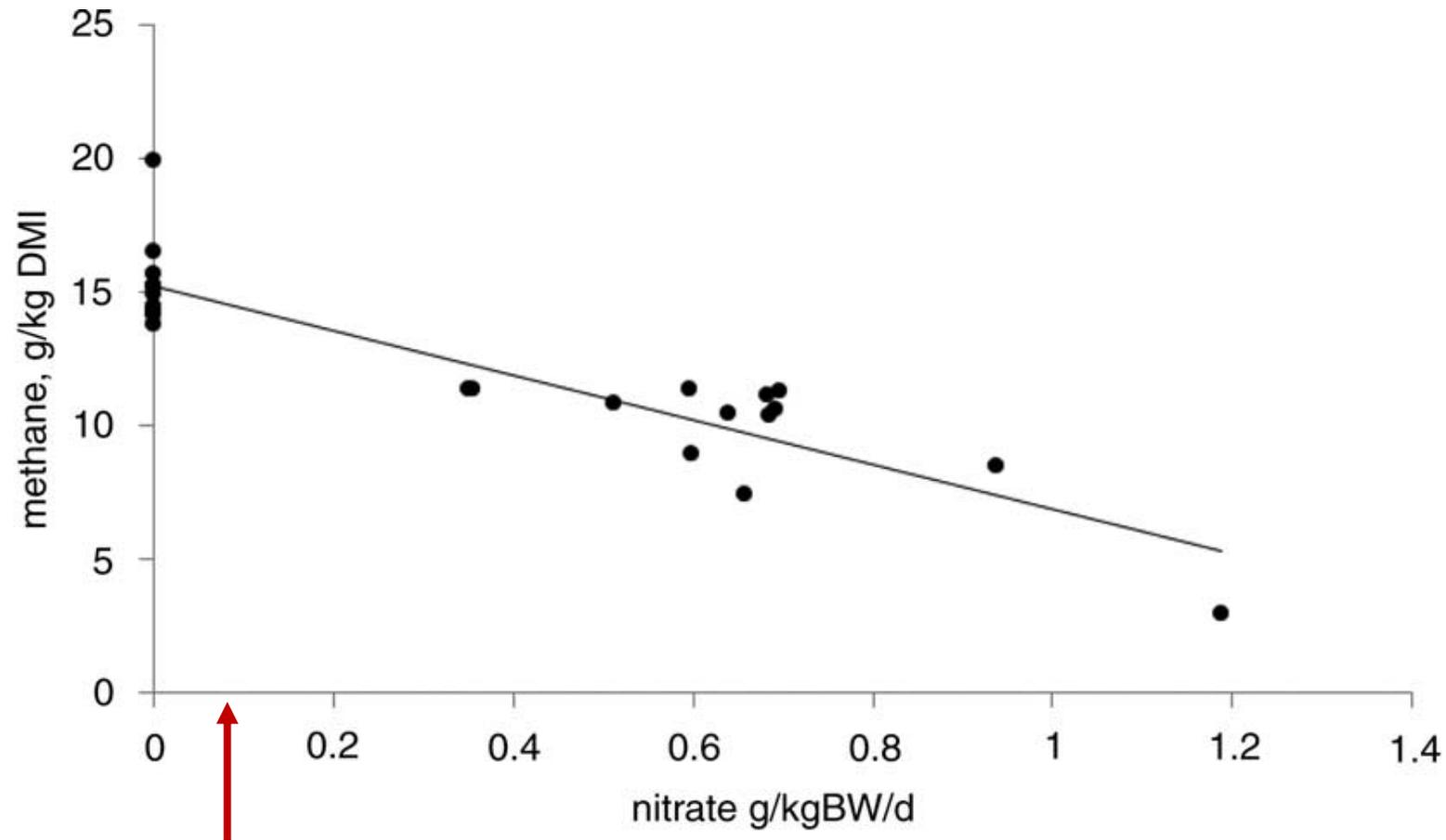


Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$

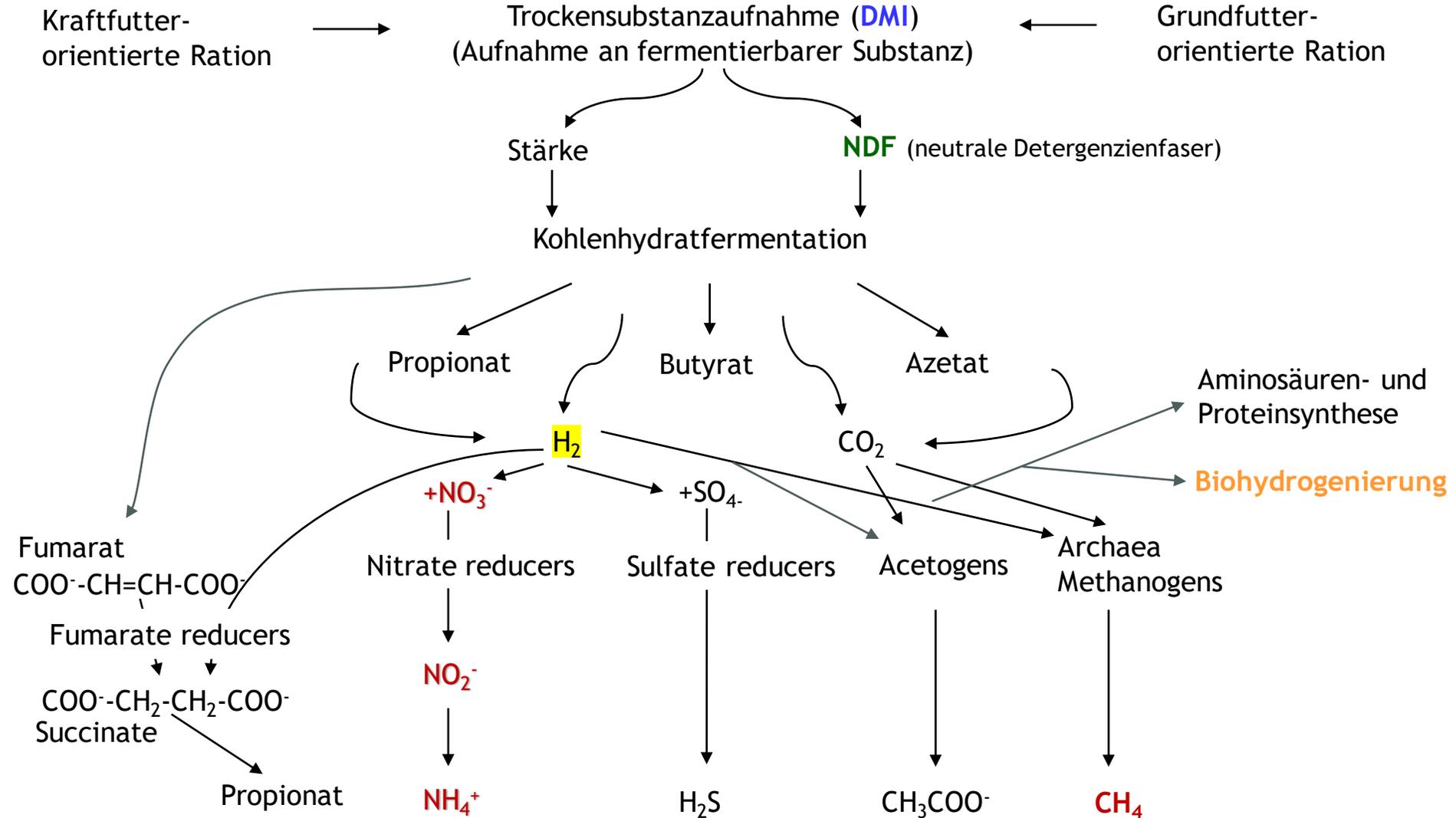
Die enterische Methanemission sinkt linear mit steigender Nitratexposition (Lee & Beauchemin, 2014)



BMDL₁₀ (Benchmark Dose Lower Limit, >10% MetHb) = 64 mg Nitrat/kg Körpermasse und Tag (EFSA, 2020)



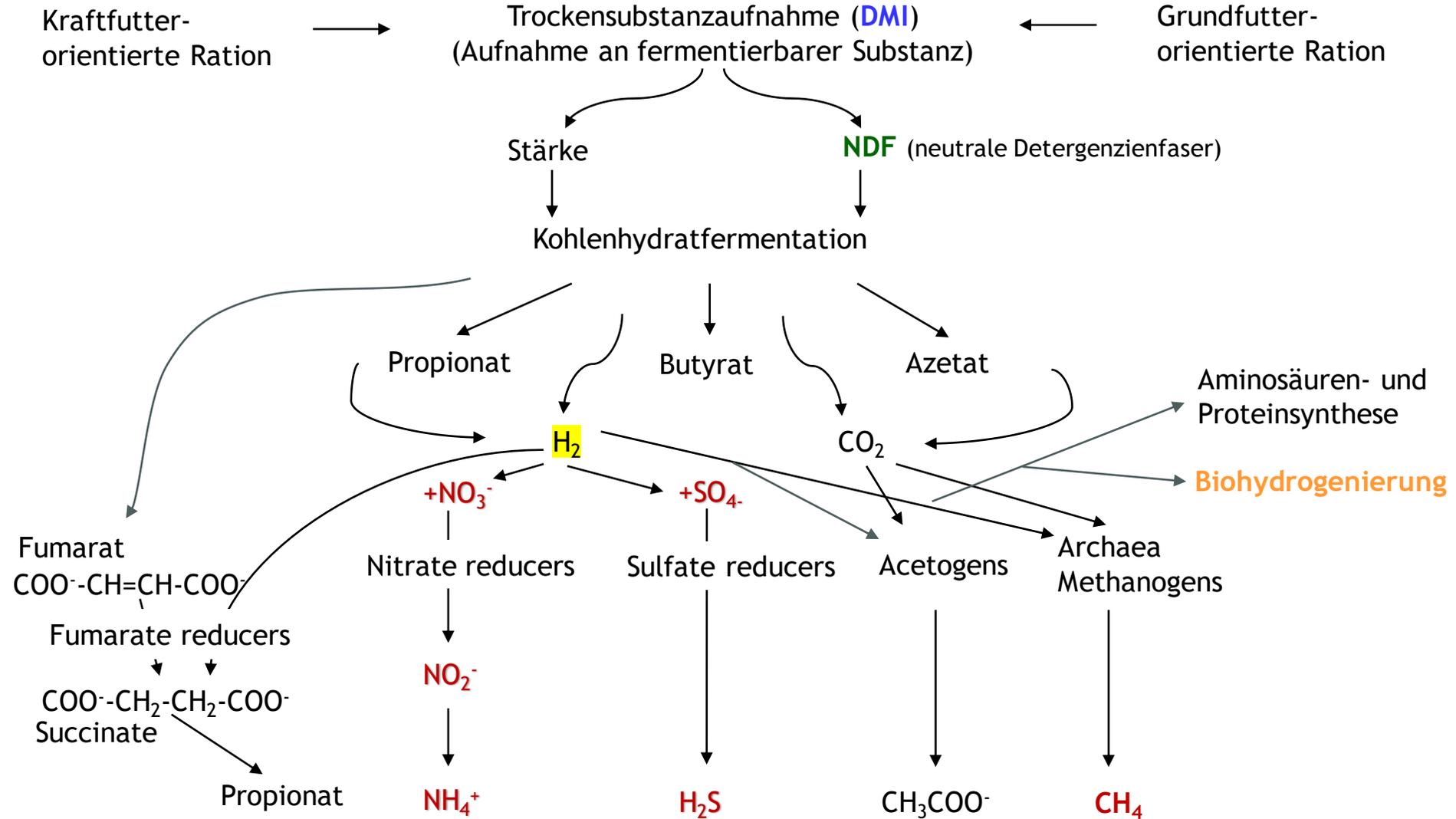
Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$



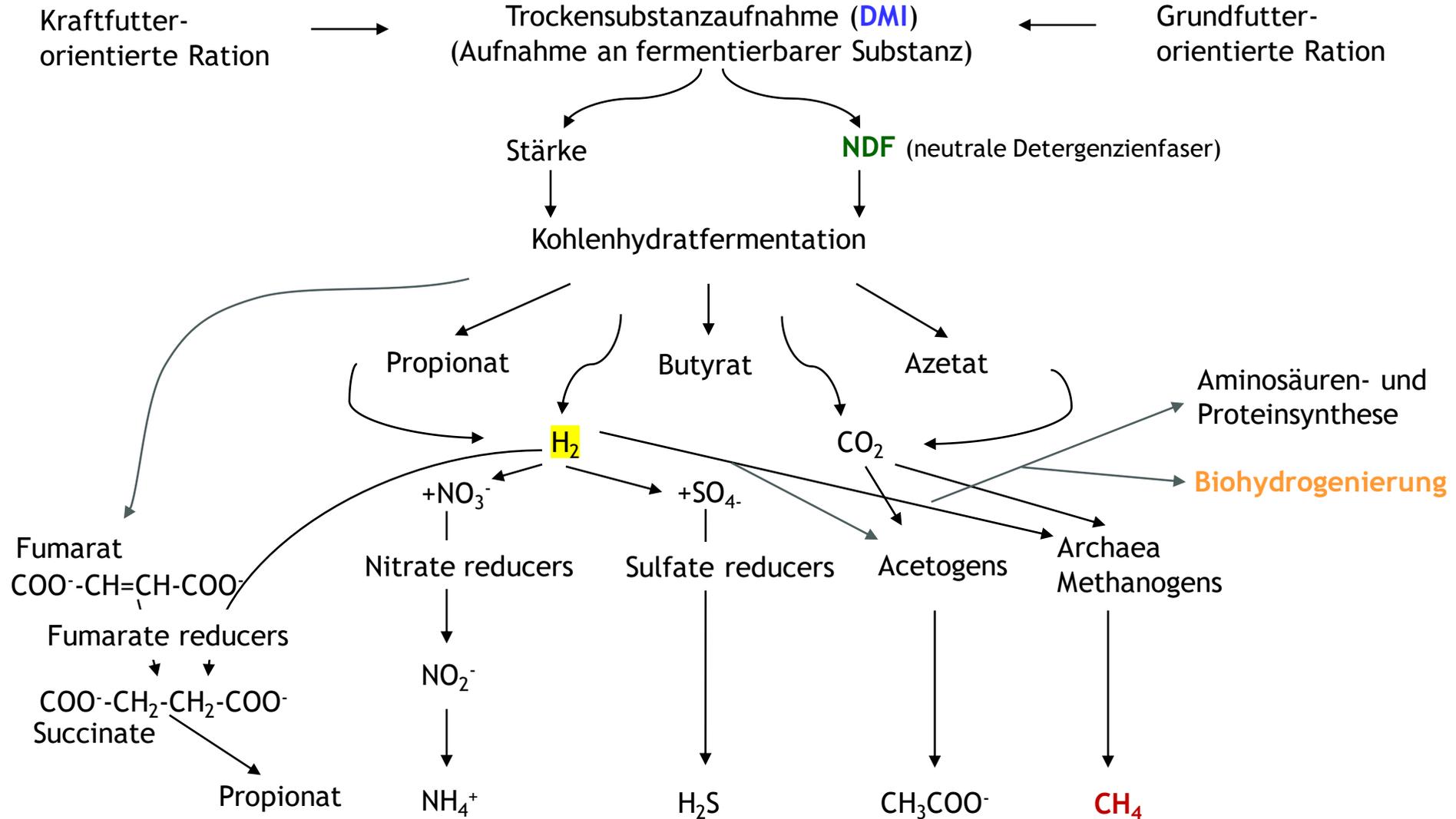
Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$



Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



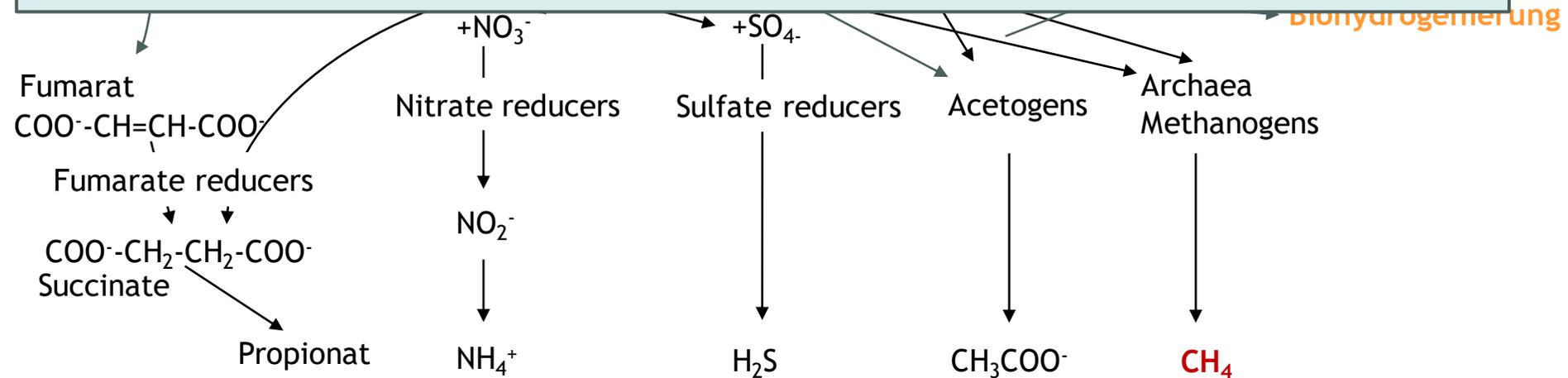
$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$



Was noch?

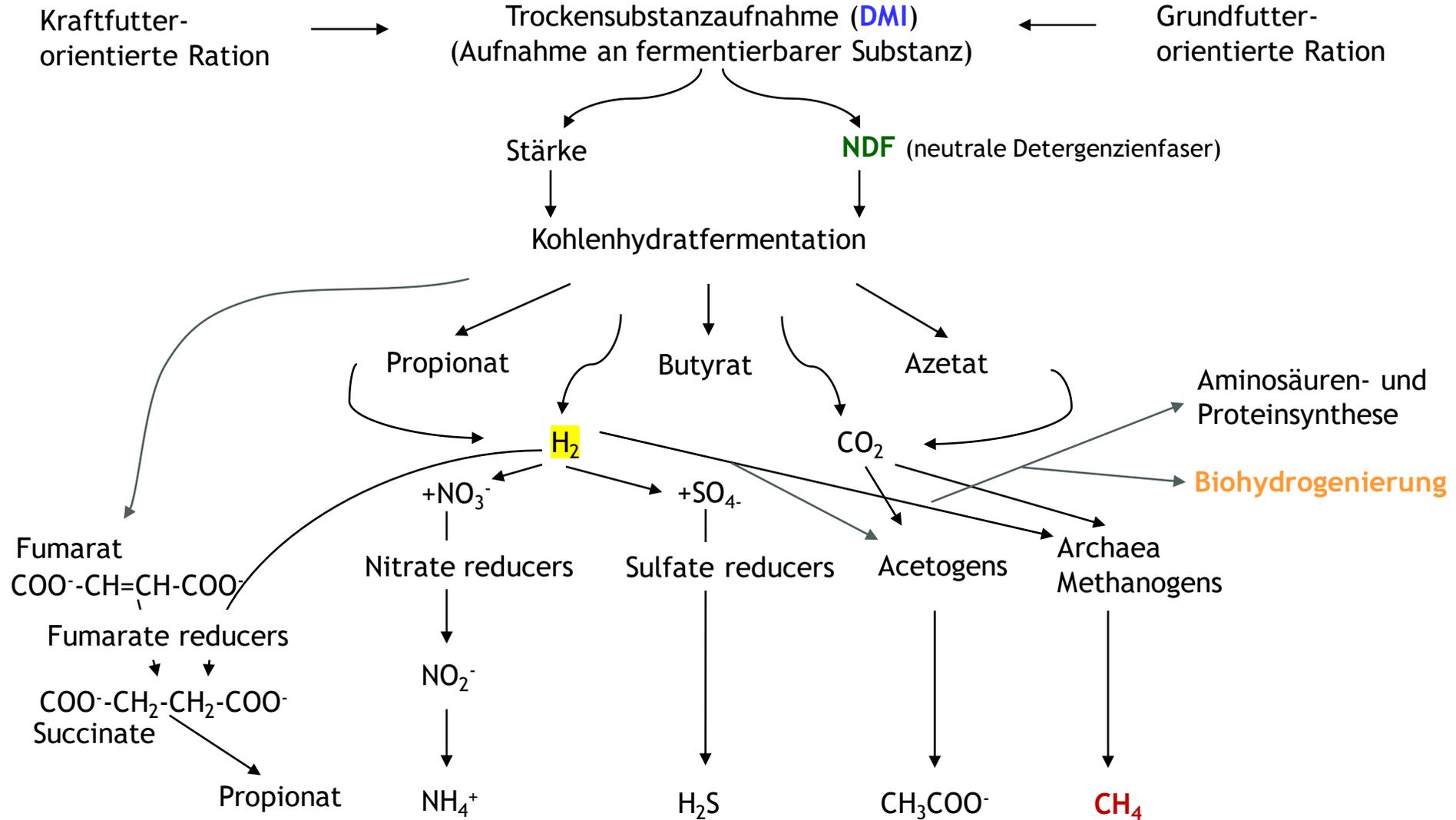
| Inhaltsstoffe | Einsatzkonflikte |
|---|---|
| Tannine (hydrolysierbare und kondensierte) | Wirkung von Tanninquelle abhängig Hohe Dosen: Faserverdauung ↓, Leistung ↓ |
| Saponine | Hohe Dosen: Tympanie und Toxizität durch Hämolyse ↑ |
| Ätherische Öle | Wirksame Dosierungen und chem. Verbindungen oft nicht bekannt |
| Biokohle | Wirkung inkonsistent |

Nach GfE (2023); erweitert



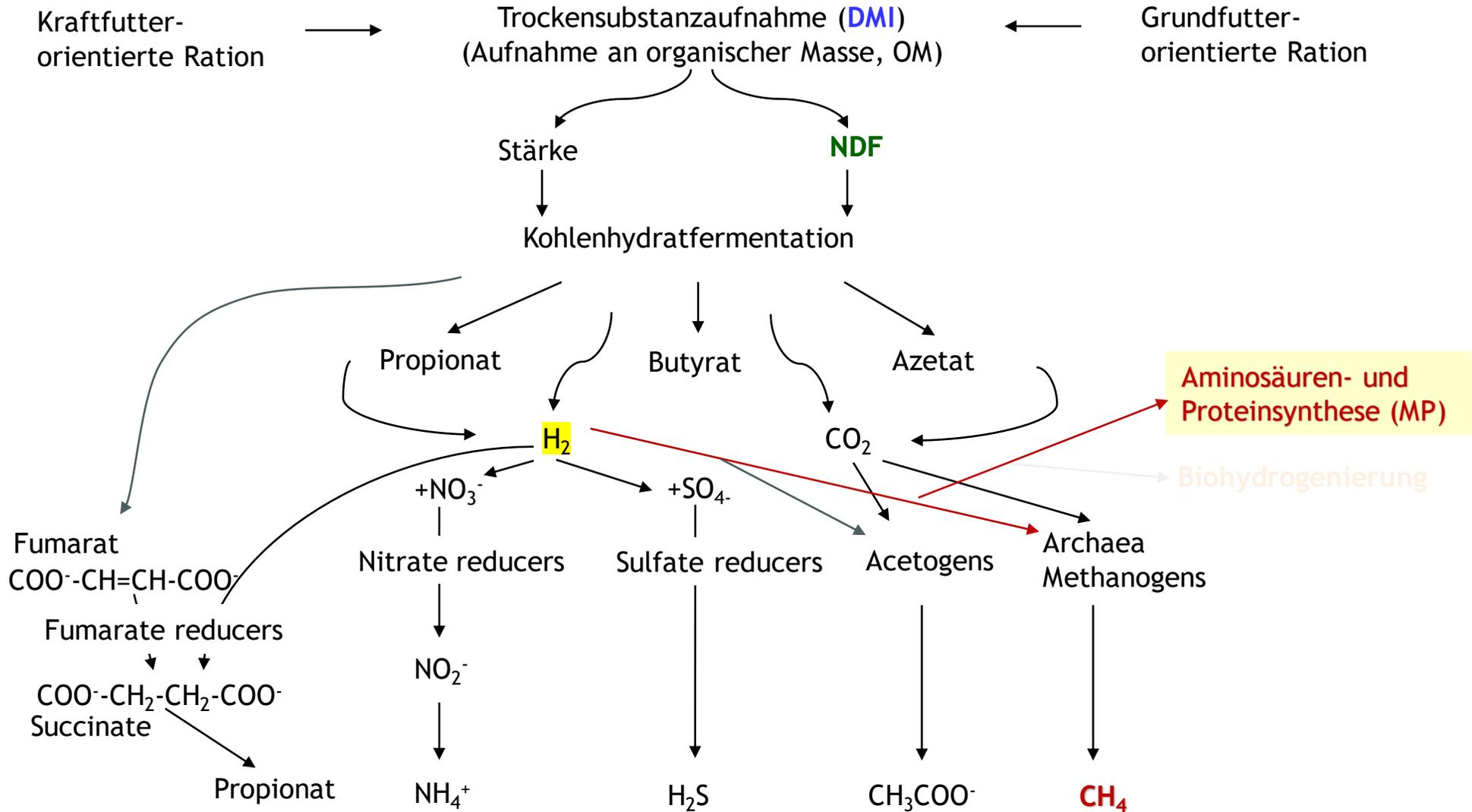
$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$

Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



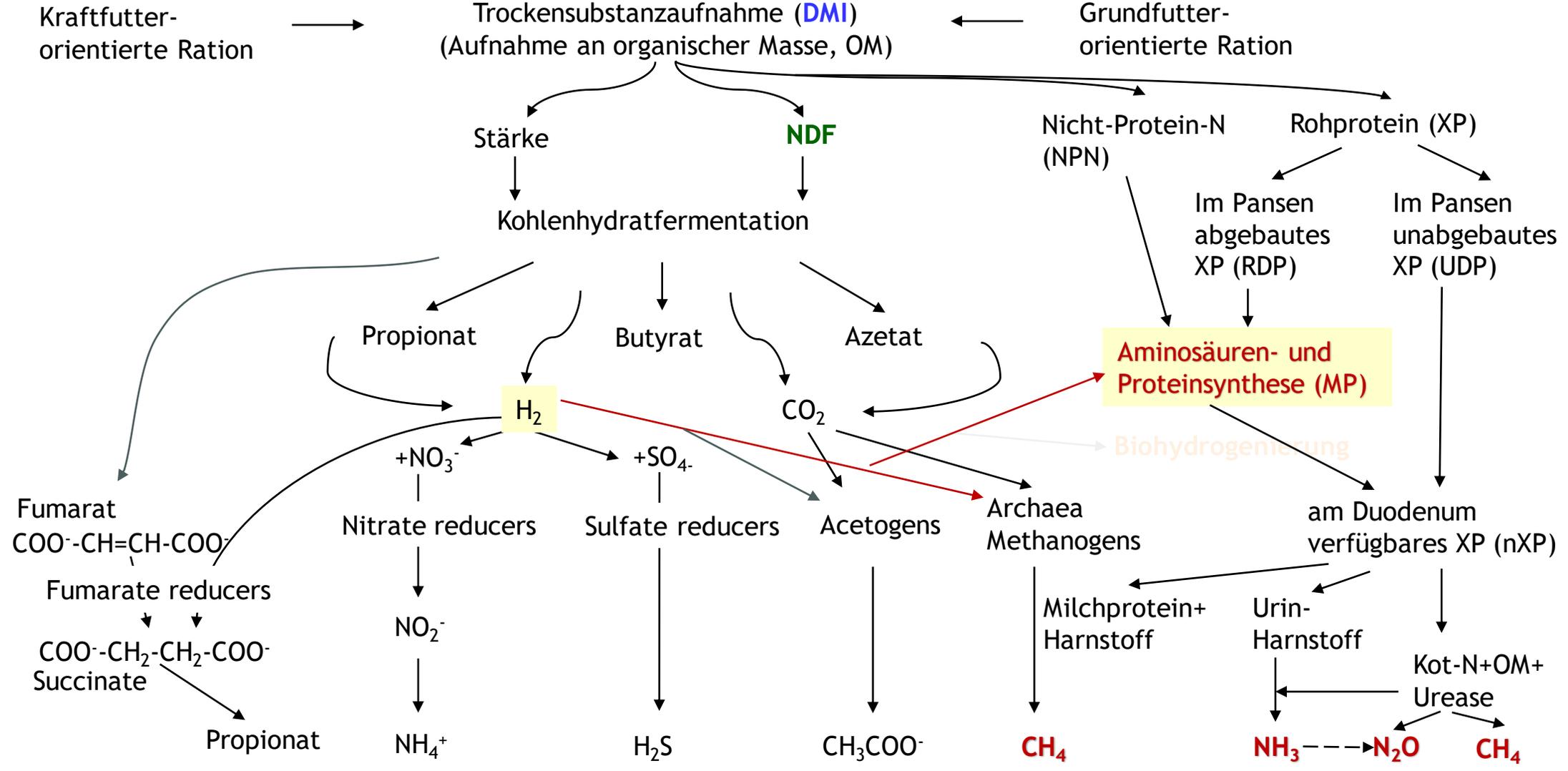
$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$

Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung und den N-Umsatz bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



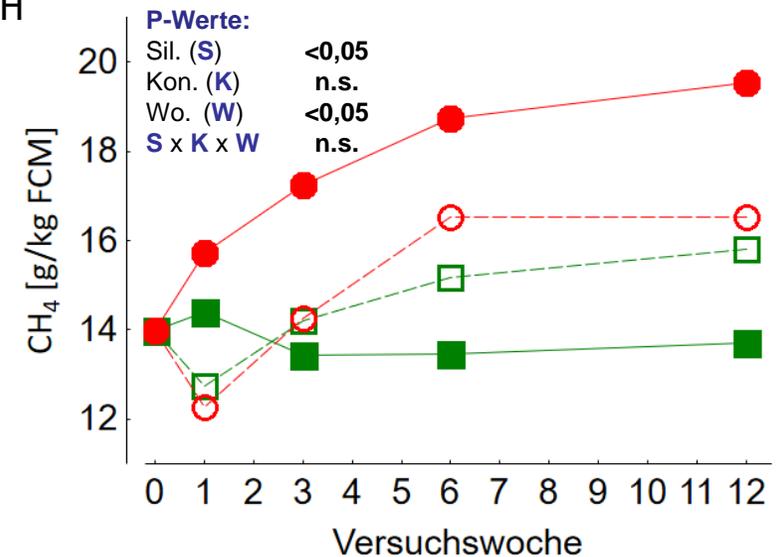
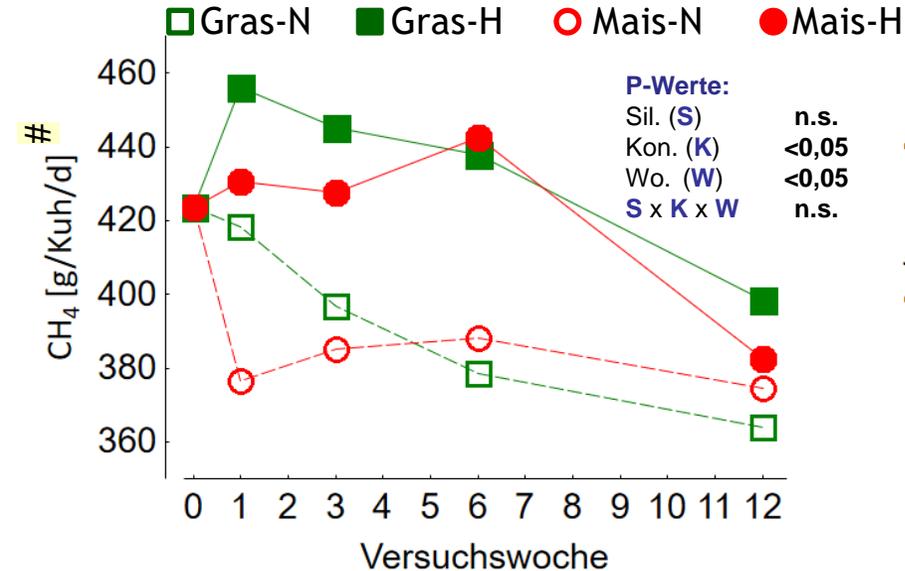
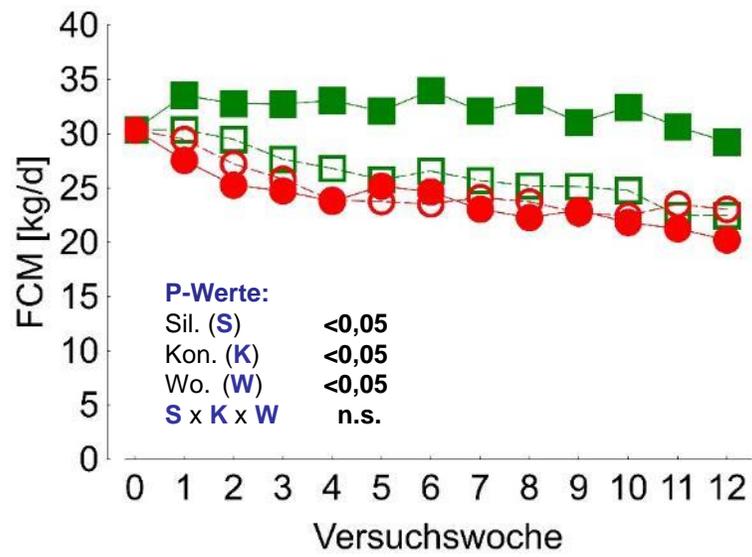
$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$

Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung und den N-Umsatz bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)

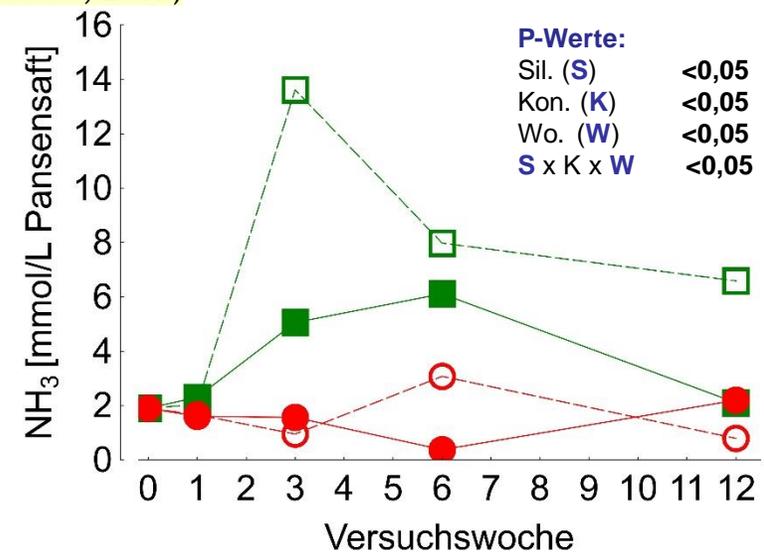
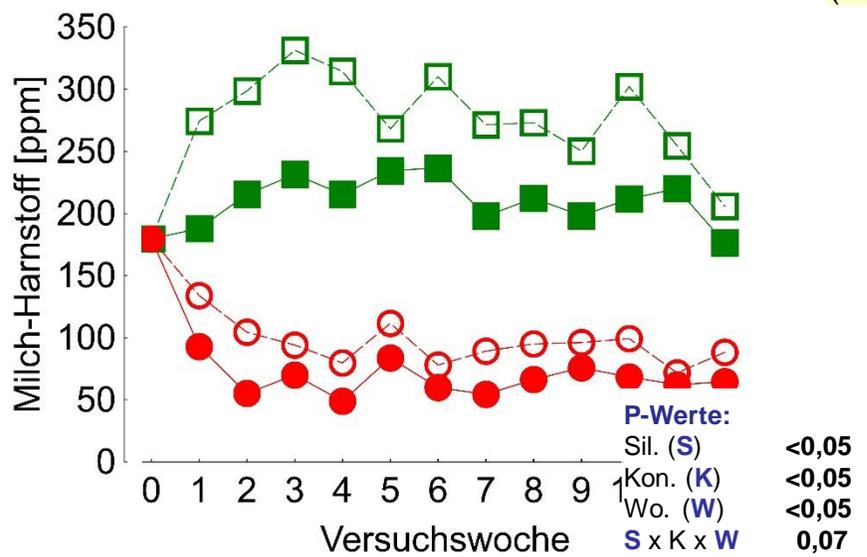


$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$

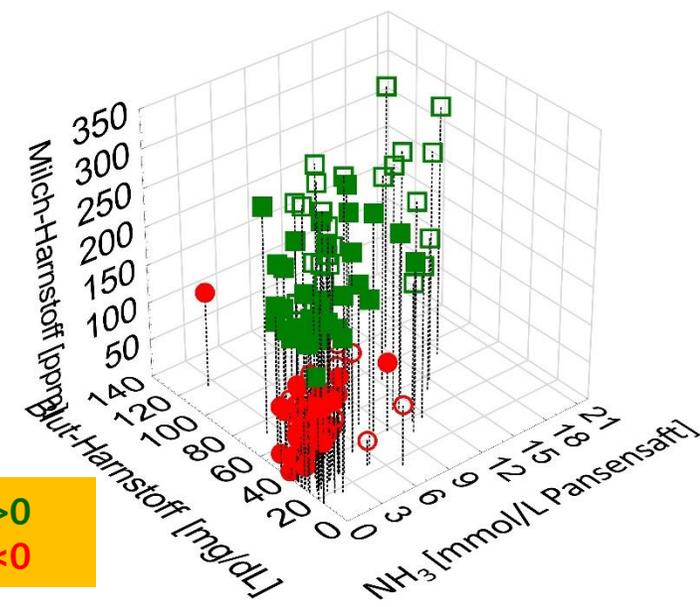
Geschätzte Methanemission und Proteinstoffwechsel bei Grassilage- oder Maissilage-basierter Fütterung (Dänicke et al., 2020)



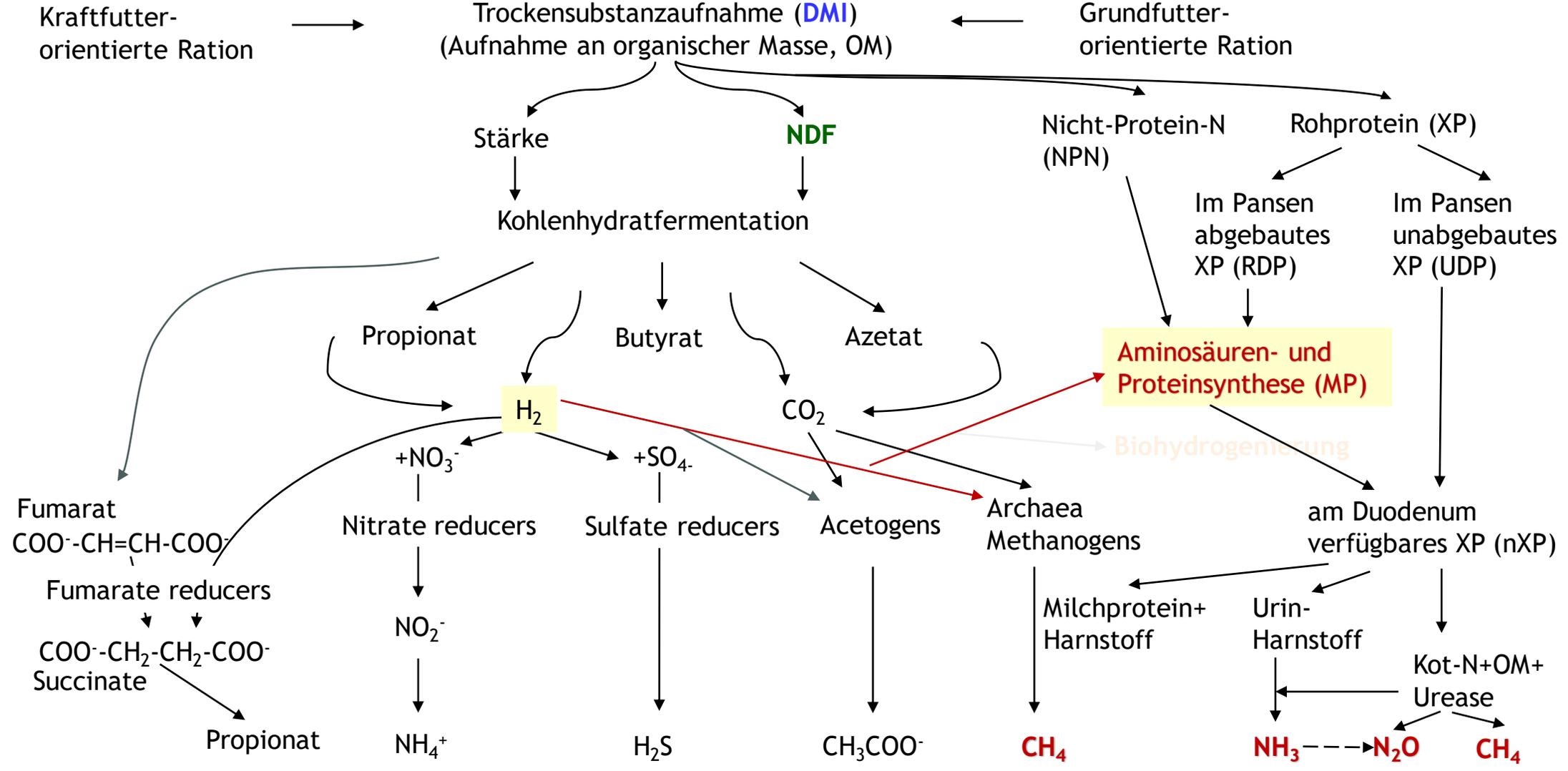
CH₄ [g/Kuh/d] = 33.2 + 13.6 · DMI [kg/d] + 2.43 · NDF [% der TM] (Niu et al., 2017)



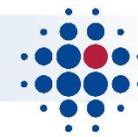
RNB > 0
RNB < 0



Vereinfachtes Schema zu wichtigen Einflüssen auf die ruminale Methanbildung und den N-Umsatz bei Kühen (nach Knapp et al., 2014; Morgavi et al., 2010, erweitert)



$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 76.0 + 13.5 \cdot \text{DMI (kg/d)} - 9.55 \cdot \text{EE (\%DM)} + 2.24 \cdot \text{NDF (\%DM)} \quad (\text{Niu et al., 2017})$$



Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen (= Anwendung nährstoffökonomischer Prinzipien) sowie zur praktischen Umsetzung von CH₄- und NH₃-Minderungs- und N-reduzierter Fütterungsverfahren

GfE

12

Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen



Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere



DLG-Merkblatt 491

Im Fokus: Methan bei der Milchkuh

Methanausweisung im Rahmen der Milchleistungs- bzw. Milchgüteprüfung und Nutzung als Benchmark



DLG-Merkblatt 417

Reduktion der Ammoniakemissionen in der Milchviehhaltung

Welche Minderungen sind durch angepasste Fütterung möglich?



DLG-Merkblatt 418

Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N-/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen



DLG-Merkblatt 457

Berücksichtigung N- und P-reduzierter Fütterungsverfahren bei den Nährstoffausscheidungen

von Masthühnern, Jung- und Legehennen



DLG-Merkblatt 444

Berücksichtigung N- und P-reduzierter Fütterungsverfahren bei den Nährstoffausscheidungen von Milchkühen





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!