

Untersuchungen zur Aktualisierung der Futterbewertung im Futtermittellabor Rosenau

Teil 3: Ergebnisse der Analysen mit dem erweiterten HFT und der CNCPS-Proteinbewertung von Wiesenfutter, Feldfutter und Maissilage

Investigations into updating the feed evaluation in feedstuff laboratory of Rosenau

Part 3: Results of analyses with the modified HFT and the CNCPS protein valuation of fodder and corn silage

Stefanie Gappmaier^{1*}, Leonhard Gruber^{1,2}, Thomas Guggenberger¹, Katharina Gassner-Speckmoser^{1,2}, Georg Terler¹, Anton Schauer¹ und Gerald Stögmüller³

Zusammenfassung

In der Wiederkäuerernährung ist, neben einer ausreichenden Strukturversorgung, auf eine leistungsgerechte Nährstoff- und Energieversorgung zu achten. Eine Über- bzw. Unterversorgung der Tiere führt im Weiteren zu Stoffwechselerkrankungen, Fruchtbarkeitsproblemen und Leistungseinbußen. Zudem belastet eine den Bedarf übersteigende Eiweißversorgung die Umwelt (z. B. Ammoniakemissionen). Um eine Über- bzw. Unterversorgung der Tiere zu verhindern, muss einerseits der Bedarf der Tiere berechnet werden und andererseits müssen die Inhaltsstoffe bzw. die ruminale Abbaudynamik der Futtermittel bekannt sein. Neben der klassischen Weender und Detergenzien-Analyse geben Methoden wie die CNCPS-Proteinfraktionierung und der erweiterte Hohenheimer Futterwerttest (erw. HFT) Auskunft über ruminale Abbauraten und Mikrobenprotein-Synthese-Leistungen. Die Ergebnisse des vorliegenden Versuches zeigten einen starken Einfluss der Konservierung (Grünfutter, Silage und Heu) auf den Anteil an NPN-Verbindungen (Fraktion „A“) und den Anteil an schnell-, mittel- und langsam abbaubarem Protein (Fraktion „B1“, „B2“ und „B3“). So erreichte die Konservierungsform „Silage“ den höchsten Anteil an NPN-Verbindungen (Fraktion „A“) und den niedrigsten Anteil an Fraktion „B3“ (54 vs. 32 und 22 % Fraktion „A“ bei Silage vs. Grünfutter und Heu).

Die Passagerate hatte einen starken Einfluss auf den UDP-Gehalt nach CNCPS. So stieg der Anteil des UDP von 13 auf 32 % an bei Passageraten von 2 bzw. 8 % h⁻¹ bei Grünfutter. Dies wirkte sich im Weiteren auf den Mikrobenprotein-Gehalt aus, wonach der Gehalt im Grünfutter von 113 auf 105 g/kg TM bei Passageraten von 2 bzw. 8 % h⁻¹ bei Grünfutter abnahm. Dieser Einfluss der Passagerate auf die Mikrobenprotein-Synthese spiegelte sich allerdings nicht in der nXP-Bestimmung nach dem erw. HFT wider. Die nXP-Gehalte nach dem erw. HFT blieben trotz steigender Passageraten annähernd konstant. Wie sich der steigende UDP-Anteil bei steigenden Passageraten auf die Protein-Nutzbarkeit im Duodenum auswirkt ist vor allem für Grundfuttermittel kritisch zu hinterfragen, da Teile des UDPs fasergebunden sind.

Schlagwörter: erweiterter Hohenheimer-Futterwerttest, CNCPS-Proteinfraktionierung, Mikroben-Protein-Gehalt, UDP-Anteil, Passageraten

Summary

In ruminant nutrition, in addition to an adequate supply of structure a performance-oriented supply of nutrients and energy is essential. An oversupply or undersupply of the animals leads to metabolic diseases, fertility problems and reduced performance. In addition, a protein supply that exceeds requirements pollutes the environment (e. g. ammonia emissions). In order to prevent over or undersupply of the animals, on the one hand the animals' requirements must be calculated and on the other hand the ingredients or the ruminal degradation dynamics of the feedstuffs must be known. Besides the classical Weender and detergent analysis, methods

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

² Universität für Bodenkultur, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor Mendelstraße 33, A-1180 Wien

³ LK Niederösterreich, Futtermittellabor Rosenau, Gewerbestraße 3, A-3250 Wieselburg-Land

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Stefanie Gappmaier, email: stefanie.gappmaier@raumberg-gumpenstein.at

like CNCPS protein fractionation and modified Hohenheim gas test (mod. HFT) give information about ruminal degradation rates and microbial protein synthesis.

The results of this experiment showed a strong influence of conservation method (fresh grass, silage and hay) on the percentage of NPN compounds (fraction „A“) and the percentage of fast, medium and slow degradable protein (fraction „B1“, „B2“ and „B3“). Thus, the conservation method „silage“ achieved the highest proportion of NPN compounds (fraction „A“) and the lowest proportion of fraction „B3“ (54 vs. 32 and 22% fraction „A“ in silage vs. fresh forage and hay, respectively).

Passage rate showed a strong influence on UDP content according to CNCPS. Thus, the fraction of UDP increased from 13 to 32% at passage rates of 2 and 8% h⁻¹ for green forage, respectively. This further affected the microbial protein content, after which the content decreased from 113 to 105 g/kg DM at passage rates of 2 and 8% h⁻¹ for fresh forage, respectively. However, this effect of passage rate on microbial protein synthesis was not reflected in the nXP determination of mod. HFT. The nXP content (mod. HFT) remained approximately constant despite increasing passage rates. The effect of increasing UDP content at increasing passage rates on protein usability in the duodenum is critical, especially for forage, because parts of the UDP are fiber-bound.

Keywords: modified Hohenheim gas test, CNCPS protein evaluation, microbial protein content, UDP content, passage rate

1. Einleitung

Für eine wiederkäuergerechte Ernährung braucht es, neben einer ausreichenden Strukturversorgung, eine dem Leistungsbedarf angepasste Nährstoff- und Energieversorgung (KIRCHGEßNER et al. 2014). Um dies zu gewährleisten muss einerseits der Bedarf der Tiere bekannt sein und andererseits müssen die Nährstoff- und Energiegehalte des Futters vorliegen (VAN SOEST 1994, GfE 2001).

Eine Überversorgung mit Energie und Nährstoffen führt zur Verfettung der Tiere und im Weiteren zu Stoffwechselerkrankungen. Zudem belastet eine dem Bedarf übersteigende Eiweißversorgung das Fruchtbarkeitsgeschehen sowie die Umwelt (z. B. Ammoniakemissionen). Dem Gegenüber führt eine Nährstoff- und Energieunterversorgung zu Leistungseinbußen und ebenfalls zu Stoffwechselstörungen (z. B. Ketose).

1.1 Einfluss der Abbaudynamik von Protein und Energie auf die Pansen-Synchronisation

Hinzu kommt, dass neben der angepassten Nährstoff- und Energieversorgung (ruminale Stickstoffbilanz – RNB) auch der zeitliche Einfluss der Protein- und Energieverfügbarkeit im Pansen eine Rolle spielt. Damit die Mikroben im Pansen effizient arbeiten, braucht es zu jeder Zeit ein ausgewogenes Verhältnis von abbaubaren Protein- und Energiequellen. Man spricht dabei von „Pansen-Synchronisation“ (BLANK et al. 1998, LfL 2017). Um dies in der Fütterung zu berücksichtigen, braucht es Informationen zur ruminalen Abbaurate und Abbaubarkeit der Proteine und der Energie der einzelnen Futtermittel. Als Goldstandard für diese Art der Futtermitteluntersuchung ist hier die *in situ*-Methode anzusehen (ORSKOV et al. 1980). Zudem gibt es auch ein rein chemisches Verfahren, welches Abbaucharakteristiken von Futtermitteln bestimmt. Dieses Cornell Net Carbohydrate and Protein System – CNCPS – teilt Kohlenhydrate und Proteine nach ihrer Abbaugeschwindigkeit in 5 Fraktionen ein – von sofort löslich bis unlöslich (SNIFFEN et al. 1992).

1.2 Einfluss der Passagerate auf die mikrobielle Protein-Synthese

Diese Information über die Abbaudynamik des Proteins nach CNCPS ermöglicht weiters eine futtermittelspezifische Abschätzung des Anteils an ruminal unabgebautem Protein (UDP) am Rohprotein (XP), sowie eine Berücksichtigung des Effekts unterschiedlicher Passageraten auf den Anteil an UDP (SNIFFEN et al. 1992). Steigt nämlich die Passagerate an, nimmt der Anteil an UDP zu und der Anteil an Mikrobenprotein nimmt ab (*Abbildung 1*). Dementsprechend ändert sich der Gehalt an „effektiv nutzbarem Rohprotein“ je nach Passagerate (STEINGASS und SÜDEKUM 2013).

Durch passagerate-abhängige UDP-Gehalte aus der CNCPS-Proteinfractionierung lässt sich der dynamische Prozess zwischen Passagerate und Mikrobenproteinsynthese in das bisherige Protein-Bewertungssystem nach ROHR et al. (1986) und GfE (2001) integrieren.

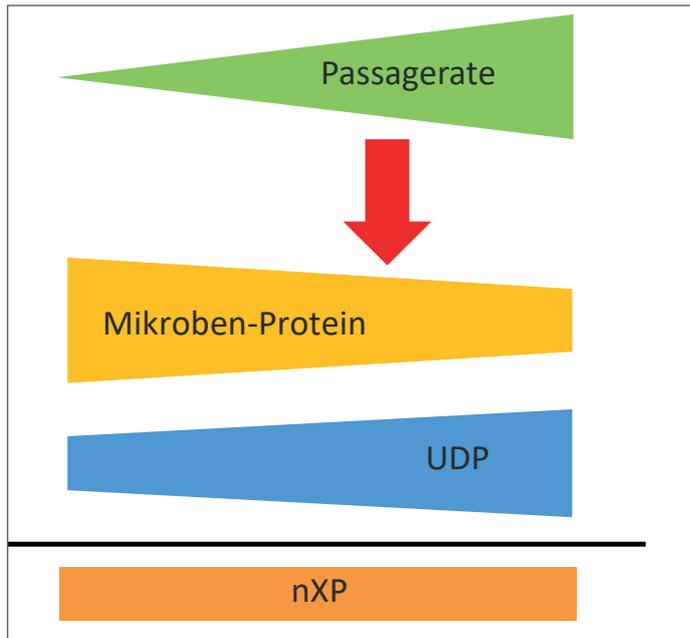


Abbildung 1: Einfluss der Passagerate auf den Anteil an Mikrogen-Protein und UDP

Die *in vitro*-Methode des erweiterten Hohenheimer Futterwerttests (erw. HFT) verfolgt ebenfalls das Ziel einer dynamischen nXP-Bewertung (STEINGASS und SÜDEKUM 2013). Mit Hilfe des erw. HFT lassen sich ebenfalls nXP-Gehalte für unterschiedliche Passageraten berechnen.

Neben der herkömmlichen Weender und Detergenzien-Analyse ermöglichen zusätzliche Untersuchungen – wie das CNCPS und der erw. HFT – einen noch tieferen Einblick in die Futtermittel-Zusammensetzung und geben darüber hinaus Auskunft über die Abbaudynamik einzelner Futtermittel. Dieses zusätzliche Wissen bringt einerseits finanzielle Vorteile durch eine effiziente Rationsgestaltung und andererseits Vorteile für Tiergesundheit und Umwelt.

2. Material und Methoden

In einem mehrjährigen Projekt der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in Kooperation mit dem Futtermittellabor Rosenau und den Fütterungsreferenten der österreichischen Landwirtschaftskammern wurden 944 Grundfuttermittel-Proben (Wiesenfutter, Feldfutter und Silomais in Form von Frischfutter, Silage und Heu) gesammelt und hinsichtlich der Futtermittel-Inhaltsstoffe untersucht. Neben der Weender und Detergenzien-Analyse nach VDLUFA (1997) und einer WEIßBACH und KUHLA (1995)-Korrektur durchliefen die Futtermittelproben eine CNCPS-Protein-Fraktionierung nach SNIFFEN et al. (1992) sowie eine *in vitro*-Untersuchung zur nXP-Bewertung (erw. HFT nach STEINGASS und SÜDEKUM 2013) (Tabelle 1).

Tabelle 1: Verteilung der 944 Futtermittelproben nach Botanischer Gruppe (Wiesenfutter, Feldfutter, Silomais), Konservierungsform (Grünfutter, Silage und Heu), Aufwuchs (1 – 1. Aufwuchs, 2 – 2. und Folgeaufwüchse) und durchgeführter Analyse (Weender und Detergenzien-Analyse, CNCPS, erw. HFT)

	Konservierung	Aufwuchs	Weender- und Detergenzien-Analyse	CNCPS	erw. HFT
Wiesenfutter	Grünfutter	1	109	49	65
		2	68	32	39
	Silage	1	187	166	70
		2	126	109	66
	Heu	1	151	86	130
		2	159	90	140
Feldfutter	Grünfutter	1	19	7	11
		2	8	1	2
	Silage	1	19	11	14
Silomais	Silage	1	98	81	68
			944	632	605

Die Protein-Fraktionierung nach CNCPS (SNIFFEN et al. 1992) unterteilt das Rohprotein (XP) in Nicht-Protein-Stickstoff-Verbindungen (NPN; Fraktion „A“), echtes Protein (Fraktion „B“) und unabbaubaren Stickstoff (Fraktion „C“). Zudem wird das echte Protein noch hinsichtlich seiner ruminalen Abbaugeschwindigkeit in „schnell-“, „mittel-“ und „langsam-“ abbaubares Protein unterteilt (Fraktion „B1“, „B2“ und „B3“; *Abbildung 2*). Die Ergebnisse der CNCPS-Untersuchung dienen weiters zur Berechnung des UDP-Gehaltes nach SNIFFEN et al. (1992) und im Weiteren zur Berechnung des Mikroben-Protein- und nXP-Gehaltes (GfE 2001) bei Passageraten von 2, 5 und 8 % h⁻¹.

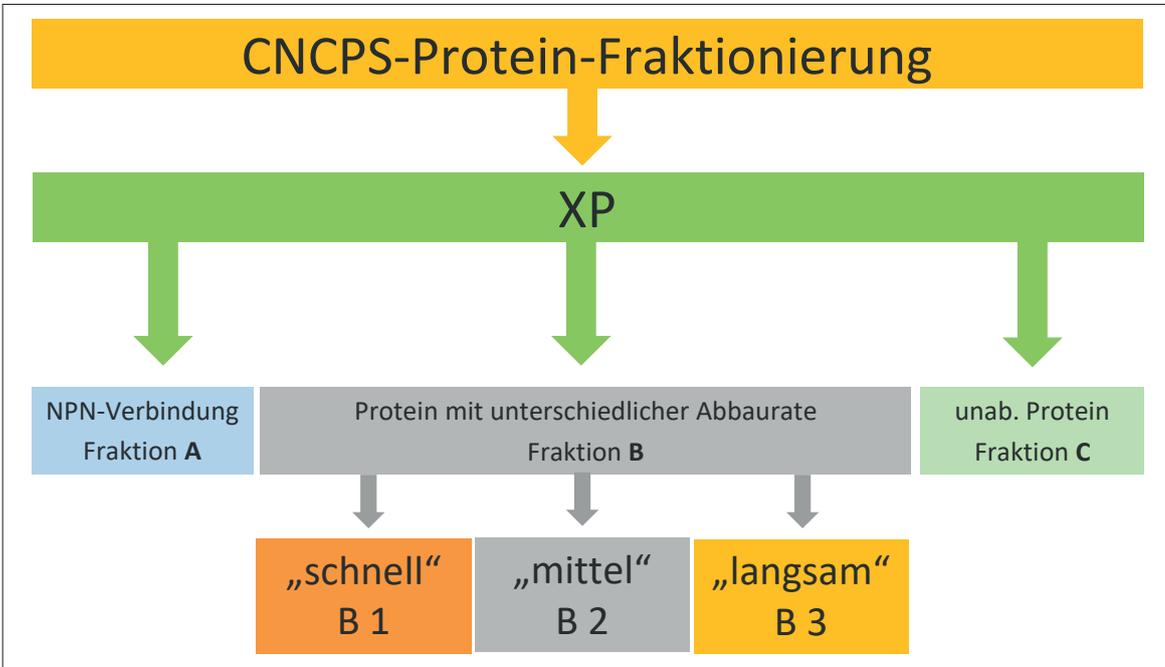


Abbildung 2: Schematische Darstellung der CNCPS-Protein-Fraktionierung. Dabei wird das Rohprotein in weitere 5 Fraktionen unterteilt – Fraktion „A“, „B1“, „B2“, „B3“ und „C“

Die *in vitro*-Futtermittel-Untersuchung des erw. HFT nach STEINGASS und SÜDEKUM (2013) bestimmt den mikrobiellen Proteinabbau zu NH₄-Stickstoff von Futtermittelproben nach 8 bzw. 48 h. Dabei wird Pansensaft (Blindwert) bzw. ein Gemisch aus Pansensaft und Futtermittel (Probe) in Kolbenproben bei 38 °C in einem Wärmeschrank bebrütet. Nach 8 bzw. 48 h werden einzelne Kolbenproben aus dem Schrank entnommen, auf Eis gelegt und anschließend einer NH₄-N-Analyse unterzogen. Anhand des NH₄-N-Gehaltes des Blindwertes und der Probe sowie dem Gesamtstickstoffgehalt der Futtermittelproben wird der nXP-Gehalt – bestehend aus Mikrobenprotein und UDP – bei unterschiedlichen Passageraten berechnet (*Abbildung 3*).

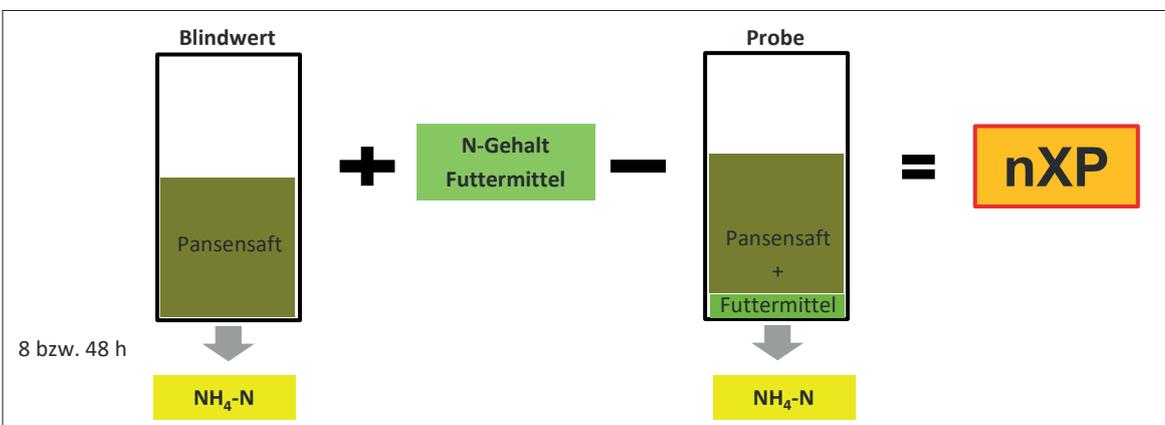


Abbildung 3: Schematische Darstellung der *in vitro*-Methode erw. HFT nach STEINGASS und SÜDEKUM (2013)

Der Energiegehalt wurde mit Hilfe der Rohnährstoffe berechnet. Des Weiteren erfolgte die Energiebewertung auch auf Basis der *in vitro*-Methode „ELOS“ (enzymlösliche Organische-Substanz nach VDLUFA 1997) und HFT (STEINGASS und MENKE 1986), wobei die Schätzggleichung der GfE (2008) angewendet wurde. In der vorliegenden Arbeit wird ausschließlich auf Aspekte des Proteins eingegangen. Die Ergebnisse zur Energiebewertung sind bei GRUBER et al. (2022) dargestellt.

Die Auswertung der vorliegenden Daten erfolgte mit Hilfe eines Allgemeinen Linearen Modelles (GLM) im Statistikprogramm StatGraphics. Um den Einfluss der botanischen Gruppe (Wiesenfutter vs. Feldfutter vs. Silomais) auf die Futtermittelinhaltsstoffe zu erheben, wurden die fixen Effekte „Botanische-Gruppe“ und „Konservierung“ verwendet. In einem Weiteren GLM wurde der Einfluss der Konservierung (Grünfutter vs. Silage vs. Heu) und des Aufwuchses (1. vs. ≥ 2 . Aufwuchs) von Wiesenfutter untersucht. Neben den fixen Effekten „Konservierung“ und „Aufwuchs“ wurde auch die Wechselwirkung „Konservierung \times Aufwuchs“ berücksichtigt. Die Ergebnisse werden im Weiteren als Least-Square-Means (LSMeans) dargestellt. Die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt bei 5 % und ist durch unterschiedliche Hochbuchstaben gekennzeichnet.

3. Ergebnisse

3.1 Einfluss der botanischen Gruppe, der Konservierung und des Aufwuchses auf den XP-Gehalt und die CNCPS-Fraktionen

Die Ergebnisse zum Einfluss von botanischer Gruppe, Konservierung und Aufwuchs auf XP-Gehalt und die CNCPS-Proteinfraktionen sind in *Abbildung 5* dargestellt.

Der XP-Gehalt zeigte zwischen den botanischen Gruppen – Wiesenfutter, Feldfutter und Silomais – signifikante Unterschiede. Demnach wurde der höchste XP-Gehalt bei Feldfutter (168 vs. 145 bzw. 66 g/kg TM bei Wiesenfutter bzw. Silomais) bestimmt. Hinsichtlich der sofort löslichen N-Verbindungen (Fraktion A) zeigte sich zwischen den botanischen Gruppen kein Unterschied.

Die Konservierung hatte einen signifikanten Einfluss auf den XP-Gehalt sowie auf die Proteinfraktionen bei Wiesenfutter. Die Konservierungsform „Heu“ hatte mit 131 g XP/kg TM den niedrigsten Proteingehalt (156 bzw. 152 g XP/kg TM bei Grünfutter bzw. Silage). Die Silage zeigte den signifikant höchsten Anteil an Fraktion A und gleichzeitig die geringsten Anteile an potentiell abbaubarem Protein (Fraktionen B1, B2 und B3) und unabbaubarem Protein (Fraktion C). Der erste Aufwuchs des Wiesenfutters hatte signifikant niedrigere XP-Gehalte im Vergleich zu dem ≥ 2 . Aufwuchs (137 g vs. 156 g XP/kg TM). Allerdings waren die leicht löslichen Fraktionen A und B1 im ersten Aufwuchs signifikant höher als in den Folgeaufwüchsen (39 % vs. 33 % Fraktion A).

3.2 Einfluss der Konservierung auf den nXP-Gehalt, den UDP-Anteil und die Mikrobenprotein-Synthese bei unterschiedlichen Passageraten

Der nXP-Gehalt bei unterschiedlicher Passagerate wurde mit dem erw. HFT erhoben und ist in *Abbildung 6* dargestellt. Der UDP-Anteil wurde anhand der Ergebnisse aus der CNCPS-Fraktionierung errechnet und ist ebenfalls für die Passageraten 8, 5 und 2 % h⁻¹ dargestellt. Diese UDP-Gehalte wurden im Weiteren zur Berechnung der Mikroben-Proteinsynthese verwendet und sind ebenfalls in *Abbildung 6* dargestellt. Die strichlierten Linien in *Abbildung 6* dienen als Referenzwerte (UDP-Gehalte in DLG 1997 und MP nach GfE 2001).

Die Ergebnisse dieses Versuches zeigen, dass der Einfluss der Passagerate auf den nXP-Gehalt nach erw. HFT sehr gering ist (z.B. Grünfutter: 171, 169 und 167 g nXP/kg TM bei Passageraten von 8, 5 und 2 % h⁻¹). Anhand des berechneten UDP-Gehaltes nach der CNCPS-Fraktionierung wurde allerdings ein starker Einfluss der Passagerate festgestellt. Dies führte bei Grünfutter zu einem Anstieg des UDP-Gehaltes von 13 auf 32 % bei Passageraten von 2 bzw. 8 % h⁻¹. Dieser Anstieg des UDP-Gehaltes wirkte sich im Weiteren auch auf die Mikrobenprotein-Synthese aus. So nahm der Mikrobenprotein-Gehalt bei Grünfutter mit steigender Passagerate von 113 auf 105 g/kg TM ab.

4. Diskussion

4.1 Einfluss der Konservierung auf den nXP-Gehalt, den UDP-Anteil und die Mikrobenprotein-Synthese bei unterschiedlichen Passageraten

Die Konservierung übte bei Wiesenfutter einen starken Einfluss auf die Proteinfractionen nach CNCPS aus. So zeigte die Konservierungsform „Silage“ den signifikant höchsten Anteil an sofort löslichem Stickstoff (54 vs. 32 bzw. 22 % Fraktion A bei Silage vs. Grünfutter bzw. Heu). Unmittelbar nach der Mahd kommt es zum Abbau von Protein zu NPN-Verbindungen. Diese sogenannte mikrobielle Proteolyse wird im Zuge des Silage-Prozesses weitergeführt und hat somit einen Anstieg von Nicht-Protein-Stickstoff-Verbindungen (NPN-Verbindungen) zur Folge (HOEDTKE et al. 2010). Durch ein rasches Absenken des pH-Wertes im Zuge des Silage-Prozesses wird die Proteolyse unterbrochen. Somit ist ein rascher pH-Wert Rückgang in der Silage auch für die Proteinqualität von großer Bedeutung. Ein tiefer pH-Wert in der Silage verringert zudem die Gefahr von gasförmigen Stickstoffverlusten ($\text{NH}_3\text{-H}$) beim Öffnen der Futtermittelvorräte (WEIßBACH und KUHLA 1995).

Des Weiteren zeigen die Ergebnisse des vorliegenden Versuches den signifikant niedrigsten Anteil an Fraktion B in der Konservierungsform Silage. Dies verdeutlicht ebenfalls den Abbau von echtem Protein zu NPN-Verbindungen. Zudem beschrieben DEWAR et al. (1963) im Zuge des Silage-Prozesses einen Abbau der Hemizellulose. Dadurch wird das Hemizellulose-gebundene Protein ebenfalls für den mikrobiellen Abbau verfügbar, was sich in den vorliegenden Ergebnissen in sinkenden B3-Anteilen (Hemizellulose-gebundenes Protein) niederschlägt.

Ein weiterer unerwünschter mikrobieller Abbau von Aminosäuren zu Ammoniak und biogenen Aminen wird Desmolyse genannt (HOEDTKE et al. 2010). Indiziert wird dieser Prozess beispielsweise durch Clostridien. Anhand der CNCPS-Fraktionierung kann allerdings nicht zwischen Proteolyse und Desmolyse unterschieden werden.

Auf Grund von Bröckelverlusten bei der Heuwerbung (KIENDLER et al. 2019) ergeben sich nicht nur signifikant niedrigere XP-Gehalte, auch der Anteil an Fraktion A ist signifikant niedriger im Vergleich zu Grünfutter und Silage.

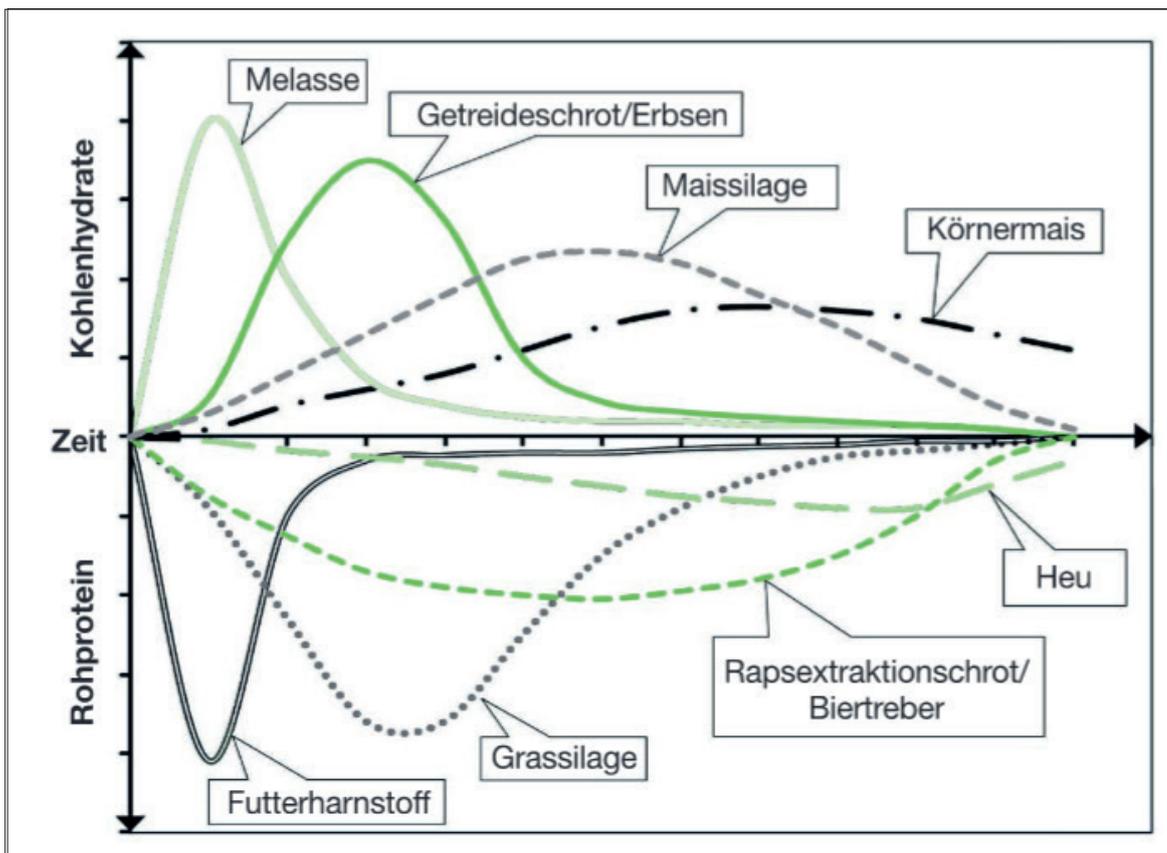


Abbildung 4: Ruminale Abbaugeschwindigkeit von Kohlenhydrat- bzw. Eiweißfuttermitteln nach LfL 2018

Die Informationen aus den CNCPS-Proteinfractionen geben demnach Auskunft über die Qualität der Konservierung und im Weiteren bringen diese zusätzlichen Informationen über die ruminale Abbaugeschwindigkeit einzelner Futtermittel Vorteile in der Rationsgestaltung. Damit die Mikroben im Pansen effizient arbeiten, braucht es einerseits eine ausgeglichene ruminale Stickstoffbilanz (RNB) und andererseits eine zeitliche Koordination der Abbauraten unterschiedlicher Futtermittel im Pansen. Ziel ist es, eine kontinuierliche Versorgung mit abbaubarem Protein und Energie für die Mikrobenprotein-Synthese im richtigen Verhältnis sicherzustellen (GfE 2001). Man spricht dabei von der Pansen-Synchronisation (BLANK et al. 1998, LfL 2017). Demnach empfiehlt sich Kohlenhydrat- und Eiweißfuttermittel in der Ration so zu kombinieren, dass beispielsweise einer Grassilage mit hohem Anteil an Protein-Fraktion A eine rasch-abbaubare Kohlenhydrat-Komponente gegenübersteht. Dies führt zu einer effizienten Nutzung des Proteins und reduziert so Stickstoffverluste (Abbildung 4).

4.2 Einfluss der Konservierung auf den nXP-Gehalt, den UDP-Anteil und die Mikrobenprotein-Synthese bei unterschiedlichen Passageraten

Die Ergebnisse dieses Versuches zeigen einen starken Einfluss der Passagerate auf den UDP-Gehalt von Wiesenfutter der CNCPS-Fraktionierung. Im Weiteren beeinflussten diese Passagerate-abhängigen UDP-Anteile auch den Gehalt an Mikrobenprotein. Steigt der Anteil an UDP, nimmt der Gehalt an abbaubarem XP für die ruminale Mikrobenprotein-Synthese ab (Formel „9“ nach GfE 2001). Dadurch reduziert sich der Gehalt des Mikrobenproteins von 113 g/kg TM auf 105 g/kg TM bei Zunahme der Passagerate von 2 auf 8 % bei Grünfutter und Silage.

Dem gegenüber wirkte sich die Passagerate nur bedingt auf den nXP-Gehalt nach erw. HFT aus. Ebenso wie bei der Protein-Bewertung nach GfE (2001) setzt sich das nXP nach erw. HFT aus dem Mikrobenprotein und dem UDP zusammen. Eine Differenzierung dieser Komponenten anhand des erw. HFT ist nur rechnerisch möglich. Zudem muss kritisch hinterfragt werden, wie viel Protein aus dem UDP am Duodenum tatsächlich für das Tier „nutzbar“ ist, da gerade bei Grundfutter ein beträchtlicher Teil des UDPs fasergebunden ist (SNIFFEN et al. 1992). Vor allem die Fraktion C kann als unverwertbar angesehen werden. Zwar wird bei der Berechnung des nXP-Bedarfs am Duodenum die intermediäre Verwertung der absorbierten Aminosäuren (AS), die Absorbierbarkeit des AS-N sowie der Anteil des AS-N am Nicht-AS-N berücksichtigt, nicht aber die tatsächliche bzw. effektive „Nutzbarkeit“ des UDPs. Eine Miteinbeziehung unterschiedlicher Passageraten in die Protein-Bewertung erscheint gerade für Grundfuttermittel interessant, um den Wert des UDPs für das Tier gerade bei steigenden Passageraten nicht zu überschätzen.

5. Literatur

BLANK, R., K.-H. SÜDEKUM, I. IMMIG und J. KLEINMANS, 1998: Synchroner Abbau von Kohlenhydraten und Rohprotein in den Vormägen – eine neue Variable für die Rationsgestaltung? Übers. Tierernährg. 26, 157-188.

DEWAR, W.A., P. McDONALD und R. WHITTENBURY, 1963: The hydrolysis of grass hemicelluloses during ensilage. J. Sci. Food and Agric. 14, 411-417.

DLG 1997: DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer. 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 212 S.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder., DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 135 S.

GRUBER, L., T. GUGGENBERGER, S. GAPPMAIER, G. TERLER, A. SCHAUER und J. WÖBER, 2022: Untersuchungen zur Aktualisierung der Futterbewertung im Futtermittellabor Rosenau. Teil 2a: Ergebnisse zur Verdaulichkeit und Energiebewertung von Wiesenfutter auf Basis einer Meta-Analyse spezifischer Verdauungsversuche an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. 49. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 107-142.

HOEDTKE, S., M. GABEL und A. ZEYNER, 2010: Der Proteinabbau im Futter während der Silierung und Veränderungen der Zusammensetzung der Rohproteinfraktion. Übers. Tierernährg. 38, 157-179.

KIENDLER, S., L. GRUBER, G. TERLER, M. VELIK, D. EINGANG, A. SCHAUER und M. ROYER, 2019: Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Futterwert, Futteraufnahme und Milchleistung. 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 97-109.

KIRCHGEßNER, M., G. STANGL, F. SCHWARZ, F. ROTH, K.-H. SÜDEKUM und K. EDER, 2014: Tierernährung, DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main.

KIRCHHOF, S., 2007: Kinetik des ruminalen *in situ*-Nährstoffabbaus von Grünlandaufwüchsen des Alpenraumes unterschiedlicher Vegetationsstadien sowie von Maissilagen und Heu – Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der Rationsgestaltung für Milchkühe. Christian-Albrechts Universität Kiel.

LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft), 2017: Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen. 42. Auflage, LfL, Poing, 100 S.

ORSKOV, E.R., F.D.D.B. HOVELL und F. MOULD, 1980: The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. Trop. Anim. Prod. 5, 195-213.

ROHR, K., P. LEBZIEN, H. SCHAFFT und E. SCHULZ, 1986: Prediction of duodenal flow of non-ammonia nitrogen and amino acid nitrogen in dairy cows. Livest. Prod. Sci. 14, 29-40.

SNIFFEN, C.J., J.D. O'CONNOR, P.J. VAN SOEST, D.G. FOX und J.B. RUSSELL, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. J. Anim. Sci. 70, 3562-3577.

STEINGASS, H. und K. MENKE, 1986: Schätzung des energetischen Futterwerts aus der *in vitro* mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. I. Untersuchung zur Methode. Übersichten Tierernährung 14, 251-270.

STEINGASS, H. und K. SÜDEKUM, 2013: Proteinbewertung beim Wiederkäuer – Grundlagen, analytische Entwicklungen und Perspektiven. Übersichten Tierernährung 41, 51-73.

VAN SOEST, P.J., 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd edition, Cornell University Press, Ithaca and London, 476 S.

VDLUFA, 1997: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. Ergänzungsblätter 1976, 1983, 1988, 1993. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

WEIßBACH, F. und S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfutter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übersichten Tierernährung 23, 189-214.

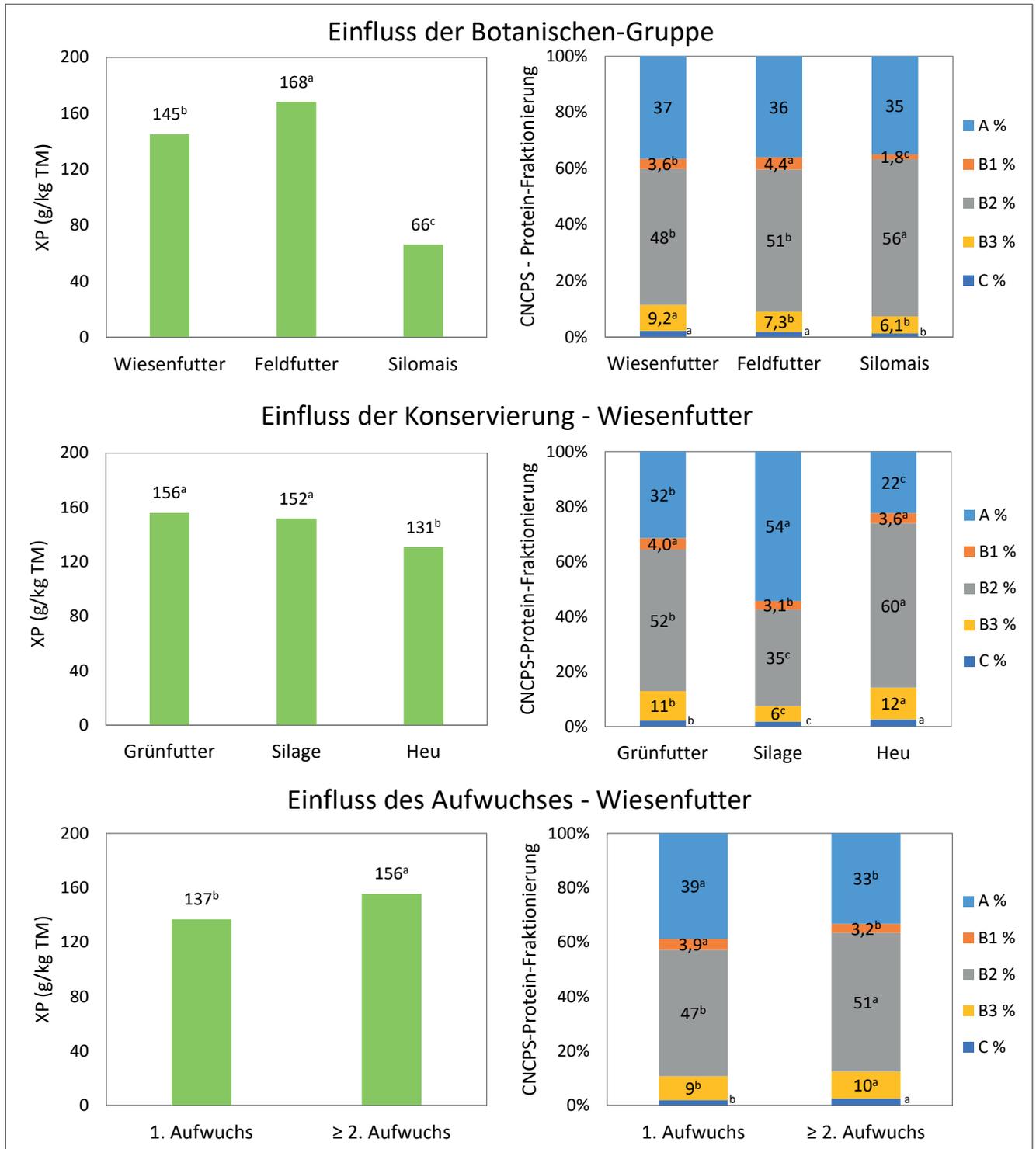


Abbildung 5: Einfluss der botanischen Gruppe, sowie der Einfluss von Konservierung und Aufwuchs bei Wiesenfutter auf den XP-Gehalt und die CNCPS-Proteinfractionierung

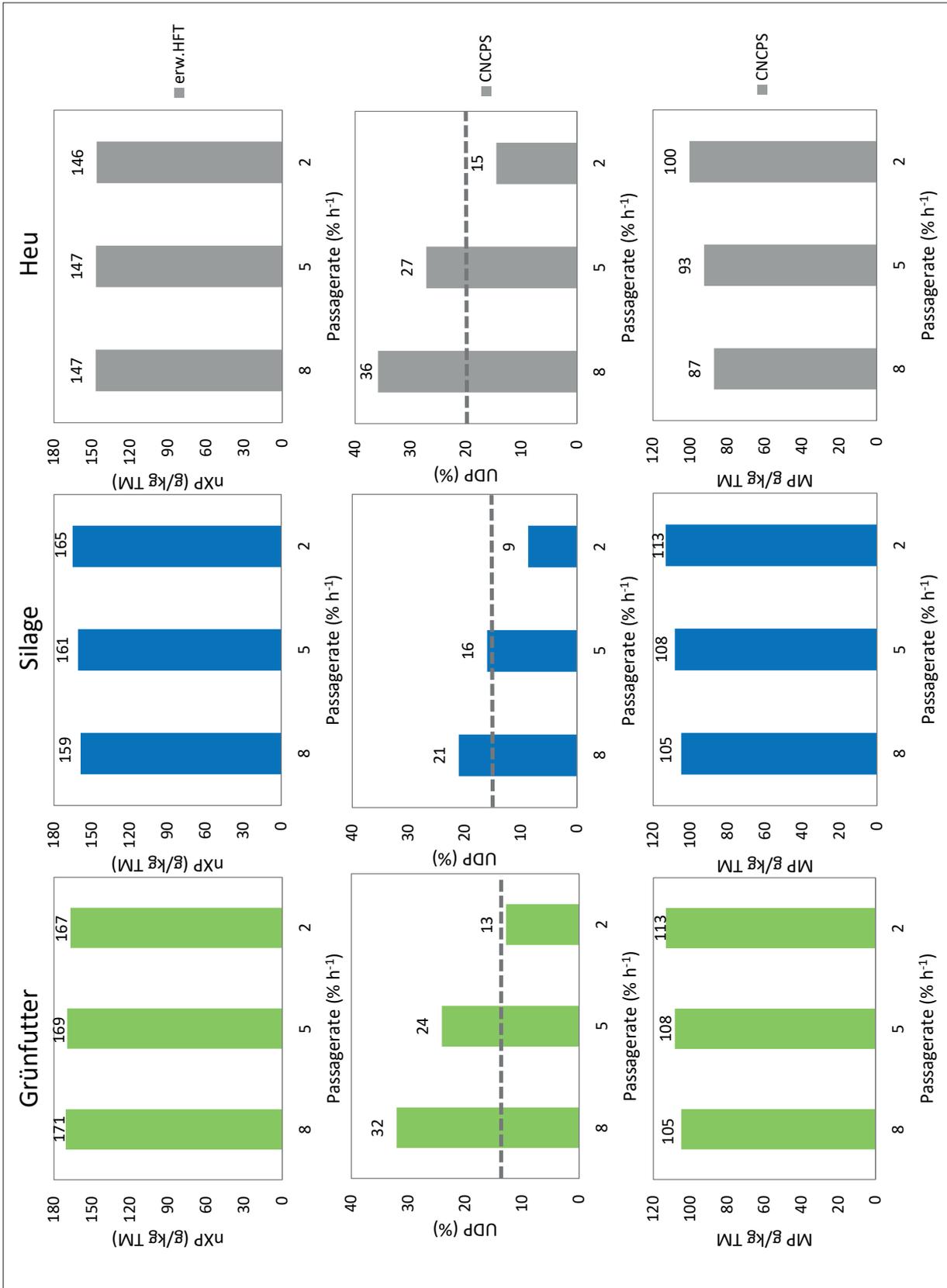


Abbildung 6: Einfluss der Konservierung auf den nXP-Gehalt nach dem erw.HFT bei unterschiedlicher Passagerate sowie den UDP-Anteil nach der CNCPS-Protein-Fraktionierung ebenfalls für die Passageraten 8, 5 und 2 % h⁻¹ und den daraus errechneten Gehalt an Mikrobenprotein (MP). Die strichlierte Linie dient als Referenzwert (UDP-Gehalte DLG (1997))