

ABSCHLUSSBERICHT

Schätzung der Maisrestpflanzenverdaulichkeit unter Nutzung des Parameters ELOS und Zusammenhang zur NDF-Verdaulichkeit



IMPRESSUM

Titel

Schätzung der Maisrestpflanzenverdaulichkeit unter Nutzung des Parameters ELOS und Zusammenhang zur NDF-Verdaulichkeit

Forschungs-Nr.

10/17

Berichtszeitraum

09/2020 – 12/2025

Herausgeber

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

Dorfplatz 1/OT Gülzow • 18276 Gülzow-Prüzen

Telefon: 0385/588 60-001

Fax: 0385/588 60-011

poststelle@lfa.mvnet.de

www.lfamv.de

Autoren

Dr. Antje Priepke • Telefon: 0385-588 60327

Sarah Rehberg • Telefon: 0385-588 60331

Dr. Bernd Losand (ehemals LFA MV)

Titelfoto

Dr. Antje Priepke

Dummerstorf, 01.12.2025

INHALT

1	Zusammenfassung	5
2	Hintergrund	5
3	Aufgabe	7
4	Schätzung der Restpflanzenverdaulichkeit bzw. der NDF-Verdaulichkeit	7
4.1	Material und Methoden	7
4.1.1	Begriffsdefinitionen	7
4.1.2	Probenahme, Probenverarbeitung, Analytik und Berechnungen	7
4.1.3	Statistische Auswertung	11
4.2	Restpflanzen- und NDF-Verdaulichkeit – Ergebnisse und Diskussion	11
4.2.1	Inhaltsstoffe	11
5	In vivo-Versuche mit Hammeln	25
5.1	Material und Methoden	25
5.2	Ergebnisse	26
6	Fazit	28
7	Literatur	30

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Schätzung der Restpflanzenverdaulichkeit und der NDF-Verdaulichkeit	9
Tabelle 2:	Mittlere TS-Gehalte und Anteile der Maisrestpflanzenfraktionen (%) verschiedener Sorten	12
Tabelle 3:	Nährstoffgehalte (g/kg TS), Gasbildung (ml/200 mg), Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD, %) und Energiegehalt (MJ/kg) der Ganzpflanzen verschiedener Sorten	15
Tabelle 4:	Nährstoffgehalte (g/kg TS), Gasbildung (ml/200 mg), Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD, %) und Energiegehalt (MJ/kg) der Kolben (einschließlich Spindel und Lieschen) verschiedener Sorten	16
Tabelle 5:	Nährstoffgehalte (g/kg TS), Gasbildung (ml/200 mg), Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD, %) und Energiegehalt (MJ/kg) der Maisrestpflanzen verschiedener Sorten	17
Tabelle 6:	Nährstoffgehalte (g/kg TS), Gasbildung (ml/200 mg), Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD, %) und Energiegehalt (MJ/kg) der Maisrestpflanzen, Mittelwerte über Reifegruppen und Fettsorten	18
Tabelle 7:	Korrelationen zwischen den Nährstoffgehalten (g/kg TS), der Gasbildung (ml/200 mg), der Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD, %) und dem Energiegehalt (MJ/kg) in der Restpflanze	19
Tabelle 8:	Korrelationen zwischen den Restpflanzenverdaulichkeiten, den NDF-Verdaulichkeiten sowie der Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD, %) und dem Energiegehalt (MJ/kg)	20

Tabelle 9:	Geschätzte Restpflanzenverdaulichkeit (%) auf Grundlage verschiedener Formeln sowie NDF-Verdaulichkeit (%).....	24
Tabelle 10:	Zusammensetzung der Maisganzpflanzen und Maisrestpflanzen im Hammelversuch (g/kg TS, Gasbildung (ml/200 mg)).....	26
Tabelle 11:	Zusammensetzung der Prüfrationen (g/Tier/d und % der Gesamt-TM bzw. g/kg TS)	27
Tabelle 12:	Nährstoffverdaulichkeit in vivo (%) und Energiegehalt (MJ/kg TS) der Maisganzpflanzen und Maisrestpflanzen im Hammelversuch.....	28
Tabelle 13:	Restpflanzenverdaulichkeit nach verschiedenen Formeln	28

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	LSV-Parzelle	8
Abbildung 2:	Maiskolben aus den LSV.....	8
Abbildung 3:	Handernte	8
Abbildung 4:	Trennen von Kolben und Restpflanze	8
Abbildung 5:	Häckseln des getrennten Erntegutes	8
Abbildung 6:	Stärkegehalt (g/kg TM) in den verschiedenen Pflanzenteilen	13
Abbildung 7:	Zuckergehalt (g/kg TM) in den verschiedenen Pflanzenteilen	13
Abbildung 8:	ADFom-Gehalt (g/kg TM) in den verschiedenen Pflanzenteilen.....	13
Abbildung 9:	aNDFom-Gehalt (g/kg TM) in den verschiedenen Pflanzenteilen	13
Abbildung 10:	Gasbildung nach HFT (ml/200 mg) in den verschiedenen Pflanzenteilen	13
Abbildung 11:	Gasbildung nach HFT (ml/200 mg) in den verschiedenen Pflanzenteilen	13
Abbildung 12:	Verdaulichkeit der organischen Masse (OMD in % der TS) in den verschiedenen Pflanzenteilen	14
Abbildung 13:	Energiegehalt (MJ ME/kg TS, GfE 2023) in den verschiedenen Pflanzenteilen .	14
Abbildung 14:	Restpflanzenverdaulichkeit (%) im Formelvergleich.....	21
Abbildung 15:	Restpflanzenverdaulichkeit (%) und NDF-Verdaulichkeit (%) im Formel- und Methodenvergleich	21
Abbildung 16:	Praxis Schlag	25
Abbildung 17:	Ernte im Praxis Schlag	25
Abbildung 18:	Ernte im Praxis Schlag	25
Abbildung 19:	Maishäcksels (Restpflanze).....	25

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ADFom	Acid Detergent Fibre expressed exclusive residual ash (Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung)
aNDFom	Neutral Detergent Fibre assayed with a heat stable amylase and expressed exclusive residual ash (Neutral-Detergenzienfaser nach Amylasebehandlung und Veraschung)
BSA	Bundessortenamt
CA	Crude Ash (Rohasche)
CF	Crude Fibre (Rohfaser)
CL	Crude Lipid (Rohfett)
CP	Crude Protein (Rohprotein)
cm	Zentimeter
CFD	Crude Fibre Digestibility (Verdaulichkeit der Rohfaser)
CLD	Crude Lipid Digestibility (Verdaulichkeit des Rohfettes)
CPD	Crude Protein Digestibility (Verdaulichkeit des Rohproteins)
OMD	Organic Matter Digestibility (Verdaulichkeit der Organischen Substanz)
DMK	Deutsches Maiskomitee e.V.
EiNDF	Enzymunlösliche (insoluble) NDF
ELOS	Enzymlösliche organische Substanz
GB	Gasbildung im Hohenheimer Futterwerttest
GE	Gesamt/Brutto-Energie
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
HFT	Hohenheimer Futterwerttest
KSL	Kolben inklusive Spindel und Lieschen
LSV	Landessortenversuch
ME	Umsetzbare Energie (Metabolisable Energy)
MJ	Megajoule
n.b.	Nicht bekannt
NDFD	Verdaulichkeit der amylase-behandelten neutralen Detergenzienfaser, aschefrei
NIRS	Nahinfrarotspektroskopie (Near Infrared Spectroscopy)
OS	Organische Substanz
r	Korrelationskoeffizient (nach Pearson)
RFP	Restpflanze
RFPV	Restpflanzenverdaulichkeit (geschätzt)
RFPV-H	Restpflanzenverdaulichkeit (Hammeltest)
TS	Trockensubstanzgehalt
NDFD-WB	NDF-Verdaulichkeit nach dem Lucas-Prinzip nach Weisbjerg et al.
tNDFD-RR	Pansenabbaubarkeit der NDF nach CNCPS (Rock River)
%	Prozent

1 Zusammenfassung

Die Schätzung der Restpflanzenverdaulichkeit von Mais hat eine hohe Relevanz, da diese gemeinsam mit der verdaulichen Stärke den Energiegehalt der späteren Maissilage bestimmt. Unter Nutzung der in vitro-Verdaulichkeit der organischen Substanz (ELOS) und des Stärkegehaltes kann die Verdaulichkeit der Mais-Restpflanze geschätzt werden (ARGILLIER et al., 1995), wobei weitere Anpassungen diskutiert werden. Es sollte zudem geprüft werden, wie eng der Zusammenhang zur eigentlichen Faserverdaulichkeit (aNDFom) der Gesamtpflanze ist. Auch hierfür liegen verschiedene Schätzverfahren vor. Dieser Ansatz wurde anhand von verschiedenen Silomais-Sorten des Landessortenversuchs 2020 in Gülzow aus unterschiedlichen Reifegruppen geprüft. Dabei wurden jeweils Gesamtpflanzen (GPF) bzw. Pflanzen geteilt nach Kolben und Restpflanzen (RPF) analytisch untersucht. Es wurden die Restpflanzenverdaulichkeiten nach ARGILLIER et al. (1995) kalkuliert sowie einige Adaptationen geprüft. Zudem wurde die NDF-Verdaulichkeit nach WEIßBJERG et al. (2004 a,b) kalkuliert und die NDF-Abbauraten mittels CNCPS-Verfahren zu verschiedenen Inkubationszeiten ermittelt (Labor Rock River). Ergänzend zu diesen Untersuchungen wurden zwei Hammelversuche zur Ermittlung der Nährstoffverdaulichkeit von Maisganzpflanzen bzw. Maisrestpflanzen durchgeführt.

2 Hintergrund

In der Milchkuhfütterung ist die Maissilage ein wertvolles und inzwischen nahezu unverzichtbares Futter, das sowohl reichlich Energie mitbringt als auch zur Strukturversorgung beiträgt. Bei der Bewertung des Maisaufwuchses und der Ableitung des optimalen Schnitzeitpunktes wird der Trockensubstanzgehalt (TS) der Gesamtpflanze herangezogen, der bei 30 – 35 % liegen sollte. Für Sorten mit langsamer Restpflanzenabreife werden ca. 37-40 % als Optimum genannt (HARTMANN und GEIGER, 2001). Bei differenzierter Betrachtung zwischen Kolben und Restpflanzen werden TS-Gehalte von mindestens 55 % TS bzw. 23-25 % TS angestrebt. Ab 58 % TM im Korn wird keine weitere Störkeeinlagerung erwartet (LFL, 2025).

Neben dem Trockenmasseertrag ist der Stärkegehalt bei der Beurteilung von Maisaufwüchsen und Sorten ein wichtiger Parameter. Dieser bestimmt den Energiegehalt wesentlich aufgrund der hohen Verdaulichkeit und des hohen Anteils des Kolbens an der Gesamt-TM. Der Stärkegehalt liegt im Korn bei ca. 65 - 70 % und bezogen auf die Ganzpflanze bei 35 - 40 % in der TM (LOSAND, 2019). Daneben wird häufig die Notwendigkeit herausgestellt, die Verdaulichkeit der sogenannten Restpflanze (Maisganzpflanze ohne Kolben) einzuschätzen, da die langsamer abbaubare Faser der Zellwand, in geringerem Maße auch der schnell verdauliche Zucker und entstehende Gärsäuren, den Energiegehalt der Gesamtpflanze bzw. der Silagen erheblich beeinflussen. Laut ZELLER et al. (2009) liegt der Energiebeitrag der Restpflanze bei bis zu 35 %.

Während bei grasbetonten Rationen in Abhängigkeit vom Zuckergehalt der Grassilage hohe Stärkegehalte in Maissilagen durchaus gewünscht sind, können bei stark maislastigen Rationen gezielt Maissorten mit geringeren Stärkegehalten, dafür höheren Restpflanzenverdaulichkeiten eingesetzt werden. Die Verbesserung der Restpflanzenverdaulichkeit wurde zum Teil Ziel einiger Züchterhäuser, nachdem eine umfassende Langzeitstudie von BARRIERE et al. (2004) signifikante genetische Unterschiede in der Verdaulichkeit von Silomais und einen rückläufigen Trend bei der Verdaulichkeit der Zellwände (NDFD) von Hybriden aufzeigte, die zwischen 1958–2002 zugelassen wurden. Seitdem zielten Zuchtprogramme neben dem Ertrag und dem Stärkegehalt zunehmend auf eine Verbesserung der Restpflanzenverdaulichkeit bzw. der Zellwände, was sich im vermehrten Einzug von BM3 oder Stay green-Sorten mit verzögerter Restpflanzenabreife bzw. Sorten mit höherer Restpflanzenverdaulichkeit widerspiegelte. Die alleinige Reifeeinteilung der Sorten über den Kolben war in dem Zuge nicht mehr zufrieden stellend (HARTMANN und GEIGER, 2001).

Auch zur Ernte könnte eine entsprechende Information zur Restpflanzenverdaulichkeit hilfreich sein. Es gibt Hinweise, dass eine zu späte Ernte zu vermeiden ist, da mit steigender Reife bzw. Trockenmassegehalt die Verdaulichkeit, möglicherweise durch verstärkte Lignifizierung, abnimmt, wogegen der Stärkegehalt bis etwa

40 % TS weiter steigt. Zudem wird bei zu hohem TS-Gehalt die optimale Verdichtung erschwert. In mehreren Studien wurde festgestellt, dass die TM-Abbaubarkeit der Restpflanze mit fortschreitender Reife deutlich abnimmt (In: TERLER und GRUBER, 2019). Hinweise auf eine abnehmende NDF-Abbaubarkeit bzw. -verdaulichkeit finden sich bei MARCO et al. (2002), HOFFMANN et al. (2003) sowie FERREIRA et al. (2023). Auch in Auswertungen von MAHLKOW-NERGE und RICHARDT (2021) nahm die Verdaulichkeit der NDF mit steigendem Stärkegehalt und demnach mit steigender Abreife der Maispflanze ab. Dagegen stellten BAL et al. (2000) fest, dass die NDF-Abbaubarkeit der Restpflanze nicht vom Erntezeitpunkt beeinflusst wird. Bezüglich der Ligningehalte konnten ZELLER et al. (2009) keinen deutlichen Zusammenhang zur ruminalen Abbaubarkeit der TS und NDF feststellen. In der Sortenzucht sind daher Sorten mit möglichst hohen Stärkegehalten und hohen Restpflanzenverdaulichkeiten über einen möglichst langen Zeitraum der Abreife erwünscht.

Beim Silomais ist davon auszugehen, dass sich die vegetativen Teile der Pflanze (dem Kolben anhaftende Lieschen und Spindeln) in einem späten Reifestadium befinden, wodurch sich ein „Einheitswert“ für die Verdaulichkeit der Faserstoffe aufgrund der genetischen als auch der klimatischen und Standort-Einflüsse nicht empfiehlt. Anhaltspunkt für eine Schätzung könnte hier der bei der Bestimmung der Enzymlöslichkeit analysierte EuLOS-Wert, als „unverdaulicher Rest“ ($1000 - CA - ELOS$) der Gesamtpflanze sein, der durch den ADL-Gehalt unterstützt werden kann. Keinesfalls zu nutzen ist der NDF-Gehalt der Gesamtpflanze, weil dieser durch den Kolbenanteil stark beeinflusst wird. Höhere NDF-Gehalte können auch mit einer frühzeitigen Ernte bei noch nicht voll entwickeltem Kolben und höherer NDFD assoziiert sein. Prinzipiell besteht ein hoher Zusammenhang zwischen NDFD und OMD. Dieser ist jedoch für die Vorhersage nicht nutzbar, weil eine hohe NDF-Verdaulichkeit zwar substanziell die OMD unterstützt, umgekehrt aber dieser Zusammenhang nicht in gleichem Maße existiert, weil die OMD enger mit dem Stärkeanteil der Gesamtpflanze korreliert ($r = 0,36$) als die NDFD ($r = -0,17$) mit dem Stärkegehalt (LOSAND et al., 2024).

Die enzymlösliche organische Substanz ELOS beschreibt die Verdaulichkeit der organischen Substanz und ist Grundlage bei der Ableitung des energetischen Futterwertes. Bei einer Verdaulichkeit der Stärke von nahezu 100 % könnte man davon ausgehen, dass stärkereiche Maissilagen per se besser verdaulich sind. Jedoch beeinflussen auch die Zellwandbestandteile der Restpflanze mit einem Anteil von 45 - 50 % der TS die Gesamtverdaulichkeit nicht unerheblich. Der auf Basis des ELOS-Wertes kalkulierte Energiegehalt von zwei Maissorten kann demzufolge auf einen höheren Stärkegehalt oder einer höheren Restpflanzenverdaulichkeit beruhen. Anders als bei Gräsern oder Grobfutterleguminosen geht ein höherer Fasergehalt der Gesamtpflanze nicht zwingend mit einer geringeren Faser- und damit Gesamtverdaulichkeit einher. So wurde in mehreren wissenschaftlichen Studien eine positive Korrelation zwischen dem NDF-Gehalt und der TM- und NDF-Abbaubarkeit bzw. -verdaulichkeit der Maissilage festgestellt, was auf einen höheren Gehalt an potentiell abbaubaren Faserfraktionen hindeutet (In: TERLER und GRUBER, 2019). Daher kommt es vor, dass bei gleichem Faser- und Stärkegehalt unterschiedliche Energiegehalte auftreten, weil unterschiedliche Zellwand- bzw. NDF-Verdaulichkeiten der Restpflanze vorliegen. Dabei ist nur die verdauliche Faser energetisch nutzbar.

Die Schätzung der Restpflanzenverdaulichkeit hat daher eine hohe Relevanz bei der Beurteilung des Futterwerts. Tatsächlich wird dieser Begriff nicht überall in der gleichen Weise verwendet. Zudem gibt es keine eindeutige bzw. einheitliche Methode zur Bestimmung der Restpflanzenverdaulichkeit. Die getrennte Analyse und Bewertung von Kolben und Restpflanze wird in der Praxis und für die Zucht als zu aufwändig angesehen, zudem gibt es bei der Probenahme von wenigen Einzelpflanzen das Problem der nichtrepräsentativen Probenahme. Daher besteht das Ziel, die Restpflanzenverdaulichkeit aus Futterwertparametern der Gesamtpflanze zu schätzen. Zudem gibt es verschiedene Verfahren, die Zellwandverdaulichkeit anhand der NDF-Verdaulichkeit der Gesamtpflanze zu schätzen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Restpflanzen mehr umfassen als nur die NDF-Fraktion. Die NDF-Fraktion beinhaltet die Strukturbestandteile der Zellwand (Cellulose, Hemicellulose, Lignin). Sie ist ein Maß für die Faser, aber nicht identisch mit dem gesamten Restpflanzenanteil einer Pflanze, der weitere Bestandteile wie Zucker und Protein enthält. So kann eine hohe Restpflanzenverdaulichkeit durch eine hohe NDF-Verdaulichkeit bedingt sein, aber auch der Zucker verbessert die Restpflanzenverdaulichkeit.

Einige Züchter verweisen auf restpflanzenbetonte Sorten, wie z.B. sogenannte Stay-green-Sorten. Während in den Landessortenversuchen MV zur vergleichenden Einstufung von Maissorten eine geschätzte Restpflanzenverdaulichkeit ausgewiesen wird, erfolgt in der beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes nur eine Ausweisung der Gesamtverdaulichkeit.

3 Aufgabe

Die Einschätzung der Verdaulichkeit der faserhaltigen Restpflanze ist somit von entscheidender Bedeutung bei der Beurteilung der Ganzpflanze und Ziel des vorliegenden Forschungsthemas. ELOS (g Enzymlösliche Organische Substanz je kg Trockenmasse) ist ein bereits genutzter Parameter für die Schätzung der Gesamtnährstoffverdaulichkeit der Maispflanze. Bei Abzug des Stärkegehaltes bekommt man einen Wert, der der Verdaulichkeit der Restpflanze nahekommt. Auf dieser Grundlage wurde von ARGILLIER et al. (1995) eine Formel abgeleitet, welche die sogenannte DINAG-Fraktion (digestibilité de la partie non- amidon et non-glucides solubles) schätzt. Hierbei wird zusätzlich der Zucker abgezogen, da dieser im Siliiverlauf größtenteils verstoffwechselt wird und möglicherweise eher den Reifezustand und die Siliereignung charakterisiert. Einen ähnlichen Ansatz verfolgte MÜLLER bereits ca. zwei Jahre früher (mündliche Mitteilung 2020). Hier wird auf einen Zuckerabzug verzichtet und Annahmen für die Stärkeverdaulichkeit gemacht, da diese als relativ konstant angesehen wird, wogegen die Zellwandverdaulichkeit sehr viel größeren Schwankungen unterlegen ist. Diese Schätzung wird z.B. im Rahmen der LSV MV genutzt, jedoch sind weitere Anpassungen in Diskussion (siehe Tabelle 1). Neben diesen vergleichenden Kalkulationen sollte zudem geprüft werden, wie eng der Zusammenhang zur geschätzten Faserverdaulichkeit (aNDFom) der Gesamtpflanze ist.

Dieser Ansatz sollte anhand von verschiedenen Silomais-Sorten des Landessortenversuchs 2020 in Gülzow aus unterschiedlichen Reifegruppen geprüft werden, wobei jeweils Gesamtpflanzen bzw. Pflanzen geteilt nach Kolben und Restpflanzen analytisch untersucht wurden.

Ergänzend zu diesen Untersuchungen wurden zwei Hammelversuche zur Ermittlung der Nährstoffverdaulichkeit von Maisganzpflanzen bzw. Maisrestpflanzen (ohne Kolben) durchgeführt. Die damit ermittelten Nährstoffverdaulichkeiten dienen zum Abgleich der Ergebnisse.

4 Schätzung der Restpflanzenverdaulichkeit bzw. der NDF-Verdaulichkeit

4.1 Material und Methoden

4.1.1 Begriffsdefinitionen

Zu Beginn sollen hier verwendete Begriffe bezüglich der Maisrestpflanzenverdaulichkeit definiert werden.

- Ganzpflanze (GPF): gesamte Maispflanze nach Ernte oberhalb des Ernteschnittes
- Restpflanze (RPF): Maisganzpflanze nach Entfernen des Kolbens (hier inklusive Spindel und Lieschen)
- Geschätzte Restpflanzenverdaulichkeit (RPFV): Schätzung der Restpflanzenverdaulichkeit auf Basis von Nährstoffparametern im Material der Maisganzpflanze anhand von verschiedenen methodischen Ansätzen, siehe Tabelle 1.

4.1.2 Probenahme, Probenverarbeitung, Analytik und Berechnungen

Aus dem Landessortenversuch (LSV) 2020, Standort Gülzow, standen verschiedene Silomais-Sorten aus unterschiedlichen Reifegruppen zur Verfügung. Die Ernte erfolgte im Stadium der Teigreife bei vier frühen Sorten (Silo-Reifezahl bis 230) am 24.9.2020 und bei drei mittelfrühen Sorten (ab Silo-Reifezahl 230) zwei

Wochen später am 7.10.2020 (Tabelle 2). Dabei wurde die Sorte Amaroc mit der Einstufung 230 zweimal vergleichend mit versetzten Erntezeitpunkten geprüft.

Es wurden je zehn Einzelpflanzen aus den Randreihen der Versuchsparzellen einheitlich in einer Höhe von ca. 30 cm geschnitten, da auch die Schnitthöhe den Anteil der Restpflanze beeinflussen kann. Jede Pflanze wurde einzeln gewogen. Fünf Pflanzen je Sorte wurden als Ganzpflanze gehäckselt, die anderen fünf Pflanzen nach Kolben (zu beachten: inklusive Spindel und Lieschen = KSL) und Restpflanze (RFP) getrennt und gesondert gehäckselt (Abbildung 1 bis Abbildung 5).

Ergänzend zu den Probenahmen aus den Landessortenversuchen wurden im Gut Dummerstorf drei sogenannte Highoil-Sorten sowie die Sorte Keops aus einem Praxisschlag in gleicher Weise beprobt. Die Futtermittelanalyse erfolgte durch die LUFA Rostock nach den VDLUFA-Methoden und für ergänzende Parameter im Labor Rock River Laboratory Europe GmbH Neu Kaliß.



Abbildung 1: LSV-Parzelle



Abbildung 2: Maiskolben aus den LSV



Abbildung 3: Handernte



Abbildung 4: Trennen von Kolben und Restpflanze



Abbildung 5: Häckseln des getrennten Erntegutes

Die Restpflanzenverdaulichkeit wurde nach verschiedenen Formeln geschätzt. Ebenso erfolgte eine Schätzung der NDF-Verdaulichkeit als Maß für die Zellwandverdaulichkeit nach verschiedenen Schätzgleichungen bzw. Labormethoden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Schätzung der Restpflanzenverdaulichkeit und der NDF-Verdaulichkeit

Restpflanzenverdaulichkeit	
RPFV-1	DINAG nach Argillier et al. (1995) = $100 \cdot (\text{ELOS-Stärke-Zucker}) / (1000\text{-Stärke-Zucker})$
RPFV-2	Nach DINAG, Argillier et al. (1995), ohne Zuckerabzug = $100 \cdot (\text{ELOS-Stärke}) / (1000\text{-Stärke})$
RPFV-3	Nach DINAG, Argillier et al. (1995), auf Basis OM = $100 \cdot (\text{ELOS-Stärke-Zucker}) / (\text{OM-Stärke-Zucker})$
RPFV-4	Nach DINAG, Argillier et al. (1995), auf Basis OM ohne Zuckerabzug = $100 \cdot (\text{ELOS-Stärke}) / (\text{OM-Stärke})$
RPFV-5	Nach Müller (Mdl. Mitteilung 2020) = $(9,5 \cdot (22,48 + 0,7495 \cdot \text{ELOS}/10) - 13,2 \cdot \text{Stärke}/10) / (9,5 - (0,146 \cdot \text{Stärke}/10))$
NDF-Verdaulichkeit als Maß für die Zellwandverdaulichkeit:	
NDFD-WB	NDFD nach dem Lucas-Prinzip nach WEISBJERG et al. (2004a,b)
NDFD-RR	NDF-Abbaubarkeit im Pansen nach CNCPS (Rock River)

Die Schätzung der Restpflanzenverdaulichkeit nach ARGILLIER et al. (1995) bezieht sich auf die sogenannte DINAG-Fraktion (digestibilité de la partie non- amidon et non-glucides solubles) und zielt somit auf die nicht stärkehaltige und nicht lösliche Kohlenhydratfraktion. Dementsprechend wird von der enzymlöslichen organischen Substanz ELOS die Stärke- und Zuckerfraktion abgezogen (RPFV 1). Eine weitere Überlegung ist, auf den Zuckerabzug zu verzichten und diesen stattdessen der Restpflanze zuzuordnen (RPFV 2). Auch die von MÜLLER (mdl. Mitteilung 2020) abgeleitete Formel (RPFV 5) folgt diesem Gedanken, wobei Annahmen für die Stärkeverdaulichkeit gemacht wurden. Bei RPFV 3 und RPFV 4 wurde als Bezug die OM statt TM genutzt.

Zusätzlich wurde die NDF-Verdaulichkeit geschätzt, um einen möglichen Hinweis auf die Restpflanzenverdaulichkeit zu erhalten:

Schätzung der NDFD mit dem Lucas-Prinzip nach WEISBJERG et al. (2004a, b), (NDFD-WB):

Diese Methode nutzt den engen statistischen Zusammenhang zwischen OMD und NDFD und wurde von LOSAND et al. (2024) dargestellt. Aufbauend auf dem „Lucas-Prinzip“ haben WEISBJERG et al. (2004a, b) einen Datenpool aus Verdaulichkeitsuntersuchungen mit Hammeln zwischen 1984 und 2004 an 493 Futtermitteln ausgewertet und einen engen Zusammenhang zwischen dem Gehalt an NDS (neutral detergent solubles = OM – NDF) und der Verdaulichkeit der NDS festgestellt.

Die scheinbare Verdaulichkeit der NDS berechnet sich nachfolgend aus dem Gehalt an NDS in der Trockenmasse (TM):

$$\text{Scheinbare NDS-Verdaulichkeit (\%)} = 102,3 - [902/\text{NDS (\% in TM)}] \quad (\text{WEISBJERG et al. 2004a})$$

Wenn die OMD bekannt ist, lässt sich über die Berechnung der Differenz aus OMD und Verdaulichkeit der NDS der Anteil verdaulicher NDF und darüber die Verdaulichkeit der NDF (NDFD) berechnen:

$$\text{NDFD (\%)} = [\text{OM} \cdot \text{OMD}/100 - \text{NDS} \cdot \text{NDS-D}/100] \cdot 100 / \text{aNDFom} \quad (\text{WEISBJERG et al. 2004b})$$

(OM, NDS und aNDFom jeweils in g/kg TM)

Die Berechnung erfolgte auf Basis der OMD (%) unter Verwendung der Formel für Maisprodukte nach GFE (2020).

Schätzung der NDFD im Rock River Laboratory Europe GmbH nach CNCPS (tNDFD RR):

Die tNDFD RR ist die geschätzte Verdaulichkeit der Neutral Detergent Fiber (NDF), die im CNCPS-System (Cornell Net Carbohydrate and Protein System) zur detaillierten Futteranalyse herangezogen wird. CNCPS nutzt die NDFD-Werte zusammen mit anderen Parametern, um die für das Tier verfügbaren Nährstoffe genau zu berechnen, während NDFD selbst die Abbaubarkeit der Faser im Pansen beschreibt und in verschiedenen Zeitpunkten gemessen wird, wie z.B. tNDFD30, tNDFD120 und tNDFD240. Mit Hilfe der Bestimmung der Pansenabbaubarkeit der NDF-Fraktion können das Ausmaß und die Schnelligkeit des mikrobiellen NDF-Abbaus im Pansen geschätzt werden. Die tNDFD zielt also im eigentlichen Sinne auf die NDF-Abbaubarkeit im Pansen, dem Hauptort der NDF-Verdauung ab. Ein gewisser Anteil (5-20 %) kann auch noch im Dickdarm verdaut werden.

Das Untersuchungsprinzip basiert auf einer Inkubation des zu prüfenden Futtermittels in einem ANKOM DAISY II-Inkubator® mit einer Pansensaft-Pufferlösung, wobei Grobfutter 30, 120 oder 240 Stunden bei 39 °C inkubiert werden. Der erste Messpunkt entspricht einer mittleren Verweilzeit eines Futtermittelpartikels bei hoher Futteraufnahme. Der zweite Messpunkt wird für die Berechnung der Abbaugeschwindigkeit und der Passagerate benötigt. Der dritte Messpunkt dient zur Ermittlung der nicht abbaubaren/unverdaulichen NDF. Nach der Inkubation wird aus dem Probenrückstand über eine klassische NDF-Bestimmung mittels ANKOM 2000 Faseranalysator die NDF-Fraktion analysiert. Die Pansenabbaubarkeit wird als Prozentsatz des abgebauten NDF im Vergleich zum ursprünglich eingeführten NDF berechnet.

Zu beachten ist, dass die Ergebnisse der Rock River Laboratory Europe GmbH auf NIRS-Analysen basieren, wobei die Kalibration auf der oben dargestellten Methode beruht. Die ermittelten NDF-Abbauraten beziehen sich ebenfalls auf mittels NIRS ermittelten aNDFom-Gehalten, die 16 % unter den Werten der LUFA Rostock lagen. Dies verdeutlicht das Problem einer möglicherweise nicht immer gut passenden Kalibrierung.

Ein neuer Ansatz zur Schätzung der NDF-Verdaulichkeit von Futtermitteln wurde von PRIEPKE et al. (2025) vorgestellt, der gemeinsam mit dem LKV BB entwickelt wurde. Er stellt eine Kombination der ELOS- und aNDFom-Analytik dar. Die Grundidee ist, dass die Differenz aus aNDFom und EiNDF (Enzymunlösliche NDF) der verdaulichen aNDFom entspricht.

In einem ersten Schritt erfolgt die Bestimmung der enzymlöslichen organischen Substanz (ELOS) in den Futtermitteln (VDLUFA Methodenbuch Bd. III 6.6.1) im ANKOM DAISY nach 24h-Behandlung mit Pepsin-Salzsäure-Lösung und anschließender 24h-Inkubation mit Cellulasepufferlösung. Im Filter Bag verbleibt die in den Enzymen (Pepsin und Cellulase) unlösliche Substanz (organisch und anorganisch) und Wasser. Die so vorbehandelten Filter Bags werden dann der aNDFom-Bestimmung mittels ANKOM 2000 unterzogen. Im Filter Bag verbleibt nun die in den Enzymen (Pepsin und Cellulase) und der neutralen Detergenzienlösung unlösliche Substanz (organisch und anorganisch). Durch Rückwaage des Ascherestes und Verrechnung ergibt sich die enzymunlösliche organische NDF (EiNDF). Durch Differenzrechnung ergibt sich die Menge der abgebauten NDF in der Probe.

Da möglicherweise das umgekehrte Verfahren zu einer größeren Übereinstimmung mit den in vivo-Werten führt, wurde nachträglich als erstes die NDF-Bestimmung durchgeführt und danach im ND-unlöslichen Rest die Enzymunlösliche Substanz ermittelt (NDFEi).

Leider lag zum Zeitpunkt des hier vorgestellten Versuches diese Methode noch nicht vor. Es konnten im Nachgang lediglich die Rückstellproben der beiden Maisproben (Ganzpflanze und Restpflanze), die in den Hammelversuchen verfüttert wurden, ergänzend mit dieser Methode untersucht werden.

Auch die in der Restpflanze ermittelte OMD könnte ein Parameter zur Charakterisierung der Restpflanzenverdaulichkeit sein. Sie wurde auf Grundlage der Schätzgleichung für Maisprodukte (GfE, 2020) kalkuliert:

$$\text{OMD (\%)} = 64,45 + 0,02677 \text{ ELOS (g/kg OM)} - 0,03814 \text{ ADFom (g/kg OM)} .$$

4.1.3 Statistische Auswertung

Es erfolgte eine Korrelationsberechnung nach Pearson in JASP (Version 0.95.3, Universität Amsterdam), um Stärke und Richtung des linearen Zusammenhangs zwischen Nährstoffgehalten und RPF- bzw. NDF-Verdaulichkeiten darzustellen. Die p-Werte $< 0,05$ verweisen auf einen statistisch signifikanten Zusammenhang.

4.2 Restpflanzen- und NDF-Verdaulichkeit – Ergebnisse und Diskussion

4.2.1 Inhaltsstoffe

Tabelle 2 veranschaulicht die Kolben- und Restpflanzenanteile (bezogen auf Trockenmasse) der geernteten Maispflanzen aus den Landessortenversuchen sowie ergänzend von drei Highoil-Saissorten und einem Praxisschlag. Zu beachten ist, dass es sich bei den Sorten um beispielhafte Erhebungen handelt, um im Rahmen des Methodenabgleichs eine gewisse Vielfalt darzustellen. Auf Grundlage dieser Daten darf keine Sortenbewertung vorgenommen werden, da es dazu einer Vielzahl an Standorten und mehreren Anbaujahren bedarf!

Im Mittel über alle Sorten betrug der TS-Gehalt der geernteten Ganzpflanzen 34 % und lag damit mit Ausnahme von zwei Proben im Rahmen der Zielwerte (32 – 35 %). Der mittlere TS-Gehalt der Kolben lag bei 43 %, der der Restpflanze bei 27 %. Der Kolbenanteil einschließlich der Spindeln und Lieschen betrug bezogen auf die Trockensubstanz 53 %, der Restpflanzenanteil lag bei 47 %. Dies entspricht den häufig genannten Werten für den Restpflanzenanteil zwischen 40 – 50 % (In: ZELLER et al., 2009).

Die Nährstoffzusammensetzung der Ganzpflanzen, Restpflanzen und Kolben ist den Tabellen 3 bis 5 zu entnehmen. In den Abbildungen 6 bis 13 werden zudem Inhaltsstoffe bis hin zum Energiegehalt auszugsweise grafisch dargestellt.

Die Nichtfaser-Kohlenhydrate wie Stärke und Zucker stellen die Energiespeicher im Zellinneren dar und sind in der Ration ohne Strukturwirkung. Im Mittel aller Maisganzpflanzenproben variierte der Stärkegehalt zwischen 19 und 39 %, womit der Zielwert von > 30 % in vier Aufwüchsen unterschritten wurde. Eine solche Variation des Stärkegehaltes in der entsprechenden Maissilage hätte einen deutlichen Einfluss auf die Rationsgestaltung. In maisbetonten Rationen sind hohe Stärkegehalte im Kolben bei gleichzeitig hoher Verdaulichkeit der Restpflanze erwünscht, um die Ansprüche an Energie und Struktur in Einklang zu bringen und das Risiko von Pansenacidosen zu minimieren. Jedoch entwickeln sich beide Merkmale gegenläufig, so dass der Erntezeitpunkt immer einen Kompromiss darstellt. Laut MEYER (2025) sind bei Gehalten von 30 – 38 % TM hohe Stärkegehalte und Faserverdaulichkeiten möglich. Bezieht man die Stärkegehalte der Fraktionen auf deren Anteil an der Gesamt-Trockensubstanz (KSL 53 %, RPF 47 %), so fallen 90 % der Stärke auf die KSL-Fraktion. Unerklärlicherweise waren 10 % der RPF zuzuordnen.

Der Zuckergehalt betrug in der Gesamtpflanze im Mittel 10 %, wobei bei den späten Sorten sowie im Material der Praxisprobe die geringsten Werte ermittelt wurden. Dabei wurde sowohl bei der GPF als auch in der RPF eine hohe Variation festgestellt. Auch KRUSE et al. (2004) verweisen auf stark variierende Zuckergehalte in der RPF von verschiedenen Sorten, welche den Futterwert und den Gärprozess entscheidend beeinflussen.

Die ADF_{om} -Fraktion (Zellwandanteile bestehend aus Zellulose, Lignin) der Ganzpflanze betrug im Mittel 23 % und variierte im üblichen Bereich (21 bis 25 %), für die $aNDF_{om}$ -Fraktion (gesamte Zellwandfraktion bestehend aus Hemizellulose, Zellulose, Lignin) wurde eine weite Spannbreite von 38 – 49 % (Mittelwert 44 %) ermittelt. Die jeweiligen ADF_{om} - bzw. $aNDF_{om}$ -Gehalte im Kolben betrugen im Mittel 12 bzw. 32 %, die der Restpflanze lagen im Mittel bei 36 bzw. 62 %. Bei Bezug der $aNDF_{om}$ -Gehalte der Fraktionen auf deren Anteil an der Gesamt-TS ergibt sich für die KSL-Fraktion ein mittlerer $aNDF_{om}$ -Anteil von 37 %; 63 % entfallen auf die RPF. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Gehalte in der Restpflanze unterschätzt wurden, da sowohl die Lieschen als auch die Spindel dem Kolben zugeordnet wurden.

Des Weiteren werden die Ergebnisse für die ADL-Fraktion (Lignin) sowie für die Zellulose (Abzug der ADL von ADF) sowie der Hemizellulose (Abzug der ADF von NDF) ausgewiesen.

Tabelle 2: Mittlere TS-Gehalte und Anteile der Maisrestpflanzenfraktionen (%) verschiedener Sorten

Sorte	Ernte	Silo-Reifezahl	TS GPF (%)	TS KSL (%)	TS RPF (%)	Anteil KSL (% in TS)	Anteil RPF (% in TS)
Amavit	24.9.2020	210	34,6	40,1	30,6	42	58
LG31227	24.9.2020	210	36,0	47,2	25,9	56	44
Farmezzo	24.9.2020	210	35,3	45,3	30,9	49	52
Amaroc 1	24.9.2020	230	36,8	49,0	30,4	54	46
Amaroc 2	7.10.2020	230	36,4	46,9	27,4	61	39
Quentin	7.10.2020	240	36,1	46,8	28,8	63	37
Es Joker	7.10.2020	250	32,1	44,2	21,8	59	41
San Leo	28.9.2020	/ ¹⁾	30,5	31,9	25,7	44	56
Litchi	28.9.2020	/ ¹⁾	33,7	44,0	26,5	56	44
Caleso	28.9.2020	/ ¹⁾	28,8	30,4	26,1	43	58
Keops (Praxis)	5.10.2020	210	37,7	47,6	24,3	61	39
MW			34,4	43,0	27,1	53	47

GPF = Ganzpflanze, KSL = Kolben einschließlich Spindel und Lieschen, RPF = Restpflanze

1) Keine deutsche Zulassung (Verwaltung beim BSA) oder Führung im DMK-Sortenspiegel

Der mittlere Fettgehalt der Ganzpflanzen lag bei 20 %, wobei die als "Highoil-Sorten" beworbenen Varianten keine erhöhten Fettgehalte zeigten, dafür tendenziell geringere Rohproteingehalte.

Die Gasbildung nach dem Hohenheimer Futterwerttest (HFT) als Indikator für die Verdaulichkeit betrug im Mittel der Ganzpflanzenproben 58 ml/200 mg, während in der Kolbenfraktion 66 und in der Restpflanze 44 ml/200 mg gemessen wurden. Auch mit Hilfe der enzymlösaren organischen Substanz (ELOS) lässt sich die in vitro-Verdaulichkeit schätzen. Diese variierte bei den Ganzpflanzen zwischen 65 und 75 % (Mittelwert 72 %). Im Kolben wurden entsprechend höhere Werte gemessen (im Mittel 86 %), in den Restpflanzen geringere (im Mittel 55 %). Sowohl bezüglich der Gasbildung nach HFT als auch beim ELOS-Gehalt wurde der bekannte enge, negative Zusammenhang zum ADFom-Gehalt ($r = -0,953$ bzw. $-0,981$) sowie zum aNDFom-Gehalt ($r = -0,952$ bzw. $-0,963$) bestätigt (Tabelle 7).

Die jüngsten Schätzgleichungen für die Energiebewertung beruhen auf den Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2023). Im Zentrum steht neben der Bruttoenergie die Verdaulichkeit der organischen Masse OMD, die bei Maisprodukten aus dem Gehalt an ADF sowie ELOS abgeleitet wird (GfE, 2020). Aufwüchse mit hoher Verdaulichkeit sorgen für eine schnellere Pansenpassage, was die Futteraufnahme direkt erhöht und folglich die Energie- und Nährstoffversorgung verbessert.

Die OMD zeigte einen engen Zusammenhang zu den ELOS-Gehalten ($r = 0,995$), da diese die OMD ja maßgeblich bestimmen; in der Ganzpflanze lag sie im Mittel bei 75 %, im Kolben bei 83 % und in der Restpflanze bei 66 %.

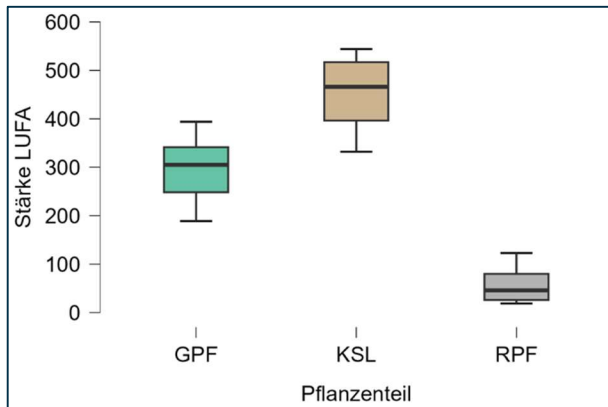


Abbildung 6: Stärkegehalt (g/kg TM) in den verschiedenen Pflanzenteilen

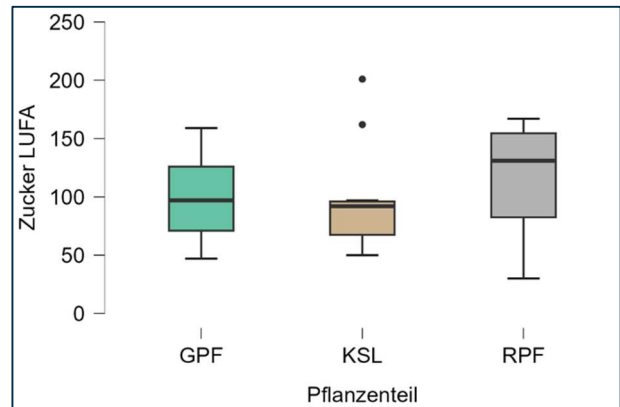


Abbildung 7: Zuckergehalt (g/kg TM) in den verschiedenen Pflanzenteilen

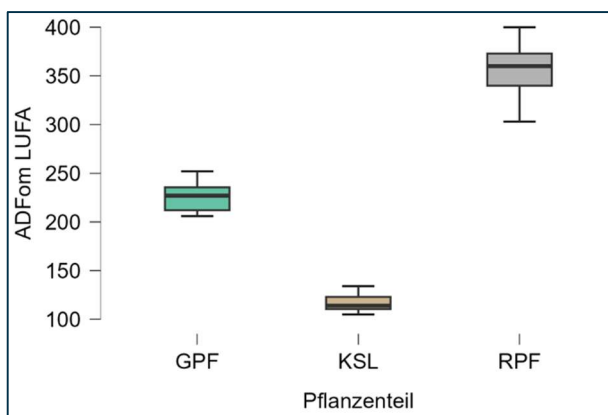


Abbildung 8: ADFom-Gehalt (g/kg TM) in den verschiedenen Pflanzenteilen

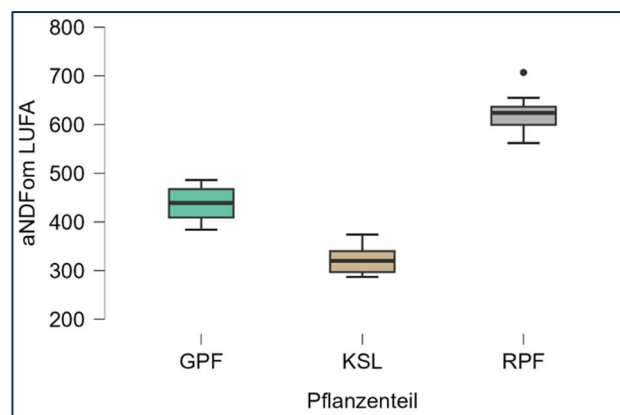


Abbildung 9: aNDFom-Gehalt (g/kg TM) in den verschiedenen Pflanzenteilen

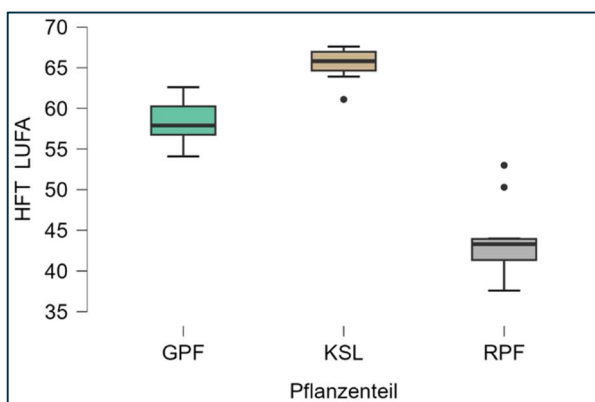


Abbildung 10: Gasbildung nach HFT (ml/200 mg) in den verschiedenen Pflanzenteilen

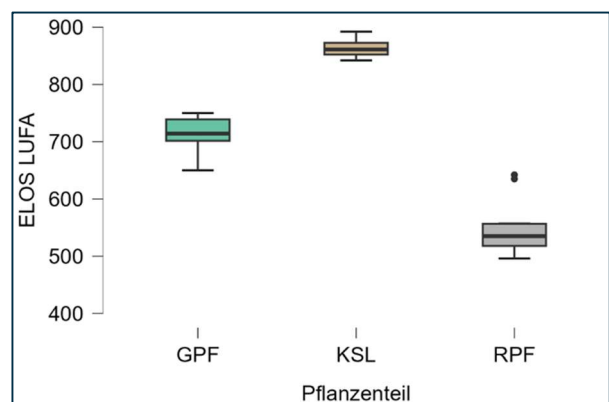


Abbildung 11: Gasbildung nach HFT (ml/200 mg) in den verschiedenen Pflanzenteilen

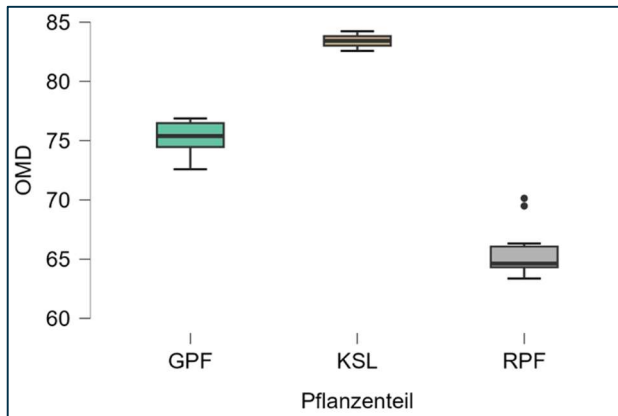


Abbildung 12: Verdaulichkeit der organischen Masse (OMD in % der TS) in den verschiedenen Pflanzenteilen

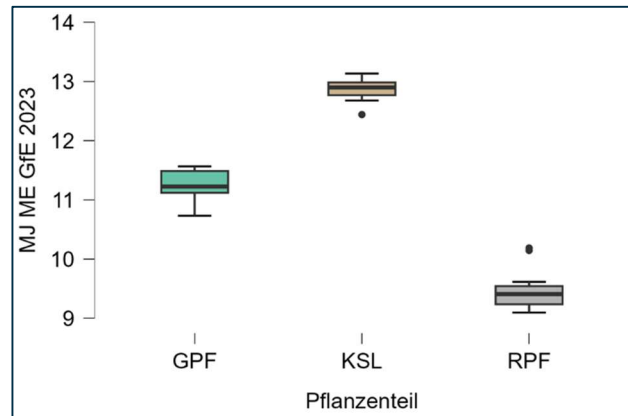


Abbildung 13: Energiegehalt (MJ ME/kg TS, GfE 2023) in den verschiedenen Pflanzenteilen

Die abgeleiteten Energiewerte nach GfE (2023) variierten bei den Maisganzpflanzen zwischen 10,7 – 11,6 MJ ME/kg TS (MW 11,3 MJ), während bei den Kolben Werte zwischen 12,8 – 13,0 MJ ME (MW 12,9 MJ), in den Restpflanzen dagegen nur 9,1 - 10,2 MJ ME (MW 9,5 MJ) kalkuliert wurden. Im Vergleich zur bisherigen Energiekalkulation nach GfE (2020) ergaben sich um 0,31 MJ ME/kg TS höhere Energiewerte. Bezieht man die ME-Gehalte der Fraktionen auf deren Anteil an der Gesamt-TS, ergibt sich für die KSL-Fraktion ein mittlerer Energieanteil von 61 %; immerhin 39 % der Energie entfallen im Mittel auf die RPF. ZELLER et al. (2009) nennen als möglichen Energiebeitrag der Restpflanze bis zu 35 %.

Die ermittelten Werte für OMD und ME der Maisganzpflanzen lassen sich somit in die Verdaulichkeitskategorien von Maissilagen der neuen DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer (2025) einordnen: niedrig: 71 % OMD, 10,6 MJ ME/kg TS; hoch: 77 % OMD, 11,7 MJ ME/kg TS.

Schätzung der Maisrestpflanzenverdaulichkeit unter Nutzung des Parameters ELOS und Zusammenhang zur NDF-Verdaulichkeit

Tabelle 3: Nährstoffgehalte (g/kg TS), Gasbildung (ml/200 mg), Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD, %) und Energiegehalt (MJ/kg) der Ganzpflanzen verschiedener Sorten

Sorte	TS	CA	CP	CF	CL	Zucker	Stärke	ADFom	aNDFom	Hemi-cellulose	Cellu-lose	ADL	GB	ELOS	OMD GfE 2020	ME GfE 2023
Amavit	346	38	85	220	21	135	189	251	475	224	225	26	54,1	650	73	10,73
LG31227	360	35	80	197	23	117	301	214	403	189	194	20	60,1	708	76	11,22
Farmezzo	353	31	83	207	27	159	226	227	467	240	203	24	55,6	688	75	11,14
Amaroc 1	368	32	76	205	22	86	305	235	440	205	214	21	57,8	695	74	11,10
Amaroc 2	364	29	71	170	25	64	376	210	384	174	192	18	58,7	750	77	11,57
Quentin	361	30	71	178	23	47	394	210	415	205	189	21	57,9	745	77	11,52
Es Joker	321	33	82	166	25	78	325	206	397	191	190	16	56,4	735	77	11,51
Higoil San Leo	305	31	49	219	19	158	215	252	486	234	227	25	60,4	714	74	11,00
Higoil Litchi	337	26	48	183	23	97	329	219	428	209	203	16	62,6	743	76	11,46
Higoil Caleso	288	29	44	224	17	114	271	236	468	232	221	15	61,6	733	75	11,22
Keops (Praxis)	377	31	67	213	22	52	354	227	439	212	199	28	57,1	712	75	11,26
Median	353	31	71	205	23	97	305	227	439	209	203	21	57,9	714	75	11,22
Mittelwert	344	31	69	198	22	101	299	226	437	211	205	21	58,4	716	75	11,25
Standabw.	28,2	3,20	15,1	21,0	2,81	39,6	67,0	16,1	34,4	20,8	14,27	4,42	2,60	30,1	1,32	0,26
Minimum	288	26	44	166	17	47	189	206	384	174	189	15	54,1	650	73	10,73
Maximum	377	38	85	224	27	159	394	252	486	240	227	28	62,6	750	77	11,57

Schätzung der Maisrestpflanzenverdaulichkeit unter Nutzung des Parameters ELOS und Zusammenhang zur NDF-Verdaulichkeit

Tabelle 4: Nährstoffgehalte (g/kg TS), Gasbildung (ml/200 mg), Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD, %) und Energiegehalt (MJ/kg) der Kolben (einschließlich Spindel und Lieschen) verschiedener Sorten

Sorte	TS	XA	XP	XF	XL	Zucker	Stärke	ADFom	aNDFom	Hemi-cellulose	Cellulose	ADL	GB	ELOS	OMD GfE 2020	ME GfE 2023
Amavit	401	25	103	122	41	97	343	133	374	241	112	21	61,1	850	83	12,82
LG31227	472	20	90	96	38	95	467	110	338	228	98	12	63,9	881	84	12,97
Farmezzo	453	21	105	113	53	94	413	116	345	229	101	15	64,5	857	83	13,13
Amaroc 1	490	19	88	89	44	64	514	105	312	207	91	14	67,6	854	84	13,00
Amaroc 2	469	16	74	102	36	51	537	111	298	187	97	14	65,5	863	84	12,90
Quentin	468	15	75	92	37	50	544	110	287	177	99	11	67,5	875	84	12,98
Es Joker	442	19	84	98	48	92	449	112	342	230	101	11	64,8	843	83	12,99
Higoil San Leo	319	22	58	118	27	201	332	134	320	186	123	11	65,8	861	83	12,44
Higoil Litchi	440	18	57	103	37	82	466	122	321	199	111	11	66,0	870	83	12,87
Higoil Caleso	304	22	61	118	27	162	380	124	296	172	115	9	67,4	892	84	12,68
Keops (Praxis)	476	17	77	86	34	71	520	114	295	181	101	13	66,5	842	83	12,71
Median	453	19	77	102	37	92	466	114	320	199	101	12	65,8	861	83	12,90
Mittelwert	430	19	79	103	38	96	451	117	321	203	105	13	65,5	863	83	12,86
Standabw.	63,5	2,95	16,7	12,6	7,95	46,3	75,9	9,65	26,8	24,8	9,48	3,21	1,92	15,8	0,53	0,19
Minimum	304	15	57	86	27	50	332	105	287	172	91	9	61,1	842	83	12,44
Maximum	490	25	105	122	53	201	544	134	374	241	123	21	67,6	892	84	13,13

Schätzung der Maisrestpflanzenverdaulichkeit unter Nutzung des Parameters ELOS und Zusammenhang zur NDF-Verdaulichkeit

Tabelle 5: Nährstoffgehalte (g/kg TS), Gasbildung (ml/200 mg), Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD, %) und Energiegehalt (MJ/kg) der Maisrestpflanzen verschiedener Sorten

Sorte	TS	XA	XP	XF	XL	Zucker	Stärke	ADFom	aNDFom	Hemi-cellulose	Cellulose	ADL	GB	ELOS	OMD GfE 2020	ME GfE 2023
Amavit	306	44	68	296	11	154	25	338	604	266	306	32	43,9	548	66	9,62
LG31227	259	53	61	322	8	131	27	372	632	260	332	40	43,0	535	65	9,24
Farmezzo	309	41	63	304	5	167	19	357	624	267	319	38	42,5	557	66	9,47
Amaroc 1	304	53	64	330	9	102	39	374	641	267	332	42	40,2	496	63	9,10
Amaroc 2	274	52	70	339	11	51	95	378	655	277	336	42	39,6	500	63	9,15
Quentin	288	47	66	328	11	30	123	361	626	265	321	40	37,6	518	65	9,42
Es Joker	218	56	72	325	7	102	48	360	608	248	317	43	44,0	519	65	9,23
Higoil San Leo	257	42	38	284	8	155	86	303	562	259	273	30	50,3	635	70	10,19
Higoil Litchi	265	39	31	358	7	63	46	400	707	307	356	44	43,4	556	64	9,41
Higoil Caleso	261	41	34	306	8	135	74	324	595	271	296	28	53,0	642	69	10,15
Keops (Praxis)	243	52	56	316	8	155	22	342	593	251	300	42	43,3	518	65	9,34
Median	265	47	63	322	8	131	46	360	624	266	319	40	43,3	535	65	9,41
Mittelwert	271	47	57	319	8	113	55	355	623	267	317	38	43,7	548	66	9,48
Standabw.	28,5	6,10	15,0	20,8	1,92	47,3	34,6	27,2	38,1	15,66	22,67	5,62	4,46	49,4	2,27	0,37
Minimum	218	39	31	284	5	30	19	303	562	248	273	28	37,6	496	63	9,10
Maximum	309	56	72	358	11	167	123	400	707	307	356	44	53,0	642	70	10,19

Schätzung der Maisrestpflanzenverdaulichkeit unter Nutzung des Parameters ELOS und Zusammenhang zur NDF-Verdaulichkeit

Tabelle 6: Nährstoffgehalte (g/kg TS), Gasbildung (ml/200 mg), Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD, %) und Energiegehalt (MJ/kg) der Maisrestpflanzen, Mittelwerte über Reifegruppen und Highoil-Sorten

Sorte	Fraktion	TS	XA	XP	XF	XL	Zucker	Stärke	ADFom	aNDFom	Hemi-cellulose	Cellulose	ADL	GB	ELOS	OMD GfE 2020	ME GfE 2023
früh	GPF	357	34	81	207	23	124	255	232	446	215	209	23	57	685	74	11,05
mittelfrüh	GPF	349	31	75	171	24	63	365	209	399	190	190	18	58	743	77	11,53
früh	KSL	454	21	97	105	44	88	434	116	342	226	101	16	64	861	83	12,98
mittelfrüh	KSL	410	19	72	103	37	114	442	119	316	198	108	11	66	860	83	12,80
früh	RPF	295	48	64	313	8	139	28	360	625	265	322	38	42	534	65	9,36
mittelfrüh	RPF	260	52	69	331	10	61	89	366	630	263	325	42	40	512	64	9,27
Highoil	GPF	334	29	53	207	21	88	318	227	445	218	208	20	60	729	76	11,31
Highoil	KSL	407	19	65	102	33	105	455	120	304	184	109	11	67	868	83	12,75
Highoil	RPF	256	44	40	327	8	118	47	355	632	276	317	38	47	572	66	9,63

Schätzung der Maisrestpflanzenverdaulichkeit unter Nutzung des Parameters ELOS und Zusammenhang zur NDF-Verdaulichkeit

Tabelle 7: Korrelationen zwischen den Nährstoffgehalten (g/kg TS), der Gasbildung (ml/200 mg), der Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD, %) und dem Energiegehalt (MJ/kg) in der Restpflanze

	TM	CA	CP	CF	CL	Zucker	Stärke	ADFom	aNDFom	Hemicellulose	Cellulose	ADL	HFT	ELOS	RPFV1	RPFV2	RPFV3	RPFV4	RPFV5	GE GfE 2023	OMD GfE 2023	MJ ME GfE 2023
TM		-0.84	0.63***	-0.859	0.895***	-0.424	0.887***	-0.847	-0.812	-0.584	-0.856	-0.73	0.745***	0.794***	0.69***	0.639***	0.681***	0.635***	0.509**	0.894***	0.823***	0.852***
CA	-0.84		-0.336	0.944***	-0.865	0.195	-0.931	0.944***	0.922***	0.716***	0.938***	0.928***	-0.942	-0.965	-0.883	-0.865	-0.876	-0.86	-0.736	-0.783	-0.958	-0.962
CP	0.63***	-0.336		-0.53	0.677***	-0.259	0.482**	-0.519	-0.494	-0.346	-0.538	-0.341	0.316*	0.394*	0.323*	0.294*	0.326*	0.3*	0.238	0.734***	0.46**	0.491**
CF	-0.859	0.944***	-0.53		-0.922	0.169	-0.955	0.995***	0.987***	0.813***	0.993***	0.944***	-0.945	-0.974	-0.88	-0.87	-0.878	-0.87	-0.744	-0.81	-0.989	-0.987
CL	0.895***	-0.865	0.677***	-0.922		-0.283	0.89***	-0.927	-0.879	-0.604	-0.934	-0.817	0.832***	0.885***	0.826***	0.792***	0.823***	0.791***	0.693***	0.954***	0.91***	0.938***
Zucker	-0.424	0.195	-0.259	0.169	-0.283		-0.417	0.154	0.159	0.148	0.164	0.065	-0.072	-0.126	-0.061	0.128	-0.053	0.129	0.246	-0.46	-0.138	-0.189
Stärke	0.887***	-0.931	0.482**	0.955	0.89***	-0.417		0.95	-0.954	-0.817	0.95	-0.897	0.909***	0.93***	0.807***	0.751***	0.803***	0.75***	0.593***	0.818***	0.944***	0.95***
ADFom	-0.847	0.944***	-0.519	0.995***	-0.927	0.154	-0.95		0.986***	0.795***	0.999***	0.945***	-0.953	-0.981	-0.896	-0.887	-0.895	-0.888	-0.767	-0.809	-0.995	-0.993
aNDFom	-0.812	0.922***	-0.494	0.987***	-0.879	0.159	-0.954	0.986***		0.884***	0.983***	0.95***	-0.952	-0.963	-0.85	-0.844	-0.85	-0.845	-0.708	-0.747	-0.98	-0.969
Hemicellulose	-0.584	0.716***	-0.346	0.813***	-0.604	0.148	-0.817	0.795***	0.884***		0.785***	0.819***	-0.803	-0.763	-0.588	-0.589	-0.591	-0.592	-0.431	-0.452	-0.785	-0.75
Cellulose	-0.856	0.938***	-0.538	0.993***	-0.934	0.164	-0.95	0.999***	0.983***	0.785***		0.93***	-0.944	-0.977	-0.895	-0.884	-0.894	-0.884	-0.765	-0.82	-0.993	-0.992
ADL	-0.73	0.928***	-0.341	0.944***	-0.817	0.065	-0.897	0.945***	0.95***	0.819***	0.93***		-0.962	-0.953	-0.849	-0.859	-0.848	-0.859	-0.736	-0.674	-0.955	-0.94
HFT	0.745***	-0.942	0.316*	-0.945	0.832***	-0.072	0.909***	-0.953	-0.952	-0.803	-0.944	-0.962		0.969***	0.864***	0.875***	0.863***	0.874***	0.743***	0.682***	0.966***	0.953***
ELOS	0.794***	-0.905	0.394*	-0.974	0.005***	-0.126	0.93***	-0.901	-0.903	-0.763	-0.977	-0.953	0.969***		0.945***	0.934***	0.944***	0.933***	0.823***	0.765***	0.955***	0.99***
RPFV1	0.69***	-0.883	0.323*	-0.88	0.826***	-0.061	0.807***	-0.896	-0.85	-0.588	-0.895	-0.849	0.864***	0.945***		0.979***	1***	0.979***	0.936***	0.72***	0.923***	0.924***
RPFV2	0.639***	-0.865	0.294*	-0.87	0.792***	0.128	0.751***	-0.887	-0.844	-0.589	-0.884	-0.859	0.875***	0.934***	0.979***		0.98***	1***	0.968***	0.648***	0.914***	0.905***
RPFV3	0.681***	-0.876	0.326*	-0.878	0.823***	-0.053	0.803***	-0.895	-0.85	-0.591	-0.894	-0.848	0.863***	0.944***	1***	0.98***		0.98***	0.939***	0.714***	0.922***	0.922***
RPFV4	0.635***	-0.86	0.3*	-0.87	0.791***	0.129	0.75***	-0.888	-0.845	-0.592	-0.884	-0.859	0.874***	0.933***	0.979***	1***	0.98***		0.968***	0.645***	0.914***	0.904***
RPFV5	0.509**	-0.736	0.238	-0.744	0.693***	0.246	0.593***	-0.767	-0.708	-0.431	-0.765	-0.736	0.743***	0.823***	0.936***	0.968***	0.939***	0.968***		0.551***	0.797***	0.789***
GE GfE 2023	0.894***	-0.783	0.734***	-0.81	0.954***	-0.46	0.818***	-0.809	-0.747	-0.452	-0.82	-0.674	0.682***	0.765***	0.72***	0.648***	0.714***	0.645***	0.551***		0.79***	0.837***
OMD GfE 2023	0.823***	-0.958	0.46**	-0.859	0.91***	-0.138	0.944***	-0.995	-0.98	-0.785	-0.993	-0.955	0.966***	0.995***	0.923***	0.914***	0.922***	0.914***	0.797***	0.79***		0.996***
MJ ME GfE 2023	0.852***	-0.962	0.491**	-0.987	0.938***	-0.189	0.95***	-0.993	-0.969	-0.75	-0.992	-0.94	0.953***	0.99***	0.924***	0.905***	0.922***	0.904***	0.789***	0.837***	0.996***	

Tabelle 8: Korrelationen zwischen den Restpflanzenverdaulichkeiten, den NDF-Verdaulichkeiten sowie der Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD, %) und dem Energiegehalt (MJ/kg)

RPFV1		0.979***	1***	0.979***	0.936***	0.962***	-0.459	0.316	0.69***	0.811***	0.579**	0.72***	0.923***	0.924***
RPFV2	0.979***		0.98***	1***	0.968***	0.939***	-0.453	0.292	0.466*	0.718***	0.575**	0.648***	0.914***	0.905***
RPFV3	1***	0.98***		0.98***	0.939***	0.959***	-0.467	0.324	0.699***	0.807***	0.569**	0.714***	0.922***	0.922***
RPFV4	0.979***	1***	0.98***		0.968***	0.937***	-0.461	0.301	0.477*	0.714***	0.566**	0.645***	0.914***	0.904***
RPFV5	0.936***	0.968***	0.939***	0.968***		0.911***	-0.211	0.272	0.214	0.512**	0.4*	0.551***	0.797***	0.789***
NDFD-WB	0.962***	0.939***	0.959***	0.937***	0.911***		-0.319	0.193	0.499*	0.76***	0.594**	0.782***	0.879***	0.896***
tNDFD 12h RR	-0.459	-0.453	-0.467	-0.461	-0.211	-0.319		0.468*	-0.296	-0.481	-0.28	-0.562	-0.693	-0.685
tNDFD 30h RR	0.316	0.292	0.324	0.301	0.272	0.193	0.468*		0.346	0.129	0.229	-0.084	0.16	0.152
tNDFD 48h RR	0.69***	0.466*	0.699***	0.477*	0.214	0.499*	-0.296	0.346		0.616**	0.506**	0.527**	0.626**	0.645***
tNDFD 120h RR	0.811***	0.718***	0.807***	0.714***	0.512**	0.76***	-0.481	0.129	0.616**		0.684***	0.498*	0.773***	0.78***
tNDFD 240h RR	0.579**	0.575**	0.569**	0.566**	0.4*	0.594**	-0.28	0.229	0.506**	0.684***		0.516**	0.621**	0.638***
GE GfE 2023	0.72***	0.648***	0.714***	0.645***	0.551***	0.782***	-0.562	-0.084	0.527**	0.498*	0.516**		0.79***	0.837***
OMD GfE 2023	0.923***	0.914***	0.922***	0.914***	0.797***	0.879***	-0.693	0.16	0.626**	0.773***	0.621**	0.79***		0.996***
MJ ME GfE 2023	0.924***	0.905***	0.922***	0.904***	0.789***	0.896***	-0.685	0.152	0.645***	0.78***	0.638***	0.837***	0.996***	
	RPFV1	RPFV2	RPFV3	RPFV4	RPFV5	NDFD-WB	tNDFD 12h RR	tNDFD 30h RR	tNDFD 48h RR	tNDFD 120h RR	tNDFD 240h RR	GE GfE 2023	OMD GfE 2023	MJ ME GfE 2023

Die auf Basis verschiedener Formeln geschätzte Restpflanzenverdaulichkeit ist der Tabelle 9 zu entnehmen.

Mit Hilfe der DINAG-Formel nach ARGILLIER et al. (1995) wurde auf Basis der Nährstoffgehalte der Ganzpflanzen eine mittlere Restpflanzenverdaulichkeit von 53 % ermittelt bei einer Variation zwischen 48 und 57 (RPFV1). Werden die Parameter der DINAG-Formel auf die organische Substanz statt Trockensubstanz bezogen, ergibt sich ein mittlerer Verdaulichkeitswert von 56 % bei ähnlicher Sortenrangierung (RPFV3).

Der vorgenommene Zuckerabzug wird häufig diskutiert. Zwar spielt der Zucker bezogen auf das Endprodukt Silage keine große Rolle, jedoch müssten in diesem Fall die Gärprodukte bei der Einschätzung der Restpflanzenverdaulichkeit berücksichtigt werden. Verzichtet man auf den Zuckerabzug und ordnet diesen somit der Restpflanze zu (RPFV2), ergibt sich erwartungsgemäß eine erhöhte Verdaulichkeit (59 %), wobei sich die Rangierung zwischen den Sorten änderte (Tabelle 9). Bei zusätzlichem Zuckerabzug ergab sich ein mittlerer Wert von 62 % (RPFV4). Zudem wurde eine von MÜLLER entwickelte Formel genutzt (RPFV5), die einem ähnlichen Ansatz wie ARGILLIER et al. (1995) folgt (mündliche Mitteilung 2020). Auch hier basiert die Schätzung der Restpflanzenverdaulichkeit auf den Gehalt an ELOS, jedoch wird der Zucker der Restpflanze zugeordnet (kein Zuckerabzug) und für die Stärkeverdaulichkeit aufgrund der relativen Konstanz ein fester Wert ansetzt. Diese

Kalkulation wird u.a. bei der Auswertung der Landessortenversuche MV verwendet (mündliche Mitteilung V. MICHEL, 2021). In der vorliegenden Auswertung ergaben sich für die RPFV5 die vergleichsweise höchsten Verdaulichkeitswerte (im Mittel 64 %). Die Sortenrangierung kam denen der RPFV 2 und 4 ohne Zuckerabzug nahe (Tabelle 9).

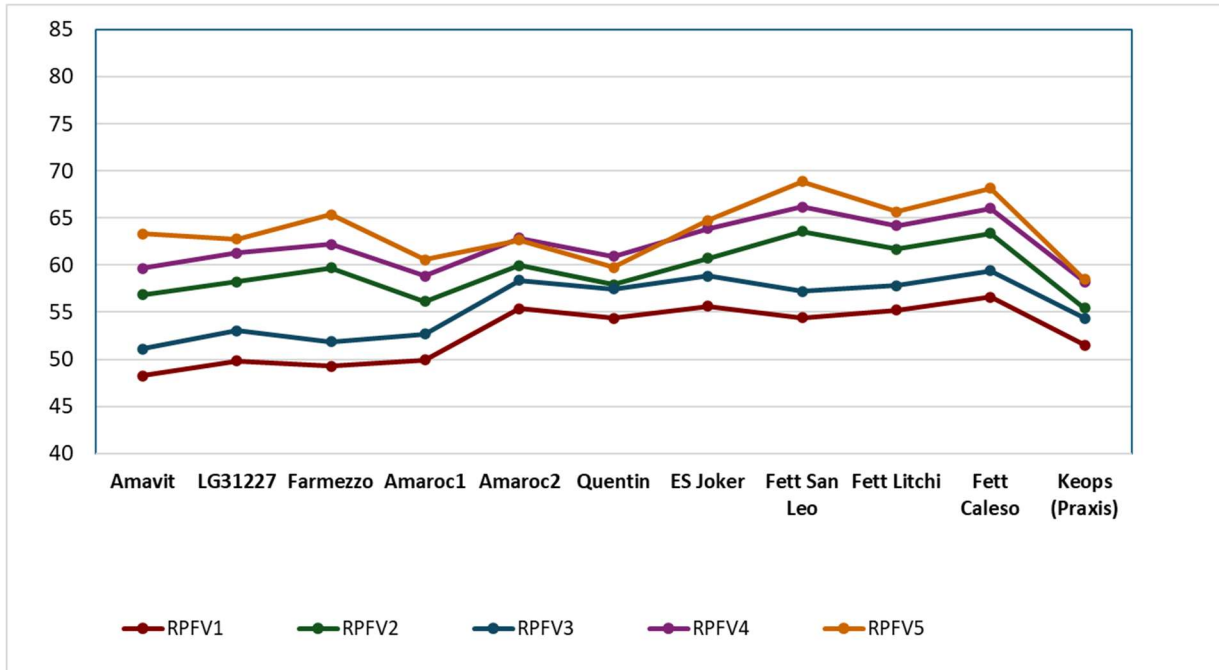


Abbildung 14: Restpflanzenverdaulichkeit (%) im Formelvergleich

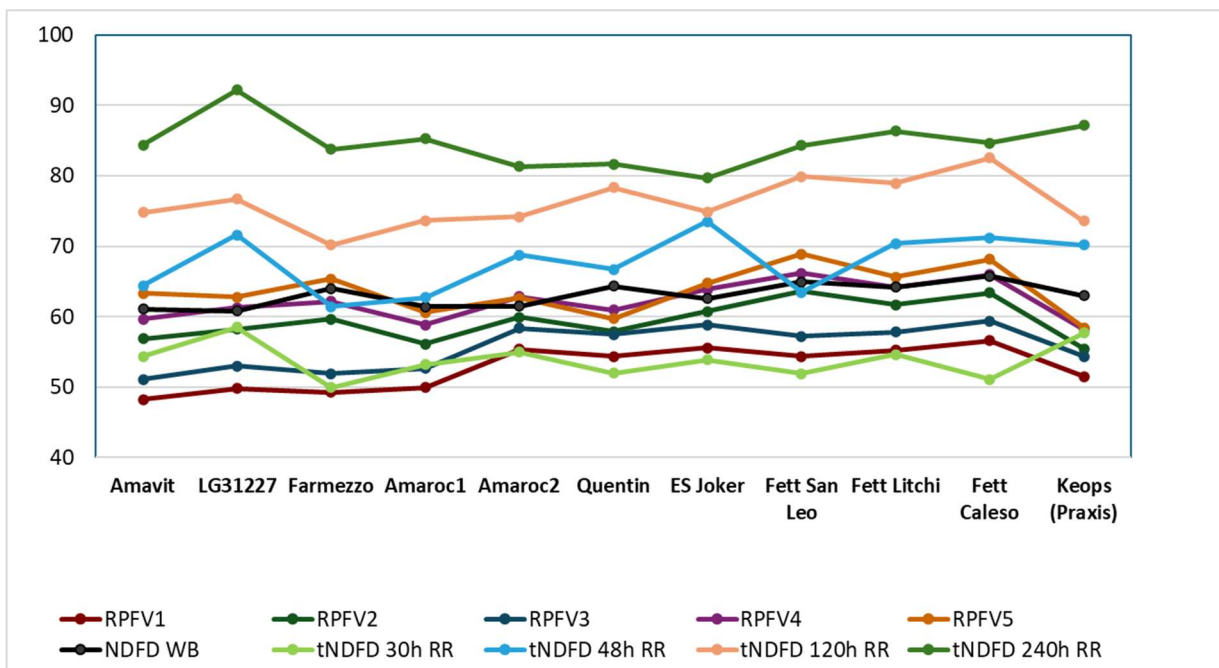


Abbildung 15: Restpflanzenverdaulichkeit (%) und NDF-Verdaulichkeit (%) im Formel- und Methodenvergleich

Da der ELOS-Wert Bestandteil bei der Ableitung der RPV ist, ergab sich erwartungsgemäß eine enge Korrelation (z.B. 0,94 bei RPFV 1). Auch bei der Gasbildung nach HFT konnte ein enger Zusammenhang herausgestellt werden (Tabelle 7).

Obwohl die Restpflanzenverdaulichkeit nicht der NDF-Verdaulichkeit bzw. NDF-Abbauraten im Pansen gleichgesetzt werden kann, da Restpflanzen neben der NDF-Fraktion u.a. auch Protein und Zucker enthalten, wird häufig die NDF-Verdaulichkeit zur Bewertung der Restpflanze herangezogen.

Die nach WEISBJERG et al. (2004a, b) geschätzte NDF-Verdaulichkeit ordnete sich von der Größenordnung her gut in die Werte der RPFV 4 und RPFV 5 ein. Die Rangierung passte dagegen eher zu den RPFV 1 und 3, da hier durch den vorgenommenen Zuckerabzug überwiegend die Faser der Restpflanze bewertet wird (Abbildung 15, Tabelle 9).

Die mittels CNCPS auf NIRS-Basis geschätzten NDF-Abbauraten (tNDFD RR) wichen dagegen z.T. erheblich von den berechneten RPFV-Werten ab. Lediglich bei der tNDFD 30 h wurde im Mittel ein Wert von 54 % ermittelt. Auch dieser kam den RPFV 1 lag und RPFV 3 (im Mittel 53 bzw. 56 %) recht nahe. Es ergab sich jedoch eine andere Rangierung zwischen den Sorten. Werte von über 50 % für tNDFD 30 h sprechen für eine hohe Zellwandverdaulichkeit (MAHLKOW-NERGE und RICHARDT, 2021). Mit Anstieg der Fermentationszeit wurden vergleichsweise deutlich höhere Werte ermittelt, wobei sich die Rangierung wiederum änderte (Abbildung 15, Tabelle 9). Dennoch konnte zwischen der tNDFD 30 h und den Restpflanzenverdaulichkeiten kein signifikanter Zusammenhang hergestellt werden, was möglicherweise der geringen Probenanzahl geschuldet ist. Ein entsprechender Zusammenhang ergab sich dagegen trotz deutlich höherer Werte bei der tNDFD 48 h (RPFV 1-4) sowie bei der tNDFD 240 h (RPFV 1-5). Der engste Zusammenhang bestand jedoch bei der tNDFD 120 h (z.B. $r = 0,807$ zu RPFV3).

Inwiefern die gemessenen Abbauraten im Pansen mit in vivo-Werten übereinstimmen, konnten in den vorliegenden Untersuchungen nicht für alle einzelnen Sorten, sondern nur im Rahmen der ergänzenden Hammelversuche (Kapitel 5), geprüft werden. Ein entsprechender Zusammenhang zwischen NDF-Abbauraten verschiedener Konzentrat- und Kraftfutter (ermittelt mittels CNCPS, LKS Sachsen) und der NDFD in vivo aus dem Hammeltest wurde von PRIEPKE et al. (2025) untersucht. Die größte Übereinstimmung zeigte sich bei hier den 120h-Messungen. Jedoch ergab sich auch hier nur ein geringer Zusammenhang ($R^2 = 0,362$), was mit der relativ großen Streuung im Zusammenhang stand.

Zuchtunternehmen nutzen häufig die NDFD30, also die Abbaubarkeit nach 30 Stunden Inkubation mit Pansensaft, um Anhand des Anteils der schnellverdaulichen Faserbestandteile ihre Sorten einzustufen und zu klassifizieren. Untersuchungen von KWS (siehe MONTAG, 2025) an verschiedenen Sorten über vier Jahre und an drei verschiedenen Standorten zeigten, dass es bezüglich der NDF-Abbaubarkeit sehr variable, aber auch stabile, gute Sorten gibt.

Der Einfluss **der Sortenwahl** auf die NDF-Abbaubarkeit bzw. -verdaulichkeit wurde bereits vielfach herausgestellt (In: TERLER und GRUBER, 2019). So zeigte sich in Untersuchungen zu Stay-green-Sorten mit langsamerer Abreife eine im Schnitt höhere Restpflanzenverdaulichkeit im Vergleich zu Sorten mit schneller Restpflanzenabreife (HARTMANN und GEIGER (2001), TERLER und Gruber (2019)). Auch für bm3-Sorten konnte aufgrund der geringeren Lignifizierung eine höhere NDF-Abbaubarkeit im Vergleich zu konventionellen Sorten festgestellt werden (In TERLER und Gruber (2019) sowie FERREIRA et al. (2023)).

Ein hoher Effekt auf die Faserverdaulichkeit wird **Umwelteinflüssen** wie der Wahl des Erntezeitpunktes und der Witterung während der Ernteperiode zugeschrieben (TERLER und GRUBER, 2019). In Untersuchungen von ZELLER et al. (2009) wurden Restpflanzen verschiedener Genotypen nach ihrer Siloreifezahl in drei Reifegruppen unterteilt und zu vier verschiedenen Erntezeitpunkten beprobt. Bei den Sorten der Reifegruppe 1 (Siloreifezahl S210-220) wurden bei gleichem physiologischen Reifestatus vergleichsweise geringere Gehalte an Gerüstsubstanzen und damit einhergehend eine höhere ruminale TS-Abbaubarkeit sowie in vitro-

Verdaulichkeit (ELOS bzw. GB) festgestellt. Zudem stiegen in allen Reifegruppen mit fortschreitender Abreife der Restpflanze die Rohfaser- und NDF-Gehalte an. Es zeigte sich eine enge Korrelation zwischen dem NDF-Gehalt der Restpflanze zur ruminalen TS-Abbaubarkeit ($r = -0,81$), wogegen keine Beziehung zur ruminalen NDF-Abbaubarkeit bestand.

In Untersuchungen von KWS (MONTAG, 2025) zeigten sich im trockenen Jahr 2022 im Vergleich zum Vorjahr höhere NDFD30-Abbauraten, was mit einer vorgezogenen Ernte und dem physiologisch jüngeren Erntematerial im Zusammenhang stand. Gerade bei anhaltender Trockenheit ist daher die Entwicklung der ganzen Pflanze zu beobachten, um gegebenenfalls die Ernte vorzuziehen, um ausreichend hohe Verdaulichkeiten zu sichern. HARTMANN und GEIGER (2001) vermuten, dass bei sehr später Ernte die vertrocknete Restpflanze eine deutlich geringere Verdaulichkeit hat als relativ frühreife, noch grüne Silomaisbestände. Dies zeigte sich auch in Untersuchungen von MARCO et al. (2002), HOFFMANN et al. (2003) sowie FERREIRA et al. (2023).

In der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurden je neun Maissorten von drei unterschiedlichen Reifestadien (50, 55 und 60 % Trockenmassegehalt des Kolbens) untersucht. Es zeigten sich kaum wesentliche Unterschiede in der Nährstoffzusammensetzung des Erntegutes, dagegen deutliche Differenzen besonders bei der Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen ($aNDF_{om}$). Dabei bestand eine relativ enge Beziehung zwischen der Verdaulichkeit der $aNDF_{om}$ -Fraktion und der Verdaulichkeit der gesamten organischen Masse ($R^2 = 0,58$, TERLER et al., 2017).

ZELLER et al. (2009) konnten jedoch keinen Einfluss des Erntezeitpunktes auf die NDF-Abbaubarkeit feststellen (siehe oben). Auch BAL et al. (2000) schlussfolgerten, dass die NDF-Abbaubarkeit der Restpflanze nicht vom Erntezeitpunkt beeinflusst wird. Bezüglich der Ligningehalte konnten ZELLER et al. (2009) keinen deutlichen Zusammenhang zur ruminalen Abbaubarkeit der TS und NDF feststellen.

Die von TERLER und GRUBER (2019) festgestellte insgesamt große Variation in der Zellwand- bzw. NDF-Verdaulichkeit zeigten sich auch in der Auswertung der Maissilagen der Ernte 2020, wobei die potenzielle $aNDF_{om}$ -Verdaulichkeit (NDFD 240h) zu 95 % der Proben zwischen 65 und 85 % variierte (MAHLKOW-NERGE und RICHARDT, 2021).

Der Einfluss der Faserverdaulichkeit NDFD auf die Futteraufnahme und die Milchleistung wurde in verschiedenen Untersuchungen analysiert. In der oben zitierten Studie von TERLER et al. (2017) zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Verdaulichkeit der organischen Masse bzw. der NDF sowie der Futteraufnahme und der damit verbundenen Milchleistung. Ein entsprechender Zusammenhang wurde auch von OBA und ALLEN (1997), KRÄMER-SCHMIDT et al. (2016) sowie HOFFMANN und BAUMANN (2003) nachgewiesen. Im VBZL Haus Riswick wurde ein Fütterungsversuch mit 48 Milchkühen durchgeführt, in dem zwei Silomais-sorten mit unterschiedlicher Restpflanzenverdaulichkeit geprüft wurden. Der Anteil an Maissilage betrug 41 % der TM der Mischration. Die im Hammeltest nachgewiesene höhere Verdaulichkeit der Sorte SY Feronia bewirkte jedoch keine Verbesserung der Milchleistung (BÖTTGER et al., 2023).

Ergänzend zu den geschätzten Restpflanzen- und NDF-Verdaulichkeiten wurde in Tabelle 9 die Verdaulichkeit der OM (OMD) aufgenommen, die auf Basis von Analysenparametern der Restpflanze ermittelt wurde. Es ist davon auszugehen, dass die abgeleitete OMD-Formel (GfE 2020) auch für das Restpflanzenmaterial geeignet ist. Im Mittel wurden eine OMD von 66 % ermittelt, was in den Bereich der NDF-Verdaulichkeit nach Weißbjerg oder der Restpflanzenverdaulichkeit nach Müller fällt. Jedoch ergab sich hier wiederum eine gänzlich veränderte Sortenrangierung.

Um die Leistungsfähigkeit verschiedener Maissorten bzw. -aufwüchse vergleichend einzuordnen, sollten die vorgeschlagenen Formeln zur Restpflanzen- und NDF-Verdaulichkeit zu einer gleichen Rangierung führen. Dies konnte auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse nicht bestätigt werden (siehe Tabelle 9).

Schätzung der Maisrestpflanzenverdaulichkeit unter Nutzung des Parameters ELOS und Zusammenhang zur NDF-Verdaulichkeit

Tabelle 9: Geschätzte Restpflanzenverdaulichkeit (%) auf Grundlage verschiedener Formeln sowie NDF-Verdaulichkeit (%)

Sorte	RPFV1	RPfIV3	RPFV2	RPfIV4	RPfIV5	NDFD WB	tNDFD 30h RR	tNDFD 48 h RR	tNDFD 120h RR	tNDFD 240h RR	OMD in RPF (GfE 2020)
Amavit	48	51	57	60	63	61	54	64	75	84	66
LG31227	50	53	58	61	63	61	59	72	77	92	65
Farmezzo	49	52	60	62	65	64	50	61	70	84	66
Amaroc1	50	53	56	59	61	61	53	63	74	85	63
Amaroc2	55	58	60	63	63	62	55	69	74	81	63
Quentin	54	57	58	61	60	64	52	67	78	82	65
ES Joker	56	59	61	64	65	63	54	74	75	80	65
San Leo*	54	57	64	66	69	65	52	63	80	84	70
Litchi*	55	58	62	64	66	64	55	70	79	86	64
Caleso*	57	59	63	66	68	66	51	71	83	85	69
Keops	52	54	55	58	58	63	58	70	74	87	65
Median	54	57	60	62	63	63	54	69	75	84	65
Mittelwert	53	56	59	62	64	63	54	68	76	85	66
Standabw.	3,03	3,08	2,78	2,72	3,30	1,69	2,64	4,13	3,52	3,34	2,27
Minimum	48	51	55	58	58	61	50	61	70	80	63
Maximum	57	59	64	66	69	66	59	74	83	92	70

5 In vivo-Versuche mit Hammeln

5.1 Material und Methoden

Zur Ermittlung der tatsächlichen Nährstoffverdaulichkeit von Maisganzpflanzen und der Restpflanzen wurden zwei ergänzende Hammelversuche durchgeführt. Dazu wurde in einem Praxisschlag der Gut Dummerstorf GmbH eine Fläche freigeschnitten, auf dieser per Hand die Kolben entnommen und anschließend die nun verbliebenen Restpflanzen mit dem Häcksler geerntet (Abbildung 16 bis Abbildung 19). Für die Bestimmung der Verdaulichkeit der Ganzpflanze inklusive Kolben wurde das Häckselgut der Ganzpflanze direkt beim Befüllen der Praxissilos entnommen.



Abbildung 16: Praxisschlag



Abbildung 17: Ernte im Praxisschlag



Abbildung 18: Ernte im Praxisschlag



Abbildung 19: Maishäcksel (Restpflanze)

Die Durchführung der Verdauungsversuche orientierte sich an den von SCHIEMANN (1981) bzw. an den vom Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GFE, 1991) herausgegebenen Richtlinien zur Durchführung von Verdauungsversuchen zur Futterwertschätzung sowie an eigenen Untersuchungen zur Methodenstandardisierung. Die Verdaulichkeitsbestimmung erfolgte im Rahmen von Differenzversuchen unter Zulage eines zuvor geprüften Rapsextraktionsschrotes als Beifutter. Dabei wird von einer konstanten Verdaulichkeit des Beifutters ausgegangen.

Die Versuchsdauer betrug 21 Tage (14 d Adaptation an Haltung und Fütterung, 7 d Sammelperiode). Die Fütterung erfolgte zweimal täglich um 7 und 14 Uhr. Wasser stand den Tieren ad libitum zur Verfügung. Die Futtermenge wurde entsprechend dem TS-Gehalt der Komponenten und der Lebendmasse für jedes Schaf

kalkuliert. Die Festlegung der an die Hammel zu verfütternden Tagesmengen orientiert sich dabei an einem Erhaltungsbedarf von 1,1. Vor Versuchsbeginn wurde das Futter für den gesamten Versuch portionsweise eingewogen und die Maishäckselportionen eingefroren. Die Kotentnahme während der 7tägigen Kotsammelperiode erfolgte zweimal täglich um 7 und 14 Uhr. Bei jeder Sammlung wurde die Kotmenge erfasst und anschließend als Sammelprobe für jedes Tier in geschlossenen Behältern bei - 18 °C eingefroren.

Die Analytik der Nährstoffzusammensetzung der Futter und Kote wurde in der LUFA Rostock nach dem Methodenbuch III des Verbandes VDLUFA (2012) durchgeführt. Zudem erfolgte in den Silagemischproben die Gärsäure- und Alkoholbestimmung zur notwendigen TS-Korrektur auf flüchtige Substanzen (nach WEISSBACH und STRUBELT, 2008).

Die Nährstoffverdaulichkeit des Rapsextraktionsschrotes wurde im Vorfeld im Rahmen eines Differenzversuches ermittelt. Auch die Prüfung der Nährstoffverdaulichkeit der Maishäcksel (Prüffutter) erfolgte im Rahmen von Differenzversuchen auf Grundlage der Nährstoffverdaulichkeit des Beifutters (Rapsextraktionsschrot):

Nährstoff-Verdaulichkeit Prüffutter (%) =

$$[g \text{ Nährstoffaufnahme Prüffutter} - (g \text{ unverdauter Nährstoff Gesamtration} - g \text{ unverdauter Nährstoff Beifutter})] * 100 / g \text{ Nährstoffaufnahme Prüffutter.}$$

Die Berechnung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie (ME) erfolgte auf Grundlage der neuen Empfehlungen der GFE (2023).

5.2 Ergebnisse

Die Nährstoffzusammensetzung der in den Hammelversuchen verwendeten Maisganzpflanzen und Maisrestpflanzen ist der Tabelle 10 zu entnehmen. Das für die Hammelversuche genutzte Material wich damit zum Teil deutlich von der mittleren Zusammensetzung der unter Punkt 4 untersuchten Aufwüchse ab. So wurden anhand der Einzelpflanzen höhere Werte für Zucker und z.T. für Stärke, geringere NDF-Werte und folglich deutlich höhere Gasbildungs- und ELOS-Werte ermittelt. Hier deutet sich das Problem einer möglicherweise nicht repräsentativen Probenahme an, wenn diese auf wenige Einzelpflanzen basiert.

Tabelle 10: Zusammensetzung der Maisganzpflanzen und Maisrestpflanzen im Hammelversuch (g/kg TS, Gasbildung (ml/200 mg))

	TS	CA	CP	CL	CF	Zucker	Stärke	ADF _{om}	aNDF _{om}	GB	ELOS
GPF	333	38	67	29	234	35	259	255	476	49,0	660
RPF	253	54	52	12	366	55	11	411	711	36,2	478

Die Zusammensetzung der gesamten Prüfrationen ist der Tabelle 11 zu entnehmen.

Die Gesamtration im Versuch 1 zur Prüfung der Ganzpflanzenverdaulichkeit lag mit einem Rohproteingehalt von ca. 13 %, einem Stärke/Zucker-Gehalt von 27 % und einem Rohfasergehalt von 21 % bzw. einem aNDF_{om}-Gehalt von 45 % im Rahmen der später abgeleiteten Empfehlungen für Prüfrationen im Hammeltest (PRIEPKE und LOSAND, 2022). Im Versuch 2 zur Prüfung der Restpflanzenverdaulichkeit wurden dagegen trotz vorheriger Rationskalkulation zwar die Empfehlungen für das Rohprotein eingehalten (≥ 12 %), jedoch lag die Stärke-Zuckerfraktion unter der Empfehlung von 12 %. Der Fasergehalt überschritt mit 31 % XF bzw. 62 % die Maximalempfehlungen von 20 bzw. 50 %. Möglicherweise sind damit keine optimalen Pansenbedingungen gewährleistet, was zu einer verringerten Nährstoffverdaulichkeit führen kann.

Tabelle 11: Zusammensetzung der Prüfrationen (g/Tier/d und % der Gesamt-TM bzw. g/kg TS)

		Versuch 1 (GPF)	Versuch 2 (RPF)
Maishäcksel	g TS/Tier/d; (% der Gesamt-TM)	643 (80)	643 (76)
Ergänzer (RES)	g TS/Tier/d; (% der Gesamt-TM)	162 (20)	198 (24)
TM	g/kg TS	382	305
CP	g/kg TS	127	125
CL	g/kg TS	32	19
Zucker	g/kg TS	47	65
Stärke	g/kg TS	221	26
CF	g/kg TS	210	306
aNDF _{om}	g/kg TS	446	621
ADF _{om}	g/kg TS	245	363

Die ermittelten Nährstoffverdaulichkeiten sowie die abgeleiteten Energiegehalte sind in Tabelle 12 dargestellt. Für das Ganzpflanzenmaterial wurde eine Verdaulichkeit der organischen Masse (OMD) von 72 % festgestellt, was gut mit dem kalkulierten Wert übereinstimmt (Tabelle 13). Im Restpflanzenmaterial wurde im Hammeltest dagegen mit 46 % ein deutlich geringerer Wert ermittelt, auch geringer als über die Schätzformel kalkuliert (61 %). Das gleiche gilt für die aNDF_{om}-Verdaulichkeit (NDFD 61 bzw. 42 %). Zu erklären ist die vergleichsweise höhere Verdaulichkeit der Gesamtpflanze durch den hochverdaulichen Stärkeanteil des Maiskolbens. Zu anderen Ergebnissen kamen dagegen BÖTTGER et al. (2023). Hier lag die Ganzpflanzenverdaulichkeit bei 72-74 % (OMD) bzw. 49-50 % (NDFD). Dagegen wurden in der Restpflanze eine OMD 58-62 % sowie eine NDFD von 55-61 % ermittelt. Damit wies in den Untersuchungen von BÖTTGER et al. (2023) die Restpflanze eine im Vergleich zur Gesamtpflanze höhere NDF-Verdaulichkeit auf. BARRIERE et al (2004) werteten eine Vielzahl von Hammelversuchen zur Bestimmung der Nährstoffverdaulichkeit verschiedener Mais-hybridsorten aus den Jahren 1969 bis 2002 aus. Bei der OMD wurde eine Spannbreite von 61 – 77 % (im Mittel 70 %) festgestellt, während für die NDFD eine hohe Variation zwischen 33 und 66 % (im Mittel 50 %) abgeleitet wurde. Die in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Verdaulichkeiten für die Maisganzpflanze ordnen sich gut in diese Werte ein.

Der für die Ganzpflanze abgeleitete Energiegehalt betrug 10,5 MJ ME/kg, was etwas unterhalb des nach GfE (2023) kalkulierten Wertes (11,00 MJ ME/kg) lag. Ein deutlich geringer Wert von 8,9 MJ ME/kg wurde nach GfE (2023) für die Maisrestpflanze kalkuliert, welcher aber im Hammeltest mit nur 6,30 MJ ME/kg deutlich unterschritten wurde. Ursache für die im Hammeltest ermittelten geringen Werte für die Nährstoffverdaulichkeit sowie die Energiekonzentration im Restpflanzenmaterial können möglicherweise in einer nicht-optimalen Nährstoffausstattung der Gesamtration liegen (s.o.). Trotz Zulage von Rapsextraktionsschrot ist es offenbar nicht vollständig gelungen, die später abgeleiteten Richtwerte für eine pansenoptimierte Ration herzustellen (PRIEPKE und LOSAND, 2022).

Die im Hammelversuch ermittelte OMD der Maisrestpflanze von 46 % lag etwas unter der kalkulierten RPFV1, für die RPFV 2-5 ergaben sich noch höhere Werte (Tabelle 13). Während für die NDFD im Hammeltest für die GPF und RPF unterschiedliche Werte ermittelt wurden (61 bzw. 42 %), ergab die Kalkulation der NDF-Verdaulichkeit nach WEIßBJERG (2004a,b) sowohl für die Ganzpflanze als auch für die Restpflanze ein Wert von 61 %. Ähnliche Größenordnungen wurden mittels CNCPS (LKS) bei 120 h ermittelt, wogegen bei 30 h unerklärlicherweise in der RPF eine höhere NDFD als in der GPF ermittelt wurden.

Zusätzlich wurde im Ganz- und Restpflanzenmaterial der Hammelversuche die NDF-Verdaulichkeit nach der oben beschriebenen Methode beim LKV BB untersucht und aus der Differenz von aNDF_{om} und EiNDF

(Enzymunlösliche NDF) berechnet (PRIEPKE et al., 2025). Hier wurden nur geringe NDF-Verdaulichkeiten von 39 bzw. 30 % ermittelt, wobei die jüngst geprüfte Methodenumkehr zu höheren Werten führte (45 bzw. 40 %). Der im Hammeltest ermittelte Unterschied zwischen der Ganzpflanzen- und Restpflanzenverdaulichkeit schien sich hier zu bestätigen, wenn auch auf einem anderen Niveau.

Tabelle 12: Nährstoffverdaulichkeit in vivo (%) und Energiegehalt (MJ/kg TS) der Maisganzpflanzen und Maisrestpflanzen im Hammelversuch

	OMD	CPD	CLD	CFD	ORD	ADFD	NDFD	ME (Hammel)	ME (GfE 2023)
GPF	72	30	65	63	76	59	61	10,52	11,00
RPF	46	-12	2,1	45	47	43	42	6,30	8,91

Tabelle 13: Restpflanzenverdaulichkeit nach verschiedenen Formeln

	RPF V1	RPF V2	RPFV 3	RPFV 4	RPFV 5	NDFD WB	NDFD 30 h (LKS)	NDFD 120 h (LKS)	NDFD aus EiNDF 1 (LKV BB)	NDF-D aus EiNDF 2 (LKV BB)	OMD (GfE 2020)
GPF	52	54	55	57	60	61	24	63	39	45	73
RPV						61	41	64	30	40	61

6 Fazit

Die Restpflanzenverdaulichkeit von Mais bestimmt gemeinsam mit der verdaulichen Stärke den Energiegehalt der späteren Maissilage. Unter Nutzung der in vitro-Verdaulichkeit der organischen Substanz (ELOS) und des Stärkegehaltes kann die Verdaulichkeit der Mais-Restpflanze geschätzt werden (DINAG-Formel nach Argillier et al., 1995), wobei weitere Anpassungen diskutiert werden. Zudem wird heute die NDF-Abbaubarkeit von einigen Züchterhäusern genutzt, um die Restpflanzenverdaulichkeit annäherungsweise abzubilden. Wie gut das gelingen kann und welche Methoden sich hier eignen, sollte in der vorliegenden Arbeit geprüft werden.

Dazu erfolgten Untersuchungen anhand verschiedener Silomais-Sorten, u.a. aus dem Landessortenversuch 2020 in Gülzow aus unterschiedlichen Reifegruppen sowie ergänzend anhand verschiedener Highoil-Sorten sowie eines Praxisaufwuchses. Es wurden jeweils Gesamtpflanzen (GPF) bzw. Pflanzen geteilt nach Kolben (inklusive Spindel und Lieschen; KSL) und Restpflanzen (RPF) analytisch untersucht und verschiedene Formelanpassungen der DINAG-Formel geprüft. Ergänzend zu diesen Untersuchungen wurden zwei Hammelversuche zur Ermittlung der Nährstoffverdaulichkeit von Maisganzpflanzen bzw. Maisrestpflanzen durchgeführt.

Der durchschnittliche Anteil der KSL-Fraktion an der GPF betrug 53 % (in TS), der RPF-Anteil belief sich auf 47 %. Mit Hilfe der DINAG-Formel nach ARGILLIER et al. (1995) wurde auf Basis der Nährstoffgehalte der Ganzpflanzen eine mittlere Restpflanzenverdaulichkeit von 53 % bei einer Variation zwischen 48 und 57 % ermittelt (RPFV1). Wird der Zucker dagegen der Restpflanze zugeordnet (ohne Zuckerabzug) ergab sich im Mittel eine um 6 %-Punkte erhöhte Verdaulichkeit (59 %, RPFV 2). Wurden die Parameter der DINAG-Formel auf die organische Substanz statt Trockensubstanz bezogen, ergab sich ein mittlerer Verdaulichkeitswert von 56 % (RPFV 3), ohne Zuckerabzug von 62 % (RPFV 4). Die frühere Formel nach MÜLLER (Mündliche Mitteilung 2020) führte zur Ausweisung der höchsten Verdaulichkeitswerte für die Restpflanze (im Mittel 64 %, RPFV 5).

Häufig wird auch die NDF-Verdaulichkeit zur Bewertung der Zellwandverdaulichkeit und damit als Hilfsmittel für die Restpflanzenverdaulichkeit genutzt. Die NDF-Verdaulichkeit nach WEISBJERG et al. (2004a, b) ordnete

sich im Mittel gut in die Werte der RPFV 4 und RPFV 5 ein (im Mittel 63 %, Abbildung 15), wobei sich jedoch eine andere Rangierung zwischen den Sorten ergab. Die mittels CNCPS auf NIRS-Basis geschätzten NDF-Verdaulichkeiten (tNDFD) wichen z.T. erheblich von den berechneten RPFV-Werten ab. Lediglich die NDFD30-Werte lag im Mittel im Rahmen der kalkulierten RPFV 1 und 3, jedoch ließ sich kein signifikanter Zusammenhang herstellen.

Die Schätzung der OMD in der Restpflanze nach GfE (2020) ergab wiederum eine andere Sortenrangierung. Zudem beruhte die Probenahme auf wenigen Einzelpflanzen, was zu Fehleinschätzungen führen kann.

Die ergänzenden Hammelversuche ergaben anders als in früheren Untersuchungen (BÖTTGER et al., 2023) in der Restpflanzenfraktion geringere Verdaulichkeiten der aNDFom, jedoch können die ermittelten Werte aufgrund einer nicht optimal gestalteten Rationszusammensetzung unterschätzt worden sein.

Die Restpflanzen- bzw. NDF-Verdaulichkeit ist ein sehr variabler Parameter. Verschiedene Verfahren führen zu unterschiedlichen Ergebnissen bezüglich der Verdaulichkeit, aber auch hinsichtlich der Sortenrangierung.

Es ist anzustreben, einheitlich ein möglichst wenig kostenaufwändiges Verfahren mit standardisierten Parametern zu nutzen. Zum Abgleich mit den in vivo-Werten aus dem Hammel sind weitere Untersuchungen notwendig.

7 Literatur

- Argillier, O., Y. Barrière and Hébert, Y. (1995): Genetic variation and selection criterion for digestibility traits of forage maize. *Euphytica* 82, 175–184 (1995), <https://doi.org/10.1007/BF00027064>
- Bal, M.A., R.D. Shaver, K.J. Shinnars, J.G. Coors, J.G. Lauer, R.J. Straub, R.G. Koegel (2000): Stage of maturity, processing and hybrid effects on ruminal in situ disappearance of whole-plant corn silage. In: *Animal Feed Science and Technology*. 86/1–2, 83–94, [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00163-2](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00163-2)
- Barrière, Y., J.C. Emile, R. Traineau, F. Surault, M. Briand, A. Galleis (2004): Genetic variation for organic matter and cell wall digestibility in silage maize. Lessons from a 34-year long experiment with sheep in digestibility crates", *Maydica* 49(2), 115-126
- Böttger, C., G. Janknecht, S. Braam, M. Otten, K. Heimann, L. Hoffmann (2023): Einfluss zweier Silomaisarten mit unterschiedlicher Restpflanzenverdaulichkeit auf die Futteraufnahme und Leistungsparameter hochleistender Milchkühe. Forum für angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda, 25./26.04.2023
- DLG (2025): DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, DLG e.V., 1. Auflage 07/2025
- Ferreira, G., S.E. Thomas, C.L. Teets, B.A. Corl (2023): Intrinsic and Extrinsic Factors Affecting Neutral Detergent Fiber (NDF) Digestibility of Vegetative Tissues in Corn for Silage, *Agriculture* 2023, 13(8), 1485; <https://doi.org/10.3390/agriculture13081485>
- GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (1991): Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Roh Nährstoffen an Wiederkäuern, *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 65: 229-234
- GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (2020): Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie und deren Verdaulichkeit der Organischen Masse von Maisprodukten für Wiederkäuer, *Proc. Soc. Nutr. Physiol.*, 171-175
- GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (2023): Neue Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffempfehlungen von Milchkühen. DLG-Verlag, ISBN 978-3-7690-0865-4
- Hartmann, A. und H.H. GEIGER (2001): Siloreife - Restpflanze nicht vergessen! Auswirkungen unterschiedlicher Restpflanzenabreife auf Energiedichte und Verdaulichkeit, *Mais* (2), 76-79
- Hoffmann, P.C. and L.M. Bauman (2003): Strategies to improve milk yield of lactating dairy cows fed red clover silage. *Prof. Anim. Sci.* 19:178-187
- Hoffmann, P.C., K.M. Lundberg, L.M. Bauman, R.D. Shaver (2003): The effect of maturity on NDF digestibility. Focus on forage. 5/15, 1-3
- Krämer-Schmid, M., P. Lund, M.R. Weißbjerg (2016): Importance of NDF digestibility of whole crop maize silage for dry matter intake and milk production in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 219, 68-76
- Kruse, S., A. Herrmann, A. Kornher, F. Taube (2004): Zuckergehalte bei Silomais - Sortenunterschiede durch Restpflanzen hervorgerufen; Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung; Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau; Landpost 2004, Heft 43, 20 – 22
- LFL (2025): Trockenheit bei Silomais – was ist bei Ernte und Silierung zu beachten? <https://www.lfl.bayern.de/ite/futterwirtschaft/197190/index.php>
- Losand, B. (2019): Hohe Silomaisanteile in Milchviehrationen. 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2019, 137-141, ISBN: 978-3-902849-65-6

- Losand, B., A. Priepke, J. Denißen, C. Böttger, D. Kampf (2024): Verdaulichkeit der Faserkohlenhydrate beim Wiederkäuer – Wie kann die Verdaulichkeit der NDF genutzt werden? Forum für angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda, 23./24.4.2024
- Mahlkow-Nerge, K. und W. Richardt (2021): Milchkuhrationen: Worauf kommt es künftig an? Bauernblatt 14.8.2021, S. 36-38, https://www.lksh.de/fileadmin/PDF_Downloadcenter/Bauernblatt/2021/BB_32_14.08/36-38_richardt.pdf
- Marco, O.N.D., M.S. Aello, M. Nomdedeu, S. Van Houtte (2002): Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (in vivo, in situ and in vitro), Anim Feed Sci Tech, 99/1-4, 37-43, [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00077-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00077-9)
- Meyer, A. (2025): Faserverdaulichkeit der Maissilage. Webcode: 01044102, https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/42682_Faserverdaulichkeit_von_Maissilage
- Michel, V. (2021): Mündliche Mitteilung: Nutzung der Restpflanzenverdaulichkeit von Maispflanzen nach Müller zur Abstufung von Sorten im Rahmen der LSV MV
- Montag, S. (2025): Faserverdaulichkeit – Ein Parameter für die Maissortenwahl? KWS-Blickpunkt Sommer 2025, 28 – 29
- Müller, J. (2020): Mündliche Mitteilung: Schätzung der Restpflanzenverdaulichkeit von Maispflanzen auf Grundlage des ELOS- und Stärkegehaltes.
- Oba, M. und M. Allen (1997): Evaluation and the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage. Effects on dry matter intake and milk yield in dairy cows. J. Dairy Sci. 82:589.
- Priepke, A., B. Losand (2022): Bestimmung des energetischen Futterwertes von Futtermitteln für Wiederkäuer auf Basis der Nährstoffverdaulichkeit aus dem Hammeltest – Methodische Fragen. Abschlussbericht 2/86, LFA MV
- Priepke, A., B. Losand, B. Boss, W. Richardt (2025): aNDFom-Verdaulichkeit von Futtermitteln – In vivo-Test am Hammel vs. Labormethoden und Schätzgleichung. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda 28./29.04.2025
- Schiemann, R. (1981): Methodische Richtlinien zur Durchführung von Verdauungsversuchen für die Futterwertschätzung. Arch. Tierernährung Bd. 31, Heft 1: 1-19
- Terler, G. (2017): Verdaulichkeit der Silomais-Restpflanze, Einfluss auf Futteraufnahme und Leistung von Rindern. Vortrag Irnding-Donnerbachstal, 13.3.2019
- Terler, G. und L. Gruber (2019): Verdaulichkeit der Silomais-Restpflanze – Einfluss auf Futteraufnahme und Leistung von Rindern, 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2019, 1 – 7, ISBN: 978-3-902849-65-6 ISBN: 9
- VDLUFA (2012): Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Band III „Die chemische Untersuchung von Futtermitteln“ des VDLUFA, 8. Ergänzungslieferung
- Weisbjerg, M.R., T. Hvelplund and K. Sørensen (2004a): Prediction of digestibility of neutral detergent solubles using the Lucas principle. Journal of Animal and Feed Sciences, 13, Suppl. 1, 2004, 239-241
- Weisbjerg, M.R., T. Hvelplund and K. Sørensen (2004b): Prediction of NDF digestibility based on assumptions about true digestibility and endogenous loss of NDS. Journal of Animal and Feed Sciences, 13, Suppl. 1, 2004, 243-246
- Weissbach, F., C. Strubelt (2008): Die Korrektur des Trockensubstanzgehaltes von Grassilagen als Substrat für Biogasanlagen. Landtechnik 63, 210-21..1a

Zeller, F., D. Dobberstein, M. Bunzel, F.J. Schwarz (2009): Kohlenhydratzusammensetzung von Maisrestpflanzen und deren Futterwert. Landbauforschung – VTI Agriculture and Forestry Research, Sonderheft 331/Special Issue 331, 5-17