

# 47. Viehwirtschaftliche Fachtagung

Milchvieh Management  
Sorghumhirse in der Rinderfütterung  
Rindermast und Fleischqualität  
Standortgerechte Landwirtschaft  
Viehwirtschaft und Klimawandel



# 47. Viehwirtschaftliche Fachtagung

Milchvieh Management

Sorghumhirse in der Rinderfütterung

Rindermast und Fleischqualität

Standortgerechte Landwirtschaft

Viehwirtschaft und Klimawandel



#### **Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber:  
HBLFA Raumberg-Gumpenstein  
Landwirtschaft  
Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal  
raumberg-gumpenstein.at  
Für den Inhalt verantwortlich: Die AutorInnen  
Fotonachweis: S. 102 HBLFA Raumberg-Gumpenstein/Resch  
Gestaltung: Andrea Stuhlfarrer, Alexandra Eckhart

ISBN: 978-3-902849-77-9  
Alle Rechte vorbehalten  
Irdning-Donnersbachtal 2020

## Inhaltsverzeichnis

<b>Einstieg ins Melken mit AMS und Herausforderungen (Eutergesundheit)</b> .....	5
Jan-Hendrik Puckhaber	
<b>Anwendung von MIR-Daten aus der Milch – was ist praxisreif?</b> .....	7
Astrid Köck, Martin Mayerhofer und Christa Egger-Danner	
<b>Ertrag und Futterwert von Hirse-Ganzpflanzensilage in der Rinderfütterung im Vergleich zu Silomais</b> .....	15
Georg Terler, Reinhard Resch, Stefanie Gappmaier, Anton Schauer, Josef Kaufmann und Leonhard Gruber	
<b>Konservierung von Hirse zu Ganzpflanzensilage (Hirse-GPS)</b> .....	27
Reinhard Resch und Georg Terler	
<b>Einsatz von Hirse-Ganzpflanzensilagen in der Rindermast – worauf muss geachtet werden</b> .....	37
Karl Wurm	
<b>Aktuelles aus der ÖAG-Fachgruppe Mutterkuhhaltung, Rindermast und Farmwild</b> .....	41
Rudolf Grabner und Franz Narnhofer	
<b>Grünlandbasierte Ochsen- und Kalbinnenerzeugung – Haltung, Fütterung und Qualität am Beispiel ALMO</b> .....	43
Dietmar Sinkovits	
<b>ALMO Ochsen – Schlachtleistungs-Ergebnisse in der grünlandbasierten Ochsenmast unter Berücksichtigung von Rasse, Alter und Gewicht</b> .....	45
Margit Velik und Dietmar Sinkovits	
<b>Fleisch-Marmorierung als ein Qualitätsmerkmal von Rindfleisch – Grundlegendes</b> .....	55
Margit Velik	
<b>Gesamtheitliche Ökoeffizienz von Milchviehbetrieben</b> .....	63
Thomas Guggenberger, Markus Herndl, Georg Terler, Christian Fritz, Florian Grassauer, Isabella Zamberger und Matthias Kandolf	
<b>Welche Klimawirkungen entstehen auf österreichischen Grünlandbetrieben?</b> .....	81
Christian Fritz, Florian Grassauer, Thomas Guggenberger und Georg Terler	

<b>Folgen des Klimawandels in der österreichischen Landwirtschaft.....</b>	<b>95</b>
Martin Schönhart	
<b>Grundfutter im Spannungsfeld der Klimafolgen.....</b>	<b>99</b>
Reinhard Resch	
<b>Bewässerung der Berglandwirtschaft in Südtirol.....</b>	<b>109</b>
Thomas Prünster	

## Einstieg ins Melken mit AMS und Herausforderungen (Eutergesundheit)

Jan-Hendrik Puckhaber<sup>1\*</sup>

Im Nord-Osten Deutschlands – kurz vor der Ostseeküste – bewirtschaften meine Frau und ich zusammen mit unseren drei Mitarbeitern den Betrieb „Milchhof Gut Bandelstorf GbR“. Auf dem im Februar 2017 gegründeten Betrieb stehen ca. 200 Milchkühe mit der zur Remontierung benötigten Nachzucht, sowie 35-40 Zucht-/Deckbullen. Es werden ca. 2 Millionen kg Milch/ Jahr produziert.

Unser Betrieb ist in vielfältiger Hinsicht besonders, so sind etwa die Gebäude und ca. 85 ha Grünland lediglich gepachtet, Ackerbau wird von uns nicht betrieben. Der benötigte Mais für die Fütterung sowie das notwendige Stroh werden von einem professionellem Ackerbaubetrieb bereitgestellt. Dieser nimmt auch alle Nährstoffe ab, die wir nicht selbst verwerten können. Eine weitere Besonderheit ist, dass es sich nicht um eine klassische Betriebsübergabe innerhalb einer Familie handelte. Wir mussten also eine Bank finden, die den Kauf der Herde, von Futter und Technik finanziert und den Umbau auf Melkroboter unterstützt – und dies in einer Zeit in der die Milchpreise ca. 25 Cent betragen.

Ein großer Vorteil war, dass ich in den 10 Jahren als Fütterungsberater gelernt habe, dass man betrieblichen Erfolg nicht kaufen kann und keinen neuen Stall voraussetzt. So habe ich immer wieder Betriebe kennengelernt, die mit massivem Kapitaleinsatz neue Stallanlagen gebaut haben und trotzdem (zu) geringe Leistungen erzielten, hingegen andere Betriebsleiter in alten, gut modernisierten Ställen Spitzenleistungen ermelken konnten.

Einer unser Leitsätze lautet: Nicht das maximale machen, sondern wenig verlieren! Verluste bedeuten immer, dass man etwas verliert, für das man vorher schon einmal bezahlt hat. Alle Verluste die entstehen – durch verworfene Milch, Futtermittelverluste, Kälber- oder Kuhverluste bedeuten massive finanzielle Einbußen. Erst nachdem diese Verluste minimiert wurden, lohnt es sich die Spitze weiter nach oben zu verschieben. Ein Beispiel ist, dass es uns in der täglichen Praxis nicht darum geht, dass die beste Kuh noch 2 Liter mehr Milch geben sollte, stattdessen muss verhindert werden, dass Kühe z.B. aufgrund von Lahmheit 5 Liter weniger geben. Milch, die aufgrund von antibiotischen Behandlungen nicht verkehrsfähig ist, führt dazu, dass man sprichwörtlich „sein Geld in die Gülle kippt“.

Vorbeugende Maßnahmen und schnelle Behandlungen sind hier am rentabelsten.

Am Beispiel der Mastitisfrüherkennung und Behandlung lässt sich auch die Wichtigkeit der Datennutzung aus dem Melkroboter veranschaulichen:

Die Melkroboter liefern uns täglich von allen Kühen einen Zellzahlwert, zusätzlich zur Leitfähigkeit auf Viertelebene. Durch die automatische Verknüpfung dieser Werte zusammen mit der Milchleistung und weiteren Gesundheitsdaten ist das Programm in der Lage, den Nutzer sofort über Veränderungen zu informieren, so dass betreffende Tiere umgehend kontrolliert werden können.

Anhand dieser Daten kann eine Mastitis früher erkannt werden und in Verbindung mit Aktivitäts- und Gesundheitsdaten (Wiederkaugen, Milchtemperatur) auch eingeschätzt werden, wie schwer die Erkrankung ist. Somit sind wir in der Lage, bei einer beginnenden Mastitis dem Tier mit einem Entzündungshemmer zu helfen. Hierdurch kann der Einsatz von Antibiotika deutlich verringert werden.

Anhand der Daten sehen wir auch, ob die Behandlung erfolgreich ist oder, ob rechtzeitig auf ein anderes Präparat gewechselt werden muss bzw. die Dauer der Behandlung zu verlängern ist.

<sup>1</sup> Kastanienstraße 1, D-18196 Dummerstorf

\* Ansprechpartner: Jan-Hendrik Puckhaber, email: jhpuck@googlemail.com

Eine Reduzierung von Antibiotika bedeutet aber auch, dass Tiere bei denen eine Behandlung keinen Erfolg verspricht, nicht mit Antibiotika behandelt werden. Diese Tiere lassen sich in verschiedene Kategorien einteilen:

- Tiere mit Gram-negativem Erreger oder ohne Erregernachweis: Mittels des MAST-DECIDE Schnelltests kann vor einer Antibiotikagabe getestet werden, ob überhaupt ein Gram-positiver Keim vorliegt. Wenn dies nicht der Fall ist, so wird lediglich ein Entzündungshemmer eingesetzt und das Tier weiter intensiv beobachtet
- Stark schwankende Zellzahl: Immer wieder beobachten wir, dass es Tiere gibt, deren Zellzahl massiv schwankt. Teilweise sehen wir Ausschläge zwischen 200 Tsd. bis 2 Mio. Zellen – alle 3 Tage steigend bzw. fallend. In der normalen Milchleistungsprüfung lassen sich diese Tiere nicht identifizieren! Bei diesen Tieren ist eine Behandlung aussichtslos – das investierte Geld und die verworfene Milch wären vergeudet, ein Antibiotikaeinsatz unnötig!
- Kühe mit Zucht-Untauglich Status: Dies sind Tiere deren Abgang bereits eingeplant ist. Auch hier wird, wenn möglich, auf eine antibiotische Behandlung verzichtet.

Bei der Analyse der Eutergesundheit werden wir von einem spezialisierten Mastistis-labor unterstützt und beraten. Bei auffälligen Tieren werden Viertelgemelksproben genommen und in einem Labor untersucht. Dabei geht es nicht darum, die für dieses Tiere „passende Spritze“ zu finden, sondern einen Überblick über den aktuellen Erregerstatus zu bekommen und gegebenenfalls das Behandlungsmanagement anzupassen. Ferner werden vor dem Trockenstellen Viertelgemelksproben in das Labor geschickt. Anhand der Untersuchungen, zusammen mit der Zellzahl und Behandlungshistorie, legt das Labor fest, ob und welches Präparat zum Trockenstellen eingesetzt wird. Bei einer guten Prognose wird ohne Antibiotika trocken gestellt. Alle Tiere erhalten zusätzlich einen internen Zitzenversiegler.

Diese Verfahrensweise lässt sich auf viele Themenbereiche in unserem Betrieb übertragen. In unserem relativ alten Stall ist es unser Ziel durch Maximierung des Kuhkomforts, Prävention und stetige Verbesserungen Verluste auf allen Ebenen zu verhindern. Durch eine Kombination aus Datennutzung aus dem Melkroboter und Tierbeobachtung lassen sich Probleme frühzeitig erkennen und mit geringem Aufwand beheben. Besonders im Bereich der Tiergesundheit sind dabei Routinen (Impfungen, Bestandsklauenschnitt, Parasitenbehandlungen) ein wichtiger Bestandteil der Vorbeugung von Problemen und Verlust.

## Anwendung von MIR-Daten aus der Milch – was ist praxisreif?

Astrid Köck<sup>1\*</sup>, Martin Mayerhofer<sup>1</sup> und Christa Egger-Danner<sup>1</sup>

### Zusammenfassung

Die Milchanalyse mit Hilfe von Mid-Infrarot-Spektroskopie (MIR) ist eine schnelle und günstige Möglichkeit, Milchproben in großem Umfang auf die Hauptinhaltsstoffe Fett, Eiweiß, Laktose und Harnstoff zu untersuchen. Da die Milchzusammensetzung mit der Gesundheit und dem Stoffwechsel einer Kuh zusammenhängt, besteht die Möglichkeit, MIR-Spektren zur Erkennung von Krankheiten zu verwenden. Vor allem beim Erkennen von subklinischer Ketose liefern die Milchbestandteile wertvolle Informationen. Die klassische Erkennungsmethode von subklinischen Ketosen im Zuge der Milchleistungsprüfung ist ein Fett-Eiweiß-Quotient  $> 1,5$  zu Beginn der Laktation. Das neue Konzept von KetoMIR besteht darin, eine Ketose-Gefährdung über Milchproben anzubieten, die genauer ist als der Fett-Eiweiß-Quotient. Mit Hilfe von tierärztlichen Ketose-Diagnosen und den Milchkomponenten wurde KetoMIR, ein dreistufiger Ketoseindex, entwickelt. Klasse 1 bedeutet geringes Ketoserisiko, Klasse 2 mittleres Ketoserisiko und Klasse 3 hohes Ketoserisiko. Die KetoMIR-Ergebnisse sind bislang vor allem für das Herdenmanagement im Einsatz. Die Entwicklung von MIR-Modellen zur Erkennung von Mastitis und zur Trächtigkeitsbestimmung ist derzeit Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen im Rahmen des Projektes D4Dairy.

Schlagwörter: Subklinische Ketose, Milchspektraldaten, Milchleistungsprüfung, Herdenmanagement

### Summary

Milk analysis using mid-infrared spectroscopy (MIR) is a fast and inexpensive way of examining milk samples on a large scale for fat, protein, lactose and urea. As the milk composition is related to the health status and metabolism of a cow, it is possible to use MIR spectra to detect diseases. Especially for detection of subclinical ketosis, the milk contents provide valuable information. The classical detection method of subclinical ketosis within routine performance recording is a fat-protein ratio  $> 1.5$  at the beginning of lactation. The new concept of KetoMIR is to offer a ketosis risk index via milk samples that is more accurate than the fat-protein ratio. Based on veterinary ketosis diagnoses and the milk components, KetoMIR, a three-class ketosis index, was developed. Class 1 means low ketosis risk, class 2 medium ketosis risk and class 3 high ketosis risk. The KetoMIR results have so far mainly been used for herd management. The development of MIR models for the detection of mastitis and for pregnancy determination is currently the subject of scientific investigations within the D4Dairy project.

Keywords: Subclinical ketosis, milk spectral data, milk performance recording, herd management

<sup>1</sup> ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH, Dresdner Straße 89/B1/18, A-1200 Wien

\* Ansprechpartner: Dr. Astrid Köck, email: koeck@zuchtdata.at

## Einleitung

Die Milchanalyse mit Hilfe von Mid-Infrarot-Spektroskopie (MIR) ist eine schnelle und günstige Möglichkeit Milchproben in großem Umfang auf die Hauptinhaltsstoffe Fett, Eiweiß, Laktose und Harnstoff zu untersuchen. Auch Fettsäuren mit höheren Konzentrationen in der Milch lassen sich genau bestimmen (SOYEURT et al. 2006). DARDENNE et al. (2015) erwähnten, dass mit der MIR-Technologie Bestandteile unter 100 ppm ( $< 0,1$  g/l) nicht direkt nachgewiesen werden können. Deswegen können Milchkomponenten mit niedrigen Konzentrationen, wie z.B.  $\beta$ -Hydroxybutyrat (BHB), Aceton (DE ROOS et al. 2007), Lactoferrin (SOYEURT et al. 2012) und Minerale (SOYEURT et al. 2009), nur mit einer geringeren Genauigkeit berechnet werden. Der Nachweis dieser Bestandteile erfolgt durch indirekte Verbindungen mit der globalen Milchezusammensetzung.

Verschiedene internationale Forschergruppen arbeiten unter anderem auch an der Schätzung von Energiebilanz (McPARLAND et al. 2012) und Methanemissionen (DEHARENG et al. 2012). Da die Milchezusammensetzung mit der Gesundheit und dem Stoffwechsel einer Kuh zusammenhängt, besteht die Möglichkeit, MIR-Spektren zur Erkennung gewisser Krankheiten zu verwenden (z.B. DALE et al. 2017, DALE et al. 2018). Die Verwendung von MIR-Daten zur Erkennung von subklinischen Ketosen in der Praxis wird im Folgenden ausführlicher diskutiert. Weitere Entwicklungen im laufenden Projekt D4Dairy werden kurz vorgestellt.

## MIR-Daten zur Erkennung subklinischer Ketose

Subklinische Ketose tritt am Beginn der Laktation auf. In dieser Phase ist der Energiebedarf durch die Milchproduktion höher als die Futteraufnahme, wodurch es zu einer mehr oder weniger stark ausgeprägten negativen Energiebilanz kommt. Das Energiedefizit wird durch Mobilisierung von Körperfett gedeckt. Diese führt zu einem Anstieg langkettiger Fettsäuren. Außerdem geht die Produktion von kurzkettigen und mittelkettigen Fettsäuren zurück. Dies führt im Extremfall zu einer Überlastung der Leber, es kommt zu einer Anreicherung von Ketonkörpern (Aceton, BHB) sowohl im Blut als auch in Harn und Milch.

Die Frequenz von klinischer Ketose ist sehr niedrig (1,2 %) (ZUCHTDATA 2020). Subklinische Ketose tritt weitaus häufiger auf. Daten aus dem Projekt „Efficient Cow“ ergaben eine Frequenz von subklinischer Ketose von rund 14 % (ZAR 2016). Da die betroffenen Kühe meist überhaupt keine Anzeichen einer Erkrankung zeigen, ist ein Erkennen sehr schwierig. Für die Diagnose einer subklinischen Ketose stehen dem Landwirt verschiedene Schnelltests zur Messung von Ketonkörpern in Blut, Milch oder Harn zur Verfügung. KHOL et al. (2019) untersuchten ein speziell für Kühe kalibriertes Blut-BHB-Messgerät von WellionVet BELUA. Dieser Schnelltest besitzt eine hohe Genauigkeit (Sensitivität von 96 %, Spezifität von 98 %), bedeutet aber zusätzlichen Arbeitsaufwand. Beim Erkennen von subklinischer Ketose liefern deswegen die Milchhaltsstoffe aus der Milchleistungsprüfung wertvolle praktische Information, die mit keinem zusätzlichen Arbeitsaufwand verbunden ist.

## Fett-Eiweiß-Quotient

Die klassische Erkennungsmethode von subklinischen Ketosen ist ein Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ)  $> 1,5$  zu Beginn der Laktation, der in den Tagesberichten der Landeskontrollverbände (LKVs) oder im Onlineportal (LKV-Herdenmanager) ersichtlich ist. Der FEQ-Cutpoint von 1,5 für die Erkennung von Ketose besitzt eine Sensitivität von 58-66 % und eine Spezifität von 69-71 % bei einem vorgegebenen BHB-Gehalt im Blutserum von  $\geq 1,2$   $\mu\text{mol/l}$  (DUFFIELD et al. 1997, VAN KNEGSEL et al. 2010). Mit einem FEQ  $> 1,5$  können in erster Linie deutliche Energiemangelzustände in der Herde während der ersten 100 Laktationstage aufgedeckt werden. Schwächer ausgeprägte Entgleisungen des Kohlenhydrat-Fettstoffwechsels in Richtung einer Ketose werden hingegen mit diesem Merkmal

nicht sicher eingeschätzt (PIEPER und MAHLKOW-NERGE 2017). Deswegen ist der FEQ nicht besonders gut geeignet, um beim Einzeltier Rückschlüsse auf eine mögliche Ketose zu ziehen bzw. sogar eine Ketose zu diagnostizieren (PIEPER und MAHLKOW-NERGE 2017). Daher ist zu empfehlen, beim FEQ die ganze Herde zu betrachten.

Die durchschnittliche Häufigkeit von Kühen mit einem FEQ > 1,5 liegt auf Betriebsebene bei etwa 14 %. Stark erhöhte Frequenzen von > 30 % finden sich in wenigen Betrieben (13,8 % und 8,1 % der Betriebe).

In den *Abbildungen 1* und *2* sind die Auswirkungen von einem erhöhten Anteil an Tieren mit einem FEQ > 1,5 auf die Herden-Milchleistung, Herden-Zellzahl und Herden-Fruchtbarkeit ersichtlich.

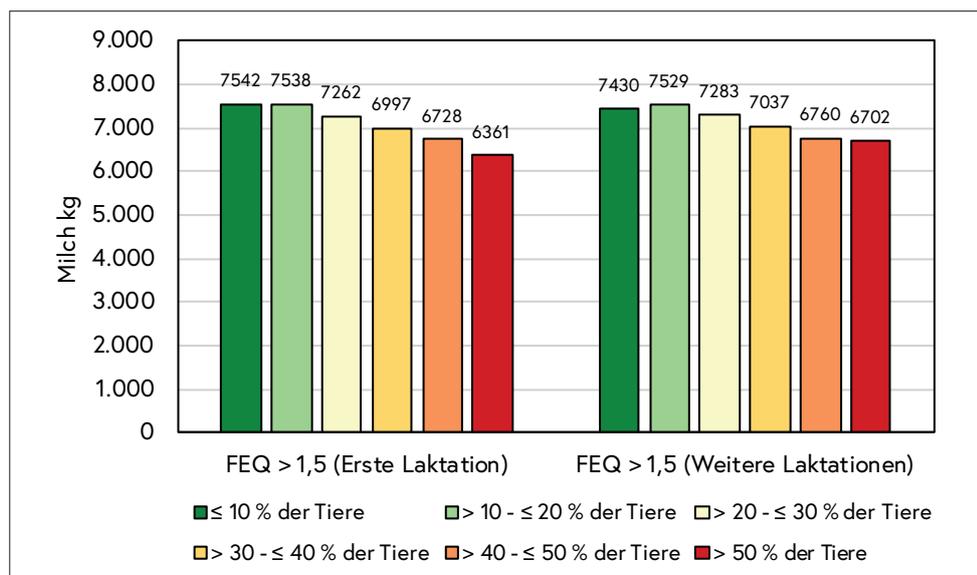


Abbildung 1: Auswirkungen FEQ > 1,5 auf Herden-Milchleistung

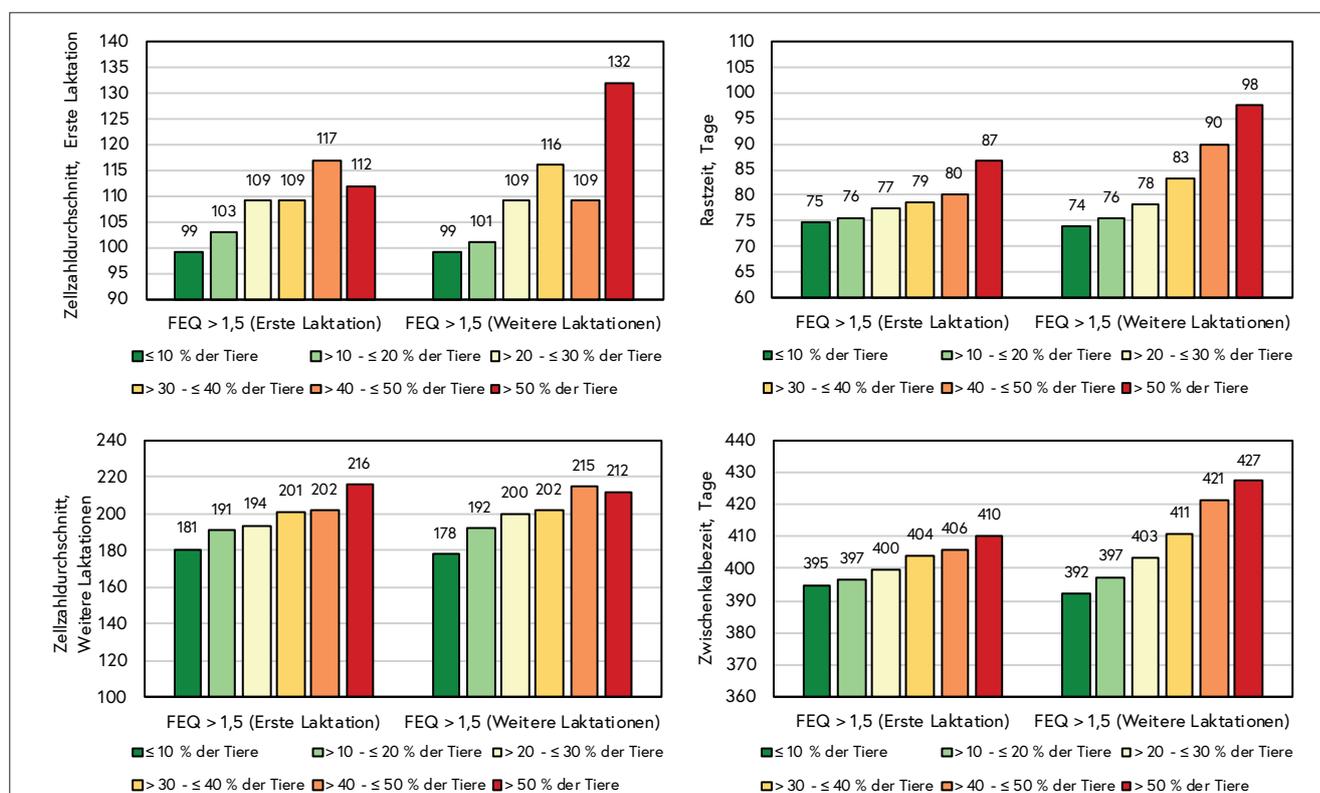


Abbildung 2: Auswirkungen FEQ > 1,5 auf Herden-Zellzahl und Herden-Fruchtbarkeit

## KetoMIR

KetoMIR wurde vom LKV Baden-Württemberg entwickelt (DALE et al. 2018). Das neue Konzept von KetoMIR besteht darin, eine Ketose-Gefährdung über Milchproben anzubieten, die genauer ist als der Fett-Eiweiß-Quotient. Das Ketoserisiko innerhalb der ersten 120 Laktationstage wird dabei indirekt über die Berücksichtigung der folgenden Milchkomponenten berechnet: Laktose-%, Eiweiß-%, Fett-Eiweiß-Quotient, Aceton, Fettsäuren (C8, C17, SCFA, TOTC18:1TRANS) und Kalzium. Mit Hilfe von tierärztlichen Ketose-Diagnosen und den Milchkomponenten wurde KetoMIR, ein dreistufiger Ketoseindex, entwickelt (DALE et al. 2018). Klasse 1 bedeutet geringes Ketoserisiko, Klasse 2 mittleres Ketoserisiko und Klasse 3 hohes Ketoserisiko.

Abbildung 3: Auswirkungen von positivem KetoMIR-Ergebnis auf Herden-Milchleistung

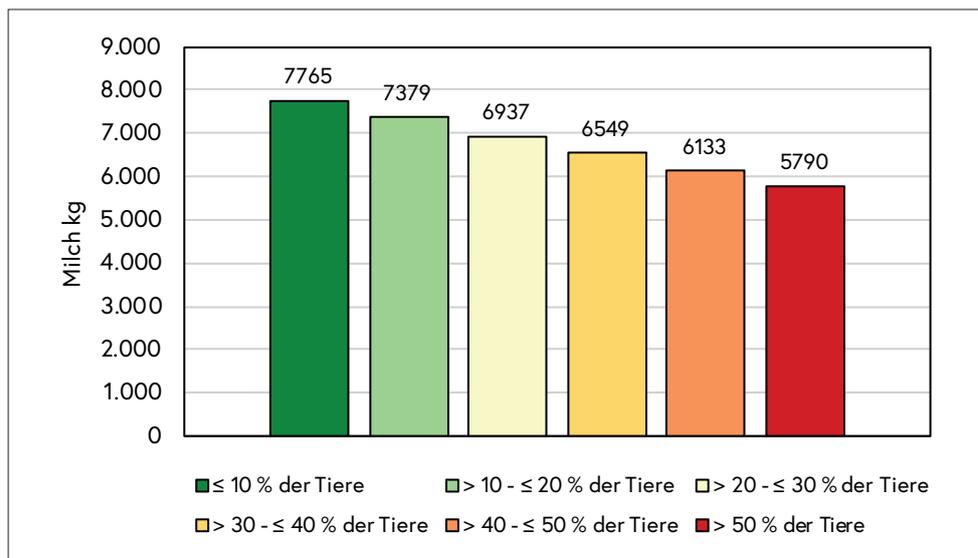
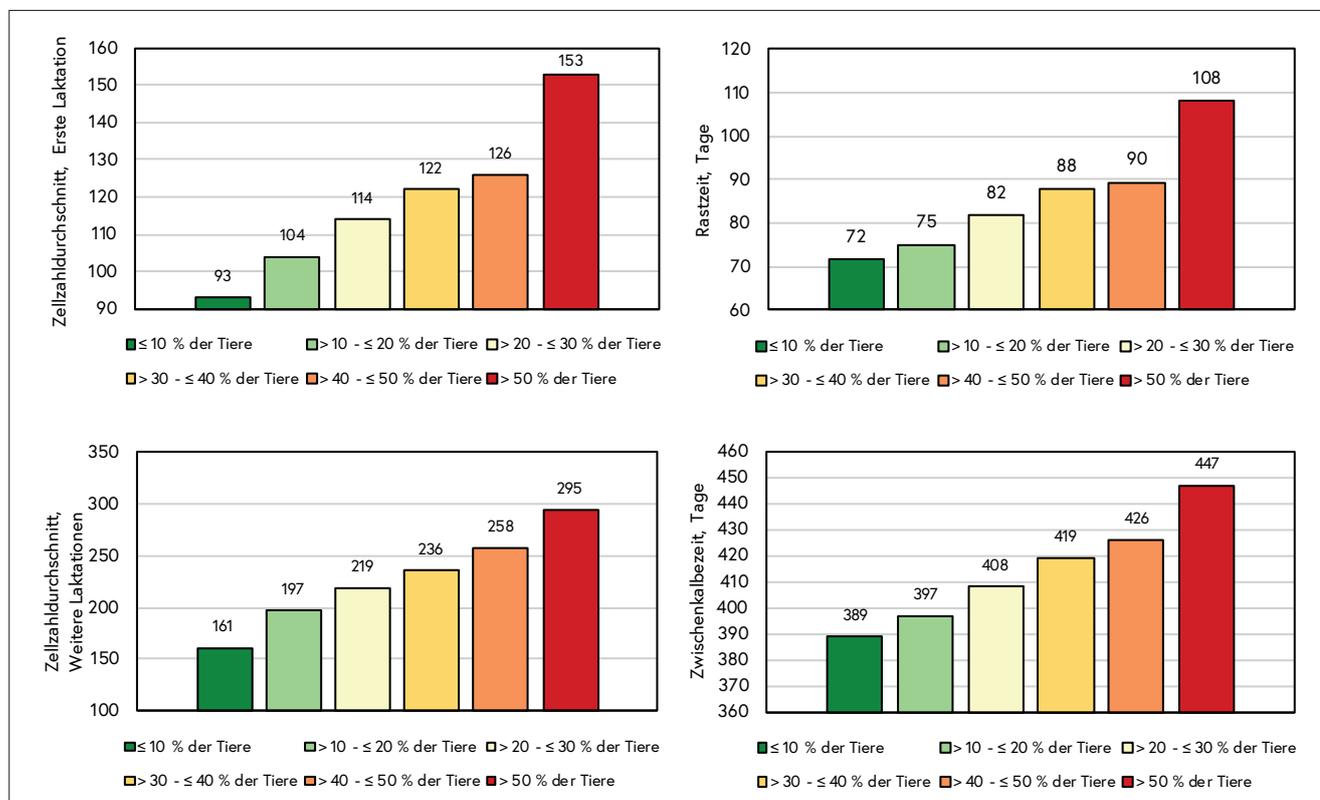


Abbildung 4: Auswirkungen von positivem KetoMIR-Ergebnis auf Herden-Zellzahl und Herden-Fruchtbarkeit



Der KetoMIR-Index besitzt eine Sensitivität von 72 % und eine Spezifität von 84 %, um klinische Ketosen zu erkennen (DALE et al. 2020). KetoMIR ist ein Warnsystem zur Unterstützung des Herdenmanagements in den ersten 120 Laktationstagen, wie z.B. der bisherige Fett/Eiweißquotient, ist aber keine Diagnose. Bei Auffälligkeiten wird empfohlen den Tierarzt zu kontaktieren. Wie beim FEQ wird empfohlen, die ganze Herde zu betrachten.

Die durchschnittliche Häufigkeit von Kühen mit einem positiven KetoMIR-Ergebnis liegt auf Betriebsebene bei etwa 14 %. Stark erhöhte Frequenzen von > 30 % finden sich in 8,6 % der Betriebe. In *Abbildungen 3* und *4* sind die Auswirkungen von einem erhöhten Anteil an Tieren mit einem positiven KetoMIR-Ergebnis auf die Herden-Milchleistung, Herden-Zellzahl und Herden-Fruchtbarkeit ersichtlich.

### Milch-β-Hydroxybutyrat (BHB), Milch-Aceton

Andere Länder, wie Kanada, Frankreich, Belgien und Niederlande, bieten den Landwirten den aus den MIR-Spektren abgeleiteten Milch-BHB-Wert und Milch-Aceton-Wert als Herdenmanagement-Instrument an. Diese BHB- und Aceton-Messungen werden mit einem bestehenden FOSS-Kalibrationsmodell und dem MilkoScan FT+ (FOSS Analytical A/S, Hillerød, Dänemark) durchgeführt. Laut RENAUD et al. (2019) besitzt der Milch-BHB Wert von FOSS für die Erkennung von Ketose eine Sensitivität von 81 % und eine Spezifität von 92 % bei einem vorgegebenen BHB-Gehalt im Blutserum von  $\geq 1,2 \mu\text{mol/l}$ . Die Genauigkeit des Milch-BHB-Wertes variierte in Abhängigkeit von den Laktationstagen der getesteten Kühe, wobei eine höhere Spezifität bei Kühen mit  $\leq 25$  Tage in Milch im Vergleich zu Kühen mit  $> 25$  Tage in Milch gefunden wurde. Wenn die Herdenhäufigkeit von Ketose  $\geq 14$  % war, hatte der Milch BHB-Wert eine höhere Sensitivität im Vergleich zu einer Herdenhäufigkeit von  $< 14$  %. Die Studie von RENAUD et al. (2019) zeigte, dass der Milch-BHB-Wert ein zuverlässiges Maß für die Bewertung von subklinischer Ketose ist und als Herdenüberwachungsinstrument für Ketose bei der Bewertung von Fütterungsmanagement oder vorbeugenden tierärztlichen Strategien verwendet werden könnte.

### KetoMIR im LKV-Herdenmanager

Im LKV-Herdenmanager (*Abbildung 5*) ist im Block Stoffwechsel der neue Menüpunkt KetoMIR vorhanden. Die Maske „Probemelkungen“ zeigt eine Grafik mit einer Verteilungsauflistung aller KetoMIR-Ergebnisse zu allen bisherigen Probemelkungen in diesem Kontrolljahr. Als Zielwert ist definiert, dass sich mindestens 80 % der Ergebnisse in der Ketoseklasse 1 befinden sollten, maximal 20 % in der Klasse 2 und höchstens 5 % in

Übersicht Anteil Ketoklasse / PM-Datum

Ketose Klasse 3	0%	7%	9%	0%	0%	0%	0%	0%
Ketose Klasse 2	10%	27%	36%	29%	0%	33%	0%	0%
Ketose Klasse 1	90%	67%	55%	71%	100%	67%	100%	100%
	26.02.20	13.01.20	05.12.19	25.10.19	18.09.19	08.08.19	16.05.19	08.04.19

SNR	Name	Lebensnummer	Laktage	Laktzahl	MKg	26.02.20	13.01.20	05.12.19	25.10.19	18.09.19	08.08.19	16.05.19	08.04.19
	NELKE	AT	72	4	17,8	1	2						
	GUGGI	AT	109	4	22,4	1	2	2					
	ALPENROSE	AT	92	3	14,4	1	1	2					
	UNO	AT	115	3	10,4	1	1	1					
	FANNI	AT	62	3	27,2	1	2						
	ANITA	AT	81	2	16,4	1	1						
	MAUSI	AT	14	2	25,0	1							
	GABI	AT	71	2	10,8	1	1						1
		AT	34	1	22,8	1							
	ALFI	AT	100	4	20,0	2	3	3					

Abbildung 5: KetoMIR-Ergebnisse im LKV-Herdenmanager

der Klasse 3. Mit einem Klick auf das MLP-Datum, gelangt man zu einer Auflistung aller Tiere, bei denen ein KetoMIR-Ergebnis zur Verfügung steht.

Im Menüpunkt „Übersicht“ springt man zu einer Auflistung aller aktuellen Kühe im Bestand mit der Auflistung der Ketoseklasse des Tieres bei den einzelnen Milchleistungskontrollen. Somit sind Problemtiere oder auch Fütterungsphasen mit gehäuftem Auftreten von Stoffwechselproblemen deutlich erkennbar.

Laut WURM (2020) stehen bei der Nutzung des LKV-Herdenmanagers zur Ketose-Erkennung und -Vorbeugung nicht so sehr die Einzeltierdaten im Fokus, sondern die Entwicklung der Gruppenmittel in den einzelnen Leistungsklassen, sowie die Entwicklung der Leistungen und der Milchinhaltsstoffe im Jahresverlauf. Wertvolle Informationen über die Stoffwechselsituation der Herde über mehrere Jahre bieten auch der Betriebsvergleich in den Auswertungen.

## Weiterentwicklungen im Projekt D4Dairy

### Ketose

Eine neue Version von KetoMIR, KetoMIR-2, wird aktuell im Projekt D4Dairy entwickelt. Dabei werden an Stelle von den Milch-MIR-Komponenten die MIR-Spektraldaten direkt verwendet. Die Abhängigkeit bzw. der Fehlereintrag durch die Komponentenberechnung entfällt dadurch. Weiters erfolgt eine umfassende Validierung der entwickelten Formeln auf Betrieben mit Stoffwechselproblemen. Auch der Nutzen der KetoMIR-Ergebnisse in der Zucht wird untersucht (HAMANN et al. 2017, KÖCK et al. 2019).

### Mastitis

Auch andere Erkrankungen, wie Mastitis, hinterlassen einen spezifischen Abdruck in der Milch, der durch die MIR-Spektroskopie nachgewiesen werden kann. Erste Mastitis-MIR-Formeln wurden bereits im D4Dairy Projekt abgeleitet (RIENESL et al. 2019). Die Anwendbarkeit und der Nutzen in der Praxis werden derzeit genauer untersucht.

### Trächtigkeitsbestimmung

Im Rahmen einer Masterarbeit an der BOKU werden MIR-Formeln für die Trächtigkeitsbestimmung bei Milchkühen abgeleitet (PFEIFFER 2020).

## Schlussfolgerung

Die Milchzusammensetzung steht in Zusammenhang mit der Gesundheit und dem Stoffwechsel einer Kuh. Daher ist es möglich, MIR-Spektren zum Nachweis bestimmter Krankheiten zu verwenden. MIR-Modelle zum Nachweis von subklinischen Ketosen im Zuge der Milchleistungsprüfung sind in einigen Ländern (z.B. Kanada, Frankreich, Belgien, Niederlande, Österreich, Deutschland) bereits Standard. Diese Methode ist einfach und praktisch für den Landwirt und erhöht das Bewusstsein für ein sonst unerkanntes Problem. Die Ergebnisse sind bislang vor allem für das Herdenmanagement im Einsatz, da bei monatlichen Tests nicht alle Kühe in der am stärksten gefährdeten Periode getestet werden. KetoMIR wird z.B. von Fütterungsberatern eingesetzt, um die Fütterungssituation in der Trockenstehzeit und Früh-laktation zu beurteilen und gegebenenfalls anzupassen. Die Entwicklung von MIR-Modellen zur Erkennung von Mastitis und zur Trächtigkeitsbestimmung ist derzeit Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen im Rahmen des Projektes D4Dairy.

## Danksagung

Diese Arbeit wurde im Rahmen des COMET Projekts D4Dairy (Digitalisation, Data integration, Detection and Decision support in Dairying, Projektnummer: 872039)

durchgeführt, das vom BMK, BMDW und den Ländern Niederösterreich und Wien im Rahmen von COMET-Kompetenzzentren für exzellente Technologien unterstützt wird. Das COMET-Programm wird von der FFG abgewickelt.

## Literatur

DALE, L.M. und A. WERNER, 2017: "MastiMIR" – A warning system for mastitis based on MIR spectra [in German: "MastiMIR" – Ein Mastitis-Frühwarnsystem basierend auf MIR-Spektren]. In: Vortragstagung der DGfZ und GfT: Aus der Arbeit der Forschungsstätten für Tierwissenschaften. 20.-21. September 2017, Stuttgart, Deutschland.

DALE, L.M. und A. WERNER, 2018: KetoMIR – Berechnung des Ketose-Risikos auf Basis von MIR-Spektren (Model 2018). Persönliche Mitteilung.

DALE, L.M. und A. WERNER, 2020: KetoMIR – Berechnung des Ketose-Risikos aus Milch-MIR-Spektren – Hintergrund und Anwendung. ZAR-Seminar 2020, Salzburg, 12. März 2020 (Veranstaltung wurde abgesagt).

DARDENNE, P., J.A. FERNANDEZ PIERNA, O. ABBAS, V. BAETEN und B. LECLER, 2015: Untargeted multivariate characterization of contaminants in powdered milk. Proc. Final Optimir Scientific and Expert Meeting: From Milk Analysis to Advisory Tools. Namur (Belgium), 16.-17. April 2015, BASE, vol. 19.

DEHARENG, F., C. DELFOSSE, E. FROIDMONT, H. SOYEURT, C. MARTIN, N. GENGLER, A. VANLIERDE und P. DARDENNE, 2012: Potential use of milk mid-infrared spectra to predict individual methane emission of dairy cows. *Animal* 6, 1694-1701.

DE ROOS, A.P., H.J. VAN DEN BIJGAART, J. HORLYK und G. DE JONG, 2007: Screening for subclinical ketosis in dairy cattle by Fourier transform infrared spectrometry. *J. Dairy Sci.* 90, 1761-1766.

DUFFIELD, T.F., D.F. KELTON, K.E. LESLIE, K.D. LISSEMORE und J.H. LUMSDEN, 1997: Use of test day milk fat and milk protein to detect subclinical ketosis in dairy cattle in Ontario. *Can. Vet. J.* 38, 713-718.

HAMANN, H., A. WERNER, L.M. DALE und P. HEROLD, 2017: Genetic analyses of ketosis and a newly developed risk indicator in Fleckvieh, Braunvieh and German Holstein. ICAR Technical Series no. 22, 105-108.

KHOL, J.L., K. FREIGASSNER, A. STANITZNIG, A. TICHY und T. WITTEK, 2019: Evaluation of a handheld device for the measurement of beta-hydroxybutyrate in capillary blood obtained by the puncture of the vulva as well as in venous whole blood in cattle. *Polish J. Veterinary Sci.* 22, 557-564.

KÖCK, A., L.M. DALE, A. WERNER, M. MAYERHOFER, F.J. AUER und C. EGGER-DANNER, 2019: Genetic parameters for ketosis and newly developed ketosis risk indicators based on MIR spectra. Vortrag bei European Federation of Animal Science. 26.-30. August 2019, Gent, Belgien.

McPARLAND, S., G. BANOS, B. McCARTHY, E. LEWIS, M.P. COFFEY, B. O'NEILL, M. O'DONOVAN, E. WALL und D.P. BERRY, 2012: Validation of mid-infrared spectrometry in milk for predicting body energy status in Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 95, 7225-7235.

PIEPER, J.T. und K. MAHLKOW-NERGE, 2017: In welchem Zusammenhang steht der Fett-Eiweiß-Quotient in der Milch zur Ketose des Rindes? [https://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user\\_upload/Fachartikel/2017/FA\\_Rind\\_Nr.16\\_Zusammenhang\\_Fett-Eiweiß-Quotient\\_zur\\_Ketose.pdf](https://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user_upload/Fachartikel/2017/FA_Rind_Nr.16_Zusammenhang_Fett-Eiweiß-Quotient_zur_Ketose.pdf).

- PFEIFFER, P., 2020: Predicting pregnancy with MIR spectra of cow milk. Masterarbeit BOKU, Wien.
- RENAUD, D.L., D.F. KELTON und T.F. DUFFIELD, 2019: Short communication: Validation of a test-day milk test for  $\beta$ -hydroxybutyrate for identifying cows with hyperketonemia. *J. Dairy Sci.* 102, 1589-1593.
- RIENESL, L., N. KHAYATZADEH, A. KÖCK, L.M. DALE, A. WERNER, C. GRELET, N. GENGLER, F. AUER, C. EGGER-DANNER, X. MASSART und J. SÖLKNER, 2019: Mastitis detection from milk mid-infrared (MIR) spectroscopy in dairy cows. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67, 1221-1226.
- SOYEURT, H., P. DARDENNE, F. DEHARENG, G. LOGNAY, D. VESELKO, M. MARLIER, C. BERTOZZI, P. MAYERES und N. GENGLER, 2006: Estimating fatty acid content in cow milk using mid-infrared spectrometry. *J. Dairy Sci.* 89, 3690-3695.
- SOYEURT, H., D. BRUWIER, J.M. ROMNEE, N. GENGLER, C. BERTOZZI, D. VESELKO und P. DARDENNE, 2009: Potential estimation of major mineral contents in cow milk using mid-infrared spectrometry. *J. Dairy Sci.* 92, 2444-2454.
- SOYEURT, H., C. BASTIN, F.G. COLINET, V.M.-R. ARNOULD, D.P. BERRY, E. WALL, F. DEHARENG, H.N. NGUYEN, P. DARDENNE, J. SCHEFERS, J. VANDENPLAS, K. WEIGEL, M. COFFEY, L. THÉRON, J. DETILLEUX, E. REDING, N. GENGLER und S. McPARLAND, 2012: Mid-infrared prediction of lactoferrin content in bovine milk: Potential indicator of mastitis. *Animal* 6, 1830-1838.
- VAN KNEGSEL, A.T.M., S.G.A. VAN DER DRIFT, M. HORNEMAN, A.P.W. DE ROOS, B. KEMP und E.A.M. GRAAT, 2010: Short communication: Ketone body concentration in milk determined by Fourier transform infrared spectroscopy: Value for the detection of hyperketonemia in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93, 3065-3069.
- WURM, K., 2020: Stoffwechsel und Fütterung – LKV-Daten nutzen. ZAR-Seminar 2020, Salzburg, 12. März 2020 (Veranstaltung wurde abgesagt).
- ZUCHTDATA, 2020: ZuchtData Jahresbericht, 2019.
- ZAR, 2016: Efficient Cow – Abschlussbericht zum Forschungsprojekt Nr. 100861, BMLFUW-LE.1.3.2/0083-II/1/2012, Wien.

## Ertrag und Futterwert von Hirse-Ganzpflanzensilage in der Rinderfütterung im Vergleich zu Silomais

### *Yield and nutritive value of whole plant sorghum silage in cattle feeding compared to forage maize*

Georg Terler<sup>1\*</sup>, Reinhard Resch<sup>1</sup>, Stefanie Gappmaier<sup>1</sup>, Anton Schauer<sup>1</sup>,  
Josef Kaufmann<sup>1</sup> und Leonhard Gruber

#### **Zusammenfassung**

In den letzten Jahren haben das Auftreten des Maiswurzelbohrers (*Diabrotica virgifera*) und zunehmende Trockenperioden im Sommer vermehrt zu Schäden und Ernteaufwänden in Maiskulturen geführt. Aus diesem Grund kam zunehmend Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in Form von Hirse-Ganzpflanzensilage (GPS) als Alternativfuttermittel für die Rinderfütterung ins Gespräch. Da jedoch bislang kaum Informationen zum Futterwert von Hirse-GPS in Mitteleuropa vorlagen, wurden im Zuge des EIP-Projekts „Innobrotics“ Ertrag, Nährstoffzusammensetzung, Pansenabbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit von Hirsesilagen verschiedener Sorten untersucht und mit Maissilage verglichen. Der Versuch erstreckte sich über drei Erntejahre (2016 bis 2018) und umfasste sechs verschiedene Sorghum-Sorten: ES Aristos (Biomassehirse), ES Harmattan, RGT Vegga, NutriGrain, Primsilo (jeweils Silohirse) und RGT Ggaby (Körnerhirse). Alle Sorten wurden in drei verschiedenen Reifestadien (Ende Milchreife, Mitte Teigreife und physiologische Reife) geerntet. Als Referenz wurde zudem eine Silomais-Sorte (Angelo) untersucht. Der Ertrag der Biomassehirse lag deutlich über jenem von Silomais, während alle anderen Sorten niedrigere Erträge als Silomais aufwiesen. Die Sorte hatte einen signifikanten Einfluss auf die Nährstoffzusammensetzung der Hirse-GPS. Mit zunehmendem Rispenanteil der Sorten sank der Gehalt an Faserkohlenhydraten und stieg der Gehalt an Nicht-Faserkohlenhydraten. Aus diesem Grund wiesen kornreiche Sorten eine höhere Pansenabbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit und somit einen höheren Energiegehalt auf. Bis zur Mitte der Teigreife der Körner nahm der Stärkegehalt auf Kosten des Fasergehalts signifikant zu. Im weiteren Reifeverlauf veränderte sich die Nährstoffzusammensetzung nicht mehr, während jedoch die Faserverdaulichkeit abnahm. Deshalb wurden zur Mitte der Teigreife die höchste Verdaulichkeit der organischen Masse und der höchste Energiegehalt erzielt. Im Vergleich zu Silomais war der Futterwert von Hirse-GPS deutlich geringer, was vor allem auf einen geringeren Stärkegehalt und eine geringere Gesamtverdaulichkeit zurückzuführen war. Dies spricht gegen den Einsatz von Hirse-GPS in der Rinderfütterung. Vor allem bei hohem Maiswurzelbohrerdruck oder langen Trockenperioden im Sommer kann jedoch Hirsesilage aufgrund der Ertragssicherheit eine interessante Alternative sein. Bei der Erzeugung von Hirsesilagen sollte jedenfalls auf kornreiche Sorten gesetzt werden und die Ernte zur Mitte der Teigreife der Körner erfolgen.

Schlagwörter: Sorte, Erntezeitpunkt, Nährstoffzusammensetzung, Pansenabbaubarkeit, Gesamtverdaulichkeit

<sup>1</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft,  
Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

\* Ansprechpartner: Dr. Georg Terler, email: georg.terler@raumberg-gumpenstein.at

## Summary

In the last years, the occurrence of the Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera*) and dry periods in summer led to increasing damages in maize cultivation. For this reason, whole plant silage from sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) was discussed as alternative cattle feed. However, so far, there is only little information on nutritive value of whole plant sorghum silage (WPSS) in Central Europe. Therefore, yield, nutrient composition, ruminal degradability and whole tract digestibility of WPSS from different varieties were examined and compared with whole plant maize silage (WPMS) within the EIP project "Innobrotics". This trial lasted for three years (2016 to 2018) and included six different sorghum varieties: ES Aristos (biomass sorghum), ES Harmattan, RGT Vegga, NutriGrain, Primsilo (silage sorghum) and RGT Ggaby (grain sorghum). Varieties were harvested in three different maturity stages (late milk stage, dough stage, physiological maturity). Furthermore, an often used forage maize variety (Angelo) was tested as reference. Yield of biomass sorghum was significantly higher while yield of all other tested varieties was lower compared to forage maize. Nutrient composition of WPSS was significantly affected by variety. Rising panicle proportion led to lower content of fibre carbohydrates and higher content of non-fibre carbohydrates. Therefore, grain-rich varieties had higher effective ruminal degradability and whole tract digestibility and, as a consequence, higher energy content. Starch content rose and fibre content sank until the dough stage of grains. During further maturation, nutrient composition of WPSS was constant while fibre digestibility decreased. Therefore, highest whole tract digestibility of organic matter and highest energy content was achieved at dough stage of maturity. Nutritive value of WPSS was markedly lower compared to forage maize, which was mainly due to lower starch content and lower whole tract digestibility. This is an argument against using WPSS in cattle feeding. However, especially in regions with high occurrence of the Western corn rootworm or long dry periods in summer, WPSS can be an interesting alternative to WPMS. In the production of WPSS, grain-rich varieties should be used preferentially and harvested at dough stage of grain maturity.

Keywords: variety, harvest date, nutrient composition, ruminal degradability, whole tract digestibility

## Einleitung

In den letzten Jahren waren in Mitteleuropa vermehrt Schäden oder Ernteausfälle im Maisanbau zu verzeichnen. Gründe dafür waren einerseits das Auftreten des Maiswurzelbohrers und andererseits zunehmende Trockenperioden im Sommer. Mittlerweile hat sich der Maiswurzelbohrer auf ganz Österreich ausgebreitet (AGES 2019). Der Maiswurzelbohrer schädigt die Maispflanze einerseits durch Narbenfraß (adulte Käfer fressen Narbenfäden der Pflanze und verhindern so die Befruchtung) und andererseits durch Wurzelfraß (Larven fressen Wurzeln der Maispflanze und verringern so die Standfestigkeit). Neben früher Maisaussaat und dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln kann die Durchführung einer Fruchtfolge Schäden durch den Maiswurzelbohrer reduzieren (FRAGNER und BÖCK 2017). Trockenschäden im Maisanbau traten speziell im Jahr 2018 auf, als es in weiten Teilen Deutschlands und im Norden Österreichs von April bis Anfang August kaum regnete, was zu deutlichen Ertrags- und Qualitätseinbußen im Silomais-Anbau führte (MAHLKOW-NERGE 2018). Häufige Folgen von Wassermangel im Silomaisanbau sind verringertes Längenwachstum (geringerer Ertrag), Ausbildung kolbenloser Pflanzen oder Kolben mit kleinen Körnern bzw. verringerter Kornzahl (LÜTKE ENTRUP et al. 2013).

Aufgrund der Maiswurzelbohrer-Problematik kam vermehrt Sorghumhirse (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) als Alternativkultur ins Gespräch, da sie ähnliche Nährstoffansprüche wie Silomais hat (vor allem was die Stickstoff- und Phosphorversorgung betrifft) (BMLFUW 2017) und weniger anfällig für Schäden durch den Maiswurzelbohrer ist (ETTLE et al. 2016). Weiters ist sie in ihrem Erscheinungsbild und ihrer Zusammensetzung dem Mais ähnlich, weshalb vergleichbare Erträge und Futterqualitäten erwartet werden. Zudem ist Hirse trockenheitstoleranter als Mais. Hirse kann sich von Dürreperioden besser erholen und erzielt somit in (sehr) trockenen Jahren höhere Erträge als Mais (BLACK et al. 1980, HART 1990, PINO und HEINRICHS 2017). Weiters hat Hirse auch eine kürzere Vegetationsperiode (gelangt rascher zur Reife) als Mais. Das bedeutet, dass Trockenperioden im Spätsommer bei Hirse zu geringeren Ertragsrückgängen führen, da die Ertragsbildung bis dahin weitestgehend abgeschlossen ist (FARRÉ und FACI 2006, PINO und HEINRICHS 2017). Durch die kürzere Vegetationsperiode ist es in Gunstlagen auch möglich, Hirse als Zweitfrucht, z.B. nach Wintergetreide, anzubauen (DANIEL et al. 2018, LYONS et al. 2019).

Bis dato liegen jedoch kaum wissenschaftliche Untersuchungen zu Ertrag und Futterwert von Hirse unter mitteleuropäischen Klimabedingungen vor. Daher wurde im Zuge des EIP-Projekts „Innobrotics“ ein Versuch gestartet, in welchem Ertrag, Nährstoffzusammensetzung, Pansenabbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit von Hirse-Ganzpflanzensilage (GPS) untersucht wurde. Ziel dieses Projektes war, den Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die oben genannten Parameter von Hirse-GPS zu testen.

## Material und Methoden

### Anbau und Ernte der Hirse-Sorten

In einem dreijährigen Versuch wurden sechs verschiedene Sorghumhirse-Sorten untersucht, welche hinsichtlich ihres vorwiegenden Nutzungstyps in drei verschiedene Gruppen eingeteilt wurden: ES Aristos (Biomassehirse – BH), ES Harmattan, RGT Vegga, NutriGrain, Primsilo (Silohirse – SH) und RGT Ggaby (Körnerhirse – KH). Als Referenz wurde zusätzlich eine für das Anbauggebiet typische Silomais-Sorte (Angelo) untersucht.

Der Anbau der Hirse-Sorten erfolgte an der LFS Hafendorf (Kapfenberg, Steiermark). Der Anbau und die Pflegemaßnahmen wurden durch die Bediensteten der LFS Hafendorf und des Versuchsreferats Steiermark durchgeführt. Die Anbauzeitpunkte waren für alle Sorten der 12.05.2016, 10.05.2017 und 02.05.2018. Zwei bis drei Wochen vor dem Anbau erfolgte eine Düngung mit Biogasgülle und vier Wochen nach der Saat eine Nachaufspritzung zur Unkrautbekämpfung. Die Witterung während der Vegetationsperiode war in den Jahren 2016 und 2017 ähnlich. Im Jahr 2018 waren dagegen die Monate Mai und August deutlich niederschlagsreicher, während der Juli wesentlich trockener war als in den beiden anderen Versuchsjahren. Die Ernte erfolgte zu drei verschiedenen Erntezeitpunkten (Ende Milchreife – „früh“, Mitte Teigreife – „mittel“, physiologische Kornreife – „spät“). Der Silomais wurde aus versuchstechnischen Gründen nur zum mittleren Erntezeitpunkt geerntet. Das Häckselgut jeder Sorte wurde in mehrere Kunststoffässer gefüllt und gut verdichtet. Die Fässer wurden anschließend luftdicht verschlossen und zur HBLFA Raumberg-Gumpenstein transportiert. Nach rund 4 Monaten Lagerzeit wurden die Fässer geöffnet und mit Hilfe eines Probenbohrers Futterproben für die Nährstoffanalyse gezogen. Die restliche Hirsesilagemenge von etwa 100 kg TM wurde in einem Futtermischer homogenisiert und bis zur Untersuchung der Pansenabbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit tiefgefroren.

### Untersuchung des Futterwerts

Die Futterproben für die Untersuchung der Nährstoffzusammensetzung wurden bei 50-55 °C für 72 h schonend getrocknet und anschließend auf 1 mm Partikelgröße vermahlen. Die chemische Analyse erfolgte nach den Methoden des VDLUFA (2012): (Trockenmasse (TM):

Methode 3.1; Rohprotein (XP): 4.1.2; Rohfett (XL): 5.1.1; Rohfaser (XF): 6.1.1; Rohasche (XA): 8.1; Neutral-Detergentien-Faser (NDF): 6.5.1, Säure-Detergentien-Faser (ADF): 6.5.2, Lignin (ADL): 6.5.3, Stärke (XS): 7.2.1, Zucker (XZ): 7.1.1). Bei der Ermittlung des TM-Gehalts der Futtermittel wurden die bei der Trocknung entstehenden unvermeidlichen Verluste an flüchtigen Fettsäuren mit Hilfe der Formeln für Maissilage von WEIßBACH und KUHLA (1995) berücksichtigt.

Die Futterproben für die Bestimmung der Pansenabbaubarkeit wurden ebenfalls bei 50-55 °C 72 h schonend getrocknet und danach auf 2 mm vermahlen. Anschließend wurde die Pansenabbaubarkeit der Futtermittel nach der Methode von ØRSKOV et al. (1980) an drei Pansen-fistulierten, trocken gestellten Kühen der Rasse Holstein Friesian×Brown Swiss bestimmt. Um die Abbaukinetik der Futtermittel untersuchen zu können, wurden 10 verschiedene Inkubationszeiten (0, 3, 6, 10, 14, 24, 42, 65, 92 und 120 h) verwendet. Für die Inkubation wurden die Futtermittel in Nylonbags (10×20 cm, 50 µm Porengröße) gefüllt. Bei den Inkubationsstufen 0 bis 65 h betrug die Füllmenge 5,7 g und bei den Inkubationsstufen 92 und 120 h 6,2 g pro Säckchen. Nach Ablauf der jeweiligen Inkubationsdauer wurden die Nylonbags wieder aus dem Pansen entnommen, schonend getrocknet, gewogen und anschließend der TM-, XP-, XA- und NDF-Gehalt bestimmt. Mit Hilfe der Formeln von ØRSKOV und McDONALD (1979) wurde anschließend die effektive Pansenabbaubarkeit von TM, NDF und Nicht-Faser-Kohlenhydraten (NFC) berechnet. Eine detailliertere Beschreibung der Untersuchung der ruminalen Abbaubarkeit findet sich in GRUBER et al. (2014). Die Untersuchung der Pansenabbaubarkeit wurde nur in den Versuchsjahren 2016 und 2017 durchgeführt.

Die Bestimmung der Verdaulichkeit wurde an drei Hammeln pro Futtermittel nach den Leitlinien der GFE (1991) durchgeführt. Die tägliche Futtermenge entsprach in etwa dem Erhaltungsbedarf der Tiere (1 kg TM pro Tag, 2 Mahlzeiten). Neben dem Versuchsfuttermittel erhielten die Hammel täglich 100 g Sojaextraktionsschrot, 20 g Mineralfuttermittel und 4 g Viehsalz als Nährstoffergänzung. Futteraufnahme und Kotalausscheidung wurden pro Versuchsperiode fünf Tage lang erhoben. Davor wurden die Tiere 2 Wochen an das jeweilige Futtermittel gewöhnt. Die Analyse des Kotes erfolgte nach denselben Methoden wie für die Futtermittel. Der Gehalt an metabolischer Energie (ME) und Nettoenergie Laktation (NEL) wurde nach den Vorgaben der GFE (2001) unter Verwendung der im Verdauungsversuch bestimmten Verdaulichkeit ermittelt.

## Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm Statgraphics Centurion XVII unter Verwendung eines Allgemeinen Linearen Modells (GLM). Als Hauptfaktoren wurden jeweils Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr verwendet. Bei der Auswertung der Nährstoffzusammensetzung wurde zudem die Wechselwirkung Erntezeitpunkt × Jahr herangezogen, da diese signifikant war. Alle weiteren Wechselwirkungen waren nicht signifikant und wurden daher in der Auswertung nicht berücksichtigt. Für die paarweisen Mittelwertvergleiche wurde der Tukey-Test verwendet und das Konfidenzniveau wurde mit 95 % angenommen.

## Ergebnisse und Diskussion

In diesem Tagungsbeitrag werden die wichtigsten Ergebnisse dieses Forschungsprojekts dargestellt und erläutert. Detailliertere Ergebnisse finden sich im Projekt-Abschlussbericht auf der Homepage der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (TERLER et al. 2020).

## Trockenmassegehalt, Rispenteil und Ertrag

Die untersuchten Sorten unterschieden sich deutlich hinsichtlich des TM-Gehalts, des Rispenteils und des Ertrags (Tabelle 1). Mit Ausnahme der Sorte Primisilo (kornreiche SH-Sorte) wiesen speziell die GPS der SH-Sorten einen sehr niedrigen TM-Gehalt auf

Tabelle 1: Trockenmasse-Gehalt, Rispenanteil und Ertrag von Hirse-Ganzpflanzensilage im Vergleich zu Silomais

	TM-Gehalt	Rispenanteil	TM-Ertrag	ME-Ertrag	XP-Ertrag
	g/kg FM	%	kg/ha	GJ/ha	kg/ha
<b>Sorte</b>					
ES Aristos	273 <sup>c</sup>	10,5 <sup>a</sup>	24.899 <sup>b</sup>	206,0 <sup>b</sup>	1.508 <sup>b</sup>
ES Harmattan	214 <sup>a</sup>	27,8 <sup>b</sup>	12.374 <sup>a</sup>	108,8 <sup>a</sup>	1.017 <sup>a</sup>
RGT Vegga	223 <sup>ab</sup>	28,3 <sup>b</sup>	15.037 <sup>a</sup>	134,7 <sup>ab</sup>	1.267 <sup>ab</sup>
NutriGrain	237 <sup>b</sup>	40,0 <sup>c</sup>	15.316 <sup>a</sup>	144,4 <sup>ab</sup>	1.278 <sup>ab</sup>
Primsilo	310 <sup>d</sup>	53,3 <sup>d</sup>	14.369 <sup>a</sup>	136,9 <sup>ab</sup>	1.085 <sup>ab</sup>
RGT Ggaby	296 <sup>d</sup>	59,1 <sup>d</sup>	16.742 <sup>a</sup>	162,8 <sup>b</sup>	1.378 <sup>ab</sup>
<b>Erntezeitpunkt</b>					
Früh	241 <sup>a</sup>	30,4 <sup>a</sup>	13.759 <sup>a</sup>	119,7 <sup>a</sup>	1.114
Mittel	263 <sup>b</sup>	39,2 <sup>b</sup>	17.650 <sup>b</sup>	160,3 <sup>b</sup>	1.333
Spät	273 <sup>c</sup>	39,9 <sup>b</sup>	17.959 <sup>b</sup>	166,7 <sup>b</sup>	1.320
<b>Jahr</b>					
2016	247 <sup>a</sup>	31,0 <sup>a</sup>	16.188	142,8	1.330 <sup>b</sup>
2017	257 <sup>a</sup>	37,0 <sup>ab</sup>	17.239	156,2	1.413 <sup>b</sup>
2018	273 <sup>b</sup>	41,5 <sup>b</sup>	15.941	147,9	1.024 <sup>a</sup>
<b>Statistik</b>					
p Sorte	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,016
p Erntezeitpunkt	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,063
p Jahr	<0,001	<0,001	0,540	0,551	0,001
rSD	16	6,1	3.159	30,4	279
R <sup>2</sup>	88,2	93,2	72,0	65,9	52,6
<b>Silomais</b>					
	328	61,0	20.136	220,9	1.389

TM = Trockenmasse; FM = Frischmasse; ME = umsetzbare Energie; XP = Rohprotein; rSD = Residual-Standardabweichung; R<sup>2</sup> = Bestimmtheitsmaß.

(< 250 g/kg FM), was auch durch Ergebnisse aus früheren Untersuchungen bestätigt wird (COLOMBINI et al. 2010, ETTLE et al. 2016). Der Rispenanteil lag bei diesen Sorten zwischen 27,8 und 40,0 % und damit ebenfalls auf niedrigem Niveau. Sehr niedrig war der Rispenanteil bei der BH-Sorte (10,5 %). Der TM-Gehalt und der Rispenanteil der Sorten Primsilo und RGT Ggaby (KH) lagen dagegen nur geringfügig unter dem Wert von Silomais. Mit fortschreitender Reife nahmen der TM-Gehalt und der Rispenanteil signifikant zu.

Hinsichtlich des TM-Ertrags hob sich die BH-Sorte ES Aristos deutlich positiv von den übrigen Sorten ab. Auch der ME- und XP-Ertrag war bei dieser Sorte am höchsten, aufgrund des niedrigen Futterwerts unterschied sie sich jedoch nicht signifikant von den meisten anderen Sorten. Innerhalb der SH- und KH-Sorten traten keine wesentlichen Unterschiede im TM-, XP- und ME-Ertrag auf. Das VERSUCHSREFERAT STEIERMARK (2019) führte am selben Standort parallel zum aktuellen Versuch Ertragserhebungen durch, wobei SH- und BH-Sorten verwendet wurden. Der TM-Ertrag schwankte je nach Sorte und Jahr zwischen 9,3 und 25,3 t/ha, wodurch die eigenen Ergebnisse bestätigt werden. Beim Anbau von KH-Sorten kann laut BOLSEN und WHITE (2007) mit einem TM-Ertrag von rund 10 bis 15 t/ha gerechnet werden. Im aktuellen Versuch lag der Ertrag der KH-Sorte (16,7 t TM/ha) über diesem Bereich.

Der höchste TM- und ME-Ertrag wurde zum späten Erntezeitpunkt erzielt, wobei jedoch der Unterschied zum mittleren Erntezeitpunkt nicht signifikant war. Dies steht im Widerspruch zur Studie von BLACK et al. (1980), in welcher der höchste Energieertrag

Tabelle 2: Nährstoffzusammensetzung von Hirse-Ganzpflanzensilage im Vergleich zu Silomais

	XP	XL	XF	XA	NDF	ADF	ADL	NFC	XS	XZ
	----- g/kg TM -----									
<b>Sorte</b>										
ES Aristos	62,7 <sup>a</sup>	16,0 <sup>a</sup>	356 <sup>d</sup>	67,0 <sup>a</sup>	616 <sup>d</sup>	400 <sup>e</sup>	56,0 <sup>d</sup>	238 <sup>a</sup>	68 <sup>a</sup>	25,7 <sup>b</sup>
ES Harmattan	74,5 <sup>b</sup>	23,5 <sup>b</sup>	320 <sup>c</sup>	78,2 <sup>b</sup>	567 <sup>c</sup>	359 <sup>d</sup>	45,7 <sup>bc</sup>	256 <sup>ab</sup>	116 <sup>b</sup>	17,6 <sup>ab</sup>
RGT Vegga	84,0 <sup>c</sup>	23,9 <sup>b</sup>	300 <sup>c</sup>	85,2 <sup>c</sup>	531 <sup>b</sup>	338 <sup>cd</sup>	41,5 <sup>ab</sup>	276 <sup>b</sup>	125 <sup>b</sup>	17,5 <sup>ab</sup>
NutriGrain	85,2 <sup>c</sup>	25,3 <sup>b</sup>	263 <sup>ab</sup>	79,9 <sup>bc</sup>	500 <sup>b</sup>	303 <sup>b</sup>	38,2 <sup>ab</sup>	310 <sup>c</sup>	190 <sup>c</sup>	15,1 <sup>ab</sup>
Primsilo	70,9 <sup>b</sup>	23,5 <sup>b</sup>	267 <sup>b</sup>	66,8 <sup>a</sup>	505 <sup>b</sup>	317 <sup>bc</sup>	51,5 <sup>cd</sup>	333 <sup>cd</sup>	248 <sup>cd</sup>	12,7 <sup>ab</sup>
RGT Ggaby	82,7 <sup>c</sup>	28,1 <sup>c</sup>	239 <sup>a</sup>	70,0 <sup>a</sup>	458 <sup>a</sup>	277 <sup>a</sup>	35,7 <sup>a</sup>	362 <sup>d</sup>	277 <sup>d</sup>	10,8 <sup>a</sup>
<b>Erntezeitpunkt</b>										
Früh	79,5	22,3 <sup>a</sup>	311 <sup>b</sup>	77,9 <sup>b</sup>	560 <sup>b</sup>	352 <sup>b</sup>	44,1	261 <sup>a</sup>	132 <sup>a</sup>	20,4 <sup>b</sup>
Mittel	75,3	23,5 <sup>ab</sup>	282 <sup>a</sup>	73,3 <sup>a</sup>	515 <sup>a</sup>	324 <sup>a</sup>	44,6	312 <sup>b</sup>	185 <sup>b</sup>	12,1 <sup>a</sup>
Spät	75,2	24,3 <sup>b</sup>	280 <sup>a</sup>	72,3 <sup>a</sup>	513 <sup>a</sup>	321 <sup>a</sup>	45,6	315 <sup>b</sup>	194 <sup>b</sup>	17,1 <sup>ab</sup>
<b>Jahr</b>										
2016	80,3 <sup>b</sup>	22,5 <sup>a</sup>	305 <sup>b</sup>	73,9	540 <sup>b</sup>	346 <sup>b</sup>	44,9 <sup>ab</sup>	283 <sup>a</sup>	118 <sup>a</sup>	28,4 <sup>b</sup>
2017	84,0 <sup>b</sup>	24,5 <sup>b</sup>	296 <sup>b</sup>	76,2	533 <sup>ab</sup>	340 <sup>b</sup>	47,6 <sup>b</sup>	283 <sup>a</sup>	186 <sup>b</sup>	13,0 <sup>a</sup>
2018	65,8 <sup>a</sup>	23,1 <sup>a</sup>	272 <sup>a</sup>	73,4	516 <sup>a</sup>	310 <sup>a</sup>	41,9 <sup>a</sup>	322 <sup>b</sup>	208 <sup>b</sup>	8,3 <sup>a</sup>
<b>Statistik</b>										
p Sorte	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,025
p Erntezeitpunkt	0,030	0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,676	<0,001	<0,001	0,041
p Jahr	<0,001	0,002	<0,001	0,145	0,008	<0,001	0,006	<0,001	<0,001	<0,001
p Ernte x Jahr	<0,001	<0,001	0,206	0,393	0,047	0,359	0,613	0,280	0,001	0,006
rSD	7,1	2,0	25	5,8	32	27	6,9	32	34	8,9
R <sup>2</sup>	77,1	83,2	80,1	66,3	80,1	78,0	60,4	78,5	91,9	72,1
<b>Silomais</b>										
	62,8	28,8	211	48,9	414	239	25,6	445	283	14,9

XP = Rohprotein; XL = Rohfett; XF = Rohfaser; XA = Rohasche; NDF = Neutral-Detergentien-Faser; ADF = Säure-Detergentien-Faser; ADL = Säure-Detergentien-Lignin; NFC = Nicht-Faser-Kohlenhydrate; XS = Stärke; XZ = Zucker; rSD = Residual-Standardabweichung; R<sup>2</sup> = Bestimmtheitsmaß

im Stadium „Ende Milchreife bis Beginn Teigreife“ erreicht wurde. Das Erntejahr hatte keinen Einfluss auf den TM- und ME-Ertrag. Im Vergleich zu Silomais waren vor allem der TM- und ME-Ertrag der Hirse-GPS deutlich niedriger.

## Nährstoffzusammensetzung

Die Nährstoffzusammensetzung der Hirse-GPS wurde, wie in früheren Versuchen (CATTANI et al. 2015, EHTESHAMI et al. 2018), signifikant von der Sorte beeinflusst (Tabelle 2), wobei ein Zusammenhang mit dem Rispenanteil der Sorten zu beobachten war. Der Gehalt an Faserkohlenhydraten und XZ ging mit zunehmendem Rispenanteil zurück, während der NFC- und XS-Gehalt anstieg. Auffällig war jedoch der signifikant höhere NDF-, ADF- und ADL-Gehalt der kornteiligen SH-Sorte Primsilo im Vergleich zur KH-Sorte RGT Ggaby. ETTLE et al. (2016) verglichen „Körnertypen“ und „Futtertypen“ und stellten dabei ebenfalls bei Körnertypen einen höheren XS-Gehalt sowie einen niedrigeren Gehalt an Faserbestandteilen fest, was auch eine höhere OM-Verdaulichkeit und einen höheren Energiegehalt zur Folge hatte. Alle untersuchten Sorten des aktuellen Projekts wiesen einen höheren NDF- und ADF-Gehalt sowie einen niedrigeren NFC- und XS-Gehalt auf als Silomais. Diese Ergebnisse stimmen mit den Ergebnissen aus früheren Studien überein (FASCHING 2014, KHOSRAVI et al. 2018, YANG et al. 2019). Die Hirse-GPS hatte jedoch (mit Ausnahme der Sorte ES Aristos) einen höheren XP-Gehalt als die Maissilage.

Zwischen frühem und mittlerem Erntezeitpunkt ging der XF-, XA-, NDF-, ADF- und XZ-Gehalt deutlich zurück, während der NFC- und XS-Gehalt signifikant anstieg. Im Zuge der weiteren Reife änderte sich die Nährstoffzusammensetzung der GPS nicht mehr. Ein Rückgang des Gehalts an Zellwandbestandteilen und XP sowie einen Anstieg des NFC- und XS-Gehalts in Hirse-GPS stellten auch BOLSEN und WHITE (2007) und LYONS et al. (2019) in ihren Untersuchungen fest. Im Jahr 2018 wurde ein signifikant niedrigerer XP-, XF- und ADF-Gehalt in der GPS festgestellt als in den beiden anderen Versuchsjahren. Dagegen enthielt die GPS des Jahres 2016 deutlich weniger XS und signifikant mehr XZ als in den beiden weiteren Versuchsjahren. Dies hängt möglicherweise mit dem geringeren Rispenanteil und dem geringeren TM-Gehalt der Rispe in diesem Jahr zusammen, was auf eine Ernte in einem etwas früheren Reifestadium im Vergleich zu 2017 und 2018 hindeutet.

## Pansenabbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit

Wie der Ertrag und die Nährstoffzusammensetzung wurden auch die ruminale Abbaubarkeit, die Gesamtverdaulichkeit und der Energiegehalt der Hirse-GPS signifikant von der Sorte beeinflusst (Tabelle 3). Die höchste OM- und NDF-Verdaulichkeit wurde bei der KH-Sorte RGT Ggaby festgestellt, welche durch den höchsten XS- und den niedrigsten ADL-Gehalt gekennzeichnet war. Weiters war auch die effektive TM-Abbaubarkeit dieser

Tabelle 3: Effektive Pansenabbaubarkeit, Gesamtverdaulichkeit und *in vivo*-Energiegehalt von Hirse-Ganzpflanzensilage im Vergleich zu Silomais

	Effektive Pansenabbaubarkeit <sup>1</sup>			Gesamtverdaulichkeit			Energiegehalt	
	TM	NDF	NFC	OM	NDF	NFC	ME	NEL
	----- % -----			----- % -----			--- MJ/kg TM ---	
<b>Sorte</b>								
ES Aristos	32,8 <sup>a</sup>	15,0 <sup>a</sup>	78,9 <sup>ab</sup>	53,6 <sup>a</sup>	45,0 <sup>a</sup>	80,9 <sup>a</sup>	7,43 <sup>a</sup>	4,18 <sup>a</sup>
ES Harmattan	40,5 <sup>b</sup>	23,1 <sup>b</sup>	79,6 <sup>b</sup>	61,6 <sup>b</sup>	51,4 <sup>bc</sup>	86,5 <sup>b</sup>	8,54 <sup>b</sup>	4,93 <sup>b</sup>
RGT Vegga	41,3 <sup>b</sup>	18,7 <sup>ab</sup>	80,0 <sup>b</sup>	61,7 <sup>b</sup>	48,6 <sup>abc</sup>	87,1 <sup>b</sup>	8,59 <sup>b</sup>	4,97 <sup>b</sup>
NutriGrain	45,4 <sup>bc</sup>	22,9 <sup>ab</sup>	80,8 <sup>b</sup>	64,5 <sup>bc</sup>	51,6 <sup>bc</sup>	92,3 <sup>c</sup>	9,00 <sup>bc</sup>	5,26 <sup>bc</sup>
Primsilo	37,5 <sup>ab</sup>	16,6 <sup>ab</sup>	72,0 <sup>a</sup>	61,4 <sup>b</sup>	44,0 <sup>ab</sup>	89,4 <sup>bc</sup>	8,73 <sup>bc</sup>	5,06 <sup>bc</sup>
RGT Ggaby	47,8 <sup>c</sup>	21,7 <sup>ab</sup>	79,1 <sup>b</sup>	66,8 <sup>c</sup>	53,1 <sup>c</sup>	88,2 <sup>bc</sup>	9,49 <sup>c</sup>	5,59 <sup>c</sup>
<b>Erntezeitpunkt</b>								
Früh	39,3	19,9	77,0	61,1	51,0 <sup>b</sup>	85,6 <sup>a</sup>	8,48	4,90
Mittel	41,0	19,3	79,0	62,7	48,9 <sup>ab</sup>	88,9 <sup>b</sup>	8,79	5,11
Spät	42,4	19,8	79,2	61,1	46,9 <sup>a</sup>	87,8 <sup>ab</sup>	8,61	4,99
<b>Jahr</b>								
2016	41,4	19,5	79,3	61,3 <sup>ab</sup>	47,7 <sup>a</sup>	87,8	8,58 <sup>ab</sup>	4,97 <sup>ab</sup>
2017	40,4	19,8	77,5	59,9 <sup>a</sup>	47,6 <sup>a</sup>	85,9	8,39 <sup>a</sup>	4,84 <sup>a</sup>
2018	---	---	---	63,6 <sup>b</sup>	51,5 <sup>b</sup>	88,5	8,91 <sup>b</sup>	5,20 <sup>b</sup>
<b>Statistik</b>								
p Sorte	<0,001	0,014	0,030	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p Erntezeitpunkt	0,167	0,919	0,224	0,150	0,012	0,007	0,083	0,085
p Jahr	0,455	0,828	0,148	0,002	0,009	0,066	0,004	0,004
rSD	3,5	3,9	3,0	2,5	3,6	2,7	0,37	0,26
R <sup>2</sup>	68,3	27,8	42,5	78,2	55,1	65,5	78,4	78,4
Silomais	47,8	20,6	76,5	74,0	59,7	93,2	10,69	6,45

TM = Trockenmasse; NDF = Neutral-Detergentien-Faser; NFC = Nicht-Faser-Kohlenhydrate; OM = Organische Masse; ME = Umsetzbare Energie; NEL = Nettoenergie Laktation; rSD = Residual-Standardabweichung; R<sup>2</sup> = Bestimmtheitsmaß; <sup>1</sup>Für die Berechnung der effektiven Pansenabbaubarkeit wurde eine Passagerate von 5%/h angenommen.

Sorte signifikant höher als jene der meisten SH- und BH-Sorten. Die BH-Sorte ES Aristos wies die signifikant niedrigste OM-, NDF- und NFC-Gesamtverdaulichkeit auf, was auf den niedrigen XS- und den hohen ADL-Gehalt dieser Sorte zurückzuführen ist. Weiters trat bei dieser Sorte auch die niedrigste effektive TM- und NDF-Abbaubarkeit auf. Die SH-Sorten lagen hinsichtlich der effektiven Pansenabbaubarkeit sowie der OM- und NDF-Gesamtverdaulichkeit zwischen BH und KH und unterschieden sich (mit Ausnahme der signifikant niedrigeren effektiven NFC-Abbaubarkeit der Sorte Primisilo) nicht untereinander. Im Vergleich zu Silomais war jedoch die Gesamtverdaulichkeit der Nährstoffe deutlich geringer. PINO und HEINRICHS (2017) und YANG et al. (2019) stellten in ihren Versuchen ebenfalls eine signifikant geringere TM-Verdaulichkeit von Hirse-GPS im Vergleich zu Maissilage fest. FOX et al. (1970) kamen zum Schluss, dass die geringere Verdaulichkeit von Hirsesilage im Vergleich zu Maissilage vor allem durch eine geringere Verdaulichkeit der Restpflanze und von unaufgeschlagenen Hirsekörnern bedingt ist. Auch im aktuellen Versuch wurden in den GPS zum Teil unaufgeschlagene Hirsekörner festgestellt. Um dies zu vermeiden, empfehlen daher DANIEL et al. (2018) den Einsatz von Kornaufbreitern bei der Ernte von Hirse-GPS.

Der im Hammelversuch ermittelte ME- und NEL-Gehalt unterschied sich deutlich zwischen BH-, SH- und KH-Sorten. Der ME-Gehalt der BH-Sorte lag um rund 1,0 bis 1,5 MJ unter jenem der SH-Sorten, während diese wiederum einen um rund 0,5 bis 1,0 MJ niedrigeren ME-Gehalt als die KH-Sorte aufwiesen. Im Vergleich zu Silomais war der *in vivo*-ME-Gehalt der Hirse-GPS um rund 1,2 (KH) bis 3,3 MJ/kg TM (BH) niedriger. ETTLE et al. (2016) verglichen den Energiegehalt von KH-GPS mit jenem von „guten Grassilagen“, der Energiegehalt von „guten Maissilagen“ wurde in ihrem Versuch jedoch ebenfalls nicht erreicht. BOLSEN und WHITE (2007) gaben an, dass der Futterwert von KH-GPS rund 5 bis 10 % unter jenem von Maissilage liegt.

Der Erntezeitpunkt hatte keinen Einfluss auf die Pansenabbaubarkeit und die OM-Verdaulichkeit, während die NDF-Verdaulichkeit zwischen frühem und spätem Erntezeitpunkt signifikant zurückging, was mit den Ergebnissen von JOHNSON et al. (1971) übereinstimmt. In den Studien von BLACK et al. (1980) und HART (1990) nahm dagegen auch die OM-Verdaulichkeit mit fortschreitender Reife signifikant ab. Der höchste ME- und NEL-Gehalt wurde im Reifestadium Mitte Teigreife erreicht, wobei jedoch der Unterschied zu den beiden anderen Erntezeitpunkten nicht signifikant war. Als optimaler Erntezeitpunkt stellte sich daher das Reifestadium „Mitte Teigreife“ heraus. BOLSEN und WHITE (2007) gaben dagegen „Ende Teigreife“ als optimales Erntestadium für Hirse an, weil aufgrund ihrer Ergebnisse bei früherer Ernte mit Ertragseinbußen zu rechnen ist. Dies konnte durch die aktuellen Ergebnisse jedoch nicht bestätigt werden. Beim Vergleich der Jahre fällt vor allem die signifikant höhere OM- und NDF-Verdaulichkeit sowie der höhere ME- und NEL-Gehalt im Jahr 2018 im Vergleich zu 2017 auf.

## **Futteraufnahme und Milchleistung**

Im aktuellen Projekt wurden Futteraufnahme sowie Milchleistung von Rindern nicht untersucht, im Folgenden soll jedoch ein kurzer Überblick über bisherige Erkenntnisse gegeben werden. In früheren Versuchen traten bei Verfütterung verschiedener Hirse-Sorten große Unterschiede hinsichtlich Futteraufnahme und Milchleistung auf. Bei Verfütterung von sogenannten bmr-Sorten (bmr = brown-midrib) wurden ähnliche Futteraufnahmen und Milchleistungen erzielt wie bei Maissilagefütterung. Bei Verfütterung von „normalen“ Sorten waren Futteraufnahme und Milchleistung dagegen deutlich niedriger (GRANT et al. 1995, OLIVER et al. 2004). Bmr-Sorten zeichnen sich vor allem durch eine höhere Faserverdaulichkeit im Vergleich zu normalen Sorten aus (OLIVER et al. 2004). Deshalb sollte bei der Auswahl von Hirse-Sorten auf eine hohe Gesamtverdaulichkeit geachtet werden. Aufgrund des geringeren Energiegehalts im Vergleich zu Maissilage ist bei der Verfütterung von Hirse-GPS auf jeden Fall ein höherer Einsatz von Energiekraftfutter erforderlich, um vergleichbare Leistungen zu erzielen (COLOMBINI et al. 2010, FASCHING 2014).

## Schlussfolgerung

Hirse-Sorten unterscheiden sich innerhalb der Art deutlich hinsichtlich ihres Ertrags und Futterwerts. BH-Sorten erreichen hohe Erträge, weisen aber einen geringen Futterwert auf und stellen daher kein hochwertiges Futter für Wiederkäuer dar. SH- und KH-Sorten weisen einen deutlich höheren Futterwert auf, wobei dieser stark vom Rispenanteil beeinflusst wird. Mit zunehmendem Rispenanteil steigen XS-Gehalt, Pansenabbaubarkeit, Gesamtverdaulichkeit und Energiegehalt an. Daher sollten bei der Erzeugung von Hirse-GPS Sorten mit hohem Rispenanteil (KH oder kornreiche SH) bevorzugt werden. Der optimale Futterwert von Hirsensilagen wird im Reifestadium „Mitte Teigreife“ erreicht. Bis zu diesem Zeitpunkt nimmt der XS-Gehalt signifikant zu, was einen Anstieg der OM-Verdaulichkeit und des Energiegehalts nach sich zieht. Im Vergleich zu Silomais weisen Hirse-GPS aus SH- und KH-Sorten einen niedrigeren Ertrag und Futterwert auf. Der niedrigere Futterwert ist auf einen geringeren XS-Gehalt und eine geringere Gesamtverdaulichkeit zurückzuführen, was einen deutlich niedrigeren Energiegehalt zur Folge hat. Ein Vorteil von Hirsensilage im Vergleich zu Silomais ist dagegen der höhere XP-Gehalt. In Regionen mit hohem Maiswurzelbohrerdruck oder auf trockenheitsgefährdeten Standorten können Silagen aus kornreichen Hirse-Sorten trotz des geringeren Futterwerts eine interessante Alternative sein, da Hirse weniger anfällig gegenüber dem Maiswurzelbohrer ist und Wasser effizienter nutzt als Silomais.

## Danksagung

Wir bedanken uns sehr herzlich bei allen unseren Kooperationspartnern für die tatkräftige Unterstützung und dass sie uns die Durchführung dieses Projekts ermöglicht haben: ARGE Innobrotics (Leitung: LK Steiermark), Landwirtschaftliche Fachschule Hafendorf und Versuchsreferat Steiermark.

## Literatur

AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit), 2019: Maiswurzelbohrer – Verbreitung. <https://www.ages.at/themen/schaderreger/maiswurzelbohrer/verbreitung/>, besucht am 22.01.2019.

BLACK, J.R., L.O. ELY, M.E. McCULLOUGH und E.M. SUDWEEKS, 1980: Effects of stage of maturity and silage additives upon the yield of gross and digestible energy in sorghum silage. *J. Anim. Sci.* 50, 617-624.

BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2017: Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland. 7. Auflage, Wien, 115 S.

BOLSEN, K.K. und J.S. WHITE, 2007: Sorghum Silage: A summary of 25 years of research at Kansas State University. XI Cattle Production Conference, 15.-16.03.2007, Uberlandia, Brazil.

CATTANI, M., L. MacCARANA, A. SARTORI, R. CONVERSO und L. BAILONI, 2015: Chemical composition and *in vitro* fermentation of silages from different sorghum hybrids cultivated in three plot farms. *Poljopriveda* 21, 126-129.

COLOMBINI, S., L. RAPETTI, D. COLOMBO, G. GALASSI und G.M. CROVETTO, 2010: Brown midrib forage sorghum silage for the dairy cow: nutritive value and comparison with corn silage in the diet. *Ital. J. Anim. Sci.* 9, 273-277.

DANIEL, J.L.P., T.F. BERNARDES, C.C. JOBIM, P. SCHMIDT und L.G. NUSSIO, 2018: Production and utilization of silages in tropical areas. XVIII International Silage Conference, 24.-26.07.2018, Bonn, 348-367.

- EHTESHAMI, S.M., K. KHAVAZI und A. ASGHARZADEH, 2018: Forage sorghum quantity and quality as affected by biological phosphorous fertilization. *Grass Forage Sci.* 73, 926-937.
- ETTLE, T., A. OBERMAIER und J. EDER, 2016: Futterwert von Ganzpflanzensilage aus Körnerhirsesorten in der Wiederkäuerfütterung. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, 12.-13.04.2016, Fulda, 73-76.
- FARRÉ, I. und J.M. FACI, 2006: Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. *Agr. Water Manage.* 83, 135-143.
- FASCHING, C., 2014: Futterwert von Sorghum-Hirse und deren Verwendung in der Milchproduktion. 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 09.-10.04.2014, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 129-140.
- FOX, D.G., E.W. KLOSTERMAN, H.W. NEWLAND und R.R. JOHNSON, 1970: Net energy of corn and bird resistant grain sorghum rations for steers when fed as grain or silage. *J. Anim. Sci.* 30, 303-308.
- FRAGNER, H. und A. BÖCK, 2017: Maiswurzelbohrer in Österreich – Bestandsaufnahme und Lösungsansätze. *Landwirt* 20/2017, 38-41.
- GFE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1991: Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohrnährstoffen an Wiederkäuern. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 65, 229-234.
- GFE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, No. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 135 S.
- GRANT, R.J., S.G. HADDAD, K.J. MOORE und J.F. PEDERSEN, 1995: Brown midrib sorghum silage for midlactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78, 1970-1980.
- GRUBER, L., G. TERLER, A. SCHAUER und F. KASTENHUBER, 2014: Nährstoffgehalt und Pansenabbaubarkeit verschiedener Silomais-Sorten. 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 09.-10.04.2014, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 97-126.
- HART, S.P., 1990: Effects of altering the grain content of sorghum silage on its nutritive value. *J. Anim. Sci.* 68, 3832-3842.
- JOHNSON, R.R., V.P. de FARIA und K.E. McCLURE, 1971: Effects of maturity on chemical composition and digestibility of bird resistant sorghum plants when fed to sheep as silages. *J. Anim. Sci.* 33, 1102-1109.
- KHOSRAVI, M., Y. ROUZBEHAN, M. REZAEI und J. REZAEI, 2018: Total replacement of corn silage with sorghum silage improves milk fatty acid profile and antioxidant capacity of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 101, 10953-10961.
- LÜTKE ENTRUP, N., F.J. SCHWARZ und H. HEILMANN 2013: *Handbuch Mais – Grundlagen, Anbau, Verwertung, Ökonomie*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 451 S.
- LYONS, S.E., Q.M. KETTERINGS, G.S. GODWIN, D.J. CHERNEY, J.H. CHERNEY, M.E. VAN AMBURGH, J.J. MEISINGER und T.F. KILCER, 2019: Optimal harvest timing for brown midrib forage sorghum yield, nutritive value, and ration performance. *J. Dairy Sci.* 102, 7134-7149.
- MAHLKOW-NERGE, K., 2018: Dürre-Mais – Wie halten Sie die Milch? *Top Agrar* 10/2018, 18-21.

OLIVER, A.L., R.J. GRANT, J.F. PEDERSEN und J. O'REAR, 2004: Comparison of brown midrib-6 and -18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 637-644.

ØRSKOV, E.R. und I. McDONALD, 1979: The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agr. Sci.* 92, 499-503.

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

PINO, F. und A.J. HEINRICHS, 2017: Sorghum forage in precision-fed dairy heifer diets. *J. Dairy Sci.* 100, 224-235.

TERLER, G., R. RESCH, S. GAPPMAIER, A. SCHAUER, L. GRUBER und J. KAUFMANN, 2020: Futterwert und Siliereignung von Ganzpflanzensilagen verschiedener Hirse-Sorten in der Rinderfütterung. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt "Hirse-Innobrotics", HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 2012: Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 2190 S.

VERSUCHSREFERAT STEIERMARK, 2019: Versuchsbericht 2018 – Ergebnisse pflanzenbaulicher Versuche der land- und forstwirtschaftlichen Fachschulen der Steiermark. Fachteam Versuchstätigkeit der Abteilung 10 – Land- und Forstwirtschaft des Landes Steiermark, 150 S.

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

YANG, Y., G. FERREIRA, B.A. CORL und B.T. CAMPBELL, 2019: Production performance, nutrient digestibility, and milk fatty acid profile of lactating dairy cows fed corn silage- or sorghum silage-based diets with and without xylanase supplementation. *J. Dairy Sci.* 102, 2266-2274.



## Konservierung von Hirse zu Ganzpflanzensilage (Hirse-GPS)

### *Conservation of sorghum to whole plant silage (sorghum-WPS)*

Reinhard Resch<sup>1\*</sup> und Georg Terler<sup>1</sup>

#### Zusammenfassung

Die Silierung von Hirse-Sorten (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) zu Ganzpflanzensilage wird in Österreich aufgrund zunehmender Temperaturen und schlechter Wasserverfügbarkeit durch Trockenstress in den Sommermonaten, insbesondere auf weniger fruchtbaren Böden, wahrscheinlich an Bedeutung gewinnen. Die in den drei Versuchsjahren verwendeten Sorghum-Typen (Biomasse-, Silo- und Körnerhirse) waren in der Siliereignung aufgrund höherer Gehalte an Pufferstoffen etwas schlechter gestellt als der Silomais. Trotz deutlicher Nachteile der Hirsen mit geringeren TM-Gehalten, speziell bis zur mittleren Kornreife, kamen die Ergebnisse in der Silagequalität mehr oder weniger nahe an die der Maissilage heran. Der große Nachteil des niedrigen TM-Gehaltes der Hirsen bewirkte bei allen getesteten Sorten des Silotyps eine Gärstoffproduktion bis 12 % der einsilierten Menge und damit verbunden deutliche Massen- und Qualitätsverluste. Die Biomasse-Hirse hatte zwar keine Gärstoffverluste zu verzeichnen, allerdings scheidet dieser Hirse-Typ für Rinderbetriebe wegen der schlechten Verdichtbarkeit und des ungünstigen Futterwertes aus. Letzten Endes konnten in der Gesamtbewertung der Futterkonservierung zu Ganzpflanzensilage nur die körnerreichen Hirsesorten mit der Maissilage einigermaßen in der Gärqualität mithalten. Die im Rahmen des EIP-Projektes „Innobrotics“ ermittelten Erkenntnisse zur Hirse-GPS stellen somit für die österreichischen Rinderbauern wichtige Praxisgrundlagen zur Sortenwahl dar.

Schlagwörter: Silagequalität, Silierbarkeit, Pufferwirkung, Sorghum-GPS, Sorghum-Typ, Gärung, Tannine, Flavonoide, Blausäure

#### Summary

The ensilage of sorghum varieties (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) as whole plant silage (WPS) is likely to become more important in Austria with increasing temperatures and poor water availability due to drought stress in the summer months, especially on less fertile soils. The silage suitability of sorghum types (biomass, silo, grain sorghum) was slightly lower, compared to silage maize due to higher content of buffer substances. Despite clear disadvantages of sorghum varieties with lower DM content, especially up to medium grain maturity, the results in silage quality were more or less close to those of maize silage. The major disadvantage of the low DM content of the sorghum was effluent production of up to 12 % of the ensiled quantity in tested varieties of the silo type, which resulted in significant losses in mass and nutritive value. Biomass sorghum did not show any effluent losses, but this type of sorghum is not suitable for cattle farms due to its insufficient compactibility and unfavourable feed value. Ultimately, in the overall assessment of feed preservation to WPS, only the grain-rich sorghum varieties

<sup>1</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

\* Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, email: reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

were able to keep pace with maize silage in terms of quality to some extent. The findings of the EIP „Innobrotics“ project on sorghum-GPS provide Austrian cattle farmers with an important practical basis for selecting the right variety.

Keywords: silage quality, ensilability, buffer effect, sorghum WPS, sorghum type, fermentation, tannins, flavonoids, cyanide

## 1. Einleitung

In Österreich konnte in den letzten Jahren eine Zunahme von Phasen mit Sommertrockenheit beobachtet werden (GOBIET 2019). Abgesehen von tropischen Regionen gewinnen Hirsen (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in vielen gemäßigten Zonen mit geringerer Bodenfruchtbarkeit immer mehr an Bedeutung (MANN et al. 1983). Neben dem Trockenstress bedrohen Schädlinge wie der westliche Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera*) immer häufiger die Maisernten (RESCH und TERLER 2019). Hinsichtlich der Ertrags- und Qualitätssicherheit von selbst angebautem Futter werden alternative Kulturen in Zukunft für die Rinderernährung wichtiger werden. Über Hirsesorten und deren Nährwert für das Vieh gibt es in Mitteleuropa nur wenige Erfahrungen, in Nordamerika fanden BOLSEN et al. (2003) einen geringeren Futterwert als bei Maissilage. Darüber hinaus gibt es Sorghum-Sorten mit unterschiedlichen Eigenschaften (Biomassetyp [Bm], Silagetyp [Si], Korntyp [Ko]). Es ist jedoch nicht klar, welche Sorghumsorte für die Viehhalter die optimale Wahl ist. Die European Innovation Partnership (EIP) fördert Projekte, die sich auf die landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit konzentrieren. Das Projekt „Nährwert und Vergärung von Ganzpflanzensilagen aus verschiedenen Sorghum-Sorten in der Rinderfütterung“ ist Teil des EIP-Projekts „Innobrotics“ und wurde 2016 von verschiedenen Partnern gestartet, um Antworten auf Fragen zur Pflanzenproduktion, Futterkonservierung und Tierernährung zu erhalten. Während der Beitrag von TERLER et al. (2020) Informationen zum Ertrag und Futterwert von Hirse-Sorten in der Rinderfütterung enthält, beschäftigt sich dieser Beitrag mit Fragen der Konservierbarkeit von Sorghum-Sorten zu einer Ganzpflanzensilage (GPS).

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Versuchsdesign

Sechs verschiedene Sorghum-Sorten (i Aristos<sup>Bm</sup>, ii ES Harmattan<sup>Si</sup>, iii RGT Vegga<sup>Si</sup>, iv Nutrigrain<sup>Si/Ko</sup>, v RGT Primsilo<sup>Ko</sup>, vi RGT Ggaby<sup>Ko</sup>) wurden am Standort Hafendorf angebaut (R 15°18'40.7"; H 47°27'19.3") und in drei Jahren (2016 bis 2018) mit Maissilage (Sorte Angelo) verglichen. Die Bewirtschaftung der Kulturen (Anbau, Düngung, Pflege) wurde unter Berücksichtigung der Empfehlungen der guten fachlichen Praxis durchgeführt. Die Sorghumernte wurde in drei verschiedenen Reifestadien (Kornreife: i früh = Ende Milchreife/Beginn Teigreife, ii mittel = Teigreife, iii spät = physiologische Reife) durchgeführt. Von jeder Sorghum-Sorte wurde der Ertrag an der gesamten Grünmasse sowie an den getrennten Rispen (Samenträger) und Restpflanzen (Stängel und Blätter) gemessen.

### 2.2 Probenziehung und chemische Untersuchung

Das Material der gehäckselten Ganzpflanzen wurde in mehrere Kunststofffässer (60 bzw. 120 Liter) gepresst und mittels Kunststoffdeckel und Spannring hermetisch verschlossen. Alle Fässer wurden am Tag der Ernte nach Gumpenstein (R 14°06'13.0"; H 47°29'36.9") zur Lagerung transportiert. Für verschiedene Versuche (Gärung, Gärstoffbildung, *in vivo* und *in vitro* Verdaulichkeit, *in situ* Abbaubarkeit) wurden ca. 70 kg Trockenmasse (TM) Sorghum-Silage benötigt. Nach vier Monaten wurden die Fässer gewogen und geöffnet, um Proben von Silage und Gärstoff zu erhalten. Die Proben des getrennten Pflanzen-

materials wurden für die chemische Analyse durch Ofentrocknung (48 h bei 50 °C) und anschließende Vermahlung auf 1 mm Partikelgröße vorbereitet. Die chemischen Analysen (TM, Nährstoffe, Gerüstsubstanzen, Mineralien, pH-Wert, NH<sub>3</sub>-N, flüchtige organische Verbindungen [VOC]) wurden im Labor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein mit standardisierten nasschemischen Methoden durchgeführt (VDLUFA 1976). Von 16 Silageproben aus dem Jahr 2017 wurde die Analyse der Ester an der Humboldt-Universität Berlin an konservierten und tiefgekühlten Extrakten durchgeführt.

## 2.3 Statistische Auswertung

Die statistischen Berechnungen wurden an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein mit der Software Statgrafics Centurion (Version XVII) und mit IBM SPSS Statistics (Version 25) durchgeführt. Für die mehrfaktoriellen Analysen wurde das GLM-Verfahren (Allgemeine lineare Modellierung) herangezogen. Die Mittelwertvergleiche wurden mit der Methode TUKEY-HSD (Honestly Significant Difference) durchgeführt. Die berechneten P-Werte beziehen sich auf ein Konfidenzniveau von 95 %.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

### 3.1 Nährstoffe und Silierbarkeit

Die Sorghum-Sorten wiesen allgemein einen geringeren TM-Gehalt von 195 bis 333 g/kg FM auf als Maissilage mit 334 g/kg FM (Abbildung 1). Der TM-Gehalt wurde durch die Faktoren Sorte (P<0,01), Reife (P<0,01) und Jahr (P<0,05) signifikant beeinflusst. Im Durchschnitt erreichten weder die Sorten des Sorghum-Silotyps noch des Biomassetyps den geforderten TM-Orientierungsbereich von 300 bis 400 g/kg FM. Nur die kornreichen Sorten Primisilo und RGT Ggaby konnten ab einer mittleren Kornreife den geforderten TM-Gehalt für eine gute Silagekonservierung erreichen. Dieser Umstand ergibt, vom Standpunkt des TM-Gehaltes aus betrachtet, eine allgemein ungünstige Silierbarkeit von Sorghum-Sorten, mit Ausnahme des Korntyps. Die Biomasse-Sorte Aristos enthielt im Stängelinneren ein schwammiges Mark, daher wies diese Sorte eine deutlich schlechtere Verdichtbarkeit auf als die übrigen Sorghum-Sorten.

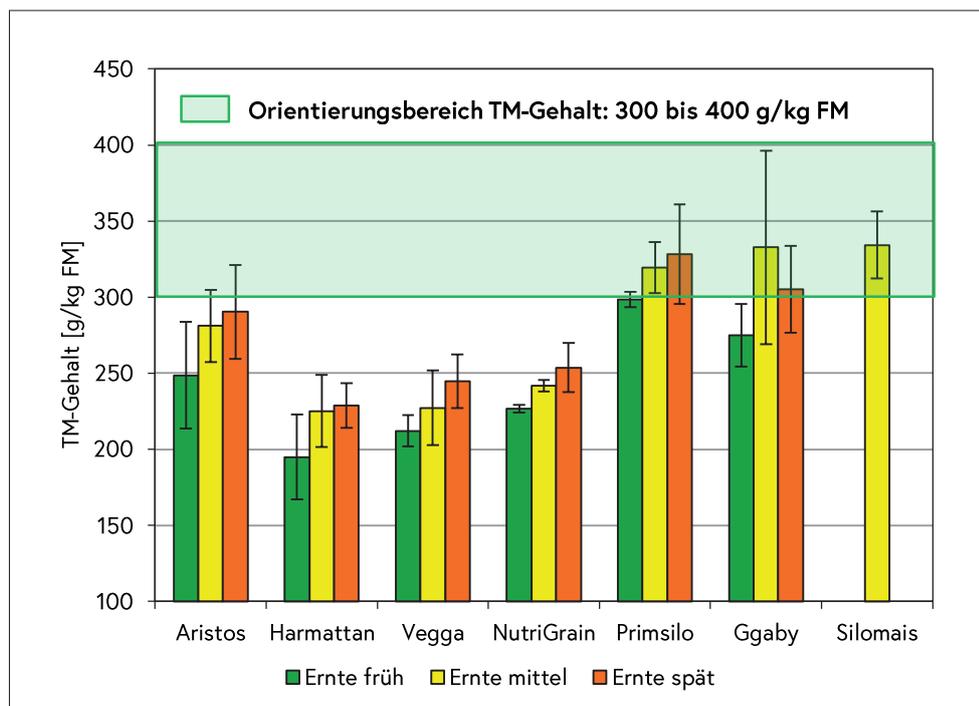


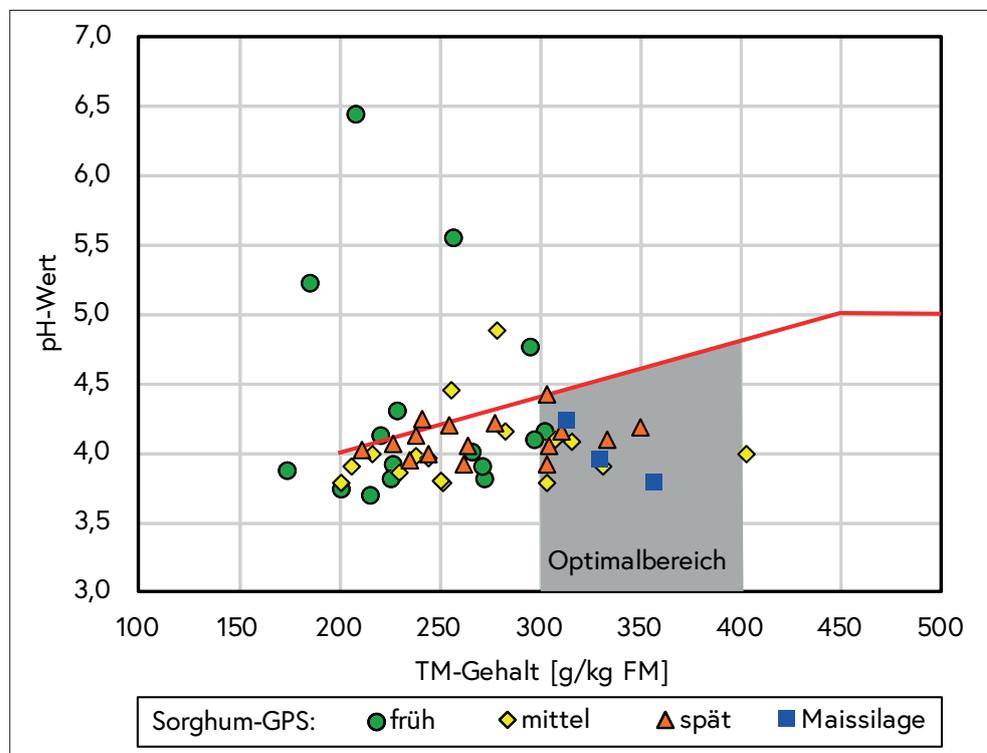
Abbildung 1: TM-Gehalte von Hirse-GPS in Abhängigkeit verschiedener Sorten und Kornreifegrade im Vergleich zu Silomais

Bis auf die Sorte Aristos (65 g XP/kg TM) enthielten alle getesteten Sorghum-Sorten einen höheren Rohproteingehalt (XP) als Maissilage (67 g XP/kg TM). Die Sorte NutriGrain erreichte den höchsten XP-Gehalt mit 85 g/kg TM. Der Rohaschegehalt der untersuchten Sorghum-Sorten war mit durchschnittlich 74 g/kg TM signifikant höher als jener der Maissilage mit 43 g/kg TM. Die Silierbarkeit von Futterpflanzen hängt mit der Pufferwirkung von Protein und Mineralstoffen zusammen (GROSS und RIEBE 1973). Aus dieser Sicht war die Silierbarkeit von Sorghum-Sorten ungünstiger einzustufen als jene von Silomais, da bei den Hirsen mehr puffernde Stoffe (XP und XA) in der TM enthalten waren.

Die Zusammensetzung der Kohlenhydrate, speziell der leicht löslichen Zucker (XZ), ist für die Silierbarkeit von entscheidender Bedeutung. Zucker und Stärke sind in den Nicht-Faser-Kohlenhydraten (NFC) enthalten. Bei Hirse-GPS war eine hohe Varianz von 238 bis 439 g NFC/kg TM zu beobachten. Im Vergleich zu Mais (439 g NFC/kg TM) hatten die Sorghum-Typen Biomasse bzw. Silo einen deutlich geringeren NFC-Gehalt (unter 300 g/kg TM), die kornreichen Typen hatten einen NFC-Gehalt von durchschnittlich 351 g/kg TM. Die Biomasse-Hirse (Aristos) enthielt in der GPS nur 62 g Stärke (XS)/kg TM, die Sorten des Silotyps erreichten im Durchschnitt 136 g und nur die kornreichen Sorghum-Typen (Primsilo und RGT Ggaby) kamen mit 276 g XS/kg TM auf ähnlich hohe Stärkegehalte wie Silomais (283 g XS/kg TM). In der fertigen GPS waren allgemein sehr geringe Zuckergehalte festgestellt worden. Am niedrigsten waren die XZ-Gehalte bei den kornreichen Sorten (Primsilo 6,8 g; RGT Ggaby 10,8 g XZ/kg TM). Die Sorten des Sorghum-Silotyps lagen zwischen 16,8 und 17,6 g XZ/kg TM und somit minimal höher als Silomais mit 14,9 g XZ/kg TM. Der Biomasse-Typ (Aristos) enthielt 25,8 g XZ/kg TM. In der Tendenz muss der teilweise auftretende Zuckermangel im Sorghum-Korntyp kritisch betrachtet werden, speziell hinsichtlich einer ausreichenden Absenkung des pH-Wertes (Abbildung 2).

Der Gehalt an strukturierten Kohlenhydraten (NDF, ADF, ADL) war in den Sorghum-GPS revers zu den NFC-Gehalten. Maissilage wies im Mittel die geringsten NDF-Gehalte auf (424 g NDF/kg TM), die Sorten des Silagetyps lagen zwischen 515 und 589 g und der Biomassetyp (Aristos) lag mit 606 g NDF/kg TM am höchsten. RGT Ggaby<sup>ko</sup> war die Sorghum-Sorte mit dem geringsten NDF-Gehalt (452 g/kg TM). Die NDF-Gehalte hatten

Abbildung 2: Beziehung zwischen TM-Gehalt und pH-Wert von Hirse-GPS im Vergleich zu Maissilage



in den Versuchen keinen Einfluss auf die Gärqualität, jedoch einen signifikanten Effekt auf Verdaulichkeit und Energiekonzentration (TERLER et al. 2020).

Als erstes Zwischenfazit kann festgehalten werden, dass alle geprüften Sorghum-Sorten keinen Vorteil hinsichtlich Silierbarkeit gegenüber Silomais aufwiesen. Der geforderte TM-Gehalt konnte nur von Körnerhirsen ab mittlerer Kornreife erreicht werden. Zu späte Ernte hatte bei der Sorte RGT Ggaby das Ausrieseln der Körner mit Verlust an Futterwert zur Folge. Der Gehalt an Zuckern ist bei Körnerhirsen im kritisch niedrigen Bereich, womit eine gewisse Gefahr der zu geringen Säurebildung und ungünstiger aerober Stabilität verbunden sein kann.

### 3.2 Gärung von verschiedenen Sorghum-Typen

Die natürliche Absäuerung einiger Sorghum-Sorten war mit ~21 % suboptimal, da der pH-Wert speziell der GPS in der frühen Kornreife über dem Orientierungswert lag (DLG 2012). Während sich beim Silomais 100 % der pH-Werte im optimalen Bereich von TM-Gehalt und pH-Wert befanden, erreichten dies bei den Sorghum-Sorten insgesamt nur 19 % (Abbildung 2).

Tabelle 1: TM-Gehalt und Gärparameter von Sorghum-GPS verschiedener Sorten bei unterschiedlichen Kornreifegraden im Vergleich zu Maissilage

	Para- meter	Trockenmasse		pH		Milchsäure		Essigsäure		Propionsäure		Buttersäure		Σ Alkohole *		Σ Ester ** (Gesamtgehalt)		Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	
		$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd
Sorte	Reife	g/kg FM				g/kg TM		g/kg TM		g/kg TM		g/kg TM		g/kg TM		mg/kg TM		% von N <sub>total</sub>	
Aristos <sup>Bm</sup>	früh	249	35	4,8	1,5	31	29	15	13	0,8	0,3	0,6	0,3	20	17	154	-	10	2,1
	mittel	281	24	4,2	0,3	24	17	21	8	0,7	0,1	0,5	0,3	34	15	80	-	9	4,7
	spät	290	31	4,1	0,1	24	10	20	5	0,6	0,1	0,2	0,1	40	14	141	-	10	3,9
Harmattan <sup>Si</sup>	früh	195	28	4,3	0,8	36	33	19	7	1,0	0,3	1,7	2,1	21	7	81	-	10	4,2
	mittel	225	24	3,9	0,1	45	13	20	4	0,9	0,1	0,2	0,2	18	9	84	-	11	4,3
	spät	229	15	4,1	0,1	41	19	21	5	0,9	0,2	0,1	0,1	28	19	86	-	9	2,9
Vegga <sup>Si</sup>	früh	212	10	3,9	0,2	51	31	23	6	1,3	0,2	0,8	0,6	29	24	109	-	9	4,0
	mittel	227	25	3,8	0,1	52	16	23	5	0,9	0,2	0,3	0,4	24	13	100	-	9	3,7
	spät	245	18	4,0	0,1	35	8	21	7	0,8	0,3	0,2	0,1	47	28	188	-	7	2,3
NutriGrain <sup>Si/Ko</sup>	früh	227	2	4,1	0,3	46	37	17	0	0,9	0,5	0,4	0,1	23	13	-	-	9	1,5
	mittel	242	4	4,0	0,0	38	3	11	1	1,0	0,2	0,1	0,1	13	2	-	-	9	1,5
	spät	254	16	4,2	0,1	30	1	13	4	0,8	0,4	0,1	0,0	13	0	-	-	7	1,3
Primsilo <sup>Si/Ko</sup>	früh	298	5	4,5	0,4	19	23	10	8	1,2	0,6	9,2	12,8	15	5	54	-	7	5,3
	mittel	319	17	4,0	0,1	35	3	13	7	0,6	0,0	0,2	0,1	10	1	111	-	6	4,0
	spät	328	33	4,1	0,1	29	3	12	5	0,6	0,3	0,1	0,1	20	12	86	-	4	2,3
Ggaby <sup>Ko</sup>	früh	275	21	4,5	0,9	25	20	14	7	0,9	0,3	0,8	0,6	20	6	176	-	8	3,9
	mittel	333	63	4,3	0,5	23	15	12	7	0,7	0,1	0,1	0,2	13	5	164	-	8	4,6
	spät	305	29	4,3	0,2	25	9	12	7	0,7	0,1	0,1	0,0	12	2	34	-	6	1,4
Silomais Angelo (Kontrolle)	mittel	334	22	4,0	0,2	29	15	15	6	1,0	0,6	0,2	0,1	16	5	301	-	9	4,1

Statistik:  $\bar{x}$  = Mittelwert, sd = Standardabweichung; Sorghum Typ: Bm = Biomasse, Si = Silage, Ko = Korn

\*Alkohole: Summe aus Methanol + Ethanol + Propanol + Butanol + 1-2 Propandiol; keine weiteren vorhanden

\*\*Ester nur aus 2017: Summe aus Ethylacetat + Ethyllactat; keine weiteren vorhanden

Im Durchschnitt wurde bei den Sorghum-Sorten vom Silotyp ein höherer Gesamt-VOC-Gehalt im Vergleich zu Biomasse- und Korntyp oder Mais beobachtet. Die Essigsäureproduktion war bei jeder Sorte nahezu optimal – der Gehalt lag zwischen 10 und 23 g/kg TM. In Ganzpflanzensorghum-Silagen traten keine Probleme mit *Clostridium tyrobutyricum* auf, da der durchschnittliche Gehalt an Buttersäure unter 1,0 g/kg TM lag. Nur eine Probe der Sorte Primsilo enthielt im Jahr 2018 18,2 g/kg TM Buttersäure, ein Ausreißer. Deshalb stieg der Durchschnittsgehalt der Sorte auf 9,2 g/kg TM. ETTLE et al. (2016) und VENDRAMINI et al. (2018) fanden ähnliche Gärungseigenschaften in den Sorghum-Ganzpflanzensilagen. Generell war der Gehalt und insbesondere der Anteil an Ethanol an den gesamten VOC in Sorghum-Silagen hoch (durchschnittlich 32,8 %), wobei der Einfluss des Jahres stark war (22,7 % in 2018, 45,9 % in 2016). Der Anteil an Estern war in den Sorghum-Sorten deutlich geringer als bei Maissilage. Gärparameter wie pH, organische Säuren und NH<sub>3</sub> wurden am stärksten von den Witterungsbedingungen beeinflusst (P<0,01 für Faktor Jahr). Die Sorghum-Typen Biomasse und Silo zeigten eine deutliche Proteolyse, weil der Ammoniakgehalt über 8 % des Gesamtstickstoffs einnahm. Die Zunahme der Kornreife führte zu einem Rückgang des Gehalts an einigen VOC und Ammoniak in Sorghum-Silagen (Tabelle 1).

Das Zwischenfazit für die Gäreigenschaften von Sorghum-GPS stimmt prinzipiell mit der Aussage von DANIEL et al. (2018) überein, dass die Gärung von Sorghum vergleichbar mit Maissilage ist. Unsere Ergebnisse zeigten eindeutig, dass eine frühe Silierung in der Milchreife der Körner aufgrund der schlechteren Gärqualität für die Praxis nicht zu empfehlen ist.

### 3.3 Gärstoffverluste von Hirse-GPS

Aufgrund des geringen TM-Gehaltes bei früher und mittlerer Kornreife (unter 280 g/kg FM) entstand während der Gärung vorwiegend bei Sorghum-Sorten des Silotyps Gärstoff im Ausmaß von bis zu 12,4 % der einsilierten Frischmasse (Tabelle 2). Die Sorte Aristos enthielt im Inneren der Stängel ein schwammiges Mark, sodass der Gärstoff selbst unter den niedrigen TM-Gehalten durch das Mark vollständig gebunden wurde. Mit zunehmender Reife war der Anfall von Gärstoff im Sorghum-Silotyp rückläufig.

Der TM-Gehalt der beprobten Gärstoffe lag zwischen 60 und 93 g/kg FM und war damit etwa vergleichbar mit einer Rindergülle (unverdünnt bis etwa 1 : 0,5 mit Wasser verdünnt). Die Gärstoffe enthielten verhältnismäßig hohe Gehalte an Mineralstoffen in Form von Rohasche (13,8 bis 19,0 g/kg FM bzw. 155 bis 295 g/kg TM). Den Ergebnissen zufolge gehen durch den Gärstoff insbesondere Phosphor (P) und Kalium (K) verloren. Je kg Gärstoff-FM waren 0,5 bis 0,8 g P bzw. rund 4,6 bis 8,2 g K enthalten. Der Anteil des gesamten Stickstoffs (N) im Gärstoff betrug zwischen 1,2 bis 2,1 g/kg FM. Das entspricht etwa der Hälfte des N-Gehaltes von Rindergülle. Der Ammoniakanteil im Gärstoff betrug im Durchschnitt weniger als 5 % des gesamten Stickstoffs. Mit dem Gärstoff gingen hohe Anteile an energiereichen Gärprodukten wie Milch- und Essigsäure sowie Alkohole verloren. Die Gehalte an diesen flüchtigen organischen Komponenten (VOC) lag zwischen 22 und 49 g/kg FM. Aufgrund des hohen Säureanteils in den Gärstoffen war der pH-Wert entsprechend tief. Wir konnten pH-Werte von 3,8 bis 4,0 messen.

In den Auswertungen wurden mit Ausnahme der Gärstoff-FM keine Massenverluste angeführt. Bei Bedarf können aus den Daten der Tabelle 2 TM-Verluste, N-Verluste u.a. für unterschiedliche Silogrößenordnungen berechnet werden.

Das Fazit zu den Gärstoffverlusten fällt zu Ungunsten der Sorten des Sorghum-Silotyps aus. In allen getesteten Sorten dieses Typs entstand Gärstoff und damit entsprechende Massen- und Qualitätsverluste. Aus Sicht der Gärstoffverluste kann daher für die Praxis der Sorghum-Korntyp und der „Biomassetyp“ empfohlen werden, wobei jedoch der Biomassetyp hinsichtlich des Futterwerts Nachteile hat.

Tabelle 2: TM-Gehalt, Gärstoffverluste und chemische Charakteristika des Gärstoffes von Sorghum-GPS verschiedener Sorten bei unterschiedlichen Kornreifegraden im Vergleich zu Maissilage

	Parameter	Sorghum-GPS (TM-Gehalt)		Gärstoff (FM-Verlust)		Gärstoff (TM-Gehalt)		Gärstoff (XA-Gehalt)		Gärstoff (N-Gehalt)		Gärstoff (NH <sub>3</sub> -Gehalt)		Gärstoff (Gehalt)		Gärstoff (VOC-Gehalt)		Gärstoff (pH-Wert)	
		$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd
Sorte	Reife	g/kg FM		% von FM		g/kg FM		g/kg FM		g/kg FM		g/kg FM		g/kg FM		g/kg FM			
Aristos <sup>Bm</sup>	früh	249	35	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	mittel	281	24	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	spät	290	31	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harmattan <sup>Si</sup>	früh	195	28	4,4	4,7	60	13	14,6	0,5	1,9	0,3	0,12	0,02	0,6	0,1	31	2,3	3,8	0
	mittel	225	24	0,5	0,8	73	9	16,0	3,6	1,8	0,1	0,08	0,08	0,7	0,3	36	2,0	3,9	0
	spät	229	15	0,3	0,7	87	0	15,5	0	1,8	0	0,06	0	0,5	0	42	0	4,1	0
Vegga <sup>Si</sup>	früh	212	10	2,9	3,3	82	18	16,6	0,7	2,0	0,2	0,09	0,07	0,7	0,2	46	1,5	3,8	0,1
	mittel	227	25	1,6	1,7	85	12	15,7	1,5	2,1	0,3	0,09	0,09	0,6	0,2	41	5,9	3,8	0,1
	spät	245	18	0,6	1,0	93	0	16,8	0	1,9	0	0,11	0	0,5	0	49	0	4,0	0
NutriGrain <sup>Si/Ko</sup>	früh	227	2	2,2	1,6	78	15	19,0	5,4	1,4	0,2	0,03	0,05	0,7	0,3	44	3,0	3,8	0
	mittel	242	4	1,0	0,7	66	8	14,6	1,0	1,3	0,2	0,02	0,03	0,6	0,2	32	2,9	3,9	0
	spät	254	16	0,5	0,7	62	0	13,8	0	1,2	0	0,05	0,0	0,5	0	22	0	4,0	0
Primsilo <sup>Si/Ko</sup>	früh	298	5	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	mittel	319	17	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	spät	328	33	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ggaby <sup>Ko</sup>	früh	275	21	0,1	0,4	70	0	14,1	0	1,9	0	0,13	0	0,8	0	31	0	4,0	0
	mittel	333	63	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	spät	305	29	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Silomais Angelo (Kontrolle)	mittel	334	22	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Statistik:  $\bar{x}$  = Mittelwert, sd = Standardabweichung; Sorghum Typ: Bm = Biomasse, Si = Silage, Ko = Korn  
 VOC-Gehalt ist die Summe aller organischen Gärungsprodukte (Säuren, Alkohole, Ester)

### 3.4 Weitere Aspekte zur Eignung von Sorghum als Futtermittel

Abseits von Gärqualität sowie Nährstoff- und Mineralstoffgehalten sind in Hirsen weitere relevante chemische Verbindungen erwähnenswert. Diese können für die Pflanzen selbst und in weiterer Folge für die Nutztiere von Bedeutung sein, darum werden einige davon nachstehend besprochen. Die HBLFA Raumberg-Gumpenstein hat im EIP-Projekt allerdings keine dieser Substanzen untersucht.

#### Tannine und Antioxidantien

Alle Hirsen (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) enthalten phenolische Säuren und die meisten auch Flavonoide. Phenolsäuren sind allgemein auch als Tannine oder Gerbstoffe bekannt. Nach HASLAM (1989) definiert man Tannine als wasserlösliche polymerische Phenole, die an Protein binden. Diese Bindung macht Proteine in gewisser Weise resistent gegenüber dem Angriff von Proteasen (VAN SOEST 1994). So gesehen können tanninhaltige Sorghum-Sorten wahrscheinlich unter etwas geringeren Proteolyseverlusten siliert werden. Nachteilig werden durch Tannine die mikrobiologische Aktivität und die Verdau-

lichkeit beeinflusst. Die Typen und Gehalte an polyphenolischen Substanzen sind in den Sorghumkörnern genetisch festgelegt. Nur Varietäten mit pigmentierter Samenschale enthalten kondensierte Tannine. Diese schützen die Körner am besten gegen Vogelfraß und Schimmelbildung, sind jedoch bitter. In der Vergangenheit wurden diesen Substanzen teilweise toxische Wirkungen bei der Verfütterung an Wiederkäuer nachgesagt (DYKES und ROONEY 2006). Neuere Erkenntnisse entkräften diese Befürchtungen. Betreffend diese Stoffe werden Sorghum-Sorten aufgrund ihrer Genetik und anhand der chemischen Analysen in drei Gruppen eingeteilt (ROONEY und MILLER 1982).

### Phenolsäuren

Von den Phenolsäuren sind in Sorghum meist die Ferula- und die Cumarsäure mit den höchsten Gehalten zu finden. Daneben können noch weitere 10 phenolische Säuren in freier oder gebundener Form vorkommen. DYKES und ROONEY (2006) fanden in den Sorghum-Sorten Gehalte zwischen 4 und 300 mg/kg TM. In Kolbenhirsen (*Setaria italica* (L.) P.Beauv.) traten noch deutlich höhere Gehalte einzelner Phenolsäuren bis über 2.000 mg/kg TM auf.

### Farbstoffe

Etwa 25 verschiedene Farbstoffe aus der Gruppe der Anthocyanide (Flavonoide) u.a. kommen in Sorghum hauptsächlich in blauer, purpurner und roter Ausprägung zur Geltung. Sorghum mit schwarzem Perikarp haben mit rund 10 mg/kg TM dreimal höhere Gehalte an 3-Deoxyanthocyaninen als rote oder braune Typen (AWIKA et al. 2004). Rotes Perikarp enthält Flavan-4-ol Komponenten, die eine wichtige Rolle bei der Schimmelresistenz einnehmen (AUDILAKSHMI et al. 1999).

### Kondensierte Tannine

Die kondensierten Tannine, auch als Proanthocyanidine oder Procyanidine bekannt, beschränken sich auf die Sorghum-Typen II und III mit Gehaltswerten zwischen 0,2 und 3,5 g/kg TM (EARP et al. 1981). Nach der Aufnahme bewirken diese Tannine keine Toxizität für Nutztiere! Die toxische und dadurch problematische Tanninsäure kommt in Sorghum nicht vor. Sorghum-Sorten mit pigmentierter Samenschale weisen die höchsten Tanningehalte auf. Tannine und Polyphenole sind Antioxidantien und haben damit auch eine gewisse gesundheitsfördernde Wirkung (AWIKA und ROONEY 2004). Darüber hinaus wird speziell den Hochtanninsorten eine anti-karzinogene und anti-mutagene Wirkung nachgesagt (TURNER et al. 2006).

### Blausäure

Bei Sorghum wird auch über das Vorkommen von Blausäure (HCN) bzw. Cyaniden berichtet (GORZ et al. 1977). Blausäure kommt vorwiegend in Keimlingen und jungen Pflanzen bis ca. 80 cm Wuchshöhe vor. Die Gehaltswerte können bis zu 1.400 mg HCN/kg TM betragen. Untersuchungen von getrockneten und bearbeiteten Sorghumkörnern unterschiedlicher Sorten und Reife ergaben HCN-Gehalte von 8 bis 38 mg/kg TM (OSUNTOGUN et al. 1989). Nach ETTLE et al. (2016) traten in den untersuchten Sorghum-Silagen HCN-Gehalte in Abhängigkeit des Erntejahres von 0 bis 181 mg/kg TM auf. Die Aufnahme an Blausäure bzw. Cyaniden von 1 bis 10 mg/kg Körpergewicht kann beim Wiederkäuer bereits zu stark toxischen Wirkungen bis hin zum Tod führen (CRAN 1985). Mit zunehmender Reife der Sorghumpflanzen sinken die HCN-Gehalte, sodass sie in der Regel keine Gefahr mehr für Mensch und Tier darstellen. Bei den heutzutage erhältlichen Zuchtsorten sollte ab der Milchreife der Körner keine HCN-Gefahr bestehen.

## 4. Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen zur Siliereignung von Ganzpflanzen unterschiedlicher Sorghum-Typen an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ergaben ein ernüchternd mäßiges Ergebnis für die Silo-Hirsesorten Harmattan und Vegga. Grund dafür waren, unabhängig vom Erntezeitpunkt, ein zu geringer TM-Gehalt und in der Folge Gärproduktionsverluste mit entsprechenden Qualitätsverlusten. Die Biomasse-Hirsesorte Aristos fiel durch deutlich schlechtere Verdichtbarkeit und bei der Gärung durch etwas höheren Eiweißabbau auf, ansonsten war die Gärqualität ähnlich wie bei Maissilage. Diese Sorte konnte vor allem im Futterwert nicht überzeugen. Als Sorghum-GPS kämen für die Praxis am ehesten körnerreiche Sorten wie RGT Ggaby oder Sorten, die zwischen Silo- und Korntyp liegen, wie Primsilo bzw. NutriGrain, in Frage. Damit für die Silierung ein akzeptabler TM-Gehalt erreicht werden kann, ist die Beobachtung der mittleren Kornreife entscheidend. Eine frühe Ernte gegen Ende der Milchreife der Körner brachte nämlich allgemein ungünstigere Gärqualitäten hervor und ist daher nicht zu empfehlen. Die besten Ergebnisse hinsichtlich Gärerfolg von Sorghum-GPS konnten bei mittlerer bis später Teigreife der Körner erzielt werden.

## 5. Literatur

AUDILAKSHMI, S., J.W. STENHOUSE, T.P. REDDY und M.V.R. PRASAD, 1999: Grain mould resistance and associated characters of sorghum genotypes. *Euphytica* 107, 91-103.

AWIKA, J.M. und L.W. ROONEY, 2004: Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*, 1199-1221.

AWIKA, J.M., L.W. ROONEY und R.D. WANISKA, 2004: Properties of 3-deoxyanthocyanins from sorghum. *J. Agric. and Food Chem.* 52, 4388-4394.

BOLSEN, K.K., K.J. MOORE, W.K. COBLENTZ, M.K. SIEFERS und J.S. WHITE, 2003: Sorghum silage. *Silage science and technology*, Agronomy 42, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 31-94, 609-632.

CRAN, H.R., 1985: Suspected hydrocyanic acid poisoning in cattle. *Veterinary record*, 116, 349-350.

DANIEL, J.L.P, T.F. BERNARDES, C.C. JOBIM, P. SCHMIDT und L.G. NUSSIO, 2018: Production and utilization of silages in tropical areas. *Proceedings of the XIII International Silage Conference 2018*, University of Bonn (Germany), 24.-26. July 2018, 348-367.

DLG, 2012: *Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung*. 8. vollständig überarbeitete Auflage, DLG Verlag, Frankfurt am Main, 416 S.

DYKES, L. und L.W. ROONEY, 2006: Sorghum and millet phenols and antioxidants. *J. Cereal Sci.* 44, 236-251.

EARP, C.F., J.O. AKINGBALA, S.H. RING und L.W. ROONEY, 1981: Evaluation of several methods to determine tannins in sorghums with varying kernel characteristics. *Cereal Chemistry* 58, 234-238.

ETTLE, T., A. OBERMAIER und J. EDER, 2016: Futterwert von Ganzpflanzensilage aus Körnerhirsesorten in der Wiederkäuerfütterung. *Forum angewandte Forschung*, 12.-13.04.2016, 73-76.

GOBIET, A., 2019: Szenarien zum Klimawandel im Alpenraum. 21. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Klimawandel im Alpenraum – Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland und dessen Bewirtschaftung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 26. und 27. März 2019, 1-2.

- GORZ, H.J., W.C. HAAG, J.E. SPECHT und F.A. HASKINS, 1977: Assay of p-hydroxybenzaldehyde as a measure of hydrocyanic acid potential in sorghums. *Crop Sci.* 17, 578-582.
- GROSS, F. und K. RIEBE, 1973: *Gärfutter – Betriebswirtschaft, Erzeugung, Verfütterung.* Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 283 S.
- HASLAM, E., 1989: *Plant Polyphenols. Vegetable Tannins Revisited.* Cambridge Univ. Press, Cambridge, p. 230.
- MANN, J.A., C.T. KIMBER und F.F. MILLER, 1983: The origin and early cultivation of sorghums in Africa, Bulletin 1454, Texas Agricultural Experiment Station, TX, USA.
- OSUNTOGUN, B.A., S.R.A. ADEWUSI, J.O. OGUNDIWIN und C.C. NWASIKE, 1989: Effect of cultivar, steeping, and malting on tannin, total polyphenol, and cyanide content of Nigerian sorghum. *Cereal Chem.* 66, 87-89.
- RESCH, R. und G. TERLER, 2019: Impact of maturity stages from different sorghum varieties on fermentation characteristics and leachate losses. 18<sup>th</sup> International Symposium Forage Conservation, Brno (Czech Republic), 13.-16. August 2019, 118-119.
- ROONEY, L.W., F.R. MILLER und J.V. MERTIN, 1982: Sorghum Grain Quality. Proceedings of the International Symposium on ICRISAT, Patancheru, AP, India, 143-162.
- TERLER, G., R. RESCH, S. GAPPMAIER, A. SCHAUER, J. KAUFMANN und L. GRUBER, 2020: Ertrag und Futterwert von Hirse-Ganzpflanzensilage in der Rinderfütterung im Vergleich zu Silomais. 47. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 01.-02. April 2020, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 15-25.
- TURNER, N.D., A. DIAZ, S.S. TADDEO, J. VANAMALA, C.M. McDONOUGH, L. DYKES, M.E. MURPHY, R.J. CAROLL und L.W. ROONEY, 2006: Bran from black or brown sorghum suppresses colon carcinogenesis. *FASEB Journal* 20, A599.
- VAN SOEST, P.J., 1994: *Nutritional Ecology of the Ruminant.* Second Edition, Cornell University Press, New York, 476 P.
- VDLUFA, 1976: *Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln,* inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VENDRAMINI, J.M.B., J. ERICKSON, M.L.A. SILVEIRA, A.D. AGUIAR, J.M.D. SANCHEZ, W.L. da SILVA und H.M. da SILVA, 2018: Nutritive value and fermentation characteristics of sweet sorghum silage. Proceedings of the XIII International Silage Conference 2018, University of Bonn (Germany), 24.-26. July 2018, 190-191.

# Einsatz von Hirse-Ganzpflanzensilagen in der Rindermast – worauf muss geachtet werden

Karl Wurm<sup>1\*</sup>

## Einleitung

Aufgrund der großen Probleme mit dem Maiswurzelbohrer in vielen Regionen Österreichs und der gesetzlichen Fruchtfolgebeschränkungen für Mais (Maiswurzelbohrerverordnung 2015, Steiermark) werden alternative Futtermittel zu Mais gesucht. Besonders interessant erscheint dabei die Hirse, die sich ähnlich wie Mais sowohl als Körnerfrucht als auch als Ganzpflanze nutzen lässt. Zudem ist Hirse in Anbau, Ernte und Konservierung dem Silomais ähnlich und auch gegenüber Trockenheit sehr tolerant.

Im Rahmen eines Europäischen Innovation Projektes „Innobrotics“, welches zur Bewältigung der durch den Maiswurzelbohrer verursachten Probleme initiiert wurde, wurde unter anderem der Einsatz von Hirseganzpflanzensilage auf Rindermastbetrieben überprüft.

## Material und Methoden

Von fünf Rindermastbetrieben wurden über einen Zeitraum von bis zu drei Jahren (2016 bis 2019) Erfahrungen gesammelt, die sie mit dem Einsatz von Hirseganzpflanzensilage gemacht haben. Die Betriebe befinden sich alle in Gunstlagen und haben 60 bis 200 Mastplätze. Drei der untersuchten Betriebe betreiben eine intensive Stiermast, teilweise kombiniert mit Kalbinnen- und Ochsenmast. Zwei Betriebe betreiben eine intensive Kalbinnen- und Ochsenmast. Es wurde ein Fragebogen entwickelt, mit dem alle Aspekte der Ernte, Konservierung und Fütterung von Hirseganzpflanzen auf den Betrieben strukturiert für drei Jahre abgefragt werden konnten. Folgende Tätigkeiten zur Überprüfung der Futterkonservierung und -qualität wurden unter anderem auf den Betrieben durchgeführt:

- Feststellung der Anteile Hirseganzpflanzen- bzw. Maissilage
- Messung der Temperatur im Silostock in einer Tiefe von ca. 50 cm mit einer Temperatursonde
- Überprüfung der durchschnittlichen Häcksellänge
- Subjektive Überprüfung des Reifegrades der Körner von Mais und Hirse
- Feststellen des Zerkleinerungsgrades der Futtermittel mit Hilfe einer Schüttelbox mit drei Siebgrößen (19, 8 und 4 mm)
- Nährstoffanalyse, Energiebewertung und Überprüfung der Gärqualität

## Ergebnisse

Die Betriebe hatten Fahrsilos bzw. Silohaufen. Silomais und Hirseganzpflanzen wurden gemeinsam als Sandwich siliert und im selben Verhältnis gefüttert. Die Hirseganzpflanzensilage hatte häufig nur eine Schichthöhe von 20 bis 50 cm. Die getrennte Beurteilung und Probenziehung von Maissilage und Hirseganzpflanzensilage war trotzdem gut möglich.

Alle Betriebe hatten ein gutes Siliermanagement. Es wurden keine Silierhilfsmittel verwendet. Die Silagen wurden auf 5 bis 8 mm zerkleinert. In allen drei Beobachtungsjahren konnte auf den Betrieben eine unzureichende Zerkleinerung der Hirsekörner und zum Teil auch der Maiskörner festgestellt werden. Alle Betriebe hatten die Mais- und Hirseganzpflanzensilagen im Reifestadium Mitte bis Ende der Teigreife geerntet.

<sup>1</sup> Landwirtschaftskammer Steiermark, Hamerlinggasse 3, A-8010 Graz

\* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Karl Wurm, email: karl.wurm@lk-stmk.at

Der Vorschub bei der Silageentnahme war in den Sommermonaten auf allen Betrieben mit 0,7 bis 1,5 m pro Woche gering. Es wurden deshalb bei den Probenziehungen in den Sommermonaten häufig zu hohe Temperaturen im Silo festgestellt (bis 32°C), besonders bei trockener Maissilage. In den Wintermonaten war die Silagetemperatur im Normalbereich von unter 20°C.

Die Überprüfung der Teilchengrößen der Silagen mittels einer Schüttelbox (Shake 4.0) ergab Unterschiede zwischen Mais- und Hirse ganzpflanzensilage. Hirse ganzpflanzensilage war bei gleicher Erntetechnik stärker zerkleinert als Maissilage. So lag der Anteil von unter 8 mm großen Partikeln bei 53,4 % (Maissilage) bzw. 72,9 % (Hirse ganzpflanzensilage). Die untersuchten Hirse ganzpflanzensilagen hatten somit eine etwas geringere physikalische Struktur. Trotzdem gab es keine zufriedenstellende Kornzerkleinerung bei den Hirsen.

Die im Futtermittellabor Rosenau chemisch analysierten Mais- und Hirse ganzpflanzensilagen wiesen zum Teil deutliche Unterschiede auf. Die Hirse ganzpflanzensilagen hatten

Siebgröße	Maissilage	Hirse GPS
> 19 mm	2,2 %	0,6 %
8 – 19 mm	44,4 %	26,4 %
4 – 8 mm	34,5 %	49,7 %
< 4 mm	18,9 %	23,2 %

Tabelle 1: Feststellung der Zerkleinerung mit der Schüttelbox Shake 4.0, Mittelwerte von 37 Proben

7 % weniger Trockenmasse. In der Trockenmasse hatten die Hirse ganzpflanzensilagen 10 g mehr Rohprotein und 45 g mehr Gerüstsubstanzen (NDF). Die Energiekonzentration lag bei den Hirse ganzpflanzensilagen um 0,54 MJ umsetzbarer Energie tiefer. Grundsätzlich streuten die Nährstoffgehalte der Hirse ganzpflanzensilagen deutlich stärker.

Der Anteil an Hirse ganzpflanzensilage an der gesamten Grundfütterration lag bei den untersuchten Betrieben bei 10 bis 55 %. Der überwiegende Anteil des Grundfutters

Mittelwerte von 37 Mais- und Hirse GPS		
Parameter	Maissilage	Hirse GPS
TM in g/kg FM	390	322
XP in g/kg TM	67	77
NDF in g/kg TM	352	397
XS in g/kg TM	386	331
MJ ME/kg TM	11,32	10,78

Tabelle 2: Ergebnisse der Futtermittelanalyse, Futtermittellabor Rosenau:

bestand aus Maissilage. Vier Betriebe fütterten auch Grassilage (5 bzw. 50 %). Das Kraftfutter wurde selbst gemischt bzw. als Fertigfutter zugekauft. Die täglichen Kraftfuttermengen je Tier und Tag betragen 2 bis 4 kg. Die Kraftfutterzusammensetzung und die Menge wurden seit Beginn der Fütterung von Hirse ganzpflanzensilage nicht bzw. nur ein wenig verändert. Bei hohen Anteilen von Hirse ganzpflanzensilagen von über 25 % wurde um bis zu 0,5 kg/Tag mehr an Körnermais je Tier gegeben.

Die Betriebe berichten von einer guten Futterakzeptanz der Hirse ganzpflanzensilage im Gemisch mit Maissilage. Eine alleinige Fütterung von Hirse ganzpflanzensilage hat auf einem Betrieb aufgrund mangelnder Akzeptanz nicht funktioniert. Die Silage musste in der Biogasanlage entsorgt werden, da sie sonst verdorben wäre. Die Vorlage des Futters erfolgte auf einem Betrieb mit Futtermischwagen.

Um Rückschlüsse auf die Verdauung der Rationen ziehen zu können, wurden Kotproben auf den Betrieben gezogen und diese entsprechend beurteilt. Die untersuchten Kotproben wiesen bei allen Betrieben auf eine gute Verdauung der Faserstoffe hin. Die Hirse- und zum Teil auch Maiskörner waren im Dezember 2017 und auch im Jänner 2018

häufig unzureichend verdaut im Kot zu finden. Bei den Kotuntersuchungen im Juni 2017, Juli 2018 und März 2019 wurden hingegen deutlich weniger unverdaute Körner im Kot gefunden. Die längere Lagerdauer im Silo führte offensichtlich zu einer besseren Verdauung der ganzen Körner.

Die Leistungen der Tiere konnten auf den Betrieben nicht exakt erfasst werden, da vor dem Verkauf das Lebendgewicht nicht ermittelt wurde. Es standen somit nur die Schlachtdaten zur Verfügung. Aus diesen konnten bei den Stieren 700 bis 800 g und bei den Ochsen 500 bis 600 g Nettozunahmen je Tier und Tag ermittelt werden.

## Schlussfolgerung

Die Erfahrungen der Betriebe haben gezeigt, dass die größte Herausforderung die ausreichende Zerkleinerung der Hirsekörner bei der Ernte darstellt. Auf keinen Fall darf die Hirseganzpflanze zu spät geerntet werden. Der späteste Erntezeitpunkt ist Mitte Teigreife. Nachdem Mais und Hirse gleichzeitig geerntet werden und die Betriebe den Erntezeitpunkt nach der Maisreife ausrichten, muss schon bei Anbau der Hirse darauf geachtet werden, dass sie nicht vor dem Mais in die Teigreife kommt. Die Hirseganzpflanze soll gemeinsam mit Mais im Sandwich oder Gemisch im Silo konserviert werden. Vor dem Füttern ist eine ausreichend lange Lagerungsdauer von mindestens zwei Monaten sinnvoll. Bei sofortiger Fütterung steigen die Kornverluste an. Hirseganzpflanzensilage wird im Gemisch mit Maissilage sehr gerne gefressen. Eine Vorlage mit dem Futtermischwagen funktioniert deshalb sehr gut. Ein Anteil von 25 % Ganzpflanzenhirsesilage im Grundfutter wirkt sich nach bisherigen Erfahrungen der Betriebe nicht nachteilig auf die Leistung der Tiere aus. Rationsanpassungen wurden in der Regel nicht oder nur im kleinen Umfang vorgenommen. Besonders gut lässt sich die Ganzpflanzenhirsesilage bei der Mast von Ochsen und Kalbinnen einsetzen, da die Anforderungen an die Energiedichte der Ration nicht so hoch sind, wie in der intensiven Stiermast.



## Aktuelles aus der ÖAG-Fachgruppe Mutterkuhhaltung, Rindermast und Farmwild

Rudolf Grabner<sup>1\*</sup> und Franz Narnhofer<sup>1</sup>

Im Jahr 2019 wurde die ÖAG-Fachgruppe Mutterkuhhaltung, Rindermast und Farmwild unter der Leitung von DI Rudolf Grabner und mit starker Unterstützung von Dr. Margit Velik erfolgreich neu aktiviert. So konnten neue Mitglieder gewonnen werden, die aktiv an der Überarbeitung und Neugestaltung dieses Fachbereiches mitarbeiten.

Die rund 15 Mitglieder dieser Fachgruppe kommen aus den Landwirtschaftskammern Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg, Steiermark und Tirol. Verstärkt wird das Team von MitarbeiterInnen der ARGE Rind, Bio Austria Steiermark und der HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

### Analyse bestehender Unterlagen

Die Fachgruppe hat damit begonnen, die bestehenden Broschüren auf Bestände sowie auf Aktualität zu prüfen. So wurde entschieden, einige zu überarbeiten, einige neu zu konzipieren und einige auslaufen zu lassen. Zum Bestand der Broschüren zählen unter anderem:

- Erfolgreiche Mutterkuhhaltung – der Schlüssel zum Erfolg
- Erfolgreicher Einstieg in die Mutterkuhhaltung
- Erfolgreiche Mutterkuhhaltung erfordert richtige Fütterung
- Fruchtbarkeit bei Mutterkühen
- Die Geburt des Kalbes in der Mutterkuhhaltung
- Gesundheitsvorsorge und Erkrankungen in der Mutterkuhhaltung
- Kälberaufzucht in der Rindermast
- Vollmilch-Kälbermast
- Erfolgreiche Stiermast durch optimale Rationsgestaltung
- Bio-Kalbinnen- und Ochsenmast
- Ochsenmast – erfolgreich durch gezieltes Management
- Kalbinnenmast für Markenfleischprogramme
- Weidemanagement in der extensiven Rinderhaltung
- Mastrinder richtig managen

Sämtliche dieser Broschüren sowie die Broschüren der anderen 10 ÖAG-Fachgruppen stehen ÖAG-Mitgliedern (Mitgliedsbeitrag 10 Euro pro Jahr) kostenlos unter folgenden Link zur Verfügung: <https://gruenland-viehwirtschaft.at>. Einzelne Broschüren können auch von Nichtmitgliedern in Papierform zum Selbstkostenpreis erworben werden.

### Neue ÖAG-INFOS

Seit 2019 wurden bereits drei neue ÖAG-Infos fertig konzipiert und in der Fachgruppe vorgestellt. Sie sollen mit der ÖAG-Aussendung im April versendet werden. Es sind dies:

- Der richtige Einstieg in die Rindfleisch-Erzeugung (Hauptautor: Terler, bereits im November 2019 gedruckt)
- Grünland- und weidebasierte Ochsen- und Kalbinnenmast (Hauptautor: Steinwider)

<sup>1</sup> Landwirtschaftskammer Steiermark, Tierzucht-Abteilung, AK Rindfleisch, Florianigasse 9, A-8160 Weiz

\* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Rudolf Grabner, email: [rudolf.grabner@lk-stmk.at](mailto:rudolf.grabner@lk-stmk.at)

- Herdenmanagement in der Mutterkuhhaltung – Produktion und Vermarktung (Hauptautorin: Kerschbaumsteiner)

## **NEUE ÖAG-INFOS – IN ARBEIT**

Im Moment sind zwei ÖAG-Infos konzipiert und in Entwürfen bereits vorgestellt. Sie werden bei der nächsten Besprechung der Fachgruppe vorgetragen und besprochen. Es sind dies:

- Herdenmanagement in der Mutterkuhhaltung - Rund um die Geburt
- Gesundheitsvorsorge und Fruchtbarkeit im Mutterkuhbetrieb (Hauptautor: Steinwider)

Die ÖAG-Fachgruppe trifft sich zweimal jährlich.

# Grünlandbasierte Ochsen- und Kalbinnenerzeugung – Haltung, Fütterung und Qualität am Beispiel ALMO

Dietmar Sinkovits<sup>1\*</sup>

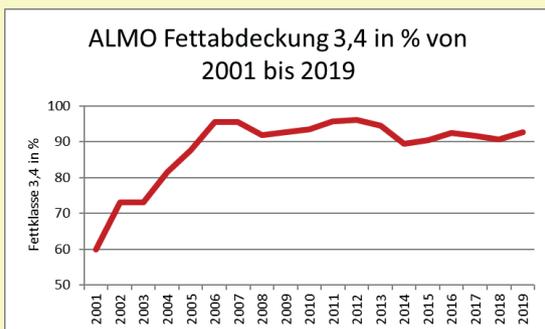
## ALMO Entstehung

- Steiermark, Region Teichalm / Sommeralm, „Steirisches Almenland“
- gegen Lebendviehexporte nach Libyen
- ALMO-Gründung im Jahr 1988 -> „ALMO-Verein“
- Vermarktung über regionale Fleischer
- Starke Expansion ab 2001 durch Schirnhofner



## ALMO Entwicklungsschritte

- Verbesserung der Schlachtkörper- + Fleischqualität (2001 - 2006)
- Gentechnik-freie Fütterung (2006)
- Umstellung auf 100 % Laufstallhaltung (2010 - 2012)
- Verbesserung der tiergerechten Schlachtung und Betäubung (Schlachthof-Umbau 2016)
- Erweiterung auf ALMO-Kalbinnen (2018)



## ALMO Eckpunkte aktuell

- Ochsen (Ø 27 Monate) + Kalbinnen (Ø 24 Monate)
- aktuell ~ 400 aktive Mitglieder
- derzeit ~ 5.000 ALMOs pro Jahr
- Extensive Rinderhaltung im Grünlandgebiet, geringer Arbeitsaufwand
- Rassen: 75 % Fleckvieh, Fleckvieh-Kreuzungen mit Fleischrassen



## ALMO Herkunftsgebiete

Region / Bezirk	Prozent
Kerngebiet: Weiz, Graz Umgebung, Hartberg	47 %
Bruck-Mürzzuschlag, Leoben	16 %
Murau, Murtal	21 %
Voitsberg, Deutschlandsberg	5 %
Niederösterreich (Bucklige Welt)	5 %
Kärnten (Lavanttal, Koralpe)	6 %



## ALMO Haltungsbedingungen

- Alm-/Weidehaltung
  - ✓ Täglicher Weidegang, mind. 150 Tage pro Jahr
- Laufställe im Winter
  - ✓ Keine Anbindehaltung
  - ✓ Keine Vollspaltenbuchten
  - ✓ Größeres Platzangebot (Stallmaße wie Bio)



<sup>1</sup> Schirnhofner GmbH, Fleisch- und Wurstwarenspezialist A-8224 Kaindorf 298

\* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Dietmar Sinkovits, email: dietmar.sinkovits@feinkost-schirnhofner.at

## ALMO Haltungsbedingungen

- Alm-/Weidehaltung
  - ✓ Täglicher Weidegang, mind. 150 Tage pro Jahr
- Laufställe im Winter
  - ✓ Keine Anbindehaltung
  - ✓ Keine Vollspaltenbuchten
  - ✓ Größeres Platzangebot (Stallmaße wie Bio)

## ALMO Haltungsbedingungen

- Fütterung
  - ✓ Gentechnik-frei seit 1. Dez. 2006
  - ✓ Grünlandbasiert, Weidegras, Grassilage, Heu (mind. 75 % Gras in der Jahresration)
  - ✓ Energieergänzung v.a. in der Endmast (Getreideschrot)



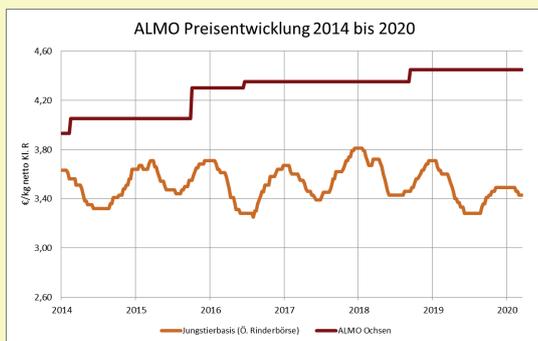
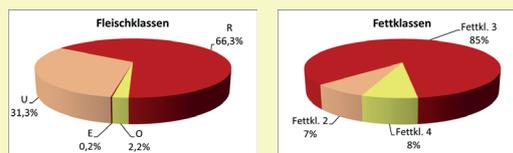
## ALMO Kontrollen

- Kontrolle und Zertifizierung durch agroVet GmbH
- Kontrollkosten von Fa. Schirnhofier getragen
- Alm-/Weidehaltung, Stallungen, Platzangebot
- Tiergesundheit, -behandlungen
- Fütterung, GVO-Freiheit
- Bewertung des Tierwohls anhand tierbezogener Parameter (Welfare Quality)

## ALMO Qualität (Auswertung Jahr 2019)

### Ochsen

Anzahl	4.663 Stück
Schlachalter	27,3 Monate
Schlachtgewicht kalt	392,6 kg



## ALMO Rinderpreis Fix – Preise

### ALMO Tierwohl Kalbin

- R 3 € 4,20 (€ 4,75 inkl. MwSt.)
- U 3 € 4,35 (€ 4,92 inkl. MwSt.)

### ALMO Tierwohl Ochse

- R 3 € 4,45 (€ 5,03 inkl. MwSt.)
- U 3 € 4,60 (€ 5,20 inkl. MwSt.)



## ALMO Ochsen – Schlachtleistungs-Ergebnisse in der grünlandbasierten Ochsenmast unter Berücksichtigung von Rasse, Alter und Gewicht

### *ALMO steers – slaughter performance in grassland based steer fattening with respect to breed, age und weight*

Margit Velik<sup>1\*</sup> und Dietmar Sinkovits<sup>2</sup>

#### **Zusammenfassung**

In Österreich werden jährlich rund 30.000 Ochsen geschlachtet, für die es auch einige Markenfleischprogramme gibt, wie zum Beispiel das grünlandbasierte Programm ALMO von Schirnhöfer. In der vorliegenden Arbeit wurden die Schlachthofdaten von rund 11.400 ALMO Ochsen der Jahre 2017 bis 2019 hinsichtlich Rassen, Alter, Schlachtgewicht und EUROP-Klassifizierung ausgewertet. Erwartungsgemäß zählten rund 3/4 der geschlachteten ALMO Ochsen zur Rasse Fleckvieh (FV), gefolgt von FV×LI (11,2 %) und FV×CH (3,2 %). ALMO Ochsen der Rasse FV hatten durchschnittlich 405 kg Schlachtkörpergewicht warm, bei einem Schlachalter von 27,6 Monaten, Tageszunahmen von 917 g, einer Ausschachtung von 53,9 % einer EUROP-Fleischklasse von 3,3 (E=5) und einer Fettklasse von 3,0. Im Beitrag werden die Schlachtleistungsdaten von folgenden 8 Rassen bzw. Kreuzungen dargestellt: FV, FV×LI, FV×CH, FV×WB, FV×MB, FV×BA, FV×A und A. Die Kreuzung von FV mit LI, CH, WB und BA erhöhte erwartungsgemäß gegenüber reinrassigen FV die Nettotageszunahme, Ausschachtung und Fleischklasse. FV×MB wurde in der Schlachtkörperqualität geringfügig besser als FV beurteilt. A und FV×A Ochsen wurden zu rund 1/3 mit Fettklasse 4 bewertet. Neben den Durchschnittswerten werden die Häufigkeiten der einzelnen Rassen und Kreuzungen in Schlachalter, Schlachtgewicht, Fleisch- und Fettklassen aufgezeigt. Für die Rasse FV wurden zwischen Zunahmen bzw. Gewicht und Fleischigkeitsklasse positive Korrelationen zwischen 0,2 und 0,4 gefunden, für die Fettklasse waren diese Korrelationen geringfügig niedriger.

Schlagwörter: Ochse, grünland- und weidebasierte Rindfleischerzeugung, Schlachtkörper-Klassifizierung, Qualität, Schlachalter, Schlachtkörpergewicht

#### **Summary**

In Austria, about 30,000 steers are slaughtered annually, for which some branded beef programmes exist, such as Schirnhöfer's grassland-based ALMO programme. In the present study the slaughterhouse data of about 11,400 ALMO steers of the years 2017 to 2019 were evaluated with regard to breeds, age, slaughter weight and EUROP classification. As expected, about 3/4 of slaughtered ALMO steers were Simmental (FV), followed by FV×LI (11.2 %) and FV×CH (3.2 %). ALMO steers of the breed FV had an average carcass weight of 405 kg, at a slaughter age of 27.6 months, daily gains of 917 g, a dressing percentage of 53.9 %, a EUROP conformation class of 3.3 (E=5) and a fat class of 3.0. The paper in hand presents the slaughter performance data of the following 8 breeds or crosses: FV, FV×LI, FV×CH, FV×WB, FV×MB, FV×BA, FV×A and A. As expected, the cross

<sup>1</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

<sup>2</sup> Schirnhöfer Ges.m.b.H, Fleisch- und Wurstspezialist, Kaindorf 298, A-8224 Kaindorf

\* Ansprechpartner: Dr. Margit Velik, email: margit.velik@raumberg-gumpenstein.at

of FV with LI, CH, WB and BA increased net daily gain, dressing percentage and conformation score compared to pure-bred FV. FV×MB was slightly better than FV in carcass quality. About 1/3 of A and FV×A steers were assessed as fat class 4. In addition to the average values, the frequencies of the individual breeds and crosses in slaughter age, slaughter weight, conformation and fat classes are shown. For FV positive correlations between gains or weight, respectively and conformation class were found, being between 0.2 and 0.4; for fat class these correlations were slightly lower.

Keywords: steer, grassland and pasture based beef production, carcass conformation, quality, slaughter age, slaughter weight

## 1. Einleitung und Zielsetzung

In Österreich wurden im Jahr 2018 rund 37.000 Ochsen geschlachtet (AMA 2020), klassifiziert wurden rund 26.000 Ochsen (AMA 2019b), wobei die Ochsen Schlachtungen seit den letzten Jahren leicht steigend sind. Genauso wie für Maststiere, Mastkalbinnen und Jungrinder aus Mutterkuhhaltung gibt es in Österreich auch für Mastochsen einige Markenfleischprogramme, mit denen Landwirte – bei Einhaltung der Produktionsrichtlinien und vorgegebenen Schlachtkörperqualitäten (Schlachtalter, Schlachtkörpergewicht, Fleischigkeits- und Fettgewebeklasse) – Mehrerlöse lukrieren können.

In der vorliegenden Arbeit wurden Schlachthofdaten von Ochsen des Markenfleischprogramms ALMO (Schirnhöfer) ausgewertet. ALMO ist ein Programm, das auf eine grünlandbasierte Ochsenmast und seit 2018 auch auf die Mast von Kalbinnen setzt. Informationen zu Produktionsrichtlinien, Haltung, Fütterung etc. des ALMO-Markenfleischprogramms können der Publikation von SINKOVITS (2020a) sowie der Internetseite [www.almo.at](http://www.almo.at) entnommen werden. Vorrangiges Ziel der Auswertungen war es, die Schlachtleistungs-Ergebnisse von Ochsen bei grünlandbasierter Mast – unter Berücksichtigung der eingesetzten Rassen bzw. Kreuzungen – zu beleuchten.

## 2. Datengrundlage und Auswertung

Den hier vorgestellten Schlachtleistungs-Ergebnissen liegen Daten von 11.435 geschlachteten Ochsen des Markenfleischprogramms ALMO zugrunde. Die Ochsen wurden zwischen Jänner 2017 und September 2019 geschlachtet und stammten von insgesamt 388 Betrieben.

Durchschnittlich wurden pro Jahr 3.966 Ochsen geschlachtet (Mittelwert der Jahre 2017 und 2018, 2019 nicht vollständig). Pro Betrieb und Jahr wurden durchschnittlich  $11,4 \pm 13,0$  (Standardabweichung) Ochsen geliefert (Betriebe, die in einzelnen Jahren keine Ochsen lieferten, blieben im jeweiligen Jahr unberücksichtigt). Etwas mehr als ein Viertel der ausgewerteten Betriebe lieferten pro Jahr unter 5 Ochsen und etwas mehr als ein Drittel der Betriebe zwischen 5 und 10 Ochsen. Fünfzehn Prozent der Betriebe lieferten zwischen 10 und 15 Ochsen pro Jahr. Zehn Prozent der Betriebe lieferten pro Jahr mehr als 20 Ochsen.

Die Daten wurden mit SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) und Excel ausgewertet. Häufigkeitsverteilungen wurden in SAS mit der Prozedur FREQ ( $\chi^2$ -Kontingenztests) ermittelt. Die Mittelwerte (LSMeans) der Schlachtleistungsmerkmale für die einzelnen Rassen/Kreuzungen wurden in SAS mit der Prozedur GLM mit Rasse/Kreuzung als fixem Effekt berechnet. Die Zusammenhänge zwischen den Schlachtleistungsmerkmalen wurden mittels Pearson Korrelationen und Spearman Rangkorrelationen untersucht.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

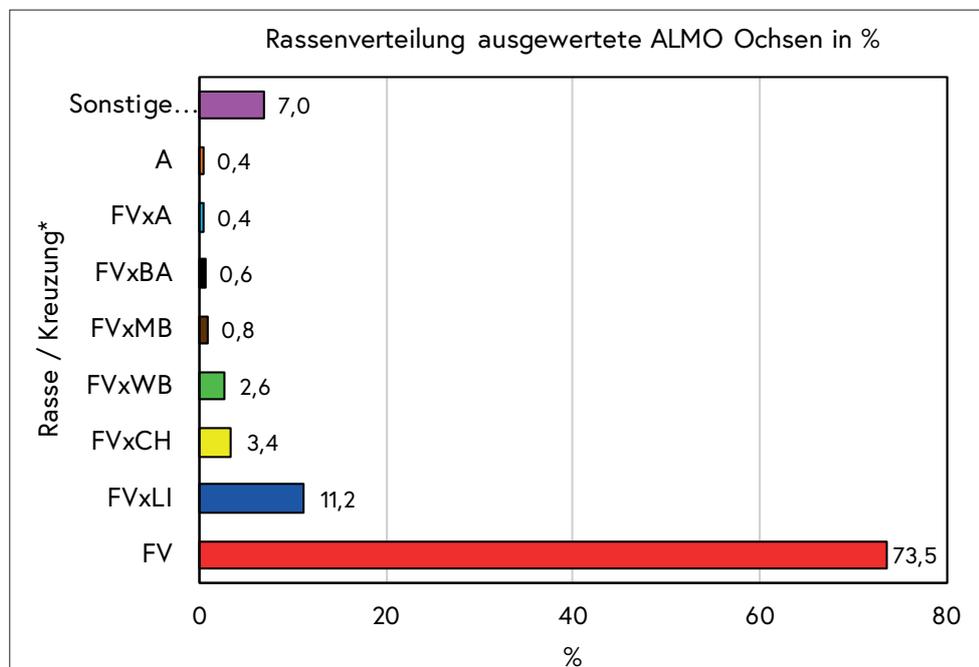
#### 3.1 Rassenverteilung ALMO Ochs

Abbildung 1 zeigt die Häufigkeitsverteilung nach Rassen bzw. Kreuzungen der ausgewerteten ALMO Ochs. Die Angaben zu Rasse/Kreuzung wurden aus der AMA-Rinderdatenbank übernommen. In Abbildung 1 sind jene 8 Rassen bzw. Kreuzungen prozentuell ausgewiesen, von denen im Auswertungszeitraum mehr als 40 Ochs geschlachtet wurden. Die übrigen Rassen/Kreuzungen, also jene mit weniger als 40 Ochs in der Auswertung, wurden unter „Sonstige Rassen“ zusammengefasst. Da nur Rassen/Kreuzungen mit mehr als 40 geschlachteten Ochs ausgewiesen werden, kann davon ausgegangen werden, dass Betriebseffekte (z.B. alle Ochs der Rasse X nur von wenigen, sehr extensiven Betrieben) aber auch Typeneffekte innerhalb einer Rasse gering bleiben. Auf die „Sonstigen Rassen“ (7,0 % aller Rassen/Kreuzungen) wird aufgrund der geringen Datensätze nicht näher eingegangen. Unter die „Sonstigen Rassen“ fallen z.B. folgende Rassen bzw. Kreuzungen daraus: Aubrac, Ennstaler Bergschecken, Gelbvieh, Grauvieh, Kärntner Blondvieh, Murbodner (MB), Pinzgauer, Pustertaler Sprinzen.

Erwartungsgemäß und in Übereinstimmung mit der Rassenverteilung im österreichischen Gesamtrinderbestand zählte der Großteil der ALMO Ochs (knapp 75 %) zur Rasse Fleckvieh (FV). Kreuzungen FV x Limousin (LI) und FV x Charolais (CH) machten 11,2 bzw. 3,4 % der Rassen/Kreuzungen aus. Die vierthäufigste Rasse/Kreuzungen mit einem Anteil von 2,6 % war FV x Weiß blauer Belgier (WB).

#### 3.2 Schlachtleistung ALMO Ochs nach Rassen

Auf den Schlachttierwert von Rindern haben tierspezifischen Faktoren (Rasse, Geschlecht) sowie produktionstechnische Faktoren (Fütterungsintensität, kompensatorisches Wachstum, Alter und Mastendgewichte) Einfluss (BANDSCHEID et al. 2007). Bei der Interpretation von rassen- und kreuzungsspezifischen Schlachtleistungsergebnissen ist zu bedenken, dass es innerhalb jeder Rasse unterschiedliche Linien und Typen (groß- bis kleinrahmiger, früh- bis spätreifer) gibt und zusätzlich betriebsindividuelle Faktoren



\*Abkürzungen: FV=Fleckvieh, LI=Limousin, CH=Charolais, WB=Weiß blauer Belgier, MB=Murbodner, BA=Blonde D'Aquitaine, A=Angus

Abbildung 1: Rassenverteilung der ausgewerteten ALMO Ochs in Prozent

Tabelle 1: Schlachtleistung der ALMO Rassen nach Rassen

	Rassen/Kreuzungen*								
	Ø	FV	FV×LI	FV×CH	FV×WB	FV×MB	FV×BA	FV×A	A
Ochsen, Anzahl	11.412	8.393	1.281	386	300	97	73	46	42
Mastendgewicht, kg	754	760	742	749	738	739	744	738	710
Schlachalter, Mon.	27,3	27,6	26,4	25,8	26,2	26,5	27,0	25,9	26,1
Tageszunahmen <sup>1</sup> , g	919	917	936	969	938	934	903	955	946
Schlachtkörpergewicht <sub>warm</sub> <sup>2</sup> , kg	405	405	410	411	411	395	417	395	393
Ausschlachtung <sub>warm</sub> <sup>2</sup> , %	54,3	53,9	55,6	55,3	56,0	54,4	56,8	53,8	55,1
Nettotageszunahme <sup>3</sup> , g	496	492	518	532	528	500	515	509	500
EUROP-Fleischklasse, E=5...P=1	3,36	3,27	3,76	3,66	3,80	3,45	3,75	3,46	3,57
Fettklasse, 1=mager...5=fett	3,01	3,01	3,08	2,93	2,88	3,05	2,84	3,33	3,33

\*Abkürzungen: FV=Fleckvieh, LI=Limousin, CH=Charolais, WB=Weiß blauer Belgier, MB=Murbodner, BA=Blonde D'Aquitaine, A=Angus

<sup>1</sup>=Mastendgewicht/Schlachalter\*100, <sup>2</sup>=Schlachtgewicht<sub>warm</sub>/Lebendgewicht\*100, <sup>3</sup>=Schlachtgewicht<sub>warm</sub>/Schlachalter\*1.000

höchster und niedriger Wert innerhalb eines Merkmals sind jeweils fett (rot) bzw. fett kursiv (blau) hervorgehoben

(Fütterung, Betriebsmanagement etc.) zu erheblichen Unterschieden in den Mast- und Schlachtleistungsergebnissen führen können.

Bei den in *Tabelle 1* dargestellten Schlachtleistungs-Ergebnissen ist zu beachten, dass die Lebendgewichte und damit auch Tageszunahmen und Ausschlachtung nur von knapp 50 % der Ochsen vorhanden waren. Bei Rassen/Kreuzungen mit geringeren Tieranzahlen kann dies diese drei Ergebnisse verzerren.

ALMO Ochsen der Rasse FV hatten durchschnittlich 405 kg Schlachtkörpergewicht, bei einem Schlachalter von 27,6 Monaten, Tageszunahmen von 917 g, einer Ausschlachtung von 53,9 %, einer EUROP-Fleischklasse von 3,3 (E=5) und einer Fettklasse von 3,0. Es wird darauf hingewiesen, dass die in *Tabelle 1* angegebenen Mastendgewichte am Schlachthof während des Entblutens erhoben werden, und daher nur als Anhaltspunkte zu verstehen sind. Die Schlachtgewichte der ALMO Ochsen lagen deutlich über den von der AMA (2019a) ausgewiesenen durchschnittlichen Ochsen-Gewichten von 654 kg (Lebendgewicht) bzw. 357 kg (Schlachtkörpergewicht). Die Gewichte der ALMO Ochsen lagen auch über den von der AMA (2019a) ausgewiesenen Mastendgewichten von Stieren (709 kg). Angus (AN) hatte mit durchschnittlich 710 kg die niedrigsten Mastendgewichte, alle übrigen Rassen/Kreuzungen hatten durchschnittliche Mastendgewichte zwischen 738 und 760 kg. Die Tageszunahmen lagen bei allen Rassen/Kreuzungen über 900 g Tageszunahmen, wobei sie bei FV × Blonde D'Aquitaine (BA) und FV nur knapp über 900 g lagen. Die Rasse FV hatte nach den vorliegenden Daten die höchsten Mastendgewichte und das höchste Schlachalter, allerdings auch die geringste Nettotageszunahme, Fleischigkeitsklasse und Ausschlachtung (Ausschlachtung wie bei FV×A). Tageszunahmen und Nettotageszunahme werden auch wesentlich von den Zunahmen im ersten Lebensjahr beeinflusst. Laut SINKOVITS (2020b) könnten die niedrigeren Zunahmen bei reinrassigen FV gegenüber FV-Gebrauchskreuzungen nicht nur durch die Rasse/Kreuzung per se bedingt sein, sondern auch durch die unterschiedliche Tierherkunft mitbeeinflusst werden (FV tendenziell eher von Milchviehbetrieben, FV-Gebrauchskreuzungen eher von Mutterkuhbetrieben).

FV×A und A zeigten die höchsten Fettklassen, während FV×BA, FV×WB und FV×CH durchschnittlich Fettklassen von unter 3,0 aufwiesen. Bei der Ausschlachtung schnitten die Kreuzung FV×BA mit knapp 57 % am besten ab. Die FV-Gebrauchskreuzungen mit den Fleischrassen LI, CH, WB und BA hatten erwartungsgemäß (BRANSCHIED et al. 2007) eine höhere Ausschlachtung und Fleischigkeit als FV. Die Kreuzung FV×MB zeigte gegenüber reinrassigen FV bei etwas geringeren Gewichten und Schlachalter, eine geringfügig höhere Ausschlachtung und Fleischigkeit; in beiden Schlachtleistungsmerkmalen lag FV×MB allerdings hinter den FV-Gebrauchskreuzungen mit Fleischrassen.

Es liegt nur sehr wenig aktuelle, wissenschaftliche Literatur zur grünlandbasierten Ochsenmast vor. In der Schweiz hat die grünlandbasierte Ochsenmast durchaus Bedeutung, allerdings sind die Mastendgewichte deutlich niedriger als in Österreich (BURREN 2019). STEINWIDDER et al. (2019) mästeten FV Ochsen bis knapp 700 kg Lebendgewicht auf Kurzrasenweide und Grassilage im Winter ohne Kraftfutterergänzung und fanden geringfügig höhere Tageszunahmen als in der vorliegenden Arbeit. Die Ausschachtung war ähnlich, allerdings waren bei STEINWIDDER et al. (2019) die Fleisch- und Fettklasse etwas niedriger, was auch mit den niedrigeren Schlachtgewichten zusammenhängen könnte (BRANSCHIED et al. 2007).

Von der ZuchtData wurden im Rahmen der Zuchtwertschätzung Fleischleistungsdaten (Tageszunahmen, Nettotageszunahme, Ausschachtung und Handelsklasse) für Stiere unterschiedlicher Rassen und Kreuzungen veröffentlicht (FÜRST et al. 2019). Wenngleich Ochsen – insbesondere bei grünlandbasierter Mast – deutlich schlechtere Schlachtleistungen als Stiere zeigen, sind dennoch rassespezifische Unterschiede übertragbar. So erreicht zum Beispiel FV×CH sowohl bei der vorliegenden ALMO Ochsen-Auswertung als auch bei der Stierauswertung von FÜRST et al. (2019) die höchste Nettotageszunahme, numerisch betrug der Unterschied zwischen den beiden Rinderkategorien allerdings 225 g. Nach FÜRST et al. (2019) hatten Stiere der Rassen A mit Abstand die niedrigste Nettotageszunahme während in der ALMO Auswertung die Rasse A nur geringfügig hinter den FV-Gebrauchskreuzungen lagen. In Übereinstimmung mit FÜRST et al. (2019) zeigte auch bei den ALMO Ochsen die Kreuzung FV×WB die höchste Fleischigkeit. Im Vergleich zu den FV Stieren der österreichischen Fleischleistungsdaten (FÜRST et al. 2019) war die Nettotageszunahme der FV ALMO Ochsen um 223 g niedriger, die Ausschachtung um 3,3 Prozentpunkte und die Fleischigkeit um 0,4. Die Gründe hierfür sind sowohl in der unterschiedlichen Fütterungsintensität als auch in der Rinderkategorie selbst zu finden (BRANSCHIED et al. 2007).

2007 wurden bereits Schlachtleistungsdaten von ALMO Ochsen ausgewertet (STEINWIDDER et al. 2007). Im Vergleich zu den Schlachtleistungsergebnissen aus den Jahren 2006 und 2007, erhöhten sich in der vorliegenden Auswertung bei FV und den FV-Gebrauchskreuzungen die durchschnittlichen Schlachtkörpergewichte um etwas mehr als 15 kg und die Nettotageszunahme um knapp 40 g.

### **3.3 Auswertung ALMO Ochsen nach Schlachtalter und Schlachtgewicht sowie nach Fleisch- und Fettklasse**

#### **3.3.1 Verteilung in Schlachtalter-Klassen**

Betrachtet man den gesamten Datensatz, so wurde fast 40 % der ALMO Ochsen mit einem Alter von 24 bis 28 Monaten geschlachtet und etwas mehr als ein Viertel der Ochsen zwischen 28 und 32 Monaten (*Abbildung 2*). Hier zeigen sich allerdings rassen- bzw. kreuzungsspezifische Unterschiede. Bei den Rassen/Kreuzungen FV×A, A und FV×WB wurde jeweils ein knappes Drittel der Ochsen mit einem Schlachtalter von unter 24 Monaten geschlachtet. Bei den Rassen/Kreuzungen FV×BA, A und FV×CH wurden rund 45 % der Ochsen zwischen 24 und 28 Monaten geschlachtet.

#### **3.3.2 Verteilung in Schlachtgewicht-Klassen**

Von den ausgewerteten ALMO Ochsen wurde fast die Hälfte (48 %) der Ochsen mit einem Schlachtkörpergewicht warm von 380 bis 420 kg geschlachtet (*Abbildung 3*). Ein Drittel (32 %) hatte ein Schlachtgewicht über 420 kg. 17 % der Schlachtgewichte lagen zwischen 340 und 380 kg und nur 2 % der Ochsen hatten ein Schlachtgewicht von unter 340 kg. Auffallend ist, dass bei der Kreuzung FV×BA mehr als die Hälfte der Ochsen ein Schlachtkörpergewicht von über 420 kg hatten. Bei FV-Gebrauchskreuzungen mit

LI, CH und WB hatten rund 40 % der Schlachtkörper ein Gewicht von über 420 kg. Bei FVxA, A und FVxMB hatten mehr als ein Viertel der Schlachtkörper Schlachtgewichte von unter 380 kg.

Abbildung 2: Verteilung ALMO Ochs in folgende Schlachalter-Klassen: 20-24, 24-28, 28-32, 32 bis 36 Monate (Rassen-Abkürzungen siehe *Abbildung 1*, Durchschnitt (Ø) aller Rassen bezieht sich auf gesamten Datensatz)

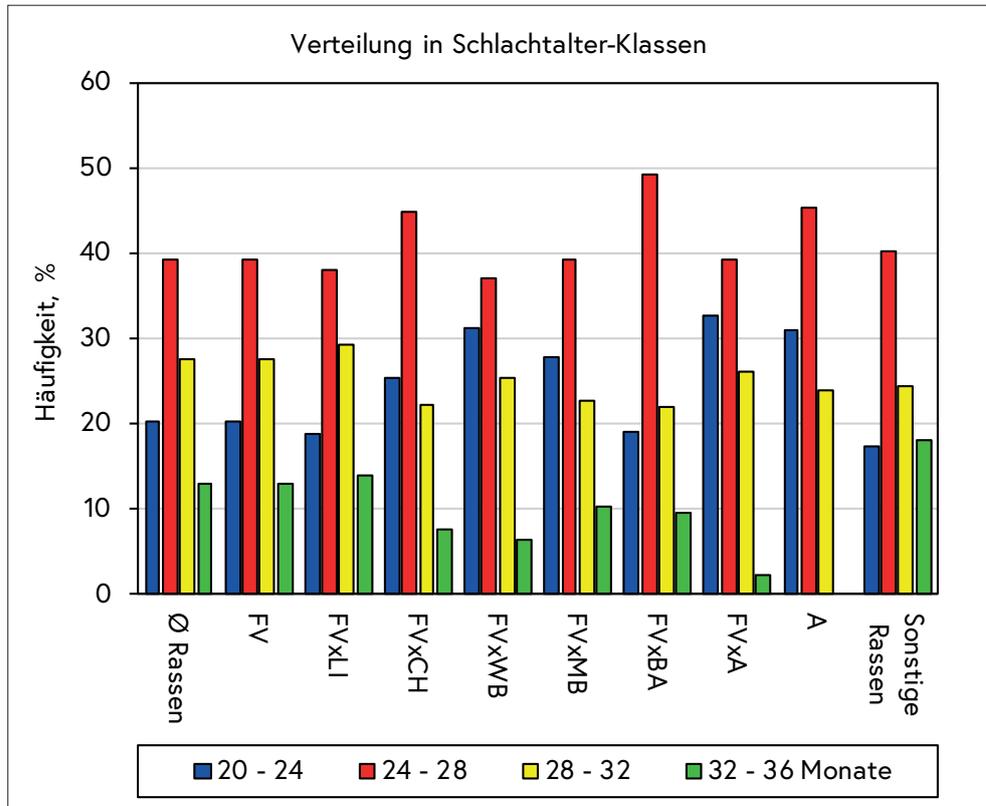
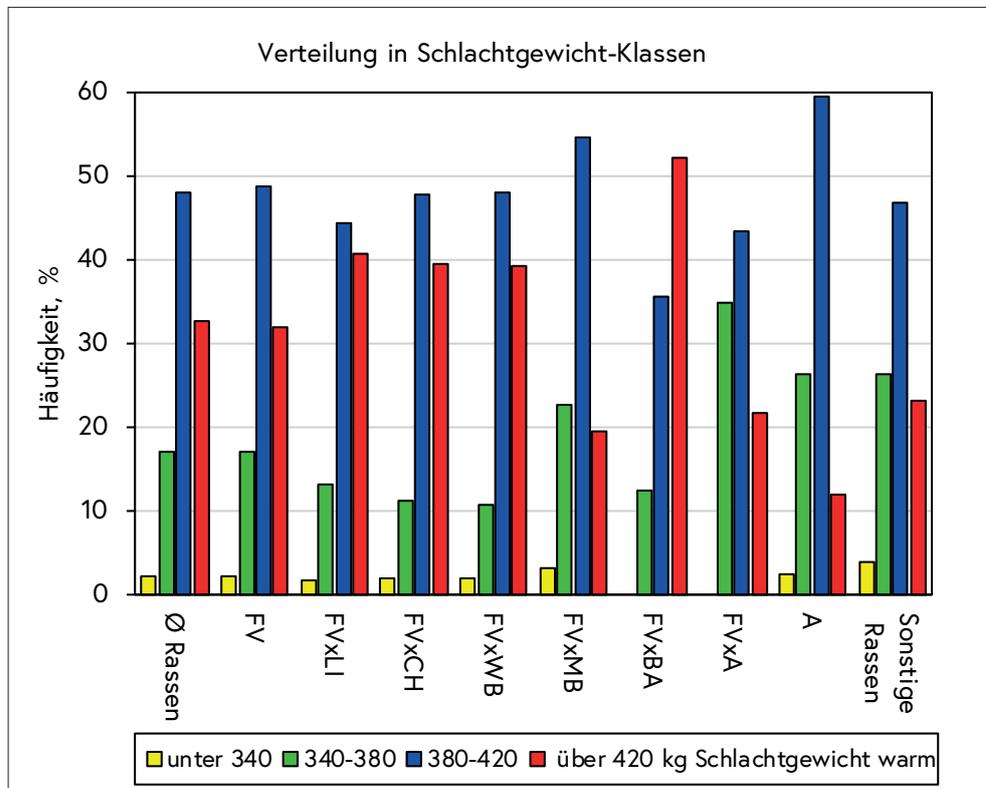


Abbildung 3: Verteilung ALMO Ochs in folgende Schlachtgewicht-Klassen: unter 340, 340-380, 380-420, über 420 kg Schlachtgewicht warm (Rassen-Abkürzungen siehe *Abbildung 1*, Durchschnitt (Ø) aller Rassen bezieht sich auf gesamten Datensatz)



### 3.3.3 Verteilung nach Fleisch- und Fettklassen

Bei FV wurden 69 % der Schlachtkörper mit Fleischklasse R, 29 % mit U und 2 % mit O beurteilt (Abbildung 4). Demgegenüber wurden bei FV-Stieren in FÜRST et al. (2019) 65 % der Maststiere mit E bzw. U bewertet. Die meisten Ochsen mit Fleischklasse U (zwischen

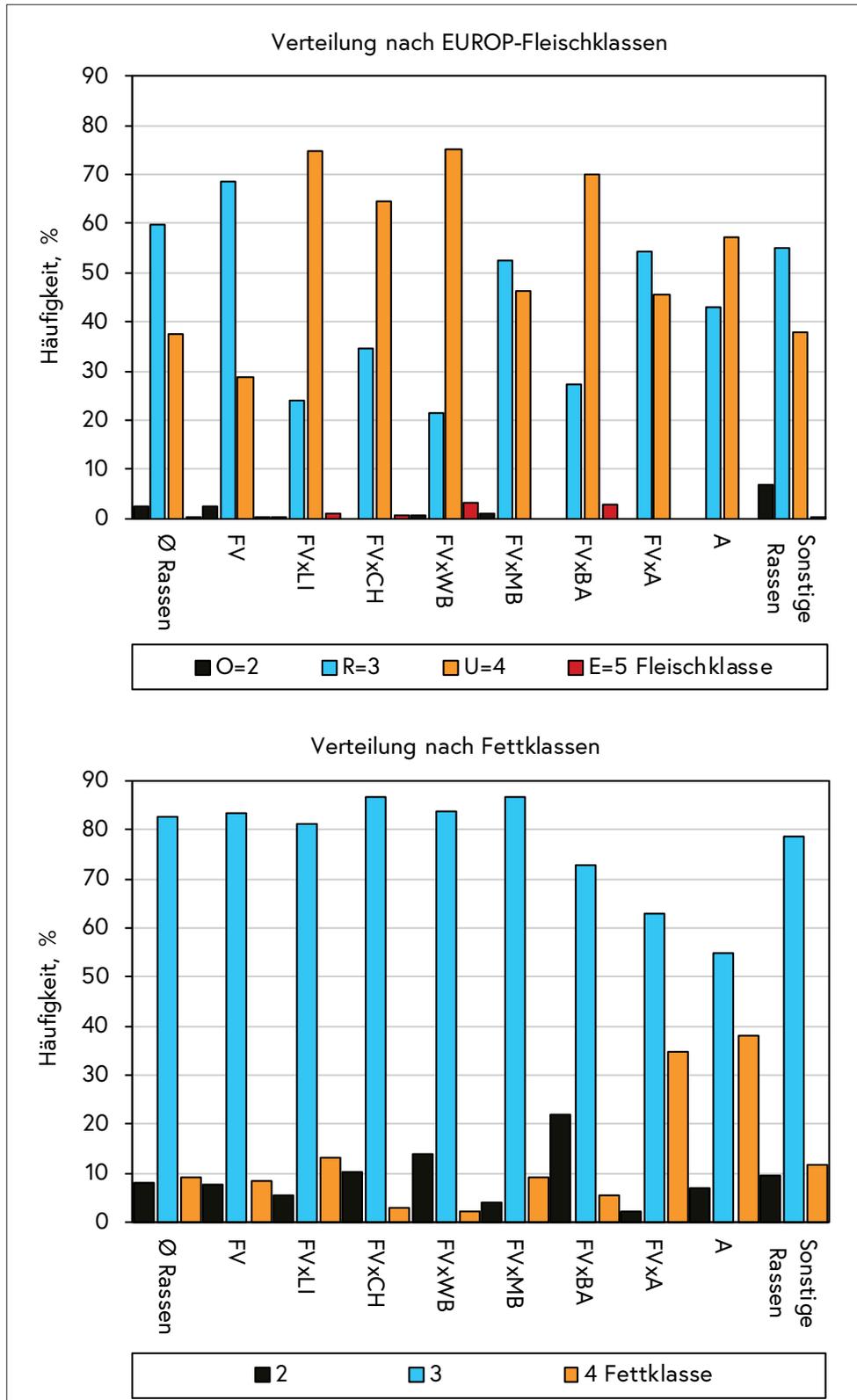


Abbildung 4: Verteilung ALMO Ochsen in EUROP-Fleisch- und Fettklassen (Rassen-Abkürzungen siehe Abbildung 1, Durchschnitt (Ø) aller Rassen bezieht sich auf gesamten Datensatz)

70 und 75 %) fanden sich bei FV×LI, FV×WB und FV×BA. Nur bei FV×WB und FV×BA wurden mehr als 1 % der Ochsen mit Fleischklasse E beurteilt (jeweils 3 % der Ochsen). Bei der Fettklasse wichen die Rassen/Kreuzungen A und FV×A mit mehr als einem Drittel der Schlachtkörper in Fettklasse 4 deutlich vom Durchschnitt über alle Rassen (8 % in Fettklasse 2, 83 % in Fettklasse 3 und 9 % in Fettklasse 4) ab. Die stärkere Verfettung von A ist in der Literatur vielfach belegt (BRANSCHIED et al. 2007, BURREN et al. 2019). Bei FV×LI, FV und FV×MB war jeder zehnte Ochse in Fettklasse 4. Da Ochsen mit Fettklasse 1 und 5 nicht im Rahmen des ALMO Markenfleischprogramms vermarktet werden, fanden sich diese beiden Fettklassen nicht im Datensatz.

### 3.4 Zusammenhänge zwischen Schlachtleistungsmerkmalen

Die phänotypischen Korrelationen (Zusammenhänge) zwischen Fleisch- bzw. Fettklasse und den übrigen Schlachtleistungsmerkmalen sind in *Tabelle 2* (für gesamten Datensatz, d.h. Ø über alle Rassen) und in *Tabelle 3* (nur für Rasse FV) zusammengefasst. Nach HELD (2010) weist ein Korrelationskoeffizient von über 0,3 auf einen schwachen, über 0,5 auf einen moderaten und über 0,8 auf einen engen (linearen) Zusammenhang zwischen zwei Variablen hin. Bei sehr niedrigen Korrelationskoeffizienten kann unter Umständen trotzdem ein Zusammenhang bestehen, der aber nicht linear ist. Für alle Merkmale mit Ausnahme des Schlachalters wurde ein positiver Zusammenhang festgestellt. Dies bedeutet, dass bei einer Steigerung von Gewicht und Zunahmen die Bewertungen der EUROP-Fleischklasse und der Fettklasse zunehmen. Die höchsten Korrelationskoeffizienten wurden zwischen Fleischklasse und Schlachtkörpergewicht bzw. Ausschachtung gefunden ( $r=0,3$  bis  $0,4$ ). Alle Korrelationen in *Tabelle 2* und *3* waren hochsignifikant (P-Werte  $<0,001$ ) (einzige Ausnahme war Alter mit Ausschachtung, die nicht signifikant war).

Tabelle 2: Phänotypische Korrelationen zwischen Fleisch- bzw. Fettklasse und Schlachtleistungsmerkmalen (gesamter Datensatz)

gesamter Datensatz, Ø Rassen	MEG <sup>1</sup>	Alter <sup>2</sup>	TGZ <sup>3</sup>	SKG <sup>4</sup>	AUS <sup>5</sup>	NZN <sup>6</sup>
FleischKL	0,14	-0,11	0,18	0,33	0,35	0,26
FettKL	0,16	-0,09	0,18	0,21	0,09	0,19

<sup>1</sup>Mastendgewicht, <sup>2</sup>Schlachalter, <sup>3</sup>Tageszunahmen, <sup>4</sup>Schlachtkörpergewicht, <sup>5</sup>Ausschachtung, <sup>6</sup>Nettotageszunahme, <sup>7</sup>Fleischklasse, <sup>8</sup>Fettklasse

P-Werte für alle Korrelationen hochsignifikant ( $<0,001$ )

In *Tabelle 3* sind für die Rasse Fleckvieh die phänotypischen Korrelationen aller Schlachtleistungsmerkmale dargestellt. Bei der Ergebnisinterpretation ist zu beachten, dass Tageszunahmen, Ausschachtung und Nettotageszunahmen errechnete Werte sind. Aus der Literatur ist belegt, dass die Ausschachtung bei schwereren/älteren Mastrinder höher ist als bei leichteren/jüngeren (BRANSCHIED et al. 2007), was sich in der vorliegenden

Tabelle 3: Phänotypische Korrelationen zwischen den Schlachtleistungsmerkmalen für die Rasse Fleckvieh

Fleckvieh (FV)	MEG <sup>1</sup>	Alter <sup>2</sup>	TGZ <sup>3</sup>	SKG <sup>4</sup>	AUS <sup>5</sup>	NZN <sup>6</sup>	FleischKL <sup>7</sup>	FettKL <sup>8</sup>
MEG		0,16	0,32	0,82	-0,23	0,25	0,25	0,17
Alter			-0,87	0,11	$<0,01$	-0,86	-0,06	-0,11
TGZ				0,24	-0,11	0,96	0,17	0,19
SKG					0,36	0,39	0,35	0,23
AUS						0,18	0,27	0,12
NZN							0,23	0,22
FleischKL								0,19

Abkürzungen siehe *Tabelle 2*, P-Werte bis auf Alter\*AUS hochsignifikant ( $<0,001$ )

Auswertung zwar für das Merkmal Schlachtkörpergewicht zeigt, nicht jedoch für Alter und Mastendgewicht. Ursache für die nicht gegebenen positiven Korrelationen können die, wie weiter oben beschrieben, nicht zuverlässig ermittelten Lebendgewichte sein.

## 4. Schlussfolgerungen und Praxisempfehlungen

- Bei grünlandbasierter Ochsenmast erreichen Ochsen der Rasse FV bei einem durchschnittlichen Schlachtkörpergewicht warm von 405 kg und einem Schlachalter von 27,6 Monaten Tageszunahmen von 917 g, eine Ausschachtung warm von 53,9 %, eine Nettotageszunahme von 492 g, eine EUROP-Fleischklasse von 3,3 (E=5) und eine Fettklasse von 3,0.
- Erwartungsgemäß übertreffen FV-Gebrauchskreuzungen mit LI, CH, WB und BA reinrassige FV Ochsen in den Merkmalen Ausschachtung (um 3-6 %), Fleischigkeit (um 0,2-0,4 Punkte) und Nettotageszunahme (um 5-8 %, wobei die unterschiedliche Aufzucht im 1. Lebensjahr – FV tendenziell eher von Milchbetrieben, FV-Gebrauchskreuzungen eher von Mutterkuhbetrieben – mitbeeinflussend sein kann).
- Die für die Rasse Angus bekannte, stärkere Fetteinlagerung findet sich auch in der grünlandbasierten Ochsenmast. Sowohl bei A als bei FVxA werden nach der vorliegenden Auswertung rund ein Drittel der Schlachtkörper mit Fettklasse 4 beurteilt. Eine höhere Fettklasse geht allerdings auch zumeist mit höheren intramuskulären Fettgehalten einher, welche sich vielfach positiv im Genusswert (Zartheit, Saftigkeit, Geschmack) von Rindfleisch niederschlagen.
- Die Kreuzung FVxMB schneidet – bei etwas niedrigeren Gewichten und Schlachalter als FV– in der Schlachtkörperqualität geringfügig besser als FV ab, liegt allerdings doch deutlich hinter den FV-Gebrauchskreuzungen.
- Um in der grünlandbasierten Ochsenmast die Schlachtkörper-Klassifizierung zu optimieren und zu Mastende den unproduktiven Futterbedarf für die Erhaltung zu minimieren, sollten die Schlachtreife und der Ausmastgrad zu Mastende regelmäßig beurteilt werden.
- Auch die konsequente Auseinandersetzung mit den Inspektionsberichten der Österreichischen Fleischkontrolle (ÖKF) hilft, Schlachalter, Schlachtgewicht und die Schlachtkörperklassifizierung (EUROP-Fleisch- und Fettklasse) bestmöglich auf den Betriebsstandort und die Futtergrundlage abzustimmen. Schlussendlich sollte nicht nur auf den Schlachterlös alleine geschaut werden, sondern auch die Kosten für Zukaufstiere und (Zukaufs-)Futter im Auge behalten werden.

## 5. Literatur

AMA, 2019a: Lebend- und Schlachtgewichte, Schlachtausbeute, Schlachtungen sowie Fleischanfall. Daten und Fakten der AgrarMarkt Austria für den Bereich Vieh und Fleisch K-Ö (Stand 30.4.2019).

AMA, 2019b: Klassifizierungsstatistik 2018. Daten und Fakten der AgrarMarkt Austria für den Bereich Vieh und Fleisch (Stand 8.2.2019).

AMA, 2020: Untersuchte gewerbliche Schlachtungen in Stück. Daten und Fakten der AgrarMarkt Austria für den Bereich Vieh und Fleisch K-Ö (Stand 16.1.2020).

BRANSCHIED, W., K.O. HONIKEL, G. VON LENGERKEN und K. TROEGER, 2007: Qualität von Fleisch und Fleischwaren – Band 1. 2. Auflage, Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main, 551 S.

BURREN, A., A. MÜLLER und H. JÖRG, 2019: Rindermast in der Schweiz – Status quo und Optimierungsmöglichkeiten. 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 10.-11. April 2019, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 85-96.

FÜRST, C., J. DODENHOFF, C. EGGER-DANNER, R. EMMERLING, H. HAMANN, D. KROGMEIER und H. SCHWARZENBACHER, 2019: Zuchtwertschätzung beim Rind – Grundlagen, Methoden und Interpretation. <http://zar/download/ZWS/ZWS.pdf> (besucht 23.1.2020).

HELD, U., 2010: Tücken von Korrelationen: Die Korrelationskoeffizienten von Pearson und Spearman. *Swiss Medical Forum* 10, 652-653.

SINKOVITS, D., 2020a: Grünlandbasierte Ochsen- und Kalbinnenerzeugung – Haltung, Fütterung und Qualität am Beispiel ALMO. 47. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 01.-02. April 2020, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 43-44.

SINKOVITS, D., 2020b: persönliche Mitteilung (Februar 2020).

STEINWIDDER, A., R. WÖLLINGER, O. KICKE und H. GEBETSROITHER, 2007: Bio-Kalbinnen- und Ochsenmast. *ÖAG-Info* 10/2007.

STEINWIDDER, A., W. STARZ, H. ROHRER, R. PFISTER, G. TERLER, M. VELIK, J. HÄUSLER, R. KITZER, A. SCHAUER und L. PODSTATZKY, 2019: Weideochsenmast ohne Kraftfutter 2. Mitteilung: Einfluss der Aufwuchshöhe bei Kurzrasenweide auf die Schlachtleistung, Fleischqualität und Wirtschaftlichkeit. *Züchtungskunde* 91, 347-359.

## Fleisch-Marmorierung als ein Qualitätsmerkmal von Rindfleisch – Grundlegendes

### *Marbling as attribute to assess beef quality – essentials on the topic*

Margit Velik<sup>\*</sup>

#### Zusammenfassung

Es ist vielfach belegt, dass ein höherer IMF-Gehalt bzw. eine bessere Fleischmarmorierung mit einem höheren Genusswert (Zartheit, Saftigkeit, Geschmack) des Fleisches einhergeht. Die Fleischmarmorierung fließt in Österreich und Europa routinemäßig nicht in die Schlachtkörperbeurteilung und -bezahlung mit ein. International (USA, Kanada, Australien, Japan) ist die Fleischmarmorierung jedoch ein wesentliches Kriterium der Schlachtkörperbewertung. Im vorliegenden Artikel werden die grundlegenden Einflussfaktoren auf den intramuskulären Fettgehalt (IMF-Gehalt) beschrieben. Diese sind vielfältig und es kann zwischen tierspezifischen (Rasse/Genetik, Geschlecht/Rinderkategorie) und produktionsspezifischen (Fütterungsintensität, Mastendgewicht, Schlachalter) Einflussfaktoren unterschieden werden.

In der vorliegenden Arbeit werden die sechs von RISTIC (1987) definierten IMF-Klassen vorgestellt und es sind die von FRICKH et al. (2003) hierzu definierten Marmorierungsfotos abgebildet.

Österreichisches Rindfleisch (Stier, Ochse, Kalbin) hat durchschnittliche IMF-Gehalte im *M. longissimus* von 2 bis 4 %, bei Jungrindfleisch aus Mutterkuhhaltung ist der IMF-Gehalt häufig unter 1 %. IMF-Gehalte von über 4,5 % werden mit für Österreich typischer Fütterung und den gängigen Rassen nicht/kaum erreicht. Versuchsauswertungen ergeben Korrelationen zwischen der 5-teiligen Fettgewebeklasse und dem IMF-Gehalt von 0,2 bis 0,7; für das Merkmal Nierenfettanteil und IMF-Gehalt sind sie geringfügig höher.

Schlagwörter: Fleisch, intramuskuläres Fett, Rindermast, Zartheit, Fleischqualität, Einflussfaktoren

#### Summary

It has been proven many times that a higher IMF content or better meat marbling is associated with a higher consumer acceptance (tenderness, juiciness, taste) of the meat. In Austria and Europe, beef marbling is routinely not included in carcass assessment and payment. However, internationally (USA, Canada, Australia, Japan) beef marbling is an essential criterion for carcass evaluation. This article describes the basic factors influencing the intramuscular fat (IMF) content. These are various and a distinction can be made between animal-specific (breed/genetics, sex/category) and production-specific (feeding intensity, final fattening live weight, slaughter age) influencing factors.

In this paper the six IMF classes defined by RISTIC (1987) are presented and the marbling photos defined by FRICKH et al. (2003) are shown.

<sup>1</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

\* Ansprechpartner: Dr. Margit Velik, email: margit.velik@raumberg-gumpenstein.at

Austrian beef (bull, steer, heifer) has an average IMF content in *M. longissimus* of 2 to 4 %, for young beef from suckler cows the IMF content is often below 1 %. IMF contents of more than 4.5 % are not/rarely achieved by typical Austrian feeding ration and with the most common breeds used in Austria. Beef fattening trials show correlations between EUROP fat class and the IMF content of 0.2 to 0.7; for the item kidney fat percentage and IMF content they are slightly higher.

Keywords: beef, intramuscular fat, beef fattening, tenderness, meat quality, influence factors

## Definition Fleischqualität

Vom Begriff Fleischqualität sind die Begriffe Schlachtkörperqualität und Prozessqualität zu unterscheiden. Nach BRANSCHIED et al. (2007) beschreibt die Prozessqualität die Art und Weise wie Fleisch produziert wird (Haltungsform, Fütterung, Schlachtung, Tierumgang, Tierwohl etc.). Der Begriff Schlachtkörperqualität wiederum umfasst die Schlachtkörperzusammensetzung und die (innere) Fleischqualität. Unter Schlachtkörperzusammensetzung wird nach BRANSCHIED et al. (2007) zum einen die Ausprägung der Muskulatur und der Fettansatz der Schlachtkörper verstanden; diese beiden Merkmale werden in Österreich und der EU routinemäßig am Schlachthof mittels der fünfteiligen EUROP-Fleischigkeits- und Fettgewebeklassen bewertet (ÖFK 2014). Zusätzlich beinhaltet die Schlachtkörperzusammensetzung aber noch weitere Parameter wie die Gewebeanteile (Fleisch, Fett, Knochen, Sehnen), Gewebeverhältnisse, Teilstückanteile, den Anteil verkaufsfähiges Fleisch und die chemische Zusammensetzung des Schlachtkörpers (BRANSCHIED et al. 2007).

Unter dem Begriff Fleischqualität werden laut HOFMANN et al. (1995) aller sensorischen (Genusswert), ernährungsphysiologischen (Nährwert), hygienisch-toxikologischen (Gesundheitswert) und verarbeitungstechnologischen (Eignungswert) Eigenschaften des Fleisches verstanden. Der intramuskuläre Fettgehalt (IMF), auch als im Fleisch eingelagertes Fett bzw. Fleischmarmorierung bezeichnet, ist ein wichtiges Fleischqualitätsmerkmal. So ist vielfach belegt, dass sich ein höherer IMF positiv auf den Genusswert (insbesondere Zartheit, Saftigkeit und Geschmack) von Rindfleisch auswirkt (AUGUSTINI 1987, MUIR et al. 1998, BRANDSCHIED et al. 2007). Andere Arbeiten wiederum fanden nur einen geringen bzw. gar keinen Zusammenhang (MUIR et al. 1998) zwischen IMF und den genannten Fleischqualitätsmerkmalen. DUFÉY und CHAMBAZ (1999) halten fest, dass die Einflussfaktoren auf die Rindfleischqualität vielschichtig und teilweise auch antagonistisch sind. Die beiden Autoren berufen sich auf Literaturergebnisse, die beispielsweise einen (schwach) positiven Effekt des IMF-Gehalts auf die Fleischzartheit erst bei IMF-Gehalten von mindestens 3 % feststellten.

## Klassifizierung von Rinderschlachtkörpern und Fleisch-Marmorierung

In Österreich und der EU richtet sich die Schlachtkörperbezahlung nach Rinderkategorie, Schlachtagter, Schlachtgewicht und EUROP-Fleischigkeits- und Fettgewebeklasse. In einigen Markenfleischprogrammen (z.B. AMA-Gütesiegel) gibt es auch Vorgaben zum pH-Wert 36 h p.m., wobei der pH-Wert vielmehr dazu geeignet ist Fleischfehler wie DFD/DCB auszuschließen als Rückschlüsse auf die innere Fleischqualität zu ziehen.

Länder wie USA, Australien oder Japan haben sehr komplexe Systeme der Rinderschlachtkörper-Beurteilung und Bezahlung (z.B. USDA grades, Meat Standards Australia (MSA), Japanese Meat Grading Association (JMGA)). Informationen zu diesen Schemas der Rinderklassifizierung sind beispielsweise in BRANDSCHIED et al. (2007) oder POL-

KINGHORNE und THOMPSON (2010) zusammengefasst. Allen gemeinsam ist, dass in allen auch das Fleischqualitätsmerkmal Fleischmarmorierung mitberücksichtigt wird. Hier sei darauf hingewiesen, dass in diesen Ländern von den Konsumenten prinzipiell stärker marmoriertes Fleisch als in Österreich nachgefragt wird (HENCHION et al. 2017). Von der französischen Forschungseinrichtung INRA wurde 2017 in einer wissenschaftlichen Publikation neben der EU-weit geltenden Schlachtkörper-Klassifizierung nach EUROP-Fleischigkeits- und Fettgewebeklasse angeregt, folgende fünf Indikatoren in die Schlachtkörper-Beurteilung mit aufzunehmen: Hinterviertelgewicht, verkaufsfähiger Fleischanteil, Rückenmuskelgröße, Fleischfarbe und Fleischmarmorierung (MONTEILS et al. 2017).

## **Einflussfaktoren auf den intramuskulären Fettgehalt (IMF-Gehalt)**

Nach AUGUSTINI (1987) und BRANSCHIED et al. (2007) werden Fetteinlagerung und IMF-Gehalt maßgeblich von folgenden zwei Faktorengruppen beeinflusst:

- Tierspezifische Faktoren (Rasse/Genetik, Geschlecht/Rinderkategorie)
- Produktionstechnische Faktoren (Fütterungsintensität, kompensatorisches Wachstum, Mastendgewicht, Schlachalter)

DUFEY und CHAMBAZ (1999) führen bei den produktionstechnischen/Umweltfaktoren speziell noch den Ausmastgrad an. PARK et al. (2018) unterteilen in einer koreanischen Übersichtsarbeit die Einflussfaktoren auf den IMF-Gehalt in:

- genetische Faktoren (Rasse, Geschlecht)
- Managementfaktoren (Absetzalter, Kastration, Schlachalter, Schlachtgewicht, Umwelt) und
- Fütterungsfaktoren (Kraft- und Grundfutteranteil bzw. Energie- und Proteingehalt der Ration, Vitaminversorgung A, D, C, Mastphasenfütterung)

Nach PARK et al. (2018) liegt die Heritabilität, d.h. die Erbllichkeit, für das Merkmal Fleischmarmorierung bei durchschnittlich 0,37 (0,30-0,57), wobei sie für die Rassen Wagyu, Angus und Brahm besonders hoch ist.

Generell wird bei Mastrindern zuerst Auflagen- und Körperhöhlenfett gebildet, dann intermuskuläres Fett (d.h. Fett zwischen den einzelnen Muskeln) und erst zum Schluss das für den Genusswert von Rindfleisch maßgebliche IMF (AUGUSTINI 1987, WEGNER et al. 1998).

Betrachtet man den Faktor Rinderkategorie ohne die anderen Einflussfaktoren, so haben Kälber den geringsten IMF-Gehalt, gefolgt von Jungrindern, anschließend Jungtiere und dann Ochsen. Kalbinnen haben in der Regel die höchsten IMF-Gehalte; diese Unterschiede sind endokrin (unterschiedliches Muskelbildungsvermögen und unterschiedlicher Fettansatz) bedingt. Auch bei gut konditionierten Altkühen werden teilweise hohe, über jenen von Kalbinnen liegende IMF-Gehalte gefunden.

Nach AUGUSTINI und TEMISAN (1986) hat die Genetik auf fast alle Merkmale der Fleischqualität einen Einfluss. Es muss allerdings beachtet werden, dass der Vergleich von Rindern unterschiedlicher Genetik bei gleichem Schlachalter, Mastendgewicht bzw. gleicher Fütterungsintensität schwierig ist, da Tiere unterschiedlicher Genetik zu unterschiedlichen Zeitpunkten die physiologische Schlachtreife (Zeitpunkt einer optimalen morphologischen und chemischen Schlachtkörper-Zusammensetzung) erreichen. Generell lässt sich sagen, dass spätreife und großrahmige Rassen/Genetik/Typen/Linien niedrigere IMF-Gehalte im Fleisch haben als frühreife mittel- bis kleinrahmige. Eine frühe physiologische Schlachtreife geht generell mit einem früheren und stärkeren Fettansatz einher, der sich nicht nur in höheren Fettgewebeklassen des Schlachtkörpers, sondern auch in höheren IMF-Gehalten im Fleisch widerspiegelt. Generell haben milchbetonte

Rassen/Typen etwas höhere IMF-Gehalte als fleischbetonte. Insbesondere die Rasse Wagyu ist für ihren hohen IMF-Gehalt bekannt. Aber auch Angus (CHAMBAZ et al. 2003) oder die heimische Rasse Grauvieh (FRICKH et al. 2003) zeigen eine sehr gute Fleischmarmorierung.

Generell nimmt mit höherem Mastendgewicht (und Schlachalter) die Fleischmarmorierung zu (VELIK et al. 2015). Allerdings hängt die Marmorierung nach AUGUSTINI und TEMISAN (1986) stärker von der Mastintensität als vom Alter ab, sodass mit steigendem Schlachalter nicht automatisch die Marmorierung verbessert wird.

Prinzipiell gilt, dass mit steigender Fütterungsintensität (d.h. höherer Energiegehalt der Ration, höherer Kraftfutteranteil in der Ration) der IMF-Gehalt steigt. Bei grünland- und weidebasierter Mast von Kalbinnen und insbesondere Ochsen ist daher eine intensivere Ausmast (in der Regel 2 bis 4 Monate) vor der Schlachtung im Hinblick auf Fettabdeckung und IMF-Gehalt meist sinnvoll.

Für eine optimale Schlachtkörper- und Fleischqualität müssen alle diese Faktoren bestmöglich aufeinander abgestimmt sein.

## Beurteilung des intramuskulären Fettgehalts

Auf wissenschaftlicher Ebene liegen mehrere Publikationen zur objektiven, digitalen Beurteilung der Fleischmarmorierung vor (Videobildanalyse, Ultraschall, Röntgenstrahlung, Hyperspektrale Bildgebungstechnik, NIR Spektroskopie, bioelektrische Impedanz Spektroskopie etc.) (z.B. FERGUSON 2004, LIU und NGADI 2014, CHENG et al. 2015, NOGALSKI et al. 2017).

Von der deutschen Firma eplusv Technology ist seit mehreren Jahren ein sehr hochpreisiges, stationäres, vollautomatisches Gerät (VBG 2000, www.eplusv.de) am Markt, das in der Schlachtlinie neben der Beurteilung der Schlachtkörperzusammensetzung auch den intramuskulären Fettgehalt (basierend auf USDA grades) messen kann. Dieses Gerät wird international auf einigen Schlachthöfen eingesetzt. Mit Stand Ende 2019 ist noch kein handliches, preiswertes digitales Gerät auf dem Markt, das die Fleischmarmorierung messen kann, wobei derzeit von der dänischen Firma Frontmatec an einem derartigen Gerät gearbeitet wird (R. PIEPER, persönliche Mitteilung Mai 2019). Länder wie USA, Kanada und Japan haben Bildkarten zur subjektiven Marmorierungsbeurteilung. International wird auf kleineren bis mittleren Schlachtbetrieben die Fleischmarmorierung nach wie vor subjektiv mittels dieser Marmorierungskarten beurteilt. Diese Marmorierungskarten sind auch im Internet zu finden. Diese Karten sind allerdings aufgrund höherer IMF-Gehalte für österreichisches Rindfleisch minder gut geeignet. Nach WILSON et al. (1998) entspricht beispielsweise die USDA-Marbling-Karte „Slight“, also jene mit dem niedrigsten Marbling Score einem IMF-Gehalt von 2,3 bis 3,9 %.

RISTIC (1987) von der ehemaligen Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach hat vor mehr als 30 Jahren die in *Tabelle 1* angeführten sechs IMF-Klassen definiert.

Tabelle 1: Schema für die Beurteilung des sichtbar eingelagerten Fettes (RISTIC 1987)

Punkte	Ausprägung	Beschreibung	IMF, %
1	keine sichtbare	blaues Fleisch	< 1
2	schwache	Existenz einiger sichtbarer Marmorierungspunkte	1-3
3	mittelmäßig	gut sichtbar eingelagertes Fett	3-5
4	stark	bereits dickere Fettfaszien	5-7
5	sehr stark	zahlreiche Fetteinlagerungen	7-10
6	zu stark	abnorme übermäßige Fetteinlagerung, Fettinfiltration	> 10

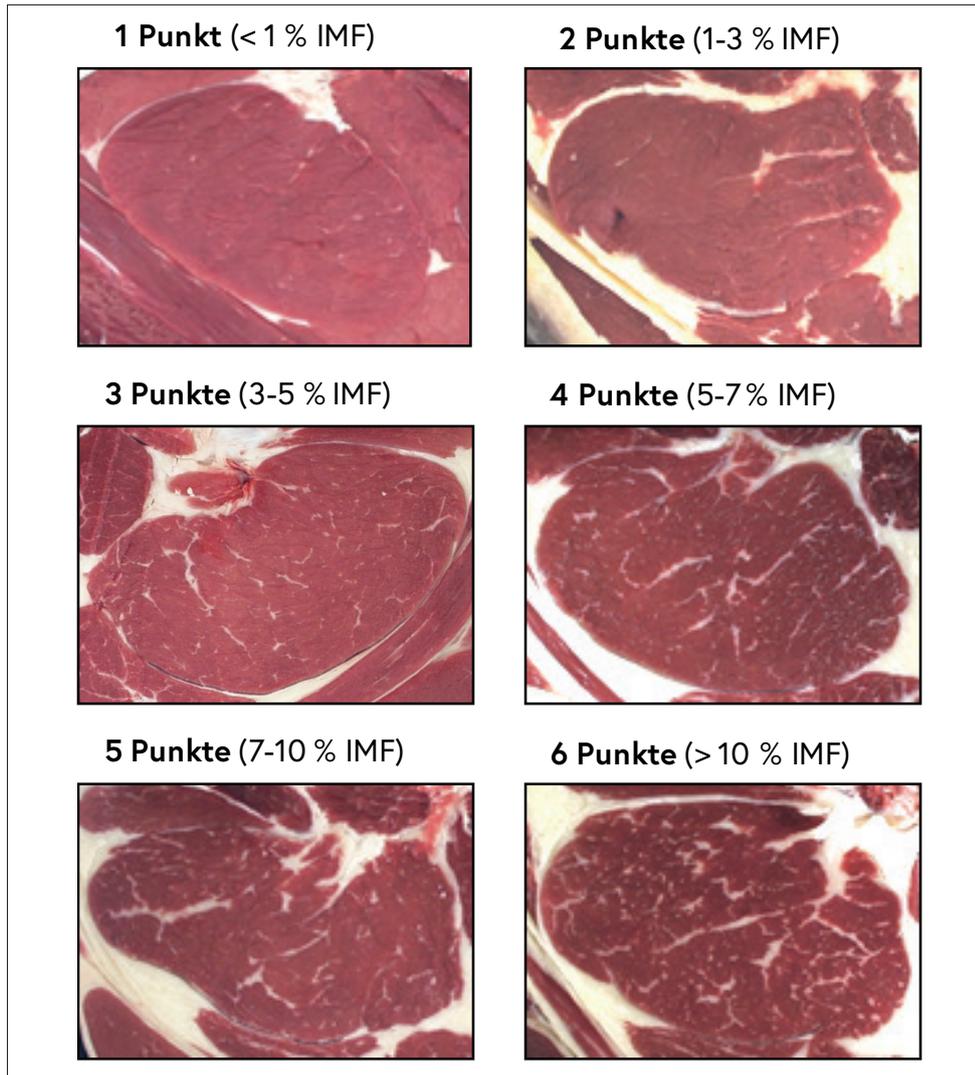


Abbildung 1: Beispielfotos für die in *Tabelle 1* angegebenen IMF- bzw. Marmorierungsklassen (FRICKH et al. 2003)

FRICKH et al. (2003) haben zu diesen 6 IMF-Klassen Marmorierungsfotos veröffentlicht, die diese 6 Klassen abbilden sollen (*Abbildung 1*). Neben der Höhe des IMF-Gehalts ist nach RISTIC (1987) allerdings auch Augenmerk auf die Fettverteilung sowie die Größe, Feinheit und Dicke von Fett(-fascien) zu legen (regelmäßige und feine Fett-Verteilung ist erwünscht).

Obwohl in Österreich die Fleischmarmorierung nicht in die Schlachtkörperbewertung und -bezahlung miteinfließt, wird beispielsweise auf der Homepage des Markenfleischprogramms Cult Beef (Kalbinnen- und Ochsenfleisch) der Österreichischen Rinderbörse (OÖ) explizit auf den intramuskulären Fettgehalt als Selektionskriterium hingewiesen.

## Intramuskulärer Fettgehalt von österreichischem Rindfleisch

Im Rahmen des vom BMLRT finanzierten Dafne-Forschungsprojektes Nr. 101441 "Fleisch-Marmorierung als Qualitätskriterium bei Rindfleisch" werden Daten von 18 österreichischen Rindermastversuchen der letzten 20 Jahren ausgewertet. Es sollen Einflussfaktoren auf den IMF-Gehalt von Rindfleisch sowie Zusammenhänge zwischen

IMF-Gehalt und Schlacht- und Fleischqualitätsmerkmalen beleuchtet werden. Die Projektergebnisse werden nächstes Jahr bei der Viehwirtschaftlichen Fachtagung 2021 vorgestellt. *Tabelle 2* zeigt – basierend auf 16 österreichischen Rindermastversuchen – wie hoch im allgemeinen die IMF-Gehalte von österreichischem Rindfleisch sind. Da in den Versuchen unterschiedliche, aber für österreichische Standortbedingungen gängige Rindermast-Produktionssysteme untersucht wurden, können die Ergebnisse großteils als repräsentativ für die österreichische Rindermast angesehen werden. Die IMF-Gehalte wurden jeweils im *Musculus longissimus* (Englischer) mittels Soxhlet-Extraktion bzw. NIRS bestimmt. FRICKH (2001) gibt generell bei Rindfleisch einen intramuskulären Fettgehalt von 2,5 bis 4,5 % als Idealwert an, wobei berücksichtigt werden muss, dass es zwischen Teilstücken Unterschiede in der Höhe des IMF-Gehalts gibt (VELIK et al. 2015).

*Tabelle 2* zeigt, dass bei Jungrindfleisch aus Mutterkuhhaltung (Schlachtalter unter 1 Jahr, Rassen/Kreuzungen Fleckvieh und Limousin) rund 2/3 der untersuchten Jungrinder im Englischen IMF-Gehalte von unter 1 % aufwiesen. IMF-Gehalte von über 3 % wurden bei Jungrindern im vorliegenden Datenmaterial nicht gefunden. Hier sei darauf hingewiesen, dass Jungrindfleisch trotz niedrigem IMF-Gehalt aufgrund seines geringen Alters eine ausgezeichnete Fleischzartheit aufweist (TERLER et al. 2014). Zwischenergebnisse eines laufenden Jungrindversuchs an der LFS Hohenlehen (NÖ) zeigen, das auch bei reinrassigen Angus-Jungrindern (durchschnittliches Schlachtalter 12,6 Monate, 415 kg Mastendgewicht) der IMF-Gehalt nur bei durchschnittlich 2,4 % liegt (TERLER et al. 2017). Bei Kalbin und Ochse wurde jeweils rund 1/3 der untersuchten Fleischproben mit den Marmorierungsklassen 2 (1-3 % IMF) bzw. 3 (3-5 % IMF) beurteilt. Fleischproben mit mehr als 5 % IMF wurden im vorliegenden Datenmaterial fast ausschließlich bei Wagyu-Kreuzungen mit Fleckvieh bzw. Charolais als Mutterrasse sowie teilweise bei Ochsen und Kalbinnen der Rasse Grauvieh gefunden. Jungstierfleisch (größtenteils Fleckvieh bzw. Fleckvieh-Gebrauchskreuzungen, aber auch Pinzgauer) hatte zu mehr als 2/3 IMF-Gehalte von 1 bis 3 %, wobei jede sechste Stierfleischprobe einen IMF-Gehalt von unter 1 % zeigte. Ein aktueller Versuch an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein fand bei auf Basis Maissilage und Kraftfutter gemästeten Fleckviehstieren bei einem Mastendgewicht von 690 kg durchschnittliche IMF-Gehalte im Rostbraten von 1,8 % bei 760 kg von 2,5 % IMF (VELIK et al. 2015). Dies macht den weiter oben erwähnten Einfluss des Schlachtgewichts auf den IMF-Gehalt deutlich. Bei den *Tabelle 2* zugrundeliegenden 16 Rindermastversuchen wurden Korrelationskoeffizienten zwischen IMF-Gehalt im Rostbraten und Fettgewebeklasse des Schlachtkörpers von 0,20 bis 0,74 gefunden. Zwischen IMF-Gehalt und Nierenfettanteil (bezogen auf das Mastendgewicht) waren die Korrelationen bei den meisten Versuchen geringfügig höher ( $\bar{\rho}$  0,48; 0,18 bis 0,78) als zwischen IMF und Fettklasse. Nach HELD (2010) weist ein Korrelationskoeffizient von über 0,3 auf einen schwachen, über 0,5 auf einen moderaten und über 0,8 auf einen engen (linearen) Zusammenhang zwischen zwei Variablen hin.

Tabelle 2: Häufigkeitsverteilung (%) nach Rinderkategorien in sechs Marmorierungsklassen

Rinderkategorie	Anzahl untersuchte Rinder	Marmorierungsklassen (1-6) bzw. % IMF					
		1 < 1 %	2 1-3 %	3 3-5 %	4 5-7 %	5 7-10 %	6 > 10 %
Jungrind	88	64 %	36 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Kalbin	161	4 %	39 %	35 %	14 %	6 %	2 %
Ochse	136	4 %	30 %	40 %	15 %	8 %	3 %
Stier	510	16 %	71 %	12 %	1 %	0 %	0 %
<b>Ø über alle Rinderkategorien</b>	<b>895</b>	<b>17 %</b>	<b>56 %</b>	<b>19 %</b>	<b>5 %</b>	<b>3 %</b>	<b>1 %</b>

IMF-Gehalt mit Soxhlet bzw. NIRS bestimmt

## Literatur

- AUGUSTINI, C. und V. TEMISAN, 1986: Einfluß verschiedener Faktoren auf die Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischqualität bei Jungbullen. *Fleischwirtschaft* 66, 1273-1280.
- AUGUSTINI, C., 1987: Einfluss produktionstechnischer Faktoren auf die Schlachtkörper- und Fleischqualität beim Rind. In: *Rindfleisch – Schlachtkörperwert und Fleischqualität*. Kulmbacher Reihe Band 7, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 152-179.
- BRANSCHIED, W., K.O. HONIKEL, G. VON LENGERKEN und K. TROEGER, 2007: *Qualität von Fleisch und Fleischwaren – Band 1*, 2. Auflage, Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main, 551 S.
- CHAMBAZ, A., M.R.L. SCHEEDER, M. KREUZER und P.A. DUFEY, 2003: Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Sci.* 53, 491-500.
- CHENG, W., J.H. CHENG, D.W. SUN und H. PU, 2015: Marbling analysis for evaluating meat quality: methods and techniques. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 14, 523-535.
- DUFEY, P. und A. CHAMBAZ, 1999: Einfluss von Produktionsfaktoren auf die Rindfleischqualität. *Agrarforschung* 6, 345-348.
- FERGUSON, D.M., 2004: Objective on-line assessment of marbling: a brief review. *Australian J. Experimental Agric.* 44, 681-685.
- FRICKH, J.J., 2001: Adaptierung von Untersuchungsmethoden für die routinemäßige Prüfung auf Fleischqualität im Rahmen einer stationären Prüfung. Abschlussbericht über das Forschungsprojekt 1168 für das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 13-14.
- FRICKH, J.J., G. IBI und K. ELIXHAUSER, 2003: Mastleistung, Schlachtleistung, Schlachtkörperzusammensetzung sowie Kennzahlen der Fleischqualität von Ochsen der Rasse Tiroler Grauvieh. BVW-Abschlussbericht über das Forschungsprojekt Nr. 1205 für das BMLFUW.
- HELD, U., 2010: Tücken von Korrelationen: Die Korrelationskoeffizienten von Pearson und Spearman. *Swiss Medical Forum* 10, 652-653.
- HENCHION, M.M., M. McCARTHY und V.C. RESCONI, 2017: Beef quality attributes: A systematic review of consumer perspectives. *Meat Sci.* 128, 1-7.
- HOFMANN, K., 1995: Der Qualitätsbegriff bei Fleisch – Inhalt und Anwendung. In: *Fleisch – Gesundheit, Tierschutz, Umwelt*. Kulmbacher Reihe 14, Bundesanstalt für Fleischforschung, 169-193.
- LIU, L. und M. NGADI, 2014: Automatic assessment of meat marbling and tenderness, In: *CMSA News*, 27-32.
- MONTEILS, V., C. SIBRAA, M.-P. ELLIES-OURYA, R. BOTREAU, A. DE LA TORREA und C. LAURENTA, 2017: A set of indicators to better characterize beef carcasses at the slaughterhouse level in addition to the EUROP system. *Livest. Sci.* 202, 44-51.
- MUIR, P.D., J.M. DEAKER und M.D. BOWN, 1998. Effects of forage- and grain-based feeding systems on beef quality: a review. *New Zealand J. Agric. Research* 41, 623-635.

NOGALSKI Z., P. POGORZELSKA-PRZYBYTEK, I. BIALOBRZEWSKI, M. MODZELEWSKA-KAPITULA, M. SOBCZUK-SZUL und M. PURWIN, 2017: Estimation of the intramuscular fat content of *m. longissimus thoracis* in crossbred beef cattle based on live animal measurements. *Meat Sci.* 125, 121-127.

ÖFK (ÖSTERREICHISCHE FLEISCHKONTROLLE), 2014: Klassifizierung in Österreich – Rinder, Schweine, Schafe. Österreichische Fleischkontrolle GesmbH, 3100 St. Pölten, Stand Juni 2014.

PARK, S.J., S.H. BEAK, D.J.S. JUNG, S.Y. KIM I.H. JEONG, M.Y. PIAO, H.J. KANG, D.M. FASSAH, S.W. NA, S.P. YOO und M. BAIK, 2018: Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle – A review. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 31, 1043-1061.

POLKINGHORNE, R.J. und J.M. THOMPSON, 2010: Meat standards and grading – A world view. *Meat Sci.* 86, 227-235.

RISTIC, M., 1987: Genußwert von Rindfleisch. In: Rindfleisch – Schlachtkörperwert und Fleischqualität. Kulmbacher Reihe 7, Bundesanstalt für Fleischforschung, 207-234.

TERLER, G., M. VELIK, J. HÄUSLER, R. KITZER und J. KAUFMANN, 2017: Leistungsvermögen und Fleischqualität von Angus-Jungrindern aus der Mutterkuh-Haltung. Zwischenbericht das Dafne-Projekts Nr. 101061 im Auftrag des BMLFUW.

TERLER, G., M. VELIK, J. HÄUSLER, R. KITZER und J. KAUFMANN, 2014: Schlachtleistung und Fleischqualität von Jungrindern (Fleckvieh×Limousin und Limousin) aus der Mutterkuhhaltung. 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 09.-10. April 2014, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 85-95.

VELIK, M., G. TERLER, J. GASTEINER, A. GOTTHARDT, A. STEINWIDDER, R. KITZER, A. ADELWÖHRER und J. KAUFMANN, 2015: Stiermast auf hohe Mastendgewichte bei unterschiedlicher Proteinversorgung in der Endmast – Einfluss auf Tageszunahmen, Schlachtleistung, Fleischqualität und Wirtschaftlichkeit. Dafne-Abschlussbericht im Auftrag des BMLFUW Nr. 100676, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal.

WEGNER J., E. ALBRECHT und K. ENDER, 1998: Morphologische Aspekte des subkutanen und intramuskulären Fettzellwachstums beim Rind. *Archiv Tierzucht* 41, 313-320.

WILSON, D.E., G.H. ROUSE und S. GREINER, 1998: Relationship between chemical percentage intramuscular fat and USDA Marbling Score. *Beef Research Report – A.S. Leaflet R 1529 – IOWA State University.*

## Gesamtheitliche Ökoeffizienz von Milchviehbetrieben

Thomas Guggenberger<sup>1\*</sup>, Markus Herndl<sup>1</sup>, Georg Terler<sup>1</sup>, Christian Fritz<sup>1</sup>, Florian Grassauer<sup>1</sup>, Isabella Zamberger<sup>1</sup> und Matthias Kandolf<sup>1</sup>

### Zusammenfassung

Arten stehen in ihrer Entwicklung im evolutionären Wettkampf um Ressourcen. Das Nachhaltigkeitskonzept darf als Wettbewerbsregel für eine langfristige Koexistenz von Arten verstanden werden. Ökoeffizienz bewertet dabei das Verhältnis zwischen dem wirtschaftlichen Nutzen von Produktionssystemen und der damit einhergehenden Nutzung der Natur. Bei einer hohen Ökoeffizienz bleiben die Umweltkosten gering. Da die ökonomische Bewertung von landwirtschaftlichen Umweltwirkungen schwierig ist, wird in dieser Arbeit ein Ansatz eingeführt und in Teilbereichen beschrieben. Diese verwendet statt einer absoluten Größe den statistischen Rang in der Verteilung bewerteter Größen. Aus der Gegenüberstellung von Rängen entwickelt sich eine Methode zur Klassifikation der Ökoeffizienz in fünf Stufen. Diese sind ökoeffizient, nicht ökoeffizient, ökologisch orientiert, ökonomisch orientiert und neutral. Nach einer Darstellung der verwendeten Modelle und der Diskussion verschiedener Herausforderungen werden erste Ergebnisse eines für Österreich repräsentativen Datensatzes von 177 Milchviehbetrieben analysiert. Für die zwei Zielfunktionen der Nahrungsproduktion bzw. der Landbewirtschaftung werden die Anteile der fünf Stufen der Ökoeffizienz gezeigt und der duale Grad der Zielerreichung beider Ziele dargestellt. Abschließend wird für die konventionelle Landwirtschaft ein Paradigmenwechsel in Richtung einer standortgerechten Landwirtschaft empfohlen.

Schlagwörter: Nachhaltigkeit, Ökoeffizienz, Methodenentwicklung, FarmLife, Standortgerechte Landwirtschaft

### Summary

In their progress, species are in an evolutionary continuous struggle for resources. The sustainability concept can be seen as competition rules for a long-term coexistence of species. Thereby, eco-efficiency evaluates the relationship between the economic benefit of production systems and an accompanying exploitation of nature. High eco-efficiency guarantees low costs for environment. Because an economic evaluation of environmental impacts from agriculture turns out to be quite difficult, in this paper, an approach is introduced, being described in some sections. Instead of an absolute value, in this approach, the statistical rank in the distribution of evaluated values is used. From the comparison of values, a method for classification of eco-efficiency in five levels is developed. These are: eco-efficient, not eco-efficient, ecologically oriented, economically oriented and neutral. After a presentation of the utilised models and the discussion of different challenges, first results of a data set – being representative for Austria – from 177 dairy farms are analysed. For the two target functions of food production and land cultivation, the proportions of the five levels of eco-efficiency are shown and the dual degree of attainment in terms of both targets is outlined. Finally, a

<sup>1</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Institut für Tier, Technik und Umwelt, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

\* Ansprechpartner: Dr. Thomas Guggenberger, email: thomas.guggenberger@raumberg-gumpenstein.at

paradigm shift is recommended for common agriculture in the direction of site adapted farming.

Keywords: sustainability, eco-efficiency, method development, FarmLife, site adapted farming

## Lesenswerte Meilensteine zur Definition des Nachhaltigkeitsbegriffes.

*The origin of species*: Die Veränderung von Individuen und ihren Gesellschaften ist mit den Bedingungen des Lebensraums verbunden (DARWIN 1860). *Island life*: Zugleich gestalten Individuen ihren Lebensraum und tun dies auch zu ihrem Nachteil (WALLACE 1880, WINIWARTER und BORK 2015). Dieses Gegenspiel von Ökonomie und Ökologie, vorgelegt von den Urvätern der Evolutionstheorie wurde etwa 100 Jahre später von Meadows in *The Limits of Growth* erneut aufgegriffen (MEADOWS et al. 2004, MEADOWS et al. 1972). Meadows zeigt 1972 in Simulationen die Beziehung zwischen Wirtschaftswachstum, dem dafür notwendigen Ressourcenverbrauch und der Entwicklung der Weltbevölkerung. Alle nicht regulierten Entwicklungen zeigen dabei, dass die Störungen der natürlichen Lebensgemeinschaften schon in den kommenden Jahrzehnten auch zu Störungen in der menschlichen Population führen werden. 2004 resümiert die Gruppe: Eine nachhaltige Wirtschaftsentwicklung ist ohne regulierenden Schutz der zugrundeliegenden Systeme nicht möglich! Die internationale Gemeinschaft zum Schutz der Natur hat im Jahr 1980 mit der *World Conservation Strategy* die Ausführungen von Meadows ausgeweitet (IUCN 1980). Das Ziel der Strategie ist eine nachhaltige Nutzbarkeit der natürlichen Ressourcen zur Sicherstellung der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft. Der dreiteilige Umsetzungspfad beginnt dabei bei einer Erklärung der Zusammenhänge und Ziele, führt dann zur Identifikation der wichtigsten Bereiche und Themen und empfiehlt abschließend effektive Umsetzungsmöglichkeiten. Im ersten Teil werden Aspekte wie Bodenschutz, Kreislaufwirtschaft der Nährstoffe, Wasserschutz, Schutz der genetischen Vielfalt von landwirtschaftlichen Nutztieren und Kulturpflanzen sowie der allgemeine Schutz der Artenvielfalt gefordert. Alle Gedankenströme ab 1860 werden schließlich im Strategiepapier *Our common future* gebündelt (UNITED NATION - World Commission on Environment and Development 1987). Die lang diskutierte Beziehung zwischen Wirtschaft und Umwelt wurde durch die Erfahrungen der großen Kriege um den Aspekt der sozialen Gemeinschaft erweitert. Der Begriff der Nachhaltigkeit wurde in einer Vereinbarung der Vereinten Nationen festgeschrieben und später in Nachhaltigkeitszielen verfeinert (UNITED NATIONS 2012). Nachhaltigkeit beschreibt nach der Grunddefinition die Beziehung zwischen dem Wirtschaftswachstum, der ökologischen Stabilität und den sozialen Prozessen. Dieser ist universell für alle Sektoren anwendbar, gerät aber im Hinblick auf die Gewichtung der Einzelbegriffe gelegentlich in Kritik (OTT und DÖRINGER 2008).

## Ökoeffizienz als Teilbereich der Nachhaltigkeitsbewertung

Auch wenn es im Alltag genügt die Nachhaltigkeit über ihre drei Eckpunkte zu beschreiben, so empfiehlt sich doch für einen vertieften Zugang die Wahrnehmung des Begriffes als eine Funktion mit den drei Wirkungsgrößen Ökologie, Ökonomie und Soziales. Immer werden bei sektoralen Entscheidungen diese drei Größen anteilig in das Gesamtergebnis der Nachhaltigkeit einfließen. Dies trifft wegen der starken Wechselwirkungen, vorausgesetzt wird eine lange Beobachtungszeit, vermutlich sogar zu, wenn

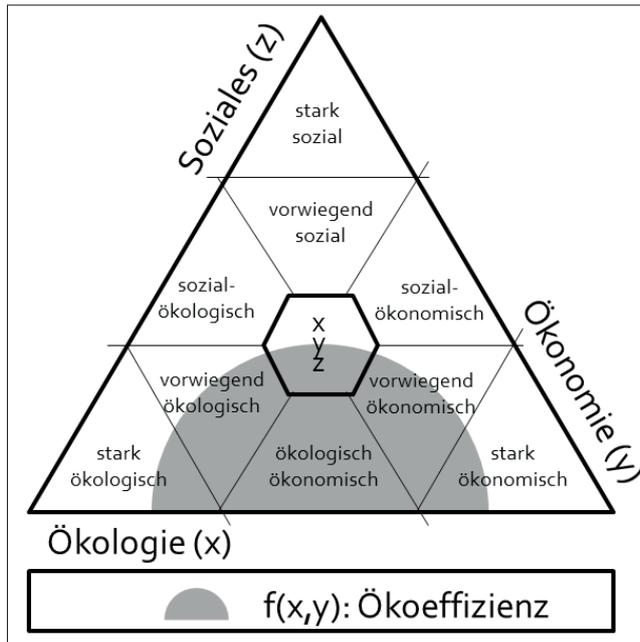


Abbildung 1: Ökoeffizienz als Teil der Nachhaltigkeitsbewertung nach KLEINE, 2008

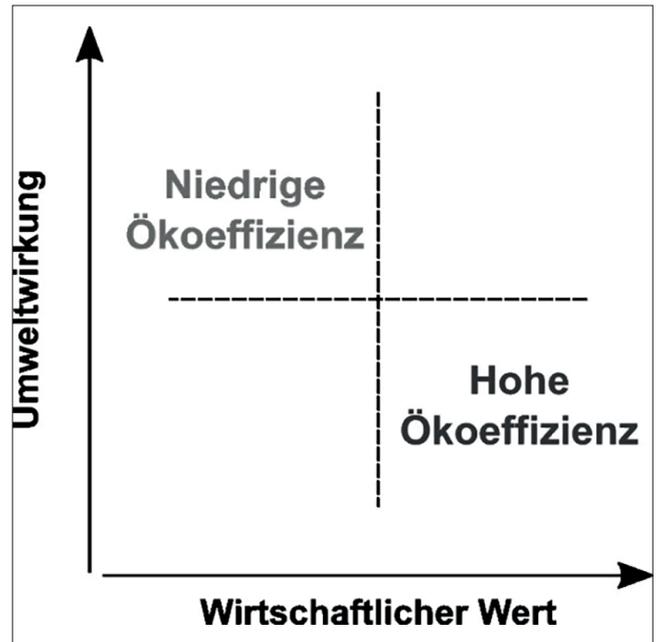


Abbildung 2: Grad der Ökoeffizienz nach HERNDL, 2017

eine Größe bewusst vernachlässigt wird. Beispielskette Bauernhof: Ohne Fruchtbarkeit (*Ökologie*) kein Ertrag in der Tierhaltung und am Feld, ohne Ertrag kein Einkommen (*Ökonomie*), ohne Einkommen keine bäuerliche Familie (*Soziales*). Ohne Freude an den ökologischen Grundlagen keine gesellschaftliche Wertschätzung. Ohne gesellschaftliche Wertschätzung keine Partnerschaft, ohne Partnerschaft keine bäuerliche Familie. Und so weiter. *Abbildung 1* zeigt eine Vereinfachung der funktionalen Beziehung der Nachhaltigkeitsbewertung durch die Einführung von kleinen Teilflächen mit einer individuellen Prägung, *Abbildung 2* zeigt die direkte Beziehung zwischen wirtschaftlichem Wert und der Wirkung einer landwirtschaftlichen Produktion auf die Umwelt.

Ökoeffizienz  $f(x,y)$  bewertet also die Beziehung zwischen Ökologie ( $x$ ) und Ökonomie ( $y$ ) im Kontext der Nachhaltigkeitsbewertung. In *Abbildung 1* spannt sich diese Beziehung je nach Wirkungsanteil der beiden Komponenten noch unscharf von stark ökologisch bis stark ökonomisch. Bei geringen sozialen Anteilen verbleibt die Bewertung im grau hinterlegten Bereich. Das Konzept der Ökoeffizienz, wie in *Abbildung 2* dargestellt, wird klarer. Ökoeffizienz wird im internationalen Kontext nach Formel 1 bewertet.

Formel 1: Ökoeffizienz, allgemeiner Ansatz (DeSIMONE et al. 2000, LEHNI et al. 2000)

$$\text{Ökoeffizienz} = \frac{\text{Wirtschaftlicher Wert eines Produktes oder Dienstleistung}}{\text{Umweltwirkungen nach dem Konzept der LCA}}$$

Voraussetzung für die Einstufung des Quotienten in der Formel ist eine vergleichbare Einheit bei Dividend und Divisor. Der wirtschaftliche Wert wird immer ein Erlös, ausgedrückt in der nationalen Währung sein, die Umweltwirkungen müssen erst in eine Kostengröße transformiert werden.

Die Ökoeffizienz ist zusammenfassend jene Wirtschaftsleistung, die zum Preis von einer Umweltwirkung erzeugt werden kann.

## Von der Schwierigkeit der ökonomischen Bewertung von Umweltwirkungen

Was formal sehr einfach aussieht, stößt in der Praxis auf Bewertungsprobleme. Die Literatur und Methodensuche im europäischen Raum führt für industrielle oder gesamtgesellschaftliche Themen zu unterschiedlichen Modellansätzen und Kosten (z.B. EcoSence für gasförmige Emissionen usw.). Gesellschaftlich verhandelt sind diese allerdings nicht. Das Deutsche Umweltbundesamt hat kürzlich mit der *Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten* ein Werk vorgelegt, das sowohl einen methodischen Ansatz, als auch eine Kostentabelle enthält (BÜNGER und MATTHEY 2018, MATTHEY und BÜNGER 2019). Die Kosten für die Emission von Treibhausgasen werden in dieser Arbeit mit einem Wert zwischen 180 und 640 €/t CO<sub>2</sub>-Äquivalente angegeben. Die durch Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>) erzeugten Gesundheitsschäden werden mit 58.400 €/t PM<sub>2,5</sub> bewertet. Störungen der Nachtruhe über 75 dB durch Fluglärm wurden mit 656 €/Person/a angesetzt. Für landwirtschaftliche Umweltwirkungen wie etwa die Eutrophierung wurde kaum Verwertbares gefunden. Für besondere Aspekte wie Tierwohl, Bodenqualität oder Biodiversität wird es wohl nie Konsens zur Kostenfrage geben. Im Sinne der Rechtsprechung müsste etwa für eine ausgestorbenen Art ein Wiederbeschaffungswert angesetzt werden. Dieser kann nur unendlich hoch sein. Um nicht schon im Grundsatz zu scheitern, benötigen wir alternative Ansätze.

## Alternativer Bewertungsansatz für Produktionssysteme

Ein Beispiel für eine solche Alternative zeigt die Arbeit *Öko-Effizienz im Zuckerrübenanbau* (FUCHS 2009). Als Ertragsgröße wird hier der bereinigte Zuckerertrag (BZE) verwendet, die Umweltbewertung wird durch einen Gesamt-Effizienzindex dargestellt. Dieser Index besteht aus der Summe von vier gleich wichtigen Einzelbewertungen (Energieinput GJ/ha, Düngung kg N/ha, Pflanzenschutz Behandlungsindex, Materialabfuhr bei der Ernte t ha). Im Betriebsmanagement-Werkzeug FarmLife der Forschungsgruppe Ökoeffizienz der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Forschungsgruppe Ökoeffizienz HBLFA 2015, HERNDL et al. 2016) wird der in Formel 2 dargestellte, alternative Ansatz gewählt, um für einheitliche Produktionssysteme zu einem Bewertungsergebnis zu kommen. Wir nennen diese Methode *Rangbezogene Ökoeffizienz*.

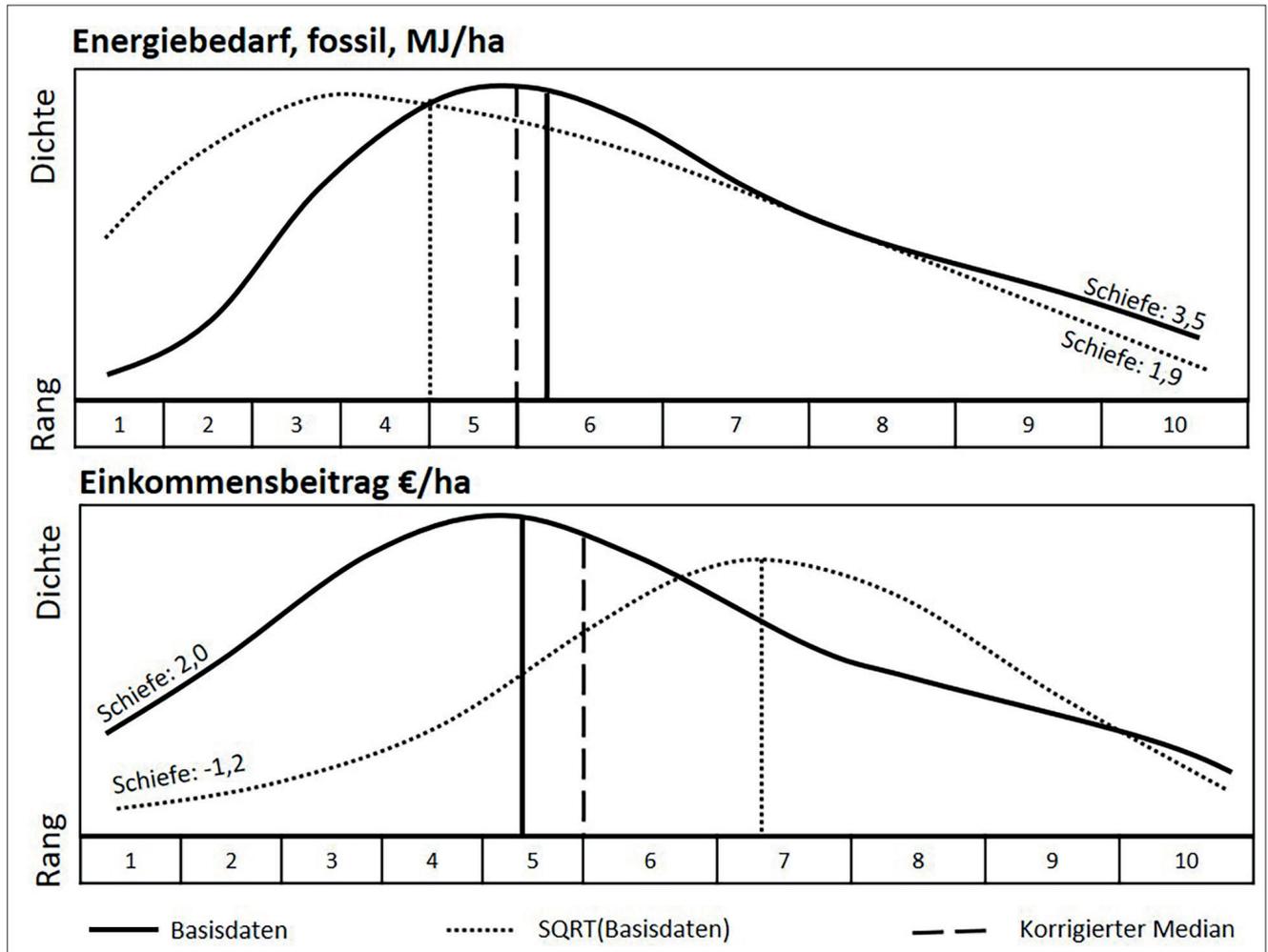
Formel 2: Ökoeffizienz, relativer Ansatz

$$\text{Ökoeffizienz} = \frac{\text{Rang des wirtschaftlichen Ergebnisses der Betriebe}}{\text{Rang der einzelnen Umweltwirkungen (LCA + sonstige)}}$$

Die Herausforderung für die Umsetzung von Formel 2 ist die Umwandlung von stetigen Daten in einen Rang. Dieser Normalisierungsschritt ist zwar grundlegend einfach, trifft aber in der Praxis auf verschiedene Datenverteilungen. Folgende Methode wird derzeit in FarmLife für jedes Ergebnis individuell zur Anwendung gebracht:

1. Korrektur der untersten und obersten 5 % in der sortierten Datenverteilung und Festlegung des Beobachtungsintervalls [5,95].
2. Bestimmung der Schiefe der Verteilung und allfällige Transformation von links/rechtsschiefen Verteilungen.
3. Bestimmung des Median in der transformierten Verteilung und Re-Transformationen des Wertes.
4. Festlegung von Klassenbreiten für die jeweiligen Medianhälften.

*Abbildung 3* zeigt die einzelnen Teilbereiche. Als exemplarischer Datensatz dient das aufsteigend sortierte Ergebnis des fossilen Energieeinsatzes in der Landwirtschaft aus der Lebenszyklusanalyse von FarmLife. Der Wert wird in der Abbildung auf die Betriebs-



fläche normiert und kann somit als Energiebedarf, fossil, MJ/ha verwendet werden. Im Datensatz werden die Einzelwerte der unteren bzw. oberen 5 % der geordneten Werte mit den Randwerten ersetzt. Diese Maßnahme verhindert eine fehlerhafte Interpretation der Schiefe der Verteilung durch Ausreißer (ESSL 1987). Die Prüfung der Schiefe ergibt im Beispiel mit einem Wert von 3,5 eine leicht rechtsschiefe Verteilung (durchgängige Linie) die durch das Ziehen der Quadratwurzel der Werte transformiert wird (gepunktete Linie). Im neuen Datensatz wird der Median ermittelt und durch Quadrieren wieder in den originalen Datenraum übertragen (gestrichelte Linie). Nun kann der Datensatz in zwei Teilbereiche mit gleich vielen Entitäten, wir verwenden derzeit für Milchviehbetriebe 10 Stufen, unterteilt werden. Später werden wir aus den Teilbereichen eine praxisnahe Interpretation der Werte ableiten (Bewirtschaftungsklassen). Die Breite der Klassen in den Bereichen unterscheidet sich je nach Verteilungsart deutlich. Grob kann gesagt werden, dass Querschnittsthemen (Energie, Nährstoffe, Geldgrößen) annähernd normalverteilt sind, während programmspezifische Aspekte dazu führen, dass die Verteilung in der Regel rechtsschief wird. Derselbe Ansatz wird auch für Einkommensbeiträge der Produktion für die bäuerlichen Betriebe verwendet.

Mit Formel 2 kann aus der Paarung eines ökonomischen Ranges mit einer Umweltwirkung ganz einfach ein Wert für die Ökoeffizienz berechnet werden. Dieser liegt bei einer Klassenanzahl von 10 im Intervall (0,1, 10). Schwieriger ist zweifelsohne eine qualitative Bewertung dieses Ergebnisses. In Stufe I, *Abbildung 4* wird dafür ein neutraler Bereich rund um den Wert 1 (>0,8 <1,25) geschaffen. Die Breite des neutralen Bereiches wurde hier so gewählt, dass sich 28 % der Fläche im neutralen Bereich befinden. Ober bzw. unter

Abbildung 3: Teil I, Transformation von stetigen Daten in Klassen mit individuellem Rang

der neutralen Zone kommen nun Bereiche zu liegen in denen der Rang der Wirtschaftlichkeit die Umweltwirkungen wechselweise über- bzw. untertrifft. In Stufe II wird eine Verfeinerung für den neutralen Bereich vorgenommen. Zwar liegt das Ergebnis immer um 1, aber die Intensität der Stoffflüsse lässt sich schon unterscheiden. Im Bereich mit niedrigen Rängen trifft eine geringe Produktionsintensität auf einen geringen Wirtschaftswert. Gegenüber trifft ein intensiver Stoffumsatz auf eine hohe Wirtschaftsleistung. Dazwischen liegt eine neutrale Zone.

In Stufe III werden nun die groben Grundbereiche aus Stufe I mit den Verfeinerungen der Stufe II vereint. Es entsteht eine Bewertungsmatrix mit 5 verschiedenen Möglichkeiten. Betriebe mit tendenziell geringen Umweltwirkungen können nun *ökoeffizient* bis *ökologisch* orientiert sein, Betriebe mit hohen Umweltwirkungen sind *nicht ökoeffizient* bis *ökonomisch* orientiert. Dazwischen liegt eine neutrale Zone. In IV wird das Ergebnis graphisch so verfeinert, dass der räumliche Grenzabstand für die Extremwerte der ökoeffizienten bzw. nicht ökoeffizienten Klasse immer gleich ist. Dies führt außerdem dazu,

Abbildung 4: Teil II, Gegenüberstellung der Klassen und Bewertung des Grades der Ökoeffizienz

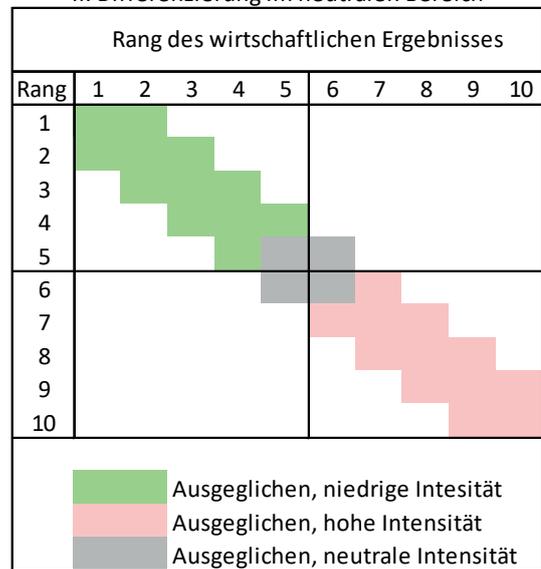
### I. Rangbildung

		Rang des wirtschaftlichen Ergebnisses auf dem Betrieb										
		Rang	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rang der Umweltwirkung aus der LCA	1	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	
	2	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	
	3	0,33	0,67	1,00	1,33	1,67	2,00	2,33	2,67	3,00	3,33	
	4	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	
	5	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	
	6	0,17	0,33	0,50	0,67	0,83	1,00	1,17	1,33	1,50	1,67	
	7	0,14	0,29	0,43	0,57	0,71	0,86	1,00	1,14	1,29	1,43	
	8	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25	
	9	0,11	0,22	0,33	0,44	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	
	10	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	

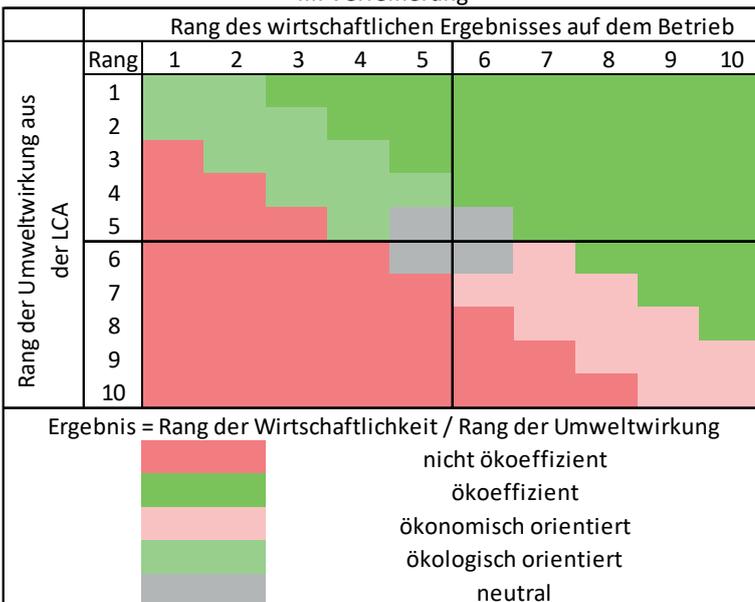
Ergebnis = Rang der Wirtschaftlichkeit / Rang der Umweltwirkung

- $\leq 0,8$  Umweltwirkungen  $\uparrow$  Wirtschaftlichkeit  $\downarrow$
- $\geq 1,25$  Umweltwirkungen  $\downarrow$  Wirtschaftlichkeit  $\uparrow$
- $> 0,8 < 1,25$  Umweltwirkung  $\sim$  Wirtschaftserfolg

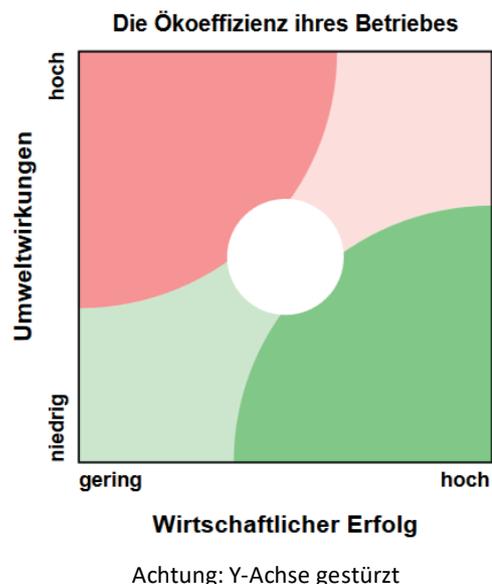
### II. Differenzierung im neutralen Bereich



### III. Verfeinerung



### IV. Praktische Umsetzung in FarmLife



dass nun der Zwischenbereich auf rund 1/3 angewachsen ist. IV ist die Grundmatrix für die Bewertung aller Ergebnisse in FarmLife.

## Auf die Bezugsgröße kommt es an!

Die in *Abbildung 3* gezeigten Werte (Fossiler Energieverbrauch bzw. Einkommensbeitrag) wurden zur Rangbildung auf den Referenzwert der Betriebsfläche normiert. Die verwendete Bezugsgröße nennen wir in Anlehnung an die Methodenvorschrift der Ökobilanzierung *Funktionelle Einheit* (KLÖPFFER und GRAHL 2007). Wie keine andere Entscheidung beeinflusst diese Größe das Ergebnis und deren Interpretation (GUGGENBERGER und HERNDL 2017). Ob man ein Ergebnis dem Produktionssystem oder dem Produkt zuordnet, macht vor allem in den Extrembereichen einen großen Unterschied. Mutterkuhhaltung ist auf der Fläche ein äußerst schonendes Produktionsverfahren, die unvermeidlichen Verluste aggregieren sich aber in einer geringen Produktmenge. Umgekehrt kann eine erfolgreiche, intensive Milchproduktion einen Liter Milch zu geringen Umweltkosten herstellen. Auf den Betriebsflächen aggregieren sich im Jahresverlauf aber alle Umweltwirkungen, ungeachtet ob es sich um direkte Emissionen (z.B. Nitratauswaschung, Ammoniakemissionen, ...) oder Vorleistungen handelt. Die Forschungsgruppe Ökoeffizienz der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ist deshalb zu dem Schluss gekommen, dass immer beide Bezugsgrößen als funktionelle Einheit verwendet werden müssen.

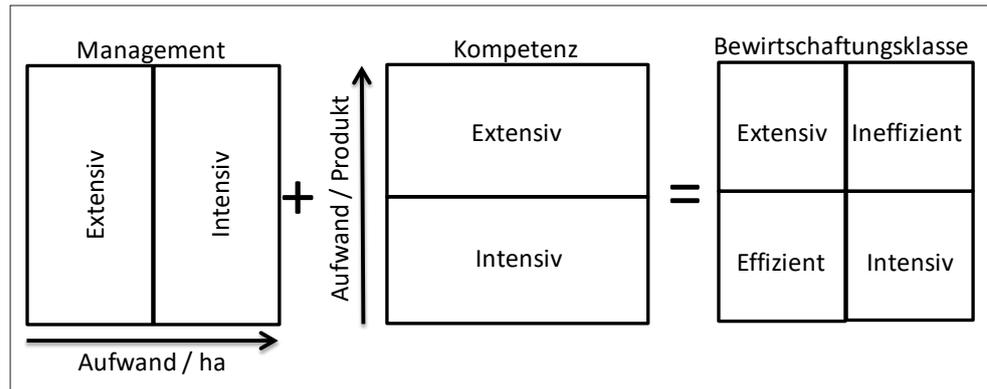
Lebensmittel als Endprodukt der Landwirtschaft sind untrennbar mit dem Produktionssystem verbunden. Umweltbewertungen müssen deshalb das Produkt (Nahrungserzeugung) und den Betrieb (Landbewirtschaftung) gleichzeitig darstellen. Die breitere Betrachtung führt zu einer Steigerung in der Prozessqualität, die eine Achtsamkeit bei der Wahl der Betriebsmittel bei gleichzeitiger natürlicher Effizienzoptimierung fördert.

## Bewirtschaftungsklassen als zweidimensionale Betriebsbeschreibung

Der gestellten Forderung kann durch die Einführung eines zweidimensionalen Bewertungssystems Rechnung getragen werden. In jeder Dimension werden Aufwand aber auch Ertragsgrößen einmal auf die Betriebsfläche (pro ha) und einmal auf die Produktionsmenge (MJ Nahrungsenergie, kg Fleisch, Liter Milch, ...) aufgeteilt. Durch die Verschneidung, siehe dazu *Abbildung 5*, entstehen vier Quadranten, die auch in der Beratung sehr unterschiedlich behandelt werden können. Das kann als echte Chance wahrgenommen werden. Die Grenzen für die Quadranten entsprechen den Medianwerten bei der Rangbildung. Wir bezeichnen die Quadranten als Bewirtschaftungsklassen. Diese sind:

- **Effizient:** Die Umweltwirkungen pro ha und pro Nahrungseinheit sind gering. Das Produktionssystem hat trotz ansprechender Ertragsleistung an Nahrung nur mit geringen ökologischen Verlustwirkungen zu rechnen.
- **Ineffizient:** Die Umweltwirkungen pro ha und pro Nahrungseinheit sind hoch. Das Produktionssystem bedient sich externer Produktionsmittel und kann diese nur schlecht in Nahrung umsetzen.
- **Intensiv:** Die Umweltwirkungen pro ha sind hoch, jene pro Nahrungseinheit gering. Das Produktionssystem verteilt die Betriebsmittelbelastung der Fläche überdurchschnittlich gut auf die Nahrungsproduktion.
- **Extensiv:** Die Umweltwirkungen pro ha sind gering, jene pro Nahrungseinheit sind hoch. Die an sich geringe Belastung der Fläche trifft auf eine unterdurchschnittliche Nahrungsproduktion.

Abbildung 5: Bewirtschaftungsklassen als zweidimensionales Ergebnis der Bewertung



Die Bewirtschaftungsklassen stehen nicht in direkter Verbindung zur Bewertung der Ökoeffizienz wie in Formel 2 dargestellt, aber sie sind, das hat die eigene Beratungspraxis gezeigt, ein sehr wirkungsvolles Kommunikationskonzept, um die Ergebnisse der Ökoeffizienz in die Betriebsberatung umzusetzen.

## Bewertung der Umweltwirkungen nach dem Konzept der LCA

Ausgehend von einem unberührten Stück Land entstehen unterschiedliche Effekte durch das Handeln des Menschen. Diese Wirkungen müssen nicht zwangsläufig negativ sein (z.B. Terra preta, Artenvielfalt auf extensiven Wiesen). Die Mehrheit an physikalischen, und chemischen Interventionen, aber auch die Zwangsmaßnahmen zur Verschiebung des natürlichen Gefüges sind es doch. Es ist die Aufgabe der Forschungsgruppe Ökoeffizienz der HBLFA Raumberg-Gumpenstein diese Effekte systematisch zu analysieren und methodisch so aufzubereiten, dass eine numerische Bewertung innerhalb eines Referenzrahmens möglich wird. Diese Aufgabe ist in ihrer Erfüllung weit fortgeschritten und wird technisch mit dem Betriebsmanagement-Tool FarmLife abgebildet (HERNDL et al. 2016). Besondere Bedeutung hat dabei das Basiskonzept der Lebenszyklusanalyse, das die direkt am Betrieb entstehenden Umweltwirkungen (z.B.  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ , N bzw. P-Verluste, ...) mit den Wirkungen der Vorleistung (z.B. Ressourcenverbrauch, THG, ...) nach den strengen Regeln der ISO-Normen 14040/14044 vereint (FINKBEINER et al. 2006). Die mögliche Liste von Umweltwirkungen ist lang, eine Auswahl von Referenzwirkungen liegt aber vor (BYSTRICKY et al. 2015). Wir verwenden derzeit:

- Bedarf an nicht erneuerbarer Energie (MJ-Äquivalente): Beschreibt die betriebliche Abhängigkeit im Hinblick auf Infrastruktur, Kraftstoff und den mit fossilem Energieeinsatz hergestellten zugekauften Betriebsmitteln.
- Treibhauspotenzial 100 Jahre (kg  $\text{CO}_2$  Äquivalente): Beschreibt die Freisetzung der verschiedenen Treibhausgase aus dem landwirtschaftlichen Betrieb und deren Wirkungsstärke für den Treibhauseffekt.
- Aquatische Eutrophierung N (kg): Hier kurz als Eutrophierung N bezeichnet, beschreibt die Verluste von Stickstoff in das Grund- oder Oberflächenwasser.
- Aquatische Eutrophierung P (kg): Hier kurz als Eutrophierung P bezeichnet, beschreibt vor allem die Erosion von landwirtschaftlichen Böden in das Oberflächenwasser.
- Terrestrische Ökotoxizität Schwermetalle (kg): Hier kurz als Schwermetalle Boden bezeichnet, beschreibt den direkten Eintrag von Schwermetallen über die Betriebsmittel (vorwiegend Dünger) und die Schwermetallbelastung der Infrastruktur.
- Terrestrische Ökotoxizität Pestizide (kg): Wirkung der Pestizide auf den Boden.

- Ressourcenbedarf Phosphor (kg): Hier als Phosphorverbrauch dargestellt, zeigt diese Umweltwirkung die Abhängigkeit zur knappen Ressource des mineralischen Phosphors.
- Landverbrauch (m<sup>2</sup>): Beschreibt die Beziehung der Produktion zur notwendigen Referenzfläche. Eingerechnet sind die eigenen Flächen, und jene Fläche, die notwendig ist, um die zugekauften Betriebsmittel zu erzeugen.

## Bewertung sonstiger (Umwelt) Wirkungen in spezifischen Modellen

Nicht immer kann die Beziehung zwischen dem bäuerlichen Handeln und der Umwelt mit etablierten Schemata der LCA abgebildet werden. Ein aktuelles Beispiel dafür ist die Bewertung einer artgerechten Tierhaltung. Tierwohl, das ist der gegenwärtig gängige Ausdruck für diese breite Öffentlichkeit, beschreibt das Wohlbefinden des landwirtschaftlichen Nutztieres. Da der Grad des Wohlbefindens nicht direkt vom Tier übermittelt werden kann, benötigt die Bewertung ein Modell mit möglichst breiter Interpretationsbasis. FarmLife-WF (OFNER-SCHRÖCK et al. 2019) erfasst und bewertet dafür die technische Haltungsumgebung und das Management dieser Umgebung durch den Betrieb als Tierwohlpotenzial im weiteren Sinn und vereint dies mit einer Bewertung des Einzeltieres (Sauberkeit, Verletzungen, Ernährung, ...) als Tierwohlpotenzial im engeren Sinn. Das Ergebnis der Bewertung kann nach der vorgestellten Methode wieder in einen Rang umgewandelt und mit den Ergebnissen der LCA vereint werden. Dies gilt auch für die noch ausstehende Bewertung der Biodiversität.

## Bewertung von wirtschaftlichen Ergebnissen

Den Wert des Dividenden, das ist in Formel 2 der wirtschaftliche Wert, orientiert sich an der Methode der Vollkostenrechnung gemäß dem österreichischen Schema für die Landwirtschaft (HEIGL et al. 2018, HUNGER et al. 2006). Gemeinsam mit den Mengenströmen für die LCA erfasst FarmLife die Erlös-/Kostenströme. Eine Buchhaltung wird nicht erstellt, allerdings liegen viele für die LCA ohnehin notwendigen Schritte (Mehr-Minderwert, Abgrenzung, Allokation, ...) ganz nahe an den ökonomischen Grundregeln. Eine direkte Überführung ist möglich (FRITZ et al. 2020). Für die Bewertung der Ökoeffizienz wurde, wie auch im Schema der Kostenrechnung enthalten, die Zwischenstufe der Beiträge zu den Einkünften zzgl. der Sozialversicherungsbeiträge herausgegriffen. Dieser kurz als Einkommensbeitrag bezeichnete Wert berücksichtigt alle Kosten und Leistungen der Produktion, sowie die Kosten für die zugekauften Faktoren Arbeitskraft und Landnutzung.

## Herausforderungen die sich bei der Bewertung grundlegend ergeben

Die hier vorgestellte Ökoeffizienzbewertung hat sich vier Herausforderungen zu stellen. Diese sind:

1. Die Verfügbarkeit geeigneter Modelle und deren praktische Anwendung: Diese Aufgabe ist mit FarmLife weitgehend gelöst. Das Gesamtkonzept wurde einer Sensitivitätsanalyse unterzogen und zeigt sich als robustes Werkzeug. Der größere Teil des bisherigen Beitrages beschreibt diese Herausforderung.
2. Die Auswahl geeigneter Kennwerte zur Bestimmung der wichtigsten Einflussgrößen: Die Liste möglicher Umweltwirkungen ist lang. Im Bereich der LCA lassen sich aber sehr starke Korrelationen zwischen Gruppen finden (NEMECEK et al. 2005). Diese Maßnahme ermöglicht eine deutliche Reduktion der Kandidaten für eine gemeinsame

Bewertung der Ökoeffizienz. Auch hier liegt viel Erfahrung und ein hoher fachlicher Konsens vor.

3. Die Gewichtung der ausgewählten Größen: Die verbliebene Liste an Kennwerten muss für die Bildung eines Gesamtergebnisses gewichtet werden. Diese Aufgabe ist fordernd und kann auf zumindest zwei Arten umgesetzt werden:
  - a. Boolesche Entscheidung: Die Auswahl von Kennwerten wurde so stark auf Teilbereiche eingeschränkt, dass sich nur mehr eine Ja/Nein-Entscheidung für den gesamten Bereich ergibt. Damit erhalten alle verbliebenen Kennwerte in der Gesamtbewertung das gleiche Gewicht. Diese Methode wird von FarmLife derzeit umgesetzt. An einer Vertiefung in Richtung von b wird gearbeitet.
  - b. Distance to target: Die möglichen Kennwerte orientieren sich an einem Referenzsystem. Dieses stellt zusätzlich eine Zielgröße zur Verfügung. Das Gewicht eines einzelnen Kennwertes kann in Beziehung zur Zielerreichung gesetzt werden. Möglich ist etwa ein höheres Gewicht bei einer noch hohen Abweichung.
4. Die homogene Abgrenzung von Betriebsnetzen: Die Methode der Rangbildung erfordert weitgehend homogene Betriebsnetze. Diese Forderung ist in der Vielfalt von Betriebszweigen auf landwirtschaftlichen Betrieben nicht leicht einzuhalten. Zumindest unterstützt die Absenz von nicht landwirtschaftlichen Aktivitäten (Forstwirtschaft, Urlaub am Bauernhof, Direktvermarktung, andere gewerbliche Aktivitäten) die Einhaltung dieses Punktes. Eine schärfere Abgrenzung als bisher kann erst bei hohen Fallzahlen umgesetzt werden.

## Ökoeffizienz auf 177 ausgewählten Milchviehbetrieben in Österreich

Unter Berücksichtigung von allen angeführten Aspekten wurden 177 FarmLife-Betriebe mit einem deutlichen Schwerpunkt in der Milchwirtschaft ausgewählt. Diese Betriebe sind mit Ausnahme von Tirol und Vorarlberg gut im österreichischen Produktionsgebiet der Milchwirtschaft verteilt. 87 Betriebe werden in konventioneller, 90 Betriebe in biologischer Wirtschaftsweise bewirtschaftet. Rund 2/3 der Daten wurden in der Zeitspanne 2017-2019 erfasst, im aktuellen Intervall 2020-2021 wird die Anzahl der Untersuchungsbetriebe voraussichtlich verdoppelt. Die Eckdaten des Betriebsnetzes werden in *Tabelle 1* dargestellt. Der breit gestreute Datensatz deckt den Kernbereich der Milchwirtschaft in Österreich ab. Die Jahresmilchleistung der Kühe im Datensatz liegt mit 6.740 kg ECM

Tabelle 1: Eckdaten aus dem Betriebsnetz Milchviehbetriebe in FarmLife

Parameter	Einheit	Mittelwert	Std.
Anteil biologische Betriebe	%	51	-
Betriebsfläche	ha	31,0	16,8
High Nature Value Farmland	%	25,3	24,6
Pflanzenbaulicher Ertrag	kg T/ha	7.121,0	2.215,9
Tierbesatz	GVE/ha	1,43	0,52
Anteil Kühe	%	61,9	15,3
N-Düngung	kg N/ha	88,4	27,8
Milchleistung	kg ECM/Kuh	6.740,4	3.737,0
Milchleistung	kg ECM/ha	6.076,0	2.308,9
Anteil Grundfutter in der Jahresration	%	85,4	12,0
Autarkie Gesamtfutter	%	80,5	18,4
Nahrungsleistung (Energie)	Personen/ha	4,15	2,23

um 364 kg unter der durchschnittlichen nationalen Milchleistung und um 984 kg unter dem nationalen Mittel der Milchleistungskontrolle 2018 (BMNT 2019). Der Tierbesatz liegt mit einem Wert von 1,43 GVE/ha um rund 25 % über dem Mittel aller tierhaltenden Betriebe im anspruchsberechtigten AZ-Gebiet von Österreich (GUGGENBERGER 2019). Die Betriebsfläche liegt um 7,4 ha über dem Schnitt in der gleichen Grundgesamtheit.

Der Referenzdatensatz für Aussagen zur Milchwirtschaft entspricht gut dem nationalen Schnitt. Zwar geben die Kühe etwas weniger Milch, dafür sind die Betriebe etwas größer und haben einen höheren Tierbesatz.

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse wie sie im Arbeitsprozess von FarmLife entstehen (Forschungsgruppe Ökoeffizienz HBLFA 2015) und wie sie für die Bewertung der Ökoeffizienz benötigt werden. In Erinnerung an die methodischen Erklärungen im vorherigen Kapitel wird hier erst einmal der Median als Trenngröße für die Werte angegeben. Dazu kommt eine Information über die Symmetrie der oberen zur unteren Hälfte. Eine Zahl von 1 würde eine Normalverteilung beschreiben. Wir sehen hier immer Werte die größer als 1 sind. Umweltwirkungen aber auch wirtschaftliche Größen haben also immer eine Wertekonzentration im unteren Bereich (rechtsschiefe Verteilung) mit einer nach oben abnehmenden Anzahl von Werten. Verständlicherweise ist das besonders deutlich bei Kennzahlen, die einer regelbasierten Produktion folgen müssen. Die Regel zur Phosphordüngung bzw. zum Pestizideinsatz auf Biobetrieben teilt den Datensatz besonders deutlich.

Tabelle 2: Eckdaten aus dem Betriebsnetz Milchviehbetriebe in FarmLife

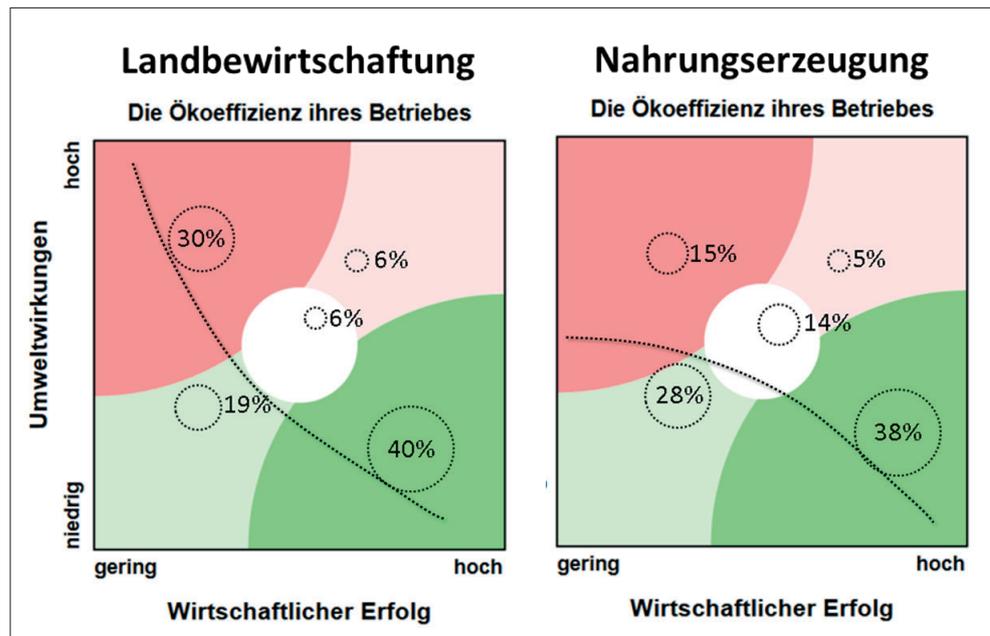
Parameter	Einheit	Median pro		Symmetrie der Verteilung	
		ha	Person*	Werte	SQRT(Werte)
<b>Ressourcenmanagement</b>					
Nicht erneuerbare Energie	MJ eq	27.373,0	7.346,9	4,5	2,1
Treibhauspotenzial (100 Jahre)	kg CO <sub>2</sub> eq	8.947,1	2.480,6	2,5	1,6
Phosphorverbrauch	kg	2,21	0,5	14,4	3,7
Landverbrauch	m <sup>2</sup> a	13.222,6	3.806,8	1,4	1,2
<b>Nährstoffmanagement</b>					
Eutrophierung, N	kg N	28,66	7,89	4,2	2,0
Eutrophierung, P	kg P	0,68	0,19	4,0	2,0
<b>Schadstoffmanagement</b>					
Schwermetalle, Boden	kg 1,4-DB eq	2,01	0,52	17,5	4,2
Pestizide, Boden	kg 1,4-DB eq	1,08	0,22	36,4	6,0
Schwermetalle, Wasser	kg 1,4-DB eq	24,53	6,4	5,2	2,2
Pestizide, Wasser	kg 1,4-DB eq	34,4	6,91	43,8	6,6
<b>Wirtschaftlichkeit</b>					
Direktkosten	€	979,0	261,6	4,6	2,0
Direktleistungen	€	3.093,5	838,9	4,0	2,1
Übrige Vorleistungskosten	€	1.131,4	310,5	3,8	1,9
Gemeinleistungen	€	748,2	222,7	1,7	1,3
Kosten zugekaufte Faktoren	€	356,0	94,6	2,2	1,5
Beitrag zu den Einkünften	€	1.327,4	372,6	2,2	1,5
* für eine ernährte Person wird ein Jahresenergiebedarf von 3.879 MJ (FAO) berechnet					

Auf eine Interpretation der Ergebnisse und deren Einordnung in die nationale bzw. internationale Literatur wird hier bewusst verzichtet. Bedeutender für diese Arbeit ist die Weiterführung des Arbeitsauftrages zur Bewertung der Ökoeffizienz von Milchviehbetrieben. Der geforderte Ansatz sowohl die Landbewirtschaftung als auch die Nahrungserzeugung zu bewerten wird umgesetzt.

Bitte um Beachtung: Alle Folgerungen beziehen sich auf die inneren Zusammenhänge im nationalen Datensatz. Ein Anteil von 51 % an Biobetrieben und die hohen Grundstandards für alle Milchviehbetriebe in Österreich führen dazu, dass wir uns im Vergleich zu anderen OECD-Ländern auf einem umweltverträglichen Niveau befinden. Eine Einbeziehung internationaler Produktionsverfahren würde vermutlich der gesamte nationale Datensatz in Richtung ökoeffizient verschieben.

Die Kreise in *Abbildung 6* verorten den Mittelwert der fünf verschiedenen Beziehungen zwischen Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkungen, wie er aus Formel 2 berechnet werden kann. Das für die Landwirtschaft bedeutende Ziel der Nahrungserzeugung (rechter Teil der Abbildung) zeigt einen interessanten Zusammenhang. Bei einem hohen wirtschaftlichen Erfolg, erzielt durch gute Produktpreise, gesellschaftliche Transferzahlungen und geringen Betriebsmitteleinsatz, bleiben die Umweltwirkungen gering. Sinkt die Wirtschaftlichkeit steigt die Umweltwirkungen an. Der Anstieg der Umweltwirkungen pro Produkteinheit bleibt aber noch in der günstigeren, unteren Hälfte. Die flach auslaufende Kurve zeigt, dass die vermehrt zugekauften Betriebsmittel in höhere Nahrungsmengen umgesetzt wurden. Dass die Betriebsfläche aber nicht im selben Ausmaß mitgewachsen ist, zeigt der linke Teil der Abbildung mit seiner ansteigenden Kurve. Dieser Zusammenhang kann am Beispiel von Kraftfutterzukaufen kurz erklärt werden: Natürlich wird zugekauftes Kraftfutter aus der Sicht der Milcherzeugung gut umgesetzt. Die rechte Kurve zeigt nichts anderes, als dass dies in der extensiven Fütterung besser gelingt als im oberen Leistungsbereiche. Der Zusammenhang der Kraftfuttereffizienz ist vielfach dokumentiert. Die über den Futterzukauf ansteigenden Ausscheidungen führen auf den Betriebe aber zu höheren Umweltwirkungen. Die Düngemengen überschreiten die Möglichkeiten der standortgerechten Nährstoffkreisläufe und mit N-Verlusten ist zu rechnen.

Abbildung 6: Verteilung der Ökoeffizienzklassen in den zwei Zielfunktionen



Daraus ist zu folgern: Die landwirtschaftlichen Produktionskonzepte sind in ihren Zielen auf eine effiziente Nahrungsproduktion ausgerichtet. Dieses Ziel wird erreicht und deshalb bleiben die Umweltwirkungen aus der Sicht einer Produkteinheit gering. Leistungssteigerungen führen auf den Betriebsflächen aber zu einer Konzentration der Umweltwirkungen weil diese offensichtlich unterdurchschnittlich mitgewachsen sind.

Dass die Zielfunktionen der Landbewirtschaftung bzw. der Nahrungserzeugung auf einem Betrieb oft abweichen wurde bereits angesprochen. Wie deutlich dies ist, kann in *Abbildung 7* beobachtet werden. Trotz der vorgenommenen Gruppierung scheint hier nur klar, dass sich die biologischen Betriebe in beiden Zielfunktionen stärker im ökologischen Bereich treffen. Wird nur die konventionelle Landwirtschaft alleine untersucht, zeigt sich dass wir, wie bereits erwähnt, öfter eine Beziehung zwischen günstigen Ergebnissen bei der Nahrungsproduktion zu Lasten der Landbewirtschaftung finden. In beiden Fällen sind aber auch fast alle anderen Kombinationen möglich.

Alle Milchviehbetriebe							
		Nahrungsproduktion (n)					
Landbewirtschaftung (n)		nicht öko-effizienter	ökonomisch orientierter	ausgewogen	ökologisch orientierter	ökoeffizient	Summe
	nicht öko-effizienter	11	3	9	14	16	53
	ökonomisch orientierter		1			9	10
	ausgewogen	1		3		7	11
	ökologisch orientierter	8			22	3	33
	ökoeffizient	7	5	12	13	33	70
	Summe	27	9	24	49	68	177

Abbildung 7: Beziehung zwischen Landbewirtschaftung und Nahrungsproduktion

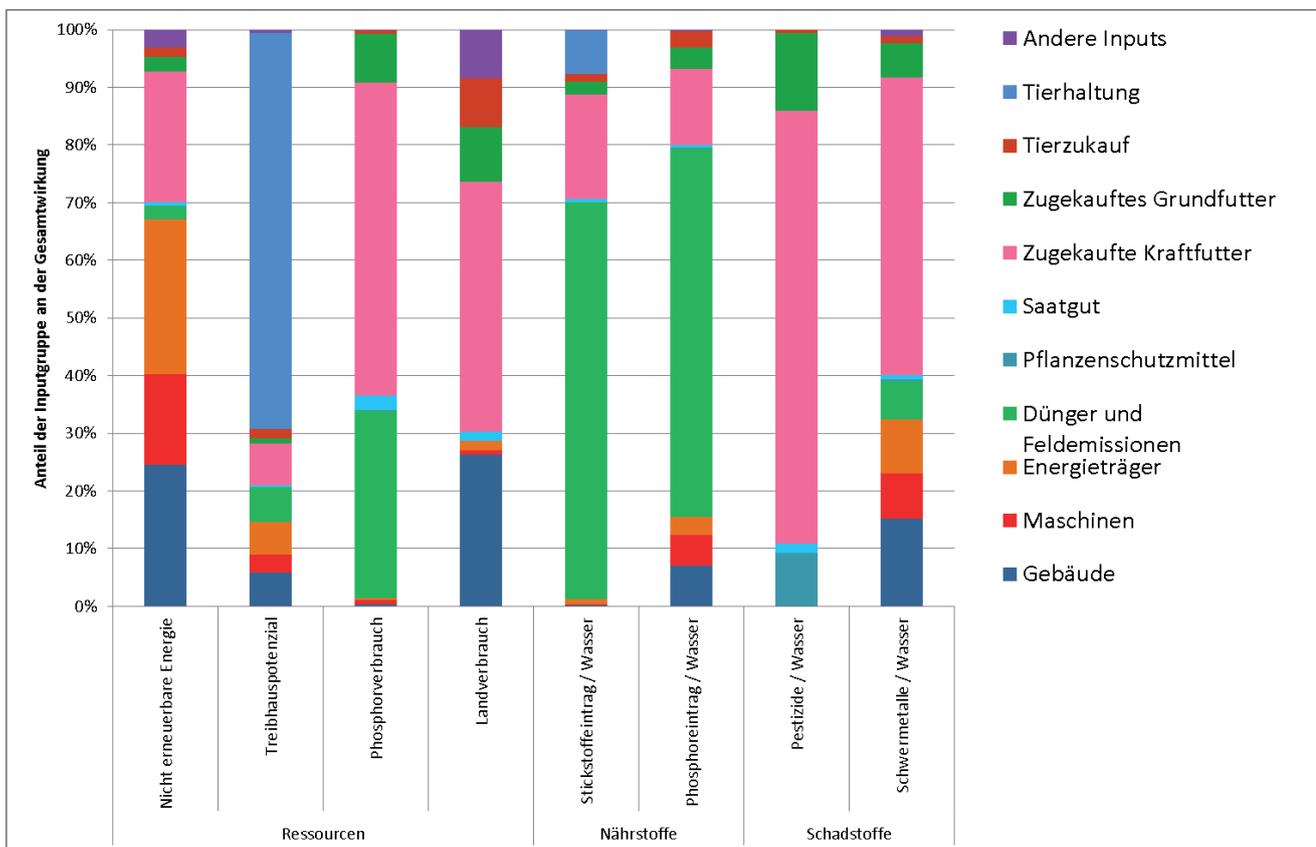
Konventionelle Milchviehbetriebe							
		Nahrungsproduktion (n)					
Landbewirtschaftung (n)		nicht öko-effizienter	ökonomisch orientierter	ausgewogen	ökologisch orientierter	ökoeffizient	Summe
	nicht öko-effizienter	11	3	9	13	16	52
	ökonomisch orientierter		1			9	10
	ausgewogen	1		1		3	5
	ökologisch orientierter	5			6		11
	ökoeffizient		2	1	2	4	9
	Summe	17	6	11	21	32	87

## Der Futtermittelzukauf als Treiber der Unterschiede

Für den Unterschied zwischen der biologischen und konventionellen Landwirtschaft sind vor allem zwei Treiber ausschlaggebend. Diese sind:

1. die aktuelle Konfiguration der Wirkungen für die Bildung des Gesamtranges der Umweltwirkungen des Divisors in Formel 2. Derzeit wird der Gesamtrang durch die Umweltwirkungen fossiler *Energiebedarf*, *Treibhausgaspotenzial*, *N-Eutrophierung* und *Wirkungen von Pestiziden auf den Boden* gebildet. Die ersten drei kommen in beiden Produktionssystemen mit ihrer individuellen Verteilung vor, die Wirkung der Pestizide auf den Boden belastet aber nur die konventionelle Landwirtschaft. Das mag ungerecht erscheinen, eine Weglassung ist im Sinne des Gesamtsystems aber ebenso unmöglich.
2. der Druck der von den Systemen über verschiedene Betriebsmittelmengen aufgebracht wird. In direkter bzw. indirekter Art bestimmen die Kenngrößen der landwirtschaftlichen Kreislaufwirtschaft am Betriebsstandort das Ergebnis der Umweltbewertung. Die zugekauften Futtermittel machen in vielen Bereichen den Unterschied aus. Deren Wirkung ist in *Abbildung 8* direkt sichtbar (rosa, dunkelgrün). Sie versteckt sich über den Tierbesatz oder die Leistung auch maßgeblich in den Emissionen aus den Düngemitteln (hellgrün) oder den Treibhausgasen (hellblau). Vor allem der zweite Schluss der aus diesem Datensatz bereits für die biologische Landwirtschaft getroffen wurde, kann auf den ganzen Datensatz und damit auch auf die konventionelle Landwirtschaft übertragen werden (GUGGENBERGER et al. 2019). Nutze zuallererst die natürlichen Potenziale zur Verbesserung deines Produktionssystems aus!

Abbildung 8: Anteile der Betriebsmittelgruppen auf die Umweltwirkungen



## Empfehlungen und Ausblick

Ungeachtet der Umweltwirkungen erreicht im repräsentativen Testdatensatz nur etwa die Hälfte der konventionellen Betriebe die wirtschaftliche notwendige Zone. Die Produktionssparte erlebt seit dem EU-Beitritt von Österreich über den Milchpreis eine gesellschaftliche Abwertung von rund 1/3 der Wertschöpfung. Eine Abwertung mit der viele Milchviehbetriebe nicht leben wollten oder konnten. Zugleich zeigt die verbleibende Produktionsgemeinschaft den evolutionären Reflex des Wachstums. Dieses Wachstum wird derzeit nicht gesteuert und erhöht den Innendruck im System. Zum schwierigen gesellschaftlichen Standing kommt dadurch noch eine hohe innere Konkurrenz. Die für das Wachstum der konventionellen Landwirtschaft genutzten Maßnahmen stehen oft in Opposition zur gesellschaftlichen Haltung. Sie erzeugen, wie gezeigt wurde, höhere Umweltwirkungen und es fehlen damit die besonderen Alleinstellungsmerkmale um sich von der Konkurrenz, das ist der Weltmarkt, zu unterscheiden. Die biologische Landwirtschaft hat sich vor 30 Jahren für einen alternativen Weg entschieden und kämpft, zumindest derzeit, mit keinem der genannten Probleme. Wenn es der konventionellen Produktionsgemeinschaft, und das schließt den Ackerbau in Österreich mit ein, nicht gelingt die Marktpreise zumindest an die Inflation anzupassen, sehe ich keine Chance auf ökonomischen Fortbestand und prognostiziere die Fortführung der gegenwärtigen, schleichenden Betriebsaufgabe. Die für die Bildung des zukünftigen Marktpreises notwendigen Argumente müssen im Rahmen einer Neupositionierung von der Gemeinschaft der Milchbauern, Molkereien und Verteilermärkte erarbeitet werden. Das Rahmenkonzept einer sich selbst über die natürliche Produktivität der Betriebsstandorte regulierenden Landwirtschaft (Standortgerechte Landwirtschaft) bietet sich dafür an.

## Literatur

BMNT, 2019: Grüner Bericht 2019, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien, 299 S.

BÜRGER, B. und A. MATTHEY, 2018: Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten, Methodische Grundlage, Deutsches Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, 62 S.

BYSTRICKY, M., M. HERNDL und D.U. BAUMGARTNER, 2015: Umweltwirkungen der Projektbetriebe. Abschlusstagung des Projektes FarmLife, Raumberg-Gumpenstein, 41-52.

DARWIN, C., 1860: Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzenreich durch natürliche Züchtung, Erhaltung der vervollkommenen Rassen im Kampfe um's Daseyn. (2. Auflage, deutsche Originalfassung), Schweizerbart'sche Verlagshandlung und Druckerei, Stuttgart, 544 S.

DeSIMONE, L.D, F. POPOFF und WBCSD, 2000: Eco-efficiency: The business link to sustainable development, MIT Press, Cambridge, 308 S.

EßL, A., 1987: Statistische Methoden in der Tierproduktion: eine anwendungsorientierte Einführung, Österr. Agrarverl., Wien, 316 S.

FINKBEINER, M., A. INABA, R.B.H. TAN, K. CHRISTIANSEN und H.J. KLÜPPEL, 2006: The new international standards for life cycle assessment: ISO 14040 and ISO 14044. International J. Life Cycle Assessment 11, 80-85.

Forschungsgruppe Ökoeffizienz HBLFA, 2015: Abschlusstagung des Projektes FarmLife, 22.-23.9.2015. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 63.

FRITZ, C., E. FINOTTI, M. HERNDL und T. GUGGENBERGER, 2020: Methodik der Leistungs-Kosten-Rechnung im Zuge der Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Betriebe in Österreich, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 30 S.

- FUCHS, J., 2009: Öko-Effizienz im Zuckerrübenanbau – Ansatz zur Beschreibung einer nachhaltigen Entwicklung. Fakultät für Agrarwissenschaften, Göttingen, 94 S.
- GUGGENBERGER, T., 2019: Evaluierungsbericht LE 14-20, Wirkung der Ausgleichszahlungen auf die Biodiversität und den Erosionsschutz in Österreich, Antragsjahr 2018, Arbeitspaket G, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 43 S.
- GUGGENBERGER, T. und M. HERNDL, 2017: Bedeutung der funktionellen Einheit für die Ökobilanzierung in der Landwirtschaft. 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Freising, 4.
- GUGGENBERGER, T., A. BLASCHKA, C. FRITZ, M. HERNDL und G. TERLER, 2019: Bedeutende Entscheidungen auf dem Weg zur Ökoeffizienz am Bio-Milchviehbetrieb. Fachtagung für Biologische Landwirtschaft, 14. November 2019, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 37-44.
- HEIGL, M., F. HUNGER, A. KIRCHMAIER, L. KIRNER, C. MAYRHOFER, F. PALLER und M. WEGERER, 2018: Vollkostenauswertung im land- und forstwirtschaftlichen Betrieb, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 86 S.
- HERNDL, M., D.U. BAUMGARTNER, T. GUGGENBERGER, M. BYSTRICKY, G. GAILLARD, J. LANSCHKE, C. FASCHING, A. STEINWIDDER und T. NEMECEK, 2016: Einzelbetriebliche Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Betriebe in Österreich, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 93 S.
- HUNGER, F., L. KIRNER, F. PALLER und W. SCHNEEBERGER, 2006: Kostenrechnung im landwirtschaftlichen Betrieb, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 73 S.
- IUCN, 1980: World Conservation Strategy, Glan, 77 S.
- KLÖPFER, W. und B. GRAHL, 2007: Ökobilanz (LCA), Wiley-VCH, Weinheim, 426 S.
- LEHNI, M., B. STIGSON, S. SCHMIDHEINY und J. PEPPER, 2000: Eco-efficiency : creating more value with less impact, World Business Council for Sustainable Development, Genf.
- MATTHEY, A. und B. BÜNGER, 2019: Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten, Kostensätze, Deutsches Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 49 S.
- MEADOWS, D., D. MEADOWS, J. RANDERS und W.W. BEHRENS, 1972: The Limits to Growth, Universe Book, New York, 205 S.
- MEADOWS, D., J. RANDERS und D. MEADOWS, 2004: Limits to Growth. The 30-year update., Chelsea Green Publishing Company, Vermont, 338 S.
- NEMECEK, T., D. HUGUENIN-ELIE, D. DUBOIS und G. GAILLARD, 2005: Ökobilanzierung von Anbausystemen im Schweizerischen Acker- und Futterbau, Agroscope, FAL Reckenholz, Zürich, 156 S.
- OFNER-SCHRÖCK, E., T. GUGGENBERGER und A. STEINWIDDER, 2019: Tierwohl-Potenzial-Bewertung von Milchviehhaltungssystemen im Berggebiet. Bautagung Raumberg-Gumpenstein, 15.-16. Mai 2019, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 15-18.
- OTT, K. und R. DÖRINGER, 2008: Theorie und Praxis starker Nachhaltigkeit, Metropolis Verlag, Marburg, 404 S.
- UNITED NATION - World Commission on Environment and Development (1987): Our Common Future., Oslo, 374 S.

UNITED NATIONS, 2012: Resolution 66/288 The future we want. United Nations, 53 S.

WALLACE, A.R., 1880: Island Life or, the Phenomena and Causes of Insular Faunas and Floras, Including a Revision and Attempted Solution of the Problem of Geological Climates, Macmillan, London, 526 S.

WINIWARTER, V. und H.-R. BORK, 2015: Geschichte unserer Umwelt. Sechzig Reisen durch die Zeit, Theiss, Konrad, Stuttgart, 192 S.



# Welche Klimawirkungen entstehen auf österreichischen Grünlandbetrieben?

## *What are the climate impacts of Austrian grassland farms?*

Christian Fritz<sup>1\*</sup>, Florian Grassauer<sup>1</sup>, Thomas Guggenberger<sup>1</sup> und Georg Terler<sup>1</sup>

### Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden die Klimawirkungen einer grünlandbasierten Nahrungsmittelproduktion in Österreich auf Basis einer Literaturübersicht dargestellt. Im Zentrum stehen die Vorgänge rund um die Fütterung von Wiederkäuern am Grünlandbetrieb. Grundlegende Erklärungen über das Zusammenspiel von landwirtschaftlicher Praxis und Klimabilanzierung sollen ein besseres Verständnis für die Diskussion rund um den Klimabeitrag von Rind, Schaf und Ziege ermöglichen. Für eine Einordnung werden die Grundlagen zu Klimawandel, menschlich verursachten Treibhausgas-Emissionen und Klimabilanzen erörtert. Die betrieblichen Klimawirkungen werden entlang der Prozesskette vom Futtermittel (Grundfutter und Kraftfutter) beginnend mit Boden und Aufwuchs bis hin zum Düngekreislauf beschrieben. Abschließend wird ein Überblick zu Klimaschutz-Möglichkeiten und Klimabilanzen für den landwirtschaftlichen Betrieb gegeben.

Schlagwörter: Klimawandel, Treibhausgas-Bilanzierung, Wiederkäuer, LCA

### Summary

This article examines the climate effects of grassland-based food production in Austria based on a literature review. The focus is on the processes related to ruminant feeding on grassland farms. Basic explanations regarding the interplay of agricultural practice and greenhouse gas accounting are given. This should enable a better understanding of the discussion around the climate role of cattle, sheep and goats. Basic principles of climate change, greenhouse gas emissions and carbon footprints are discussed. The climate impacts on the farm are described along the process chain from the feed (forage and concentrate) starting with soil and plant growth up to the fertilizer cycle. Finally, an overview of climate protection measures and climate footprints for farms is given.

Keywords: climate change, greenhouse gas accounting, ruminant, LCA

## 1. Einleitung und Grundlagen

Die Hälfte der landwirtschaftlichen Fläche Österreichs, ein Fünftel Europas und ein Drittel der Erdoberfläche ist von Grünland oder Grasland bedeckt. Wiederkäuer werden als Nutztiere gehalten, um Gras in menschlich verwertbare Nahrung umzuwandeln. Die wiederkäuerbasierte Nahrungsproduktion ist allerdings aufgrund der Klimawirkungen des im Pansen entstehenden Methans in Kritik geraten. Aktuell stellen u.a. mit den

<sup>1</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Tier, Technik und Umwelt, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irnding-Donnersbachtal

\* Ansprechpartner: Mag. Christian Fritz, email: christian.fritz@raumberg-gumpenstein.at

„Fridays for Future“-Bewegungen immer mehr und vor allem junge Menschen die Frage nach der Nachhaltigkeit unseres Wirtschaftens und sprechen dabei auch die Viehhaltung an. Zugleich fordert die Landwirtschaft eine faire Einordnung ihres Klimabeitrags sowie das Anerkennen von klimapositiven Leistungen und der wichtigen Aufgabe der Nahrungsproduktion.

Dieser Beitrag geht mit Fokus auf Österreich der Frage nach, welchen Klimafußabdruck eine grünlandbasierte Lebensmittelproduktion – mitsamt ihrer Viehwirtschaft – tatsächlich hinterlässt. Sind Grünlandbetriebe ohnehin bereits Teil der Lösung? Können sie einen zusätzlichen Klimaschutzbeitrag leisten?

Klimawirkungen, Klimabilanzierung und Klimaschutz sind in der Landwirtschaft und im (österreichischen) Grünland ein junges, komplexes und kontroverses Thema. Der vorliegende Tagungsbeitrag hat das Ziel, den aktuellen Stand des Wissens nachvollziehbar aufzubereiten. Im Fokus steht dabei die betriebliche Perspektive, also die Sicht des Landwirts. Diese sollte jedoch nicht am Hof oder am Feld enden, sondern „Wirkungsendpunkte“, wie die weltweite Ertrags- und Ernährungssituation, miteinschließen.

## 1.1 Klimawandel und Treibhausgase

Ein Teil der Klimaveränderungen geht auf natürliche Prozesse zurück und war immer schon Bestandteil des Erdklimas. Einen wichtigen Einfluss auf die Temperatur an der Erdoberfläche nimmt der Treibhauseffekt: Die Atmosphäre ist für die eingehende kurzweilige Sonnenstrahlung weitgehend durchlässig, wohingegen die von der Erde ausgehende langwellige Wärmeabstrahlung zum Teil behindert wird. Konkret weisen verschiedene Gase (bzw. Moleküle) in der Atmosphäre ein unterschiedliches Strahlungsabsorptions- und Reflexionsverhalten und damit unterschiedliche Treibhauswirkungen auf.

Menschliche Aktivitäten haben in den letzten Jahrhunderten insbesondere die Anteile der Treibhausgase  $\text{CO}_2$  (Kohlendioxid),  $\text{CH}_4$  (Methan) und  $\text{N}_2\text{O}$  (Lachgas) in der Atmosphäre enorm verändert. Allen voran wurden mit der Industrialisierung rund 650 Mrd. t Kohlenstoff (C) von der Erdkruste (Lithosphäre) in die Atmosphäre verlagert – durch Abbau und Verbrennung von fossilen Brennstoffen wie Kohle, Erdöl und Erdgas.<sup>1</sup> Damit ist die C-Menge in der Atmosphäre von rund 600 Mrd. t (< 300 ppm) auf über 900 Mrd. t (> 400 ppm) gestiegen.<sup>2</sup> Bei Abbau, Transport, Verarbeitung und Verbrennung von fossilen Energieträgern werden zusätzlich zu  $\text{CO}_2$  auch erhebliche Mengen an  $\text{CH}_4$  frei, bspw. beim Kohleabbau, durch Lecks in Erdgasleitungen oder beim Fracking von Schiefergas. Zu dieser eindeutig menschengemachten Freisetzung fossiler Emissionen auf Kohlenstoffbasis kommen technisch verursachte Treibhausgas-Emission hinzu, bspw.  $\text{N}_2\text{O}$  und F-Gase<sup>3</sup> aus industriellen Prozessen.

## 1.2 Klimawirkungen aus der Grünlandwirtschaft

Neben den oben beschriebenen, klar anthropogenen Emissionen gibt es eine große Zahl an Prozessen, die grundsätzlich biogen (natürlich) sind, bis zu einem bestimmten Grad aber durch menschliches Zutun verändert oder beeinflusst werden. Hierzu zählt bspw. die Bildung von  $\text{CH}_4$  bei der Fermentation von Futtermitteln im Pansen von Wiederkäuern, die seit Beginn des Ackerbaus von Menschen als Nutztiere gehalten werden. Die Abholzung von Wäldern und der Umbruch von Böden setzen  $\text{CO}_2$  in die Atmosphäre frei. Eine weitere menschenbeeinflusste Klimawirkung kann von erhöhten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aufgrund einer organischen oder mineralischen Düngung ausgehen. Die Verfügbarkeit

---

<sup>1</sup> Bspw. setzt die Verbrennung von 1 Liter Diesel rund 3 kg  $\text{CO}_2$  frei.

<sup>2</sup> In der Vergangenheit haben Ozeane und Landbiomasse einen enormen Teil der Emissionen aufgefangen (rund die Hälfte der 650 Mrd. t des seit Beginn der Industrialisierung freigesetzten Kohlenstoffs).

<sup>3</sup> F-Gase ist ein Sammelbegriff für flourierte Treibhausgase, bspw. HFKW als Kältemittel in Klimaanlage.

zusätzlicher N-Düngermengen aus der Düngemittelindustrie erhöht die Chance für N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Nitrifikation und Denitrifikation im Boden. Zusätzlich werden bei der Mineraldünger-Produktion fossile Energieträger verbrannt und Treibhausgase erzeugt (vorgelagerte Emissionen).

Parallel zu den klimaerwärmenden Effekten gehen vom Sektor Landwirtschaft auch „klima-positive“ Wirkungen aus. Zum einen enthalten Grünlandböden erhebliche Mengen an C, zum anderen kann die Bewirtschaftung zu einer C-Einlagerung in den Boden beitragen. Eine funktionale (nachhaltige) Landwirtschaft kann also neben der Nahrungsproduktion auch zum Klimaschutz beitragen. Neben den positiven Effekten gibt es zwei weitere Gründe dafür, von Klimawirkungen anstatt bloß von Treibhausgas-Emissionen zu sprechen: erstens Klimawirkungen durch beeinflusste Landnutzungsänderungen und zweitens Auswirkungen in Richtung Lebensmittel-Konsum. Ein häufig genanntes Beispiel ist, dass Teile der Lebensmittelproduktion ins Ausland abwandern könnten („Leakage-Effekt“) und dies mit höheren Treibhausgas-Emissionen einhergehen kann.<sup>4</sup>

Klimawirkungen aus dem Grünland betreffen also:

- Fossile Emissionen (vorgelagerte Wertschöpfungskette, zugekaufte Betriebsmittel)
- Veränderte/beschleunigte C- und N-Kreisläufe
- Landnutzung und Landnutzungsänderungen (mittelbare Wirkungen)
- Induzierte Effekte in nachgelagerten Sektoren (Verarbeitung bis Konsument)

### 1.3 Klimabilanzen vs. Klimawirkungen

Grundlegend ist zu unterscheiden zwischen (1) dem Ausstoß bzw. der Bindung einer treibhausrelevanten Substanz, (2) einer modellhaften Abbildung in einer Klimabilanz und (3) der damit assoziierten Wirkung auf das Klima. Klimabilanzen zeigen die rechnerische Summe aus Treibhausgas-Emission und klimarelevanten Bindungen (Kohlenstoffverlagerung zwischen Atmosphäre und Bio/Pedosphäre). Das bilanzielle Sachergebnis wird auf die (aktuelle) Situation der globalen Erwärmung bezogen. Hieraus ergibt sich die berechnete (potenzielle) Klimawirkung. Folgendes Bild verdeutlicht das Argument: Gäbe es weltweit nur einen einzigen Rinderbetrieb oder auch nur ein einziges Kohlekraftwerk, so würden diese zwar eine Emission erzeugen, aber noch keine Klimaänderung herbeiführen. Gleichermaßen steht die Interpretation der Treibhausgas-Emissionen aus dem österreichischen Grünland im Kontext der globalen Entwicklung von Weltbevölkerung, Tierzahlen und Atmosphäre.

Vor dem Hintergrund der Verschmutzung der Atmosphäre aufgrund des vergangenen und gegenwärtigen menschlichen Handelns („fossiles Zeitalter“) gibt es vier wesentliche Klimawirkungsbereiche der österreichischen Landwirtschaft: (1) zugekaufte fossile Energieträger, Baustoffe, Maschinen und Düngemittel, (2) zugekaufte Futtermittel und induzierte Landnutzungsänderungen, (3) Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Düngermanagement sowie (4) Emissionen aus der Tierhaltung. Betrachtet man die nationale Hoftor-Bilanz, so kommt jedem dieser vier Bereiche ein (ähnlich) großer Anteil zu. Demgegenüber zeigt die nationale Klimaberichterstattung die territorialen Emissionen (innerhalb Österreichs), hier stehen die Bereiche (3) und (4) im Fokus (*Abbildung 1*).<sup>5</sup>

Für einen Vergleich und eine gemeinsame Darstellung unterschiedlicher Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) werden diese mit Hilfe von Umrechnungsfaktoren in sog. CO<sub>2</sub>-Äquivalente

---

<sup>4</sup> Für Wirtschaftsbereiche innerhalb des europäischen Emissionshandelssystems (ETS) besteht bereits seit Jahren eine „Ausnahmeliste“ jener Sektoren und Teilspektoren, für die ein erhebliches Risiko der Verlagerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen angenommen wird, und deren Produktion daher im Inland gehalten werden soll.

<sup>5</sup> Die Bereiche (3) und (4) weisen in den letzten Jahren einen leicht abnehmenden Trend auf. Der Trend bei den Bereichen (1) und (2) ist unklar.

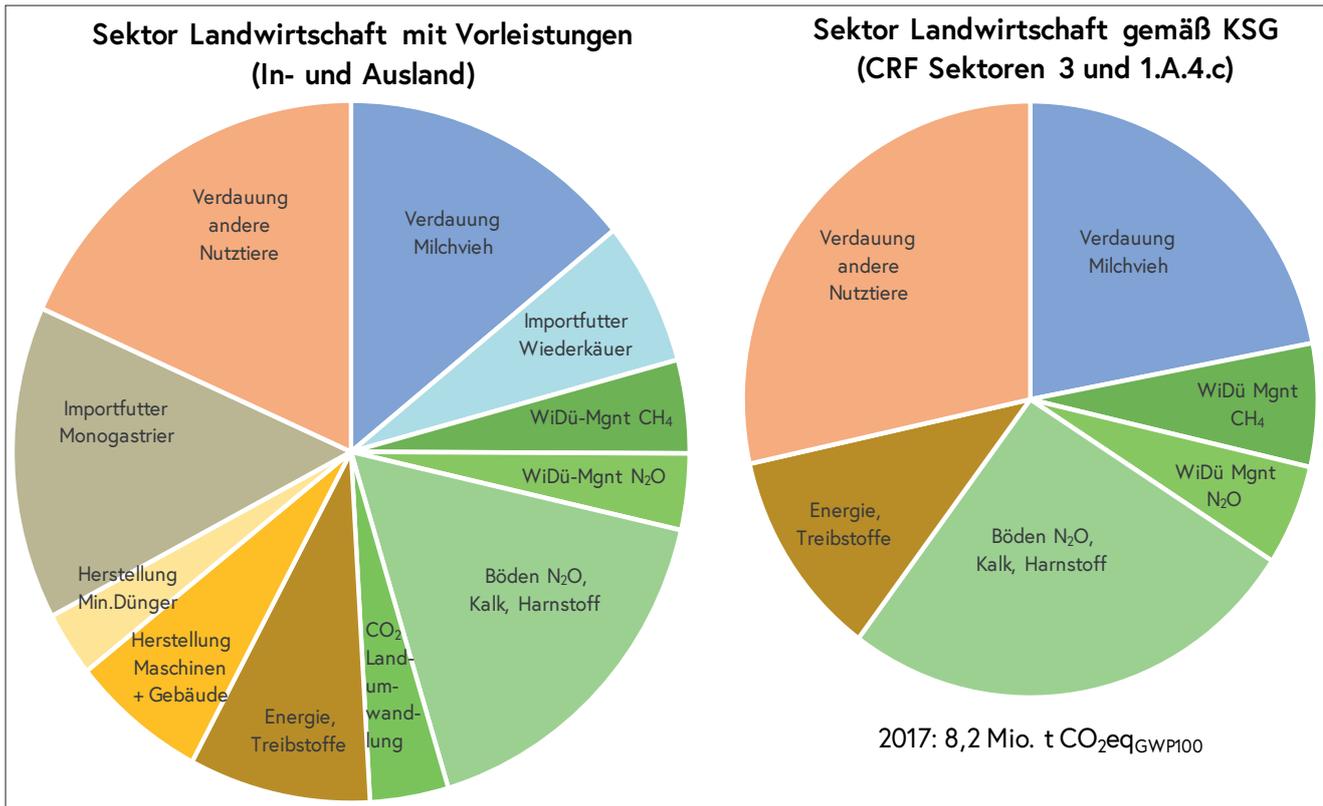


Abbildung 1: Anteile landwirtschaftlicher Teilbereiche, CO<sub>2</sub>eq GWP<sub>100</sub>. Die rechte Seite zeigt die öst. Treibhausgas-Emissionen gemäß Klimaschutzgesetz. Die linke Seite erweitert diese um eine Abschätzung der Vorleistungen auf Basis einer Hochrechnung nationaler LCA-Studien (FRITZ und GRASSAUER 2020).

umgerechnet („Charakterisierung“). Die Bezeichnung CO<sub>2</sub>eq<sub>GWP100</sub> besagt, dass eine Umrechnung auf Basis der Metrik „Treibhauspotenzial“ (Global Warming Potential) für einen 100-jährigen Zeitraum erfolgt (GWP100).<sup>6</sup> Die Auswahl einer Umrechnungs-Metrik hat für die Viehwirtschaft eine große Bedeutung (LYNCH 2019).

## 2. Betriebliche Klimawirkungen

Aus der Produktion am landwirtschaftlichen Betrieb fallen direkte (primäre) Klimawirkungen (Feld, Tier, Stall usw.) sowie vorgelagerte Klimawirkungen aus dem Betriebsmittelzukauf an. Hinzu kommen indirekte (sekundäre) Wirkungen in umliegenden Ökosystemen (insbesondere aufgrund von N-Austrag). In betrieblichen Klimabilanzen werden die Informationen aus den einzelnen Teilbereichen zusammengefasst und klimarelevante Emissionen und klimarelevante Bindungen einander gegenübergestellt.

### 2.1 Photosynthese, Atmung, Humus-C

Beim Aufwuchs von Pflanzen wird im Zuge der Photosynthese CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre aufgenommen. Kohlenstoff (C) wird einerseits in Bodenorganismen und Wurzeln und andererseits im oberirdischen Aufwuchs und somit im Grundfutter eingelagert (1.000 bis 4.000 kg C pro Hektar) (SPANISCHBERGER und MITTERBÖCK 2015). Ein Großteil des organischen C im Futtermittel ist verdaulich (rund 70 %). Dieser verdauliche C wird von

<sup>6</sup> Neben GWP100 sind auch andere Metriken anhand der Berechnungen des Weltklimarats (IPCC) verfügbar (z.B. GWP20 und GTP100, Global Temperature Potential). Die Auswahl einer Metrik ist jeweils sachbezogen zu treffen; seit dem Protokoll von Kyoto (1997) und mit dem Pariser Abkommen (2015) hat sich allerdings die Metrik GWP100 in der internationalen Bilanzierung und im Forschungsmainstream zu Lebenszyklusanalysen (LCA) weit verbreitet (BALCOMBE 2019, LORENZ et al. 2019, POORE und NEMECEK 2019, MYHRE et al. 2014).

den Wiederkäuern als Energiequelle genutzt und anschließend zum größten Teil wieder als CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre freigesetzt.<sup>7</sup> Der nicht verdauliche Teil des C (rund 30 %) fällt als Wirtschaftsdünger an (SOUSSANA et al. 2007).

Zwischen Boden und Atmosphäre kann es durch Einlagerung und Ausgasung zu treibhausrelevanten Verschiebungen von C kommen. Eine kontinuierliche Grünlandbewirtschaftung wird mit C-Stabilität bzw. auch mit C-Einlagerung assoziiert (C-Sequestrierung). Eine Umwandlung zu Ackerland stellt meist eine Treibhausgasquelle dar. Beim Umbruch wird organische Substanz mineralisiert und gebundenes CO<sub>2</sub> freigesetzt (auch NO<sub>3</sub> und N<sub>2</sub>O). Hierbei gehen bereits im ersten Jahr erhebliche Mengen in die Atmosphäre verloren. Damit korrespondieren die österreichischen Inventarwerte für organischen C: Acker (59,5 t/ha) < intensives Grünland (81 t/ha) < extensives Grünland (Almen) (119 t/ha) (SPANISCHBERGER und MITTERBÖCK 2015).

Eine mögliche C-Sequestrierung erfolgt über viele Jahrzehnte. Sie unterliegt einer Sättigung, d.h. im Laufe von Jahrzehnten der angepassten Grünlandbewirtschaftung wird ein Gleichgewicht im Boden erreicht und nur mehr wenig zusätzliches C aus der Atmosphäre eingelagert. Die jeweilige Bodensituation bestimmt also die Möglichkeit einer Netto-Einlagerung. International besteht eine umfangreiche Kontroverse darüber, welcher positive Klimabeitrag der C-Sequestrierung in landwirtschaftlichen Böden und Grünlandböden zukommen kann. Ein Aspekt betrifft den genannten Sättigungspunkt, ein anderer die Gewährleistung der Dauerhaftigkeit einer Einlagerung (POWLSON et al. 2011, WIESMEIER et al. 2017, SCHIEFER et al. 2018, SMITH und LAMPKIN 2019).

Unumstritten ist, dass die Rate der möglichen C-Einlagerung mit zunehmendem C-Gehalt abnimmt. Österreichisches Grünland weist durchwegs hohe C-Gehalte auf (SPANISCHBERGER und MITTERBÖCK 2015). Insofern ist für langfristig als Dauergrünland bewirtschaftete Flächen von keinen wirkmächtigen Steigerungen auszugehen. Für andere Grünlandflächen könnte hingegen Potenzial bestehen. Eine Abschätzung für Bayern zeigt, dass die vielfach angepeilte C-Einlagerung (sog. 4 %-Initiative) nur zu einem Drittel erreicht werden könnte; nichtsdestotrotz wäre sie ein Klimaschutzbeitrag (WIESMEIER et al. 2017).

## 2.2 N<sub>2</sub>O aus Grünlandböden

Im Boden entstehen aus vielfältigen N-Transformationsprozessen N<sub>2</sub>O-Ausgasungen (mikrobielle Vorgänge der Nitrifikation und Denitrifikation). Diese wiegen als Treibhausgas-Emission rund 200- bis 300-fach schwerer als CO<sub>2</sub> (MYHRE et al. 2014) (Table 8.7). Die Höhe der Emissionen variiert erheblich und ist abhängig von der Menge an Substrat (C und N) für die unterschiedlichen Reaktionen, von Wasser- und damit Sauerstoffgehalt und pH-Wert im Boden (WRAGE 2010). Insbesondere eine Kombination aus hohem Stickstoffeinsatz, feuchten und verdichteten Böden gilt als problematisch (SCHMEER et al. 2009). Ein Grünlandumbruch kann (neben Nitratatrag und CO<sub>2</sub>-Freisetzung) über erhöhte Mineralisation auch zu N-Verlusten und somit zu einer Freisetzung von N<sub>2</sub>O führen (SPANISCHBERGER und MITTERBÖCK 2015).

Vermindert werden können Treibhausgas-Emissionen im Grünland durch eine bedarfsgerechte Düngung sowie eine Vermeidung von Bodenverdichtung. Es besteht eine hohe Möglichkeit zur Einflussnahme durch den Landwirt, da die ausgebrachte Düngermenge stark auf die N<sub>2</sub>O Produktion einwirkt (SCHMEER et al. 2009, WRAGE 2010). Für die Verlustrate entscheidend ist, ob eine (zeitnahe) Aufnahme des verfügbaren Stickstoffs über ein Pflanzenwachstum erfolgt, oder ob der Stickstoff für die Denitrifikation aufgenommen

---

<sup>7</sup> Aufgrund dieser nur kurzfristigen Speicherung werden die CO<sub>2</sub>-Wirkungen von Grünlandaufwuchs und tierischer Zellatmung häufig nicht dargestellt (d.h. bilanziell mit Null angenommen) (bspw. Arbeitsgruppe BEK 2016).

wird. „Eine in Bezug auf Ort, Zeitpunkt und Menge bedarfsgerechte Düngung hilft daher, die N<sub>2</sub>O-Emissionen zu verringern“ (WRAGE 2010).

In Treibhausgas-Bilanzen werden die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Pflanzenbau vielfach nach IPCC Tier 1 berechnet. Berücksichtigt werden hierbei die N-Einbringung aus Wirtschafts- und Mineräldünger und Ernterückständen (direkte Emissionen), die gasförmigen N-Verluste (NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O und N<sub>2</sub>) sowie N-Verluste aus der Nitratauswaschung (indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen). Hierbei wird ein Emissionsfaktor von rund 1 % des eingebrachten bzw. emittierten N angesetzt.

### 2.3 CH<sub>4</sub> aus Verdauung

Ein kleiner Teil des verdaulichen C im Grundfutter (rund 5 %) wird in den Vormägen der Wiederkäuer zu CH<sub>4</sub> umgesetzt (SOUSSANA et al. 2007). Der größte Teil des CH<sub>4</sub> aus der Landwirtschaft stammt aus dieser enterischen Fermentation. Dabei handelt es sich um eine biogene und nicht um eine fossile Emission. Das C-Atom in der CH<sub>4</sub>-Verbindung stammt aus dem atmosphärischen Kreislauf, gebunden durch Photosynthese beim Futtermittelwachstum. Nichtsdestotrotz verbleibt das CH<sub>4</sub> für eine mittlere Dauer von 12,4 Jahren in der Atmosphäre<sup>8</sup> und wirkt während dieser Zeit ca. um den Faktor 100 stärker klimaschädlich als CO<sub>2</sub>.<sup>9</sup> Die Klimawirkung ist abhängig von der globalen Treibhaussituation und der atmosphärischen CH<sub>4</sub>-Konzentration, also von vergangenen Emissionen aus allen Sektoren.

Im Klimaschutz kommt CH<sub>4</sub> nach CO<sub>2</sub> das zweitgrößte Augenmerk zu, da global ein sehr starker Anstieg verzeichnet wird. Bei einer Zurechnung der jährlichen Methanemissionen über verschiedene Treibhausgase und Wirtschaftssektoren hinweg entsprechen die enterischen Methanemissionen ca. 5 % aller österreichischen Treibhausgas-Emissionen (ANDERL et al. 2019) (bei CO<sub>2</sub>eq<sub>GWP100</sub>). Methan akkumuliert sich allerdings nicht dauerhaft in der Atmosphäre, da es eben durchschnittlich nach 10 bis 15 Jahren umgewandelt wird. Das bedeutet vereinfacht gesagt, dass die CH<sub>4</sub>-Konzentration in der Atmosphäre aufgrund der Tierhaltung nur dann steigt, wenn die Tierzahlen und/oder das Leistungsniveau gesteigert werden. In Österreich sind die Tierzahlen seit 1990 gesunken, global hat jedoch die Tierhaltung in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen.

Es gibt unterschiedliche Vorgehensweisen zur Berechnung der Methanmenge aus enterischer Fermentation. Häufig wird der Bestand einer Tierkategorie mit einem Emissionsfaktor (kg CH<sub>4</sub> pro Tier und Jahr) multipliziert (IPCC Tier 1). Milchkühe werden meist genauer berechnet (IPCC Tier 2), indem auch das Leistungsniveau und die Futteraufnahme berücksichtigt werden.

### 2.4 Eingesetzte Futtermittel

Verschiedene Futtermittel weisen unterschiedliche Klimawirkungen auf. Tendenziell gilt Grundfutter < Getreide < Proteinkraftfutter. Ein hoher Grundfutteranteil bedeutet aufgrund des starken Flächenbezugs zudem eine räumliche Begrenzung der Tierhaltung. Der Tierbesatz entscheidet dann über die Menge an CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O-Emissionen pro Fläche. Eine überwiegende Weidehaltung kann darüber hinaus auch den fossilen Energie-

<sup>8</sup> Eine Umwandlung erfolgt großteils über eine chemische Reaktion mit dem Hydroxyl-Radikal OH in der Troposphäre, daher ist die Verweilzeit u.a. abhängig von der Verfügbarkeit dieses Reaktionspartners und von der Menge an CH<sub>4</sub> in der Atmosphäre (<https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Methan>).

<sup>9</sup> Die relative Wirkung von CH<sub>4</sub> gegenüber CO<sub>2</sub> liegt je nach Umrechnungsmetrik zwischen 2 und 200 (BAL-COMBE 2019, IPCC 2013). Anhand des Treibhauspotenzials über einen Zeitraum von 100 Jahren betrachtet ergeben sich die vielfach zitierten Faktoren: Aktuell (Stand IPCC 2013) GWP<sub>100</sub> 1 Einheit CH<sub>4</sub> entspricht 28 CO<sub>2</sub>eq<sub>GWP100</sub> bzw. GTP<sub>100</sub> 1 Einheit CH<sub>4</sub> entspricht 4,3 CO<sub>2</sub>eq<sub>GTP100</sub> (ohne Climate Carbon Feedbacks) (MYHRE et al. 2014).

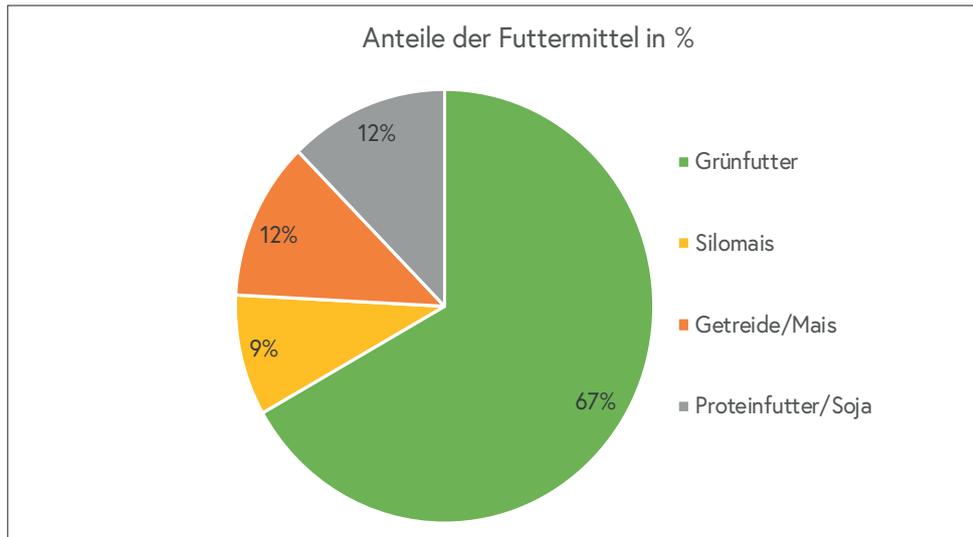


Abbildung 2: Eiweißquellen für Wiederkäuer in Österreich, Anteile der Futtermittel an Eiweiß-Trockenmasse (eigene Darstellung, Daten FEITZLMAYER 2018)

bedarf verringern.<sup>10</sup> Die Klimawirkung betriebseigener Ackerfuttermittel unterscheidet sich insbesondere nach Düngungsmanagement und N-Effizienz, Fruchtfolgegestaltung (Leguminosen) und Mineraldüngeranwendung.

Durch einen Zukauf von Futtermitteln werden Produktionsschritte in die vorgelagerte Wertschöpfungskette verschoben. Damit entstehen an vorgelagerten Stellen Emissionen durch fossile Energieträger, aus Landnutzung und Landumwandlung (z.B. zu Acker), durch eingesetzte Düngemittel usw. Hinzu kommen Emissionen aus Transport, Verarbeitung und Logistik. Am viehhaltenden Betrieb werden unterschiedlichste Futtermittel (z.B. Grundfutter vs. Kraftfutter, Energie- vs. Proteinfutter) von verschiedenen Produzenten, Regionen und Händlern zugekauft, deren Klimawirkungen unterschiedlich ausfallen.

Das Prinzip der Klimawirkungen aus dem Futtermittelzukauf soll kurz mit Blick auf den Einsatz von Proteinkraftfutter in der österreichischen Wiederkäuerfütterung betrachtet werden. Allgemein stellt Grünland ein eiweißreiches Futtermittel zur Verfügung, das in keiner Landnutzungs Konkurrenz zur menschlichen Ernährung steht (EITZINGER et al. 2014). Zugleich stammt ca. ein Drittel der Eiweißmenge in der österreichischen Fütterung für Rinder, Schafe und Ziegen nicht aus dem Grünland und teilweise nicht aus Österreich (FEITZLMAYER 2018, RESL et al. 2019) (*Abbildung 2*). Speziell durch die Landnutzungsänderungen, die Verarbeitung und den Transport von Sojabohnen nach Europa werden beträchtliche Treibhausgas-Emissionen verursacht (FLESSA et al. 2012). Insgesamt wurde der globale Futtermittel-Handel von 1960 auf 2010 ca. um den Faktor 10 gesteigert. Weizen, Reis und Hülsenfrüchte waren bereits damals gängige Handelsgüter, wohingegen Futtermittel auf Basis von Soja, Raps, Sonnenblumen und Palmöl innerhalb weniger Jahrzehnte enorme Handelszuwächse erfahren haben. Nach Österreich werden nach wie vor enorme Mengen an Soja, Raps und Sonnenblume bzw. deren Extraktionsschrote importiert (AWI 2020).

Die Nahrungsproduktion der einzelnen Betriebe und auch der Klimaschutz stehen vor demselben Dilemma. Die Grünlandflächen stellen zwar die Produktions- und Existenzgrundlage dar, Handels-Futtermittel und ein Kraftfutareinsatz steigern aber eventuell die Produktivität und den Gewinn. Die Klimawirkung der Betriebsentscheidung eines Wiederkäuer-haltenden Landwirts kann nur schwer beziffert werden – einerseits auf-

<sup>10</sup> Durch eine konzentrierte Kotablage kann es punktuell zu hohen N<sub>2</sub>O-Emissionen kommen, insbesondere in Kombination mit lokaler Bodenverdichtung. Zugleich enthalten die Exkremente auch emissionsmindernde Inhaltsstoffe (WRAGE 2010).

grund der vielfältigen Handelsströme für Futtermittel und andererseits aufgrund der unklaren Bewertung der Flächen-, Futter- und Nahrungskonkurrenz zur monogastrischen Nutzung. Um klare Empfehlungen ableiten zu können, ist die Erstellung von Futtermittel-Ökoinventaren für Österreich eine aktuelle Aufgabe der anwendungsorientierten Forschung. Ein deutscher Standardwert für zugekaufte Kraftfutterkomponenten beträgt  $0,58 \text{ kg CO}_2\text{eq}_{\text{GWP100}}/\text{kg TM}$ . Grassilage liegt bei  $0,16 \text{ kg CO}_2\text{eq}_{\text{GWP100}}/\text{kg TM}$  (EFFENBERGER et al. 2016). Emissionen aus Futtermitteln wie Weizen, Rapskorn, Palmextraktionschrot und Sojaschrot liegen deutlich höher. Je nach Herkunft und Bewertungsmethode resultieren unterschiedliche Treibhausgas-Emissionen (Bsp. Soja Europa ca.  $1 \text{ kg}$  und Soja Brasilien ca.  $10 \text{ kg CO}_2\text{eq}_{\text{GWP100}}/\text{kg TM}$ , ecoinvent database) (HÖRTENHUBER et al. 2014, EFFENBERGER et al. 2016). Klimaschutzansätze könnten eine Herkunftskennzeichnung oder auch das Hinterlegen ökologischer Kriterien in Rations-Rechnern sein (ALIG et al. 2015).

## 2.5 Düngungsmanagement

Über die Klimawirkung der Düngung entscheiden N-Bilanz, N-Management (Düngeplanung und -organisation) und N-Effizienz. Primär entstehen bei der Lagerung von Wirtschaftsdünger  $\text{CH}_4$ - und bei der Ausbringung  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen. Bei wärmeren Temperaturen und bei offenen Güllelagern entstehen höhere  $\text{CH}_4$ -Emissionen. Für geringe  $\text{N}_2\text{O}$ -Verluste sollte die Ausbringung zeitlich und örtlich optimiert bei entsprechend hohem N-Bedarf der Pflanzen erfolgen. Die Ausbringungswirkung ist für Wirtschaftsdünger und Mineraldünger ähnlich, Mineraldünger implizieren jedoch hohe Emissionen im Zuge der Herstellung.

Als Klimaschutzmaßnahmen gelten eine systematische Planung des Wirtschaftsdünger-Einsatzes sowie verlustarme Lagerung und Ausbringung (bodennah). Eine geringe N-Einbringung (aus Futter- und Düngemitteln) verringert das Emissionsniveau. Diskutiert werden als technische Maßnahmen zur  $\text{CH}_4$ -Reduktion eine feste Abdeckung von Güllelagern, Gülleseparation (Verringerung C-Gehalt) und die Vergärung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen.<sup>11</sup>

## 2.6 Energie, Gebäude und Maschinen

Ungefähr 15 % der produktionsseitigen Emissionen entfallen auf Energie, Gebäude und Maschinen. Hierbei entfallen ungefähr 10 % auf Treibstoffe/Heizstoffe (Diesel, Öl, Gas) und Strom und 5 % auf Gebäude, Maschinen und deren Instandhaltung (OSTERBURG et al. 2013, ANDERL et al. 2019, FRITZ und GRASSAUER 2020).

Als Klimaschutzmaßnahme gilt insbesondere eine lange Nutzungsdauer und gute Instandhaltung von Gebäuden und Maschinen. Klimapositiv können auch die Nutzung von Maschinengemeinschaften, effiziente Feldarbeitsgänge und Feld-Hof-Entfernungen, geringe LKW-Transporte und die Art der genutzten Energie am Betrieb (z.B. Hackschnitzel) wirken.

Insgesamt werden die Vorleistungs-Emissionen mit rund 40 % der Gesamtemissionen des Sektors Landwirtschaft abgeschätzt (OSTERBURG et al. 2013). Das heißt, dass die landwirtschaftlichen Emissionen um  $2/3$  höher liegen, wenn auch die zugekauften Futter- und Düngemittel, Energie, Gebäude und Maschinen mit eingerechnet werden.

---

<sup>11</sup> Aufgrund des geringen Gaspotenzials ergibt sich allerdings eine geringe Energieeffizienz. Verfügbar sind hauptsächlich Großanlagen und kaum geeignete Anlagen für die durchschnittliche Betriebsgröße in Österreich. Eine Vergärung von Wirtschaftsdünger in zentralen Biogasanlagen erzeugt aber Transportaufwand und birgt die Gefahr für lokale Verdichtungen der Anfallsmengen (höheres Treibhauspotential von  $\text{N}_2\text{O}$  gegenüber  $\text{CH}_4$ ).

### 3. Minderungsmaßnahmen am Betrieb

Im österreichischen Sachstandsbericht empfohlen werden „standortangepasste“, „ressourcenschonende“ und „ressourceneffiziente“ Bewirtschaftungskonzepte (EITZINGER et al. 2014). Konkrete Maßnahmen bieten die Nutzung der Grünlandflächen, ein gutes Betriebs- und Tiermanagement und ein angepasstes Fütterungs- und Leistungsniveau.

#### 3.1 Minderungsmaßnahmen im Grünland

Ein vordergründiges Ziel aus Klimasicht liegt in der Bestandserhaltung von Dauergrünland über viele Jahrzehnte. Eine dauerhafte Vermeidung des Umbruchs kann CO<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen einsparen. Eine umbruchlose Erneuerung verhindert einen Abbau des organischen Kohlenstoffs im Boden. Techniken wie Fräsen oder Schlitzen können aber ebenfalls hohe Emissionen implizieren. Eine Übersaat ist daher zu bevorzugen (FLESSA et al. 2012, ALIG et al. 2015, SPANISCHBERGER und MITTERBÖCK 2015).

Insgesamt führen SOUSSANA et al. (2010) folgende Grünland-Bewirtschaftungspraktiken für Kohlenstoff-Erhalt bzw. -Erhöhung an:

- Grünlandumbruch minimieren
- Vermeidung von Bodenbearbeitung
- Mäßige Intensivierung nährstoffarmer Grünlandbestände
- Angepasste Beweidungsintensität (kein zu hoher Tierbesatz)
- Verlängerung der Nutzungsdauer von Wechselwiesen
- Umwandlung in gemischte Gras-Leguminosen-Bestände oder in permanentes Grasland

#### 3.2 Management, Fütterung und N-Effizienz

Eine Verbesserung von Tiergesundheit, Nutzungsdauer und biologischer Parameter kann zu günstigen Klimaeffekten beitragen. Am Milchviehbetrieb gehen ein hohes Fruchtbarkeitsniveau und eine geringe Remontierungsrate ohnehin mit betriebswirtschaftlichen Zielen einher (FLESSA et al. 2012, ALIG et al. 2015, ZEHETMEIER et al. 2017). Je nach Leistungsniveau kann auch mit einer Erhöhung des Weideanteils ein positiver Klimaeffekt erzielt werden. Auch Zweinutzungsrassen für Milch und Fleisch können Vorteile bringen, wenn Emissionen aus einer anderswo erfolgenden Erzeugung von Rindfleisch vermieden werden können (KIEFER et al. 2014, LORENZ et al. 2019). Insgesamt kommt ein wesentlicher Teil der Unterschiede zwischen Betrieben über effiziente Fütterung (tatsächliche Fütterung gegenüber Normbedarf), effiziente N-Düngung (Ausbringung gegenüber Entzug) und Remontierungsrate zustande (ZEHETMEIER et al. 2017). Einer Fütterungsoptimierung in der Milchkuhhaltung sind insofern Grenzen gesetzt, als hier nur selten N-Überschüsse bestehen. Eine Optimierung der Grundfutterqualität (geringer Fasergehalt) und eine Verringerung von Futtermittelnverlusten werden betriebswirtschaftlich meist ohnehin angestrebt.

Eine Produktionsintensivierung bzw. eine Erhöhung der Rationsqualität über Kraftfutter ist kritisch zu beurteilen. Einerseits weisen viele Lebenszyklusanalysen darauf hin, dass die CH<sub>4</sub>-Emissionen pro kg Milch bei höherer Futtereffizienz zurückgehen. Andererseits ist wahrscheinlich, dass damit die absolute CH<sub>4</sub>-Produktionsmenge steigt bzw. auch Emissionen aus Böden, Landnutzung und Düngemittelproduktion ansteigen (insbesondere CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O).<sup>12</sup> Unter bestimmten Umständen kann die spezifische Klimawirkung

---

<sup>12</sup> Verschiebungen sind wirkmächtig, denn weltweit und auch europaweit betrachtet liegen die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der enterischen Fermentation, die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Futtermittelproduktion und die Emissionen aus der Landumwandlung für Futtermittelanbau in etwa gleich auf. (Global jeweils ungefähr 2 Gt CO<sub>2</sub>eq<sub>GWP100,2006</sub> pro Jahr; HERRERO et al. 2015) (Europa: BELLARBY et al. 2012).

(kg CO<sub>2</sub>eq pro kg ECM) sinken, wenn weniger Milchkühe (Erhaltungsbedarf) für eine bestimmte Milchmenge erforderlich sind. LORENZ et al. (2019) liefern eine eingeschränkte Bestätigung für diesen Befund anhand einer Literaturstudie (n=30 internationale LCA) für verschiedene Haltungssysteme.<sup>13</sup> Je nach Studie ist der Effekt derart ausgeprägt, dass er höhere Emissionen aus Kraftfuttereinsatz und Remontierung überlagern kann (ebd.). Andererseits stellen ZEHETMEIER und ZERHUSEN (2017) nur einen geringen Zusammenhang von Milchleistungsniveau und Treibhausgas-Emissionen fest (n=91 bayerische Betriebe 2013). Allgemein produzieren Low-input Weidesysteme innerhalb bestimmter Leistungsbereiche effizient und weisen auch Klimavorteile pro kg produzierter Milch auf (LORENZ et al. 2019). Anders ausgedrückt sind intensive Systeme vielfach auf hohe Milchleistungen angewiesen, um die höheren Treibhausgas-Emissionen auszugleichen.

### 3.3 Klimabilanz des eigenen Betriebes

Es gibt eine Vielzahl an Instrumenten dafür, die Klimabilanz von landwirtschaftlichen Betrieben zu analysieren. Eines davon ist das österreichische Betriebsmanagement-Werkzeug FarmLife, das eine vollständige betriebliche Ökobilanzierung ermöglicht (HERNDL et al. 2015). Ein anderes Instrument für eine Erfassung der Klimawirkungen ist der deutsche Berechnungsstandard Einzelbetriebliche Klimabilanzierung in der Landwirtschaft (BEK) (EFFENBERGER et al. 2016). Mit diesen Instrumenten erhalten Landwirte die Möglichkeit, gemeinsam mit Beratern ihre Betriebsparameter in ein Webtool oder in eine Excel-Datei einzugeben. Als Ergebnis sind die Treibhausgas-Emissionen bzw. -Gutschriften aus den einzelnen Betriebsbereichen ersichtlich – also für Stall, Wirtschaftsdüngerlager, Weide, enterische Fermentation, Kraftfuttereinsatz, Tierzu- und verkäufe, Maschinenherstellung, Humuswert des organischen Düngers usw. Beide Instrumente stehen online kostenlos zur Verfügung und ermöglichen es, eine Klima- bzw. Ökobilanz für den eigenen Betrieb zu erstellen.<sup>14</sup>

Vielfach werden Angaben zur Höhe von Treibhausgas-Emissionen dargestellt; eine Interpretation muss zahlreiche methodische Punkte berücksichtigen. Selbst wenn Harmonisierung vorliegt, verbleibt im Ergebnis eine hohe Heterogenität zwischen Regionen und zwischen einzelnen Betrieben. Die Spannweite unterschiedlicher Angaben zu durchschnittlichen Treibhausgas-Emissionen aus der Milchwirtschaft liegt in der Größenordnung von ca. 0,5 kg bis 8 kg CO<sub>2</sub>eq<sub>GWP100</sub> pro kg Milch. Konkrete Beispiele sind ca. 1,3 bis 2,2 kg bis Hoftor (n=81 bayrische Betriebe) bzw. ca. 1,7 bis 4,8 kg international bis zum Kaufregal (in CO<sub>2</sub>eq<sub>GWP100</sub> pro kg Milch) (KIEFER et al. 2014, POORE und NEMECEK 2018). Auch anhand von österreichischen Auswertungen zeigen sich Unterschiede in der Klimaintensität der Produktion in der Größenordnung einer 10er-Potenz (FarmLife 2020, n=186 Milchviehbetriebe) (HERNDL et al. 2015), womit grundsätzlich Optimierungsmöglichkeiten bestehen könnten.

## 4. Fazit

Klimawirkungen entstehen im Spannungsfeld von konkreten lokalen Handlungen und der globalen atmosphärischen Entwicklung. Prinzipiell bieten Klimabilanzen sowohl für einzelne Betriebe als auch für Staaten das Potenzial, sowohl Treibhausgas-Emissionen als auch klimarelevante Bindungen aufzuzeigen, um sinnvolle Handlungsmöglichkeiten zu finden.

<sup>13</sup> Einschränkung ist anzumerken: Die Studien erfolgten (1) ohne Berücksichtigung von Humus-C-Veränderungen, (2) mit GWP<sub>100</sub>, (3) mit div. Metriken (IPCC 1996, 2006 und 2013) und (4) kleine Milchbetriebe wurden aus der Betrachtung ausgeklammert.

<sup>14</sup> URL: <https://farmlife.at/>; URL: <https://daten.ktbl.de/bek/#start>

## 4.1 Methodische Herausforderungen

Bilanzielle Berechnungen entstehen auf Basis von Emissionsmessungen aus Versuchen (bottom-up Ansatz) und müssen mit den gemessenen Konzentrationen in der Atmosphäre übereinstimmen (top-down Ansatz). Klimaschutz-Fortschritte der internationalen Staatengemeinschaft sind auf vereinbarte Bilanzierungsregeln und auf Modellierung angewiesen. National und international gibt es zahlreiche Bemühungen zur Weiterentwicklung der Aussagekraft von Klimabilanzen betreffend die Milch- und Fleischwirtschaft. Wissenschaft und Branchenverbände versuchen, Standards zu erarbeiten, die den Besonderheiten des Sektors gerecht werden. Aspekte der Diskussion betreffen u.a. (a) die verwendeten Emissionsfaktoren, (b) die Sensitivität von Ergebnissen für verschiedene Treibhauspotenzial-Metriken, (c) die Diskontierung zukünftiger Schäden und (d) verschiedene Wirkungsendpunkte wie bspw. Ertrags-Auswirkungen des Klimawandels.

Im vorliegenden Beitrag wurde nur die Urproduktion von Nahrungsmitteln analysiert. Darüber hinaus entscheidet aber die Summe aller Prozesse bis zur Lebensmittel-Konsumation über dessen Klimawirkung: transnationale/überregionale Handelsströme, zahlreiche Verarbeitungs-, Lager- und Transportprozesse, Ernährungsgewohnheiten und sozio-kulturelle Fragen wie die Wertschätzung für Nahrungsmittel (Beispiel Lebensmittelabfälle). In der Wertschöpfungskette bis zur Supermarktfiliale fällt rund ein Drittel der Treibhausgas-Emissionen an (Verarbeitung, Verpackung, Transport bis zur Bereitstellung im Supermarkt); Transport, Lagerung und Zubereitung durch die Endkonsumenten sind hier noch nicht eingerechnet („vom Acker bis zum Teller“). Im Übrigen sind neben den Klimawirkungen auch andere Umweltwirkungen zu berücksichtigen.

## 4.2 Schlussfolgerungen und Ausblick

Aussagen zur Klimawirkung der Grünlandwirtschaft hängen wesentlich von mehreren Faktoren ab: (1) Berücksichtigung von Humus-C-Veränderungen, (2) Bewertung der eingesetzten Kraftfuttermittel (Landnutzungsänderungen,  $N_2O$ , Humus-C), (3) verwendete Treibhauspotenzial-Metriken, (4) betrachtete Bewirtschaftungssysteme und Intensitätsstufen und (5) Systemgrenze Produktion Hofator vs. Kaufregal. Vielfach liegen nur Aussagen über die (direkten) Emissionen vor. Weitere Unterschiede resultieren aus der Bewertung der Landnutzung, den verwendeten Emissionsfaktoren (insbesondere  $N_2O$ ), der Allokationsmethode (Milch/Fleisch) und dem Ansatz für weitere Betriebsmittel (u.a. Dünger, Maschinen, Gebäude).

Eine produktionstechnische Optimierung impliziert einen hohen betrieblichen Beratungsaufwand; es bestehen viele Einsparungspotenziale auf der organisatorischen Ebene und wenige technische Ansätze. Der Großteil der Treibhausbilanz eines Wiederkäuers betrifft das Futtermittel, dessen Entstehung und Verdauung. Eine standortangepasste und effiziente Fütterung stellt daher einen Angelpunkt für Klimawirkungen und Klimaschutz dar. Der internationale Anstieg der Emissionen verstärkt die österreichische Klimalast und auch die öffentliche Diskussion. Unklar ist derzeit noch, mit welchen Reduktionsanforderungen der heimische Landwirtschaftssektor konfrontiert werden wird.

Die österreichische Klimabilanzierung zeigte ab 1990 eine leichte Reduktion der Emissionen aufgrund verminderter Tierzahlen. Die Prognosen für den Sektor (u.a. steigender Milchabsatz) lassen aber auf zukünftig höhere Emissionen schließen. Eine hohe Produktionseffizienz und geringe N-Verluste reduzieren zwar den Fußabdruck pro Produkteinheit. Für den Klimaschutz sind gleichzeitig aber markt- und konsumseitige Schritte und Grenzen erforderlich. Ein hilfreicher Zugang könnte im Konzept einer standortangepassten Grünlandwirtschaft liegen. Mittelfristig könnte damit eine Stabilisierung der Outputzahlen möglich sein. Bislang war eine Mengensteigerung allerdings ein zentraler Bestandteil der ökonomischen Strategie vieler Betriebe in der kleinstrukturierten österreichischen Landwirtschaft. Eine nachhaltige Umsetzung von Klimaschutzaktivitäten erfordert daher Begleitmaßnahmen in Richtung Wertschöpfung am Betrieb.

## 5. Literatur

ALIG, M., U. PRECHSL, K. SCHWITTER, T. WALDVOGEL, V. WOLFF, A. WUNDERLICH, A. ZORN und G. GAILLARD, 2015: Ökologische und ökonomische Bewertung von Klimaschutzmassnahmen zur Umsetzung auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Schweiz. *Agroscope Science* 29, 160.

ANDERL, M., A. FRIEDRICH, M. GANGL, S. HAIDER, E. KAMPEL, T. KÖTHER, M. KRIECH, C. LAMPERT, B. MATTHEWS, K. PAZDERNIK, G. PFAFF, M. PINTERITS, S. POUPA, M. PURZNER, W. SCHIEDER, C. SCHMID, G. SCHMIDT, B. SCHODL, E. SCHWAIGER, B. SCHWARZL, G. STRANNER, M. TITZ, P. WEISS und A. ZECHMEISTER, 2019: Austrias National Inventory Report 2019. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. REP-0677. Umweltbundesamt, Wien, 809 S.

AWI, 2020: Statistik Pflanzliche Produktion Öl- und Eiweißpflanzen, Tab. 14-16: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft. URL: <https://www.agraroeconomik.at/index.php?id=498>.

BALCOMBE, P., J.F. SPEIRS, N.P. BRANDON und A.D. HAWKES, 2018: Methane emissions: choosing the right climate metric and time horizon. *Environmental Science: Processes & Impacts* 20, 1323-1339.

BELLARBY, J., R. TIRADO, A. LEIP, F. WEISS, J.P. LESSCHEN und P. SMITH, 2013: Livestock greenhouse gas emissions and mitigation potential in Europe. *Global Change Biology* 19, 3-18.

EFFENBERGER, M., K. GÖDEKE, S. GREBE, H.D. HAENEL, A. HANSEN, U. HÄÜBERMANN, S. KÄTSCH, A. LASAR, A. NYFELER-BRUNNER, B. OSTERBURG, P. PAFFRATH, E. PODDEY, H. SCHMID, M. SCHRAML, S. WULF und B. ZERHUSEN, 2016: Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft. KTBL.

EITZINGER, J., H. HABERL, B. AMON, B. BLAMAUER, F. ESSL, V. GAUBE, H. HABERSACK, R. JANDL und A. KLIK, 2014: Band 3 Kapitel 2: Land- und Forstwirtschaft, Wasser, Ökosysteme und Biodiversität Volume 3 Chapter 2: Agriculture and Forestry, Water, Ecosystems and Biodiversity. In: KROMP-KOLB, H., T. LINDENTHAL und L. BOHUNOVSKY (Hrsg.): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 23, 363-365.

FEITZLMAYR, H., 2018: Eiweißstrategie – Status Quo und Zukunftschance. Vortrag Wintertagung, Fachtag Ackerbau 30.01.2018, Tulln. Landwirtschaftskammer Oberösterreich.

FLESSA, H., D. MÜLLER, K. PLASSMANN, B. OSTERBURG, A.-K. TECHEN, H. NITSCH, H. NIEBERG, J. SANDERS, O. MEYER ZU HARTLAGE und E. BECKMANN, 2012: Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor. Thünen Institut.

FRITZ, C. und F. GRASSAUER, 2020: Abschätzung einer kalkulatorischen Hoftor-Bilanz für die österreichische Landwirtschaft. Wintertagung, Fachtag Grünland 30.01.2020, Schladming. HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

HERNDL, M., D.U. BAUMGARTNER, T. GUGGENBERGER, M. BYSTRICKY, G. GAILLARD, J. LANSCH, C. FASCHING, A. STEINWIDDER und T. NEMECEK, 2015: Einzelbetriebliche Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Betriebe in Österreich. Abschlussbericht FarmLife. HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

HERRERO, M., S. WIRSENIUS, B. HENDERSON, C. RIGOLOT, P. THORNTON, P. HAVLÍK, I. DE BOER und P.J. GERBER, 2015: Livestock and the environment: what have we learned in the past decade? *Annu. Rev. Environ. Resour.* 40, 177-202.

HÖRTENHUBER, S., G. PIRINGER, W. ZOLLITSCH, T. LINDENTHAL und W. WINIWARTER, 2014: Land use and land use change in agricultural life cycle assessments and carbon footprints – the case for regionally specific land use change versus other methods. *J. Clean. Prod.* 73, 31-39.

KIEFER, L., F. MENZEL und E. BAHRS, 2014: The effect of feed demand on greenhouse gas emissions and farm profitability for organic and conventional dairy farms. *J. Dairy Sci.* 97, 7564-7574.

LORENZ, H., T. REINSCH, S. HESS und F. TAUBE, 2019: Is low-input dairy farming more climate friendly? A meta-analysis of the carbon footprints of different production systems. *J. Clean. Prod.* 211, 161-170.

LYNCH, J., 2019: Availability of disaggregated greenhouse gas emissions from beef cattle production: A systematic review. *Environmental impact assessment review* 76, 69-78.

MYHRE, G., D. SHINDELL, F.-M. BRÉON, W. COLLINS, J. FUGLESTVEDT, J. HUANG, D. KOCH, J.-F. LAMARQUE, D. LEE, B. MENDOZA, T. NAKAJIMA, A. ROBOCK, G. STEPHENS, T. TAKEMURA und H. ZHANG, 2014: Anthropogenic and natural radiative forcing. In: STOCKER, T.F., D. QIN, G.-K. PLATTNER, M. TIGNOR, S.K. ALLEN, J. BOSCHUNG, A. NAUELS, Y. XIA, V. BEX und P.M. MIDGLEY (Hrsg.): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

OSTERBURG, B., S. RÜTER, A. FREIBAUER, T. DE WITTE, P. ELSASSER, S. KÄTSCH, B. LEISCHNER, H.M. PAULSEN, J. ROCK und N. RÖDER, 2013: *Handlungsoptionen für den Klimaschutz in der deutschen Agrar- und Forstwirtschaft.* Thünen Institut.

POORE, J. und T. NEMECEK, 2018: Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* 360, 987-992.

POWLSON, D.S., A.P. WHITMORE und K.W. GOULDING, 2011: Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. *Eur. J. Soil Sci.* 62, 42-55.

RESL, T., K.H. PISTRICH, A. STEINWIDDER, K. KRIMBERGER und R. BADER, 2019: Versorgungsbilanz für Eiweißfuttermittel in der österreichischen Landwirtschaft. Vortrag 05.04.2019, 14. Runder Tisch "Eiweißstrategie", AGES.

SCHIEFER, J., G.J. LAIR, C. LÜTHGENS, E.M. WILD, P. STEIER und W.E. BLUM, 2018: The increase of soil organic carbon as proposed by the "4/1000 initiative" is strongly limited by the status of soil development – A case study along a substrate age gradient in Central Europe. *Sci Total Environ.* 628, 840-847.

SCHMEER, M., R. LOGES, D. NANNEN, M. SENBAYRAM und F. TAUBE, 2009: Lachgasemissionen auf intensiv genutztem Grünland in Abhängigkeit von Bodenverdichtung und Stickstoffdüngung. *Futterbau und Klimawandel: Grünlandwirtschaft als Quelle und Senke von Klimagasen*, 79-87.

SMITH, L.G. und N.H. LAMPKIN, 2019: Greener farming: managing carbon and nitrogen cycles to reduce greenhouse gas emissions from agriculture. *Managing Global Warming*, Elsevier, 553-577.

SOUSSANA, J.-F., V. ALLARD, K. PILEGAARD, P. AMBUS, C. AMMAN, C. CAMPBELL, E. CESCHIA, J. CLIFTON-BROWN, S. CZÓBEL und R. DOMINGUES, 2007: Full accounting of the greenhouse gas (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) budget of nine European grassland sites. *Agric. Ecosyst. Environ.* 121, 121-134.

SOUSSANA, J.-F., T. TALLEC und V. BLANFORT, 2010: Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal* 4, 334-350.

SPANISCHBERGER, A. und N. MITTERBÖCK, 2015: Arbeitsgruppe Boden und Klima. Einflussfaktoren, Daten, Maßnahmen und Anpassungsmöglichkeiten. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 81 S.

WIESMEIER, M., J. BURMEISTER, M. TREISCH und R. BRANDHUBER, 2017: Klimaschutz durch Humusaufbau – Umsetzungsmöglichkeiten der 4 Promille-Initiative in Bayern. 15. Kulturlandschaftstag, Landwirtschaft im Klimawandel, Freising, 21-30.

WRAGE, N., 2010: Grünland als Quelle und Senke für N<sub>2</sub>O. Futterbau und Klimawandel: Grünlandwirtschaft als Quelle und Senke von Klimagasen, 47-52.

ZEHETMEIER, M. und B. ZERHUSEN, 2017: Sparen klimafreundliche Betriebe Geld? 15. Kulturlandschaftstag, Landwirtschaft im Klimawandel, Freising, 65-70.

## Folgen des Klimawandels in der österreichischen Landwirtschaft

Martin Schönhart<sup>1\*</sup>

Klimawandel in der Landwirtschaft kann zumindest aus drei Perspektiven betrachtet werden: den Potenzialen des Klimaschutzes (Mitigation), den hypothetischen Auswirkungen des Klimawandels (Impakt) und den Anpassungsoptionen (Adaption). Dieser Beitrag ist literaturbasiert und fokussiert auf die beiden letzteren anhand zweier Hauptfragen: Welche Folgen könnten sich aus dem Klimawandel für die österreichische Landwirtschaft ergeben? Forschungsarbeiten zu diesem Thema gehen häufig von den derzeitigen Produktionssystemen ohne nennenswerte Anpassung aus. Die zweite Frage bezieht sich daher auf die Anpassungspotenziale der österreichischen Landwirtschaft, die nachteilige Folgen des Klimawandels mildern und positive Folgen nutzbar machen können. Datengrundlage des Beitrags sind die internationale und österreichische wissenschaftliche Literatur. Letztere wurde durch die regelmäßige finanzielle Unterstützung des „Austrian Climate Research Program“ (ACRP) wesentlich geprägt. Im Jahr 2019 wurde beispielsweise der seit 2008 nunmehr 12. Call für Projekte im Volumen von 4 Mio. € ausgeschrieben. Landwirtschaftliche Forschungsfragen sind fester Bestandteil dieser Ausschreibungen, wodurch auf einen guten Bestand an Literatur zu spezifischen österreichischen Fragen zurückgegriffen werden kann. Das Institut für Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung der BOKU nahm von Beginn an diesen Ausschreibungen teil. Deshalb und aufgrund der methodischen und inhaltlichen Nähe des Autors wird im Beitrag insbesondere auf diese Literatur verwiesen.

Ein erster Teil präsentiert erwartbare Klimaänderungen anhand der aktuellen ÖKS15 Klimaszenarien für Österreich (CHIMANI et al. 2016). Dieser Datensatz besteht aus räumlich und zeitlich hochaufgelösten Klimaparametern der Vergangenheit und zukünftigen Szenarien auf Grundlage globaler und regionaler Klimamodelle. Es wird deutlich, dass Klimawandel aus ex-ante Perspektive mit erheblichen Unsicherheiten einhergeht, beginnend bei den zukünftigen Änderungen der Strahlungsbilanz (z.B. durch Treibhausgas-Emissionen), den immer noch erheblichen Lücken im Verständnis des Klimasystems und letztlich seinen stochastischen Eigenschaften. Dies legt methodisch ein Analysieren anhand von kontrastierenden Szenarien nahe, um Unsicherheiten ausreichend zu berücksichtigen.

Im zweiten Teil werden exemplarisch Klimawandelfolgen für die internationale und österreichische Landwirtschaft beschrieben, großteils als Ergebnis von quantitativen Modellierungen. Trotz zahlreicher Wechselwirkungen in Agrarsystemen kann konzeptionell zwischen der physischen pflanzlichen und tierischen Produktion (z.B. Hitzestress) sowie den betrieblichen Einkünften (z.B. veränderte Marktpreise) oder zwischen direkten (z.B. Ertragsänderungen durch höhere Temperaturen) und indirekten Folgen (z.B. CO<sub>2</sub>-Düngungseffekt) des Klimawandels unterschieden werden. Empirische Arbeiten zeigen, dass Richtung und Größenordnung der Ertragseffekte im Pflanzenbau erheblich von den regionalen und betrieblichen Gegebenheiten abhängig sind (z.B. SCHÖNHART et al. 2014). Auf Seiten der tierischen Produktion sind Tierarten und Haltungssysteme unterschiedlich betroffen, ebenfalls mit deutlicher regionaler Prägung (z.B. SCHÖNHART und NADEEM 2015; MIKOVITS et al. 2019). Indirekte Klimawandeleffekte betreffen die österreichische Landwirtschaft über globale Marktprozesse. So führen das Zusammenspiel von Klimaszenarien und sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen in Anwendungen globaler Agrarmarktmodelle zu divergierenden Effekten zwischen leicht sinkenden und um rund 15 % steigenden Preisen für Agrarprodukte im Jahr 2050 (WIEBE et al. 2015). Indirekte Effekte entstehen auch durch veränderte politische Rahmenbedingungen der landwirtschaftlichen Produktion, die durch Mitigations- und Umweltschutzpolitiken unter

<sup>1</sup> Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung, Gregor-Mendel-Straße, A-1180 Wien

\* Ansprechpartner: Dr. Martin Schönhart, email: martin.schoenhart@boku.ac.at

dem Druck der Klimawandelwirkungen erlassen werden könnten. Klimawandel beeinflusst beispielsweise die Bereitstellung von Ökosystemleistungen (z.B. KIRCHNER et al. 2015), die Artenvielfalt und Kulturlandschaft (z.B. SCHÖNHART et al. 2016) oder die Nährstoffemissionen der Landwirtschaft in Österreichs Gewässer (z.B. SCHÖNHART et al. 2018). Ein dritter Teil des Beitrags diskutiert exemplarische Anpassungsoptionen und betriebliche Management-Strategien. Dabei fließen aktuelle Ergebnisse der empirischen Sozialforschung in Österreich ein. Sie machen deutlich, dass LandwirtInnen sehr unterschiedliche Zugänge zum Thema Klimawandel im Allgemeinen und Anpassungsstrategien im Speziellen haben. Die persönliche Einstellung der LandwirtInnen und die Verfügbarkeit an Informationen zu Anpassungsmaßnahmen und deren Wirksamkeit sind zentral (MITTER et al. 2019a). Die Wahl inkrementeller, systemischer oder transformatorischer Anpassungsstrategien – mit steigendem Grad an betrieblichen Veränderungen – wird von persönlichen aber auch sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen bestimmt, wodurch ein erheblicher politischer Gestaltungsspielraum deutlich wird (MITTER et al. 2018). Ein letzter Teil thematisiert die Bedeutung zukünftiger sozio-ökonomischer Rahmenbedingungen der landwirtschaftlichen Produktion in Europa, weil dies eine Grundlage – oftmals nur implizit als Teil von Annahmen in Modellstudien – von Analysen zum Klimawandel ist. Mit den kürzlich entwickelten Eur-Agri-SSPs (MITTER et al. 2019b; eur-agri-ssps.boku.ac.at) liegen fünf Narrative der europäischen Landwirtschaft im Jahr 2050 vor, die sich wesentlich hinsichtlich der Potenziale für Mitigation und Adaption sowie der Klimawandel-Folgen unterscheiden. Abermals zeigt sich, dass Forschungsfragen mit hohen Unsicherheiten ex-ante nur aus einer Szenarien-Perspektive sinnvoll analysiert werden können.

## Danksagung

Der Beitrag wurde im Rahmen des Projekts NitroClim.AT (ACRP10 – NitroClim.AT – KR17AC0K13625) verfasst. NitroClim.AT wird aus Mitteln des 10. Austrian Climate Research Program (ACRP) des Österreichischen Klima- und Energiefonds finanziert.

## Literatur

CHIMANI, B., G. HEINRICH, M. HOFSTÄTTER, M. KERSCHBAUMER, S. KIENBERGER, A. LEUPRECHT, A. LEXER, S. PEBENTEINER, M.S. POETSCH, M. SALZMANN, R. SPIEKERMANN, M. SWITANEK und H. TRUHETZ, 2016: ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich. Daten, Methoden und Klimaanalyse (Projektendbericht). Wien.

KIRCHNER, M., J. SCHMIDT, G. KINDERMANN, V. KULMER, H. MITTER, F. PRETTENTHALER, J. RÜDISSE, T. SCHAUPPENLEHNER, M. SCHÖNHART, F. STRAUSS, U. TAPPEINER, E. TASSER und E. SCHMID, 2015: Ecosystem services and economic development in Austrian agricultural landscapes – The impact of policy and climate change scenarios on trade-offs and synergies. *Ecol. Econ.* 109, 161-174.

MIKOVITS, C., W. ZOLLITSCH, S.J. HÖRTENHUBER, J. BAUMGARTNER, K. NIEBUHR, M. PIRINGER, I. ANDERS, K. ANDRE, I. HENNING-PAUKA, M. SCHÖNHART und G. SCHAUBERGER, 2019: Impacts of global warming on confined livestock systems for growing-fattening pigs: simulation of heat stress for 1981 to 2017 in Central Europe. *Int. J. Biometeorol.* 63, 221-230.

MITTER, H., M. SCHÖNHART, M. LARCHER und E. SCHMID, 2018: The Stimuli-Actions-Effects-Responses (SAER)-framework for exploring perceived relationships between private and public climate change adaptation in agriculture. *J. of Environ. Manag.* 209, 286-300.

MITTER, H., M. LARCHER, M. SCHÖNHART, M. STÖTTINGER und E. SCHMID, 2019a: Exploring Farmers' Climate Change Perceptions and Adaptation Intentions: Empirical Evidence from Austria. *Environ. Manag.* 63, 804-821.

MITTER, H., A.-K. TECHEN, F. SINABELL, K. HELMING, K. KOK, J.A. PRIESS, E. SCHMID, B.L. BODIRSKY, I. HOLMAN, H. LEHTONEN, A. LEIP, C. LE MOUËL, E. MATHIJS, B. MEHDI, M. MICHETTI, K. MITTENZWEI, O. MORA, L. ØYGARDEN, P. REIDSMA, R. SCHALDACH und M. SCHÖNHART, 2019b: A protocol to develop Shared Socio-economic Pathways for European agriculture. *J. of Environ. Manag.* 252, 109701.

SCHÖNHART, M., H. MITTER, E. SCHMID, G. HEINRICH und A. GOBIET, 2014: Integrated Analysis of Climate Change Impacts and Adaptation Measures in Austrian Agriculture. *Ger. J. of Agr. Econ.* 63, 156-176.

SCHÖNHART, M. und I. NADEEM, 2015: Direct climate change impacts on cattle indicated by THI models. *Adv. in Anim. Biosci.* 6, 17-20.

SCHÖNHART, M., T. SCHAUPPENLEHNER, M. KUTTNER, M. KIRCHNER und E. SCHMID, 2016: Climate change impacts on farm production, landscape appearance, and the environment: Policy scenario results from an integrated field-farm-landscape model in Austria. *Agr. Syst.* 145, 39-50.

SCHÖNHART, M., H. TRAUTVETTER, J. PARAJKA, A.P. BLASCHKE, G. HEPP, M. KIRCHNER, H. MITTER, E. SCHMID, B. STRENN und M. ZESSNER, 2018: Modelled impacts of policies and climate change on land use and water quality in Austria. *Land Use Pol.* 76, 500-514.

WIEBE, K., H. LOTZE-CAMPEN, R. SANDS, A. TABEAU, D. VAN DER MENSBRUGGHE, A. BIEWALD, B. BODIRSKY, S. ISLAM, A. KAVALLARI, D. MASON-D'CROZ, C. MÜLLER, A. POPP, R. ROBERTSON, S. ROBINSON, H. VAN MEIJL und D. WILLENBOCKEL, 2015: Climate change impacts on agriculture in 2050 under a range of plausible socioeconomic and emissions scenarios. *Environ. Res. Lett.* 10, 085010.



## Grundfutter im Spannungsfeld der Klimafolgen

### *Forage in the field of tension of climate consequences*

Reinhard Resch<sup>1\*</sup>

#### Zusammenfassung

Der Klimawandel und seine Folgen sind bei unseren Landwirten angekommen! Die zunehmenden Temperaturen sorgen bereits heute in den Sommermonaten für wochenlange Trockenheit. Grünland- und Viehbetriebe erleiden vermehrt deutliche Ertragseinbußen und haben Schwierigkeiten ausreichend qualitativ einwandfreie Grundfutterkonserven für die Fütterung der Nutztiere aus der wirtschaftseigenen Produktion bereitzustellen. Es ist nach heutigem Wissensstand der Klimaforschung davon auszugehen, dass die Lufttemperatur im Alpenraum bis 2050 im Jahresmittel gegenüber dem Referenzmittelwert (1961 bis 1990) um etwa +2°C ansteigen wird. Dieser Umstand wird zu deutlichen Veränderungen, wie einer längeren Vegetationsperiode und Zunahme von Wetterextremen (Hitze-tage, Trockenheit, Starkregen, Hagel und Sturm), führen. Die Pflanzenbestände des Dauergrünlandes, insbesondere die wertvollen Futtergräser, werden vor allem Schwierigkeiten mit Trockenperioden bekommen. Dagegen werden C<sub>4</sub>-Pflanzen wie Mais und Sorghum von höheren Temperaturen profitieren und daher wahr-scheinlich flächenmäßig zunehmen. Schädlinge, wie Engerlinge und Mäuse, aber auch Pflanzenkrankheiten können sich bei zunehmenden Temperaturen stärker ausbreiten und wirtschaftlich spürbare Schäden anrichten. Wetterextremereig-nisse können Futterernten mengen- und qualitätsmäßig massiv schädigen und so die Existenz von Grünlandbetrieben gefährden. Für die Aufrechterhaltung einer flächendeckenden Grünlandbewirtschaftung bedarf es daher in den nächsten Jahren einer entsprechenden Anstrengung von Forschung, Lehre, Beratung, Versicherungswirtschaft und Politik, um gemeinsam mit den Landwirten an regionalen Strategien zu arbeiten und so den Klimafolgen einigermaßen gesichert begegnen zu können.

Schlagwörter: Klimawandel, Futterkonservierung, Futterbau, Trockentoleranz, Wetterextreme, Pflanzenzüchtung, Schädlingsbekämpfung

#### Summary

Climate change and its consequences have reached our farmers! The increasing temperatures are already causing drought periods in the summer months. Grass-land and livestock farms are increasingly suffering significant yield losses and have difficulties in providing sufficient quantities of high-quality home grown forage conserves (silage and hay) for feeding farm animals. According to the current state of knowledge in climate research, it can be assumed that by 2050 the air temperature in the Alpine region will rise by an annual average of about +2°C compared with the reference mean value (1961 to 1990) This circumstance will lead to significant changes, such as a longer vegetation period and an increase in weather extremes (heat, drought, heavy rainfall, hail and storm). The plant stocks of permanent grassland, especially the valuable forage grasses, will have difficulties with dry periods in particular. In contrast, C<sub>4</sub>-crops such as maize and sorghum will benefit from higher temperatures and are therefore likely increase

<sup>1</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft,  
Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

\* Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, email: reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

in area. Pests, such as grubs and mice, but also plant diseases can spread more rapidly with increasing temperatures and cause economically noticeable damage. Extreme weather events can cause massive damage to forage harvests in terms of quantity and quality, thus endangering the existence of grassland farms. In order to maintain comprehensive grassland management, research, teaching, advisory services, the insurance industry and politics will have to make a corresponding effort to work together in the next few years. The aim should be the development of regional strategies in collaboration with farmers in order to be able to counteract the effects of climate change with some degree of certainty.

Keywords: climate change, forage conservation, drought tolerance, weather extremes, plant breeding, pest control

## Einleitung

Global gesehen wiesen die letzten vier Jahre die höchsten Temperaturen seit Beginn der Wetteraufzeichnungen auf. Schuld daran ist unter anderem der nach wie vor steigende CO<sub>2</sub>-Ausstoß, berichtet die Weltorganisation für Meteorologie (WMO 2019). National Geographic (2018) schreibt, dass die Temperaturen der letzten 406 Monate über dem Durchschnitt des gesamten 20. Jahrhunderts lagen. Anhaltende Hitze bedeutet auch immer mehr und immer heftigere Naturkatastrophen in Form von Dürren, Waldbränden oder auch Flutwellen. Dieser Beitrag geht, auf Basis von veröffentlichten wissenschaftlichen Untersuchungen, dem Fragenkomplex der Klimafolgen für die Landwirtschaft und insbesondere jenen für die Grundfutterwirtschaft und die Futtermittelkonservierung nach. Darüber hinaus werden Überlegungen hinsichtlich Klimafolgen für den Grünland- und Viehbetrieb zur Diskussion gestellt.

## Was versteht man unter einem Wetterextremereignis

In der Literatur gibt es keine klare Definition des Begriffs Wetterextremereignis. Extremereignisse im Sinne der Meteorologie sind Wetterlagen, die in ihrem Verlauf signifikant vom regionalen Durchschnitt abweichen. Maßgebliche „extreme“ Wetterereignisse sind für die Landwirtschaft jene, welche messbare Schäden an Pflanzen u.a. verursachen oder sich ungünstig auf Futterwert, Futtermittelkonservierung und Fütterung der Nutztiere auswirken. Als problematische Wetterereignisse können Hagelschlag, Starkregen, Überschwemmung, anhaltende Trockenheit, Hitzestress, Stürme und Frost angesehen werden.

## Klimawandel in Europa

International anerkannte Klimaforscher gehen von einer realistischen, globalen Temperaturerhöhung bis 2050 um etwa +2°C gegenüber dem Referenzmittelwert 1986 bis 2005 aus (PACHAURI et al. 2014). Nach GOBIET et al. (2014) sprechen Zukunftsszenarien im Alpenraum von +2°C (ambitionierte Politik) bis +4°C (keine Anstrengungen) bis zum Jahr 2100 gegenüber dem Referenzmittelwert 1961 bis 1990, d.h. in dieser Region könnte sich der Klimawandel stärker auswirken als im übrigen Europa. Nach JACOB et al. (2014) wird der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft in diesem Zeitraum wahrscheinlich auf über 420 ppm ansteigen. Die Häufigkeit von Dürre war früher 20-jährig und kann künftig 5-jährig zu erwarten sein (GOBIET et al. 2014, GOBIET 2019). Bezogen auf die WMO-Normalperiode 1971-2000 ist bis etwa zur Mitte des 21. Jahrhunderts mit einer Zunahme der Niederschlagsmengen im Alpenraum (+8 %) und nördlich davon zu rechnen (CHIMANI et al. 2015), wobei sich die Niederschläge eher in den Herbst und Winter verlagern werden (*Abbildung 1*). Westlich der Alpen (Frankreich, Spanien) könnten die Niederschläge im Sommer tendenziell stark abnehmen.

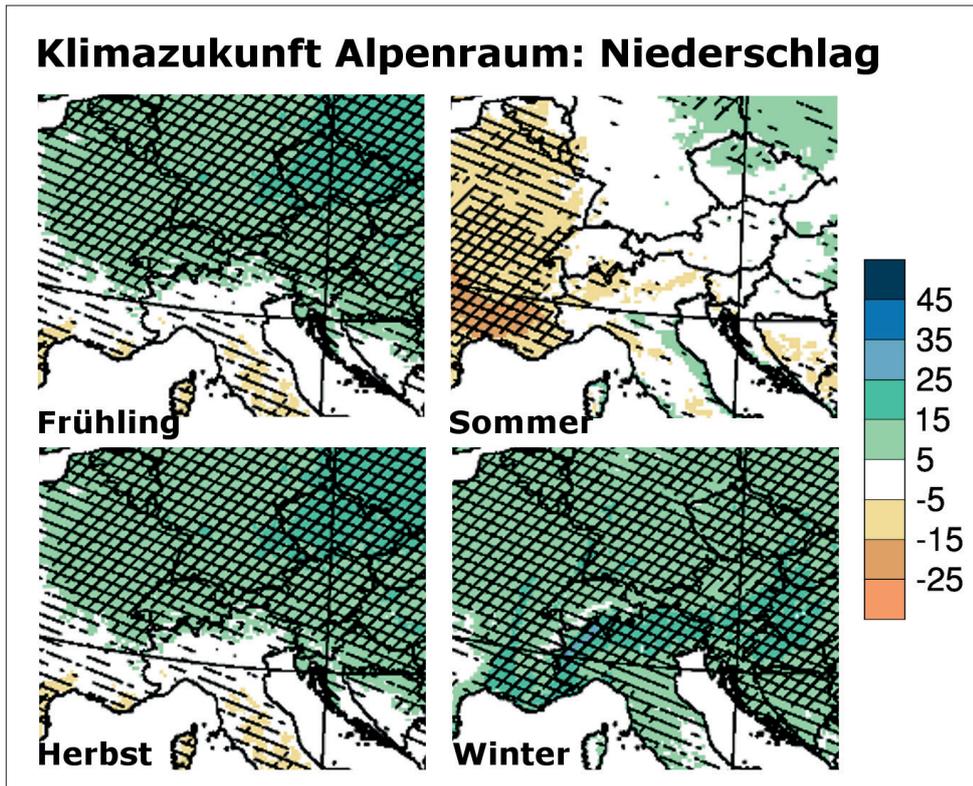


Abbildung 1: Projektionen für die Änderung des Niederschlages auf saisonaler Basis als Mittelwert aller Modelle aus EURO-CORDEX. Vergleich 2071-2100 gegenüber 1971-2000 in % (JACOB et al. 2014; modifiziert), URL: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/standpunkt/klimazukunft/alpenraum/niederschlag> (Stand 23.12.2019)

Generell gilt, dass Klimaszenarien für den Niederschlag stets mit größeren Unsicherheiten behaftet sind, als beispielsweise jene der Temperatur. Gründe dafür liegen in der hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität des Parameters Niederschlag und in der komplexen Wechselwirkung von niederschlagsrelevanten, atmosphärischen Mechanismen mit der Topographie.

## Wettereinfluss auf Futterpflanzen und Futterkonservierung

Aktuelle Untersuchungen aus dem Forschungsprojekt „ClimGrassEco“ der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (*Abbildung 2*) ergaben nach 5 Jahren Beobachtung folgende Erkenntnisse: Die Temperatursummen bewirken bei einer Temperaturerhöhung von +3°C im Frühjahr einen früheren Vegetationsbeginn um 9 bis 16 Tage im Vergleich zur ambienten (derzeitigen) Situation. Eine Temperaturerhöhung von +3°C führt tendenziell zur Reduktion der Gräser und zur Vermehrung von Kräutern. Die phänologische Entwicklung wird beschleunigt, d.h. das Stadium Ähren-/Rispschieben wird im 1. Aufwuchs um ca. 10 Tage früher erreicht. In der Tendenz wachsen Pflanzen nicht mehr so hoch (SCHAUMBERGER et al. 2019). Außerdem ist ein tendenzieller Rückgang des TM-Ertrages von 5 bis 14 % bei +3°C zu erwarten. Ein mit höheren Temperaturen verbundener Trockenstress kann auch zu verringerten XP-Gehalten führen (PÖTSCH et al. 2019). Höhere CO<sub>2</sub>-Gehalte in der Luft von +300 ppm bewirken eine geringere Evapotranspiration und Wasserabgabe der Pflanzen. Je geringer der Niederschlag, umso stärker wirkt sich ein höherer CO<sub>2</sub>-Gehalt auf den Pflanzenstoffwechsel aus (SLAWITSCH et al. 2019).

## Szenario Trockenheit und Hitze

Dürre senkt Bodenfeuchte und Photosyntheseleistung, wodurch weniger Biomasse wächst und die CO<sub>2</sub>-Respiration zunimmt (REINTHALER 2019). Durch Dürreperioden



Abbildung 2: Feldversuch mit künstlich gesteuerter Erhöhung der Temperatur um +1,5 bzw. +3,0°C und Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration um +150 bzw. +300 ppm an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

sinkt aufgrund geänderter Evapotranspiration die Bodenfeuchte in den östlichen Bundesländern tendenziell stärker, selbst bei steigenden Niederschlägen (GOBIET 2019). Höhere Nachttemperaturen von +3°C verringern die Taubildung signifikant, wodurch es zu einer starken Abnahme der Sickerwasserbildung kommt. Jährlich könnten durch eingeschränkte/fehlende Taubildung 40 bis 50 mm Niederschlag verloren gehen. In der Tendenz wird es im Frühjahr vermehrt negative und im Herbst vermehrt positive Wasserbilanzen geben (SLAWITSCH et al. 2019). Die Erholung eines Grünlandsystems nach Trockenstress dauert heute etwa 3 Wochen (ambient) und 5 Wochen bei +3°C/+300 ppm CO<sub>2</sub> (REINTHALER 2019). Nach Regenfall von 40 mm erholt sich ein trockengestresstes Grünlandsystem ziemlich rasch (WANEK et al. 2019). Trockenstress betrifft intensiv bewirtschaftete Grünlandbestände mit jährlich mehr als 3 Schnitten deutlich stärker negativ als Extensivgrünlandflächen (RESCH 2012, RESCH et al. 2017). Bei höheren Temperaturen ist die Photosyntheseleistung von C<sub>4</sub>-Pflanzen (Mais, Sorghum) höher, daher ist in den kommenden Jahrzehnten wahrscheinlich mit einer Zunahme der C<sub>4</sub>-Typen und einer Abnahme bisher verwendeter Grünlandgräser/-leguminosen als Futtergrundlage zu rechnen (TAUBE 2009).

Allgemein könnte sich die Silierbarkeit und aerobe Stabilität von Silagen bei zunehmenden Temperaturen verschlechtern (WILKINSON und MUCK 2019). Dieser Umstand hängt nach McDONALD et al. (1991) mit den schlechteren Lebensbedingungen für Milchsäurebakterien und günstigeren Bedingungen für Clostridien bei mehr als 30°C zusammen. Temperaturen über 35°C führen zu einer erhöhten Sauerstoffbewegung im Futter und ermöglichen ein besseres Wachstum verderbanzeigender Mikroorganismen (PITT und MUCK 1993). Außerdem kommt es zu einer Zunahme der Maillard-Reaktion über 35°C Ernteguttemperatur (ROTZ und MUCK 1994), wodurch die Proteinverdaulichkeit sinkt. Temperaturerhöhung führt tendenziell zur Zunahme von leicht löslichen Kohlenhydraten (NFC) und Lignin, während Tannine eher abnehmen (ABDELGAWAD et al. 2014).

Erfahrungen aus der Praxis zeigen eine Reihe von Problemstellungen auf, die mit hohen Temperaturen und Trockenperioden während der Vegetationszeit zusammenhängen. In *Tabelle 1* werden einige Problemfelder und deren Folgen dargestellt.

## Szenario Hagelschlag/Starkregen

Höhere Temperaturen bedingen entsprechend höhere Energie in der Atmosphäre. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich stärker aufgeheizte Luftmassen im Sommer künftig durch extremere Gewitter entladen, wird tendenziell zunehmen. Mit dieser Aussicht könnte auch die Häufigkeit von Hagelereignissen steigen. Starkregen mit hoher Wassermenge in kurzer Zeit zeichnen sich in der Folge meist durch schlechte Wasserverfügbarkeit für Boden/Pflanzen aus, weil viel Wasser oberflächlich abfließt und nicht zur Gänze von den Pflanzen aufgenommen werden kann (GOBIET 2019).

Tabelle 1: Trockenheitsbedingte Probleme an Beständen von Grundfutterpflanzen und daraus resultierende negative Folgewirkungen

Problemstellung	Folgewirkungen
Wassermangel	Trockenstress bremst Wachstum und erhöht Risiko von Ertragsverlusten; Wirtschaftsdünger wirken kaum, ein Teil bleibt auf den Pflanzen kleben und verschmutzt das Futter mit Schadkeimen, wodurch die Qualität der Futtermischungen verschlechtert wird
Notreife	Beschleunigung der phänologischen Pflanzenentwicklung (höherer TM- und Gerüstsubstanzengehalt, schlechtere Verdaulichkeit); Verschlechterung der Silierbarkeit und des Hygienestatus des Grundfutters
Pflanzenkrankheiten	Trockenstress schwächt die Pflanzengesundheit; höhere Anfälligkeit für Krankheiten wie Verticillium; Zweitkolbenausbildung bei Silomais fördert Pilzbelastung und verringert die aerobe Stabilität; neue pathogene Keime, wie z.B. <i>Aspergillus flavus</i> (Aflatoxin-Bildner), treten auf
Narbenschäden am Grünland	Ertragsverlust; wertvolle Futtergräser werden weniger; abgestorbene Pflanzenteile verringern Verdaulichkeit des Futters; Gefahr der Futtermittelverschmutzung mit Erde durch offenen Boden; Lückenfüller wie Gemeine Rispe ( <i>Poa trivialis</i> ), Kuhlblume ( <i>Taraxacum officinale</i> ), Scharfer Hahnenfuß ( <i>Ranunculus acris</i> ) oder Stumpfblättriger Ampfer ( <i>Rumex obtusifolius</i> ) u.a. besiedeln den Freiraum
Austrocknung Oberboden bei gewissen Bodentypen (Krumtrockenheit)	Staubigkeit und Gefahr der Futtermittelverschmutzung steigt, speziell bei Rotationsmähdreschern und Aufbereittersystemen (Staubsaugereffekt); Anstieg ungünstiger Mikroorganismen (Clostridien, ...)
Erschwernis bei Silierung	Höhere TM-Gehalte des Ernteguts in Verbindung mit schlagkräftiger Erntetechnik (Häckslerkette) führen zu schlechterer Verdichtung im Silo und zu Problemen mit der Silagequalität (WILKINSON und MUCK 2019); Bedeutung des Zeitmanagements bei der Silierung steigt
Schädlingsvermehrung (Engerlinge, Mäuse u.a.)	Ertragsverlust; Narbenschädigung und Futtermittelverschmutzung → Verringerung Futterwert (PÖTSCH et al. 1997, RESCH et al. 2018); gezielte Schädlingsbekämpfung notwendig
Sanierungsbedarf	Finanzielle, organisatorische und zeitliche Belastung des Betriebes; Verwendung von Qualitätssaatgut mit trocken-toleranten Arten und Sorten → günstigerweise mit tiefreichendem Wurzelsystem wie z.B. Luzerne ( <i>Medicago sativa</i> ), Rohrschwingel ( <i>Festuca arundinacea</i> )

## Extreme Wetterereignisse und deren Folgen

Mit der durch den Klimawandel prognostizierten Zunahme von schädigenden Wetterereignissen steigt für landwirtschaftliche Betriebe höchstwahrscheinlich die Gefahr von existenzbedrohenden wirtschaftlichen Schäden. In Österreich betrug der Gesamtschaden in der Landwirtschaft durch mangelnden Niederschlag und Hitze im Jahr 2018 mehr als 230 Millionen Euro. In der Grünland- und Viehwirtschaft werden vom Klimawandel insbesondere jene Betriebe in Regionen mit hohem Anteil an Dauergrünland stärker betroffen sein als Futterbaubetriebe, weil sich ein Dauergrünlandökosystem nach einem Extremereignis vielfach zu langsam selbst regeneriert bzw. nicht so einfach durch Nach-/Übersaat mit Samenmischungen angepasst werden kann.

In Österreich wurden mit einer Versicherung (Österreichische Hagelversicherung) maßgeschneiderte Produkte für viehhaltende Landwirte entworfen, wodurch im Fall von Dürre auf Grünlandflächen entsprechende Schadensentschädigungen ausgeschüttet werden. In der Folge können geschädigte Landwirte zumindest Futter für die Nutztiere zukaufen und damit den Ernteverlust ausgleichen oder das Geld in die Grünlandsanierung investieren. Bei Überschwemmungen nach Starkregenereignissen bieten Versicherungen meist keinen Schutz für landwirtschaftliche Flächen. Hier können derzeit nur die betroffenen Länder für eine Katastrophenhilfe sorgen und die Landwirtschaft in Form einer Sonderfinanzierung unterstützen.

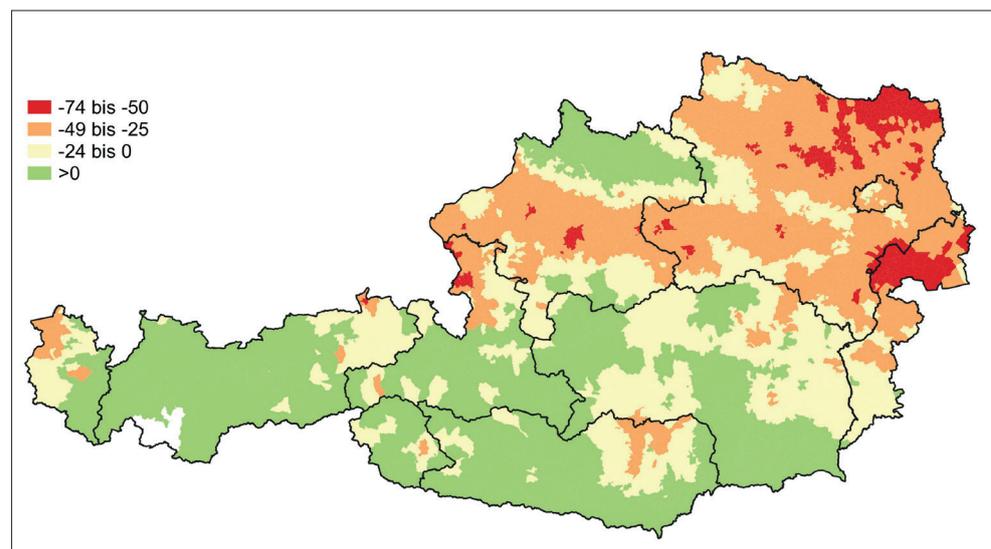
Tabelle 2: Probleme an Beständen von Grundfutterpflanzen durch Hagelschlag bzw. Starkregen/Überschwemmung und daraus resultierende negative Folgewirkungen

Problemstellung	Folgewirkungen
Massiver Wasserüberschuss bei Starkregen/Überflutung	Teilschädigung bis Totalverlust der Erntemenge; große Wassermengen sorgen für Futterverschmutzung durch Erde; bei Überschwemmung können Steine, Holz, Müll u.a. auf die Fläche gelangen → starke Verminderung des Futterwertes; Starkregen können zu Bodenerosion führen → Verlust wertvoller Anteile des fruchtbaren Oberbodens
Mechanische Verletzung der Pflanzen durch Hagelschlag	Besondere Bedeutung bei Futterpflanzen wie Silomais und Getreide, die nur einmal geerntet werden → komplette Jahresernte betroffen; Eintrittspforte für verschiedene Mikroorganismen wie z.B. Fusarium auf verletzten Maiskolben → Toxinbildung; Beulenbrand bei Mais → Verringerung an verdaulichem Protein und Energie; Vermehrung verderbanzeigender Schimmelpilze führt zu schlechter aerober Stabilität der Silage nach Siloöffnung
Verschlechterung der Konservierbarkeit	Je stärker die Schädigung der Pflanzen, umso ungünstiger wird die Vergärbarkeit → Evaluierung des Schadensausmaßes und Entscheidung über Erntezeitpunkt (SPIEKERS et al. 2009); Einsatz von wirksamen Silierhilfsmitteln
Sanierungsbedarf	Ausmaß kann besonders bei Überflutung extreme Dimensionen erreichen → Entfernung von eingetragenen Material (Schwemmgut) oft nur mit schwerem Gerät möglich; Bodenfruchtbarkeit ist vielfach auf Jahre reduziert

## Sicherstellung von Qualität und Quantität des Grundfutters

Der Klimawandel und seine Folgen sind bei unseren Landwirten angekommen! Es wird künftig großen Anstrengungen und Zusammenarbeit auf jeder Ebene bedürfen, damit die nationale Produktion und Qualität von Futter- und Lebensmitteln sichergestellt werden kann. Die heute zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten, wie Fernerkundung, Wettervorhersage, hohe Schlagkraft bei der Futterernte, müssen ausgeschöpft und verbessert werden, um eine flächendeckende Landwirtschaft und die regionale Produktion erhalten zu können. Nachstehend werden einige Überlegungen zur Diskussion gestellt.

Abbildung 3: Prozentuelle Niederschlagsabweichung vom Vegetationsbeginn 2019 (1. März bis 23. April) im Vergleich zum 10-Jahres Durchschnitt 2009-2018, Datenquelle: ZAMG, Aufbereitung: Österreichische Hagelversicherung



## Klimafolgen – Überlegungen für den Grünland- und Viehbetrieb

Landwirtschaftliche Betriebe bzw. Betriebszweige können durch Wetterextremereignisse in ihrer Existenz gefährdet werden. Je besser Betriebsleiter/Innen auf derartige Situationen fachlich vorbereitet sind, umso weniger Fehlentscheidungen werden getroffen, wenn ein Ereignis tatsächlich eintritt. Neben den Landwirten sind Forschung, Lehre und Beratung ebenso stark gefordert, um auf die Veränderungen rechtzeitig einzugehen.

- *Risikobewertung von Wetterereignissen für den Betrieb:* Am Beispiel Niederschlag (Abbildung 3) soll gezeigt werden, dass sich Regionen abzeichnen, wo sich in Österreich Trockenheit mehr oder weniger deutlich auswirken könnte. Ähnlich funktionieren hydrologische Modelle, welche das regionale Risiko von Hochwasserereignissen berechnen können. Temperaturerhöhung und Wasserknappheit im Sommer werden in Zukunft die Grünlandwirtschaft in Österreich wahrscheinlich am stärksten verändern. Teilweise könnte mit Beregnung begegnet werden, sofern die Wasserversorgung rechtlich gesichert ist.
- *Wetterprognosen verfolgen:* Von der Nachwinterentwicklung bis zum Saisonabschluss; die Verwendung ortsspezifischer Mehrtagesprognosen der Wetterdienste ist sinnvoll. Die gute Abstimmung des Managements (Ernte, Düngung, Pflege) auf das Wetter gehört in der Landwirtschaft zur Professionalität, um Prozesse ins Optimum zu lenken.
- *Konsequenzen des Wetters für Futterertrag und -qualität bedenken:* Futterreserven spielen künftig eine wichtigere Rolle als bisher; Ernte- und Qualitätsverluste erfordern strategische Vorbereitungen wie Futterzukauf, Verwendung von alternativem Grundfutter (Grünroggen, Sorghum, Zwischenfrüchte u.a.) und richtige Auswahl von Ergänzungsfuttermitteln.
- *Bodenschonende Bewirtschaftung bei intensivem Grünlandmanagement:* Vermeidung von Bodenverdichtungen in den Fahrspuren bewahrt nach DIEPOLDER et al. (2005) vor Ertragsverlust von ca. 10-15 % und fördert das Bodenleben. Darüber hinaus bietet Bodenschonung Vorteile hinsichtlich Pflanzenbestand (BOHNER et al. 2017) und Wasserverfügbarkeit.
- *Wirksame Düngung bei Trockenheit:* Höhere Gülleverdünnung verbessert die Verfügbarkeit der Nährstoffe für die Pflanzen. Darüber hinaus ist die bodennahe Gülleausbringung zu kühleren Tageszeiten anzustreben.
- *Ackerfutterbau vs. Dauergrünland:* Feldfutterbau ist prinzipiell flexibler als Dauergrünland, weil hier schneller auf sich ändernde Bedingungen angepasst werden kann. Andererseits muss hier auf das Umbruchverbot von Grünland und die klimaschädliche CO<sub>2</sub>-Freisetzung aus dem Humus beim Umbruch hingewiesen werden!
- *Pflanzenzüchtung und Sortenwertprüfung sind gefordert:* Trockentolerante Arten/Sorten verfügen meist über tieferreichendere Wurzelsysteme (KUTSCHERA und LICHTENEGGER 1982 bzw. KUTSCHERA und LICHTENEGGER 1992). Züchterische Bearbeitung und Vermehrung von interessanten Kräuterarten wurde bisher für die Futterwirtschaft vernachlässigt. Züchtung von krankheitsresistenten Sorten wird wichtiger.
- *Bewertung des Futterstatus vor der Ernte:* Für den jeweiligen Zustand sollte die optimalste Technik für die Konservierung (Verfahren, TM-Gehalt, Silierhilfsmittel, ...) angewendet und dadurch Verluste auf ein Minimum reduziert werden können.
- *Gezielte Siliermittelanwendung:* Zu bestimmten Problemstellungen, wie suboptimaler TM-Gehalt, Erdverschmutzung, Pflanzenkrankheiten, schlechte Verdichtung u.a., sollten wirksame Produkte mit einer effizienten Dosierungstechnik zur Verfügung stehen; fachliche Schulungen der Anwender sind essentiell für den Erfolg.
- *Grünlandregeneration/-sanierung:* Schädigung von Grundfutterpflanzenbeständen durch Wetterextreme muss sofort bewertet werden. Anschließend müssen Maß-

nahmen für die Wiederherstellung einer dichten Grasnarbe oder die Anlage einer Alternativkultur bedacht werden, dazu gehören Auswahl einer passenden Saatechnik, Samenmischung und Zeitpunkt der Ansaat. Regeneration von Grünlandflächen ist im Spätsommer (Mitte August bis Mitte September) meist erfolgreicher, weil mit Taubildung gerechnet werden kann und die Temperaturen im Trend sinken.

- *Konservierung von Zwischenfrüchten:* Nach Wetterextremen muss mit Engpässen beim Grundfutter gerechnet werden. In dieser Situation können Produktionslücken auf Ackerflächen vielfach mit alternativen Futtermitteln (Grünroggen u.a.) oder durch double-cropping (z.B. Wintergetreide und anschließend Hirse) gefüllt werden, die dennoch einen akzeptablen Futterwert besitzen. Je nach Schwere des Futtermangels werden teilweise auch Zwischenfrüchte zur Futtergewinnung freigegeben. Für den reinen Grünlandbetrieb kommen diese Optionen meist nicht in Frage.
- *Futtertransfer:* Treten regionale Futterengpässe auf, können diese teils mit national vorhandenen Futterreserven ausgeglichen werden. Für den Transport wären Heuballen optimal. Diese sollten hygienisch einwandfrei sein. Die Einrichtung von Futterbörsen mit einem qualitätsbezogenen Preis- und Kontrollsystem wäre anzustreben.
- *Erhöhung des Wissensstandes:* Zum Fragenkomplex Klimafolgen in der Grundfutturwirtschaft muss gezielte Forschung betrieben werden, um den Herausforderungen der künftigen Veränderungen auf Basis von Fakten begegnen zu können.
- *Rascher Wissenstransfer:* Erkenntnisse aus der Forschung müssen schnell und effizient durch Lehre und Beratung in die Praxis übertragen werden. Informationen sollten neben Schulungen transparent über Medien wie Internet, Zeitschriften u.a. zur Verfügung gestellt werden.

## Literatur

ABDELGAWAD, H., D. PESHEV, G. ZINTA, W. VAN DEN ENDE, I.A. JANSSENS und H. ASARD, 2014: Climate extreme effects on the chemical composition of temperate grassland species under ambient and elevated CO<sub>2</sub>: a comparison of fructan and non-fructan accumulators. PLoS One 9 (3), e92044, URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0092044>, (Stand: 23.12.2019)

BOHNER, A., P. GEHMACHER, G. BODNER und P. STRAUSS, 2017: Bodenverdichtung im Dauergrünland und ihre Auswirkung auf die Grünlandvegetation. Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment, 68, 113-129.

CHIMANI, B., G. HEINRICH, M. HOFSTÄTTER, M. KERSCHBAUMER, S. KIENBERGER, A. LEUPRECHT, A. LEXER, S. PESSENSTEINER, M.S. PÖTSCH, M. SALZMANN, R. SPIEKERMANN, M. SWITANEK und H. TRUHETZ, 2016: ÖKS15-Klimaszenarien für Österreich. Daten, Methoden und Klimaanalyse, Report, Vienna.

DELTEDESCO, E., K. KEIBLINGER, M. NAYNAR, H.P. PIEPHO, M. GORFER, E.M. PÖTSCH und S. ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, 2019: Einfluss des Klimawandels auf Stickstoffflüsse im Grünlandökosystem. 21. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Klimawandel im Alpenraum – Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland und dessen Bewirtschaftung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 26. und 27. März 2019, 19-22.

DIEPOLDER, M., R. SCHRÖPEL, R. BRANDHUBER, J. BAUCHHENS und B. JAKOB, 2005: Versuchsergebnisse zur Auswirkung zunehmender mechanischer Belastung im Intensivgrünland. 49. Jahrestagung der AGGF, 25.-27.08.2005, Band 7, 210-213.

GOBIET, A., S. KOTLARSKI, M. BENISTON, G. HEINRICH, J. RAJCZAK und M. STOFFEL, 2014: 21<sup>st</sup> century climate change in the European Alps - A review. Science of The Total Environment 493, 1138-1151.

GOBIET, A., 2019: Szenarien zum Klimawandel im Alpenraum. 21. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Klimawandel im Alpenraum – Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland und dessen Bewirtschaftung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 26. und 27. März 2019, 1-2.

JACOB, D., J. PETERSEN, B. EGGERT, A. ALIAS, O.B. CHRISTENSEN, L. BOUWER, A. BRAUN, A. COLETTE, M. DÉQUÉ, G. GEORGIEVSKI, E. GEORGOPOULOU, A. GOBIET, L. MENUT, G. NIKULIN, A. HAENSLER, N. HEMPELMANN, C. JONES, K. KEULE, S. KOVATS, N. KRÖNER, S. KOTLARSKI, A. KRIEGSMANN, E. MARTIN, E. MEIJGAARD, C. MOSELEY, S. PFEIFER, S. PREUSCHMANN, C. RADERMACHER, K. RADKTE, D. RECHID, M. ROUNSEVELL, P. SAMUELSSON, S. SOMOT, J.-F. SOUSSANA, C. TEICHMANN, R. VALENTINI, R. VAUTARD, B. WEBER und P. YIOU, 2014: EURO-CORDEX: New high-resolution climate change projections for European impact research. – *Regional Environmental Change* 14, 2, 563–578, doi:10.1007/s10113-013-0499-2.

KUTSCHERA, L. und E. LICHTENEGGER, 1982: Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band 1, Monocotyledoneae. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 516 S.

KUTSCHERA, L. und E. LICHTENEGGER, 1992: Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band 2, Pteridophyta und Dicotyledoneae. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 851 S.

McDONALD, P., A.R. HENDERSON und S.J.E. HERON, 1991: *The biochemistry of silage* 2<sup>nd</sup> ed. Marlow, UK: Chalcombe Publications.

National Geographic, 2018: URL: <https://www.nationalgeographic.com/environment/2018/12/2019-may-be-hottest-year-yet-el-nino-climate-change/>, published 06.12.2018, (Stand: 23.12.2019).

PACHAURI, R.K., M.R. ALLEN, V.R. BARROS, J. BROOME, W. CRAMER, R. CHRIST, J.A. CHURCH, L. CLARKE, Q. DAHE und P. DASGUPTA, 2014: *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland*, 151 S.

PITT, R.E. und R.E. MUCK, 1993: A Diffusion Model of Aerobic Deterioration at the Exposed Face of Bunker Silos. *Journal of Agricultural Engineering Research* 55, 11-26.

PÖTSCH, E.M., H. STRASSER und H. BERGER, 1997: Was Sie über tierische Schädlinge am Grünland wissen sollten. *Der fortschrittliche Landwirt, ÖAG Sonderbeilage 2/1997*, 9 S.

PÖTSCH, E.M., M. HERNDL, A. SCHAUMBERGER, M. SCHWEIGER, R. RESCH und M. ADELWÖHRER, 2019: Auswirkungen zukünftiger Klimabedingungen auf Ertrag und Futterqualität im Grünland. 21. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Klimawandel im Alpenraum – Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland und dessen Bewirtschaftung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 26. und 27. März 2019, 49-54.

REINTHALER, D., 2019: Auswirkungen des Klimawandels auf den Kohlenstoffkreislauf im Grünland. 21. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Klimawandel im Alpenraum – Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland und dessen Bewirtschaftung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 26. und 27. März 2019, 15-19.

RESCH, R., 2012: Stoffflüsse, Futtererträge und Biodiversität bei differenzierter Grünlandbewirtschaftung in Österreich, Abschlussbericht des Forschungsprojektes »NEFA«, Nr. 2345 (DaFNE 100080), HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 29 S.

RESCH, R., K. BUCHGRABER und E.M. PÖTSCH, 2017: Bewertungskriterien für eine standortangepasste und produktionsorientierte Bewirtschaftungsintensität von Dauer-

wiesenbeständen in Österreich, Abschlussbericht des Forschungsprojektes »DW-NET«, Nr. 2391 (DaFNE 100844), HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 27 S.

RESCH, R., P. FRANK, G. STÖGMÜLLER, F. TIEFENTHALLER, G. PERATONER, A. ADLER, J. GASTEINER und E.M. PÖTSCH, 2018: Futtermittelverschmutzung mit Erde – Ursachen, Erkennung, Auswirkungen. ÖAG-Info 5/2018, Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG), Irdning-Donnersbachtal, 16 S.

ROTZ, C.A. und R.E. MUCK, 1994: Changes in forage quality during harvest and storage. Chapter 20, 828-868; In: FAHEY, G.C., M. COLLINS und D.R. MERTENS, 1994: Forage quality, evaluation, and utilization. National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization (University of Nebraska). No. 636.20855. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. Soil Science Society of America.

SCHAUMBERGER, A., E.M. PÖTSCH und M. SCHWEIGER, 2019: Veränderungen der Vegetationsdynamik unter zukünftigen Klimabedingungen. 21. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Klimawandel im Alpenraum – Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland und dessen Bewirtschaftung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 26. und 27. März 2019, 35-44.

SLAWITSCH, V., S. BIRK, M. HERNDL und E.M. PÖTSCH, 2019: Einfluss des Klimawandels auf die Bodenwasserbilanz im inneralpinen Grünland. 21. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Klimawandel im Alpenraum – Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland und dessen Bewirtschaftung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 26. und 27. März 2019, 11-14.

SPIEKERS, H., H. NUSSBAUM und V. POTTHAST, 2009: Erfolgreiche Milchviehfütterung, 5. erweiterte und aktualisierte Auflage mit Futtermittelkonservierung, DLG Verlag, Frankfurt am Main, 576 S.

TAUBE, F., 2009: Klimawandel und Futterbau. 53. Jahrestagung der AGGF zum Thema „Futterbau und Klimawandel. Grünlandwirtschaft als Quelle und Senke vom Klimagasen“, Band 10, 7-24.

WANEK, W., A. CANARINI, E. SIMON, J. SILVA, J. PROMMER, I. BOGDANOVIC, T. MAXWELL, E.M. PÖTSCH, M. BAHN und A. RICHTER, 2019: Auswirkungen des Klimawandels auf mikrobielle Gemeinschaften und deren Funktionen in Böden: Das ClimGrass-Experiment. 21. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Klimawandel im Alpenraum – Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland und dessen Bewirtschaftung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 26. und 27. März 2019, 23-24.

WILKINSON, J.M. und R.E. MUCK, 2019: Ensiling in 2050: Some challenges and opportunities. Grass and Forage Science, 0, 10.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO), 2019, URL: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-climate-statement-past-4-years-warmest-record>, (Stand: 23.12.2019).

# Bewässerung der Berglandwirtschaft in Südtirol

## *Irrigation in mountain farming in South Tyrol*

Thomas Prünster<sup>1\*</sup>

### Zusammenfassung

Die Bewässerung spielt in Südtirol bereits seit Jahrhunderten eine Rolle in der Landwirtschaft und hat im Grünlandbereich vor allem während Trockenperioden einen positiven Einfluss auf den Futterertrag, währenddessen die Qualität des Grundfutters eher weniger davon beeinflusst wird. Derzeit wird in der Grünlandberatung eine wöchentliche Bewässerung mit max. 25 mm empfohlen. Wird durch eine Bewässerung der Wasserbedarf der Grünlandbestände überschritten, so konnte in der Praxis beobachtet werden, dass sich der Pflanzenbestand im Laufe der Zeit verändert hat und vermehrt Gemeine Rispe (*Poa trivialis*) und Wiesenkerbel (*Anthriscus sylvestris*) aufgetreten sind. Ebenso konnte festgestellt werden, dass eine niedrige Wassertemperatur ein reduziertes Wachstum der Futtergräser hervorrufen kann. Derzeit wird in Südtirol im Bereich Obst- und Weinbau ein Modell getestet, welches in Echtzeit den Wasserbedarf der Kulturpflanzen messen kann. Dieses Modell könnte möglicherweise auch in der Zukunft eine Rolle im Grünlandbereich spielen. Nur wenige Länder und Regionen verwenden eine Bewässerung im Grünland, so dass der Umfang der Studien über den Wasserbedarf von Futterpflanzen sehr begrenzt ist. Im Besonderen müssen auch noch abgeklärt werden, welche Auswirkungen eine Bewässerung und deren Wassertemperatur auf den Pflanzenbestand hat.

Schlagwörter: Bewässerung, Grünland, Ertrag, Futterqualität

### Summary

Irrigation has played a role in agriculture in South Tyrol for centuries and has a positive influence on fodder yield in grassland, especially during dry periods, while the quality of the basic fodder is less affected. Currently, the grassland advisory service recommends weekly irrigation with a maximum of 25 mm. If irrigation exceeds the water requirement of grassland stands, it has been observed in practice that the plant stock has changed over time and that more *Poa trivialis* and *Anthriscus sylvestris* have appeared. It was also found that a low water temperature can cause reduced growth of forage grasses. Currently, a model is being tested in South Tyrol's orchards and vineyards, which can measure the water demand of crops in real time. Maybe this technique could be also adapted to the requirements of grassland. Only few countries and regions use irrigation in grassland so that the amount of studies on the water requirements of forage plants is very restricted. In particular, the effects of irrigation and its water temperature on the plant stock still need to be clarified.

Keywords: Irrigation, grassland, yield, feed value

<sup>1</sup> BRING Beratungsring Berglandwirtschaft Südtirol, Galvanistraße 38, I-39100 Bozen

\* Ansprechpartner: Thomas Prünster, email: pruenster.t@bring.bz.it

## Situation der Bewässerung in Südtirol

Die Bewässerung in Südtirol spielt bereits seit Jahrhunderten eine wesentliche Rolle in der Landwirtschaft. Bereits 1333 wurde die Bewässerung in Glurns erwähnt. In erster Linie handelte es sich um Waalbewässerungen, mit welchen das Wasser durch Eigengefälle von höheren Lagen über Waale zu den jeweiligen Flächen geleitet und diese überflutet wurden. Um 1900 gab es in Südtirol ca. 1.000 Waale mit einer Gesamtlänge von über 1.000 km. Mit dem Bau von Beregnungsanlagen in St. Magdalena (Bozen) um 1930 begann dann das rasche Verschwinden der Waale. Heute werden in Südtirol etwa 55.000 ha landwirtschaftliche Nutzflächen bewässert. Aufgrund der in den vergangenen Jahren mehrfach wiederkehrenden Trockenheit werden auch immer mehr Grünlandflächen bewässert. In Südtirol werden die Wasserreserven von den Niederschlägen mit einer jährlichen Wassermenge von 5.000 Mio. m<sup>3</sup> gespeist.

Tabelle 1: Gesamtwassermenge in Relation zur einzelnen Kategorie (AUTONOME PROVINZ BOZEN 2017)

Kategorie	Jährlicher Wasserverbrauch	Anteil an Wasserreserven
Landwirtschaft	150 Mio. m <sup>3</sup>	3 %
Industrie	50 Mio. m <sup>3</sup>	1 %
Trinkwasser	45 Mio. m <sup>3</sup>	1 %
Schneeerzeugung	9 Mio. m <sup>3</sup>	0,2 %

Tabelle 2: Bewässerte landwirtschaftliche Flächen in Südtirol

Kultur	Gesamtfläche	Anteil bewässerte Fläche
Weinbau	5.000 ha	ca. 80 %
Obstbau	18.500 ha	100 %
Grünland, Ackerland, Gemüse	216.000 ha	15 - 20 %

Die Bewässerung des Grünlands wird vor allem im Westen Südtirols eingesetzt. Dies ist auf die unterschiedlichen jährlichen Niederschlagsmengen zurückzuführen. Der Vinschgau zählt mit 400 bis 500 mm Niederschlag pro Jahr zu den trockensten Tälern des gesamten Alpenraums. Außer im Passeiertal mit über 1.000 mm Niederschlag, weisen die restlichen Täler Südtirols Jahreswerte zwischen 700 und 900 mm Niederschlag auf. Die höheren Lagen weisen generell höhere Niederschlagsmengen auf, die vor allem im Sommerhalbjahr fallen. Den Winter und die erste Frühlingszeit kennzeichnen lange Trockenperioden, mit 60 bis 80 Tagen ohne Niederschlag. In den Monaten Juli und August wird das Sommermaximum der Niederschläge erreicht und im Herbst sind in den Monaten Oktober und November die höchsten Niederschlagsmengen zu verzeichnen. In den Tallagen vor allem im unteren Vinschgau, Burggrafenamt, Bozen, Überetsch, Unterland und Eisacktal wird für das Beregnungswasser Grundwasser verwendet, welches von jedem landwirtschaftlichen Betrieb durch Tiefbrunnen und Pumpen auf der Fläche verteilt wird. Andere Bewässerungsanlagen bzw. größere Anlagen werden hingegen zum Beispiel von eigens errichteten Auffangbecken, Wasserfassungen, Stauseen oder noch verwendeten Waalen gespeist. Diese Anlagen werden von Konsortien geführt und Instand gehalten und die Bewässerung über Turnusse geregelt.

## Regelung der Bewässerung

In Italien ist seit 1999 jegliches Gewässer, mit Ausnahme des Regenwassers, öffentliches Gut (Grund- und Quellwasser, Bäche und Flüsse, Seen, Meer). Jeder, der Wasser ableiten bzw. nutzen möchte, braucht deshalb eine wasserrechtliche Bewilligung (Wasser-

konzession), die von der zuständigen Verwaltungsbehörde ausgestellt wird. Diese Wasserkonzession ist zeitlich begrenzt und unterliegt der Bezahlung eines Wasserzinses. Der Wasserzins wird alle 2 Jahre von der Landesregierung den Lebenshaltungskosten angepasst und aufgrund der Nutzungsart und der konzessionierten Wassermenge festgelegt.

Tabelle 3: Auszug aus der Liste Wasserzins (Beschluss der Landesregierung vom 19.02.2019, Nr. 92)

Wassernutzung	€ pro l/s (KW)	Mindestzins €
Beregnung	2,00	bis 53,30 € Freibetrag
Bewässerung	2,00	bis 53,30 € Freibetrag
Frostschutz	2,00	bis 53,30 € Freibetrag
Tränkwasser	13,60	bis 53,30 € Freibetrag
Löschwasser	13,60	bis 53,30 € Freibetrag
Trinkwasser	13,60	bis 53,30 € Freibetrag
Hauswasser	13,60	bis 53,30 € Freibetrag

Diese Gebühren sind für das laufende Jahr aufgrund der Zahlungsaufforderung des Amtes für Einnahmen einzubezahlen. Wird der Wasserzins für 3 Jahre nicht bezahlt, kann die Konzession entzogen werden. Der Wassernutzungsplan legt unter anderem auch fest, wieviel Wasser entnommen werden darf. Das heißt, dass 2 l/s Wasser und pro km<sup>2</sup> Einzugsgebiet als Restwasser im Bachbett verbleiben müssen. 0,5 l/s Wasser und pro km<sup>2</sup> Einzugsgebiet sind für die Landwirtschaft reserviert. Die Restwassermenge kann nur durch eine Sonderregelung für Trockengebiete und nach Überprüfung unterschritten werden.

## Einfluss der Bewässerung auf Ertrag und Futterqualität

Im Grünland werden Bewässerungsanlagen von den Landwirten in erster Linie zur Vermeidung von Ertragsausfällen in Trockenperioden und nicht zur Steigerung der Futterqualität, installiert. In der Untersuchung „Einfluss der Beregnung auf Futterertrag und -qualität von Bergwiesen in Südtirol“ von 2007 bis 2009 konnten GIOVANNI PERATONER et al. feststellen, dass eine Wassermenge von 25 mm pro Woche einen positiven Einfluss auf die Futtermenge hat, aber einer Wassermenge zwischen 25 mm und 35 mm pro Woche keinen Unterschied in der Futtermenge brachte. In der Untersuchung wurde aber deutlich, dass die Bewässerung in Perioden mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen besonders wirksam wird und somit die Bewässerung nach Bedarf die optimale Lösung darstellen würde. Hinsichtlich der Futterqualität konnte keine Verbesserung festgestellt werden.

Tabelle 4: Effekt unterschiedlicher Beregnungsgaben und -häufigkeiten auf den TM-Ertrag (dt/ha) in den Jahren 2006 und 2007. Auswertung im Jahr 2006 mit logarithmierten Daten. Mittelwerte ohne gemeinsame Buchstaben innerhalb jedes Jahres unterscheiden sich signifikant voneinander (GIOVANNI PERATONER et al. 2009)

Behandlung	Jahr	
	2006	2007
Kontrolle	72,6 <sup>b</sup>	55,2 <sup>b</sup>
25 mm/Woche, 1 Gabe/Woche	114,3 <sup>a</sup>	80,6 <sup>a</sup>
25 mm/Woche, 2 Gabe/Woche	110,9 <sup>a</sup>	87,4 <sup>a</sup>
35 mm/Woche, 1 Gabe/Woche	117,0 <sup>a</sup>	-
35 mm/Woche, 2 Gabe/Woche	96,6 <sup>a</sup>	-

Tabelle 5: Futterqualität in Abhängigkeit von Beregnung und Schnitt (1. Schnitt bzw. Folgeschnitte). Die Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichung erfolgte unter Einbeziehung aller Standorte, Beregnungsvarianten und Jahre. ES = erster Schnitt, FS = Folgeschnitte. (GIOVANNI PERATONER et al. 2009)

Beregnung	Rohfaser (g/kg TM)		Rohprotein (g/kg TM)		Energiegehalt (MJ NEL/kg TM)	
	ES	FS	ES	FS	ES	FS
Unberechnet	270±40	250±17	149±29	169±13	5,78±0,38	5,87±0,15
Berechnet	284±22	273±25	137±23	162±17	5,61±0,19	5,62±0,32

In der Beratung konnte ebenfalls beobachtet werden, dass die Bewässerung zu einem höheren Futterertrag in Trockenperioden führt, die Futterqualität sich aber nicht verbessert, wenn der Betrieb den Schnittzeitpunkt nicht anpasst. Bezüglich Schnittzeitpunkt konnte in der Praxis teilweise auch festgestellt werden, dass die Wiesen aufgrund der Bewässerung intensiver bewirtschaftet wurden. Bei einigen Betrieben wurde aufgrund der jährlichen Bewässerung ein zusätzlicher Folgeschnitt erreicht. Mit einer Bewässerung über den Bedarf mit 50 bis 60 mm Wasser und mehr pro Woche, wurde bei manchen Betrieben als negative Folge die Zunahme der Gemeinen Rispe (*Poa trivialis*) mit einem Anteil von 30 bis 40 % im Pflanzenbestand beobachtet.

## Bewässerung nach Bedarf

Die größte Schwierigkeit in der Grünlandbewässerung liegt derzeit noch in der Feststellung des Wasserbedarfs der jeweiligen Wiesen. Durch die Turnusbewässerung werden Grünlandflächen auch bewässert, ohne dass ein Bedarf der Futterpflanzen bekannt ist. Bodeneigenschaften, Pflanzenbestand, Exposition, Steilheit, Niederschlagsmenge usw. werden nicht berücksichtigt. Die Folge sind eine vermehrte Zunahme von Gemeiner Rispe (*Poa trivialis*), Wiesenkerbel (*Anthriscus sylvestris*) aber auch von Weißklee (*Trifolium repens*), Englischem Raigras (*Lolium perenne*) und anderen wasserliebenden bzw. trockenheitsempfindlichen Pflanzen und eine Abnahme der für den Standort typischen Pflanzenarten. Zudem konnte auf manchen Flächen über die Jahre eine Abnahme der Durchwurzelungstiefe beobachtet werden. Die Wasseraufnahme der Pflanzen erfolgt ausschließlich über das Wurzelsystem. Bei aufgebrauchtem Wasservorrat im Boden wird ein gerichtetes Wurzelwachstum induziert. Aus diesem Grund besteht der Verdacht, dass bei regelmäßiger Bewässerung und folglich hoher Verfügbarkeit des Kapillarwassers das Wurzelwachstum vermindert ist. Gerade bei Wiesen in Steillagen sinkt durch die verminderte Durchwurzelungstiefe die Bodenstabilität und erschwert eine maschinelle Bewirtschaftung.

Die Schätzung des Wasserbedarfs zum Beispiel auf Basis von Transpirationskoeffizienten oder mit Standardbedarfswerten brachte keine wesentliche Verbesserung. Ebenso brachte der Einsatz von Tensiometern keine wesentlichen Erfolge in der Praxis, da der Landwirt die Tensiometer auf sämtlichen Wiesen, die teilweise mehrere Kilometer von der Hofstelle entfernt sein können, installieren und vor der Bewässerung ablesen muss. Digitale Sensoren, welche Daten in Echtzeit liefern, wurden aus Kostengründen nicht eingesetzt. Die Beratung verwendet im Grünland derzeit noch als Orientierungswert die 25 mm Bewässerung pro Woche. Im vergangenen Jahr wurde von der Alperia in Zusammenarbeit mit dem Beratungsring für Obst- und Weinbau und dem Versuchszentrum Laimburg das Projekt „Smart Land“ gestartet. Das Ziel dieses Projektes ist der Aufbau eines LoRaWAN Netzes und der Einsatz von Messsensoren im Obst- und Weinbau. Mit diesem System können Daten von einfachen Sensoren mit minimalem Stromverbrauch in Echtzeit übermittelt und der Wasserbedarf der jeweiligen Standorte berechnet werden. Derzeit sind insgesamt 170 Sensoren im Raum Burggrafenamt und Unterland als Testphase im Einsatz. Sollte sich diese Mess- und Übertragungstechnik bewähren, können Überlegungen getroffen werden, diese auch im Grünland einzusetzen.

## Wassertemperatur

Ein nicht zu unterschätzender Faktor beim Einsatz einer Bewässerung im Grünland ist die Wassertemperatur im Frühjahr. Durch die Schneeschmelze kann die Wassertemperatur zwischen 2 und 4 °C betragen. Die Folge der Bewässerung kann ein Absenken der Bodentemperatur und ein eingeschränktes Gräserwachstum sein. Dieser Effekt wurde im Laufe der Beratungen mehrfach beobachtet. Am 20. April 2018 wurde bei einem Betrieb mit Stellregnern die Bodentemperatur gemessen. Die Fläche mit 2,4 Hektar befindet sich auf 740 m Meereshöhe und einer Exposition von Süd-West. Die Hälfte der Fläche wurde von 09:00 bis 11:30 Uhr mit 3 Litern pro Sekunde und einer Wassertemperatur von 4,3 °C bewässert und die restliche Fläche blieb unbewässert. Nach dem Abstellen der Bewässerung wurde sofort auf beiden Teilen der Fläche mit jeweils 10 Einstichen, die Bodentemperatur mit einem einfachen Einstichthermometer gemessen. Die unbewässerte Fläche wies eine durchschnittliche Bodentemperatur von 11,4 °C auf, während bei der bewässerten Fläche im Durchschnitt 5,6 °C gemessen wurde. Dies sind natürlich keine wissenschaftlichen Untersuchungen, konnten aber unter anderem in der Beratung zum besseren Verständnis beitragen, weshalb die Wiese ein eingeschränktes Wachstum der Futtergräser, aber ein verstärktes Wachstum von Weißklee und Wiesenkerbel im Frühjahr aufwies, obwohl die Düngung und sämtliche Bewirtschaftungsmaßnahmen sachgerecht durchgeführt wurden.

## Literatur

AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2017: Gesamtplan für die öffentliche Nutzung der Gewässer, Teil 1-5.

BODINI, G., 1993: Wege am Wasser. Südtiroler Waale. Tappeinerverlag.

DANIEL, E., 1969: Die Terminologie der Wasserwirtschaft im Vinschgau.

FREI, R., 2019: Vorstellung des ALPERIA-Projektes Smart-Land.

FRISCHKNECHT, J., 2012: Ursula Bauer: Schüttelbrot und Wasserwosser. Wege und Geschichten zwischen Ortler und Meran.

MENARA, H., 2007: Südtiroler Waalwege. Athesiaverlag.

PERATONER, G., S. GOTTARDI, U. FIGL, A. KASAL, A. BODNER und M. THALHEIMER, 2009: Einfluss der Beregnung auf Futterertrag und -qualität von Bergwiesen in Südtirol.

PERATONER, G., 2017: Agronomische Aspekte der Beregnung im Grünland.

PERATONER, G. et al., 2017: Projekt Futterqualität, 36 Standorte, 2003 bis 2007.

RICKMANN, M. und H. SOURELL, 2014: Bewässerung in der Landwirtschaft, Erling Verlag.



Bericht

## 47. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2020

Herausgeber:

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

Druck, Verlag und © 2020

ISBN-13: 978-3-902849-77-9

ISSN: 1818-7722