

Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Nutztierwissenschaften

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-
Gumpenstein
Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere

Eignung unterschiedlicher Feldfutterbestände für Mob Grazing unter niederschlagsarmen Klimabedingungen

Masterarbeit

Vorgelegt von:

Manuel Winter

Betreuer:

Priv. Doz. Dr. Andreas Steinwider

Dr. Walter Starz

Ao. Univ. Prof. Dr. Wilhelm Knaus

Wien

Juni 2024

Danksagung

Ich möchte mich bei meinen Betreuern der HBLFA Raumberg-Gumpenstein herzlichst für die große Unterstützung bedanken. Danke Andreas und Walter, dass ihr mir für diese Arbeit rund um die Uhr fachlich zur Seite gestanden seid. Euer Engagement war alles andere als selbstverständlich. Durch euer Interesse an dem Thema und der Freude zu lehren, ward ihr nicht nur als meine Betreuer tätig, sondern auch, wenn vielleicht unbewusst, als meine Mentoren. Für das vermittelte Wissen rund um das Thema biologische Landwirtschaft und Weidehaltung bin ich euch unglaublich dankbar. Ich werde versuchen in meinem weiteren Lebensweg dem gerecht zu werden.

Ein Dankeschön möchte ich auch an meinen Betreuer seitens der BOKU Wien, Ao. Univ. Prof. Dr. Wilhelm Knaus ausrichten. Die fachlichen Inputs und kritischen, sowie konstruktiven Kommentare haben zur Verbesserung meiner Arbeit beigesteuert.

Ein ganz besonderes Dankeschön geht an die Familie Harbich. Ohne sie wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Danke, für eure Offenheit Neues auszuprobieren und für euer Vertrauen. Es ist nicht selbstverständlich, so viel Ackerfläche und Tiere für eine wissenschaftliche Arbeit bereit zu stellen und auch die damit verbundene Mehrarbeit in Kauf zu nehmen.

Zum Schluss möchte ich mich bei Neil Dennis und seiner Familie bedanken. Neil ist mittlerweile, bedauernswerter Weise, verstorben. Ich durfte als sein letzter Praktikant tätig sein und diese Zeit ist mir sehr gut in Erinnerung geblieben. Trotz seiner Krankheit, konnte ihn nichts davon abhalten mir seinen großen Wissensschatz als Mob Grazing Pionier anzuvertrauen. Danke Neil, ohne dich hätte meine praxisbezogene, aber auch meine wissenschaftliche Arbeit zu diesem Thema deutlich weniger Früchte getragen.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und alle aus ungedruckten Quellen, gedruckter Literatur oder aus dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte gemäß den Richtlinien wissenschaftlicher Arbeiten zitiert bzw. mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.

Datum

Unterschrift

17.06.2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Manuel Winter', written in a cursive style.

Kurzfassung

Feldfutterflächen, wie beispielsweise Luzernegras, als Weiden zu nützen wäre eine Möglichkeit in hauptsächlich viehlosen Ackerbaugebieten, mit wenig Dauergrünland, wieder Nutztiere in der Fruchtfolge zu integrieren. Die Weidestrategie Mob Grazing, die für Trockengebiete konzipiert worden ist, könnte einen Lösungsansatz darstellen. Die vorliegende Masterarbeit ist dafür in zwei Forschungsbereiche, einen Weidemastversuch und einen Saatgutversuch, eingeteilt. Ziel ist Mob Grazing im niederschlagsarmen Osten Österreichs zu untersuchen.

Für den Weidemastversuch wurde für Gruppe 1 eine Feldfuttermischung und für Gruppe 2 eine Grünlandmischung, jeweils für trockene Bedingungen angepasst, ausgesät. Beide Mischungen wurden mit Mob Grazing beweidet, wobei die Herden (n= 20) vor und nach der Weidesaison gewogen wurden. Bei Weideeintrieb entsprach das durchschnittliche Alter der Versuchstiere in Gruppe 1 und 2 450 bzw. 436 Tage mit einem Gewicht von 428 bzw. 426 kg. Nach einer Weideperiode von 168 Tagen stieg die Lebendmasse auf 549 bzw. 532 kg in Gruppe 1 bzw. 2. Die Tageszunahmen lagen in Gruppe 1 mit 724 g signifikant höher als in Gruppe 2 mit 620 g. Bezogen auf die Flächenleistung (Lebendmassezunahme pro ha) lag die Gruppe 1 mit 467 kg/ha ebenfalls über den Ergebnissen von Gruppe 2 mit 400 kg/ha.

Im pflanzenbaulichen Mob Grazing Versuch wurden acht Grünland- bzw. Feldfuttersaatgutmischungen in zwei randomisierten Blockanlagen mit vierfacher Wiederholung getestet. Dabei stellte Blockanlage 1 eine Bewässerungsvariante (V1) und Blockanlage 2 eine nicht bewässerte Variante (V2) dar. Bei den geprüften Mischungen erzielten, im Mittel über beide Varianten, die Kräuter-Gräser-Mischungen 1 (9.928 kg/ha) und 8 (9.650 kg/ha) die höchsten TM-Jahreserträge. Die geringsten Erträge zeigten die beiden Luzerne-Gras-Mischungen 5 (6.655 kg/ha) und 6 (5.982 kg/ha). Der signifikant höchste Energieertrag konnte von Mischung 1 mit 86.790 MJ ME/ha erreicht werden. Dieselbe Mischung konnte auch den nummerisch höchsten XP-Ertrag von 1.149 kg/ha erzielen.

Die Bewässerung beeinflusste den TM-, XP- und ME-Jahresertrag im Mittel über alle eingesetzten Mischungen hinweg signifikant positiv. Der TM-Ertrag lag im Durchschnitt über alle Mischungen in V1 (bewässert) bei 8.965 kg/ha (+35 %) und in V2 (nicht bewässert) bei 6.638 kg/ha. Der XP-Ertrag betrug in V1 1.101 kg/ha (+37,5 %) und in V2 801 kg/ha. V1 und V2 erzielten einen Energieertrag pro Hektar von 78.184 MJ ME (+31,8 %) und V2 59.305 MJ ME.

Abstract

Field fodder areas, such like alfalfa-grass mixtures, used as pastures would be one way of reintegrating livestock into the crop rotation in mainly livestock-free arable areas with little permanent grassland. The mob grazing strategy, which was developed for drylands, could be a possible solution. Therefore, this Master's thesis comprises two research areas, a pasture fattening trial and a seed trial, each with an experimental design to investigate mob grazing in the low-precipitation eastern part of Austria.

For the mob grazing trial, a forage mixture was used for group 1 and a grassland mixture for group 2, both adapted to dry conditions. Both mixtures were grazed with mob grazing whereby the herds (n= 20) were weighed before and after the grazing season. When the grazing trial started the average age of the animals in group 1 and 2 was 450 and 436 days with a weight of 428 and 426 kg, respectively. After a grazing period of 168 days, the live weight increased to 549 and 532 kg in group 1 and 2, respectively. Daily weight gains were significantly higher in group 1 at 724 g, compared to group 2 at 620 g. In terms of liveweight gain per hectare group 1 was, with 467 kg/ha, also above the results of group 2 (400 kg/ha).

In the mob grazing trial, eight grassland and forage seed mixtures were tested in two randomized block systems with four replicates. Block system 1 represented an irrigated variant (V1) and block system 2 a non-irrigated variant (V2). The herbal-grass-mixtures 1 (9,928 kg/ha) and 8 (9,650 kg/ha) achieved the highest annual DM yields on average across both variants, while the alfalfa-grass-mixtures 5 (6,655 kg/ha) and 6 (5,982 kg/ha) had the lowest yields. The significantly highest energy yield was achieved by mixture 1 with 86,790 MJ ME/ha. The same mixture also achieved the numerically highest XP yield of 1,149 kg/ha.

Irrigation had a significant positive effect on the annual DM, XP and ME yields on average across all mixtures used. The DM yield was 8,965 kg/ha (+35 %) in V1 (irrigated) and 6,638 kg/ha in V2 (non-irrigated). The XP yield was 1,101 kg/ha (+37.5 %) in V1 and 801 kg/ha in V2. V1 and V2 achieved an energy yield per hectare of 78,184 MJ ME (+31.8 %) and V2 59,305 MJ ME.

Abkürzungsverzeichnis

A	Jahr
ADF	Saure-Detergenz-Faser
ADL	Saure-Detergenz-Lignin
Ca	Calcium
CO ₂ eq	Kohlendioxid-Äquivalente
Cu	Kupfer
ECM	Energy Corrected Milk
Fe	Eisen
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie e.V.
h	Stunde
ha	Hektar
J	Versuchsjahr
K	Kalium
LAI	Leaf area index bzw. Blattflächenindex
LM	Lebendmasse
M	Mischung
ME	Umsetzbare Energie
Mg	Magnesium
MJ	Megajoule
Mn	Mangan
N	Stickstoff
Na	Natrium
NDF	Neutral-Detergenz-Faser
NEL	Netto-Energie-Laktation
OM	Organische Masse
P	Phosphor
s _e	Residualstandardabweichung
SEM	Standardfehler
T	Termin
TGZ	Tageszunahmen
TM	Trockenmasse
V	Variante
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein
XX	stickstofffreie Extraktstoffe
Zn	Zink

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	2
Eidesstattliche Erklärung	3
Kurzfassung.....	4
Abstract	5
Abkürzungsverzeichnis.....	6
1. Einleitung und Zielsetzung.....	9
2. Literaturübersicht.....	10
2.1 Mob Grazing - eine Weidestrategie für Trockengebiete.....	11
2.1.1 Begriffsdefinition und Anwendungsbereiche von Mob Grazing	11
2.1.2 Versuchsergebnisse zu Bodenparametern und tierische Leistungen	31
2.1.2.1 Auswirkungen von Mob Grazing auf die Bodenbedeckung, Bodenparameter und Unkrautregulierung	31
2.1.2.2 Auswirkung von Mob Grazing auf die tierischen Leistungen	37
2.1.3. Mob Grazing als Anpassungsstrategie für trockene Ackerbaustandorte .	38
2.2 Feldfutterbau und die Integration von Nutztieren	41
2.2.1 Vorteile des Feldfutterbaus und der Integration von Nutztieren.....	41
2.2.2 Klimaveränderung und mögliche Anpassungsstrategien.....	44
2.2.3 Feldfuttermischungen für Weidehaltung und Trockengebiete	49
2.2.3.1 Feldfutter als Weide in Trockengebieten	55
2.2.3.2 Physiologie von Weidepflanzen und deren Wachstum bei Trockenheit	55
2.2.3.3 Weidemanagement für unterschiedliche Pflanzenarten	59
3 Tiere, Material und Methodik	66
3.1 Beschreibung des Versuchsstandortes.....	66
3.2 Versuchsablauf und Datenerhebung.....	67
3.2.1 Mastversuch	67
3.2.2 Parzellenversuch	71
3.3 Statistik	76
4 Ergebnisse.....	77
4.1 Mastversuch.....	77
4.2 Parzellenversuch.....	77
4.2.1 Entwicklung der Pflanzenbestände.....	77
4.2.2 TM-, XP- und ME-Jahreserträge.....	82
4.2.3 TM-Erträge der einzelnen Erntetermine	83
4.2.3 Futterinhaltsstoffe der einzelnen Erntetermine	86

5 Diskussion	93
5.1 Mastversuch.....	93
5.2 Parzellenversuch.....	99
6 Zusammenfassung	105
Literaturverzeichnis	107
Tabellenverzeichnis.....	137
Abbildungsverzeichnis.....	138

1. Einleitung und Zielsetzung

In den letzten Jahren waren in Österreich auf Grund von Trockenzeiten deutliche Mindererträge erkennbar (BMLRT, 2020). Laut Simulationen und Prognosen sollen diese Klimaveränderungen anhalten, wobei mit einer Zunahme der Hitzetage und des Verdunstungspotenziales gerechnet werden kann (IPCC, 2007; Gobiet & Truhetz, 2008). Eine ganzjährige Erwärmung und Sommertrockenheit sind ebenfalls zu erwartende Herausforderungen für die Landwirtschaft (Eitzinger, 2007; Eitzinger et al., 2009a; Eitzinger et al., 2010). Insbesondere wasserbedürftige Kulturen, wie das Grünland (Buchgraber & Schaumberger, 2006), werden von den Entwicklungen betroffen sein, wie schon verschiedene Dürresimulationen aufzeigen. Ertragseinbußen auf Wiesen und Weiden von 29 % bis zu 73 % sind dabei möglich (Deléglise et al., 2015; Boeck et al., 2008). Ausgehend von diesen Entwicklungen ist im Grünlandmanagement eine Anpassung notwendig (Hengartner, 2011). Auch intensive Weidesysteme sollten in diesem Kontext überdacht werden, da eine kontinuierliche Nutzung das Längenwachstum der Wurzeln einschränkt und zu einer Reduktion der Wurzelmasse führt (Mawdsley & Bardgett, 1997; Evans, 1971). Dadurch können womöglich tiefere Wasserspeicher nicht erreicht oder Dürrephasen nicht überstanden werden. Aus diesem Grund werden intensive Weideverfahren laut Steinwider & Starz (2015) nur für Regionen mit ausreichenden Niederschlägen in der Vegetationsperiode empfohlen. Zusätzlich zeigen wichtige Dauerweidepflanzen wie z.B. *Lolium perenne*, eine schlechtere Dürresistenz als tiefwurzelnde Arten auf (Pardeller et al., 2014; Huguenin-Elie et al., 2014). Laut Eitzinger et al. (2010) ist es daher auch sinnvoll die Futterproduktion der Dauergrünlandflächen durch einen gezielten Anbau von Futterpflanzen eine gute Möglichkeit den Auswirkungen des Klimawandels etwas entgegenzuwirken. Auch jetzt schon, kommen trockenheitstoleranteren Pflanzen, wie beispielsweise der Luzerne, eine große Bedeutung im Feldfutterbau zu (BMLRT, 2020). Im Trockengebiet Österreichs sind die Dauergrünlandvorkommen zusätzlich gering und es wird hauptsächlich Ackerbau betrieben (Buchgraber & Schaumberger, 2006). Für viehhaltende Betriebe kann dies für die Beweidung eine Herausforderung darstellen. Bio-Betriebe sind insbesondere betroffen, da sie zur Weidehaltung verpflichtet sind (Europäische Kommission, 2008; Schmid & Lottermoser, 2019). Im Bio-Ackerbau hat Feldfutter schon immer eine wichtige Rolle in der Fruchtfolge eingenommen (Freyer, 2003; Gollner et al., 2012; BMLRT, 2020). Daher ist es naheliegend diese Bestände auch als Weide zu nutzen.

Bei intensiver Beweidung stößt man jedoch schnell an die Grenzen dieser Feldfutterbestände. Die Rastzeiten vieler dürreresistenter Arten sind nämlich deutlich länger als die von auf klassischen Dauerweiden vorkommenden Pflanzen (Ryser & Ubas, 2000). Daher müssen längere Weidepausen eingehalten werden, um die Arten nicht zu überweiden und zu verdrängen (Steinberger et al., 2009; Steinwider & Häusler, 2015). Alternative Weideformen sind somit vor allem für die trockenen Ackerbauregionen Österreichs von Nöten. Die Weidestrategie „Mob Grazing“ ist international hauptsächlich in Trockengebieten verbreitet (Billmann et al., 2020; Andrade et al., 2022) und hat mittlerweile auch im deutschsprachigen Raum Interesse geweckt (Winter et al. 2018; Petermann, 2019; Winter, 2019; Maad, 2021; Karl-Barth, 2021; Winter, 2022a; Winter, 2022b; Wawrzyniak, 2022; Zahn et al., 2022; Edler, 2022; Brudermann, 2023). Trotz der zahlreichen positiven Berichte von Praktikern, gibt es nicht viele wissenschaftliche Untersuchungen dazu. Hinzu kommt, dass der Begriff

Mob Grazing in der Praxis entstanden ist und nicht klar definiert ist (Gurda et al., 2018; Wagner et al., 2023; Zaralis, 2015)

Aus diesem Grund soll in dieser Arbeit Mob Grazing klar von anderen Weideformen abgegrenzt und genau beschrieben werden. Die wissenschaftliche Wissenslücke soll in dieser Arbeit ein Stück weit geschlossen und diese Weidestrategie auf einem Bio-Betrieb im Trockengebiet Ostösterreichs erstmals in der Praxis getestet werden. Mit der vorliegenden Arbeit soll somit ein konkreter Beitrag zur Beurteilung der Praxistauglichkeit von Mob Grazing geleistet und die Eignung von Feldfutter auf Weiden im Trockengebiet Ostösterreichs getestet werden.

Folgende Forschungsfragen sollen daher im Rahmen dieser Arbeit beantwortet werden:

- Welche Flächenleistung und Tageszunahmen können mit Fleischrindern von zwei unterschiedlichen Feldfutterbeständen mittels Mob Grazing erzielt werden?
- Wie unterscheiden sich verschiedene Feldfuttermischungen hinsichtlich Mengen- und Qualitätsertrag bei simuliertem Mob Grazing und welche Effekte hat eine Bewässerung?

2. Literaturübersicht

Die folgende Literaturzusammenfassung liefert einen Überblick über die Bedeutung von Feldfutter und den möglichen zukünftigen klimatischen Herausforderungen in der Landwirtschaft. Vor allem in Ackerbauregionen oder Gebieten, in denen es für Grünlandpflanzen zu trocken ist, gilt es Wege zu finden, um den Futterbau und die Weidehaltung bestmöglich zu kombinieren. Dazu werden Pflanzenarten für Trockengebiete angeführt und deren Eignung als Weidepflanzen beleuchtet. Das richtige Management für Feldfutterpflanzen sowie Mob Grazing, ein neuer Weidestrategieansatz aus dem Trockengebiet, werden ebenfalls genauer erläutert. Die Literaturübersicht stellt somit einen Vorspann für den empirischen Teil der vorliegenden Masterarbeit dar. Dabei werden einige in der Literatur erwähnte Pflanzenarten in Weidemischungen hinsichtlich ihrer Eignung für den Versuchsstandort getestet. Zusätzlich wird Mob Grazing in der Literaturübersicht noch genauer definiert und im empirischen Teil in einem Mastversuch umgesetzt, um Feldfutter, auf einem biologisch geführten Acker im Trockengebiet, als Weide nutzen zu können.

2.1 Mob Grazing - eine Weidestrategie für Trockengebiete

In diesem Kapitel wird die Weidestrategie Mob Grazing definiert und von anderen Weideformen klar abgegrenzt, um zukünftig eine einheitliche Terminologie zu gewährleisten. Weiters werden Anwendungsbereiche und Ergebnisse aus der Praxis und Wissenschaft präsentiert.

2.1.1 Begriffsdefinition und Anwendungsbereiche von Mob Grazing

Mob Grazing gilt seit einigen Jahrzehnten als alternative Weideform für Betriebe in trockenen Lagen und kommt vor allem in Nordamerika zur Anwendung (Sangjan et al., 2022; Andrade et al., 2022; Roberts & Johnson, 2021; Billman et al., 2020; Reed et al., 2019b; Gurda, 2014; Thomas, 2014; Humerickhouse, 2014; Omokanye et al., 2018). Dort berichten Praktiker, dass sie diese Art zu weiden hauptsächlich einsetzen, um Bestände auf Dürrezeiten vorzubereiten und um ihre Böden zu verbessern (Gompert, 2010; Gurda, 2014). Es handelt sich dabei um eine Art Rotationsweide, bei der strategisch lange Rastzeiten (Gurda et al., 2018; Strickler, 2019; Howell, 2008; Wilkinson et al., 2016) und sehr hohe Besatzdichten vorgesehen sind (Andrade et al., 2022; Gurda et al., 2018; Howell, 2008). Häufige Umtriebe bewirken, dass die Pflanzenbestände nur kurz (Gurda et al., 2018; Strickler, 2019; Howell, 2008), beweidet werden. Ziel ist dabei, einen höheren Aufwuchs niederzutampeln (Gurda et al., 2018; Wilkinson et al., 2016), um eine Mulchschicht, die als Bodenschutz dienen soll, aufzubauen (Strickler, 2019). Nachgeahmt wird dabei das Herdenverhalten von großen Wildtierherden, die auf Grund von Raubtieren, immer wieder in einer Herde eng aneinander grasen (Wilkinson et al., 2016; Chapman, 2012; Thomas, 2012; Zietsman, 2014). Der Begriff Mob Grazing ist international schon länger in Gebrauch und wurde in Fachzeitschriften häufig erwähnt (Gurda, 2014; Thomas, 2014; Hancock, 2010a; Kidwell, 2010). Die Umsetzung von Mob Grazing geht auf einzelnen Pionierbetrieben einige Jahrzehnte weiter zurückgeht (persönliche Mitteilung Dennis, 08.07.2017; Salatin, 1995). In Europa gewann diese Art des Weidens ebenfalls Aufmerksamkeit (siehe Fachartikel ohne Autoren-Angaben in: Farmers Weekly, 2012; Top Agrar, 2014), allerdings wurden erst deutlich später Studien dazu publiziert und die praktische Umsetzung war auf wenige Betriebe beschränkt (Trickett & Warner, 2022; Zaralis, 2015; Soil Association, 2023a). Auf Grund der häufiger wiederkehrenden Trockenphasen wurde Mob Grazing im deutschsprachigen Raum erst in den letzten Jahren bekannter (Winter et al., 2018; Petermann, 2019; Winter, 2019; Maad, 2021; Karl-Barth, 2021; Winter, 2022a; Winter, 2022b; Wawrzyniak, 2022; Zahn et al., 2022; Bruderemann, 2023), wobei auch in Österreich und Deutschland die Umsetzung von Forschungsprojekten vor allem in Trockenregionen erfolgt (Edler, 2022; Zahn et al., 2022; Winter et al., 2018).

Der Ursprung der Bezeichnung Mob Grazing und dessen Umsetzung ist nicht lückenlos geklärt (Gurda et al., 2018). Womöglich auch, weil es sich um einen aus der Praxis stammenden Begriff handelt (Wagner et al., 2023; Thomas, 2012). Eine mögliche Erklärung für den Begriff ist auf eine Weidebegehung mit Allan Savory, dem Gründer von Holistic Management®, zurück zu führen. Im Jahr 2007 wurden die Weiden von Doug Peterson besichtigt, auf denen seine Rinder dicht beieinander grasten. Solch eine Herde wird im Englischen auch als „mob“ bezeichnet, daher fiel

der Begriff „mob grazing“ unter den Teilnehmenden und die Bezeichnung blieb in Verwendung (Thomas, 2012). Auch wenn Allan Savory dabei anwesend war, sollte man Mob Grazing nicht als Synonym für die von ihm entwickelte Weideplanung „Holistic Planned Grazing“ verwenden (Gurda, 2014). Denn dabei handelt es sich um eine eigene, angepasste Art der Weideführung, die auf die holistischen Betriebsziele abgestimmt ist. Nichtsdestotrotz kommt es häufig vor, dass PraktikerInnen, die Holistic Management® für ihre Betriebsplanung nutzen, auch Mob Grazing anwenden (Wagner et al., 2023).

Der Begriff Mob Grazing wurde allerdings auch schon früher von G. O. Mott verwendet. Als er von Australien, wo Herden auch als „mob“ bezeichnet werden, zurückkam, verwendete er anscheinend den Begriff für eine neue „Entblätterungs-Technik“, die er und sein Team schon 1982 erforschten. Es ging darum zu testen, welche Gräser unter tatsächlichen Weidebedingungen am produktivsten sind und am wenigsten selektiert werden. Dazu wurden verschiedene Arten in mehreren kleinen Parzellen einzeln angesät und intensiv beweidet (Mislevy, 1982; Ramos-Santana & Rodríguez-Arroy, 1991; Gurda, 2014). Bei dieser sogenannten „mob grazing technique“ wurden Bestände beispielsweise so stark bestoßen, dass sie in 1-2 Tagen gleichmäßig auf 2-5 cm abgefressen wurden und keine Selektion auftrat (Bittman & McCartney, 1993; McCartney & Bittman, 1994). Auch wenn bei dieser Technik eine intensive Rotationsweide nachgeahmt wird, bei der höhere Besatzdichten für eine kurze Zeit angewendet werden (Mislevy, 1982; Gildersleeve et al., 1987), hat die Umsetzung mit dem heutigen Verständnis von Mob Grazing nichts gemein. Wer diesen Begriff erstmals in Verwendung hatte und wie lange Mob Grazing, im Verständnis dieser Arbeit, praktiziert wird, bleibt ungeklärt. Klar ist jedoch, dass die Grundprinzipien von Mob Grazing, wie hohe Besatzdichten und häufige Umtriebe, nichts Neues sind. Allerdings wurde beim Mob Grazing eine neue Richtung eingeschlagen, um den Fokus auf deutlich höhere Aufwüchse, vor und nach einer Beweidung, und dem Management mit längeren Rotationsdauern zu legen (Howell, 2008).

Der Anwendungsbereich von Mob Grazing ist vielfältig, vor allem, weil die Weideform häufig als Strategie eingesetzt wird (Gurda, 2014). Extensives Grasland, aber auch mehrjähriges Feldfutter und Begrünungen auf Ackerstandorten werden von Betrieben durch Mob Grazing genutzt (Brown, 2018; Zaralis, 2015; Trickett & Warner, 2022; Wagner et al., 2023; Shepherd, 2020). Auch für das Bekämpfen und Zurückdrängen von Unkraut und unerwünschten Sträuchern kommt es zum Einsatz (Myer et al., 2014; Myer, 2015; Reed et al., 2019a; Reed et al., 2019b). Die facettenreiche Anwendungsmöglichkeit, die internationale Verbreitung (Wagner et al., 2023; Andrade et al., 2022; Shepherd, 2020; Winter et al., 2018) und die unterschiedliche Auslegung von PraktikerInnen (Gurda et al., 2018) macht es schwierig, Mob Grazing genau zu definieren und Ergebnisse miteinander zu vergleichen. Zusätzlich gibt es eine nicht konsequente Terminologie und kaum wissenschaftlich robuste Versuche zu Mob Grazing. Diese Wissenslücke spiegelt sich auch in der Literatur wider (Zaralis, 2015). Womöglich auch, weil die zunehmende Diskussion über Mob Grazing von Praktikern angestoßen wurde und es sich um eine „Bottom-up-Innovation“ handelt. Im Gegensatz zu den, von der Agrarindustrie vorangetriebenen, „Top-down“-Innovationen zielt Mob Grazing nicht in erster Linie darauf ab, den Gesamtertrag des landwirtschaftlichen Betriebs zu steigern. Vielmehr soll langfristig eine nachhaltige Wirtschaftsweise durch naturnahe Lösungen gewährleistet werden, wobei das Endergebnis auch wirtschaftlich tragfähig bleibt (Thomas, 2012; Wagner et al., 2023). Zusätzlich ist es eine Herausforderung die Wirkungsweise von Mob Grazing mit reduktionistischen naturwissenschaftlichen Ansätzen zu untersuchen, zumal das Mob Grazing-Konzept

generell als flexibel bezeichnet werden kann und die individuelle Umsetzung auf Betrieben eine gewisse Komplexität mit sich bringt (Wagner et al., 2023). Dies ist womöglich der Grund, dass sich Ergebnisse aus der Praxis und Wissenschaft unterscheiden (Andrade et al., 2022; Gompert, 2010) und es trotz weltweiter Anwendung und zahlreicher Erfahrungsberichte und Studien an einer klaren Definition dieses Terminus fehlt (Gurda et al., 2018; Wagner et al., 2023; Zaralis, 2015). Gurda et al. (2018) empfehlen daher eine Standardisierung dieses Begriffes, um bei Forschungsbestrebungen sicherzustellen, dass Studien auch mit der Praxis übereinstimmen. Zusätzlich wird empfohlen, bei Arbeiten zu Weidesystemen wichtige Punkte wie Besatzdichten, Länge der Rast- und Fresszeit sowie den Anteil an niedergetrampelttem Futter anzugeben, um leichter Vergleiche anstellen zu können.

Um ein klareres Verständnis von Mob Grazing zu bekommen, wurden daher in mehreren Arbeiten PraktikerInnen befragt. Anhand dieser Ergebnisse soll diese Weideform näher erläutert werden. Gurda (2014) befragte 155 Betriebe zu ihrer Umsetzung bzw. Definition von Mob Grazing und welche Vor- bzw. Nachteile sie damit verbinden. Dabei wurden vier Charakteristika für die praktische Umsetzung herausgearbeitet:

- eine Erhöhung der Besatzdichte (56.000 kg/ha bis zu fast 1.120.000 kg/ha),
- eine Verkürzung der Fressdauer (Weideumtriebe 1- bis 3-mal täglich),
- eine Verlängerung der Rastzeit (20 bis 80 oder mehr Tage),
- eine Beweidung eines älteren Pflanzenbestandes,
- eine Erhöhung des niedergetrampelten Futters.

Unter den befragten Betrieben in Wisconsin, Iowa, Minnesota und Illinois gaben 74 % an, Rinder zu halten und 27 % beschrieben sich als Milchviehbetrieb. Mob Grazing betrieben 37 % der UmfrageteilnehmerInnen. Als Vorteile wurden laut Gurda (2014) vor allem eine verringerte Selektivität, eine gleichmäßige Dungverteilung, eine Steigerung der Resilienz und der Produktion an organischer Masse, sowie eine Unkrautregulierung genannt. Erhöhte Arbeitszeiten, verringerte Futterqualität sowie eine nicht so gute Anpassung an verschiedene Standorte wurden am häufigsten als Nachteile bezeichnet. Bei der Befragung zur Definition dieser Weideform waren die Angaben von Mob Grazing praktizierenden und nicht praktizierenden Betrieben sehr ähnlich. Interessanterweise unterschied sich die Auffassung nur hinsichtlich der verlängerten Rastzeiten signifikant. Dazu gaben 76 % der Mob Grazing Betriebe (n= 58) und nur 55 % der nicht Mob Grazing Betriebe (n= 97) an, lange Rastzeiten seien ein wichtiges Kriterium. Die Angaben schwankten von 20 bis über 80 Tage. Die Mehrheit der Mob Grazing Betriebe (71 %) nutzten eine Rastzeit von 31 bis 60 Tagen. Auch wenn sich in der Definition die meisten Praktiker einig waren, gab es bei der Umsetzung eine große Variabilität. Nur 51 % der befragten Mob Grazing Betriebe gaben an, größtenteils diese Praxis während der Vegetationsperiode umzusetzen, während 30 % der Betriebe Mob Grazing nur für ein halbes Jahr anwendeten. Dies lässt den Schluss zu, dass Mob Grazing häufig als eine mögliche Strategie angewandt wird. Eine mögliche Anwendung könnte das schnelle Beweiden einer Fläche während des rasanten Frühjahrwachstums sein. Auch die Gewährung einer längeren Rastzeit einer bereits überweideten Fläche oder eine bessere Düngerverteilung wären ebenfalls mögliche Umsetzungsgründe. Auch die Höhe der Besatzdichten variierte von 56.000 bis 1.120.000 kg/ha. 60 % der Mob Grazing Betriebe befanden sich in der Schwankungsbreite von 56.000-280.210 kg/ha. Ein Großteil der Betriebe (84 %) nutzen ein bis drei Weideumtriebe pro Tag, wobei keiner der Befragten angab seine Herden mehr als fünfmal weiterzutreiben. Nach der kurzen Beweidung werden 4 bis

25 cm Restaufwuchs zurückgelassen, wobei 76 % der Betriebe einen Pflanzenbestand von 10 bis 18 cm stehen lassen (Gurda, 2014).

In den Umfragen von Paine & Gildersleeve (2011a, 2011b), die in Wisconsin durchgeführt wurden, ist Mob Grazing ebenfalls als Weideform bezeichnet worden, bei der eine sehr hohe Besatzdichte (≥ 100.00 kg/ha) für eine kurze Zeit (4-6 h) angestrebt wird. Die Anwender berichten von besserer „Futtermittelnutzung“, besserer Unkrautregulierung sowie einem verbesserten Pflanzenbestand. Die Angaben der zwei Umfragen decken sich mit den Gründen, die der langjährige Praktiker Greg Judy für die Umsetzung von Mob Grazing angibt (Kidwell, 2010; Judy, 2008):

- Verbesserung der Futterqualität,
- Senkung der Heu- und Futterkosten,
- Eliminierung von Saatgutkosten,
- Vermehrung von Leguminosen und einheimischen Gräsern,
- Reduzierung von Unkrautproblemen,
- Minimierung der Maschinenkosten,
- bessere Verteilung des Dünges,
- Verbesserung des Lebensraums für Wildtiere,
- Erhöhung der Rindfleischproduktion pro Hektar,
- Erhöhung des Gewinns.

Unter den Befragten in Wisconsin praktizierten 25 % der Fleischrinderbetriebe (Paine & Gildersleeve 2011a) und 28 % der Milchviehbetriebe (Paine & Gildersleeve, 2011b) laut eigenen Angaben Mob Grazing. Diese Umfragen zeigen, dass Mob Grazing auch im Norden und Osten der USA verbreitet ist. Die meisten Fachartikel, Praktikerberichte und Studien stammen nach wie vor aus den trockenen Regionen Nordamerikas (Sangjan et al., 2022; Andrade et al., 2022; Thomas, 2014; Tallman, 2012; Gompert, 2010).

Doch auch in niederschlagsreicheren Regionen, wie Großbritannien, nimmt Mob Grazing zu (Genever & Buckingham, 2018). Die Situation hinsichtlich Mob Grazing wurde erstmals im Jahr 2023 im Rahmen von Interviews und Betriebsbesichtigungen wissenschaftlich erhoben. Wagner et al. (2023) befragten dazu 15 Mob Grazing PraktikerInnen in England (13) und Schottland (2). Der Großteil der Betriebe gab allgemein an, so wirtschaften zu wollen, sodass sich langfristig gesehen das Produktionsniveau ihrer Flächen nicht verändert. Ziel war es ebenfalls, Kosten zu sparen und auch ohne Dünger höhere Erträge erzielen zu können. Der Fokus lag somit auf der Produktivitätssteigerung und nicht per se auf einer Ertragsmaximierung. Die Betriebe erwarteten sich allerdings durch Mob Grazing auch ein besseres Pflanzenwachstum, verglichen mit den bisherigen Flächen, die als Stand- oder Rotationsweiden genützt wurden. Ein weiterer Beweggrund für Mob Grazing war die Annahme, durch höhere Erträge auch den Tierbestand aufstocken zu können. Mob Grazing wird von den Betrieben als naturbasierte Lösung angesehen, mit Vorteilen für die Bodengesundheit, Gesundheit des Ökosystems und der Tiere sowie bei der Unkrautbekämpfung. Ein befragter Betrieb dieser Umfrage nutzte z.B. seine Mob Grazing Herde einmal im Jahr für die Erhaltung von artenreichem Grünland. Diese Arbeit ergab auch, dass die Umstellung auf Mob Grazing von einem umfangreichen Lernprozess begleitet wurde. Viele Betriebe bildeten sich selbst über Artikel, Videos und Austausch in sozialen Medien fort und halfen sich gegenseitig durch Betriebsbesuche und Ideenaustausch. Um einen Einblick zu bekommen, wie Mob

Grazing in Großbritannien umgesetzt wird, wurden 19 Flächen der 15 Betriebe ausgewählt und je nach Bewirtschaftung eingeteilt. Die Spannweite aller befragten Betriebe reichte bei den Rastzeiten von 24 bis 80 Tagen. Während einige niedrige Besatzdichten von 50.050 kg/ha hatten, kam nur ein Betrieb über 200.000 kg/ha. Vier Flächen wurden nur mit einer klassischen Rotationsweide bewirtschaftet, auf denen in Zukunft Mob Grazing praktiziert werden soll. Auf sechs Rotationsweideflächen wurden die Besatzdichten und Weideumtriebe bereits erhöht. Auf sieben Flächen wurde, laut Wagner et al. (2023), tatsächlich Mob Grazing umgesetzt und dabei auf noch längere Rastzeiten (50-75 Tage) und häufigere Umtriebe umgestellt. Auf den zwei verbliebenen Flächen wurde ein Weidemanagement umgesetzt, das als „intensive mob grazing“ bezeichnet wurde, da dort mit Besatzdichten von 325.000 kg/ha beweidet wurde. Somit wurden Besatzdichten beobachtet, die zwar für den Umsatz von Mob Grazing in Nordamerika üblich sind, für den britischen Kontext allerdings als außergewöhnlich hoch angesehen werden. Darüber hinaus wurden im Durchschnitt vier Umtriebe am Tag durchgeführt und Rastzeiten von 80 Tagen eingehalten. Dieser Betrieb liegt jedoch in einer der trockensten Gegenden Englands. Die dort herrschenden klimatischen Bedingungen sind daher vergleichbar mit jenen in Gegenden Nordamerikas, in denen Mob Grazing zu finden ist. Die Mob Grazing Bewegung im Vereinigten Königreich wurde auch von einflussreichen Pionieren aus trockenen Regionen stark beeinflusst. Interviewte Betriebe nannten dazu die Bedeutung von Allan Savory aus Zimbabwe, Gabe Brown aus North Dakota (USA), Greg Judy aus Missouri (USA), Joel Salatin aus Virginia (USA), Allen Williams aus Mississippi (USA) und Neil Dennis aus Saskatchewan (Kanada) (Wagner et al., 2023). Während Mob Grazing in vergleichsweise trockenen bis semi-ariden Regionen angewandt wird (Andrade et al., 2022; Roberts & Johnson, 2021), herrscht in Großbritannien ein eher feuchtes, gemäßigt ozeanisches Klima ohne Trockenzeit vor (Beck et al. 2018). Daher ist auch laut StudienautorInnen mehr Forschung nötig, um die klimatischen Unterschiede zu berücksichtigen. Ebenso gilt es zu untersuchen, mit welchen Effekten auf den Boden und Pflanzenbestand gerechnet werden kann und ob die mit Mob Grazing in Verbindung gebrachten Vorteile auch bei niedrigeren Besatzdichten erreicht werden. Aus diesem Grund wurden die Auswirkungen von Mob Grazing auf den von Wagner et al. (2023) interviewten, Betrieben genauer beobachtet. Einer der befragten Landwirte gab zu bedenken, dass schwere Lehmböden nicht durch intensives Trampeln der Tiere zu sehr zu beansprucht werden, da dadurch Schäden an der Grasnarbe entstehen. Ein Schlüsselfaktor für die Umsetzung ist eine dementsprechende Infrastruktur für Zäune und Wasserversorgung. Einige der Befragten gaben an, dass während der Zaunarbeit gleichzeitig die ohnehin notwendige Kontrolle der Tiergesundheit durchgeführt wird. Somit wird Mob Grazing nicht mit zusätzlicher Arbeit verbunden. Manche sehen es sogar gegenteilig an und sparen durch Mob Grazing Zeit, da im Stall nicht mehr gefüttert wird. Es ist allerdings nötig, dass sich alle Personen am Betrieb an das neue „Mindset“ anpassen (Wagner et al., 2023).

Wie diese Befragungen zeigen, ist Mob Grazing aufgrund der unterschiedlichen praktischen Umsetzung nicht leicht zu definieren. Zusätzlich wird der Begriff mit anderen Weideansätzen verwechselt oder gar gleichgesetzt, wie in Artikeln immer wieder zu lesen ist (Verhoeven, 2022a; Verhoeven, 2022b; NRCS, 2016). Dies ist womöglich darauf zurückzuführen, dass viele Begriffe im deutschsprachigen Raum erst in den letzten Jahren in Gebrauch sind und daher als dasselbe angesehen werden. Um zukünftig Verwechslungen zu vermeiden und eine klare Terminologie zu schaffen, sollen die nachfolgenden Begriffe näher erläutert werden:

Rotational Grazing

Bei der Rotationsweidehaltung (Koppelweide) wird jeweils nur ein Teil der Weide bestoßen, während der Rest der Fläche ruhen kann. Dazu werden Weiden in kleinere Flächen (Koppeln) unterteilt und die Herde von einer Koppel auf die nächste Koppel getrieben. Das Ruhen der bereits beweideten Koppeln ermöglicht es den Futterpflanzen, sich zu erholen und ihr Wurzelsystem zu vertiefen (Undersander et al., 2016; Rodale Institute (ohne konkrete Autorenangaben), 2023).

Rational Grazing

Der französische Agronom André Voisin untersuchte viele internationale Weideformen. Dabei erkannte er, dass die vielen unterschiedlichen Ansätze alle ein gemeinsames Problem hatten: der Faktor Zeit wurde zu wenig berücksichtigt. Denn nicht nur bei Standweiden wird überweidet, sondern auch bei Portions-, Rations- und Umtriebsweiden, wenn nicht genügend auf das Graswachstum Acht gegeben wird. Meist sind die Ruhephasen zwischen den Beweidungen zu kurz oder die Tiere verweilen zu lange auf einer Fläche. Starre Vorgaben für eine Weideumsetzung sind jedoch wenig sinnvoll, da die benötigte Ruhezeit von den Pflanzenarten, dem Standort und den Witterungsverhältnissen abhängt. Um die „Forderungen“ des Grases und der Kuh zu befriedigen fordert Voisin daher eine angepasste Umtriebsweide, bei der die folgenden vier universellen Gesetze für die Weidehaltung beachtet werden müssen:

1. Gesetz

Damit Gras, das vom Tier abgefressen wurde, seine höchste Leistung erreicht, muss zwischen zwei aufeinanderfolgenden Nutzungen eine genügend lange Zeit verstreichen. Gras kann dadurch:

- a. in seinen Wurzeln die nötigen Reserven für ein kräftiges Wiederaustreiben speichern,
- b. den richtigen Wachstumsschub auszuführen (dh. eine hohe tägliche Produktion je ha).

Dabei ist die Ruhezeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Beweidungen verschieden und wird durch die Jahreszeit, das Klima und andere Umweltbedingungen bestimmt.

2. Gesetz

Die Beweidungszeit einer Koppel muss so kurz sein, sodass abgefressenes Gras nicht noch einmal von den Tieren abgeweidet wird, ehe sie die Koppel verlassen. So wie es einen Zeitpunkt gibt, an dem Wiesengras reif zum Schneiden ist, so gibt es auch einen, an dem Weidegras reif zum Beweiden ist.

3. Gesetz

Man muss jenen Tieren mit den höchsten Futteransprüchen auch helfen, eine große Futtermenge von möglichst hoher Qualität abweiden zu können.

4. Gesetz

Zur Erzielung regelmäßig guter Leistungen darf die Kuh nicht länger als drei Tage auf derselben Koppel bleiben. Am allerhöchsten werden die Leistungen sein, wenn das Rind nur einen Tag auf einer Koppel verweilt (Voisin, 1959; Voisin & Lecomte, 1962).

Diese „Universalgesetze“, zwei für die Weide und zwei für die Kuh, bestimmen laut Voisin die Zukunft der Umtriebsweide. Anstatt zu glauben das Gras wächst von alleine und die Kuh frisst es selbständig, sollte laut ihm der Schluss gezogen werden, dass dem Gras bei seinem Wachstum geholfen werden sollte und die Kuh beim Gras an geleitet werden muss. Dafür formulierte der Agronom noch zehn zusätzliche Grundregeln:

1. Eine rationelle Beweidung lässt sich auf Dauerweiden, aber auch auf Feldgrasflächen umsetzen.
2. So wie es einen passenden Zeitpunkt zum Mähen gibt, gibt es einen richtigen Zeitpunkt für die Beweidung.
3. Werden die notwendigen Ruhezeiten eingehalten, die je nach Jahreszeit unterschiedlich lang sein müssen, dann ermöglicht man dem Gras, Reserven für den Nachwuchs zu sammeln und eine Wachstumsspitze zu erreichen.
4. Die Besatzzeiten müssen kurz genug sein, damit ein bereits beweidetes Gras, das mit dem Nachwachsen begonnen hat, nicht innerhalb derselben Besatzzeit ein zweites Mal abgebissen wird.
5. Ist die Ruhezeit genügend lang, so können die Kühe reichlich ausgeglichenes Futter auf Grund des höheren Aufwuchses fressen, das sich auf die Milchleistung als auch auf die Gesundheit der Tiere günstig auswirkt. Unter „ausgeglichenem“ Futter versteht Voisin ein Futter, welches keine unbalancierte Nährstoffzusammensetzung (z.B. XP-Überschuss) oder zu geringe TM-Gehalte aufweist. Damit können Stoffwechselprobleme (Durchfall) und das Risiko einer Pansenblähung reduziert werden.
6. Ruhezeiten werden angepasst, um die zeitlichen Schwankungen im Graswachstum auszugleichen. Dafür können folgende Möglichkeiten genutzt werden:
 - a. Veränderung der Weideflächen durch Einbezug oder Ausschluss von Koppeln oder Futterflächen verschiedenster Art
 - b. Anlegen von Grasreserven (stehendes Heu)
 - c. Erhöhung der Stickstoffdüngung bei geringerem Graswachstum
 - d. Beifütterung oder Reduktion des Tierbestandes soll nur dazu dienen die passenden Ruhezeiten für die Weide einzuhalten und sind als Hilfsmittel anzusehen und dienen nicht als Selbstzweck
7. Bei der Erstellung eines Weideplans muss, abhängig von der Besatzzeit, die Koppelanzahl bestimmt werden, die es ermöglicht, die für den Sommer nötigen Ruhezeiten einhalten zu können.
8. Die Weideführung muss flexibel sein. Das Wachstum der Gräser bestimmt die Vorgehensweise und der Weidewirt reagiert nur darauf. Koppeln müssen nicht in derselben Reihenfolge beweidet werden und wenn auf einzelnen Koppeln nicht genügend nachgewachsen ist, müssen diese übersprungen werden.
9. Die größte Schwachstelle jedes Weidesystems ist die „unzeitige Beschleunigung“ der Umtriebe. Das heißt, dass Ruhezeiten genau dann verkürzt werden, wenn sie eigentlich verlängert werden müssten.
10. Diese Grundregeln lassen sich wie folgt zusammenfassen: Die Kunst der rationellen Weidewirtschaft besteht darin, das Wachsen des Grases zu

beeinflussen und das Tier beim Weiden zu führen. Die Gewohnheit Gras auf gut Glück wachsen und die Tiere willkürlich weiden zu lassen muss beendet werden.

Bis heute dienen die Bücher von Voisin als Standardwerke und dienen als Basis für viele weitere, internationale Entwicklungen in der Weidehaltung (Pinheiro Machado Filho et al., 2021; Savory & Butterfield, 2016; McCosker, 2000; Salatin, 1995; Voisin & Lecomte, 1962; Voisin, 1959).

Cell Grazing

Bei Cell Grazing handelt es sich nicht um ein Weidesystem, sondern um eine Managementmethode. Diese baut auf Prinzipien auf, deren Grundlage die Arbeit von André Voisin ist (McCosker, 2000). Diese lauten:

1. Festlegung der Ruhezeiten entsprechend der Wachstumsraten der Pflanzen (McCosker, 2000; Pratt, 2013),
 1. Wie viele Tiere auf einer Fläche ernährt werden können hängt von der Tragfähigkeit ab, ausgedrückt in LM oder GVE/ha (Klapp, 1971),
2. Hohe Intensität bezüglich Planung, Überwachung und Management der Beweidung (McCosker, 2000),
3. kurze Weidezeiten nutzen, um die Leistung der Tiere zu steigern (McCosker, 2000; Pratt, 2013),
4. maximale Besatzdichte für minimale Zeit verwenden (McCosker, 2000; Pratt, 2013),
5. Nutzung der Vielfalt von Pflanzen und Tieren zur Verbesserung der ökologischen Gesundheit (McCosker, 2000),
6. große Herdengrößen verwenden, um die Herdenbildung zu fördern (McCosker, 2000; Pratt, 2013).

Nur wer die ersten fünf Prinzipien in der richtigen Reihenfolge befolgt, praktiziert laut McCosker (2000) auch wirklich Cell Grazing. Diese Weideform zwingt niemanden ein Management auf, sondern ermöglicht es einem erst seine Weidehaltung zu planen (Pratt, 2013). Für die Umsetzung sind allerdings auch Training und Erfahrung nötig (McCosker, 2000).

Management-intensive Grazing (MiG)

MiG ist ein Konzept, das von Jim Gerrish entwickelt wurde. Der Landwirt, Berater und Mitarbeiter des University of Missouri's Forage Systems Research Center setzt hierbei den Fokus auf ein intensives Management und nicht auf eine intensive Weidehaltung. Laut ihm sollte jede Bewirtschaftung managementintensiv sein. Ein wichtiger Punkt hierbei ist ein zielorientiertes Produktionsmanagement. Weiters ist es wichtig, keine willkürlichen Messungen als Produktionsziele festzulegen, sondern in Form von wirtschaftlichen Erträgen pro Acker oder pro Tier. Ebenso ist es ein Ziel, die Ressourcenbasis (Land, Arbeit, Kapital und Management) tatsächlich zu verbessern, anstatt sie nur zu erhalten (Gerrish & Ohlenbusch, 1998). Ziel der Weideführung ist, den Bestand in der vegetativen Phase zu halten, dabei allerdings immer die nötigen Ruhephasen der Pflanzen zu beachten. Es gilt ein Gleichgewicht zwischen Futtermenge und Nährstoffansprüchen des Viehbestandes herzustellen, sowie zur Erhaltung einer gesunden Pflanzengemeinschaft zu finden (Kennedy, 2011).

Holistic Planned Grazing

Die Form der „ganzheitlichen, geplanten Beweidung“ wurde von Allan Savory, dem Gründer von Holistic Management®, ins Leben gerufen. Holistic Management® ist ein Hilfsmittel zur Planung und zur Umsetzung von Betriebskonzepten in einem ganzheitlichen Kontext. Dabei werden nicht nur ökologische Aspekte berücksichtigt, sondern auch ökonomische und soziale. Der Start dafür war die Erkenntnis des Wildtierbiologen, dass Über- und Unterweidung zu Problemen in Graslandschaften führen und daher ein gutes Weidemanagement von Nöten ist und nicht einfach die Reduktion der Wild- und Nutztierbestände. Als Vorbild für die Weideplanung nahm er den Agronomen André Voisin, der klarstellte wie wichtig die Rastzeiten für gute Erträge und stabile Pflanzenbestände sind (Savory, 2013; Savory & Butterfield, 2016). Daher setzt Savory bei der Weideführung auf kurze Verweildauern und lange Rastzeiten. Von diesem Ansatz stammt auch die Bezeichnung „Short Duration Grazing“, die anfänglich unter der „Savory-Methode“ bekannt wurde (Savory, 1983). Allan Savory machte auch darauf aufmerksam, mit höheren Besatzdichten zu weiden, da er sich der Bedeutung der Grass-Weidetier-Raubtier-Beziehung bewusst war und somit versuchte diese nachzuahmen (Zietsman, 2014). Die Weideform wurde seitdem weiterentwickelt und in den Planungsprozess von Holistic Management® eingebunden. Der ermöglicht es, einfach mit einer großen Komplexität umzugehen, mit der Viehbetriebe täglich konfrontiert sind. Aspekte wie die Tiergesundheit, das Zusammentreffen von tierischer Produktion mit dem Pflanzenbau, der Forstwirtschaft oder Wildtieren, Wirtschaftlichkeit aber auch die Regeneration der Böden können gemeinsam geplant werden. „Holistic Planned Grazing“ hilft sicherzustellen, dass die Nutztiere am richtigen Ort, zur richtigen Zeit und mit dem richtigen Verhalten sind (Savory Institute, 2015). Für die Umsetzung wurden folgende Punkte aufgestellt (Savory Institute, 2015):

1. Es sollten so wenige Herden wie möglich gehalten werden. Am besten ist es nur eine Herde zu halten.
2. Die Rastzeiten der Pflanzen sollten vor den Weidezeiten geplant werden.
3. Maximale Besatzdichten sollen für eine minimale Zeit angewandt werden.
4. Die Überweidung hängt mit der Zeit zusammen, in der die Tiere anwesend sind, und nicht mit der Tieranzahl. Überweidung tritt in der Regel zu drei verschiedenen Zeitpunkten auf:
 - a. Wenn die Pflanzen zu lange beweidet werden und erneut verbissen werden, wenn sie versuchen neu aufzuwachsen
 - b. Wenn die Tiere zwar auf neue Flächen getrieben werden, aber zu früh zurückkehren und die Pflanzen erneut abgrasen, obwohl sich diese noch von der letzten Beweidung erholen müssen und die gespeicherte Energie für die Neubildung der Blätter verwendet wird.
 - c. , Wenn die Pflanzen unmittelbar nach der Winterruhephase erst neue Blätter aus der gespeicherten Energie produzieren.
5. Die Besatzstärke muss an das vorhandene Futter und die gewollte Weidedauer angepasst werden.
6. Dürrereserven werden als Zeitreserven (und nicht als Fläche) geplant.
7. Die Weide soll mit einem Weideplan umgesetzt werden.
8. Ein Plan soll für die Vegetationsperiode vor Beginn des Hauptwachstums erstellt werden.
9. Ein Plan soll für die wachstumsfreie Zeit, wenn die Gräser aufhören zu wachsen, erstellt werden.
10. Der Plan muss überprüft und gegebenenfalls angepasst werden.
11. Ganzheitlich geplante Weidehaltung ist ein Prozess, kein Rezept.

Häufig kommen Betriebe über die ganzheitlichen Ansätze von Holistic Management® auf neue Arten der Bewirtschaftung. Daher wenden Betriebe, die ihre Weide holistisch planen auch häufig Mob Grazing an (Wagner et al., 2023). Allerdings sollte man diese zwei Begriffe nicht als Synonym verwenden (Gurda, 2014). Vor allem auch, weil Holistic Management® keine einzelne Methode, sondern eine Philosophie darstellt. Vielmehr geht es um einen Managementprozess, der unter anderem die Nutzung von Rotationsweiden mit relativ hohen Besatzdichten beinhaltet (Savory, 1988).

Ultra High Stock Density Grazing (UHSDG)

Damit wird eine nicht selektive Beweidung mit extrem hohen Besatzdichten und kurzen Verweildauern beschrieben. Auch wenn dieses Vorhaben dem Mob Grazing sehr ähnlich ist und als Synonym verwendet wird (Hancock, 2010a), sind die Ziele dennoch andere. Bei UHSDG wird eine höchstmögliche Ernteeffizienz angestrebt, während bei Mob Grazing die Futterschwendung deutlich höher ist, da eine Mulchschicht aufgebaut werden soll. Verwendet wird dieser Begriff häufig von Johann Zietsman, der das Wissen von verschiedenen VorreiterInnen in der Weidehaltung und der Rinderzucht zusammengefasst hat und seine Expertise als Berater für UHSDG weitergibt und am eigenen Betrieb umsetzt. Zum einen bezieht er sich auf den „non-selective grazing“ Ansatz von John Acocks, der schon in den 1950er Jahren vielen Betrieben in Südafrika geholfen hat, Desertifikationsprozesse zu verhindern. Zum anderen übernahm er Punkte von Allan Savory und dem Short Duration Grazing. Er erkannte allerdings, dass Tiere für eine nicht selektive Beweidung und für die großen klimatischen Herausforderungen in Afrika angepasst sein müssen. Tom Lasater und Jan Bonsma waren seine Lehrmeister, um Tiere zu züchten, die auf der Weide im Busch zurechtkamen. Selektionskriterien in der Zucht wie beste Grundfuttermittelverwertung, hohe Futteraufnahme, gute Fruchtbarkeit, Frühreife, sowie Hitze- und Parasitentoleranz stehen dabei besonders im Fokus. Ziel von Zietsman ist es, UHSDG einzusetzen, um einen möglichst hohen nachhaltigen Betriebsgewinn pro Hektar zu erzielen. Der Fokus liegt nicht auf hohen Einzeltierleistungen, sondern darauf, den Gewinn pro Hektar zu erhöhen. Dies gelingt über die nicht selektive Beweidung mit hohen Besatzdichten. Denn damit kann mehr Futter geerntet und es können somit die Besatzstärke und die Flächenproduktion erhöht werden. Trainierte Tiere und richtige Weidegenetik sorgen zusätzlich für eine maximale Ernteeffizienz. Nach der kurzen und intensiven Beweidung wird dem Bestand eine lange Rastzeit gewährt, um das volle Wachstumspotenzial auszunutzen. Der Einsatz erfolgt allerdings immer strategisch. Daher werden die Umtriebe und die Besatzdichten zu gewissen Zeiten, wie der Abkalbesaison, auch reduziert (Zietsman, 2014).

Total Grazing

Bei diesem ganzheitlichen Ansatz dient eine regenerative Bewirtschaftung als Grundpfeiler. Die praktische Umsetzung ist von VorreiterInnen in diesen Bereichen wie André Voisin, Allan Savory und Johann Zietsman geprägt worden. Die Terminologie stammt von Jaime Elizondo, der darauf plädiert im Weidemanagement die Verbesserung der Nährstoffversorgung, die Anpassung des Abkalbezeitpunktes und die Verwendung des richtigen Rindergentyps zu berücksichtigen. Nur wenn alle diese Punkte aufeinander abgestimmt und für die Weidehaltung angepasst sind, ist ein Erfolg garantiert. Der Fokus liegt ebenfalls nicht auf hohen Einzeltierleistungen,

sondern darauf den Gewinn pro Hektar zu erhöhen. Empfohlen werden Besatzdichten von etwa 250.000 kg/ha bis 1.000.000 kg/ha, wobei die Tiere maximal einen Tag auf derselben Fläche verweilen, bestenfalls aber zwei- bis viermal pro Tag auf neue Futterflächen getrieben werden. Im Speziellen wird versucht so zu weiden, dass ein tiefes Wurzelwachstum und die Humusproduktion gefördert werden (Elizondo et al., 2018; Real Wealth Ranching, 2023).

Adaptive Multi-Paddock Grazing (AMP)

AMP kann als Überbegriff für Weideplanung und- management gesehen werden (Sherren et al., 2022), bei dem eine Rotationsweide mit vielen kleinen Koppeln mit hohen Besatzdichten, für eine kurze Zeit, mit darauffolgenden langen Rastzeiten beweidet wird (Bork et al., 2021; Teague et al., 2015; Teague et al., 2013). Das Monitoring und das adaptive Management ist für AMP charakteristisch und unterscheidet sich somit von herkömmlichen Weideformen (Sherren et al., 2022; persönliche Mitteilung Williams, 14.08.2017). Rastzeiten und vor allem Besatzdichten werden somit je nach Anforderungen und Umweltbedingungen angepasst (persönliche Mitteilung Williams, 14.08.2017). Diese Form der Weideführung ähnelt somit dem Ansatz von „Holistic Planned Grazing“. Da einige Forscher diesen Begriff aus diversen Gründen nicht verwenden wollten, bezeichneten sie diese Weideführung neu (Sherren et al., 2022; persönliche Mitteilung Dennis, 08.07.2017). Bei der Umsetzung und Erforschung der AMP Beweidung stehen vor allem die Verbesserung der Böden, die Regeneration von Ökosystemen, die Reduzierung von Treibhausgasen und die Erhöhung der Kohlenstoffsequestrierung, sowie die Erhöhung der Wasserinfiltration im Fokus (Apfelbaum et al., 2022; Shrestha et al., 2020; Teague & Barnes, 2017; Teague et al., 2011). AMP wird somit auch als Teil der Regenerativen Landwirtschaft angesehen (Burgess et al., 2019).

Mob stocking

Dabei handelt es sich um eine Form der Rotationsweide und wird als Managementstrategie (vergl. Allen et al., 2011) angewendet, um Futterbestände unter hohem Weidedruck schnell abzuweiden. Dazu weidet eine große Herde (mob) mit einer hohen Besatzdichte auf einer Weide mit hohen Erträgen pro Aufwuchs. So wird in kurzer Zeit (12-48 Stunden) der Bestand auf eine niedrige Restaufwuchshöhe abgeweidet. Somit unterscheidet sich diese Methode vor allem durch die Biomasse vor und nach der Beweidung, sowie der Dauer der Besatz- und Rastzeit von einer gewöhnlichen Rotationsweide (Allen et al., 2011).

Tall grass grazing

„Tall grass grazing“ wird als Synonym für Mob Grazing verwendet (Soder et al. 2013; Sandison, 2019), wobei der Begriff in den letzten Jahren vor allem von PraktikerInnen in Großbritannien genutzt wird und teilweise auch mit „Holistic Planned Grazing“ verbunden wird (Zaralis, 2015; Sandison, 2019; Soil Association, 2023b).

Als Grundlage von vielen oben vorgestellten Weidesysteme dienen die Arbeiten von André Voisin (Voisin & Lecomte, 1962; Voisin, 1959). Daher sollten die Grundprinzipien der „Rationellen Weide“ näher beleuchtet werden. Laut Voisin sind sämtliche der vielen unterschiedlichen Weidesysteme am Faktor „Zeit“ gescheitert, da eine Übernutzung nur durch zu langes Weiden oder durch eine zu frühe erneute Beweidung auftritt. Daher ist laut Pratt (2013) auch der größte Fehler, der beim Weidemanagement begangen wird, zu geringe Rastzeiten zu gewähren.

Ob der Faktor „Zeit“ richtig berücksichtigt wurde, ist abhängig von der Weidebestandeshöhe, von der Dauer der Nutzung und der Erholungsphase, sowie von der Nutzungshäufigkeit (Waller et al., 1985). Wird ein Pflanzenbestand durch falsche Managemententscheidungen, wie ein zu frühes, erneutes Beweiden oder einen zu hohen Tierbesatz genutzt, sodass die Produktivität sinkt, spricht man von einer Überweidung (Briske & Heitschmidt, 1991). Damit dies nicht passiert, sind die entsprechenden „Ruhezeiten“ und „Besatzzeiten“ zu berücksichtigen. Die Ruhezeit gewährleistet, dass Gräser ihre Wurzelreserven erneuern, ein schnelles Wachstum erreichen und eine gute Futtergrundlage bieten können. Dafür ist ein gewisser Entwicklungsgrad der Weidepflanzen nötig. Wie schnell dieser erreicht wird, hängt vom Graswachstum und somit von jahreszeitlichen und klimatischen Gegebenheiten ab. Daher ist es auch von Nöten die Ruhezeit im Jahresverlauf anzupassen (Voisin & Lecomte, 1962; Voisin, 1959). Zusätzlich ist die nötige Ruhezeit von den eingelagerten Speicherreserven vor der letzten Beweidung, der Intensität der Nutzung, dem Pflanzenbestand selbst und vom Niederschlag und der Düngung abhängig. Eine Anpassung der Ruhezeit ist somit unumgänglich (Gerrish, 2004; Voisin & Lecomte, 1962; Voisin, 1959). Die gesamte Zeit, die eine Koppel während eines Umtriebes beweidet wird, nennt man Besatzzeit. Diese sollte möglichst kurz sein, um einen zweiten Verbiss während einer Beweidung zu verhindern. Um all dies zu gewährleisten, sollte ein Weideplan erstellt werden. Dabei ist die flexible Einteilung in möglichst viele Koppeln von größerer Bedeutung. Maßgebend dafür ist die Ruhezeit in den Sommermonaten, da in diesem Zeitraum das Graswachstum verlangsamt ist und somit der optimale Beweidungszeitpunkt später erreicht wird. Daher sind längere Ruhezeiten von Nöten, die durch die erhöhte Anzahl an Koppeln erreicht werden kann (Voisin & Lecomte, 1962).

Auf den ersten Blick lassen viele Koppeln das Management komplizierter und aufwendiger werden. Die Möglichkeit zu managen besteht jedoch überhaupt erst durch die hohe Koppelanzahl. Denn dadurch stehen dem Weidemanager mehr Optionen offen, um zu planen wann und wo beweidet wird, wodurch die Flexibilität im Management steigt (Pratt, 2013; Gerrish, 2004). Zusätzlich ist mit einer erhöhten Koppelanzahl eine Anpassung an die jahreszeitliche Änderung des Graswachstums leichter und der Ruhebedarf der Grasnarbe kann besser berücksichtigt werden (Klapp, 1971). Die Beweidung ist somit mit einer größeren Koppelanzahl leichter zu kontrollieren und es ist einfacher sich an unvorhersehbare Wetterbedingungen anzupassen (Voisin & Lecomte, 1962). Dennoch gilt, dass zu viele permanente Weideunterteilungen schnell restriktiv wirken können (Gerrish, 2004). Die Koppelanzahl und Größe sollten demnach immer angepasst werden können.

Trotz der Bedeutung der ausreichenden Ruhezeit und der Nutzung von weidereifem Gras können keine Angaben über eine optimale Aufwuchshöhe oder die Dauer einer Weiderotation gemacht werden. LandwirtInnen müssen selbst entscheiden, wann der

Bestand bereit ist, beweidet zu werden. Vor allem im Trockengebiet gilt es dem Faktor Zeit noch mehr Aufmerksamkeit zu schenken und die Ruhezeiten müssen konsequenter eingehalten und öfters angepasst werden. Zusätzlich ist es sinnvoll, die Ruhezeiten zu verlängern. Somit wird es dem Pflanzenbestand ermöglicht in die optimale Wachstumsphase zu kommen, das mögliche Ertragspotential wird besser ausgenutzt, die Tiere erhalten ein ausgeglicheneres Futter und mit den auf der Weide „stehenden Futterreserven“ ist man auf schlechtere Wachstumsbedingungen vorbereitet (Voisin & Lecomte, 1962).

Diese Vorteile werden auch bei Mob Grazing genutzt, indem längere Rastzeiten vorgesehen werden, wobei je nach Betrieb und Standort die Angaben häufig zwischen 28 und 100 Tagen schwanken (Chapman, 2012; Hafla et al., 2014; Gurda et al., 2018; Wagner et al., 2023). In semi-ariden Gebieten wie den Sandhills in Nebraska werden auch nur einmalige Beweidungen pro Jahr umgesetzt (Andrade et al., 2022). Laut dem Praktiker Peterson sind lange Rastzeiten der Schlüssel zum Erfolg und daher gewährt er seinen Weiden Ruhephasen von sogar bis zu über einem Jahr (Thomas, 2012). Auch die Koppelweiden, die im Versuch von Andrade et al. (2022) in Nebraska als Vergleich zu Mob Grazing dienten, wurden nur ein- bzw. zweimal pro Jahr beweidet. Der Betrieb des Mob Grazing Pioniers Neil Dennis befindet sich ebenfalls in einem trockenen Gebiet im südlichen Teil Saskatchewan, Kanada. Er sah früher Rastzeiten von 90 Tagen vor. Nachdem er seine Flächen durch Mob Grazing verbessern konnte, reduzierte er allerdings die Weideintervalle wieder auf 60 Tage (Chapman, 2012). In feuchteren Klimazonen wie Großbritannien werden hingegen Rastzeiten von 24 bis 80 Tage angewendet (Wagner et al., 2023), wobei Chapman (2013) auch für solche Regionen Rastzeiten von 60-100 Tagen für die Umsetzung von Mob Grazing empfiehlt. Die Variation der Rastzeitdauer ist nicht nur auf die unterschiedlichen Standorte zurück zu führen, sondern auch auf die sporadische Anwendung dieser Strategie. Somit werden Rastzeiten nur zu gewissen Zeiten verlängert (persönliche Mitteilung Dennis, 08.07.2017). Hancock (2010b) empfiehlt für bessere Futterqualitäten kürzere Weideintervalle, räumt aber auch ein, dass es sinnvoll ist, gelegentlich längere Rastzeiten von über 60 Tagen einzuhalten.

Durch die Verlängerung der Rastzeit werden bei Mob Grazing Bestände beweidet, die sich bereits im Ähren/Rispenschieben, in der Blüte oder sogar schon in der Samenproduktion befinden (Judy, 2008; Andrade et al., 2022). Daher ist das Blatt/Stängel-Verhältnis niedriger, die Pflanzen sind eher verholzt und höher aufgewachsen. Somit ist der Bestand anfälliger niedergetrampelt zu werden, da die Tiere die leichter verdaulichen Blätter fressen und die Stängel auf den Boden andrücken (Gurda, 2014; Andrade et al., 2022). Dies konnte auch in den vorläufigen Ergebnissen eines Projektes in Brandenburg bestätigt werden, indem der höhere Aufwuchs maßgeblich zur Etablierung einer Mulchschicht beitrug (Zahn et al., 2022). In den Arbeiten von Gurda (2014) und Billman et al. (2020) wurden Aufwuchshöhen von über 36 cm bzw. über 50 cm angestrebt, wobei die Aufwuchshöhe über das Jahr zwischen 20-80 cm schwankte.

In Nebraska wurde in einer zweijährigen Studie (2012-2013) kein Ertragsunterschied zwischen Mob Grazing, Koppelweiden mit einer bzw. zwei Nutzungen pro Jahr und einer Standweide festgestellt. Jedoch wies Mob Grazing als einzige Variante im zweiten Versuchsjahr einen höheren Ertrag als die unbeweidete Kontrollfläche auf (Beckman, 2014). Am selben Standort untersuchten Guretzky et al. (2020) im Jahr 2014 und 2015 den Einfluss auf die Biomasseproduktion. Mob Grazing konnte

numerisch einen höheren Ertrag von 5.422 kg/ha im Vergleich zu einer Beweidung mit niedrigen Besatzdichten liefern (4.790 kg/ha).

In einem Versuch mit Schafen konnten zwischen Mob Grazing, Koppelweide und Standweide keine signifikanten Unterschiede im Ertrag festgestellt werden (Humerickhouse, 2014). Die Verlängerung der Rastzeit führt allerdings tendenziell zu einem Ertragsanstieg, vor allem im Vergleich zu intensiven, eventuell zu kurzen Rastzeiten (Voisin & Lecomte, 1962). Dies konnte auch in der Studie von Gurda (2014) gezeigt werden. Der TM-Ertrag war bei Mob Grazing auf einem von zwei Versuchsstandorten signifikant höher als in den Rotationsweiden und übertraf deren Produktion insgesamt um 24-76 %. Gompert (2010) berichtet, dass PraktikerInnen, im Gegensatz zu den genannten Studien, auf Grund ihrer subjektiven Einschätzung im Rahmen einer Befragung, deutliche Ertragsteigerungen von 100-300 % durch Umstellung auf Mob Grazing erreichten. Zurückzuführen sei dies, laut den subjektiven Angaben der BetriebsleiterInnen, auf eine verbesserte Bodenfruchtbarkeit und einen einheitlicheren Weidedruck.

Die langen Ruhezeiten könnten somit durchaus einen Vorteil bieten, jedoch muss auch mit einem Rückgang der Futterqualität gerechnet werden. In der Arbeit von Humerickhouse (2014) in Kansas, lag die Futterqualität in der Mob Grazing Versuchsgruppe am niedrigsten. Zurückzuführen ist dies auf den älteren Pflanzenbestand und den damit verbundenen höheren Gehalt an ADF und NDF, sowie einem geringeren Rohproteingehalt, verglichen mit einer Rotationsweide.

In einem zweijährigen Versuch in Virginia wurden, auf einem Rohrschwengel und Knaulgras dominanten Bestand, hingegen keine signifikanten Unterschiede im Rohprotein und Fasergehalt zwischen Mob Grazing, einer Rotationsweide und einer Standweide festgestellt (Tracy & Bauer, 2019). Auch in der Arbeit von Johnson (2012) gab es zwischen Koppelweiden mit einer (PR1) bzw. zwei Nutzungen (PR2) sowie Mob Grazing mit einer Nutzung pro Jahr kaum Unterschiede in den insgesamt sehr niedrigen XP-Gehalten von jeweils 6,2-6,8 %, 6,7-9,7 % und 6,6-7 % je kg Trockenmasse. In Pennsylvania schnitt eine intensivere Koppelweide mit 4-6 Nutzungen in der Futterqualität besser ab als Mob Grazing mit nur zwei Nutzungen im Jahr. Der Energiegehalt sank, während der Faseranteil bei der Beweidung von Luzernegras mit Mob Grazing (70-90 Tage Rotation) anstieg (Billman et al., 2020). Laut Strickler (2019) erzielt Mob Grazing daher in trockenen Graslandschaften bessere Ergebnisse, da dort Gräser, wie *Bouteloua gracilis* und *Bouteloua dactyloides*, ihren Futterwert länger halten können. Daher empfiehlt es sich einen geeigneten Pflanzenbestand zu finden, der an lange Rastzeiten und hohe Aufwüchse, die niedergetrampelt werden sollen, angepasst ist. Raygras betonte Weiden haben dafür nicht die richtige „physikalische Struktur“. Daher sollte laut den Empfehlungen in einem britischen „Mob Grazing Ratgeber“ ein artenreicher Weidebestand zum Einsatz kommen. Da keine Pflanze alle Ansprüche erfüllen kann, bringt es Vorteile mehrere Arten anzubauen. (Wilkinson et al., 2016). Vor allem tiefwurzelnde und hochaufwachsende Arten werden für Mob Grazing empfohlen. Darunter fallen z.B. *Onobrychis viciifolia*, *Medicago sativa*, *Melilotus*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Trifolium hybridum*, *Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina*, *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata*, *Phleum pratense*, *Festuca pratensis*, *Festulolium*, *Lolium perenne*, *Cichorium intybus*, *Plantago lanceolata*, *Achillea millefolium*, *Sanguisorba minor* und *Petroselinum Crispum* (Jenkins, 2018; Wilkinson et al., 2016).

Bei britischen LandwirtInnen, die laut eigenen Angaben Mob Grazing umsetzen, konnte kurzfristig keine Änderung des niedrigwachsenden Pflanzenbestandes (u.a. *Lolium perenne*, *Agrostis stolonifera*) festgestellt werden. Da eine Änderung der Bestandeszusammensetzung länger dauert oder womöglich gar nicht eintritt (Wagner, et al. 2023), ist der Anbau von artenreichen Beständen eine Option. Entsprechend Wilkinson et al. (2016) ist dies für viele LandwirtInnen der Startpunkt, da die Umsetzung von Mob Grazing und die Nutzung von artenreichen Beständen Hand in Hand gehen. Der Grund für das längere Bestehen von zahlreichen Arten im Bestand ist, dass nicht zu tief beweidet und den Pflanzen eine längere Rastzeit von 28-49 Tagen gewährt wird, sowie die Aufwuchshöhen von in etwa 30-60 cm eingehalten werden (Wilkinson et al., 2016).

In Großbritannien wurde hierzu eine „case study“ auf einem Milchviehbetrieb durchgeführt. Beweidet wurde ein Bestand aus *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Phleum pratense*, *Festuca pratensis*, *Festuca arundinacea*, *Poa pratensis*, *Cynosurus cristatus*, *Trisetum flavescens*, *Festuca rubra* sowie den Leguminosen *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Trifolium hybridum* L., *Lotus corniculatus*, *Melilotus*, *Onobrychis viciifolia* und Kräutern *Cichorium intybus*, *Plantago lanceolata*, *Sanguisorba minor*, *Achillea millefolium* und *Petroselinum sativum*. Diese artenreiche Mischung wurde gezielt für Mob Grazing neu angesät. Laut dem Betriebsleiter ist dies auch sinnvoll, da sich die artenreichen Bestände besser für die, bei Mob Grazing eingesetzten, lange Rastzeiten eignen, als die hauptsächlich aus Raygras bestehenden Milchviehweiden. Mit diesem Ansatz gelang es auch mit einem artenreichen Bestand und Mob Grazing hohe Erträge (10.300 kg TM/ha) zu erzielen. Der Bestand wurde mit Besatzdichten von 115.000 kg/ha und zwei Umtrieben pro Tag beweidet. In dem Erhebungsjahr 2014 wurden durchschnittlich Rastzeiten von 21 Tagen eingehalten. Diese Dauer entspricht nicht den Anforderungen von Mob Grazing. Jedoch setzte der Betrieb in den Jahren davor auf Rastzeiten von 40-50 Tagen und konnte dabei ähnlich hohe Erträge erzielen (Zaralis, 2015).

Während die Koppelweide im Osten der USA verbreitet ist, wird Mob Grazing hauptsächlich für trockene Graslandschaften und Prärien in den Great Plains und den Rocky Mountains empfohlen. Zurückzuführen ist dies wohl auf den unterschiedlichen Pflanzenbestand. Im Osten sind hauptsächlich europäische Arten vorhanden, die an eine tiefere und häufigere Beweidung angepasst sind. Um Mob Grazing auch auf solchen Standorten zu testen, führten Billman et al. (2020) in Pennsylvania einen vierjährigen Versuch durch. Dazu wurde ein Bestand mit *Medicago sativa*, *Trifolium repens*, *Dactylis glomerata*, *Schedonorus arundinaceus* und *Plantago lanceolata* neu angelegt. Mit einer Koppelweide wurde eine vier- bis sechsmalige Nutzung im Jahr erreicht (Bestandshöhe 25 cm), während die Mob Grazing Weiden nur zweimal genutzt wurden (70-90 Tage Rastzeit, mind. 50 cm Bestandshöhe). Die intensivere Nutzung förderte die Gräser, reduzierte den Luzerneanteil allerdings von 19,5 % im ersten Jahr auf 0,03 % im vierten Jahr. Bei Mob Grazing blieb der Luzerneanteil hingegen über vier Jahre lang konstant (26 %). Durch die extensive Nutzung konnte zwar ein hoher Luzerneanteil über mehrere Jahre gesichert werden, allerdings konnte das Ertragspotenzial des Standortes, durch die geringe Nutzungshäufigkeit mit Mob Grazing, nicht ausgenutzt werden. Ersichtlich wurde dies durch die in drei von vier Jahren signifikant höheren Erträge der Rotationsweide im Vergleich zu Mob Grazing. Im ersten Jahr betragen die kumulativen TM-Erträge, gemessen vor der Beweidung, für die Rotationsweide 15.680 kg/ha und für das Mob Grazing 14.032 kg/ha. Die Biomasseproduktion sank allerdings sukzessive und die Ertragsunterschiede nahmen zu Gunsten der Rotationsweide deutlich zu.

In einer achtjährigen Studie in Nebraska (612 mm) konnte zwischen Mob Grazing (einmalige Beweidung) und Koppelweiden (ein- und zweimalige Beweidung) keine Änderung in der Pflanzenzusammensetzung festgestellt werden (Andrade et al., 2022). Es handelt sich dabei um einen Versuchsstandort mit einem bereits artenreichen Bestand (89 Arten) aus hauptsächlich dort heimischen Pflanzen wie beispielsweise *Calamovilfa longifolia*, *Schizachyrium scoparium*, *Stipa spp.* und *Panicum virgatum* (Schacht et al., 2000). In Virginia hatte die Beweidungsart ebenfalls keinen großen Einfluss auf den Pflanzenbestand, lediglich der Weißkleeanteil nahm auf der Standweide im Vergleich zu Mob Grazing und einer Koppelweide signifikant zu. Mob Grazing reduzierte jedoch signifikant den Anteil an unbedecktem Boden, im Vergleich zur Standweide. Der Anteil betrug 1,1 anstatt 3,3 %, jeweils für Mob Grazing und Standweide (Tracy & Bauer, 2019). Im Gegenzug dazu berichten Praktiker, dass auf Grund der längeren Rastzeiten Pflanzen auch in die generative Phase kommen können und die Pflanzenvielfalt dadurch steigt (Thomas, 2012).

Hohe Besatzdichten sind ein wichtiges Kriterium bei Mob Grazing, wobei die Angaben der Einsatzbereiche zwischen 50.000 kg/ha und 1.000.000 kg/ha stark schwanken (Soder et al., 2013; Hafla et al., 2014; Wagner et al., 2023). Die Besatzdichte ist nicht zu verwechseln mit der Besatzstärke. Dieser Begriff wurde von Geith geprägt und gibt das mittlere Lebendgewicht der in der Vegetationszeit aufgetriebenen und voll ernährten Tiere je ha an. Die Besatzdichte hingegen, gibt den Tierbesatz während der einzelnen Nutzung an. Dabei bezieht sich das Lebendgewicht der Herde auf den Hektar Fressfläche. Wird eine Koppel verkleinert, führt dies zur Erhöhung der Besatzdichte (Klapp, 1971). Bei Mob Grazing werden oft Besatzdichten von mindestens 100.000 kg/ha genannt (Paine & Gildersleeve 2011a), während andere 200.000 kg/ha (Beckman, 2014; Volesky et al., 2014) als Mindestkriterium ansehen. Jim Gerrish (Management-intensive Grazing) gibt zu bedenken, dass er 100.000 kg/ha seit Jahren mit Tageskoppeln umsetzt, er aber nicht Mob Grazing betreibt. Denn Mob Grazing unterscheidet sich nach seiner Meinung von anderen Weideformen durch sehr hohe Besatzdichten und mehreren Umtrieben pro Tag (Thomas, 2012). Bei der Befragung von 58 Mob Grazing Betrieben geben die meisten an 1-3 Umtriebe pro Tag bei Besatzdichten von 56.000 bis 280.210 kg/ha einzusetzen (Gurda, 2014). Die Mob Grazing Pioniere Neil Dennis und Chad Peterson setzen teilweise Besatzdichten von über 1.000.000 kg/ha ein. Dabei ist es nötig, die Herden alle paar Stunden auf neue Flächen zu treiben (Chapman, 2012). Dies wird auch umgesetzt, um beispielsweise Waldweiden vor der Verbuschung zu bewahren. Dafür wird die Herde, auf gewissen Flächen, sogar jede Stunde während des Tageslichts auf neue Weideparzellen gelassen. Dabei handelt es sich nicht um eine tägliche Arbeitsroutine sondern um einen strategischen Einsatz einer großen Rinderherde, damit ein gewünschtes Ziel, wie die Verbesserung der Waldweide, erreicht wird. Bei extrem hohen Besatzdichten ist es auch nötig so häufig weiterzutreiben, da die Futterfläche sehr klein ist und die Fresszeit so verkürzt wird, dass nur wenige Umtriebe den Futterbedarf der Tiere nicht decken würden (persönliche Mitteilung Dennis, 08.07.2017). Klapp (1971) kritisiert, dass bei dem Begriff der Besatzdichte die Dauer der Fresszeit nicht berücksichtigt wird. Dies wäre aber zum Vergleich der gerechneten Besatzdichten wichtig, da die Fresszeit Auskunft über die Ansprüche gibt, denen die Grasnarbe ausgesetzt war. Es scheint daher sinnvoll Besatzdichten und Umtriebshäufigkeiten bzw. Fresszeiten gemeinsam anzugeben.

Die Besatzdichten haben nicht nur einen Einfluss auf die Fressdauer, sondern auch auf das Fressverhalten der Tiere. Bei zu geringen Besatzdichten selektieren Tiere ihr Futter, weswegen schmackhafte Pflanzen einem höheren Weidedruck ausgesetzt sind

(Provenza, 2003; Provenza et al., 2003). Gleichzeitig werden weniger bevorzugte Pflanzen unterweidet. Indem der Nährwert der Pflanze mit Fortschreiten des Vegetationsstadiums abnimmt, wird dies noch weiter verstärkt (Teague et al., 2008). Wird die Besatzdichte erhöht sinkt die Futterselektion und der Bestand wird gleichmäßiger abgefressen (Pratt, 2013; Barnes, 2008) und gedüngt (Judy, 2008; Gerrish, 2004). Die Verkürzung der Fresszeit und die Erhöhung des Besatzes erhöht somit auch die Weideleistung je Hektar (Klapp, 1971), da eine höhere Ernteeffizienz erreicht wird. Dies bedeutet, dass der Anteil an gefressenem Futter, von der vorhandenen Vegetation, steigt (Smart et al., 2010). Basierend auf subjektive Berichte von PraktikerInnen weist Thomas (2012) darauf hin, dass Rinder in großen Herden auf kleinen Flächen „aggressiver“ fressen dürften. Daher plädiert Pratt (2013) auch darauf, nicht nur die Angaben der Besatzdichte in kg/ha zu verwenden, sondern auch vermehrt auf die Tieranzahl und somit auf die Mäuler pro Hektar zu achten. Denn wenige schwere Kühe können dieselbe Besatzdichte ergeben, wie mehrere leichte Jungrinder. Eine gleichmäßigere Beweidung wird allerdings mit jener Herde bewerkstelligt, die eine größere Tieranzahl aufweist (persönliche Mitteilung Dennis, 08.07.2017). Wie Klapp schon 1971 schrieb, können höhere Besatzdichten die Hektarfutterleistungen erhöhen. Durch das höhere Futterangebot ist auch die Erhöhung der Tieranzahl und somit der Besatzstärke möglich. Dabei ist aber zu beachten, dass tendenziell die Einzeltiertageszunahmen sinken, die Gesamtzunahmen pro Hektar allerdings steigen (Smart et al., 2010). Manley et al. (1997) untersuchten dazu unterschiedliche Weideformen und konnten bestätigen, dass unabhängig von der Beweidungsart die Tageszunahmen mit dem Anstieg des Weidedrucks sanken, die Hektarleistungen hingegen anstiegen.

Besatzdichten haben somit einen großen Einfluss auf Pflanzen, Boden und tierische Leistungen, indem der Weidedruck erhöht oder gesenkt werden kann. Der Weideberater Gerrish (2004) nennt daher die Besatzdichten als wichtigstes „Werkzeug“ für alle WeidemanagerInnen. Jedoch ist auch zu bedenken, dass zu hohe Dichten Nachteile, wie beispielsweise Trittschäden, mit sich bringen können. Pratt (2013) entgegnet allerdings, dass es keine zu hohen Besatzdichten gibt, solange die Tiere nicht zu lange auf ein und derselben Fläche bleiben. Provenza et al. (2003) geben zu bedenken, dass es bei einer Umstellung auf hohe Besatzdichten zu einem Leistungsrückgang kommen kann. Jedoch wird dieser nach einer Adaptionsphase wieder ausgeglichen. Daher ist es empfehlenswert, in einer Anpassungsperiode, die Besatzdichten langsam zu steigern, damit sich die Herde an die hohen Besatzdichten gewöhnt und ein nicht selektiver Verbiss erlernt werden kann (Acocks, 1966; Peterson, 2013).

Neben der Besatzdichte ist auf der Weide auch der sogenannte „animal impact“ von Bedeutung. Damit wird der Einfluss der Weidetiere auf deren Umfeld beschrieben (Gerrish, 2004), sowie der physikalische Einfluss auf den Boden, den Hufe von Weidetieren ausüben (Kenyon, 2019). Tiere weiden daher auch mit „fünf Mäulern“. Denn sie wirken nicht nur durch Beweidung (Fressen) auf den Bestand ein, sondern auch mit ihren vier Klauen (Voisin & Lecomte, 1962). Zum einen können Bodenverkrustungen aufgebrochen werden, sodass wieder Wasser in den Boden infiltrieren kann. Gleichzeitig wird aber auch der Boden unter den Hufen leicht verdichtet bzw. Samen in den Boden gedrückt, was ihre Keimfähigkeit erhöht. Zusätzlich wird auch Pflanzenmaterial an den Boden angedrückt und so schneller abgebaut (Savory, 2013; Kenyon, 2019). Ein negativer Einfluss tritt auf, wenn Tiere zu lange auf einer Fläche verweilen dürfen, z.B. wenn die Grasnarbe auf einem Triebweg oder rund um eine Tränkestelle zerstört wurde (Kenyon, 2019). Der „animal impact“

wird durch den Herdeneffekt (herd effect) verstärkt. Dieser Begriff bezieht sich auf den konzentrierten und gezielten Einfluss, den eine große Herde auf den Pflanzenbestand und Boden hat. Aufgeregte Tiere oder größere Herden verstärken diesen Effekt, der oft zum Trampeln führt. Ein Herdeneffekt wird angewendet, um den „animal impact“ zu erhöhen, sodass beispielsweise Sukzessionsprozesse gestartet werden, indem mehr Bodenkrusten aufgebrochen und Unkräuter zertrampelt werden. Dadurch wird es besseren Futterpflanzen ermöglicht, wieder im Bestand auftreten zu können (Pratt, 2013).

Während hohe Besatzdichten für ein gleichmäßiges Fressverhalten sorgen, müssen sie nicht gezwungenermaßen einen Herdeneffekt herbeiführen (Pratt, 2013). Auch wenn als Faustregel gilt, je höher die Besatzdichte, desto höher ist auch der Einfluss (animal impact) der Weidetiere (Gerrish, 2004), ist dies nicht zwingend der Fall. Doch je dichter die Tiere zusammenbleiben und je größer die Herde ist, desto leichter dürfte es sein, einen Herdeneffekt zu erreichen. Aus eigenen praktischen Erfahrungen schließt der langjährige Mob Grazing Praktiker Joel Salatin, dass in etwa 50 GVE nötig seien, damit aus einer Rindergruppe ein „mob“ wird. Unter dieser GVE-Anzahl dürfte es deutlich schwieriger sein, die Herdeninstinkte herbeizuführen (Salatin, 1995). Um die Tieranzahl in einem „mob“ möglichst zu erhöhen und die Arbeitszeit auf der Weide zu reduzieren, werden daher in der Praxis auch Herden zusammengelegt. So erreichte beispielsweise Neil Dennis auf seinem Betrieb eine Herdengröße von 1000 Tieren (Chapman, 2012).

Für eine effizientere und gleichmäßigere Nutzung des Pflanzenbestandes dürfte nicht nur die Besatzdichte von Bedeutung sein, sondern auch die Koppelform eine entscheidende Rolle spielen (Judy, 2008; Volesky et al., 2014). Für eine hohe Ernteeffizienz sollten möglichst quadratische Koppeln eingesetzt werden (Judy, 2008). Auch Voisin & Lecomte (1962) wiesen schon darauf hin, dass zu längliche Koppeln vermieden werden sollten, da sie einen Trampeleffekt verstärken. Zietsman (2014) empfiehlt daher quadratische Koppeln zu nutzen, die entstehen indem Weiden mit permanenten Zäunen lang und eher schmal abgesteckt werden. Diese großen, schlauchförmigen Flächen werden dann mit mobilen Elektrozäunen quer unterteilt, sodass innerhalb der Flächen mehrere quadratische Koppeln entstehen. Zusätzlich zur Koppelform, die eine gleichmäßige Beweidung fördert, sind mit diesem Weidelayout die Strecken für den mobilen Elektrozaun minimiert und somit die Arbeitszeit beim Auf- und Abbau der Koppeln reduziert. Gerrish (2004) bestätigt, dass je niedriger das Längen-Breiten-Verhältnis ist, desto gleichmäßiger wird beweidet. Ein Ziel von Mob Grazing ist es allerdings einen Teil des Pflanzenbestandes niederzutampeln.

Die zertrampelten Pflanzen bedecken den Boden und werden daher je nach Quelle als „Streu“, „Matratze“ oder „Mulch“ bezeichnet. Diese Mulchschicht soll als „Rüstung“ (Bedeckung) dienen, um den Boden vor Austrocknung und Starkregen zu schützen (Chapman, 2012). Dabei wird das Trampeln nicht als Futterverschwendung angesehen, sondern als Möglichkeit die Bodenlebewesen über die Abbauprodukte zu „füttern“, den Humusgehalt und die Wasserhaltekapazität zu erhöhen (Thomas, 2012; Kenyon, 2019).

Um diese Mulchschicht aufbauen zu können, wird gezielt ein Trampeleffekt herbeigeführt, indem man sich den Herdeneffekt zu Nutze macht. Verstärkt wird dieser Effekt durch den Einsatz von hohen Besatzdichten in langen, schmalen Koppeln (persönliche Mitteilung Dennis, 08.07.2017). Gerrish (2004) empfiehlt, für eine hohe

Ernteeffizienz ein Längen-Breiten-Verhältnis unter 4:1 einzuhalten. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass für einen Trampeleffekt ein Längen-Breiten-Verhältnis von über 4:1, also eine möglichst lange, rechteckige Koppelform anzustreben ist. Diese Angaben wurden im Rahmen einer Langzeitstudie in Nebraska bestätigt. Laut dem Forscherteam kommt es bei Mob Grazing auf Grund der hohen Besatzdichte und der erhöhten Aktivität der Tiere vermehrt zum Trampeln (Volesky et al., 2014). Einfluss darauf haben die mehrmaligen Umtriebe pro Tag, aber auch die Koppelform. In diesem Versuch wurden die Fressflächen pro Umtrieb in einem Längen-Breiten-Verhältnis von 24:1 abgezäunt. Bei neuen Umtrieben begannen die Ochsen, die als erstes in die neue Koppel kamen, sofort zu fressen. Daher mussten einzelne Tiere an der bereits grasenden Herde vorbei und die komplette Koppellänge abgehen, um an frisches Futter zu gelangen. Die lange, rechteckige Futterfläche führte somit zu einem erhöhten Trampeleffekt, da sich die Tiere mehr bewegten (Volesky et al., 2014).

Bei Mob Grazing wird im Management darauf geachtet, dass in etwa die Hälfte des Futters niedergetrampelt wird. Dieser Wert ist allerdings nur als Richtlinie zu sehen, da die Angaben von Praktikern und Studien, über den Anteil des niedergetrampelten Futters, von 20 bis 60 % reichen (Gompert, 2010; Soder et al., 2013; Reed et al., 2019a; Reed et al., 2019b; Billman et al., 2020; Andrade et al., 2022). Wie viel Futter an den Boden angedrückt wird, hängt nicht nur von der Besatzdichte und der Koppelform ab, sondern auch von der vorhandenen Futtermenge, dem Beweidungszeitpunkt sowie der Aufwuchshöhe (Gerrish, 2004; Reed et al., 2019a; Reed et al., 2019b; Zahn et al., 2022). Daher kann der Mulchanteil auch zwischen den Jahren schwanken (Andrade et al., 2022). In der Arbeit von Billman et al. (2020) wurde ein Anteil von 50 % angestrebt, wobei innerhalb von vier Versuchsjahren zwischen 40-70 % der Biomasse zwischen den Beweidungen zurückgelassen wurde. Bei Andrade et al. (2022) schwankte der Wert des niedergetrampelten Futters innerhalb von 8 Jahren zwischen 40-55 %. In einer Studie von Reed et al. (2019a) konnte zwischen den Jahren 2013 und 2014 auch ein Unterschied bei dem Anteil des niedergetrampelten Futters festgestellt werden (27 % vs. 40 %). Im Jahr 2014 verdreifachte sich allerdings auch der Anteil an gefressenem Futter (15 % auf 48 %). Dies ist laut Studienautoren wahrscheinlich auf den Beweidungszeitpunkt (Juli 2014 vs. September 2013) zurückzuführen, da 2014 das Futter weniger überständig und leichter verdaulich war, aber auch die Besatzdichten leicht von 32.200 auf 37.500 kg/ha erhöht wurden. An einem zweiten Standort wurde mit etwa doppelt so hohen Besatzdichten (43.800 bis 67.000 kg/ha) beweidet und 31-35 % des Futters niedergetrampelt. Bei einer weiteren Studie von Reed et al. (2019b) verdoppelte sich die Menge an niedergetrampelttem Futter von einem Jahr zum anderen von 20 % in 2013 auf 40 % in 2014. Interessanterweise hatte die vorhandene Futtermenge in dieser Arbeit mehr Einfluss auf den niedergetrampelten Futteranteil als die Besatzdichten. Im Jahr 2013 war die Besatzdichte mit 223.250 kg/ha mehr als viermal so hoch als im Jahr 2014. Dennoch war der Mulchanteil 2013 nur halb so hoch, da weniger Biomasse zu Verfügung stand. Der erhöhte Fressdruck durch die hohen Besatzdichten und ein geringeres Futterangebot haben auch zu einer erhöhten Futternutzung geführt. Im Jahr 2013 wurden daher 62 % und 2014 nur 34 % des Futters gefressen.

Ziel ist nicht nur der Aufbau einer Mulchschicht, sondern auch möglichst jede Pflanze zu beweiden oder niederzutampeln (Peterson, 2013; Roberts & Johnson, 2021). Während die Ernteeffizienz nur den Anteil des gefressenen Futters angibt, achtet man bei Mob Grazing auf eine hohe „Futtermittelnutzung“. Dieser Begriff wird im Englischen als „forage utilization“ angegeben und beschreibt den Anteil an gefressenem und

niedergetrampeltem Futter (Smart et al., 2010). Dieser Wert soll also die „verwertete“ Biomasse, gefressen und getrampelt, in Prozent des gesamten Pflanzenbestandes angeben (Andrade et al., 2022). Dieser Anteil sollte möglichst hoch liegen, um einen guten und gleichmäßigen Wiederaufwuchs sicherzustellen (persönliche Mitteilung Dennis, 08.07.2017). In einer achtjährigen Studie wurde mit Mob Grazing eine „Futterverwertung“ von 90,7 % erreicht. Bei denen als Vergleich dienenden Rotationsweiden mit einer bzw. zwei Nutzungen pro Jahr betrug die Verwertung 81,9 bzw. 63,8 %. In der Koppelweide mit zwei Nutzungen war der Anteil an niedergetrampeltem Futter niedriger, da die Rinder bei der zweiten Beweidung den frischen Wiederaufwuchs der bereits beweideten Pflanzen eher abgrasten und daher den Altbestand komplett mieden und auch nicht niedertrampelten (Andrade et al., 2022).

Bei Mob Grazing ist dies nicht erwünscht, da jede Pflanze verwertet werden soll, egal ob beweidet oder niedergetrampelt. Daher werden die oberen Pflanzenteile gefressen und über Urin und Kot wieder rückgeführt, während der nicht gefressene Bestand auf den Boden getrampelt und so der Nährstoffkreislauf gefördert wird (Gompert, 2010). Wie hoch der nicht gefressene Pflanzenrückstand ist, hängt auch von der Fresszeit und der Häufigkeit der Umtriebe ab. Wird einer Herde eine neue Koppel freigegeben, wird zuerst das obere Drittel der Weidepflanzen abgefressen, da dieser Teil am nährstoffreichsten ist und somit bevorzugt wird. Um zu verhindern, dass mehr Pflanzenmaterial gefressen wird, können schnelle Umtriebe genutzt werden. Somit bleibt den Tieren nicht genügend Zeit tiefer zu grasen (Gerrish, 2004). Dies ist auch für den Erhalt von Obergräsern förderlich, da ihr erhöhter Wachstumsknoten nicht abgefressen wird (Gerrish, 2004). Denn Gräser wie z. B. *Dactylis glomerata* und *Bromus inermis* benötigen einen höheren Restaufwuchs von etwa 10-15 cm (Strickler, 2018; Waller et al., 1985), während Arten mit niedrigem Wachstumsknoten (growing points) tiefer beweidet werden können (Gerrish, 2004; Waller et al., 1985).

Dieser „Hybrid-Ansatz“ wird auch von befragten Mob Grazing-Milchviehbetrieben im Nordosten der USA umgesetzt, indem die Milchkühe nur die nährstoffreichen Teile der Pflanzen fressen und den Rest zurücklassen. So können durch Nutzung des Selektionseffekts die komplementären Ziele zwischen Qualität und Ertrag erreicht werden. Sollte die Futterqualität zu niedrig sein, wird den Tieren häufiger eine neue Weideportion freigegeben und die Restaufwuchshöhe angehoben. Somit werden nur die qualitativ hochwertigen Pflanzenteile (vorwiegend Blätter statt Stängel) gefressen. Mit dieser „Selektionsmethode“ können auch höhere und ältere Bestände beweidet werden, ohne einen zu starken Qualitätseinbruch zu erleiden. Dennoch ist zu erwähnen, dass bei den befragten Betrieben die Rastzeiten relativ kurz angesetzt wurden (28-35 Tage) (Soder et al., 2013).

Hohe Besatzdichten sind für Mob Grazing essentiell. Jedoch muss nicht jeder Betrieb dauerhaft hohe Besatzdichten einsetzen (Gordon, 2011). Häufig wird Mob Grazing als Strategie eingesetzt (Gurda, 2014). Vor allem, wenn man neu damit beginnt, sollte man nach Gordon (2011) die betriebsangepasste optimale Besatzdichte anstreben. Dabei sollten die hohen Besatzdichten bei Mob Grazing gezielt, als „Werkzeug“ im Management genutzt werden (Gordon, 2011). Ein Umsetzungsbeispiel wäre, dass später in der Vegetationsperiode oder während des schnellen Graswachstums mit Mob Grazing begonnen wird, damit 60 % des stehenden Futters niedergetrampelt werden kann (Lemus, 2011; Gompert, 2010).

Unterschiedliche Ansätze werden zu Weidebeginn im Frühling angewandt. Der Mob Grazing Praktiker Salatin setzt darauf, seine Flächen im Frühjahr schnell zu überweiden. Damit wird verhindert, dass alle seine Flächen überständig werden, da es im Frühling zu einem raschen Wachstumsschub der Gräser kommt. Erst wenn es trockener wird, werden die höher aufgewachsenen Bestände mit Mob Grazing beweidet (Salatin, 1995). Der Mob Grazing Pionier Neil Dennis weist jedoch darauf hin, dass es auch hier gilt die Dauer der Rastzeiten so strategisch wie das Mob Grazing selbst einzusetzen. Einzelne Flächen werden immer zu anderen Jahreszeiten mit Mob Grazing und somit mit absichtlich verlängerten Rastzeiten genutzt. Während davor oder danach eine standortübliche Nutzung mit einer Koppelweide erfolgt. Somit wird eine Balance zwischen Nutzungshäufigkeit, daraus folgend der Futterqualität, und einer extensiveren Bewirtschaftung für einen resilienteren Bestand kombiniert (persönliche Mitteilung Dennis, 08.07.2017).

2.1.2 Versuchsergebnisse zu Bodenparametern und tierische Leistungen

In diesem Kapitel soll erläutert werden, in welchen Bereichen Mob Grazing gezielt eingesetzt werden kann und welche Auswirkungen damit verbunden sind bzw. welche tierischen Leistungen erzielt werden können. Dies wird anhand von Praxisversuchen und Ergebnissen aus der internationalen Literatur aufgezeigt.

2.1.2.1 Auswirkungen von Mob Grazing auf die Bodenbedeckung, Bodenparameter und Unkrautregulierung

Mob Grazing wird häufig mit positiven Aspekten, wie der Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit, assoziiert (Wagner et al., 2023; Gurda, 2014; Gompert, 2010), wobei eine mögliche Bodenqualitätsverbesserung meist nur von Praxisbetrieben erwähnt wird (Salatin, 1995; Judy, 2008; persönliche Mitteilung Dennis, 08.07.2017). Jedenfalls liegen dazu noch wenige wissenschaftlich fundierte Arbeiten vor (Zaralis, 2015). Im Gegensatz dazu wurde die positive Klimawirkung von anderen Weidesystemen bereits intensiver erforscht.

Graslandschaften bieten generell große Potenziale, da sie als Kohlenstoffsinken wirken. In Österreich weisen Grünlandböden einen deutlich höheren Kohlenstoffgehalt als Ackerböden auf. Grünlandböden im alpinen Raum und Moore speichern sogar mehr Kohlenstoff als Wälder (Baumgarten et al., 2021). Auch in Trockengebieten bieten Graslandschaften Vorteile, da sie auch hier mehr Kohlenstoff für einen längeren Zeitraum speichern können als Wälder, vor allem im Hinblick auf zunehmende Trockenzeiten und die dadurch erhöhte Gefahr von Waldbränden (Tonucci et al., 2017; Dass et al., 2018). Die Rolle der Wiederkäuer im Zusammenhang mit der Funktion der Graslandschaften darf dabei nicht unterschätzt werden. Diese Ökosysteme entstanden durch die Co-Evolution zwischen Gräsern und Weidetieren (Idel & Beste, 2018). Somit verwundert es nicht, dass die Beweidung einen wichtigen Bestandteil für die nachhaltige Erhaltung dieser Graslandschaften darstellt. Eindrucksvoll konnte dies in einer Arbeit in einem semi-ariden Gebiet in Wyoming gezeigt werden. Flächen, die über 40 Jahre nicht genutzt wurden, beweidete man mit niedrigen und hohen

Besatzstärken. Die Kontrollfläche wurde weiterhin für Weidetiere ausgeschlossen. Nach einer 12-jährigen Beweidungsdauer, konnte im Vergleich zur nicht beweideten Fläche, unabhängig von der Beweidungsintensität, ein signifikanter Anstieg der Kohlenstoff- und Stickstoffmengen im Oberboden (0-30 cm) festgestellt werden. In diesem Wurzelbereich überstiegen die Weideflächen die Kontrollfläche um 6.000-9.000 kg/ha C und 450-700 kg/ha N. Zwischen den Weidegruppen gab es nur einen numerischen Unterschied, wobei die Gruppe mit niedrigen Besatzstärken eine höhere C- und N-Menge aufwies (Schuman et al., 1999).

Um das Potenzial der Weidehaltung und den Einfluss der Weideführung in Bezug auf die C-Speicherung zu untersuchen, wurden zwei verschiedene Besatzstärken in den USA getestet. Es konnte gezeigt werden, dass bei einer reinen graslandbasierten Rinderproduktion die von Gräsern im Boden gespeicherten Kohlenstoffmengen, den Kohlenstofffußabdruck, bezogen auf das enterische Methan, übersteigen. Die produzierte CH₄-Menge betrug für hohe und für moderate Besatzstärken 484 und 176 kg CO₂eq ha⁻¹ a⁻¹, während die gespeicherte Kohlenstoffmenge (organischer Kohlenstoff im Boden) jeweils 618 kg CO₂eq ha⁻¹ a⁻¹ und 783 kg CO₂eq ha⁻¹ a⁻¹ betrug. Somit wies die Weide eine negative Treibhausgasemissionsbilanz auf (Liebig et al. 2010). Teague et al. (2011) zeigten, dass durch verbessertes Weidemanagement sogar eine größere Emissionsreduktion bewerkstelligt wurde und eine Fleischproduktion auf der Weide eine Kohlenstoffsénke darstellen kann. In seinem Versuch konnte durch das Umsetzen einer adaptiven Weide mit mehreren Koppeln (AMP) eine Sequestrierung von 11.000 kg CO₂eq ha⁻¹ a⁻¹ erreicht werden. In einer 20 Jahre andauernden Studie in Georgia, USA wurde ein „Life Cycle Assessment“ durchgeführt, um ebenfalls die möglichen Potenziale aufzuzeigen. In einem weidebasierten Produktionssystem, mit mehreren Tierarten, konnten die Treibhausgasemissionen um 80 % reduziert werden. Dies gelang mit der Kohlenstoffspeicherung durch die am Betrieb umgesetzten Praktiken. Somit lag der Fußabdruck des Hofes um 66 % niedriger, verglichen mit einem konventionellen landwirtschaftlichen Betrieb (Rowntree et al., 2020). In Wyoming konnten Manley et al. (1995) in einer 11-jährigen Studie zeigen, dass durch Beweidung der Gehalt an organischem Kohlenstoff im Boden, im Vergleich zu unbeweideten Flächen, stieg. Dies traf allerdings nur auf die ersten 30 cm zu. Darunter blieb der Gehalt unverändert.

Diese Arbeiten zeigen auf, dass die Weideführung einen erheblichen Einfluss auf das C-Speicherungspotenzial haben kann. Um zu überprüfen, ob die Mulchschicht für die mit Mob Grazing in Verbindung gebrachte, verbesserte Bodenqualität verantwortlich sein kann, wurden in Nebraska mehrere Versuche durchgeführt. Dabei wurde die produzierte Mulchmenge, dessen Abbaurate und die Auswirkung auf den Boden untersucht. In der Arbeit von Beckman (2014) wurde auf den Versuchsflächen der University of Nebraska-Lincoln versucht den Abbau von getrampeltem Pflanzenmaterial zu untersuchen. Dabei wurde Mob Grazing mit einer Beweidung pro Jahr, einer Rotationsweide mit vier Koppeln und einer Beweidung pro Jahr sowie eine nicht beweidete Kontrollfläche miteinander verglichen. Dafür wurden je Versuchsgruppe 20 „Kompostier-Beutel“ aus einem 12,7 cm x 7,6 cm großen Aluminium-Gitter mit einer Maschengröße von 1,5 mm verwendet. In jedem Beutel wurden je 1,5 g getrockneter Blattmasse und Stängelmasse von *Elymus repens* als Mulchschicht verwendet. An insgesamt vier Terminen im Juni und Juli wurden je Termin 5 Beutel auf der Weide am Boden fixiert. Je ein Beutel wurde eine Woche, ein Monat und zwei Monate danach entnommen, um die Abbaurate des Grases zu untersuchen. Dabei wurde festgestellt, dass am Ende des 46-wöchigen Versuches in der Koppelweide signifikant weniger Blattmasse vorhanden war 64 %. In der Mob

Grazing- und Kontrollfläche wurden von der ursprünglichen Blattmasse 70 % nicht abgebaut. Der Stängelanteil wurde im Juni in der Kontrollfläche am schnellsten abgebaut, gefolgt von der Koppelweide und Mob Grazing, während im Juli keine Unterschiede festgestellt werden konnten. Generell erfolgte der Abbau im Juni schneller. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, dass die Gräser noch vegetativer waren, mehr N enthielten und es im Juni mehr geregnet hatte als im Juli. Am Ende des Versuches unterschieden sich die Abbauraten von im Juni oder Juli platzierten Kompostbeutel allerdings nicht mehr. Auch wenn auf diese Weise eine Abbaurate festgestellt werden kann, gibt der Autor selbst zu bedenken, dass diese Vorgehensweise Nachteile mit sich bringt. Zum einen verhinderte der enge Maschendraht, dass größere Lebewesen den Mulch abbauen oder mit Erde vermischen konnten. Dies hätte womöglich die Angriffsfläche für Mikroorganismen und somit die Abbaurate verbessern können. Zum anderen wurde keine Korrektur für die mögliche Verschmutzung der Proben vorgenommen (Beckman, 2014). Am selben Standort untersuchten Guretzky et al. (2020) im Jahr 2014 und 2015 den Einfluss von unterschiedlich hohen Besatzdichten auf die Ansammlung von Mulchmaterial. Dazu wurde Mob Grazing (235.763 kg/ha) mit einer Beweidung mit niedrigen Besatzdichten (7.858 kg/ha), bei gleicher Besatzstärke und jeweils einmaliger Beweidung pro Jahr, verglichen. Dabei wurde die Biomassemenge händisch, durch Probennahme auf Bodenhöhe, erhoben und eingeteilt in noch stehende lebende oder stehende abgestorbene Pflanzenteile, sowie getrampelten Pflanzen. Zu „getrampelt“ zählten dabei Triebe, die abgebrochen wurden oder im Winkel von $<45^\circ$ zum Boden umgeknickt wurden. Als Mulchmaterial wurden abgestorbene, abgetrennte Pflanzenteile angesehen, die Bodenkontakt hatten. Um mögliche Verschmutzungen zu berücksichtigen, wurden Daten auch auf Basis der organischen Masse berechnet. Dazu wurden die Pflanzenteile getrocknet und gesiebt, um Erdpartikel zu entfernen. Zwischen hohen und niedrigen Besatzdichten gab es keine signifikanten Unterschiede bei der jährlichen, akkumulierten Mulchmenge und der Masse von stehenden, abgestorbenen Pflanzen, wobei der Durchschnitt jeweils bei 697 und 422 kg/ha (auf Basis der organischen Masse) lag. Die Mulchzusammensetzung variierte hingegen stark zwischen den Weidearten. Der bei Mob Grazing produzierte Mulch ist zu 97 % auf das getrampelte Futter zurückzuführen, während dies bei der Koppelweide nur 51 % ausmachte. Jeweils für Mob Grazing und der Koppelweide waren 3 bzw. 49 % der Mulchmenge auf die Blatt-Seneszenz oder auf die Ablösung von abgestorbenem Material von der Pflanze zurückzuführen. Dies bedeutet, dass nahezu die Hälfte der Mulchmenge in der Koppelweide, mit niedrigen Besatzdichten, auf das stehende Pflanzenmaterial oder die Seneszenz zurückzuführen war. Der Anteil an totem, noch stehendem Pflanzenmaterial war in der Variante mit niedrigen Besatzdichten auch signifikant um 179 % höher als in der Mob Grazing Variante und betrug 75 kg/ha. In dieser Arbeit konnte somit die Hypothese, dass durch Mob Grazing mehr Mulchmaterial anfällt und abgebaut wird, und somit die organische Masse im Boden ansteigt, nicht bestätigt werden. Die AutorInnen verweisen darauf, dass sich bei diesen Ergebnissen die erhöhte Arbeitszeit nicht bezahlt machte. Allerdings kann Mob Grazing zu anderen Vorteilen führen, wie beispielsweise einer gleichmäßigeren Nutzung des Bestandes und eine bessere Dungverteilung (Guretzky et al., 2020).

In Arizona wurde in einem Versuch von Roberts & Johnson (2021) Mob Grazing umgesetzt und mit einer Koppelweide verglichen. Dazu wurden mit 200 Kühen und ihren Kälbern eine ein Hektar große Koppel in einer kurzen Beweidung genutzt. Ziel war im August 80 % der Vegetation abzuweiden. Im Vergleich dazu sollte eine Vergleichsherde mit einer Besatzstärke von einer halben Kuh/Kalb-Einheit pro Hektar

50 % des Bestandes fressen. Die Weidedauer betrug dazu 14 Tage pro Jahr. In der 18 Jahre andauernden Studie konnte die organische Masse im Boden durch dieses Mob Grazing signifikant erhöht werden. Dennoch hatte die Beweidungsart keinen Einfluss auf die Gesamtmengen an Kohlenstoff im Boden. Dies weist darauf hin, dass der Zufluss von labilem C durch den jährlichen Einfluss der Weidetiere die langfristige Bindung von C im Oberboden nicht zwangsläufig erhöhen muss (Roberts & Johnson, 2021). Die Bodenbedeckung in dieser Versuchsdurchführung ist bei Souther et al. (2019) nachzulesen. Auffällig ist dabei, dass die Bodenbedeckung stark variierte und der Anteil an unbedecktem Boden bei Mob Grazing (12,1-31,1 %) deutlich höher war als bei der Kontrollgruppe ohne Beweidung (8,1-18,1 %) sowie der Gruppe mit niedrigeren Besatzdichten (Souther et al., 2019). Dies ist womöglich auf die für Mob Grazing ungewöhnlich niedrigen Futterreste von nur 20 % und die für die Variante mit niedrigen Besatzdichten angestrebten Futterreste von 50 % zurückzuführen. Auch die Dichte von Mykorrhiza-Pilz Hyphen unterschied sich nur zwischen den Jahren, nicht zwischen den Beweidungsarten (Roberts & Johnson, 2021).

Auch Humerickhouse (2014) untersuchte die Wirkung von verschiedenen Weidearten. Dazu wurde mit Schafen Mob Grazing (10 m x 15 m), Koppelweiden (10 m x 15 m) und Standweiden (40 m x 10 m) auf kleinen Parzellen simuliert. Innerhalb dieser Parzellen wurden Bodenproben im Jahr 2012 und 2013 in einer Bodentiefe von 0-10 cm mit einem Durchmesser von 2,5 cm gezogen. Es konnten dabei keine signifikanten Unterschiede bei der mikrobiellen Biomasse, der Dehydrogenase-Enzym Aktivität und des gelösten organischen Kohlenstoffes im Boden festgestellt werden. Die Autorin verweist darauf, dass kurzfristig gesehen die Zusammensetzung der Bodenlebewesen mehr von saisonalen Unterschieden, Temperaturen, Klima und vergangenem Management abhängig ist, als von dem Einsatz neuer Weidepraktiken. Generell ist die Kohlenstoffsequestrierung von vielen komplexen Interaktionen abhängig und wird auch durch die Vegetation, Bodenart, Bodenlebewesen, aber auch durch die Wurzeldynamik im Boden beeinflusst. Daher gibt auch die Autorin zu bedenken, dass die Studiendauer von zwei Jahren womöglich nicht ausreichte, um Unterschiede in der Aktivität oder Größe der mikrobiellen Gemeinschaft des Bodens zu sehen (Humerickhouse, 2014).

Beckman (2014) untersuchte dazu in Nebraska die Wurzelproduktion auf Mob Grazing-, Koppelweide-, Standweide- und Kontrollflächen. Auf den Weiden jeder Variante wurden 12 Bodenbohrungen (15 cm tief, 5 cm Durchmesser) durchgeführt. Die durch die Bohrung entnommene Erde wurde gesiebt, um Wurzeln zu entfernen. Nach dem Einsatz eines 2 mm Plastikmaschengeflechts wurde die Erde in die Bohrung rückgeführt und gefestigt. Dies geschah im Mai der Jahre 2012 und 2013. Je am Ende der Vegetationsperiode (Oktober) wurde das Maschengeflecht entnommen und gesiebt, um die darin enthaltenen, reingewachsenen Wurzeln von der Erde zu separieren, zu trocknen und zu wiegen. Die Wurzelzuwachsrate unterschied sich nur numerisch zwischen den Weidevarianten. Die unbeweidete Kontrollfläche zeigte hingegen einen signifikant höheren Wurzelinhalt (60 % mehr jährlicher Wurzelbiomasse).

Demgegenüber wurde ein Anstieg von organischer Masse im Boden (SOM-soil organic carbon) bei Mob Grazing in einem Versuch in Großbritannien festgestellt werden. Im Rahmen des SOLID Projektes „Mob Grazing for Dairy Farm Productivity“ wurde in einer „case study“ auf einem Milchviehbetrieb Mob Grazing nachgeahmt und ein artenreicher und tiefwurzelnder Bestand beweidet. Drei Felder wurden im Jahr 2015 beprobt und mit Bodenanalysen aus 2007 bzw. 2012 verglichen. Die längste

Phase zwischen den Probestritten führte zum größten Unterschied, mit einem Anstieg der organischen Masse von 4,4 auf 9,8 %. Dies entspricht einem jährlichen Anstieg von 0,68 %. Innerhalb von drei Jahren konnte auf den zwei restlichen Versuchsfeldern ein Anstieg von 2,5 und 2,3 % erreicht werden. Der Autor verweist darauf, dass dieser beeindruckende hohe Anstieg auf die Kombination von Mob Grazing und einem artenreichen Bestand zurückzuführen sei (Zaralis, 2015).

Mit dem Management der Weideführung lässt sich auch die Wurzelproduktion beeinflussen, wie eine Studie von Svejcar & Christiansen (1987) zeigt. Durch niedrige Besatzstärken war die Wurzelmasse, im Vergleich zu hohen Besatzstärken, im ersten und zweiten Versuchsjahr um 27 und 46 % erhöht. Die Wurzellänge wurde im ersten und zweiten Jahr durch die höheren Besatzstärken um jeweils 33 und 45 % reduziert.

Trickett & Warner (2022) untersuchten in einem Versuch in Großbritannien die Auswirkung der Integration von Mob Grazing in einer Ackerfruchtfolge auf das Regenwurmorkommen. Dazu wurde ein Feldversuch auf einem Hof durchgeführt der seit 11 Jahren zero-till (keine Bodenbearbeitung), betrieb. Auf zwei Feldern wurde eine Klee-gras-Mischung mit Kräutern bestehend aus den Hauptkomponenten *Lolium perenne*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Plantago spp.* sowie *Cichorium intybus* für die Dauer von drei Jahren angesät. Eine Versuchsfläche wurde nicht beweidet (zero till-ZT). Die zweite wurde zusätzlich mit einer Herde von 70, ein Jahr alten, Fleischrindern abgegrast (zero till with mob grazing- ZTMG). Jede Koppel umfasste 0,4 ha und wurde alle 8 Wochen für 12-24 Stunden beweidet. Als Vergleich diente eine permanente Graslandfläche, die nicht beweidet wurde und direkt an den Ackerflächen angrenzte (permanent grassland - PG). Es wurden auf allen Flächen Proben genommen und die Regenwürmer wurden in die Kategorien epigäische, anöische, endogäische und juvenile Tiere eingeteilt.

Die größte Gesamtzahl an Regenwürmern wurde in der Gruppe ZTMG ermittelt. In der Mob Grazing Variante (ZTMG) konnte der erhöhte Anteil an epigäischen Regenwürmern und die erhöhte Gesamtzahl, im Vergleich zu den anderen Gruppen, signifikant abgesichert werden. Zwischen den Gruppen ZT und PG gab es keine signifikanten Unterschiede. Allgemein zeigte die ZTMG Gruppe einen höheren Anteil an epigäischen, die ZT Gruppe an endogäischen und die PG Gruppe an juvenilen Regenwürmern. Die Autoren fassten zusammen, dass die Beweidung von Klee-gras in einer Ackerfruchtfolge die Vielfalt der verfügbaren Nahrungsquellen für Regenwürmer erhöhte und die vor allem an der Oberfläche aktiven epigäischen Arten förderte (Trickett & Warner, 2022). In einer 4-jährigen „case study“ in Florida konnte ebenfalls eine Erhöhung der Regenwurmanzahl durch Mob Grazing ermittelt werden (Grimminger et al., 2015).

In der Weidehaltung gibt es laut Kennedy (2011) zwei Methoden, die je nach Zielvorgabe umgesetzt werden können. Die eine Methode fokussiert stärker auf die tierischen Leistungen, die andere auf die Landschaft und Fläche. Zielt man auf gute Futterqualität und tierische Leistungen ab, sollte man laut Humerickhouse (2014) eher auf eine Koppel- bzw. Standweide setzen. Dabei werden auch niedrigere Besatzdichten eingesetzt, damit die Tiere etwas mehr selektieren können, um ihren Nährstoffbedarf zu decken. Bei der „Landschaftsmethode“ werden hingegen möglichst hohe Besatzdichten eingesetzt, um beispielsweise unerwünschte Arten zurückzudrängen, verholztes Futter zu verwerten oder um mehr Hufgetrampel zu erzeugen (Kennedy, 2011). Vielfach wird im Management flexibel reagiert, den manchmal werden die Weideflächen etwas stärker in Anspruch genommen und die

Rastzeiten bewusst verkürzt. Damit wird die tierische Leistung erhöht aber gleichzeitig der Pflanzenbestand und die Weiden stärker beansprucht, sofern längere Ruhephasen nötig wären (Pratt, 2013). Für letzteres Vorhaben (längere Ruhezeiten, geringere Futterqualitäten) wären niedrigleistende Tiere geeigneter, da ihr Nährstoffbedarf am geringsten ist (Kennedy, 2011; Strickler, 2019) und sie wegen des niedrigen Anspruchs auch weniger selektieren (Kennedy, 2011). Da Mob Grazing zu dieser Methode zählt und nicht immer hohe tierische Leistungen erzielt werden, kann dieser Weideansatz vielfach auch nur zeitlich begrenzt eingesetzt werden. Denn es gibt Zeiten in denen Tiere als „Werkzeug“ genützt werden, um Flächen auf eine vorab geplante Art und Weise zu beeinflussen (Peterson, 2013). Auch Greg Judy, ein Praktiker aus den USA, setzt für den Zweck einer Naturverjüngung auf eine Herde aus nicht laktierenden Mutterkühen, da Masttiere mit dem entsprechenden Futter nicht ihren höheren Nährstoffbedarf decken können. Somit war es ihm möglich, seine Weiden ohne Leistungseinbußen zu verbessern (Judy, 2008).

Dass mit gezielt eingesetzten Weidestrategien Bestände positiv beeinflusst werden können, zeigt auch die Untersuchung von De Bruijn & Bork (2006). In Alberta, Kanada, konnte gezeigt werden welchen Einfluss kurze, aber intensive Beweidungen auf unerwünschte Arten haben können. Im Versuch wurde *Cirsium arvense* (Disteln) solange intensiv bestoßen bis der Bestand auf 2 cm abgefressen war. Danach folgte eine Rastzeit von 8-9 Wochen. Verglichen wurde dies mit einer Standweide und einer Koppelweide mit einer Restaufwuchshöhe von 15 cm bei einer Rastzeit von 4-6 Wochen. Die intensive Beweidung mit der längeren Rastzeit konnte die Höhe der Disteln signifikant reduzieren und auch die Anzahl an blühenden Distelpflanzen wurde signifikant gesenkt. Auch mit Mob Grazing konnten in Studien diesbezüglich sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Dabei wurde die Wirkung von verschiedenen Maßnahmen zur Unterdrückung von *Carduus nutans*, *Artemisia absinthium* und *Symphoricarpos occidentalis* auf verschiedenen Standorten in Süddakota untersucht. Dazu wurde Mob Grazing, mit einer Koppelweide, einer Koppelweide kombiniert mit einem Herbizid-Einsatz sowie einer nicht beweideten Fläche verglichen. Während auf ungenützten und auf Koppelflächen die Unkräuter zunahm, reduzierte sich deren Anzahl und Höhe in der Mob Grazing Weide (Myer et al., 2014). In derselben Region in Süddakota untersuchten Reed et al. (2019a) an zwei Standorten den Einfluss der Beweidungsart auf den Strauch *Symphoricarpos occidentalis*. Dazu wurden entlang von drei 50 m langen Transsekten Sträucher markiert und ihr Volumen vor und nach einer Beweidung gemessen. Auf der Mob Grazing Fläche konnten 95 % der Pflanzen um 63 % reduziert werden. Am zweiten Versuchsstandort wurde im Durchschnitt der Jahre 2013 und 2014 eine Volums-Reduktion von 46 % bei 66 % der Sträucher festgestellt. *Symphoricarpos occidentalis* blieb bei der Rotationsweide hingegen fast unverändert. Auf der unbeweideten Fläche nahm das Volumen von 74 % der Sträucher im 2014 hingegen um 5.000 cm³ zwischen der ersten und zweiten Datenerhebung zu, dies entspricht einem Anstieg von 3.000 %. Laut den StudienautorInnen konkurrierten die Rinder in der Mob Grazing Versuchsgruppe mehr um das verfügbare Futter und fraßen weniger selektiv. Dies führte dazu, dass Pflanzen gefressen wurden, die in weniger intensiven Weideformen verschmäht worden wären. Interessanterweise konnten diese Ergebnisse auch mit für Mob Grazing sehr niedrigeren Besatzdichten erreicht werden. Die Mob Grazing Gruppe weidete mit 37.500-67.000 kg/ha und die Koppelweide mit 250-2.600 kg/ha für 24 Stunden bzw. 35 Tage auf ein und derselben Fläche. Im Versuch von Myer (2015) reduzierte Mob Grazing das Volumen von *Artemisia absinthium* um 76 % bei zwei Drittel aller Pflanzen im 2013 und um 59 % bei zwei Drittel aller Pflanzen im Jahr 2014. Während die Koppelweide keinen Einfluss hatte

(2013) und auf einer nicht beweideten Fläche das Volumen des Unkrautes um 5.000 % (2014) zunahm. Die gute Unkrautunterdrückung von Mob Grazing konnten von Reed et al. (2019b), wieder in South Dakota, in einem weiteren Versuch bestätigt werden. Dabei wurden für Mob Grazing Besatzdichten von 53.580-223.250 kg/ha und für eine Koppelweide 1.560 kg/ha eingesetzt. Die Beweidungsdauer war jeweils für Mob Grazing und die Koppelweide 12-24 Stunden bzw. 15-20 Tage in den Jahren 2013 und 2014. Auf einer Koppelweide wurde zusätzlich ein Herbizid eingesetzt. Die Futtermittelverwertung (% der Summe an gefressenem und getrampeltem Futter) war bei Mob Grazing mit 80 % am höchsten, verglichen mit den Koppelvarianten (45-57 %). Unter Mob Grazing reduzierte sich die Höhe von 75 % der *Artemisia absinthium* Pflanzen um 37 %, wobei besonders hohe Pflanzen (> 97 cm) um 50 % in der Höhe reduziert wurden. Dies ist laut den AutorInnen auf den Trampeleffekt und eine geringere Selektion zurückzuführen. Die Koppelweide hatte auf die Höhe keinen Einfluss, während Koppelweide und Herbizideinsatz diese um 96 % reduzierten. Mit Mob Grazing konnten 75 % der Pflanzen in ihrem Volumen reduziert werden. Mit Koppelweide bzw. Koppelweide und Herbizid wurden jeweils 41 % der Pflanzen um 30 % reduziert bzw. verschwanden nahezu 100 % der Pflanzen. Die AutorInnen verweisen darauf, dass mit reinem Weidemanagement (ohne Herbizide) Mob Grazing im Vergleich zur Koppelweide *Artemisia absinthium* besser unterdrücken konnte und dies mit einer gleichzeitigen hohen Futternutzung.

2.1.2.2 Auswirkung von Mob Grazing auf die tierischen Leistungen

Bei Mob Grazing steht häufig eine Flächenverbesserung im Fokus. Umgesetzt wird diese Strategie daher oft nur mit Tieren mit geringem Nährstoffanspruch (Gurda et al., 2018; persönliche Mitteilung Dennis, 08.07.2017). Dennoch dürfte es Betriebe geben die während der Umsetzung von Mob Grazing auch erhöhte Mastleistungen erzielen konnten. Gompert (2010) berichtet, dass 21 % von befragten Praxisbetrieben (n= 14) einen Anstieg in der tierischen Produktion angaben. 58 % der Betriebe konnten keinen Unterschied feststellen. Allerdings sank auch die Leistung auf 21 % der befragten Betriebe. Trotz der sehr unterschiedlichen Ergebnisse betont Peterson (2010), dass hohe Leistungen möglich sind, solange ein gutes Herden- und Weidemanagement umgesetzt wird. Von Bedeutung ist laut PraktikerInnen-Angaben dabei den Fokus auf die Ernteeffizienz zu legen. Um zu entscheiden, wann ein Bestand beweidet werden soll, müssen die Faktoren der Pflanzen, des Standortes und der Tiere berücksichtigt, sowie Ökonomie und Management eingebunden werden (Johnson, 2012). Für gute Leistungen ist es essentiell, Futteraufnahme, Futterqualität und Tiergesundheit genau zu beobachten bzw. durch das Management bestmöglich abzustimmen (Gompert 2010; Peterson 2010; Thomas 2012; Kidwell, 2010).

Auch die Wissenschaft beschäftigt sich zunehmend mit den möglichen Mastleistungen bei Mob Grazing. In Nebraska wurde dazu eine Mob Grazing Langzeitstudie auf dem Betrieb Barta Brothers Ranch unter der Leitung der Nebraska-Lincoln University durchgeführt. In diesem achtjährigen Versuch wurden von 2010 bis 2017 zahlreiche Parameter wie beispielsweise der Trampeleffekt bei Mob Grazing, die Abbauraten von Mulch, aber auch die Tageszunahmen von Mastochsen untersucht und die Ergebnisse in mehreren Arbeiten publiziert (Johnson, 2012; Volesky et al. 2014; Beckman, 2014; Redden, 2014; Lindsey, 2016; Shropshire, 2018; Guretzky et al., 2020). Die zusammengefassten Ergebnisse können in der Arbeit von Andrade et al. (2022)

nachgelesen werden. Verglichen wurde eine einmalige Mob Grazing-Beweidung (MG), mit einer Weide mit vier Koppeln und einer Nutzung pro Jahr (4PR1) sowie einer Weide ebenfalls mit vier Koppeln, allerdings mit zwei Nutzungen pro Jahr (4PR2). Über den Studienverlauf ergab sich eine kurzfristige durchschnittliche Besatzdichte für MG von 225.000 kg LM/ha, für 4PR1 7.000 kg LM/ha, sowie 5.000 kg LM/ha für 4PR2. Alle Weidevarianten wurden mit einjährigen Ochsen beweidet und die Besatzstärke wurde in allen Varianten gleich hoch angesetzt. Die Tageszunahmen der einzelnen Jahre wurden in den Arbeiten von Johnson (2012), Lindsey (2016) sowie Shropshire (2018) veröffentlicht. Für 2010 wurden die Daten nicht verwendet, da neun Ochsen in der Variante 4PR1 und zwei Ochsen in der Mob Grazing Variante aus unerklärlichen Gründen verendeten. In den 4PR2 Weiden verendete hingegen kein einziges Tier. Die Tageszunahmen für Mob Grazing betragen für die Jahre 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 und 2017 jedoch nur 130 g, 190 g, 250 g, 440 g, -120 g, 100 g sowie 70 g. Die Tageszunahmen lagen deutlich unter dem der Koppelweidevariante 4PR2 und in den meisten Jahren unter der 4PR1 Variante. Im Jahr 2015 nahmen die Tiere in der Mob Grazing Gruppe sogar ab. In diesem Jahr lagen die Zunahmen auch in der 4PR1 Gruppe niedriger (80 g/d). Nur die 4PR2 zeigte keinen Leistungseinbruch in diesem Jahr (580 g/d) (Lindsey, 2016). Generell sind die Leistungen nicht als sehr hoch einzustufen, da auch die Tiere in 4PR2 nur Tageszunahmen von 500 bis 930 g erreichten.

Ein weiterer Versuch wurde in Virginia mit Mutterkühen und ihren Kälbern auf einer Rohrschwengel dominierten Fläche durchgeführt. Die Tiere wurden in drei Gruppen aufgeteilt und grasten auf einer Standweide, einer Koppelweide und einer Mob Grazing Variante. Die Koppeln wurden 4 Tage bestoßen und mit einer fixen Rotationsdauer von 28 Tagen beweidet. Mit der Mob Grazing Gruppe wurden 0,1 ha große Flächen für 24 Stunden beweidet. Die Besatzdichten betragen dabei allerdings nur 50.000 kg LM/ha. Die Gruppe Standweide schnitt bei den Parametern Körperkondition der Muttertiere und deren Gewicht signifikant besser ab. Diese Gruppe erzielte auch die signifikant höchsten Absetzgewichte der Kälber von 210 kg, im Vergleich zu 191 kg und 195 kg für die Gruppen Mob Grazing und Koppelweide. Zwischen Mob Grazing und Koppelweide konnte bei keinem der Parameter ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Autoren verweisen allerdings darauf, dass die niedrigen Leistungen bei Mob Grazing und Koppelweide auf die Winterfütterung zurückzuführen gewesen sein könnten. Alle Gruppen erhielten in eigenen Futterflächen Heu, allerdings hatten nur die Tiere in der Gruppe Standweide zusätzlich Zugang zu einer Weide und konnten so im Frühjahr auch junges Gras fressen (Tracy & Bauer, 2019).

2.1.3. Mob Grazing als Anpassungsstrategie für trockene Ackerbaustandorte

Mob Grazing ist, wie gezeigt, als Weidestrategie facettenreich anwendbar. Daher kommt es nicht nur in Graslandschaften zum Einsatz, sondern auch im Ackerbau, um Feldfutter oder Begrünungen über Nutztiere verwerten zu können (Shepherd, 2020; Tallman, 2012). Der Einsatz von Wiederkäuern in Ackerbauregionen macht aus Sicht einer kreislauforientierten, ökologischen Landwirtschaft auch Sinn (Stein-Bachinger et al., 2013), da Viehbetriebe den viehlosen Höfen bei den Humusvorräten (C_{org}) häufig überlegen sind (Schulz, 2012; Schmidt & Leithold, 2004). Ein besseres Weidemanagement, oder die Integration von Tieren im Ackerbau, sind auch zwei von

vielen Maßnahmen, die zu einer Kohlenstoffsequestrierung führen können. Durch die Umsetzung solcher Praktiken könnte nach Schwarzer (2019) die Landwirtschaft zusätzlich auch eine entscheidende Rolle in der Abschwächung des Klimawandels übernehmen. Mob Grazing könnte hierfür eine Umsetzungsform darstellen und wird deshalb in der sogenannten „Regenerativen Landwirtschaft“ auch häufig erwähnt (Trickett & Warner, 2022; Brown, 2018).

Hauptaugenmerk liegt bei dieser Bewirtschaftungsform auf der Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit, der Stoffkreisläufe und des Ressourcenmanagements. Es wird bei der Umsetzung aber auch auf die Regeneration von ganzen Ökosystemen abgezielt bzw. wird an Maßnahmen zur Minderung von negativen Klimawandeleffekten gearbeitet. Dabei werden auch soziale und ökonomische Aspekte für eine nachhaltige Lebensmittelproduktion berücksichtigt (Schreefel et al., 2020; Soloviev & Landua, 2016). Die Bezeichnung „regenerative agriculture“ dürfte auf Robert Rodale aus den 1980er Jahren zurückgehen (Hermani, 2020; Mitchell et al., 2019; Robertson, 2015). Auch wenn dieser Begriff schon länger existiert, setzte sich dieser in der Literatur nicht durch (Burgess et al., 2019; Mitchell et al., 2019). Mittlerweile gibt es aber zahlreiche Publikationen, Definitionen und auch verschiedene Ansätze in der Umsetzung der Regenerativen Landwirtschaft. Diese reichen von ganzheitlichen Betriebskonzepten bis hin zu praxisorientierten Einzelmaßnahmen. Teilweise können sich diese Ansätze decken, aber auch in gewissen Punkten unterscheiden (Hermani, 2020). Soloviev & Landua (2016) weisen darauf hin, dass die besten praktischen Beispiele zu integrativen ganzheitlichen Systemen zusammengefasst werden sollten. Dabei setzen AnwenderInnen, unter anderem, auch auf Holistic Management®. Ein Ackerbaubetrieb, der diesen „ganzheitlichen Management“-Ansatz nutzt und deswegen auch Tiere am Betrieb integriert hat, wird in den letzten Jahren immer häufiger als Vorreiter der Regenerativen Landwirtschaft in den USA angesehen. Es handelt sich dabei um Gabe Brown (Hermani, 2020; White, 2020). Für ihn stellt die Integration von Tieren in den Betriebskreislauf ein besonderes Merkmal dar, denn Tiere sind entsprechend Brown nötig, um wirklich regenerativ arbeiten zu können und dabei wertvollen Humus aufzubauen (Brown, 2018; White, 2020).

Die fünf Punkte der Regenerativen Landwirtschaft von Gabe Brown überschneiden sich auch mit den Definitionen anderer und werden hier zusammenfassend kurz dargestellt:

1. möglichst minimierte Bodenbearbeitung (Brown, 2018; Burgess et al., 2019), meist sogar nur no-till Anbau (Colley et al., 2020; LaCanne & Lundgren, 2018),
2. ganzjährige Bodenbedeckung mit lebenden Pflanzen oder Mulch (Brown, 2018; Burgess et al., 2019),
3. erhöhte Biodiversität am Betrieb und Anbau von Begrünungen (Brown, 2018; LaCanne und Lundgren, 2018; Burgess et al., 2019),
4. ganzjährig lebende Pflanzenwurzeln (Brown, 2018),
5. die Integration von Tieren in den Betriebsorganismus (Brown, 2018; Colley et al., 2020; LaCanne & Lundgren, 2018; Burgess et al., 2019; Lal, 2020).

Burgess et al. (2019) nennen in deren Arbeit neun verschiedene Beispiele von praktischen Ansätzen der Regenerativen Landwirtschaft. Drei davon setzen ebenfalls auf die Integration von Tieren in den Pflanzenbau, wie z.B. „multi-paddock grazing“ (Burgess et al., 2019). Nutztiere werden in diesem Kontext dazu verwendet, um

Flächen, die für die Bodengesundung angebaut wurden, zu verwerten. Dabei werden auch keine Maschinen benötigt, da die Futterbestände von den Weidetieren selbst geerntet werden (Brown, 2018; Chapman, 2012). Dies erfüllt gleichzeitig weitere Ziele der Regenerativen Landwirtschaft, wie die Reduktion von Pflanzenschutz- und Düngermitteln sowie des Maschinen- und Geräteeinsatzes (Burgess et al., 2019; Colley et al., 2020; LaCanne & Lundgren, 2018). Eine gewünschte Minimierung des Herbizidaufwandes kann beispielsweise indirekt durch die Beweidung von Begrünungen oder Unkräuter mit Rindern und Schweinen bewerkstelligt werden (Hermani, 2020; Stein-Bachinger et al., 2013). Auch die Nährstoffverfügbarkeit kann durch die Beweidung von Begrünungen verbessert werden, da der Bodenkohlenstoff und -stickstoff ansteigen. Während also die Bodenchemie positiv beeinflusst wird, hatte die Beweidung keine negativen Auswirkungen auf die Bodenphysik (Bass, 2021).

Die Beweidung von Ackerfutterflächen bietet allerdings noch weitere Vorteile. In der Arbeit von Reinsch et al. (2021) in Schleswig-Holstein, Deutschland, konnte aufgezeigt werden, dass integrierte Produktionssysteme auch eine bessere Umweltauswirkung aufweisen können. Verglichen wurden dazu vier Höfe mit unterschiedlichen Produktionssystemen. Ein intensiver Betrieb mit reiner Stallfütterung (IC), ein Betrieb mit geringem Weideanteil (SC), ein Vollweidebetrieb (FG) und ein Vollweidebetrieb mit hohem Ackerfutteranteil (IFG). Die Vollweidegruppen (FG und IFG) punktetten durch sehr geringe Betriebsmittelzukaufe (kein Düngemittelzukauf, sehr geringer Kraftfüttereinsatz) und konnten auch die errechneten N-Verluste pro Betrieb um ein Vielfaches reduzieren. Die Beweidung von Dauer- und Ackerweiden führte bei der integrierten Betriebsform zusätzlich zu den geringsten N₂O-Emissionen, den geringsten Werten an CO₂eq/kg ECM⁻¹ und dem größten Kohlenstoffeinspeicherungspotenzial im Boden (für IC; SC; FG und IFG jeweils 240, 360, 470 und 560 C ha⁻¹). Diese Ergebnisse bestätigen die Bewertungen von Teague et al. (2016), dass es sinnvoller ist, eine globale Erhöhung des organischen Kohlenstoffes im Boden durch landwirtschaftliche Produktionssysteme zu erreichen, als die Anzahl an wiederkäuenden Nutztieren zu reduzieren, um damit die enterischen THG-Emissionen zu minimieren.

Neben der Reduzierung der THG-Emissionen und der Förderung der Bodenfruchtbarkeit ist die Integration von Weidetieren im Ackerbau aber auch aus wirtschaftlicher Sicht interessant. Ökonomische Kennzahlen des im Versuch von Reinsch et al. (2021) untersuchten Betriebes, mit integrierter Ackerbeweidung (IGF), wurden intensiven Betrieben mit der Verfütterung von Grassilage und Maissilage gegenübergestellt. Bei einer Vollkostenauswertung lag der Weidebetrieb mit einer Kostensumme von 943,75 €/ha deutlich unter der von Betrieben mit produzierter Grassilage (1.865,98 €/ha). Die Kosten pro Hektar konnten im Vergleich zur Maissilage (2.039,44 €/ha) mehr als halbiert werden. Die Gesamtkosten pro kg Rohprotein betragen bei der Vollweide 0,74 Cent, bei Grassilage und Maissilage hingegen bei 1,28 Cent und 2,87 Cent (Mues et al., 2021).

Die Beweidung von Ackerflächen kann somit aus vielerlei Hinsicht vorteilhaft sein und könnte eine zusätzliche Erwerbchance bieten (Chapman, 2012). Auch die Leistungen in der Tierproduktion können konkurrenzfähig sein, wie folgende Versuche aufzeigen. In Mississippi wurden mit Ochsen Gruppen auf Hafer, Inkarnatklees und Rettich geweidet. Dabei wurden Tageszunahmen von 1.374-1.610 g und Hektarleistungen von 157-200 kg/ha erzielt (Bass, 2021). Bei Beweidung von einjährigem Raygras in Santa Fe (Argentinien), konnten Tageszunahmen von 340-1.050 g und Gewichtszunahmen von 267-411 kg LM/ha erreicht werden (Planisich et al., 2020). Auch

Zweinutzungssysteme sind möglich, indem eine Hauptfrucht als Weidefutter bzw. Druschkultur verwendet wird. Unter anderem kann Winterweizen im Frühjahr kurz beweidet werden. Die hohe Futterqualität des jungen Weizens führt zu guten Tageszunahmen (1.143-1.370 g/d), während der Kornenertrag durch die frühzeitige Beweidung nicht signifikant reduziert wurde, verglichen mit dem nicht beweideten Weizen (4.100 vs. 4.600 kg/ha) (Netthisinghe et al., 2020). Vergleichbare Schlüsse zog auch Ewing (2020) aus einem zweijährigen Versuch indem Weizen beweidet wurde. Als Vorteilhaft der Getreidebeweidung wurde der zusätzliche Ertrag an hochwertigem Futter erwähnt, während es zu keinen negativen Einflüssen auf Boden und Ertrag der Ackerkultur kam.

Die beschriebenen Praktiken können unter optimalen Bedingungen demnach die Bodenfruchtbarkeit des Bodens fördern und den Zusatz-Düngerbedarf und die N-Auswaschung reduzieren. Weiters ermöglichen sie einen geringeren Maschineneinsatz und weniger Bodenbearbeitung. Zusätzlich können sie den Bodenkohlenstoffgehalt erhöhen und für eine erhöhte Lebensmittelproduktion und weitere Einkommensquelle über die Tierhaltung sorgen. Die einzelnen Ansatzpunkte der Regenerativen Landwirtschaft können sich somit gegenseitig ergänzen. Um aber die größtmögliche Nutzung zu generieren, müssen alle Punkte gleichzeitig und gut abgestimmt umgesetzt werden (Trickett & Warner, 2022). Dies ist häufig nicht mehr der Fall, da die Zahl der Gemischtbetriebe sinkt und sich Betriebe häufig nur auf Ackerbau oder Viehhaltung spezialisieren (Defra, 2021; EIP-AGRI, 2017). Aus Sicht der Bodenfruchtbarkeit und der nachhaltigen Lebensmittelproduktion wäre daher ein Umdenken nötig und sinnvoll bzw. sollten Weidetiere wieder in die Ackerbaufolgerfolge integriert werden (Trickett & Warner, 2022; Walston, 2015; Chapman, 2012; Richmond, 2011; Reinsch et al., 2021). Eine Umsetzungsmöglichkeit wäre der Anbau von Feldfutter oder Begrünungen und diese mit Mob Grazing zu beweiden (Shepherd, 2020; Tallman, 2012).

2.2 Feldfutterbau und die Integration von Nutztieren

Mob Grazing kann als Möglichkeit gesehen werden, Ackerböden zu verbessern und stellt zusätzlich eine alternative Weidestrategie für Trockengebiete dar. Dazu braucht es allerdings Futterbestände, die in der Fruchtfolge eingegliedert und direkt auf den Flächen genutzt werden können. Vor allem in Ackerbauregionen, wie im Osten Österreichs, könnte dies eine Herausforderung darstellen, da es für klassische Futterbestände zu trocken sein könnte. Aus diesem Grund soll in den nächsten Kapiteln auf die Bedeutung von Feldfutter eingegangen werden und welche Futterpflanzen für Ackerweiden, auch in niederschlagsarmen Regionen, genützt werden könnten.

2.2.1 Vorteile des Feldfutterbaus und der Integration von Nutztieren

Vor allem in der biologischen Landwirtschaft ist der Anbau von Futterleguminosen unverzichtbar. Feldfutter ist zumeist das zweitgrößte Fruchtfolgeglied, häufig wird über 2-3 Jahre ein Klee- oder Luzernegrasgemenge angebaut. Dies ist auch notwendig, um über die Fruchtfolge die Kulturpflanzen mit genügend Nährstoffen, im speziellen

Stickstoff, zu versorgen. Ein möglichst geschlossener Stoffkreislauf und die Minimierung der Zufuhr von Betriebsmitteln sind dabei Grundprinzipien in der biologischen Landwirtschaft (Gollner et al., 2012). Weiters zählt die standortangepasste Fruchtfolge zu den wichtigsten Kulturführungsmaßnahmen im Bio-Ackerbau. Dabei sollte ein Leguminosenanteil von mind. 30 % in der Rotation, jedoch mit genügend Anbaupausen, erreicht werden (Gollner et al., 2012). Der Futterbau mit Leguminosen stellt somit ein wesentliches Element im Ökolandbau dar. Luzernebestände konnten in einem Versuch im Marchfeld, je nach Jahr und Standort, bis zu 265 kg N/ha aus der Luft binden (Pietsch et al., 2009). In der Ukraine, wo im Versuch von Gollner et al. (2016) ebenfalls trockene Witterungsbedingungen vorherrschten, brachte ein Luzernebestand 129-195 kg/ha biologisch fixierten Stickstoff. In Oberösterreich konnte wiederum eine N-Fixierleistung von 302 kg/ha festgestellt werden (Starz et al., 2015). Auch, wenn diese Werte, je nach Standortbedingung, Jahr und Vorbewirtschaftung unterschiedlich ausfallen (Gollner et al., 2016), zeigen diese eindeutig die Bedeutung des Feldfutterbaus für die N-Versorgung von Bio-Standorten. Eine Möglichkeit dieses Feldfutter ohne Tiere zu nutzen ist das Mulchen der Bestände. Mulchen ist auch eine gute Methode, um eine Reduktion der Evaporation sowie Bodentemperatur zu erreichen und um eine Verbesserung des Wasserhaltevermögens zu erzielen (Huang et al., 2005; McMillen, 2013; Pietsch et al., 2007; Raza, 2010). Zusätzlich können gemulchte Futterleguminosen die Erträge und die Qualität von Getreide erhöhen (Dreymann et al., 2003). Die N-Bilanz ist in solchen Gründüngungsvarianten mit Mulch signifikant höher als bei Schnittnutzung, da die Biomasse nicht vom Feld abgefahren wird (Pietsch et al., 2007). Bei Trockenheit kann sich allerdings die positive Vorfruchtwirkung des Mulchens auf den Folgeertrag von Ackerkulturen weniger auswirken (De Kruijff et al., 2008; Farthofer et al., 2003). Dies kann auf die geringe N-Mineralisation bei zu geringer Bodenfeuchte zurückzuführen sein. Allerdings kann bei erneutem Regenfall und erhöhtem Bodenwassergehalt mit einer wieder rasch zunehmenden N-Mineralisation in der Mulchschicht gerechnet werden (Pietsch et al., 2007). In Vergleichen von Schnittnutzungsvarianten mit einem Futterabtransport und dem Mulchen wurden in Versuchen teilweise keine Unterschiede in der Produktionsleistung bei den Folgekulturen festgestellt. Die Nutzung zeigte auch keinen Einfluss auf die unterirdische Biomassebildung (Braun et al., 2009; Raza, 2010; Raza et al., 2013). Das weist darauf hin, dass der „Schatteneffekt“ einer am Feld verbleibenden Mulchauflage die Folgeerträge und den Folgeauftrieb der Futterleguminosen nicht verringert. Bei Gräsern kann dieser Effekt allerdings zu einer Reduzierung des Gräseranteils im Bestand führen (Pietsch et al., 2007). Im Versuch von Pietsch et al. (2007) konnte ein signifikant höherer Bodenwassergehalt in den ersten 30 cm des Oberbodens in der Mulchvariante festgestellt werden. Durch eine Mulchauflage ist auch eine Reduzierung der Bodentemperatur in den ersten 5 cm von 1 bis 6 °C möglich (Raza, 2010; Raza et al., 2013). Auch wenn das Mulchen viele Vorteile bringt, sollte bedacht werden, dass es in Folge zu höheren N-Auswaschungen kommen kann. Daher stellt die Kombination von Schnittnutzungen und Mulchen einen guten Kompromiss im Feldfutterbau dar. In Versuchen zeigte sich, dass die Folgeerträge bei einer Schnitt-/Mulch-Mischvariante im Vergleich zur Grünbrache gleich hoch waren, jedoch die N-Auswaschung geringer ausfiel. Als Vorteil der Schnittnutzung kann auch die ermöglichte Bereitstellung von Wirtschaftsdünger, der dann innerhalb der Fruchtfolge zur Ertrags- und Qualitätssteigerung führen kann, erwähnt werden (Dreymann et al., 2003). In einem Versuch, mit Luzerneanbau und Stallmistausbringung, zeigte sich ein deutlich höherer Mykorrhizabesiedelungsgrad

von Folgekulturen. Die folgende Hauptkultur kann somit über eine Symbiose die Nutzwirkung des Pilzes ausnutzen (Freyer & Gollner, 2003).

Die Vorteile von Feldfutterfruchtfolgegliedern und deren Nutzung wurden in den oben angeführten Studien dargestellt. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist jedoch anzuführen, dass der Feldfutterbau zumeist nicht direkt zum Betriebseinkommen beiträgt. Aus diesem Grund ist vor allem bei viehlosen Betrieben ein gewisser Druck vorhanden den Anteil des Feldfutters in der Fruchtfolge zu reduzieren (Kolbe & Zimmer, 2015). Welche Auswirkungen dies haben kann, zeigen die folgenden Versuche. In Untersuchungen von Schmidt & Leithold (2004) führte der Ersatz von einjährigem Luzernegrasanbau durch Ackerbohne zu einer negativen N-Bilanz in der gesamten Fruchtfolge und zu signifikanten Mindererträgen. Zusätzlich stieg der Unkrautdruck, wodurch auch langfristig weitere Ertragseinbußen zu erwarten sind (Schmidt & Leithold, 2004). Auch in der Doktorarbeit von Schulz (2012) konnte ein ökologisch geführter Gemischtbetrieb den höchsten jährlichen Fruchtfolgeertrag erwirtschaften (9.850 kg TM/ha). Eine ökologische Fruchtfolge mit Rotationsbrache, allerdings ohne Tierhaltung führte zu einer Ertragsreduktion von 9 %. Der Biomasseertrag sank bei viehloser Bewirtschaftung ohne Rotationsbrache um ganze 26 %. Feldfutter sollte daher jedenfalls ein zentraler Bestandteil in der Fruchtfolge sein, auch wenn dieses kein direktes Einkommen generiert.

Zusätzlich ist Feldfutter für die Erzeugung von wertvollem Grundfutter für Wiederkäuer von großer Bedeutung (BMLRT, 2020). Diese können zellulosereiche Pflanzen verwerten und daraus wertvolle Lebensmittel für den Menschen, aber auch wertvollen Dünger für den Boden und die Pflanzen bereitstellen (Stein-Bachinger et al., 2013; Steinwider, 2020). Somit kann auf indirektem Weg, über die Haltung von Wiederkäuern, auch auf Feldfutterflächen eine Lebensmittelproduktion stattfinden. Zusätzlich kann über den Betriebszweig Tierhaltung ein Risikoausgleich bewerkstelligt und somit das ökonomische Risiko minimiert werden (Schmidt, 2003). Die Nutzung von unterschiedlichen Produktionssparten kann laut Eitzinger et al. (2010) auch eine Anpassungsstrategie für den Klimawandel darstellen. Daher könnte die Kombination von Ackerbau und Vieh-, bzw. Weidehaltung in Zukunft wieder bedeutsamer werden. In Forschungsprojekten und Fachbüchern wird bereits seit längerem darauf hingewiesen (Idel, 2010; Hahn Niman, 2014; Dunst, 2019; Grassberger, 2019; EIP-AGRI, 2017; Edler, 2022; Zahn et al., 2022; Brown, 2018; Zaralis, 2015; Trickett & Warner, 2022). Die Vorteile solcher Kombinationen zeigen sich unter anderem durch höhere Erträge und günstigeren N-Bilanzen (Schmidt & Leithold, 2004). Auch eine Studie von Friedel et. al (2019) bestätigt die Bedeutung von organischen Düngern (Mulch, Mist, Kompost). Im Rahmen des MUBIL-Projektes führten Wirtschaftsdünger, wie Stallmist, zu erhöhten Humusgehalten (Egle, 2010; Friedel et al., 2019). Viehhaltende Betriebe sind vor allem bei den Parametern Erträge, N-Bilanzen und Humusvorräte (C_{org} - und N_t -Massen) viehlosen Betrieben überlegen (Schulz, 2012; Schmidt & Leithold, 2004). Zukünftig sollte daher vermehrt auf eine kreislauforientierte, ökologische Landwirtschaft, mit der Haltung von Wiederkäuern, auch in Ackerregionen, gesetzt werden (Stein-Bachinger et al., 2013).

2.2.2 Klimaveränderung und mögliche Anpassungsstrategien

Viele Beobachtungen belegen eine rasante Veränderung des globalen Klimas (IPCC, 2007). Welche Auswirkungen dies auf die heimische landwirtschaftliche Produktion haben kann und welche Anpassungsstrategien es dagegen gibt soll in diesem Kapitel näher beleuchtet werden.

Europa wird zukünftig mit einer Zunahme der Winterniederschläge, aber mit einer Abnahme des Regenfalls im Sommer konfrontiert werden. Zusätzlich wird ein ganzjähriger Erwärmungstrend erwartet. Weiters kann davon ausgegangen werden, dass diese Erwärmung, mit den abnehmenden bzw. gleichbleibenden Niederschlägen im Sommer, zu einer Zunahme des Verdunstungspotenzials führt. Dadurch wird eine Trockenheit in den Sommermonaten wahrscheinlicher (Eitzinger, 2007; Eitzinger et al., 2009; Eitzinger et al., 2010). Eine Zunahme der Hitzetage, neben dem allgemeinen Temperaturanstieg, für das Ende des 21. Jahrhunderts durch Klimasimulationen ebenfalls prognostiziert (Gobiet und Truhetz, 2008). Dies stellt auch insofern ein zukünftig verstärktes Problem dar, weil die Bodenfeuchte mehr von der Temperatur und somit von der Verdunstung abhängen wird, als von den Niederschlägen (Böhm, 2008). Bis zum Jahr 2050 kann, je nach Treibhausgasausstoß und Prognosen, ein Anstieg von 1,5 °C bis zu 3 °C erwartet werden (IPCC, 2014). Um die Auswirkungen von solch einem Temperaturanstieg erforschen zu können, wurden im Rahmen des HOKLIM-Projekts verschiedene Erderwärmungsszenarien von 1,5 °C, 2 °C und 3 °C angenommen. Dabei zeigte sich, dass Dürreperioden verstärkt werden, umso höher die Erderwärmung sein wird. Bei einer Erwärmung um 3 °C werden die Dürrezeiten im Norden Deutschlands um ein Viertel zunehmen (Thober et al., 2018). In einem dreijährigen Experiment in Belgien wurde ein Temperaturanstieg um 3 °C mit einer induzierten Stresssituation durch Hitze in Grünlandbeständen untersucht. Dabei wurden oberirdische Ertragsverluste von 29 % und ein unterirdischer Biomasserückgang von 25 % festgestellt (Boeck et al., 2008). Bei einer Schweizer Untersuchung wurde eine Sommerdürre über zehn Wochen simuliert, um die durchschnittlichen Niederschlagsmengen um 74 % zu reduzieren. Dies führte auf einer Umtriebsweide zu einem Ertragsrückgang von 73 % und bei einer 3-mähdigen Schnittfläche von 47 % (Deléglise et al., 2015). Diese klimatischen Entwicklungen wurden in den letzten Jahren auch in Österreich deutlich sichtbar, indem das Grünland und der Feldfutterbau, auch in Gunstlagen, unter stark auftretender Trockenheit im Sommer litten (BMLRT, 2020). Auch im Jahr 2018 kam es zu deutlichen Auswirkungen. Die Durchschnittstemperatur war um 1,8 °C höher und in manchen Gebieten sanken die Niederschlagsmengen um 20-40 %. Daher fielen auch die Erträge, verglichen mit dem langjährigen Mittel, bei Feldfutter um 19 % und im Grünland um 17 % geringer aus. Gleichzeitig kam es aber in kurzer Zeit zu sehr viel Regen, das mancherorts zu Überschwemmungen führte (BMNT, 2019). Der Trend zu immer heißeren Sommern war auch im Jahr 2019 erkennbar. Immerhin war er der zweitwärmste Sommer in den letzten 253 Jahren. Zusätzlich wurden neue Hitzerekorde gemessen und die Anzahl der Hitzetage war teilweise zwei- bis dreimal so hoch wie im Durchschnitt. Im Jahr 2019 kam es zu einem Niederschlagsdefizit von rund 30 %, was zu erheblichen Ertragseinbußen führte. Die Nettoerntemenge war bei Feldfutter (Klee, Kleegras, Luzerne) um 22 % niedriger und im Grünland um 7 % geringer, im Vergleich zum Zehnjahresdurchschnitt (BMLRT, 2020). Während die positiven Temperaturextremwerte zunehmen, werden allerdings die negativen Temperaturextremwerte wie Frosttage abnehmen (Böhm, 2008). Die Abnahme der

Frosttage und ein Temperaturanstieg können in niederschlagsreichen Regionen allerdings auch vorteilhaft sein. Denn eine verlängerte Vegetationszeit, hervorgerufen durch die Verschiebung von Temperaturzonen, kann das Ertragspotenzial erhöhen. Vor allem dort, wo die Produktion durch die Temperatur begrenzt ist (Eitzinger et al., 2010). Diese Veränderungseffekte, aber auch eine höhere CO₂-Konzentration können im Grünland und Feldfutterbau unter der Voraussetzung, dass genügend Wasser zu Verfügung steht, den Ertrag erhöhen (DLG, 2020).

Allerdings sind für zukünftige Klimazustände langfristige Vorhersagen mit Unsicherheiten behaftet (IPCC, 2001). Zusätzlich befindet sich Österreich in einem Übergangsgebiet (Eitzinger, 2007; Eitzinger, 2009). Der Alpenraum stellt dabei eine deutliche Trennlinie dar (Gobiet & Truhetz, 2008). Klimatische Veränderungen sollen besonders stark die Alpenregion betreffen, wobei häufiger Wetterextreme erwartet werden (Auer et al., 2007). Während die Erträge in niederschlagsreichen Gebieten möglicherweise steigen, muss in Trockengebieten mit bedeutenden Verlusten gerechnet werden (Pötsch et al., 2014). In bereits trockenen Regionen, wie dem Marchfeld im Osten Österreichs, wird der Wasserbedarf für das durchschnittliche Ertragsniveau in Zukunft nicht mehr gedeckt werden können (Eitzinger et al., 2010). Dies bedeutet, dass Regionen, die ohnehin schon wärmer und trockener sind, durch die steigenden Temperaturen eine Zunahme der Stresssituationen durch Hitze und Trockenheit erfahren. Vor allem Sommerkulturen werden in den niederschlagsarmen Anbaugebieten Österreichs diesem Stress ausgesetzt sein (Eitzinger et al., 2010). Betrachtet man diese Veränderungen, werden Anpassungen an geringere Niederschlagsraten und höhere Temperaturen im Grünlandmanagement (Hengartner, 2011) sowie im Ackerbau notwendig sein (Eitzinger et al., 2010). Je nach Region, wird sich der Klimawandel unterschiedlich auswirken. Daher bedarf es auch Anpassungen auf nationaler und regionaler Ebene (Weinberger, 2009).

Eine kurzfristige Anpassungsmaßnahme kann die Auswahl von trockenstress- und ozontoleranteren Sorten sein. Vor allem, wenn sie ein gutes Durchwurzelungsvermögen besitzen und auch in Zukunft ein gutes Wachstumspotenzial aufweisen. Eine weitere Maßnahme ist die Verwendung von hitzetoleranteren Arten (Eitzinger et al., 2010; Weinberger, 2009). Eine mittelfristige Anpassung kann auch über die Verwendung von weniger wasserverbrauchenden Kulturen bewerkstelligt werden (Eitzinger et al., 2010). Im Futterbau werden hier trockenheitstolerante Gräser sowie Leguminosen eine wichtige Rolle spielen. Leguminosen, wie Rotklee und besonders die Luzerne, sind dazu in der Lage (Hengartner, 2011). Auch die Ergänzung der üblichen Dauergrünlandproduktion durch gezielten Futterpflanzenanbau stellt eine geeignete Möglichkeit dar, um dem Klimawandel, zumindest mittelfristig, zu trotzen (Eitzinger et al., 2010).

Feldfutter stellt in der biologischen Landwirtschaft bereits ein weit verbreitetes Fruchtfolgeglied dar. Feldfutterpflanzen können mit ihren hohen Ernte- und Wurzelresten, den gebundenen Luftstickstoff von Leguminosen und mit der verbundenen Bodenruhe, auch auf Grund des mehrjährigen Anbaus, die Humusbilanzen erheblich verbessern (Kolbe & Zimmer, 2015). Bei mehrjährigem Anbau wird die Bodenbearbeitung obsolet. Somit wird auch der Klimaanpassungsmaßnahme laut Eitzinger et al. (2010), die eine reduzierte Bodenbearbeitung vorschlagen, genüge getan.

Eine weitere Anpassungsstrategie stellt die Bewässerung dar. Vorherrschende Kulturarten im Grünland benötigen nämlich mindestens 800 mm Jahresniederschlag

in guter Verteilung. Je nach Bodenbeschaffenheit kann im Dauergrünland im Hochsommer bei 600-800 mm Jahresniederschlag schon ein Versorgungsproblem auftreten (Buchgraber & Schaumberger, 2006). Dennoch hat die Bewässerung für Viehbetriebe in Österreich derzeit kaum eine Bedeutung. Zum einen werden hauptsächlich Kulturen beregnet, die einen höheren Deckungsbeitrag aufweisen (APCC, 2014). Zum anderen ist die Weidewirtschaft ohnehin vermehrt im niederschlagsreicheren Westen des Landes anzutreffen, der ein deutlich höheres Ertragspotenzial aufweist. Zusätzlich findet man dort aus topographischen Gründen auch mehr Dauergrünland und Almen vor, die als Weiden genützt werden können. (Schaumberger et al., 2011; APCC, 2014).

Nichtsdestotrotz gibt es Regionen im Alpenraum die bewässert wurden und noch immer werden (Troxler et al., 1992; Calame et al., 1992; Peratoner et al., 2009). Selbst in der sonst so regenreichen Schweiz gibt es Dauergrünlandregionen in denen bewässert wird. Denn während in feuchten Gebieten fast 1.500 Millimeter Niederschlag fallen, kommen manche Regionen nicht einmal auf 600 Millimeter pro Jahr (MeteoSchweiz, 2005). Dennoch beträgt der Anteil der bewässerten Fläche an der landwirtschaftlich genutzten Fläche nur 4,7 %. In Österreich belaufen sich die Zahlen sogar auf nur 1,4 %, in Deutschland auf 2,7 % und in Frankreich auf 5 %. Nur in Italien werden landwirtschaftliche Fläche mit einem größeren Anteil von 20 % bewässert (Eurostat, 2021, zit. n. Pestoni et al., 2023; Zesiger, 2022, zit. n. Pestoni et al., 2023). Global gesehen zeigt sich bei der Bedeutung einer Bewässerung ein gänzlich anderes Bild. Weltweit betragen die bewässerten Flächen 25 %. Darauf wird ungefähr doppelt so viel produziert, wie auf den nicht bewässerten Flächen (FAO, 2004).

Auch wenn die Bewässerung in unseren Breiten noch nicht stark verbreitet ist, stieg der Wasserbedarf für die Landwirtschaft in Europa in den letzten zwei Jahrzehnten (EEA, 2009). Der Energiesektor benötigt in etwa 44 % der gesamten Wassernutzung in der EU. Die Landwirtschaft benötigt dazu 24 %, während die Industrie und die öffentliche Wassernutzung nur 11 und 21 % beträgt. In südlichen Ländern steigt die Wassernutzung für die Landwirtschaft, insbesondere für die Bewässerung, auf 60 % und in einzelnen Regionen sogar schon auf 80 %. Während der Energiesektor nahezu 100 % des genützten Wassers wieder zurückführen kann, ist dies in der Landwirtschaft deutlich anders, da in etwa 70 % des genützten Wassers verbraucht werden (EEA, 2009). Eine der größten Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte wird somit eine effiziente Wassernutzung für die landwirtschaftliche Produktion darstellen (Sivakumar & Motha, 2007). Die Verbesserung der Wassernutzung in der Landwirtschaft ist zwar jetzt schon von größter Bedeutung, dennoch besteht in Europa noch ein großes Potenzial dies zu verbessern (Eitzinger et al., 2010).

Durch Bewässerungen sind zwar beachtliche Ertragsanstiege möglich (Jáuregui et al., 2022), dennoch gilt es langfristig gesehen Anpassungsmaßnahmen zu treffen, da in Europa durch den Klimawandel die Wasserreserven sinken. Insbesondere jene Reserven, die für die landwirtschaftliche Bewässerung genutzt werden. Regionen wie der Mittelmeerraum, als auch Südosteuropa, werden darunter im Speziellen zu leiden haben (Alexandrov & Eitzinger, 2007; IPCC, 2007; Olesen & Bindi, 2004). Bis 2050 dürfte allerdings in fast ganz Europa der Bewässerungsbedarf zunehmen. Dies wird daher in Regionen mit Bewässerungslandwirtschaft ein zunehmendes Problem darstellen, wenn keine entsprechenden Anpassungen unternommen werden (Eitzinger et al., 2010). Maßnahmen reichen von geänderten Fruchtfolgen und

Anbauzeitpunkten, weniger Bodenbearbeitung bis hin zu effizienteren Bewässerungstechniken. Für viehhaltende Betriebe ist der Anbau von Futterpflanzen, zusätzlich zur Grünlandproduktion, eine von Eitzinger et al. (2010) erwähnten Anpassungsstrategien. Tiefwurzelnde Kulturen, wie beispielweise die Luzerne, sollten nicht nur aus wirtschaftlichen Gründen gegenüber von seicht wurzelnden Kulturen bevorzugt werden, sondern es wäre auch eine Möglichkeit den Wasserbedarf für Bewässerungen zu reduzieren (EEA, 2009).

Aus den angeführten Gründen scheint es nötig zu sein die Bewässerungen so effizient wie möglich umzusetzen. Dies kann durch eine bedarfsgerechte Bewässerung bewerkstelligt werden, wie in Versuchen in der Schweiz und Italien bereits gezeigt wurde. In Südtirol wurden auf 2-3 schnittige Goldhaferwiesen unterschiedliche Bewässerungsmengen getestet (0 mm/Woche, 25 mm/Woche, 35 mm/Woche). Die Bewässerung führte zu signifikanten Ertragssteigerungen, wobei die Aufteilung der Wassermenge auf zwei Gaben pro Woche, sowie die Erhöhung der Bewässerungsmenge von 25 auf 35 mm/Woche keinen Einfluss auf Ertrag und Qualität des Futters hatte. Die Autoren verweisen jedoch darauf, dass die Beregnung vor allem in Perioden mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen besonders wirksam war und daher eine Beregnung nach Bedarf optimal wäre (Peratoner et al., 2009). Die Arbeit bestätigt erneut die Schweizer Ergebnisse von Calame et al., die schon 1992 veröffentlicht wurden. Dabei führte auch die Bewässerung nach Bedarf (400 mm bei einer Saugspannung von 300 mbar) zu der besten Beregnungs-Wirksamkeit im Vergleich zu sechs verschiedenen Bewässerungs-Abstufungen (20 mm/Woche, 40 mm/Woche, 40 mm/2 Wochen, 60 mm/2 Wochen, 60 mm/3 Wochen, 80 mm/ 3 Wochen). Laut Prünster (2009) ist auch in der Beratung erkennbar, dass durch Bewässerung die Erträge, vor allem in Trockenperioden, deutlich erhöht werden. Die Futterqualität verbessert sich allerdings nicht, sofern die Schnittzeitpunkte nicht angepasst werden. Häufig kommt es aber ohnehin zu einem weiteren Folgeschnitt, da durch die Bewässerung eine Intensivierung ermöglicht wird. Auch Jeangros & Bertola (2001) konnten feststellen, dass nach einer Wiedereinführung der Bewässerung auf Schweizer Bergwiesen pro Jahr ein weiterer Schnitt durchgeführt werden konnte. Nicht nur die Nutzungsintensität kann sich verändern, sondern auch die botanische Zusammensetzung. Leguminosen und wasserbedürftige Arten wie Englisches Raygras (+2,45 %) und Gemeine Rispe (+1,94 %) nahmen durch die Bewässerung in Südtirol leicht zu, während der Knautgrasanteil etwas abnahm (-2,23 %) (Peratoner & Thalheimer, 2017). Im Versuch von Jeangros & Bertola (2001) veränderten sich die Wiesen durch die Bewässerung zu frischeren und fetteren Beständen, wenngleich die Artenvielfalt abnahm.

Während in der Schweiz der Futterwert durch die Änderung im Bestand verbessert wurde, konnte in Südtirol keine Verbesserung der Futterqualität durch die Bewässerung festgestellt werden (Jeangros & Bertola 2001; Peratoner et al. 2009). Die Bedeutung von genügend Wasser und der möglichen Ertragssteigerung durch Bewässerungen in zukünftig möglichen Trockenphasen konnte auch in einem deutschen Versuch gezeigt werden. Dabei wurden semi-natürliche Grünlandbestände künstlich einem Wasserstress ausgesetzt (42 Tage „rain-out shelter“), während die jährlichen Niederschlagssummen gleichblieben. Die hergestellte Niederschlagsvariabilität, innerhalb eines Jahres, führte zu einer Ertragsminderung von 19 %. Der Gräseranteil sank, während bei dem Anteil der Kräuter eine Zunahme festgestellt werden konnte (Grant et al., 2014). Andere Studien zeigen auf, wie stark die Ergebnisse einer Variabilität der Niederschläge von den jeweiligen Pflanzengemeinschaften abhängig sind. Bestände in Deutschland reagierten ebenso

mit verringerten Erträgen, wie Bestände in einer „tall grass“ Prärie (Fay et al., 2011). Auf einem mesischen Grünlandstandort in Nordamerika wurde der Ertrag allerdings durch weniger stark schwankende, aber weniger häufig vorkommende Regenschauer mit größeren Wassermengen verringert, während in einem semi-ariden Grasland Erträge dadurch erhöht wurden (Heisler-White et al., 2009, 2008).

Umso wichtiger ist es, für jedes Gebiet Erfahrungen zu sammeln, um die Auswirkungen von Wetterschwankungen und das Ausgleichspotenzial von Bewässerungen zu erkennen. In den trockenen Gebieten des Alpenraumes ist es schon seit Jahrzehnten üblich, Futterbestände zu bewässern (Troxler et al., 1992; Calame et al., 1992). Im trockenen Osten Österreichs werden im Gegenzug hauptsächlich Kulturen beregnet, die einen höheren Deckungsbeitrag aufweisen (APCC, 2014). Da allerdings laut Eitzinger et al. (2010) im langjährigen Mittel die Niederschlagsmengen nicht ausreichen, um das jetzige Ertragsniveau der Ackerkulturen zu halten, kann auch eine Bewässerung der Feldfutterbestände in Zukunft von Bedeutung sein.

Erfahrungen konnten dazu in der Doktorarbeit von Razaz (2010) an der BOKU Wien gesammelt werden. Ziel war unter anderem im Marchfeld, am Standort Groß-Enzersdorf und Raasdorf (520 mm), die Wassernutzungseffizienz (WUE-Ertrag pro verbrauchter Wassereinheit) von verschiedenen Luzernesorten und den Einfluss einer Bewässerung zu untersuchen. Geerntet wurde jährlich dreimal auf einer Stoppelhöhe von 5 cm, wenn die Luzernebestände sich mit 30-40 % in der Blüte befanden. Beregnet wurde in Intervallen von 20 Tagen zwischen Juni und September, mit jeweils 40 mm. Die Ergebnisse zeigten, dass sich der Effekt der zusätzlichen Bewässerung in niederschlagsarmen Jahren stärker auswirkte, wobei der jährliche TM-Ertrag zwischen 8.300 und 18.600 kg TM/ha schwankt. Zwischen den untersuchten Sorten (Niva, Mohajaren, Sitel) kam es nur beim ersten Aufwuchs 2007 und beim zweiten Aufwuchs 2008 zu signifikanten Unterschieden bei den oberirdischen Trockenmasseerträgen. Die Sorte Sitel überragte bei den meisten untersuchten Parametern die anderen Sorten und konnte Erträge im Jahr 2007 bei normalen und bewässerten Bedingungen von jeweils 11.170 und 18.170 kg TM/ha und im Jahr 2008 von 13.590 und 18.640 kg TM/ha erzielen.

Bei den Haupternten lag die Wassernutzungseffizienz der Produktivität (WUE) allgemein bei 1,4-4,6 kg TM/m⁻³ H₂O (Bewässerung) und 0,8-2,3 kg TM/m⁻³ H₂O (normale Bedingungen). Die Wassernutzungseffizienz des zweiten Aufwuchses lag 2007 bei 3,4-3,6 kg TM/m⁻³ H₂O und 2008 bei 7,8-8,7 kg TM/m⁻³ H₂O. Durch die Bewässerung stieg nicht nur der Ertrag, sondern auch die Stickstofffixierleistung von 250-385 kg/ha (nicht bewässert) auf 336-495 kg/ha (bewässert) (Raza, 2010). Bei unterschiedlichen Bewässerungsmengen von 90, 135 und 180 mm konnten bei einem ersten Schnitt in Südafrika jeweils Erträge von 2.194, 2.333 und 2.421 kg TM/ha erzielt werden. Die Verdopplung der Wassermenge führte zu einem signifikanten Ertragsanstieg. Daraus leitet sich ab, dass für eine maximale Produktion eine Bewässerungsmenge in Höhe der Wasserspeicherkapazität des Bodens angewendet werden sollte, soweit eine ausreichende Wasserversorgung gewährleistet ist. Im Falle einer Wasserknappheit empfiehlt es sich, laut dieser Studie, allerdings eine größere Anzahl kleinerer Bewässerungen anzuwenden, anstelle wenige große Bewässerungen durchzuführen. Denn bei zwei Bewässerungen von je 45 mm lag die Wassernutzungseffizienz höher als bei einer einzigen Bewässerung von 90 mm und von 180 mm. Erklärt werden kann dies, laut den Autoren, durch einen verringerten Wasserstress, da der Boden bei einer erhöhten Bewässerungsfrequenz feuchter bleibt

und zusätzlich die Bodenlösung, bei salzhaltigen Bedingungen, nicht so stark konzentriert ist (Beukes & Bamard, 2020).

In Alberta, Kanada, konnte hingegen gezeigt werden, dass eine steigende Wassergabe nicht immer zu mehr Ertrag führen muss. Untersucht wurden dafür mehrere Bewässerungsmengen. Für die Behandlung (W1) wurde der Bodenwassergehalt zwischen 60 und 90 % des verfügbaren Wassers in den oberen 75 cm der Wurzelzone gehalten. Die weiteren Bewässerungsstufen erhielten 75 (W2), 50 (W3) und 25 % (W4) der Wassermenge, die bei der optimalen Behandlung angewendet wurde. Die verfügbare Wassermenge von 60 und 90 % wurde aus der Feldkapazität und dem Verwelkungspunkt ermittelt. Zwischen den Behandlungen W1 und W2 konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Bei zwei von vier getesteten Luzernesorten lag die Gruppe W1 numerisch sogar unter dem Ertrag von W2 (Blue J: 10.470 vs. 11.310 kg TM/ha; Longview: 11.540 vs. 12.380 kg TM/ha; Rambler: 11.540 vs. 12.380 kg TM/ha; Rangelander: 10.330 vs. 8.730 kg TM/ha). Somit konnte ohne signifikant abgesicherten Ertragseinbußen die Bewässerungsmenge im Jahr 2012 und 2013 jeweils von 666 auf 519 mm und von 731 auf 551 mm reduziert werden (Attram et al., 2015). Auch in Argentinien befasste man sich mit der Frage, welche Ertragspotenziale Luzerne aufweist und welche Auswirkungen eine Bewässerung auf die Biomasseproduktion hat. Nach der Einschätzung von Jáuregui et al. (2022) sind Ertragsunterschiede von bis zu 53 % auf ausbleibende Bewässerungen zurückzuführen. Weiters wird von den Autoren auch die Bedeutung des Weidemanagements und der Düngung hervorgehoben.

2.2.3 Feldfuttermischungen für Weidehaltung und Trockengebiete

In den folgenden Absätzen sollen geeignete Pflanzen für den Feldfutterbau mit Weidehaltung im Trockengebiet vorgestellt und erläutert werden. Die erwähnten Pflanzenarten wurden aus den Literaturwerken ausgewählt, da sie für den trockenen Osten Österreichs geeignet sein könnten. Ein Teil dieser Arten wurden auch im empirischen Teil der Arbeit verwendet, um dessen Eignung auch in der Praxis zu testen.

Grünland stellt in Österreich, bezogen auf die Fläche, die wichtigste landwirtschaftliche Kulturart dar (BMLRT, 2020). Grünlandbestände haben geringere Ansprüche bezogen auf die Temperatur und Wärmesummen als übliche Ackerkulturen. Allerdings haben sie einen höheren spezifischen Wasserverbrauch und sind somit besonders anfällig für klimatische Veränderungen (Schaumberger, 2011; Eitzinger et al., 2009). Für gute Erträge sind Jahresniederschläge von mindestens 800 mm im Jahr, mit einer guten Niederschlagsverteilung, nötig (Buchgraber & Schaumberger, 2006). Vor allem im Hochsommer können im Grünland bei Niederschlagsmengen unter 600 mm Versorgungsprobleme auftreten. Unter 500 mm ist die Wachstumsrate von Grünland im Allgemeinen nicht mehr zufriedenstellend (Buchgraber & Schaumberger, 2006; DLG, 2020). Derzeit befindet sich in Österreich Grünland in solch trockenen Regionen nur in Niederösterreich und im Burgenland. Wobei nur 3 % der Gesamtfläche des Grünlandes in diesen sehr niederschlagsarmen Gebieten vorzufinden sind. Um abschätzen zu können, welche Flächen von Trockenheit betroffen sein könnten, wurden die Grünlandflächen in Österreich in Wasserversorgungszonen eingeteilt. Dabei ist klar ersichtlich, dass sich die Zone „Grünland Trocken“ hauptsächlich im Osten Österreichs befindet (Buchgraber & Schaumberger, 2006). Für die

Grundfuttersversorgung hat aber auch der Feldfutterbau eine große Bedeutung und ist auf den biologischen Ackerflächen eine häufig anzutreffende Kultur (BMLRT, 2020). In Regionen, die für das Dauergrünland zu trocken sind, wird dem Anbau von Luzerne und Kleearten eine größere Bedeutung zukommen (Buchgraber & Schaumberger, 2006). Dieser Trend ist heute bereits zu erkennen, da der Feldfutterbau wieder mehr forciert wird und die Anbaufläche der Luzerne steigt (BMLRT, 2020; BMNT, 2018; Buchgraber & Schaumberger, 2006). Für viehhaltende Betriebe, aber vor allem für Bio-Betriebe, die sich zur Weidehaltung verpflichtet haben (Europäische Kommission, 2018; Schmid & Lottermoser, 2019), wird im Osten oder in zunehmend heißeren Gebieten, die Option Feldfutter anzubauen und dieses zu beweiden wohl immer wichtiger werden.

Um abschätzen zu können wie heimische Bestände in Zukunft auf eine Trockenheit reagieren und welche Arten für welches Gebiet empfohlen werden können sind neue Erkenntnisse und Studien von Nöten. Daher wurde im Jahr 2014 an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein das Langzeitprojekt „ClimGrass“ ins Leben gerufen. Dabei handelt es sich um ein multifaktorielles Freilandexperiment, wobei Temperatur, CO₂-Konzentration und Trockenperioden in verschiedenen Abstufungen und Kombinationen getestet werden können. Simuliert wurde dabei unter anderem auch ein Klimaszenario, dass am Ende des 21. Jahrhunderts am wahrscheinlichsten sein könnte (+3 °C und +300 ppm CO₂). Verglichen wurde dies mit einer unbehandelten Variante (keine Beheizung und CO₂ Begasung), die den derzeitigen Klimastand abbilden soll (Pötsch et al., 2019). Unter den zukünftigen Bedingungen wurde festgestellt, dass es beim 1. Grünlandaufwuchs zu einer schnelleren Entwicklung der Bestände kommen dürfte. Somit erscheint die Verwendung von spätreifen und trockenheitstoleranteren Sorten empfehlenswert. Bei den erwähnten Szenarien wurde 2017 zusätzlich auch ein weiterführendes Dürreexperiment durchgeführt. Dies führte zu einer Reduktion des Ertrages, des von der simulierten Dürre betroffenen 2. Aufwuchses um 55 %. Die Kontrollparzellen erbrachten unter den zukünftigen Klimabedingungen, jedoch ohne simulierter Dürre, 33 % weniger Ertrag. Allerdings kam es durch die Mindererträge auch zu einem geringeren Nährstoffentzug. Die ungenutzten Nährstoffe, sowie eine Düngung führten in der „Dürrevariante“ in Folge beim 3. Aufwuchs zu einem deutlichen Mehrertrag und somit zu einer Ertragskompensation (Pötsch et al., 2019). Der Bestand konnte sich laut Pötsch et al. (2019) auch unerwartet schnell regenerieren. Eine gewisse Resilienz gegenüber Trockenphasen weist z. B. *Lolium perenne* (Englisches Raygras) auf (Hofer et al., 2016). Dies wurde auch in Untersuchungen von Herndl et al. (2010) bestätigt. *Lolium perenne* kann seine Wurzelmasse bei Trockenheit in tiefere Schichten verlagern. Daher gilt dieses Gras als interessant für Standorte, die tiefgründig, aber von saisonaler Trockenheit betroffen sind (Herndl et al., 2010). Auch, wenn eine gewisse Resilienz gegeben ist, konnte im „ClimGrass“-Projekt gezeigt werden, dass im Grünland eine längere regenfreie Phase in überdurchschnittlich trockenen und heißen Jahren zu irreversiblen Schäden führen kann (Pötsch et al., 2019). Zusätzlich sei erwähnt, dass die Versuche in Grünlandgunstlagen mit über 1000 mm Jahresniederschlag durchgeführt wurden.

Pflanzen haben gegenüber Dürren oder Hitzestress verschiedene Anpassungsstrategien entwickelt. Reaktionen, z. B. auf Wasserstress, können laut Arve et al. (2011) in kurz- und langfristige Mechanismen eingeteilt werden. Als eine kurzfristige Anpassung ist die Schließung der Stomata zu nennen. Zu den langfristig angesehenen Anpassungsstrategien zählen biochemische Veränderungen, aber auch Veränderungen im Wachstum, wie z. B. längeres Wurzelwachstum oder ein

reduziertes Wachstum von Blatt und Stängel (Arve et al., 2011). Wassersparend sind auch jene Pflanzen, wie *Dactylis glomerata* und *Festuca arundinacea*, die eine dickere Außenhaut besitzen (DLG, 2020).

Ein weiteres wichtiges Merkmal zur Bewertung der Trockenheitstoleranz ist auch das Wurzel/Spross-Verhältnis. Obergräser bilden eine größere Biomasse und dadurch haben sie vergleichsweise eine höhere Wurzelmasse wie Untergräser (Herndl et al., 2011). Das Obergras *Arrhenatherum elatius* (Glatthafer) weist z. B. einen tiefen Wurzelgang auf (Kauter, 1933). Zusätzlich schiebt dieses Gras seine Wurzelmasse bei Trockenstress in tiefere Schichten. Dies lässt vermuten, dass *Arrhenatherum elatius* im Vergleich zu *Lolium perenne* mehr Wasser aufnehmen kann (Herndl et al., 2011). *Phleum pratense* (Wiesen-Lieschgras) zeigt ebenfalls, trotz der schwachen Wurzelbildung, einen beachtlichen Wurzeltiefgang (Kauter, 1933). *Festuca arundinacea* (Rohrschwengel) kann im Gegensatz zu vielen anderen Arten auch den Unterboden durchwurzeln (Braun et al., 2009). Rohrschwengel weist auch eine höhere Wassernutzungseffizienz auf und ist somit ertragreicher als *Lolium perenne* (Pardeller et al., 2014). Auch *Dactylis glomerata* (Knautgras) erbringt höhere Erträge als *Lolium perenne*, speziell in trockenen Sommermonaten (Brown et al., 2006). Knautgras besitzt zusätzlich eine gute Unkrautunterdrückung (Graiss et al., 2008). Allerdings sollte der Anteil in einer Mischung nicht zu hoch sein, ansonsten können auch gewünschte weitere Komponenten im Bestand verdrängt werden (Fraser, 1994).

Auch die Leguminosen *Lotus corniculatus* (Hornklee), *Trifolium pratense* (Rotklee) und *Trifolium repens* (Weißklee) zeigten, dass sie ihre Gesamtwurzelmasse bei Trockenheit deutlich in tiefere Schichten verlagern können (Herndl et al., 2011). Wobei zu erwähnen ist, dass sich die Wurzellänge, als auch die Wurzeloberfläche von *Trifolium repens* ausschließlich in den oberen 10 cm befand. *Lotus corniculatus* wurzelte allerdings bis 30 cm und reagierte trockenstresstoleranter (Herndl et al., 2010).

In der Untersuchung von Braun et al. (2009) war der höhere Feinwurzelanteil von gräserreichen, im Vergleich zu gräserarmen, Beständen erkennbar. Gräserarme Mischungen wiesen deutlich geringere Wurzellängen auf. Eine Ausnahme stellt hier z.B. die Luzerne dar. Denn im Unterboden wurden nur mehr wenige Wurzeln von Gräsern, dafür aber von *Medicago sativa* (Luzerne) gefunden. Die Wurzeln von *Onobrychis sativa* (Esparsette), aber auch die von anderen Kräutern, konnten bis zum Grundwasserhorizont verfolgt werden (Braun et al., 2009). Der Wurzelradius ist bei leguminosenreichen Mischungen, auf Grund der Pfahlwurzeln, erhöht. Bei Gräsermischungen verhält es sich umgekehrt. Obwohl das Wurzelwachstum unterschiedlich ausfiel, war die Gesamtwurzelmasse zwischen den Mischungen sehr ähnlich (Braun et al., 2009). Die höchste Wurzelmasse erreichte die Mischung mit Luzerne, Gelbklee, Weißklee, Hornklee, Esparsette, Rohrschwengel, Wehrlose Trespe, Wiesenrispe, Spitzwegerich, Kleine Bibernelle, Wilde Möhre, Schafgarbe, Wiesenkümmel und Wiesenknopf (Braun et al., 2009).

Um zu testen welche Arten besonders gut dazu geeignet sind, Wasser aus tieferen Bodenschichten aufnehmen zu können, wurden Versuche an der Lincoln University in Neuseeland durchgeführt. *Cichorium intybus* (Weidezichorie), *Medicago sativa* (Luzerne) sowie *Trifolium pratense* (Rotklee) wurden dazu verglichen. Bei einem optimalen Bodenwassergehalt durch Bewässerung waren die Erträge der Luzerne bei sechs Nutzungen mit 28.000 kg TM/ha und bei sieben Nutzungen im Folgejahr mit 22.000 kg TM/ha signifikant höher als die der zwei anderen Arten (Brown et al., 2000).

Ohne Bewässerung wurden unter trockenen Bedingungen (660 mm) am selben Standort die gleichen Arten erneut getestet. Als Reinkultur war die Luzerne mit 20.000 kg TM/ha die ertragreichste Art und übertraf die Weidezichorie sowie Rotklee um 4.000-6.000 kg TM/ha (Brown et al., 2003). Die Ergebnisse verdeutlichen die Bedeutung der Luzerne als Futterleguminose, insbesondere bei begrenzter Wasserversorgung. Rotklee konnte mit diesem Ertragsniveau nicht mithalten und reagiert generell empfindlicher gegen Trockenheit als Luzerne. Im Marchfeld konnte ebenfalls gezeigt werden, dass Rotklee der Luzerne im Ertrag unterlegen ist (Pietsch et al., 2004). Dennoch ist Rotklee tiefwurzelnder als der Weißklee und war daher in einem Schweizer Versuch weniger trockenheitsanfälliger (Huguenin-Elie et al., 2014). In dieser Untersuchung reagierten die Leguminosen weniger anfällig auf eine simulierte Dürre (Huguenin-Elie et al., 2014) als Gräser. Auch die Leguminose *Onobrychis viciifolia* (Esparssette) ist für Trockenstandorte, wie die Luzerne, gut für den Anbau geeignet (Peel et al., 2004). Unter den nicht N₂-fixierenden Pflanzen wurden in der Studie von Huguenin-Elie et al. (2014) *Lolium perenne* (Englisches Raygras) und *Cichorium intybus* (Weidezichorie) getestet. Auch in dieser Arbeit zeigte sich der Vorteil der Pfahlwurzel, denn die Ertragseinbußen waren bei der Weidezichorie bei Trockenheit geringer als bei *Lolium perenne*. *Cichorium intybus* weist auch ein hohes Wurzel/Spross-Verhältnis auf und reagiert somit wenig stressanfällig auf eine Trockenheit (Herndl et al., 2010). Laut Brown et al. (2005) ist bei dieser Pflanze auch die Wassernutzungseffizienz ähnlich hoch wie bei *Medicago sativa* (Brown et al., 2005).

Der Vorteil von tiefwurzelnden Pflanzen ist vor allem bei feinen und tiefgründigen Böden mit hoher nutzbarer Feldkapazität erkennbar. Daher sollten Futterpflanzen wie die Luzerne nicht auf seichten Böden angebaut werden, um den möglichen Ertragsvorteil auch nutzen zu können (Brown et al., 2003). Sind gute Bodenverhältnisse vorhanden, kann die Leguminose beachtliche Wurzeltiefen in kurzer Zeit erreichen. In einer Studie in den USA erreichte Luzerne im Trockengebiet schon im zweiten Jahr eine beachtliche Wurzeltiefe von 2,7 m (Jean & Weaver, 1924).

In Zukunft wird es auf Grund der Klimaveränderungen sinnvoll sein, die Wassernutzungseffizienz von Kulturpflanzen stärker in den Vordergrund zu rücken. Durch den Anbau von Leguminosen, wie der Luzerne, kann diese Effizienz im Feldfutterbau bzw. in der Weidehaltung maximiert werden (Moot et al., 2008). Die bessere Wassernutzungseffizienz, im Vergleich zu gräserbetonten Weiden, ist auf den Zugang zu gespeichertem Regenwasser in tieferen Bodenschichten zurückzuführen (Moot et al., 2008). Allerdings weisen Brown et al. (2006) darauf hin, dass in Jahren, in denen die Bodenwasserreserven nicht wieder aufgefüllt werden, die Luzerne ihre Vorteile nicht ausschöpfen kann. Dennoch waren Luzernebestände produktiver als Raygras/Weißklee-Weiden (Brown et al., 2006).

Viele von den in der Literatur beschriebenen Arten, welche gut an Dürre angepasst sind, findet man auch in Österreich vor. Allerdings gibt es noch nicht allzu viele Versuche zu deren Einsatz in der Futterproduktion. Aus diesem Grund wurden am Standort Admont und Piber heimische Arten mit trockenheitstoleranteren Pflanzenarten verglichen, um deren Konkurrenzfähigkeit und Ertrag zu testen. *Festuca arundinace* und *Festulolium loliaceum* zeigten unter den trockeneren Bedingungen die beste Produktivität und Ausdauer. Bei *Festulolium loliaceum* wurde zusätzlich auch eine gute Unkrautunterdrückung ermittelt. Auch *Bromus erectus* und *Bromus inermis* zeigten im Vergleich ein hohes Ertragspotenzial. Die Leistungen von *Festuca rupicola* und *Poa angustifolia* waren nicht zufriedenstellend und sind demnach nicht gut

geeignet, um die bereits etablierten Arten wie *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis* und *Festuca rubra* zu ersetzen. *Poa pratensis* wurde in dieser Studie ebenfalls als ertragsschwache Art eingestuft (Graiss et al., 2008).

Die Studien zeigen, dass einzelne Arten besser für Trockenzeiten angepasst sind als andere. Doch vor allem bei Klimaveränderungen oder Witterungsschwankungen sind Mischungen von Vorteil, da jede Pflanzenart eine eigene Arteneigenschaften in den Futterbestand mit einbringt (van Ruijven & Berendse, 2010). Eine Vielfalt von Arten und Sorten kann zu einem Diversitätseffekt führen (Brophy et al., 2017). Wenn eine Art auf Grund besonderer Bedingungen ausfällt, kann sie durch eine andere ersetzt werden, wodurch eine Ertragsminderung abgepuffert werden kann. Man spricht dabei von der sogenannten „Versicherungs-Hypothese“ (Grant, 2015; Yachi & Loreau, 1999). Allerdings wird nicht nur die Anzahl der Arten für eine Ertragssteigerung verantwortlich gemacht. Mittlerweile geht man davon aus, dass die gezielte Zusammenstellung einer Mischung mit Arten, die unterschiedliche gewünschte Merkmale aufweisen, wahrscheinlich entscheidender ist, als die Anzahl unterschiedlicher Arten (Mahaut et al., 2019). Vor allem Bestände mit mehreren funktionellen Gruppen kommen besser mit Trockenheit zurecht und liefern höhere Erträge (Komainda et al., 2020). Durch verschiedene Arten, die sich ergänzen, können Erträge auch stabilisiert werden, indem beispielsweise Nährstoffe und Wasser aus unterschiedlichen Bodentiefen aufgenommen werden (Husse et al., 2017). Somit ist eine Mischung aus Gräsern, Leguminosen und Kräutern durchaus zielführend. Dabei spielen in vielen Studien hauptsächlich die folgenden Arten eine häufige Rolle:

- Zichorie
 - (Cong et al., 2016; Cranston et al., 2015a; Finn et al., 2018; Goh & Bruce, 2005; Grace et al., 2018; Heshmati et al., 2020; Hofer et al., 2016; Ruz-Jerez et al., 1991; Sanderson, 2010; Skinner, 2008),
- Spitzwegerich
 - (Braun et al., 2009; Cong et al., 2016; Cranston et al., 2015a; Goh & Bruce, 2005; Grace et al., 2018; Komainda et al., 2020; Mahaut et al., 2019; Ruz-Jerez et al., 1991; Sanderson, 2010),
- Rotklee
 - (Cong et al., 2016; Cranston et al., 2015a; Finn et al., 2018; Goh & Bruce, 2005; Hofer et al., 2016; Komainda et al., 2020; Mahaut et al., 2019; Ruz-Jerez et al., 1991),
- Weißklee
 - (Braun et al., 2009; Cong et al., 2016; Cranston et al., 2015a; Finn et al., 2018; Goh & Bruce, 2005; Grace et al., 2018; Heshmati et al., 2020; Hofer et al., 2016; Sanderson, 2010; Skinner, 2008),
- Luzerne
 - (Braun et al., 2009; Goh & Bruce, 2005; Ruz-Jerez et al., 1991; Sanderson, 2010),
- Esparsette
 - (Braun et al., 2009; Ruz-Jerez et al., 1991),
- Hornklee
 - (Braun et al., 2009; Grace et al., 2018; Mahaut et al., 2019; Ruz-Jerez et al., 1991),

- Raygras
 - (Braun et al., 2009; Finn et al., 2018; Grace et al., 2018; Heshmati et al., 2020; Hofer et al., 2016; Komainda et al., 2020; Mahaut et al., 2019; Ruz-Jerez et al., 1991; Sanderson, 2010; Skinner, 2008),
- Knaulgras
 - (Goh & Bruce, 2005; Grace et al., 2018; Komainda et al., 2020; Ruz-Jerez et al., 1991; Sanderson, 2010; Skinner, 2008),
- Rohrschwengel
 - (Braun et al., 2009; Goh & Bruce, 2005; Ruz-Jerez et al., 1991; Sanderson, 2010),
- Timothe
 - (Braun et al., 2009; Goh & Bruce, 2005; Grace et al., 2018; Ruz-Jerez et al., 1991)

Besonders der Einsatz von Kräutern, wie *Cichorium intybus* (Weidezichorie) und *Plantago lanceolata* (Spitzwegerich), stabilisiert und erhöht Erträge (Heshmati et al., 2020; Skinner, 2008). Bei der Kombination von Flach- und Tiefwurzlern, jeweils von N₂-fixierenden und nicht N₂-fixierenden Arten, konnten höhere Erträge erzielt werden. Dabei wurden Weißklee und Rotklee sowie Raygras und Zichorie untersucht. Die Mischung aus allen vier Arten schnitt, im Vergleich zu den Monokulturen, nicht nur in der Schweiz, sondern auch an einem Versuchsstandort in Irland besser ab (Finn et al., 2018; Hofer et al., 2016). Auch in Pennsylvania, USA, zeigten die Mischungen mit Zichorie (20-50 % Anteil) in einem trockenen Jahr höhere Erträge als die Knaulgras/Weißklee-Kontrollvariante (Sanderson, 2010). In einem Versuch mit sechs verschiedenen Arten stellten Mahaut et al. (2019) unterschiedliche Mischungen zusammen. *Plantago lanceolata* zeigte den größten positiven Einfluss auf den Ertrag. Dieses Kraut wies Vorteile vor allem in Mischungen auf, während es als Monokultur die geringsten Erträge erbrachte (Mahaut et al., 2019). Auch in Raygras/Rotklee-Flächen führte der Zusatz von Spitzwegerich zum höchsten TM-Ertrag (Cong et al., 2016).

Eine Studie von Braun et al. (2009) zeigte, dass sich Spitzwegerich in Kleegrasmischungen gut etablieren lässt. Morris (2013) gibt an, dass in Zukunft die Weidemast in Neuseeland wohl häufig auf kurzfristig angelegten Weiden stattfinden wird. Hier spielen neben Kreuzblütlern, eben auch Raygräser, Zichorie, Spitzwegerich, Rotklee und Luzerne eine Rolle (Morris, 2013).

Wie zahlreiche Studien aus den letzten Jahrzehnten zeigen, überbieten solche artenreiche Mischungen auch die Erträge von klassischen Raygras/Weißklee-Beständen (Cranston et al., 2015a; Goh & Bruce, 2005; Huguenin-Elie et al., 2014; Ruz-Jerez et al., 1991). Nicht nur in der Leistung sind sie überlegen, sondern auch in der N-Effizienz. In der Arbeit von Ruz-Jerez et al. (1991) konnte ein artenreicher Bestand, bestehend aus den bereits erwähnten funktionellen Gruppen, bei nahezu gleichem Düngerniveau (156 vs. 150 kg N/ha) einen um 30 % erhöhten Ertrag als eine Raygras-Weißkleeweide liefern. In den letzten zwei Jahren, dieser vierjährigen Studie, erreichte die Mischung bei geringerem Düngerniveau von 144 kg N/ha fast gleich hohe Erträge wie ein intensiv gedüngter (400 kg N/ha) Raygras-/Weißkleebestand (16.600 vs. 16.800 kg TM/ha). Der artenreiche Bestand konnte somit pro eingesetztem kg N, 115 kg TM erzeugen und wies somit eine um 280 % höhere N-Effizienz auf als der Raygras-/Weißkleebestand (41 kg TM/kg N).

In der Arbeit von Jing et al. (2017) konnte eine Mischung mit 12 Arten aus drei funktionellen Gruppen, im Vergleich zu einer Mischung mit 10 Arten und einer Raygras-/Weißkleemischung, die höchsten Erträge erzielen. Wurden die Bestände gedüngt, konnte auch die Mischung von 10 Arten eine höhere Biomasseproduktion aufweisen. Die AutorInnen erklären sich dies durch den Vorteil artenreicher Mischungen, die durch komplementäre Eigenschaften besser auf Nährstoffe zugreifen können. Auch in aktuelleren Versuchen aus der Schweiz und Großbritannien konnten Klee-grasweiden mit 150 kg N/ha gleich viel Ertrag erwirtschaften als Raygras-Monokulturen mit einer Düngermenge von 300-350 kg N/ha. Auf den regenreichen Versuchsstandorten (ca. 1.100 mm/Jahr) konnte das Ertragsniveau von *Lolium perenne* durch den Zusatz von *Festuca arundinaceae* und *Cichorium intybus* nicht erhöht werden. Allerdings reagierte *Cichorium intybus*, bei einer simulierten Dürre, weniger anfällig auf eine Trockenheit. Die Autoren schließen daraus, dass Mischungen mit dieser Art einen Ertragsausfall bei Dürre in Zukunft besser abpuffern könnten (Huguenin-Elie et al., 2014).

2.2.3.1 Feldfutter als Weide in Trockengebieten

Die Kurzrasenweide stellt eine der intensivsten Nutzungsformen des Grünlandes dar (Steinwider & Starz, 2015). Dabei wird vor allem auf Arten, wie Raygras, Wiesenrispengras und Weißklee gesetzt, die gut an einen ständigen Verbiss angepasst sind (Starz, 2020; Schleip et al., 2013). Dies ermöglicht in unseren Breiten die intensive Nutzung der Grünlandflächen (Steinwider & Starz, 2015). Eine intensive Beweidung wirkt sich jedoch, je nach Gebiet und Pflanzenbestand, unterschiedlich auf den Ertrag, die Futterqualität und die Pflanzenbestandszusammensetzung aus. Vor allem trockenheitstolerantere Arten, wie Obergräser und Luzerne, vertragen eine intensive bzw. dauerhafte Beweidung nicht gut (Basigalup & Ustarroz, 2007; Brock et al., 1996; Leisen, 2017a; Pavlů et al., 2003; Thomet et al., 2000). In Trockengebieten kann eine ständige Nutzung (keine Ruhezeiten) zusätzlich zur Wüstenausbreitung und zu Erosion führen (Evans, 1998). Daher ist es vor allem in niederschlagsarmen Regionen von großer Bedeutung zu wissen, welche Pflanzen welche Nutzungsintensität verkraften können. Dies soll im folgenden Kapitel genauer erläutert werden.

2.2.3.2 Physiologie von Weidepflanzen und deren Wachstum bei Trockenheit

In den gemäßigten Zonen ist die Koexistenz von *Lolium perenne* und *Trifolium repens* sehr bedeutend (Schwinning & Parsons, 1996). Im Alpenraum ist *Poa pratensis* zusätzlich ein wichtiges Futtergras (Steinwider & Starz, 2015). Diese Pflanzen stellen in Österreich auf intensiv genutzten Dauerweiden die drei Hauptarten dar, welche nach Steinwider & Häusler (2015) etwa 80 % des Bestandes ausmachen sollten. Diese Empfehlung ist darauf zurückzuführen, dass alle drei Arten die Basis für ertragreiche Weidebestände bilden und an eine regelmäßige Entblätterung bei der Weidenutzung angepasst sind (Schleip et al., 2013; Starz, 2020; Steinwider & Starz, 2015). Zusätzlich sorgen die angeführten Gräser mit ihren Ausläufertrieben und der Weißklee

mit seinen Kriechtrieben für einen trittfesten Weidebestand (Steinwider & Starz, 2015). Denn auf Grund ihrer Wuchsform können diese zwei Gräser nach jeder Nutzung Nebentriebe bilden und sorgen so für eine dichte Grasnarbe (Steinwider & Starz, 2015). Dies bedeutet, dass bei intensiver Beweidung die Triebanzahl der erwähnten Arten zunimmt und mehr Blatttriebe, aber weniger Ährentriebe vorhanden sind (Johnson & Parsons, 1985). Eine intensive Beweidung führt damit auch zu einer höheren Verdaulichkeit des Futters (günstigeres Blatt/Stängel-Verhältnis). Aber auch bei diesen Arten kann eine zu intensive Nutzung zu einer Reduktion des Mengen- und Qualitätsertrages führen (Steinwider & Starz, 2015). Daher ist es von Bedeutung den optimalen Nutzungszeitpunkt der vorhandenen Pflanzen zu kennen.

In diesem Zusammenhang ist die sogenannte Rückzahlzeit („payback time“) einer Pflanze von großer Bedeutung. Zur Bildung eines neuen Blattes werden vor allem Zuckerreserven der Pflanze benötigt, wofür die Pflanze Reservestoffe verbraucht. Sobald die grüne Blattspitze des neu gebildeten Blattes erscheint, beginnt das Blatt mit der Photosynthese und produziert Glukose. Diese wird einerseits sofort für die weitere Ausbildung des Blattes verwendet und andererseits in die Reservelager der Pflanze eingebaut. Die Zeitspanne, die verstreicht, bis der verbrauchte Kohlenstoff wieder neu aufgebaut und daher „rückgezahlt“ wird, nennt man Rückzahlzeit. Der ideale Nutzungszeitpunkt einer Pflanze liegt demnach jedenfalls nach dem Überschreiten dieser Zeitspanne. Werden die Pflanzen immer vor dem Ende dieser Rückzahlzeit genutzt, führt dies zu einer Überweidung und langfristig zum Absterben der gesamten Pflanze. Aus dieser Tatsache lässt sich schlussfolgern, dass insbesondere Pflanzen mit einer kurzen Rückzahlzeit sich gut an das System Weide anpassen können (Steinwider & Starz, 2015). Bei Gräsern, die auf intensiven Weiden anzutreffen sind, ist die Rückzahlzeit meist bereits im 3-Blattstadium erreicht (Starz, 2020; Turner et al., 2006). Diese kurze Rückzahlzeit ist möglich, da Wiesenrispengras, Englisches Raygras und Weißklee bei intensiver Nutzung die Blattlebensdauer verkürzen bzw. das Blatterscheinungsintervall erhöhen können (Schleip et al., 2013). Arten, die allerdings nicht in der Lage sind, Blätter nach einer Nutzung wieder schnell aufzubauen, werden in intensiven Weiden nicht lange überdauern (Schnyder, 2006).

Die Blattlebensdauer ist allerdings von der Pflanzenart abhängig. Die Bandbreite dabei ist groß und liegt bei den meisten Grünlandpflanzen zwischen 19 und 113 Tagen (Ryser & Urbas, 2000). Unter den mehrjährigen Gräsern besitzt *Lolium perenne* mit 33 Tagen eine der kürzesten Blattlebensdauer und kann sich daher in intensiv genutzten Standweiden behaupten. Die trockenheitstoleranteren Arten *Festuca arundinacea* und *Festuca pratensis* zeigen mit 64 und 42 Tagen eine deutlich längere Blattlebensdauer (Ryser & Urbas, 2000). Während die typischen Weidepflanzen eine kurze Blattlebensdauer und Rückzahlzeit aufweisen, hat z. B. das Horst- und Obergras *Dactylis glomerata* eine längere Blattlebensdauer von etwa 38 Tagen (Ryser & Urbas, 2000). Daher werden von Shewmaker & Bohle (2010) für diese Art eine Beweidungspause von 28-35 Tagen angegeben. Dies könnte auch eine Erklärung für den Rückgang von *Dactylis glomerata* auf intensiv genutzten Flächen sein (Starz, 2020). Denn nicht nur in Österreich, sondern ebenso in Bayern verschwand *Dactylis glomerata* in einem Versuch bei Kurzrasenweidenutzung (Steinberger et al., 2009). Auch in weiteren Studien wurde ein Rückgang von dieser Art beobachtet (Brock et al., 1996; Pavlů et al., 2003; Thomet et al., 2000) und generell festgestellt, dass bei intensiver Beweidung Horstgräser zurückgedrängt werden (Steinwider & Häusler, 2015; Starz, 2020). Eine zusätzliche Erklärung dafür könnte auch sein, dass die Triebe der Horste nicht so flach am Boden liegen. Somit wird bei einer intensiven Beweidung häufiger die Blattscheide, das Speicherorgan des Grases, gefressen (Schnyder, 2006;

Starz, 2020). In den letzten Jahrzehnten wurden allerdings Sorten gezüchtet, z. B. von *Phleum pratense*, welche besser an eine Beweidung angepasst sind (Kunelius et al., 2003). Diese Sorten besitzen die Fähigkeit, mehr Bestockungstriebe zu bilden, wobei insbesondere spätreife Sorten höhere Triebdichten aufweisen (Belanger, 1996). Dadurch können sie sich besser in beweideten Beständen halten. Dennoch weist *Lolium perenne* im Vergleich dazu deutlich höhere Triebzahlen auf.

Eine intensive Nutzung hat aber nicht nur einen Einfluss auf den oberirdischen Pflanzenbestand, sondern auch auf die Wurzelbildung. Stirbt ein Blatt nach der Nutzung ab, bilden sich aus der Basis ein neues Blatt, der Nebentrieb und eine Wurzel. Somit hängen die Blattneubildung, Blattlebensdauer und die Wurzelbildung eng zusammen. Werden Bestände häufiger genutzt, kommt es zu einer Erhöhung der neuen Blattbildung, an Grasseitentrieben und infolgedessen auch zu einer höheren Wurzelanzahl im Oberboden (Steinwiddler & Starz, 2015). Eine intensive Nutzung führt jedoch durch den ständigen Verlust der Blattmasse dazu, dass Pflanzen ihre Gesamtwurzelmasse reduzieren (Mawdsley & Bardgett, 1997) und nicht mehr in den Wurzeltiefgang investieren (Evans, 1971). Stattdessen bilden sie, wie erwähnt, ein dichteres Wurzelwerk im Oberboden aus (Starz, 2020). Grundsätzlich bilden Pflanzen nur jene Wurzelmassen aus, welche sie auch direkt benötigen (Steinwiddler & Starz, 2015). Dies wurde bereits von Klapp (1971) erforscht. Eine Intensivierung der Nutzung führte daher zunehmend zu einer Reduktion der Wurzelmasse. Bei einer wöchentlichen Beweidung wurde weniger als die Hälfte der Wurzelmasse festgestellt, wie bei einer viermaligen Mahd.

In einer Studie von Starz et al. (2016) konnte zwischen einer Kurzrasenweide und einer intensiven Koppelweide kein Unterschied in der Wurzelmasse festgestellt werden. Allerdings befanden sich im Koppelsystem in der 5-10 cm tiefen Bodenschicht mehr Wurzeln. Es sei aber darauf hingewiesen, dass sich die Wurzeln bei beiden Weidesystemen hauptsächlich in den oberen 5 cm des Bodens befanden. Für eine gute Durchwurzelung tieferer Bodenschichten dürfte daher der Einsatz von tiefwurzeln Arten notwendig sein. Dennoch konnte die Koppelweide signifikant höhere Erträge als die Kurzrasenweide erzielen. Obwohl die Wurzelmasse sehr ähnlich war, zeigte sich bei intensiverer Kurzrasenweidenutzung ein negativer Einfluss auf den Ertrag (Starz et al., 2013).

Wie bereits ausgeführt, haben manche Arten, wie z. B. das Raygras, bei intensiver Nutzung auf Grund ihrer Physiologie einen klaren Vorteil im Vergleich zu anderen Gräserarten. Nichtsdestotrotz haben diese aber auch Nachteile, da sie zum Beispiel trockenheitsanfälliger sind und ihr Anteil im Bestand bei Dürre deutlich zurückgeht (Deléglise et al., 2015). Bei intensiver Beweidung und ständigem Verbiss muss mit einem Rückgang der Wurzelmasse und des Wurzeltiefganges gerechnet werden. Aus diesem Grund sind intensive Weidesysteme, wie die Kurzrasenweide, nicht für trockene Standorte zu empfehlen (Steinwiddler & Starz, 2015). Diese Zusammenhänge konnten auch in einer Schweizer Studie gezeigt werden. Eine simulierte Sommerdürre, mit 74 % weniger Niederschlag, führte bei einer Umtriebsweide (fünf Nutzungen) zu einem Ertragsrückgang von 73 % und bei einer 3-Schnittwiese von nur 47 % (Deléglise et al., 2015). Die geringere Dürretoleranz der Weide dürfte auf die intensivere Nutzung zurückzuführen sein. Vor allem die Kombination von wiederholter Nutzung und Wasserstress könnte eine Ursache für das geringere Wachstum sein (Deléglise et al., 2015). Die Mähvariante war bei Beginn der Dürre schon höher aufgewachsen und musste somit während des Wasserstress keinen Wiederaufwuchs bewerkstelligen. Eine Reduzierung der Nutzungsanzahl kann daher auch zur Erhöhung der

Dürretoleranz beitragen (Deléglise et al., 2015). Eine größere Dürre-resistenz konnte auch bei zweischnittigen, im Vergleich zu vierschnittigen Wiesen, festgestellt werden. Diese Ergebnisse bestätigen Vogel et al. (2012), nachdem die Reaktion von Grünland auf Trockenperioden wesentlich von der Nutzungsintensität abhängt.

Dies kann auch mit der Physiologie der Pflanze erklärt werden. Nach dem Verlust der Blätter, durch eine Nutzung, wird das neue wachsende Blatt mit Reservestoffen aus der Wachstumszone versorgt (Schnyder, 2006). Während einer Trockenzeit weist eine Pflanze allerdings weniger Ausläufer und eine geringere Blattanzahl auf. Somit wird die photosynthetisch aktive Fläche reduziert und weniger Reservestoffe gebildet (Busso & Richards, 1995). Dies hat wiederum einen negativen Einfluss auf den Wiederaufwuchs. Diese Zusammenhänge konnten auch in einem Dürreexperiment festgestellt werden. Im Versuch war das Wachstum auf Grund der geringeren Blatterscheinungsrate während der Trockenheit reduziert. In der trockensten Versuchsreihe wurde die Blattneubildung auch am raschesten eingestellt (Busso & Richards, 1995).

Der Wiederaufwuchs ist bei Dürre auch geringer, da zusätzlich auch die Blattvergrößerung reduziert wird und es zu einer verringerten erneuten Blattbildung kommt (Bradford & Hsiao, 1982). Erklärt kann dies damit werden, dass die Epidermiszellen, während einer Dürre, von der Zellteilungszone zur Wachstumszone langsamer gelangen (Durand et al., 1995) und die Blattstreckung ebenfalls reduziert wird (Durand et al., 1995; Thomas et al., 1999). Bei einem Dürreexperiment mit Rohrschwengel reagierte die Wachstumszone sehr sensibel und stellte den Zellfluss, zum Zeitpunkt, als die Blattstreckung ebenfalls stoppte, komplett ein (Durand et al., 1995). Bei Thomas et al. (1999) wurden in einem Versuch die Blattstreckung bei Wassermangel um 41 % reduziert. Nonami & Boyer (1990) haben in ihrem Versuch eine Dürre erzwungen und konnten so die Blattstreckung sogar auf null setzen (Nonami & Boyer, 1990). Dies verdeutlicht die Anfälligkeit der Blattstreckung bei Gräsern auf Wasserstress (Michelena & Boyer, 1982).

Die Produktivität der Weide beruht wesentlich auf der Fähigkeit der Pflanze nach einer Entblätterung, schnell neue Blätter zu bilden und die dafür investierten Reservestoffe vor der nächsten Nutzung wieder aufgefüllt zu haben. Dies erreicht die Pflanze durch die Bildung von entsprechenden Blattflächen (Durand et al., 1995). Bei Trockenheit bilden Gräser, wie bereits angeführt, weniger Blätter und wachsen langsamer. Somit werden auch weniger Reservestoffe gebildet. Wird die intensive Nutzung weiterhin fortgesetzt, wird das Gras beweidet bevor genügend Reservestoffe für den Wiederaufwuchs eingelagert wurden. Die Rückzahlzeit wird unterschritten und die Pflanze überweidet. Daher wies Voisin schon in den Jahren 1959 und 1962 in seinen Büchern darauf hin, dass vor allem in trockenen Sommermonaten die Rastzeit erhöht, also die Weiderotation verlängert werden, sollte. (Voisin, 1959; Voisin & Lecomte, 1962).

Wie lange diese Rastzeit, also die Erholungsphase, dauern soll hängt von Pflanzenart, Intensität der Beweidung, der Menge an Speicherkohlenhydrate vor der Beweidung und den aktuellen Wachstumsbedingungen, also auch von der Wasser- bzw. Nährstoffversorgung, ab (Gerrish, 2004; Voisin & Lecomte, 1962). Daher sind in der Literatur auch verschiedenste Angaben für die optimale Dauer einer Weiderotation zu finden. Jedenfalls steht fest, dass das Management flexibel sein muss und die Weiderotationen an den Jahresverlauf angepasst werden müssen (Voisin, 1959).

Empfehlungen zum Management bei einzelnen Pflanzenarten werden daher im nächsten Kapitel zusammengefasst.

2.2.3.3 Weidemanagement für unterschiedliche Pflanzenarten

Für das Trockengebiet geeignete Futterpflanzen wurden anfangs im Kapitel 2.2.3 *Feldfuttermischungen für Weidehaltung und Trockengebiete* bereits angeführt. Die Managementanforderungen für beispielsweise Luzerne, aber auch für Rotklee und Zichorie, können allerdings teilweise als limitierender Faktor für deren tatsächliche Weidenutzung angesehen werden (Brown et al., 2003). Daher soll in diesem Kapitelabschnitt eine Literaturübersicht über ein optimales Management dieser Arten erstellt werden.

Die Luzerne ist weltweit eine der wichtigsten Futterleguminosen (NAAIC, 2017; Putnam & Orloff, 2014) und erzielt auch in Trockengebieten höhere Erträge als andere Arten. Sie wird daher nicht umsonst als „Königin der Futterpflanzen“ bezeichnet (Frühwirth, 2019; Stelly, 1972; Löffler, 2017). Auch in Österreich kommt ihr im Feldfutterbau eine größere Bedeutung zu (BMLRT, 2020).

Im trockenen Osten Österreichs wurden Luzerneerträge von 4.160 bis 12.300 kg TM/ha festgestellt (Pietsch et al., 2004; Pietsch et al., 2007). Aber auch in niederschlagsreicheren Regionen kann sie ihr Wachstumspotenzial, auch auf typischen Rotklee-Standorten, beweisen. Starz et al. (2015) stellten Erträge von 11.400 kg TM/ha in Oberösterreich fest, in Neuseeland ermittelten Brown et al. (2003) Erträge von bis zu 28.000 kg TM/ha und Jahr. In einem Versuch von Kleen et al. (2005) erzielte Luzerne, als einzige Art unter Schnittnutzung, deutlich höhere Erträge als Weißklee. Bei Beweidung war der Ertrag von Luzerne jedoch geringer als jener von Weißklee, während die Erträge von Rotklee und Hornklee vergleichbar mit dem von Weißklee waren (Kleen et al., 2005). Diese Ergebnisse zeigen, dass Luzerne auf intensivere Nutzungen sehr empfindlich reagiert. In Brandenburg wirkten sich eine häufige Nutzung und ein Tiefschnitt deutlich negativ auf den Bestand aus. Daher wird eine viermalige Nutzung bei einer Schnitthöhe von 8-10 cm empfohlen, um die Erneuerungstriebe und Erneuerungsknospen zu schonen (Giebelhausen, 2009). Dies deckt sich auch mit Empfehlungen aus Österreich (Frühwirth, 2021). Wird die Leguminose zu tief gemäht, oder werden die Knospen durch zu langes Beweiden verletzt, kann es zu einer Reduzierung des Wiederaustriebes kommen (Frühwirth, 2021; Lacefield & Burris, 1993). Dies erklärt womöglich auch, warum Luzerne unter einer Kurzrasenweide mittelfristig aus dem Bestand verschwindet (Leisen, 2017a). Auch die Autoren und Autorinnen einer dänischen Studie wiesen darauf hin, dass der Wiederaufwuchs auf einer Standweide zu stark gehindert wurde, da die Luzerne nach drei Jahren Beweidung komplett aus dem Bestand verschwand. Während die Beweidung unter diesen Bedingungen nicht funktionierte, konnte in dem Versuch unter Schnittnutzung die Mischung mit Luzerne die höchste Biomasseproduktion aufweisen. Dabei trug die Luzerne von allen Arten am meisten zum Ertrag bei (Jing et al., 2017). Neben dem zu tiefen Abgrasen kann auch der Tritt der Tiere die Triebe beschädigen. Aus diesen Gründen wird die Luzerne auch als nicht weidefähig bezeichnet (Frühwirth, 2021; Löffler, 2017).

Um die trockenheitstolerante Pflanze auf Weiden dennoch nutzen zu können, muss das Weidemanagement angepasst werden. Eine Standweide bzw. eine intensive

Kurzrasenweide wird nicht für Luzerne empfohlen, da sie auf häufigen Verbiss und die lange Verweildauer der Tiere auf derselben Fläche empfindlich reagiert (Basigalup & Ustarroz, 2007; Berendonk, 2013; Lacefield & Burris, 1993).

Daher gibt es die Empfehlung im Luzerne-Weidemanagement eine Schnittnutzung, mit ausreichender Ruhephase, nachzuahmen. Wenn alle 35 Tage ein Schnitt erfolgen sollte, dann wäre dies auch bei Weidehaltung durch 35-tägige Ruhezeiten umzusetzen (Lacefield & Burris, 1993). Um dies zu erreichen, muss ein Rotationsweidesystem umgesetzt werden. Ein Beispiel dafür ist das Weidemanagement in Argentinien, wo über 90 % der Luzerneflächen beweidet werden (Basigalup & Ustarroz, 2007). Die Dauer der Ruhephasen, der sogenannten Rastzeiten, wird für die Luzerne zwischen 21 und 42 Tagen angegeben (Basigalup & Ustarroz, 2007; Cangiano et al., 2007; Lacefield & Burris, 1993; Probst, 2008; Rayburn, 2014). Wie wichtig die Wahl der optimalen Rastzeit ist, zeigt folgende Studie. Eine Verlängerung der Rastzeit von 28 auf 42 Tage konnte in Versuchen von Teixeira et al. (2007) in Neuseeland den Ertrag auf 23.000 kg TM/ha und Jahr fast verdoppeln. Die geringeren Erträge bei kurzer Weiderotation wurden von den Autoren auf die geringere photosynthetisch aktive Blattfläche zurückgeführt (Teixeira et al., 2008). Zu bedenken ist allerdings, dass die Rastzeit an den jeweiligen Standort angepasst werden muss (Basigalup & Ustarroz, 2007). Daher sollte auch das Entwicklungsstadium betrachtet werden. Umgesetzt wird dies häufig entsprechend der Faustregel, dass die Luzerne dann zu beweiden ist, wenn sich etwa 10 % der Pflanzen in der Blüte befinden (Basigalup & Ustarroz, 2007; Peel et al., 2004). Diese Regel ist wohl auf Managementempfehlungen aus den USA zurückzuführen, wo viel Luzerne als Futter konserviert wird (Moot et al., 2021).

Wann das Stadium erreicht wird, hängt stark von der Jahreszeit ab. Dies ist damit zu erklären, dass die Luzerne eine Langtagpflanze ist. Bei steigenden Temperaturen steigt auch die Wachstumsrate der Luzerne. Allerdings sind die Zuwachsraten bei gleicher Temperatur im Frühling höher als im Herbst (Bennett, 2012; Brown et al., 2000). Auch wenn das Wachstum höher ist, die Blütenausbildung ist im Frühjahr auf Grund der noch kürzeren Photoperiode verlangsamt. Daher empfehlen Moot et al. (2003) beim Beweidungszeitpunkt im Frühjahr eher auf das Pflanzenwachstum zu achten, als auf das Blütenstadium. Das Stadium „Anfang Blüte“ wird vor allem im Sommer empfohlen, da hier wird ein guter Kompromiss zwischen ausreichendem Ertrag und guter Qualität erreicht. Sollte ein Luzernebestand von Dürre gestresst sein, sollten die Pflanzen beweidet werden, bevor die eintretende Blattseneszenz die Produktion einschränkt. Denn auch gestresste Pflanzen können noch Knospen bilden, die wiederum beim nächsten Regen schnell mit einem Wiederaufwuchs reagieren können. Dazu müssen die Tiere frühzeitig weitergetrieben werden, um die in dieser Phase gebildeten Knospen nicht zu verletzen (Moot et al., 2003). Im Herbst sollten sich die Rastzeiten verlängern. Denn je kürzer die Tage werden, desto länger ist die Zeitspanne von der letzten Nutzung bis zur Blüte (Major et al., 1991). Zu dieser Jahreszeit sollte ca. 50 % des Bestandes in Blüte kommen, damit genügend Reserven in die Wurzeln eingelagert werden können.

Jede Nutzung führt dazu, dass das Wachstum der Luzerne-Pfahlwurzel reduziert wird (Kim et al., 1991). Jedoch spielt der Zeitpunkt der Nutzung eine entscheidende Rolle. Vor allem das Wachstumsverhalten im Herbst ist von Bedeutung. Denn in der langsameren Herbst-Wachstumsphase investiert die Luzerne Speicherkohlenhydrate in die Wurzel für den Neuaustrieb im nächsten Jahr (Frühwirth, 2021; Lacefield & Burris, 1993). Eine zu intensive Beweidung im Herbst führt daher zu deutlich negativen Effekten auf die Erträge im Folgejahr (Dhont et al., 2003). Aus diesem Grund sind eine

längere Rastzeit und ein höherer Restaufwuchs vor dem Winter empfehlenswert (Frühwirth, 2021; Lacefield & Burris, 1993; Moot et al., 2003). Dies konnte auch in folgender Studie bestätigt werden. In der Arbeit von Moot et al. (2003) in Neuseeland, mit ca. 660 mm Jahresniederschlag, wurden Luzernebestände mit einer kurzen Rotation (28 Tage) und einer langen Rotation (42 Tage) durchgeführt. Die verlängerte Rastzeit führte im Frühjahr und im Sommer zu keinem Unterschied, da bei beiden Versuchen die Wurzelmasse reduziert wurde. Im Herbst führte die kurze Rotation zu einer Reduktion der Wurzelmasse, weil die Speicherreserven für das neue Wachstum nach der Beweidung gebraucht wurden und nicht im nächsten Jahr zu Verfügung standen. Die Verlängerung der Rastzeit im Herbst führte hingegen zu einer Zunahme der Wurzelmasse und zu doppelt so hohen Erträgen im darauffolgenden Frühjahr (Moot et al., 2003).

Berone et al. (2020) untersuchten ebenfalls den Einfluss unterschiedlicher Rastzeiten. Dazu wurden die Rastzeiten anhand von GDD (Growing Degree Days) eingeteilt. Für Gruppe 1 wurde im Frühjahr/Sommer eine Rotation von 500 DGG ausgewählt. Dazu wurde mit der Beweidung im Frühjahr begonnen, wenn etwa 10 % der Pflanzen in der Blüte waren, was den üblichen Empfehlungen in Argentinien entspricht. Danach betrug die Rotation im Frühjahr/Sommer 31 Tage. Die zweite Versuchsgruppe, für die eine Rotation von 350 DGG ausgewählt wurde, startete im Frühjahr 10-15 Tage früher als Gruppe 1. Die Rotationen betragen danach bis in den Herbst nur 15-25 Tage. Für beide Gruppen wurden Herbstrotationen von 500 GDD angestrebt und betragen über 30 Tage. Durch die Verkürzung der Weiderotation ergaben sich für Gruppe 2 mehr Nutzungen pro Jahr und ein erhöhter Ertrag. Während die Rotationszeiten keinen signifikanten Einfluss auf die Tageszunahmen der Ochsenaugen hatten, führte die Nutzung in einem kürzeren Rhythmus zu höheren Besatzstärken auf Grund des höheren Ertrages. Durch die Änderung des Managements konnte somit eine Erhöhung der Lebendgewichtszunahme/ha um ca. 30 % (entspricht bis zu 185 kg/ha) erreicht werden (Berone et al., 2020). Eine Intensivierung der Beweidung führt allerdings oftmals zu niedrigeren Erträgen. Bei einem früheren Nutzungstermin haben Pflanzen geringere photosynthetisch aktive Blattflächen zur Verfügung und erreichen nicht ihr optimales Wachstumspotenzial (Teixeira et al., 2007; Teixeira et al., 2008). Gelangt die Luzerne allerdings auf Grund von längeren Rastzeiten vom vegetativen zum generativen Wachstum über, werden die Speicherkohlenhydrate immer weniger für den Wiederaufwuchs und immer mehr für die Biomasse der Wurzeln und der Wachstumskrone, knapp über den Boden, verwendet. Dies konnte auch im Versuch von Berone et al. (2020) nachgewiesen werden. Es gilt daher zwischen höherem Ertrag und höherer Wurzelmasse, sowie Speicherreserven abzuwägen. Moot et al. (2003) empfehlen daher den Ansatz im Frühjahr intensiv zu weiden und die tierischen Leistungen zu erhöhen, aber dennoch längere Rastzeiten im Herbst einzuhalten, damit sich der Bestand erholt und für das nächste Frühjahr genügend Reserven eingelagert werden. Dass dies funktioniert zeigte der Versuch von Berone et al. (2020). Bei diesem Versuch konnte die optimale Balance zwischen intensiver Nutzung und genügend Ruhezeit gefunden werden, da die beiden Versuchsgruppen nach zwei Jahren trotz unterschiedlicher Frühjahrsbeweidung die gleiche Wurzelmasse aufwiesen. Das lässt den Schluss zu, dass eine intensivere Nutzung im Frühjahr durch eine längere Rastzeit im Herbst ausgeglichen werden kann und im Weidemanagement für Luzerne mehr auf die Pflanzenmorphologie als auf die Phänologie geachtet werden sollte. Um dies umzusetzen, sollten die täglichen Zuwachsraten berücksichtigt werden und nicht fixe Intervalle für die Weiderotation umgesetzt werden (Berone et al., 2020).

Der zweite wichtige Aspekt bei der Beweidung von Luzerne ist die Weidedauer. Diese gibt an wie lange die Tiere in einer Koppel weiden, bevor sie weitergetrieben werden. Dabei reichen die Angaben von maximal 3 bis 12 Tagen (Basigalup & Ustarroz, 2007; Berone et al., 2020; Cangiano et al., 2007; Lacefield & Burris, 1993; Moot et al., 2003). Je kürzer die Weidedauer ist, desto besser werden die Knospen, aber auch die Neutriebe geschont. Die Weidedauer sollte daher bei Luzerne nicht wesentlich über 3 Tage liegen (Davis & Parsons, 1961; Rayburn, 2014).

Wie bei der Luzerne reagiert auch der Rotklee auf die Ruhezeit und Weidedauer. Unter Kurzrasenweide gingen nicht nur die Luzerne-, sondern auch die Rotkleebestandsanteile zurück (Leisen, 2018). In einer Umtriebsweide, mit längeren Rastzeiten (7-42 Tage) und einer Weidedauer von 2-4 Tagen, konnte sich der Rotklee im Bestand allerdings halten (Leisen, 2018). Auch weitere Studien empfehlen eine Rotationsdauer von zumindest 21-42 Tage (Hyslop, 1999; Shewmaker & Bohle, 2010). Bei einer Rotationsdauer von nur einer Woche muss mit dem Verschwinden von Rotklee gerechnet werden (Leisen, 2018, 2019). Die Restaufwuchshöhe sollte, ähnlich wie bei der Luzerne, 10 cm betragen (Hyslop, 1999). Auf Grund der verzögerten Entwicklung und höheren Qualität bei späterer Schnittnutzung trägt Rotklee auch zu einer besseren Nutzungselastizität bei (Meinsen et al., 2005).

Die erwähnten Leguminosen können zur Optimierung der Proteingehalte im Bestand beitragen. Ist aber der Anteil zu hoch, kann ein erhöhtes Blährisiko auftreten. Für die Reduzierung eines Blährisikos zählen Berg et al. (2000) einige Maßnahmen auf. Zum einen sollte die Futteraufnahme durch das Weidemanagement (Zwischenzäune, gezielte Rotation) gesteuert werden. Zum anderen sollten auch Pflanzen im Bestand vorkommen (z.B. Esparsette), welche keine Blähungen verursachen bzw. diese reduzieren können (Berg et al., 2000). Im Jahresverlauf erbringt Esparsette zwar geringere Erträge als *Medicago sativa*, allerdings ist der erste Aufwuchs ertragreicher. Für Frühjahrsweiden ist die Esparsette somit gut geeignet (Peel et al., 2004). Vor allem auch, weil die Esparsette kein bzw. geringeres Blährisiko aufweist (McMahon et al., 1999) und im Frühjahr (junger Aufwuchs) die Beweidung von Luzerne ein besonderes Blährisiko mit sich bringen würde (Lacefield & Burris, 1993; Sheppard et al., 2019).

Neue Esparsettenarten zeigen in Kanada mittlerweile auch höhere Erträge und konnten das Blährisiko von Leguminosenweiden um 98 % reduzieren. Dabei betrug der Esparsettenanteil etwa 30 % in der TM, 70 % machte die Luzerne aus (Acharya et al., 2013; Sottie et al., 2014). Somit könnte Esparsette für Trockengebiete, in denen ein hoher Leguminosenanteil erwünscht ist, durchaus eine Rolle spielen. Am besten sollte diese Pflanze zwischen dem Knospen- und Blütenstadium genützt werden, bei einer Rotationsdauer von 35-42 Tagen (Shewmaker & Bohle, 2010; Wang et al., 2015).

Eine weitere Maßnahme, um das Blährisiko zu minimieren, ist der Gemengeanbau, wie z.B. Luzernegras (Lacefield & Burris, 1993). Wiesenlieschgras und Wiesenschwingel können hierzu als Gräserkomponenten verwendet werden, da sie gut zum Entwicklungsrhythmus der Luzerne passen (Berendonk, 2013). Auf trockeneren Standorten sind auch Knaulgras, Glatthafer und Rohrschwingel mögliche Mischungspartner (Berendonk, 2013). In trockenen Ländern, wie z. B. Argentinien, werden oft *Festuca arundinacea*, *Bromus catharticus*, *Lolium spp.* und *Dactylis glomerata* als Mischungspartner zur Luzerne verwendet (Basigalup & Ustarroz, 2007). Als sehr anpassungsfähiges Gras ist der Rohrschwingel hervorzuheben. Wie schon erwähnt, handelt es sich beim Rohrschwingel um eine trockenheitstolerante Art. Dennoch kann sich diese Gräserart auch auf einer Kurzrasenweide in einer Gunstlage

mehrfährig halten. Wie ein Schweizer Versuch zeigte, konnten mit höherem Rohrschwingelanteil identische Tageszunahmen erreicht werden, wie auf einer Raygras betonten Weide. Die Erträge waren sehr ähnlich, wobei Rohrschwingel ein besseres Wachstum im Sommer zeigte (Mosimann et al., 2010; Schmied et al., 2008). Ein Nachteil ist allerdings die geringere Verdaulichkeit von Rohrschwingel (Cougnon et al., 2013). In Südtirol wird der Einsatz nur in sehr trockenen Lagen, wo er seine Vorteile ausspielen kann und mit Einbeziehung eines Beraters in der Umsetzung, empfohlen (Peratoner et al., 2017a; Peratoner et al., 2017b). In einer französischen Studie zeigte sich auch, dass Schafe Englisches Raygras gegenüber Rohrschwingel bevorzugen und die Futteraufnahme dadurch gestiegen war (Cortes et al., 2006). In der Schweiz wird deswegen für die Weide die feinere und höher verdauliche Rohrschwingelsorte „Belfine“ empfohlen (Mosimann et al., 2010; Suter et al., 2003). In der Studie von Cortes et al. (2006) wurde allerdings auch festgestellt, dass die Futteraufnahme durch die Mischkultur von Raygras und Rohrschwingel signifikant höher ausfiel, als in den Monokulturen der jeweiligen Arten.

Bei Knaulgras und Wiesenlieschgras wird eine Weiderotationsdauer von 28-35 Tagen empfohlen (Shewmaker & Bohle, 2010). Im Versuch von Davis & Parsons (1961) wurden verschiedene Mischungen auf die Reaktion von unterschiedlichen Rast- und Fresszeiten untersucht. Dabei wurde bei allen Mischungen ein höherer Ertrag bei längerer Rastzeit festgestellt. Das Luzerne-Wiesenlieschgrasgemenge konnte bei einer Rastzeit von 42 Tagen und einer Fresszeit von einem Tag die höchsten Erträge von allen geprüften Mischungen erreichen (Davis & Parsons, 1961).

Die Kombination von Leguminosen und Gräsern in Mischungen führt nicht nur zu einer Reduktion des Blährisikos. Luzerne-Gräsermischungen können auch höhere Erträge erbringen, indem sie die Ressourcen besser nutzen (Pietsch et al., 2007).

In Trockenperioden können darüber hinaus auch Kräuter im Pflanzenbestand, wie Zichorie und Spitzwegerich, zu einer Ertragsstabilisierung beitragen. Dazu wurden beispielsweise in Neuseeland Mischungen entwickelt, die auch in trockenen Sommermonaten, gute Erträge und Qualitäten liefern können. Darin sind neben Rot- und Weißklee, auch Zichorie und Spitzwegerich enthalten (Cranston et al., 2015a). Auch in Pennsylvania konnten diese Kräuter durch gute Leistungen überzeugen. In einem zweijährigen Versuch mit einer 5- bzw. 6-maligen Nutzung betrug der durchschnittliche Niederschlag während der Vegetationszeit 681 mm. Dabei schnitt die artenreiche Weide mit hohem Zichorienanteil deutlich besser ab als eine reine Knaulgras-Weißklee-Weide (Sanderson, 2010). Nicht nur in trockenen Gebieten, sondern auch in Gunstlagen zeigte eine Kräuter-Weide bei einer 9- bzw. 10-maligen Rotation einen höheren Ertrag von 15.200 kg TM/ha und Jahr. Der Durchschnittsertrag der Raygrasweide lag bei 11.700 kg TM/ha und Jahr (Ruz-Jerez et al., 1991).

Um das Ertragspotenzial und die Vorteile dieser Artenmischungen auf Weiden richtig nutzen zu können, ist auch hier ein gut umgesetztes Weidemanagement erforderlich. Wie die Luzerne benötigen auch diese Kräuter eine Rotationsweide mit entsprechenden Ruheperioden und kurzer Beweidungsdauer je Rotation. Dies könnte auf die ähnliche Wuchsform der Pflanzen zurückzuführen sein. Zusätzlich ist jedoch zu bedenken, dass sich diese Arten in mehrjährigen Beständen bei ungünstigem Management nicht gut halten, vor allem die Zichorie reagiert sehr empfindlich (Cranston et al., 2015b; Li et al., 1997). Nur bei schonender Weideführung ist eine Nutzungsdauer von über fünf Jahren möglich (Li & Kemp, 2005).

In neuseeländischen Studien wird für Zichorie und Spitzwegerich in Mischungen eine Rastzeit von 21-35 Tagen angegeben (Cranston et al., 2015a; Cranston et al., 2015b). Diese Angaben stimmen mit den Erkenntnissen von Li et al. (1997) überein. Es konnte gezeigt werden, dass eine Verlängerung der Rotationsdauer, von einer Woche auf vier Wochen zu einer Verdoppelung der Trockenmasseerträge bei Zichorienpflanzen führte. Ein vergleichbarer Zusammenhang konnte auch unter deutlich trockeneren Bedingungen in Pennsylvania festgestellt werden (308-452 mm während der Vegetationszeit in einer dreijährigen Studie). Die Ergebnisse wurden von Labreveux et al. (2004) und Labreveux et al. (2006) veröffentlicht. Dabei erbrachte eine 35-tägige Rotationsdauer signifikant höhere Erträge als eine 21-tägige Rotation (4450 vs. 1670 kg TM/ha). Dabei zeigte die kürzere Weidepause vor allem im Sommer den größten negativen Effekt auf den Ertrag (Labreveux et al., 2004). Allerdings lag der Rohproteingehalt, im Vergleich zur längeren Rotation, um mehr als 20 % (229 vs. 189 g/kg) höher (Labreveux et al., 2006). Daher weisen Labreveux et al. (2004) auf die Möglichkeit einer reduzierten Rastzeit im Frühjahr hin. Um die Ertragsleistung allerdings nicht zu reduzieren, sollte im Sommer die Rastzeit wieder auf fünf Wochen erhöht werden (Labreveux et al., 2004).

Längere Rastzeiten können demnach zu einer Erhöhung der TM-Produktion beitragen. Dabei sollte allerdings der Rückgang der Futterqualität nicht außer Acht gelassen werden. Da Stängel im Vergleich zu Blättern eine deutlich niedrigere Verdaulichkeit aufweisen (45 % vs. 79 %) (Clark et al., 1990a). Deswegen empfehlen Clark et al. (1990b) auch einen niedrigeren Ertrag in Kauf zu nehmen, um den Bestand in einem vegetativen Stadium, mit höher verdaulichen Nährstoffen, zu halten. Auch wenn zu Gunsten von Mischungspartner, wie der Luzerne, die Rotationsdauer verlängert wird, kann es zu einem reduzierten Blatt/Stängel-Verhältnis kommen. Dies zeigte sich in einem Vergleich einer 4-wöchigen Rotation mit einer 8-wöchigen. Durch die längere Rotation wurde der Blattanteil, bezogen auf die Trockenmasse, von 60 % auf 36 % reduziert (Clark et al., 1990a). Nichtsdestotrotz können, auch wenn sich die Zichorie in Mischungsbeständen schon in der Blüte befindet, hohe Zunahmen erreicht werden. In diesem Fall müssen jedoch auch höhere Futterreste in Kauf genommen werden (Clark et al., 1990b). In diesem Fall wäre es auch möglich, dass Futterreste von Tieren abgeweidet werden, welche geringere Nährstoffansprüche aufweisen (Clark et al., 1990b). Wie die Studien von Labreveux et al. (2004, 2006) zeigten, kann durch eine intensivere Beweidung im Frühjahr vor allem die Qualität erhöht werden. Auch Li et al. kamen schon 1998 zum Schluss, dass eine intensivere Nutzung die Stängelbildung im Frühjahr kontrolliert und die Blattbildung maximiert (Li et al., 1998). Allerdings führte eine Rotationsdauer von ein bis zwei Wochen, verbunden mit einer Ernte auf Bodenniveau, zu einem reduzierten Blattertrag. Daher kann eine Rotationsdauer von 4-5 Wochen empfohlen werden, da hier ein hoher Blattanteil und gute Erträge ohne starke Schwächung des Pflanzenbestandes erreicht werden können (Clark et al., 1990).

Hinsichtlich der anzustrebenden Restaufwuchshöhe bzw. Stoppelhöhe gibt es in der Literatur noch kontroverse Empfehlungen. Bei einer Höhe von 4 cm nach der Beweidung konnte im Vergleich zu 8 cm Restaufwuchshöhe eine höhere Pflanzendichte festgestellt werden (Cranston et al., 2015b). Im Gegenzug dazu gaben Li et al. (1997b) an, dass eine Beweidung unter 5 cm eine negative Auswirkung auf den Bestand hat. Bei Cranston et al. (2015b) konnte bei der extensiveren Beweidung zwar eine niedrige Pflanzendichte, aber ein größerer Wurzeldurchmesser und mehr Speicherkohlenhydrate festgestellt werden.

Die Restaufwuchshöhe kann, sowie die Rotationsdauer auch, einen Einfluss auf den Ertrag und die Qualität haben. Dies konnte in der Arbeit von Li et al. (1994) gezeigt werden. Dabei führte eine Stoppelhöhe von 0-5 cm zur höchsten Blattmassebildung, während die Variante bei einer Stoppelhöhe von 10-15 cm den höchsten Gesamtertrag (Blätter und Stängel) erbrachte. Vor allem die Bildung von primären Stängeln wurde durch eine Beweidungstiefe von unter 10 cm verhindert. Ein Stopp der sekundären und axillären Stängelbildung konnte allerdings nicht bewerkstelligt werden (Li et al., 1994; Li et al., 1998).

Li et al. (1997) testeten unterschiedliche Restaufwuchshöhen und Weiderotationen im Jahresverlauf. Im Frühjahr wurde eine Restaufwuchshöhe von 5-10 cm und im Sommer von 10-15 cm umgesetzt. In der zweiten Gruppe wurden ganzjährig Stoppelhöhen von 10-15 cm eingehalten. Die Erhöhung der Restaufwuchshöhe auf 10-15 cm im Frühjahr zeigte keinen Einfluss auf die Langlebigkeit der Zichorie (Li et al., 1997). Eine tiefe Beweidung war im Versuch von Li et al. (1994) im Frühjahr sogar förderlich, da so das Blattwachstum gesteigert werden konnte. Später in der Vegetationsperiode konnte allerdings mit der höheren Restaufwuchshöhe ein schnelleres Blattwachstum erreicht werden. Dies ist auf das sekundäre und axilläre Triebwachstum aus den höheren Stoppeln zurückzuführen. Daher scheint eine mittlere Stoppelhöhe von 10-15 cm ein guter Kompromiss zwischen Ertrag und Qualität zu sein (Li et al., 1994). In den Versuchen hatte die Stoppelhöhe keinen Einfluss auf die Langlebigkeit der Pflanzen. Nur eine Herbstweide führte in der Studie von 1997 zu einer deutlichen Verminderung (-27 %) der Pflanzenanzahl (Li et al., 1997). Eine tiefe Nutzung auf Bodenniveau führte bei einer zweiwöchigen Rotation ebenfalls zu einer Reduktion der Pflanzendichte. Im Vergleich dazu zeigte eine vierwöchige Rotation, bei derselben tiefen Nutzung, keinen negativen Einfluss (Clark et al., 1990a). Auch bei Labreveux et al. (2004) war die Kombination von kurzen Rastzeiten und tiefer Beweidung nicht förderlich und führte zu den geringsten Erträgen (Labreveux et al., 2004). Die Dauer der Rastzeit könnte laut diesen Ergebnissen daher auf die Überlebensrate der Pflanzen einen größeren Einfluss haben, als die Restaufwuchshöhe. Eine weitere Methode Arten geringerem Stress auszusetzen und dadurch länger im Bestand zu halten ist die Berücksichtigung der Aufwuchshöhe, anstatt von vorab festgelegten Rotationsdauern. Dies konnten Labreveux et al. (2004, 2006) in ihren Versuchen zeigen, indem die auf die Dauer einer Rotation von der Aufwuchshöhe abhängig gemacht. Zichorie sowie Knäulgras wurden erst bei einem Aufwuchs von 25 cm beweidet und Spitzwegerich bei 20 cm. Die verwendeten Arten konnten sich bei dieser Strategie länger im Bestand halten, als bei der Anwendung von einer fixen Rotationsdauer. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass sich dies nicht negativ auf die Futterqualität auswirkte.

Auch der Spitzwegerich kann laut Ayala et al. (2011) intensiv beweidet werden. Dabei konnten in Uruguay signifikant höhere Erträge erzielt werden, wenn Spitzwegerich alle 21 Tage und nicht in einer 42 Tagesrotation beweidet wurde. Bei Cranston et al. (2015b) konnte sich Spitzwegerich auch bei einer Rotationsdauer von 21-35 Tagen mit anderen Arten im Bestand halten. Im selben Versuch führte eine niedrige Restaufwuchshöhe zu einer Erhöhung der Pflanzenanzahl. Eine tiefe Restaufwuchshöhe von 2 cm führte bei Ayala et al. (2011) nur im Sommer zu Ertragseinbußen (Ayala et al., 2011). Diese Studien weisen darauf hin, dass Spitzwegerich auch intensivere Beweidungen (z. B. Kurzrasenweide) verkraftet. Generell dürfte Spitzwegerich sehr anpassungsfähig sein und kann sein Potenzial vor allem in Mischungen positiv entfalten (Mahaut et al., 2019). Auch in einem Versuch in Deutschland konnte sich Spitzwegerich und Zichorie in einer intensiv geführten Weide

im Bestand halten. Andere Kräuter konnten im 3. Hauptnutzungsjahr nur mehr gefunden werden, wenn eine Bisstiefen zwischen 7-20 cm eingehalten wurde (Leisen, 2017b).

Grundsätzlich sollte eine nicht zu kurze Rastzeit und eine höhere Wuchshöhe nach der Beweidung angestrebt werden. Damit können wertvolle Mischungspartner gefördert werden (Cranston et al., 2015b; Hyslop, 1999). Zusätzlich kann die Umsetzung einer Rotationsweidehaltung helfen, Schwankungen im Ertrag und der Futterqualität in der Weidesaison abzupuffern (Zhou et al., 2019). Der Einsatz von mehreren Koppeln kann somit, im Gegensatz zur Standweidehaltung, deutliche Vorteile aufweisen (Weißbach, 2018). Dies zeigte auch ein Weideversuch auf einem niederschlagsärmeren Standort in Niederösterreich, aber auch ein Versuch am Bio-Institut der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Hier wurden in einem simulierten Koppelweidesystem im Vergleich zur Kurzrasenweide höhere und gleichmäßigere Erträge über das Jahr erzielt (Weißbach, 2018; Starz et al., 2013). Bei gleichem Pflanzenbestand und auf demselben trockenheitsanfälligen Standort erreichte die Koppelweide, im Vergleich zur Kurzrasenweide, um 2.808 kg TM/ha und Jahr höhere Erträge. Die Energie- und Rohproteinenerträge der Koppelweide überstiegen die der Kurzrasenweide um 15.567 MJ NEL/ha und 280 kg XP/ha und Jahr (Starz et al., 2013).

Zusammenfassend lässt sich somit sagen, dass die Werke von Voisin noch immer ihre Gültigkeit besitzen. Das Weidemanagement muss demnach an das aktuelle Pflanzenwachstum und die Pflanzenbestandszusammensetzung bestmöglich angepasst werden. Sowohl die Rastzeiten als auch die Weidedauer pro Rotation, aber auch die Weideaufwuchsresthöhen sind dabei sehr bedeutend (Voisin, 1959; Voisin & Lecomte, 1962).

3 Tiere, Material und Methodik

3.1 Beschreibung des Versuchsstandortes

Der biologisch bewirtschaftete Versuchsbetrieb der Familie Harbich befindet sich in der Gemeinde Aderklaa, in der Region Marchfeld, Nähe Wien. Mit 550 mm durchschnittlichen Jahresniederschlag befindet sich der Betrieb in einer der trockensten Regionen Österreichs. Im Jahr 2020 wurden 631 mm Niederschlag vom Betriebsleiter verzeichnet. Allerdings machte sich eine ausgeprägte Winter- und Frühjahrstrockenheit stark bemerkbar.

Die Betriebsstätte ist auf 156 m Seehöhe direkt im Ort angesiedelt. Am Betrieb wird Ackerbau und Viehzucht betrieben und insgesamt 170 ha bewirtschaftet. Dabei werden 70 ha Ackerfläche genützt und hauptsächlich, aber nicht ausschließlich Ölkürbis, Winterweizen, Karotten, Silomais und Triticale kultiviert. Im Rahmen der biologischen Fruchtfolge werden mehrjähriges Feldfutter und Zwischenfrüchte angebaut. Um diese Flächen zu verwerten, wurden am Betrieb Rinder sowie Schweine integriert. Durchschnittlich werden 270 Rinder (90 Mutterkühe) der Rassen Angus, Aubrac, Murbodner, Piemonteser und Tiroler Grauvieh sowie deren Kreuzungen gehalten.

3.2 Versuchsablauf und Datenerhebung

3.2.1 Mastversuch

3.2.1.1 Standort, Versuchsanlage

Der Versuch wurde auf einem 10 ha großen Ackerschlag, auf einem Paratschernosem-Boden mit lehmigem Sand und 35 Bodenpunkten, angelegt (Breite 48° 18' 18.7" N und Länge 16° 31' 45.5" E). Der pH-Wert lag bei 7,1 und der Humusgehalt bei 2,3 %. Die Versorgungsstufen für Phosphor und Kalium betragen B (niedrig) und C (ausreichend). Auf dem ausgewählten Schlag wurden zwei Mischungen gesät (5 ha je Mischung) und im Versuchszeitraum mit je einer Herde unter einem Mob Grazing-Management beweidet. In jeder der zwei Mischungsvarianten stellte eine Handelsmischung eine Hauptkomponente im Saatgut dar. Bei Mischung 1 handelt es sich um die Country Energy 2031 der Firma Deutsche Saatveredelung AG (DSV) und bei Mischung 2 um die Mischung NATRO der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG). Die verwendeten Handelsmischungen wurden mit 26,25 kg/ha und 30 kg/ha gesät. Zusätzlich wurden beide Mischungen durch 30 kg/ha Esparsette ergänzt. Luzerne ist standardmäßig in Mischung 2 enthalten, daher wurde in Mischung 1 Luzerne anteilmäßig gleichwertig beigemischt (siehe Tabelle 1).

Die Anlage erfolgte für beide Mischungen auf einem Ackerschlag mit Silomais als Vorfrucht. Nach der Maisernte wurde am 07.10.2018 Triticale angebaut. Das Getreide diente als Deckfrucht für die Anlage der Weidemischungen. Am 21.3.2019 wurde auf der linken Feldseite die Mischung 1 (59,25 kg/ha) und am 14.03.2019 die Mischung 2 (60 kg/ha) auf der rechten Seite des Feldes als Untersaat angesät. Der Getreidedrusch erfolgte am 05.07.2019. Ein Reinigungsschnitt für beide Flächen wurde am 25.08.2019 durchgeführt.

Tabelle 1 Angabe der Aussaatstärke (kg/ha) für die Mastversuchsanlage

Parameter	Mischungen	
	1	2
Gräser		
<i>Arrhenatherum elatius</i>		4,6
<i>Dactylus glomerata</i>	1,3	3,4
<i>Festuca arundinacea</i>	3,2	
<i>Festuca pratensis</i>	3,9	
<i>Festuca rubra</i>		5,2
<i>Festulolium</i>	2,6	
<i>Lolium multiflorum</i>		
<i>Lolium perenne</i>	5,8	4,3
<i>Phleum pratense</i>	3,2	3,4
<i>Poa pratensis</i>		3,4
Leguminosen		
<i>Lotus corniculatus</i>		
<i>Medicago sativa</i>	3,0*	3,4
<i>Onobrychis viciifolia</i>	30,0*	30,0*
<i>Trifolium pratense</i>	3,9	
<i>Trifolium repens</i>	1,3	2,3
Kräuter		
<i>Cichorium intybus</i>	0,5	
<i>Plantago lanceolata</i>	0,5	
Summe	59,25	60

*Ergänzung zu den verwendeten Handelsmischungen

3.2.1.2 Herdenaufteilung, Weidetage und Tageszunahmen

Zu Versuchsbeginn erfolgte eine gleichmäßige Herdenaufteilung der Versuchstiere nach Alter, Rasse (bzw. Kreuzung) und Gewicht. Zur gleichmäßigen Aufteilung, entsprechend der Lebendmasse, wurden alle Tiere kurz vor dem Weideaustrieb gewogen (Tabelle 2). Der Austrieb auf die Weide (= Versuchsbeginn) erfolgte am 28.04.2020. In jeder Gruppe befanden sich 20 Tiere, davon 18 Ochsen sowie je eine Mutterkuh mit Kalb. Die älteren Mutterkühe wurden auf Wunsch des Betriebsleiters in den Versuch integriert, um das tägliche Handling mit den jeweiligen Tiergruppen zu erleichtern. Die notwendige Tieranzahl pro Weidefläche wurde mit den Erfahrungswerten des Betriebsleiters abgestimmt, um eine orts- und praxisübliche Besatzstärke zu erreichen. Die Versuchsgruppe 1 wurde der Fläche mit Mischung 1 und die Gruppe 2 der Fläche mit Mischung 2 durchgehend zugeteilt. Die zweite Wiegung der Tiere fand am Ende des Mastversuches, am 14.10.2020, statt. Folglich ergab sich in beiden Gruppen eine Weidedauer von 168 Tagen.

Die Tageszunahmen wurden durch die Wiegung der einzelnen Tiere zu Weideintrieb (28.04.2020) und zu Weideaustrieb (14.10.2020) mit einer geeichten Waage ermittelt.

Tabelle 2 Gruppeneinteilung der Versuchstiere nach Rassen und Lebendmasse

genet. Herkunft	n (gesamt)	Gruppe 1		Gruppe 2	
		n	LM	n	LM
GR	4	2	938	2	909
AB	3	2	989	1	488
GR x AB	7	3	1461	4	1883
GR x PM	13	7	2556	6	2302
AB x PM	4	2	923	2	863
MB x PM	3	1	386	2	823
AA x PM	2	1	436	1	380
PM x AA	2	1	379	1	368
Summe Lebendmasse (kg)			8068		8016

GR=Grauvieh

AB= Aubrac

PM= Piemonteser

MB= Murbodner

AA= Aberdeen Angus

3.2.1.3 Weidemanagement und Weiderotation

Ein 10 ha großer Feldschlag wurde für den Versuch gänzlich neu angesät und eingezäunt. Als Außenzaun, sowie für die Unterteilung in je 5 ha große Teilflächen (Mischung 1 und 2), wurden Stahlpfähle mit dreifachen elektrischem Stahldraht verwendet. Die, je Mischung, 5 ha großen Weideflächen wurden weiters in Längsrichtung mit Stahlpfählen und Elektrolitzen unterteilt. Die weiteren Unterteilungen in kleinere Koppeln erfolgten mit mobilen Elektrozäunen und Plastikpfählen, um die Futterflächen möglichst flexibel einteilen zu können. Wasserschläuche wurden so ausgelegt, dass Wassertröge alle 1-3 Tage weiterversetzt werden konnten.

Die Weiden wurden rotierend bestoßen, wobei von der ersten Koppel aus im Uhrzeigersinn weitergetrieben wurde. Die Umtriebe erfolgten zweimal täglich (siehe Kapitel *Weideumtriebe und Besatzdichten*). Die Rotationsdauer, also die Zeitspanne in Tagen, die es braucht bis ein und dieselbe Koppel in der Weiderotation erneut beweidet wird, richtete sich nach der Futtermenge. Zusätzlich wurde die Futterqualität und das Vegetationsstadium der Leitpflanze Luzerne berücksichtigt. Weiters wurden die einzelnen Rotationsdauern an den Bestand und an die Witterungsbedingungen angepasst (siehe Tabelle 3). Trotz angestrebtem flexiblen Managements wurden dabei folgende Mindestkriterien vorab festgelegt:

- Die Rotationsgeschwindigkeit soll so gewählt werden, dass ein Mindestaufwuchs von 20 cm und eine Mindestrotationsdauer von 30 Tagen erreicht wird. Bei nicht Erreichen dieser Kriterien wird die Rotation verlangsamt. Beschleunigt wird die Rotation, um zu verhindern, dass das Vegetationsstadium „Mitte Blüte“ überschritten wird.
- Als optimalen Beweidungszeitpunkt wird das Vegetationsstadium „Anfang Blüte“ der Luzerne gewählt
- Bei allen Rotationen wird eine Restaufwuchshöhe von mindestens 10 cm eingehalten sowie eine Besatzdichte von mindestens 100.000 kg LM/ha.
- Bei mindestens zwei Rotationen soll in jeder neuen Weideportion etwa 50 % des Futterbestandes niedergetrampelt werden. Der Anteil des getrampelten Futters wird visuell erhoben.

Die verfügbare Gesamtfuttermenge wurde vom Betriebsleiter regelmäßig abgeschätzt und die theoretische Rotationsdauer kalkuliert. War abzusehen, dass die oben erwähnten Zielkriterien nicht erfüllt werden konnten, erfolgte durch den Studienautor eine Flächenbegehung und Anpassung der Weideplanungen.

Die Beweidung startete am 28.04.2020 auf beiden Versuchsflächen zeitgleich. Dieser Weidestart war auf Grund der ausgeprägten Winter- und Frühjahrstrockenheit im Vergleich zum langjährigen Mittel in etwa zwei Wochen verspätet. Auf Grund der Trockenheit wurde versucht die Rotationsdauer für den ersten Aufwuchs zu verlängern. Daher wurde die tägliche Futterfläche bewusst kleiner gestaltet. Damit konnte der restliche Bestand länger geschont werden. Von der Beweidung der ersten Koppel (28.04.2020) bis zur nächsten Nutzung (11.06.2020) vergingen 44 Tage. Der zweite und dritte Aufwuchs entwickelte sich deutlich besser, daher wurde hier gezielt auf einen Trampeleffekt geachtet, um die gewünschte Mulchschicht zu erzeugen.

Insgesamt wurden viereinhalb Beweidungen durchgeführt, da die fünfte Rotation, auf Grund von Starkregenereignissen, nicht ganz abgeschlossen wurde. Nach Beweidung der ersten Hälfte der Futterfläche erfolgte ein früher Herbstabtrieb, zur Schonung des Pflanzenbestands und Förderung von Leguminosen und Kräutern für die Folgejahre.

Die Niederschlagsmenge war generell gering und es erfolgte eine Bewässerung am 07.07.2020 auf beiden Mischungsflächen und am 27.07.2020 auf der Fläche von Mischung 1 bzw. am 03.08.2020 auf jener von Mischung 2. Die Beregnungsmenge betrug jeweils 25 l/m² und Termin.

Tabelle 3 Rotationsdauern auf der Weide im Erhebungsjahr 2020

Anzahl Rotationen	RD i.T.	Anfang	Ende	Bew. Fl./M. in ha
1.	44	28.04.	- 10.06.	5
2.	41	11.06.	- 21.07.	5
3.	33	22.07.	- 24.08.	5
4.	35	25.08.	- 28.09.	5
5.	15	29.09.	- 13.10.	2,5

Abkürzungen:

RD i. T. =Rotationsdauer in Tagen

Bew. Fl./M. in ha=Beweidete Fläche/Mischung in ha

3.2.1.4 Weideumtriebe und Besatzdichten

Umtriebe erfolgten, nach einer Eingewöhnungsphase (28.04 bis 02.05.2020), zweimal täglich. Morgens wurde ein Umtrieb vom zuständigen Personal oder vom Betriebsleiter selbst durchgeführt und mit der täglichen Tierkontrolle verbunden. Abends erfolgte die Freigabe einer neuen Futterfläche automatisch durch den „Zaunheber“ von der Firma PensAgro. Dafür wurde der aufgebaute Zaun (Litzendraht) mit einer Klammer an einer Schnur einer kleinen Winde angebracht. Die Winde ist am Ende einer in den Boden gedrückten Stahllanze angebracht und kann somit den Zaun nach oben ziehen. Das Gerät verfügt zusätzlich über eine Zeitschaltuhr, mit der festgelegt werden kann zu welcher Uhrzeit ein neues Weidestück durch das Anheben des Zaunes freigegeben werden soll.

Die Weideflächen bildeten meist ein breites Rechteck, wobei sich die Größe der beiden Futterflächen an den Futterbedarf der Herde und an die angestrebte Dauer der Weiderotation richtete. Während zweimal täglich nach vorne weitergezäunt wurde, erfolgte das Nachrücken eines Ruhedrahtes alle drei Tage. Somit blieb, trotz hoher Besatzdichte, in den Futterflächen genügend Platz für die Herde, um sich nach dem Fressen aufzuteilen. Die Anpassungen der Futterflächen, der Umtriebe und der Besatzdichten können der Tabelle 4 entnommen werden. Für die Berechnung der Besatzdichte je Herde wurden jeweils die einzelne Futterfläche und das Durchschnittsgewicht der Herde während des Mastversuches herangezogen.

Tabelle 4 Besatzdichten, Umtriebe und Futterflächen für die Gruppe 1 und 2

Datum	BD ¹⁾ in t LM ²⁾ /ha		Umtriebe/Tag	FF ³⁾ /Umtrieb	FF ³⁾ /Tag
	1	2			
28.04.	66	65	1	1440	1440
02.05.	132	130	2	720	1440
15.05.	264	260	2	360	720
25.05.	190	187	2	500	1000
03.07.	149	146	2	640	1280
31.07.	106	104	2	900	1800
03.08.	132	130	2	720	1440
08.08.	170	167	2	560	1120
07.09.	158	156	2	600	1200
14.09.	190	187	2	500	1000

1) BD= Besatzdichten

2) LM= Lebendmasse

3) FF= Futterfläche in m²

3.2.2 Parzellenversuch

3.2.2.1 Standort, Versuchsanlage

Im pflanzenbaulichen Versuch wurden acht Grünland- bzw. Feldfuttersaatgutmischungen in zwei randomisierten Blockanlagen mit vierfacher Wiederholung getestet. Dabei stellte Blockanlage 1 die Bewässerungsvariante und Blockanlage 2 die nicht bewässerte Variante dar.

Die Zusammensetzungen und die Aussaatstärken der acht verwendeten Saatgutmischungen sind in der Tabelle 5 abzulesen. Es wurden vier handelsübliche Mischungen ausgewählt, die für Trockengebiete in Frage kommen. Zusätzlich wurden vier Mischungen mit dem Fokus auf eine Eignung für Trockengebiete und dem gezielten Einsatz von Kräutern zusammengestellt. Folglich werden Mischungen 1-4 als „Handelsmischungen“ bezeichnet und Mischungen 5-8 als „eigene Mischungen“. Bei Mischung 1 handelte es sich um die Country Energy 2031 (Deutsche Saatveredelung- DSV). Mischung 2 stellte eine Nachsaatmischung für Trockengebiete namens NATRO (Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft- ÖAG) dar. Die Mischungen LG (= 3) und LGS (= 4) waren Luzernegrasmischungen der ÖAG. Für die Kategorie „eigene Mischungen“ wurden

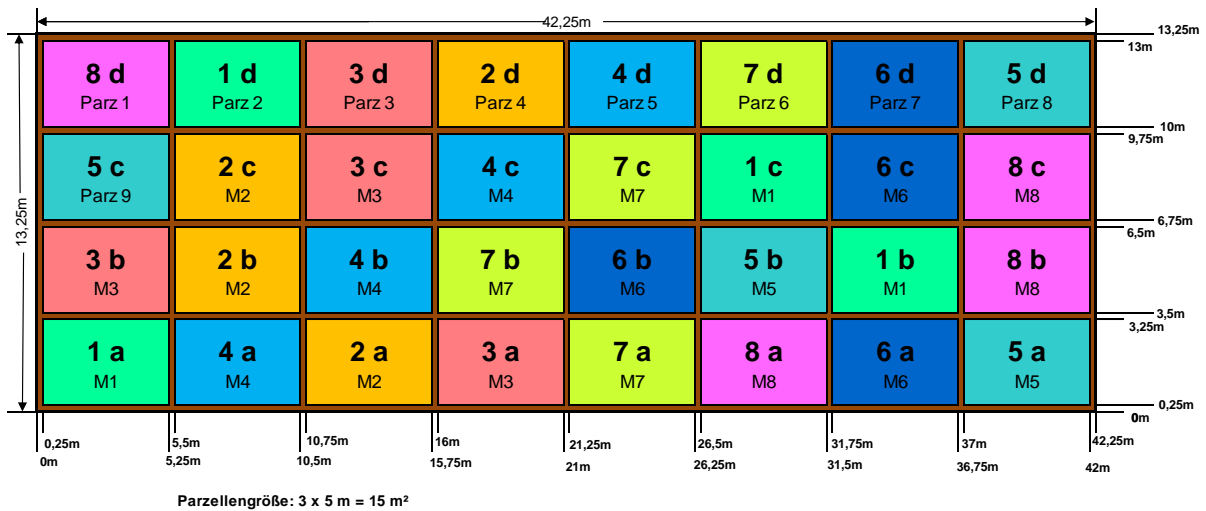
diese beiden Mischungen mit Esparsette ergänzt und als eigene Versuchsmischungen geprüft (LG mit Esparsette= 5; LGS mit Esparsette= 6). Die Mischungen 7 und 8 wurden gänzlich selbst vom Studienautor zusammengestellt.

Tabelle 5 Angabe der Aussaatstärke (kg/ha) für die Parzellenanlage

Parameter	Handels-Mischungen				eigene Mischungen			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Gräser								
<i>Arrhenatherum elatius</i>		5,2	6,0		6,0		6,0	4,0
<i>Dactylus glomerata</i>	1,9	3,9	3,0	9,2	3,0	9,2	1,0	2,0
<i>Festuca arundinacea</i>	4,5						2,0	4,0
<i>Festuca pratensis</i>	5,6							
<i>Festuca rubra</i>		5,9						
<i>Festulolium</i>	3,7							5,3
<i>Lolium multiflorum</i>								3,0
<i>Lolium perenne</i>	8,2	4,9	1,3		1,3			
<i>Phleum pratense</i>		3,9	1,0	4,6	1,0	4,6	2,0	2,0
<i>Poa pratensis</i>		3,9						
Leguminosen								
<i>Lotus corniculatus</i>							1,5	1,5
<i>Medicago sativa</i>		3,9	18,0	9,2	18,0	9,2	3,0	7,5
<i>Onobrychis viciifolia</i>					45	45	52,5	
<i>Trifolium pratense</i>	5,6							
<i>Trifolium repens</i>	1,9	2,6						
Kräuter								
<i>Cichorium intybus</i>	0,7						0,6	0,2
<i>Plantago lanceolata</i>	0,7						0,4	0,2
Saatstärke	37,3	34,5	29,3	23,1	74,3	68,1	69,1	29,6

Die Blockanlagen wurden an einer ebenen und homogenen Fläche angelegt (Breite 48° 18' 42.8" N und Länge 16° 31' 28.4" E). Dieser Standort weist Tschernosem-Böden mit sandigem Lehm und 65 Bodenpunkten auf. Der pH-Wert lag bei 7,7 und der Humusgehalt betrug 3,4 %. Die Versorgungsstufe für Phosphor lag bei C (ausreichend) und jene für Kalium bei B (niedrig). Als Vorfrucht diente ein mehrjähriger reiner Luzernebestand. Für die Beseitigung des Vorfruchtbestandes und den Anbau der Mischungen wurden eine mehrmalige Bodenbearbeitung mit Pflug und Grubber sowie eine anschließende Saatbeetbereitung durchgeführt. Die Parzellenpläne der Variante 1 (bewässert) und Variante 2 (unbewässert) sind in der Abbildung 1 und Abbildung 2 dargestellt.

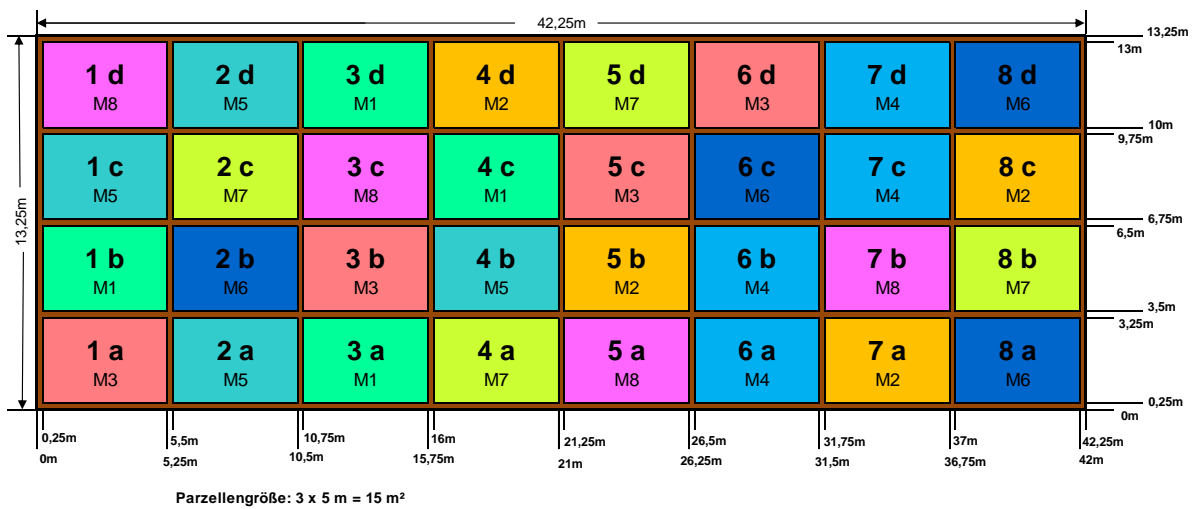
Block I
Variante 1



M1= 1 a, b, c, d	DSV Country
M2= 2 a, b, c, d	ÖAG Natro
M3= 3 a, b, c, d	ÖAG LG
M4= 4 a, b, c, d	ÖAG LGS
M5= 5 a, b, c, d	ÖAG LG + Esparsette
M6= 6 a, b, c, d	ÖAG LGS + Esparsette
M7= 7 a, b, c, d	Eigene Mischung 1
M8= 8 a, b, c, d	Eigene Mischung 2

Abbildung 1 Parzellenplan der bewässerten Variante 1

Block II
Variante 2



M1= 1 a, b, c, d	DSV Country
M2= 2 a, b, c, d	ÖAG Natro
M3= 3 a, b, c, d	ÖAG LG
M4= 4 a, b, c, d	ÖAG LGS
M5= 5 a, b, c, d	ÖAG LG + Esparsette
M6= 6 a, b, c, d	ÖAG LGS + Esparsette
M7= 7 a, b, c, d	Eigene Mischung 1
M8= 8 a, b, c, d	Eigene Mischung 2

Abbildung 2 Parzellenplan der nicht bewässerten Variante 2

Jede Blockanlage bestand aus 32 Parzellen. Die Anzahl ergab sich aus acht getesteten Mischungen, welche in vierfacher Wiederholung gesät wurden. Die

Anordnung der Parzellen wurde zufällig mit dem Programm Feld VA II erstellt. Jede Parzelle war 15 m² groß. Die Abstände zur nächsten Parzelle betragen 25 cm und zur nächsten Blockanlage 3 m. Diese Wege wurden im Vegetationsverlauf mehrmals händisch ausgemäht.

Gesät wurde mit einer Parzellenmaschine. Danach erfolgte ein Anwalzen des Saatgutes mit einer Cambridgewalze. Beide Blöcke wurden, zur Unterstützung des Saataufgangs, nach der Ansaat bewässert. Nach dem Saataufgang wurde nur mehr die dafür ausgewählte Blockanlage phasenweise beregnet (Variante 1).

In der Berechnungsvariante (V1) wurde der erste Aufwuchs am 10.05.2020 und der 3. Aufwuchs am 15.08.2020 mit jeweils 30 mm bewässert. Der zweite Aufwuchs wurde auch in Variante 1, auf Grund von genügend Niederschlägen, nicht zusätzlich beregnet.

- Variante 1: Blockanlage mit zwei Bewässerungen zu jeweils 30 mm (1. und 3. Aufwuchs)
- Variante 2: unbewässerte Blockanlage

3.2.2.2 Bonituren des Pflanzenbestandes

Zur Bonitur der Pflanzenbestände wurde die Methode der „wahren Deckung“ (Schechtner, 1958) herangezogen. Dabei wird für jede Pflanzenart abgeschätzt, wie viel Boden von dieser Art bewachsen (abgedeckt) wird. Bezugsgröße hierfür ist 1 m² Bodenoberfläche. Somit wird der Anteil jeder Art in Flächenprozent angegeben. Die Summe der einzelnen Anteile der verschiedenen Arten kann maximal 100 % betragen. Dabei wird auch der Lückenanteil berücksichtigt (sichtbarer offener Boden in Prozent). Die Artenzusammensetzung wurde für Artengruppen (Gräser, Leguminosen und Kräuter) und für alle einzelnen Arten erhoben und ausgewertet. Zuerst wurde der Lückenanteil geschätzt. Danach die Artengruppen Leguminosen und Kräuter. Der Anteil der Gräser ergab sich rechnerisch, indem von den maximal möglichen 100 % der Lückenanteil, sowie der Anteil der Leguminosen und der Kräuter abgezogen wurden. Die Bonitur der einzelnen Artenanteile erfolgte nach demselben Prinzip, wobei mit jener Art begonnen wurde, welche den geringsten Flächendeckungsanteil aufwies.

Die Ergebnisse der Bonitierung wurden in Tabellen sowie in Diagrammen dargestellt. Dazu wurden die Pflanzenarten in die Kategorien Gräser, Restgräser, Leguminosen und Kräuter eingeteilt. Weiters wurden die Anteile der am stärksten vertretenen Gräser (*Arrhenatherum elatius*, *Dactylus glomerata*, *Festulolium* und *Phleum pratense*) sowie die Kräuter *Cichorium intybus* und *Plantago lanceolata* einzeln angeführt. Die Kategorie „Gräser“ umfasste alle in den Parzellen bonitierten Gräser. Die Kategorie „Restgräser“ bestand aus *Festuca arundinacea*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra*, *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne* sowie *Poa pratensis*. Die Leguminosen *Lotus corniculatus*, *Medicago sativa*, *Onobrychis viciifolia*, *Trifolium pratense* und *Trifolium repens* sind auf Grund des geringen Pflanzenbestandanteils zusammengefasst worden. *Medicago sativa*, *Onobrychis viciifolia* und *Trifolium pratense* waren am stärksten vertreten. Die Kräuter setzten sich aus *Cichorium intybus* und *Plantago lanceolata* sowie aus dem Verunkrautungsanteil zusammen.

3.2.2.3 Feststellung von Mengenertrag und Blattflächenindex

Die Ernte der drei Aufwüchse erfolgte in allen Varianten mit einem Einachsmäher, wobei die eingestellte Schnitthöhe auf 10 cm erhöht wurde. Die Mähbreite betrug 160 cm. In jeder Parzelle wurden zur Ertragsfeststellung drei Laufmeter abgemäht.

Die Wahl des Schnittzeitpunktes erfolgte entsprechend den üblichen Nutzungsterminen des Versuchsbetriebes. Dabei wurde die durchschnittliche Entwicklung der Bestände (nach „Ähren- und Rispschieben“ der Gräser, „Beginn Blüte“ der Luzerne) berücksichtigt. Alle Versuchspartzenellen wurden zu jedem Schnitttermin am selben Tag geerntet und beprobt.

Das Mähgut wurde nach dem Schnitt schonend auf eine Kunststoffplane gereicht, um danach mittels Hängewaage den Frischmasseertrag direkt neben der Fläche erfassen zu können. Gemäht wurde innerhalb der Parzelle in vorab definierten Bereichen. Aus der geernteten Biomasse wurden, nach der Wiegung, Mischproben (500-1.000 g) entnommen. Um einen Wasserverlust zu verhindern, wurden die Proben in Kunststoffsäcke gefüllt und rasch weiterverarbeitet. Für die Bestimmung des Trockenmassegehaltes (TM) wurden aus der Mischprobe jeder Parzelle zwei Proben entnommen. Diese wurden eingewogen und bei 105 °C über 48 Stunden in einem Umlufttrockenschrank auf Gewichtskonstanz getrocknet. Der Rest der Mischprobe wurde schonend getrocknet (45 °C) und diente der nasschemischen Bestimmung der Futterinhaltsstoffe im Labor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (siehe nächstes Kapitel).

Zur Erhebung der Pflanzenbestandsdichte erfolgte vor der Ernte der Parzellen eine Messung des Blattflächenindex. Der Blattflächenindex, abgekürzt mit LAI (Leaf Area Index), beschreibt die photosynthetisch aktive Blattmasse in m² pro m² Grundfläche. Dazu wurde das Gerät Accu-PAR LP-80, mit dem einen Meter langen Messstab, auf die Bodenoberfläche (= Bestandeshöhe 0 cm) abgelegt. Danach wurde an fünf unterschiedlichen Stellen, im jeweiligen Parzellenaufwuchs, eine entsprechende Messung durchgeführt. Bei jeder Messung wird automatisiert ein Mittelwert von fünf Einzelmessungen ausgewiesen.

3.2.2.4 Feststellung der Futterqualität

Die Futterinhaltsstoffe wurden im Labor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein bestimmt. Dazu wurde das gesammelte Erntegut aus den Kunststoffsäcken (500-1.000 g FM) entnommen und in die Trocknungsanlage gebracht. Dort wurde das Futter über 48 Stunden schonend bei 45 °C getrocknet und danach entsprechend gemahlen. Für die Analysen der Inhaltsstoffe wurden die Methoden der ALVA (1983) herangezogen. Die Gerüstsubstanzen (NDF, ADF und ADL) wurden nach van Soest (1994) mit Tecator-Geräten analysiert und die Rohnährstoffe mittels Weender-Analyse (TM, XA, OM, XP, XL, XF und XX). Die Rohasche wurde durch eine Säurebehandlung aufgeschlossen, um am ICP (Inductively Coupled Plasma) die Mineralstoffe (P, K, Ca, Mg und Na) und Spurenelemente (Cu, Mn, Zn und Fe) zu bestimmen. Die Energiebewertung erfolgte mit Hilfe der GfE-Gleichungen (GfE, 1998).

3.3 Statistik

Ausgewertet wurden die Daten mit dem Statistikprogramm SAS Enterprise Guide Version 9.4. Mithilfe dieses Programms wurde eine Varianzanalyse mit der Prozedur MIXED berechnet. Folgende Modelle wurden für den Mast- und Parzellenversuch verwendet:

Im Mastversuch wurden die Parameter Tageszunahmen ausgewertet. Dabei bildet im Versuch die Gruppe (G_i) den fixen Effekt. Die Lebendmasse zu Versuchsbeginn wurde als Regressionsvariable berücksichtigt.

Das Modell lautet:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + b_1 \cdot L_j + e_{ijk}$$

Y_{ijk} ... Beobachtungswert der abhängigen Variable

μ ... gemeinsame Konstante für alle Y_{ijk}

G_i ... fixer Effekt der Gruppe i mit $i = 1$ und 2

b_1 ... Regressionskoeffizient

L_j ... Lebendmasse-Beginn $j = 1-19$

e_{ijk} ... Restkomponente von Y_{ijk}

Im Parzellenversuch wurden die Parameter Bonitierung, Erträge und Inhaltsstoffe für jeden Erntetermin ausgewertet. Als fixe Effekte wurden die Mischung (M_i) und die Variante (V_j) sowie die Wechselwirkung ($M_i \times V_j$) berücksichtigt.

Das Modell lautet:

$$Y_{ij} = \mu + M_i + V_j + (M \times V)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ij} ... Beobachtungswert der abhängigen Variabel für die jeweiligen Erhebungstermine

μ ... gemeinsame Konstante aller Y_i bzw. Y_{ij}

M_i ... fixer Effekt der Mischung (8 Saatgutmischungen)

V_j ... fixer Effekt der Bewässerung (bewässert/unbewässert)

$(M \times V)_{ij}$... WW Mischung i mit Bewässerung j

ε_{ijk} ... Resteffekt

4 Ergebnisse

4.1 Mastversuch

Bei Weideeintrieb entsprach das durchschnittliche Alter der Versuchstiere in Gruppe 1 und 2 450 bzw. 436 Tage mit einem Gewicht von 428 bzw. 426 kg.

Nach einer Weideperiode von 168 Tagen stieg die Lebendmasse auf 549 bzw. 532 kg in Gruppe 1 bzw. 2 (Gruppe 1: Mischung 1 „Country Energy 2031“ der Firma Deutsche Saatveredelung AG, (DSV)); Gruppe 2: Mischung 2 „NATRO“ der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG)).

Die Tageszunahmen lagen in Gruppe 1 mit 724 g signifikant höher als in Gruppe 2 mit 620 g. Bezogen auf die Flächenleistung (Lebendmassezunahme pro ha) lag die Gruppe 1 mit 467 kg/ha ebenfalls über den Ergebnissen von der Gruppe 2 mit 400 kg/ha.

Tabelle 6 Einfluss zweier Weidemischungen auf die Mastleistung von Rindern

Merkmal	Gruppe		s _e	P-Werte
	1	2		
Alter, Beginn (Tage)	450	436	47,0	0,378
Alter, Ende (Tage)	618	604	47,0	0,380
LM, Beginn (kg)	428	426	93,0	0,928
LM, Ende (kg)	549	531	22,0	0,019
LM, Zuwachs (kg)	122	104	22,0	0,019
TGZ (g)	724	620	129	0,019
LM-Flächenleistung (kg/ha)	467	400		

Trotz Bewässerung und angepasstem Management blieben die Erträge, auf Grund der Trockenheit, hinter den Erwartungen zurück. Der geringere Futterzuwachs konnte versuchsbedingt nicht durch eine Vergrößerung der Fläche oder durch Abstocken des Tierbestandes kompensiert werden. Aus diesem Grund fielen die Rotationen kürzer aus als geplant. Dennoch konnten, wie bei Mob Grazing üblich, hohe Aufwüchse mit sehr hohen Besatzdichten niedergetrampelt werden, um eine Mulchschicht zu bilden.

4.2 Parzellenversuch

4.2.1 Entwicklung der Pflanzenbestände

In der Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Bonitur vor dem ersten Schnitt für die Haupteffekte „Variante“ und „Mischung“ dargestellt. Der Gräseranteil betrug über alle Mischungen hinweg in der bewässerten Variante 1 61,7 % und in der nicht bewässerten Variante 2 62,9 %, wobei dieser Unterschied nicht signifikant war. Auch

der Leguminosenanteil unterschied sich diesbezüglich nicht signifikant zwischen V1 (9,0 %) und V2 (8,9 %). Die Bewässerung führte beim ersten Aufwuchs zu einem signifikanten Anstieg von *Phleum pratense* und des LAI Wertes. Die eingesetzte Saatgutmischung hatte auf alle angegebenen Parameter einen signifikanten Einfluss. Eine Wechselwirkung zwischen den Hauptfaktoren „Mischung“ und „Variante“ trat nur beim Gräseranteil auf.

Tabelle 7 Zusammensetzung der Pflanzenbestände¹⁾ beim ersten Erntetermin¹⁾ (Haupteffekte: Variante bzw. Mischung)

Parameter	Variante		Handels-Mischungen				eigene Mischungen				S _e	P-Werte		
	1 ²⁾	2	1	2	3	4	5	6	7	8		V	M	V x M
Gräser	61,7	62,9	69,0 ^a	65,0 ^a	65,8 ^a	68,9 ^a	55,6 ^b	57,3 ^b	47,0 ^c	70,0 ^a	4,22	0,261	<0,001	0,037
SEM	1,10	1,10	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9				
<i>Arrhenatherum elatius</i>	17,1	18,4	0,0 ³⁾ d	26,2 ^b	42,9 ^a	0,0 ³⁾ d	30,7 ^b	0,0 ³⁾ d	29,9 ^b	12,1 ^c	5,55	0,373	<0,001	0,148
SEM	1,08	1,08	0,0	2,1	2,1	0,0	2,1	0,0	2,1	2,1				
<i>Dactylus glomerata</i>	8,06	7,72	2,0 ^c	2,4 ^c	3,9 ^c	26,5 ^a	3,6 ^c	20,3 ^b	2,9 ^c	1,6 ^c	3,50	0,696	<0,001	0,514
SEM	0,68	0,68	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3				
<i>Festulolium</i>	9,63	11,0	37,9 ^a	0,0 ³⁾ b	0,0 ³⁾ b	0,0 ³⁾ b	0,0 ³⁾ b	0,0 ³⁾ b	0,0 ³⁾ b	45,0 ^a	4,64	0,244	<0,001	0,476
SEM	1,22	1,22	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9				
<i>Phleum pratense</i>	17,5 ^a	15,5 ^b	6,4 ^{cd}	11,4 ^c	9,4 ^{cd}	42,0 ^a	11,8 ^c	35,6 ^b	11,3 ^c	4,3 ^d	3,47	0,026	<0,001	0,411
SEM	1,09	1,09	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5				
Restgräser	9,41	9,28	23,3 ^a	24,9 ^a	8,8 ^{bc}	0,0 ³⁾ e	9,3 ^b	0,0 ³⁾ e	3,3 ^{de}	5,0 ^{cd}	2,18	0,821	<0,001	0,596
SEM	0,42	0,42	0,9	0,9	0,9	0,0	0,9	0,0	0,9	0,9				
Leguminosen	9,03	8,91	3,6 ^d	5,0 ^{cd}	9,6 ^{bc}	5,3 ^{cd}	17,9 ^a	13,6 ^{ab}	14,1 ^{ab}	2,6 ^d	3,46	0,886	<0,001	0,732
SEM	0,66	0,66	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3				
Kräuter	7,00	6,34	9,7 ^b	5,3 ^c	4,5 ^c	5,2 ^c	4,5 ^c	4,7 ^c	14,3 ^a	5,2 ^c	1,42	0,082	<0,001	0,345
SEM	0,34	0,34	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6				
<i>Cichorium intybus</i>	1,09	0,53	4,1 ^a	0,0 ³⁾ b	0,0 ³⁾ b	0,0 ³⁾ b	0,0 ³⁾ b	0,0 ³⁾ b	2,5 ^{ab}	0,0 ^b	1,89	0,241	<0,001	0,780
SEM	0,41	0,41	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,7				
<i>Plantago lanceolata</i>	1,72	1,69	2,7 ^b	0,0 ³⁾ d	0,0 ³⁾ d	0,0 ³⁾ cd	0,0 ³⁾ cd	0,0 ³⁾ cd	8,4 ^a	2,5 ^{bc}	1,48	0,933	<0,001	0,829
SEM	0,33	0,33	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6				
Lücken	22,3	21,8	17,1 ^b	24,8 ^a	20,4 ^{ab}	21,0 ^{ab}	22,4 ^{ab}	24,1 ^a	24,7 ^a	21,9 ^{ab}	3,15	0,582	0,001	0,192
SEM	0,65	0,65	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2				
LAI	3,87 ^a	3,26 ^b	4,3	3,1	3,5	4,0	3,6	3,1	3,0	4,0	0,65	0,001	0,001	0,794
SEM	0,13	0,13	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2				

¹⁾ Bonitur nach Flächenprozenten (Schechtner, 1958) und Ernte erfolgte am 09.06.2020, häufigsten Arten wurden einzeln dargestellt, Rest zusammengefasst

²⁾ Bewässerungen erfolgten zweimal jährlich - vor dem ersten und vor dem dritten Erntetermin (30 l Wasser/ha zu einem jeweiligen Bewässerungstermin)

³⁾ Art war nicht in der Mischung bei der Ansaat enthalten

⁴⁾ Art war in der Mischung bei der Ansaat enthalten, aber im bonitierten Bestand nicht vorhanden

In Tabelle 8 sind die Ergebnisse zum zweiten Erntetermin (Aufwuchs) dargestellt. Hier hatte die Variante einen signifikanten Einfluss auf den Gräser-, Leguminosenanteil sowie auf den LAI-Wert. Der Gräseranteil in Variante 2 war signifikant höher und demgegenüber der Leguminosenanteil tiefer (siehe Tabelle 8) als in V1 (bewässert). Wie beim ersten Erntetermin beeinflusste die Saatmischung die Bestandszusammensetzung bei allen untersuchten Parametern. Eine Wechselwirkung (M x V) ergab sich beim Gräseranteil und *Dactylus glomerata*-Anteil.

Tabelle 8 Zusammensetzung der Pflanzenbestände¹⁾ von acht Saatgutmischungen beim zweiten Erntetermin¹⁾

Parameter	Variante (V)		Handels-Mischungen				eigene Mischungen				S _e	P-Werte		
	1 ²⁾	2	1	2	3	4	5	6	7	8		V	M	V x M
Gräser	68,0 ^b	74,4 ^a	60,9 ^c	74,3 ^{ab}	66,4 ^{bc}	78,0 ^{ab}	70,6 ^{bc}	83,9 ^a	68,1 ^{bc}	67,5 ^{bc}	7,51	0,001	<0,001	0,005
SEM	1,83	1,83	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94				
<i>Arrhenatherum elatius</i>	18,8 ^b	23,1 ^a	0,0 ³⁾	36,9 ^a	43,5 ^a	0,0 ³⁾	37,6 ^a	0,0 ³⁾	44,0 ^a	5,25 ^b	7,47	0,029	<0,001	0,272
SEM	1,38	1,38	0,00	2,64	2,64	0,00	2,64	0,00	2,64	2,64				
<i>Dactylus glomerata</i>	18,1	19,8	3,88 ^b	4,25 ^b	5,75 ^b	55,1 ^a	12,13 ^b	61,13 ^a	5,88 ^b	3,38 ^b	5,53	0,246	<0,001	<0,001
SEM	0,98	0,98	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96				
<i>Festulolium</i>	9,81	8,88	28,3 ^b	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ^c	46,5 ^a	3,34	0,268	<0,001	0,135
SEM	0,76	0,76	1,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27				
<i>Phleum pratense</i>	14,5	14,2	9,19 ^{cd}	11,7 ^{bcd}	13,3 ^{bc}	22,9 ^a	15,3 ^b	22,7 ^a	12,9 ^{bc}	6,93 ^d	3,11	0,719	<0,001	0,120
SEM	0,83	0,83	1,30	1,30	1,33	1,30	1,31	1,33	1,33	1,30				
Restgräser	6,81 ^b	8,50 ^a	19,7 ^a	21,5 ^a	3,77 ^{bc}	0,0 ³⁾	5,94 ^b	0,0 ³⁾	5,16 ^b	5,35 ^b	2,48	0,010	<0,001	0,082
SEM	0,57	0,57	0,98	0,98	1,00	0,00	0,99	0,00	1,00	0,98				
Leguminosen	15,8 ^a	7,31 ^b	16,3 ^{ab}	6,25 ^{bc}	19,4 ^a	12,8 ^{abc}	15,2 ^{ab}	7,65 ^{bc}	11,14 ^{abc}	3,44 ^c	6,23	<0,001	<0,001	0,171
SEM	1,48	1,48	2,51	2,51	2,61	2,51	2,56	2,61	2,61	2,51				
Kräuter	2,69	2,44	9,26 ^a	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	6,60 ^b	4,62 ^c	1,11	0,372	<0,001	0,845
SEM	0,20	0,20	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,41				
<i>Cichorium intybus</i>	0,88	0,72	6,00 ^a	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,25 ^b	0,13 ^b	0,50	0,219	<0,001	0,455
SEM	0,09	0,09	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,18				
<i>Plantago lanceolata</i>	1,81	1,72	3,30 ^b	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	6,28 ^a	4,51 ^b	0,88	0,673	<0,001	0,956
SEM	0,17	0,17	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,33				
Lücken	13,6 ^b	15,8 ^a	13,1 ^{bc}	19,3 ^{ab}	13,6 ^{bc}	9,25 ^c	14,3 ^{bc}	9,25 ^c	14,1 ^{bc}	24,8 ^a	4,36	0,042	<0,001	0,273
SEM	0,99	0,99	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66				
LAI	3,54 ^a	2,22 ^b	3,10	2,29	3,08	3,89	2,86	3,23	2,61	1,98	0,58	<0,001	<0,001	0,366
SEM	0,13	0,13	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23				

¹⁾ Bonitur nach Flächenprozenten (Schechtner, 1958) und Ernte erfolgte am 09.06.2020, häufigsten Arten wurden einzeln dargestellt, Rest zusammengefasst

²⁾ Bewässerungen erfolgten zweimal jährlich - vor dem ersten und vor dem dritten Erntetermin (30 l Wasser/ha zu einem jeweiligen Bewässerungstermin)

³⁾ Art war nicht in der Mischung bei der Ansaat enthalten

⁴⁾ Art war in der Mischung bei der Ansaat enthalten, aber im bonitierten Bestand nicht vorhanden

Im letzten Aufwuchs (3. Erntetermin) lag der Gräser- und Leguminosenanteil bei Variante 1 signifikant höher als bei Variante 2. Der Lückenanteil und daraus folgend auch der LAI-Wert, waren in der Variante 1 signifikant geringer. Die Saatmischung beeinflusste die Bestandszusammensetzung wie bei den vorangegangenen Schnitten ebenfalls bei allen untersuchten Parametern signifikant.

Tabelle 9 Zusammensetzung der Pflanzenbestände¹⁾ von acht Saatgutmischungen beim dritten Erntetermin¹⁾

Parameter	Variante (V)		Handels-Mischungen				eigene Mischungen				S _e	P-Werte		
	1 ²⁾	2	1	2	3	4	5	6	7	8		V	M	V x M
Gräser	85,0 ^a	71,3 ^b	61,8 ^d	80,5 ^{ab}	82,4 ^{ab}	79,5 ^{abc}	87,8 ^a	83,9 ^{ab}	70,8 ^{cd}	78,4 ^{bc}	5,26	<0,001	<0,001	0,023
SEM	1,63	1,63	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,4	2,4				
<i>Arrhenatherum elatius</i>	7,78 ^a	5,94 ^b	0,0 ³⁾	12,6 ^a	12,4 ^a	0,0 ³⁾	11,6 ^a	0,0 ³⁾	11,3 ^a	7,0 ^b	2,34	0,003	<0,001	0,041
SEM	0,41	0,41	0,0	0,8	0,8	0,0	0,8	0,0	0,8	0,8				
<i>Dactylus glomerata</i>	44,8 ^a	38,1 ^b	12,3 ^d	37,6 ^c	49,6 ^b	64,0 ^a	48,4 ^{bc}	67,1 ^a	40,5 ^{bc}	12,1 ^d	7,24	0,001	<0,001	0,074
SEM	1,75	1,75	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8				
<i>Festulolium</i>	11,8 ^a	8,78 ^b	34,3 ^b	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	48,5 ^b	3,86	0,003	<0,001	<0,001
SEM	0,83	0,83	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5				
<i>Phleum pratense</i>	16,5 ^a	12,4 ^b	7,3 ^c	14,5 ^b	17,2 ^{ab}	15,9 ^{ab}	18,9 ^a	18,0 ^{ab}	16,0 ^{ab}	7,9 ^c	2,55	<0,001	<0,001	0,059
SEM	0,74	0,74	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1				
Restgräser	4,03	4,53	8,0 ^b	15,4 ^a	2,3 ^c	0,0 ³⁾	2,6 ^c	0,0 ³⁾	2,7 ^c	3,1 ^c	1,94	0,316	<0,001	0,936
SEM	0,38	0,38	0,8	0,8	0,8	0,0	0,8	0,0	0,8	0,8				
Leguminosen	7,8 ^a	3,8 ^b	12,0 ^a	3,2 ^b	6,5 ^{ab}	6,2 ^{ab}	3,4 ^b	5,5 ^{ab}	8,4 ^{ab}	1,5 ^b	4,84	0,002	0,006	0,302
SEM	1,70	1,70	2,3	2,3	2,4	2,3	2,4	2,4	2,4	2,3				
Kräuter	3,47	3,22	12,6 ^a	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	8,2 ^b	5,3 ^c	1,44	0,493	<0,001	0,216
SEM	0,29	0,29	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,5				
<i>Cichorium intybus</i>	0,94	0,94	6,7 ^a	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,5 ^b	0,2 ^b	0,79	1,000	<0,001	1,000
SEM	0,18	0,18	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3				
<i>Plantago lanceolata</i>	2,47	2,19	5,9 ^{ab}	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	0,0 ³⁾	7,7 ^a	5,1 ^b	1,38	0,419	<0,001	0,187
SEM	0,29	0,29	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5				
Lücken	3,72 ^b	21,6 ^a	12,9 ^{bc}	15,4 ^{ab}	10,4 ^{bc}	14,4 ^c	8,3 ^{bc}	11,9 ^c	12,9 ^{bc}	15,2 ^a	3,21	<0,001	0,001	0,040
SEM	0,65	0,65	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2				
LAI	4,63 ^a	2,60 ^b	3,4	3,5	3,8	3,9	4,0	3,5	3,4	3,3	0,43	<0,001	0,119	0,164
SEM	0,16	0,16	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2				

¹⁾ Bonitur nach Flächenprozenten (Schechtner, 1958) und Ernte erfolgte am 09.06.2020, häufigsten Arten wurden einzeln dargestellt, Rest zusammengefasst

²⁾ Bewässerungen erfolgten zweimal jährlich - vor dem ersten und vor dem dritten Erntetermin (30 l Wasser/ha zu einem jeweiligen Bewässerungstermin)

³⁾ Art war nicht in der Mischung bei der Ansaat enthalten

⁴⁾ Art war in der Mischung bei der Ansaat enthalten, aber im bonitierten Bestand nicht vorhanden

In der folgenden Abbildung 3 sind die Veränderungen in der Bestandszusammensetzung im Vegetationsverlauf (Erntetermin 1 bis 3) für ausgewählte Arten und Artengruppen für die Mischungen 1 bis 8 (Haupteffekte) grafisch dargestellt.

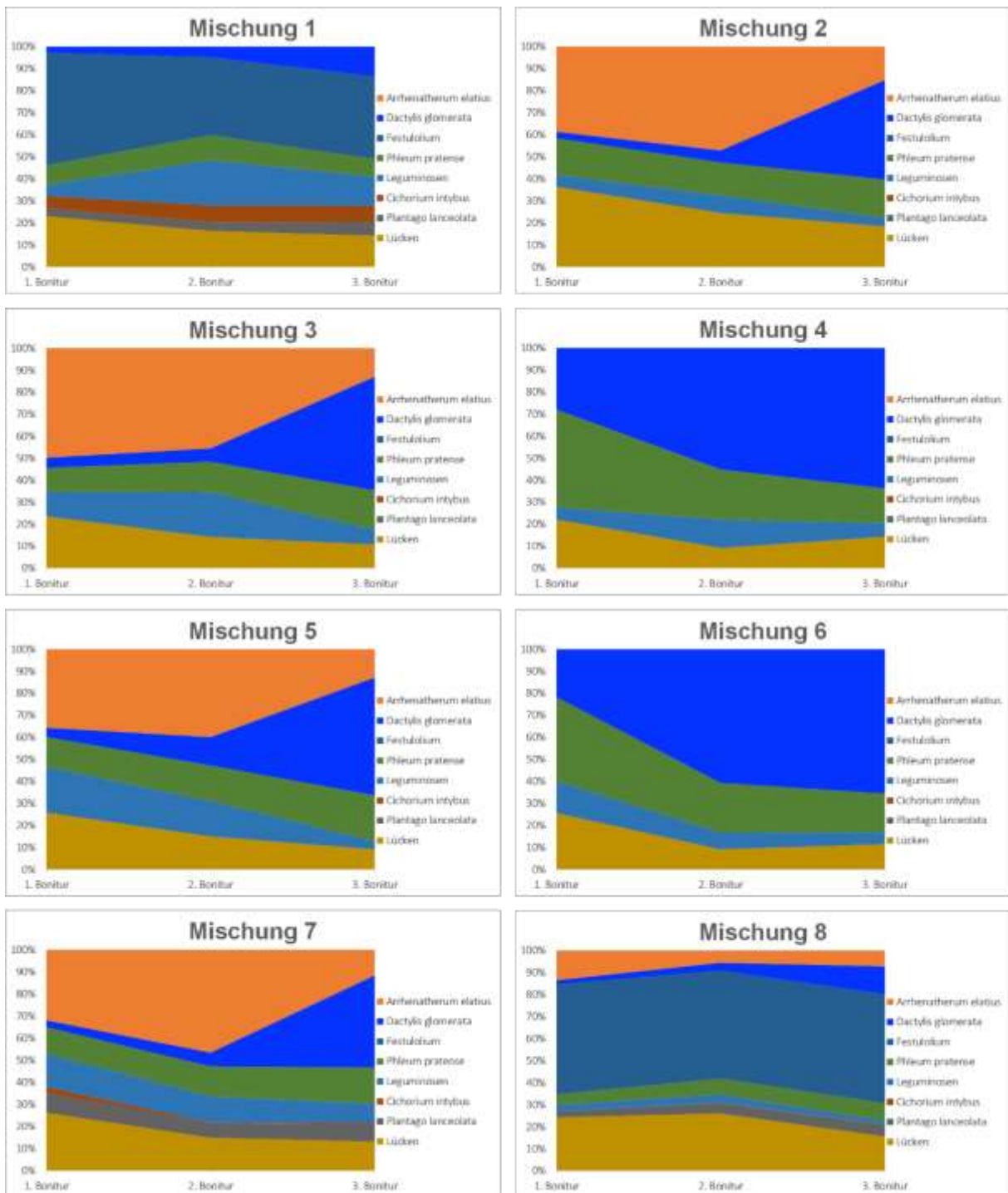


Abbildung 3 Entwicklung des Pflanzenbestandes im Laufe der Vegetationsperiode für die Mischungen 1-8 (ausgewählte Ergebnisse; Haupteffekt Mischung)

Der *Dactylis glomerata*-Anteil nahm vor allem in den Mischungen 2, 3, 5 und 7 stark zu. Beispielsweise konnte sich das Obergras in Mischung 3, ab dem zweiten Schnitt, von 6 auf 50 % stark ausbreiten. Währenddessen wurde in allen Mischungen *Arrhenatherum elatius* aus dem Bestand stark zurückgedrängt.

In Mischung 1 und 8 zeigt sich *Festulolium* als eine der Hauptarten, die im Laufe der Vegetationsperiode im Bestandsanteil sehr konstant blieb.

Der Anteil an Leguminosen blieb über alle Mischungen hinweg sehr niedrig und nahm im Bestand nie mehr als 19,4 % ein. Nach dem letzten Erntetermin konnte die Mischung 1 den höchsten Leguminosenanteil von 12 % und Mischung 8 den niedrigsten Anteil mit 1,5 % verzeichnen.

4.2.2 TM-, XP- und ME-Jahreserträge

Die Bewässerung beeinflusste den TM-, XP- und ME-Jahresertrag im Mittel über alle eingesetzten Mischungen hinweg signifikant positiv. Der TM-Ertrag lag in V1 (bewässert) bei 8.965 kg/ha (+35 %) und in V2 (nicht bewässert) bei 6.638 kg/ha. Der XP-Ertrag betrug in V1 1.101 kg/ha (+37,5 %) und in V2 801 kg/ha. V1 und V2 erzielten einen Energieertrag pro Hektar von 78.184 MJ ME (+31,8 %) und V2 59.305 MJ ME.

Der zusätzliche Wassereinsatz durch die Bewässerung lag in V1 bei 60 l/m². Dadurch stieg im Mittel der Jahres-TM-Ertrag je Liter eingesetztem Wasser um 38,8 kg TM. Der XP-Ertrag und der ME-Ertrag stiegen im Mittel je Liter eingesetztem Wasser um 5 kg XP/ha und um 314,7 MJ ME/ha (Tabelle 10).

Bei den geprüften Mischungen erzielten, im Mittel über beide Varianten, die Mischungen 1 (9.928 kg/ha) und 8 (9.650 kg/ha) die höchsten TM-Jahreserträge, die geringsten Erträge zeigten die Mischungen 5 (6.655 kg/ha) und 6 (5.982 kg/ha).

Der Rohproteinertag war bei Mischung 1 am höchsten (1.149 kg/ha) und unterschied sich von den meisten Mischungen signifikant. Den geringsten Ertrag erbrachte die Mischung 6 mit 816 kg XP pro Hektar.

Beim Energieertrag schnitten Mischung 1 und 8 mit 86.790 MJ ME/ha und 83.803 MJ ME/ha am höchsten ab. Wobei sich nur Mischung 1 von allen anderen Mischungen signifikant unterschied. Mischungen 5 und 6 lieferten den geringsten Energieertrag (58.980 bzw. 53.501 kg MJ ME/ha).

Tabelle 10 Jahresertragsangaben für Trockenmasse, Rohprotein und Energie

Parameter	Variante		Handels-Mischungen				eigene Mischungen				s _e	P-Werte		
	1 ¹⁾	2	1	2	3	4	5	6	7	8		V	M	V x M
Trockenmasseertrag (kg TM ha ⁻¹)	8965 ^a	6638 ^b	9928 ^a	7051 ^{cd}	8413 ^b	7932 ^{bc}	6655 ^d	5982 ^d	6801 ^{cd}	9650 ^a	750	<0,001	<0,001	0,415
	SEM	133	133	265	265	265	265	265	265	265				
Rohproteinertag (kg ha ⁻¹)	1101 ^a	801 ^b	1149 ^a	838 ^b	1070 ^a	1017 ^{ab}	855 ^b	816 ^b	840 ^b	1022 ^{ab}	134	<0,001	<0,001	0,985
	SEM	23,7	23,7	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5				
Energieertrag (MJ ME ha ⁻¹)	78184 ^a	59305 ^b	86790 ^a	62491 ^{de}	74077 ^{bc}	69587 ^{cd}	58980 ^{de}	53501 ^e	60729 ^{de}	83803 ^{ab}	6744	<0,001	<0,001	0,658
	SEM	1201	1201	2482	2487	2475	2482	2487	2468	2482				

1) Bewässerungen erfolgten zweimal jährlich - vor dem ersten und vor dem dritten Erntetermin (30 l Wasser/ha zu einem jeweiligen Bewässerungstermin)

4.2.3 TM-Erträge der einzelnen Erntetermine

In den Abbildungen 4 und 5 sind die TM-Erträge der einzelnen Schnitte für die Variante 1 (bewässert) und 2 (nicht bewässert) getrennt dargestellt. In beiden Varianten zeigten sich nur beim ersten Aufwuchs Ertragsunterschiede zwischen den unterschiedlichen Mischungen.

Betrachtet man die TM-Erträge des ersten Aufwuchses in Variante 1, zeigen sich signifikante Unterschiede. Mischung 1 und 8 schneiden mit 6.102 und 6.720 kg/ha am besten ab. Die Erträge entsprechen 58 und 61 % des Gesamtjahresertrages.

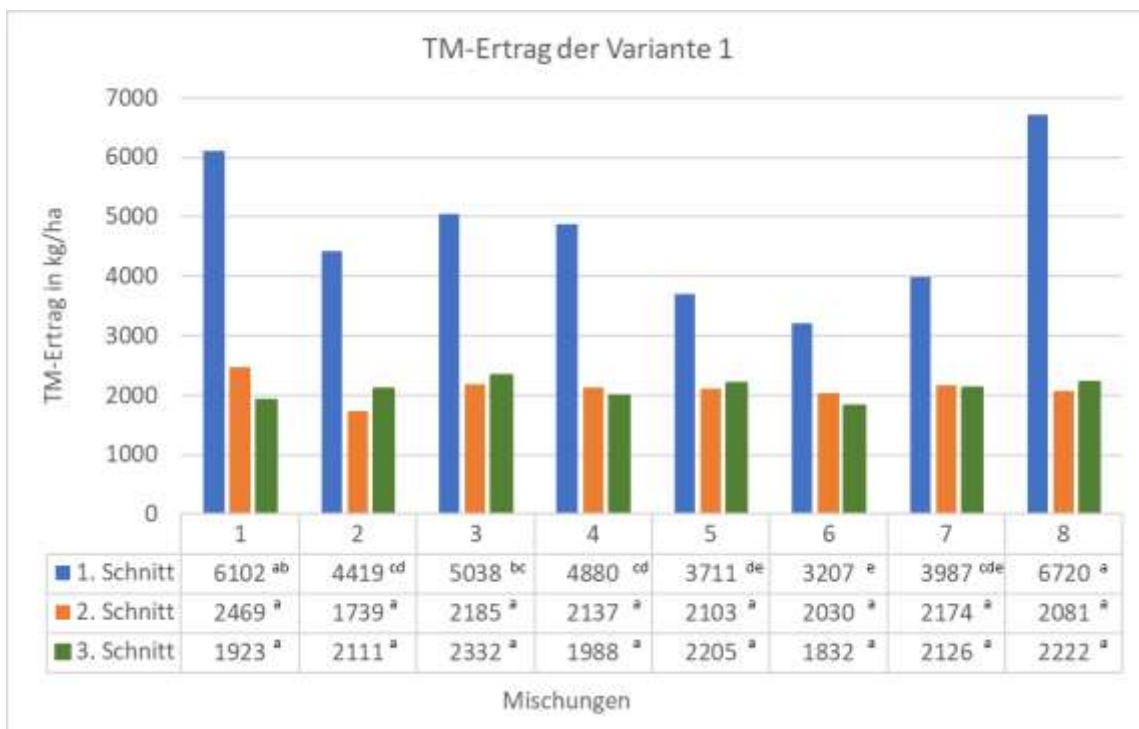


Abbildung 4 TM-Erträge zu jedem Nutzungstermin für die Variante 1

In der nicht bewässerten Variante 2 schnitten die Mischungen 1 und 8 mit 6.440 kg TM/ha und 6.072 kg TM/ha am besten ab. Bei diesen Mischungen trug der erste Aufwuchs 69 und 74 % zum Jahresertrag bei.

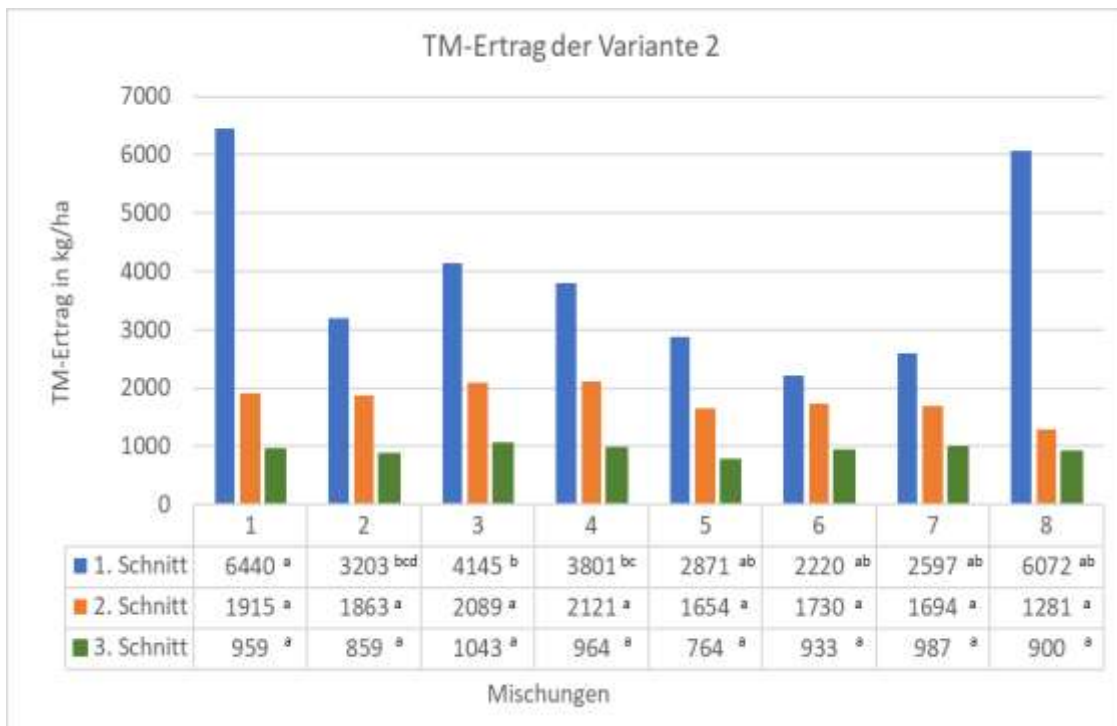


Abbildung 5 TM-Erträge zu jedem Nutzungstermin für die Variante 2

In den Abbildungen 6, 7 und 8 ist der Unterschied der Bewässerungsmaßnahmen erkennbar. Im ersten Aufwuchs führte die Bewässerung zu signifikanten Ertragssteigerungen. Im zweiten Aufwuchs (ohne Bewässerung) lagen die Erträge der Varianten deutlich enger zusammen. Während im letzten Aufwuchs eine Bewässerung zu den stärksten Ertragssteigerungen führte.

Mischung 1 zeigte keinen Bewässerungseffekt im ersten Aufwuchs, während die Mischungen 2 und 7 sehr stark darauf ansprachen.

Im letzten Aufwuchs führte die Bewässerung zu Ertragssteigerungen von 196 % bei Mischung 6 und bis zu 289 % bei Mischung 5.

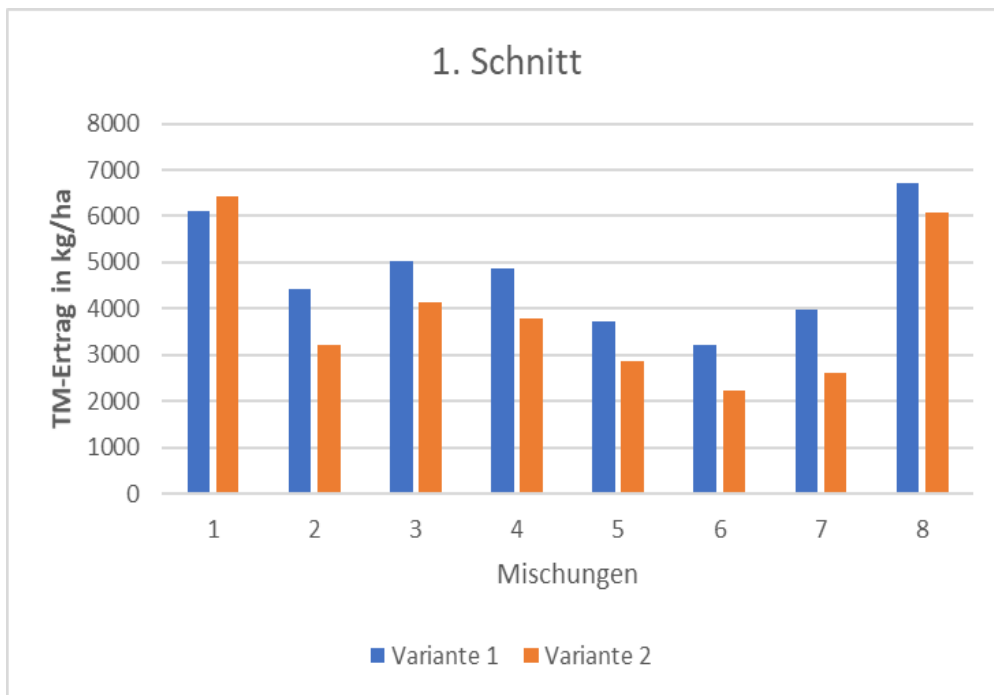


Abbildung 6 TM-Erträge der Mischungen 1 bis 8 beim 1. Aufwuchs in den Varianten 1 (bewässert) und 2 (nicht bewässert)

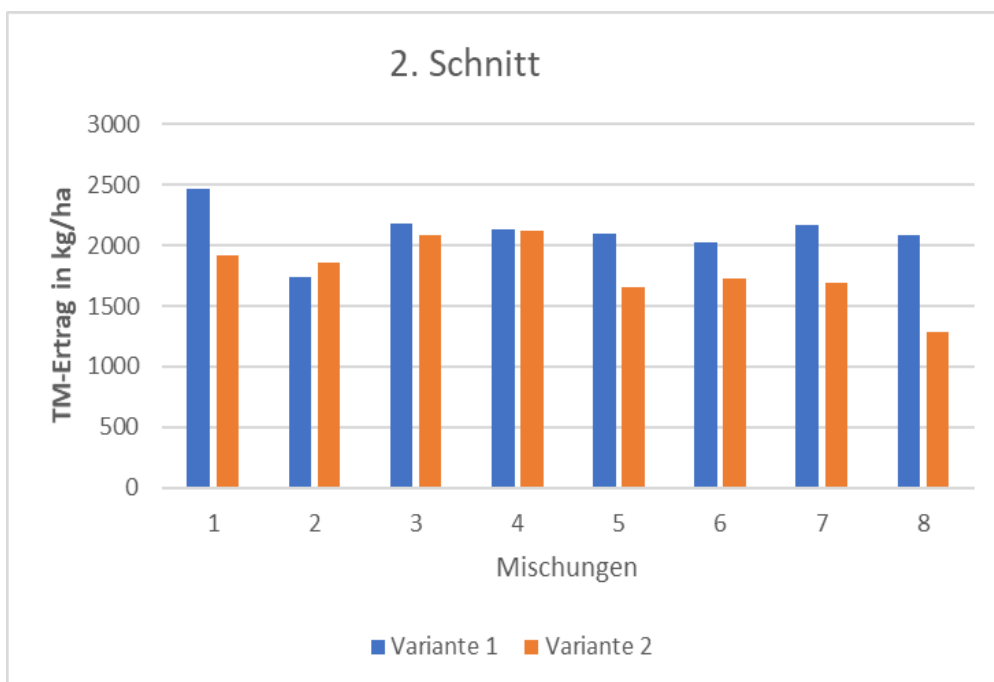


Abbildung 7 TM-Erträge der Mischungen 1 bis 8 beim 2. Aufwuchs in den Varianten 1 (bewässert) und 2 (nicht bewässert)

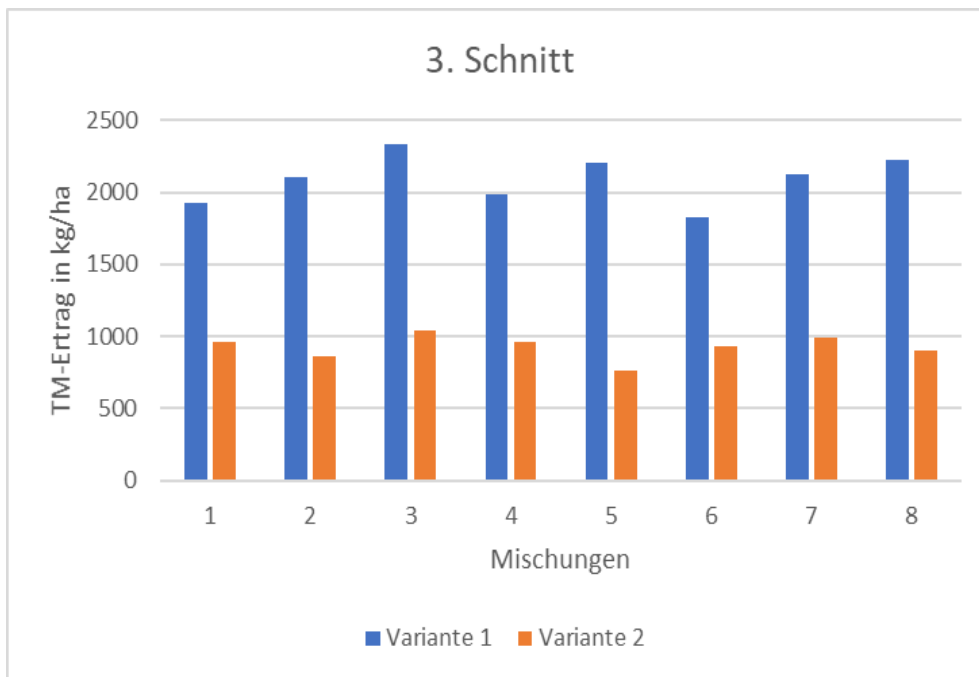


Abbildung 8 TM-Erträge der Mischungen 1 bis 8 beim 3. Aufwuchs in den Varianten 1 (bewässert) und 2 (nicht bewässert)

4.2.3 Futterinhaltsstoffe der einzelnen Erntetermine

Wie in Tabelle 11 ersichtlich hat die Bewässerung (Variante 1) signifikante Einflüsse auf den Ertrag und die Futterqualität für den ersten Aufwuchs. Variante 2 erzielte über alle Mischungen hinweg 3.919 kg TM/ha, während die Variante 1 einen Ertrag von 4.758 kg TM/ha einbrachte. Dies entspricht einem Ertragsanstieg von 21,2 % bei Bewässerung. In Variante 1 lag der Energiegehalt um 0,34 MJ ME kg/TM niedriger und der XF-Gehalt mit 324 g/kg TM signifikant höher.

Hinsichtlich des XP-Gehaltes zeigten sich keine signifikanten Bewässerungseinflüsse.

Mischung 1 und 8 erzielten beim ersten Aufwuchs die signifikant höchsten Erträge mit jeweils 6.271 kg TM/ha und 6.396 kg TM/ha.

Tabelle 11 Futterinhaltsstoffe für den 1. Schnitt sowie statistische Kennzahlen

Parameter	Einheit	Variante (V)		Handels-Mischungen				eigene Mischungen				S _e	P Werte		
		1 ¹⁾	2	1	2	3	4	5	6	7	8		V	M	V x M
TM-Ertrag	kg TM ha ⁻¹	4.758 ^a	3.919 ^b	6.271 ^a	3.811 ^{cd}	4.592 ^b	4.340 ^{bc}	3.291 ^{de}	2.714 ^e	3.292 ^{de}	6.396 ^a	458	<0,001	<0,001	0,021
	SEM	81,0	81,0	162	162	162	162	162	162	162	162				
TM	g kg ⁻¹ FM	168 ^b	196 ^a	166 ^b	194 ^a	191 ^a	181 ^{ab}	185 ^{ab}	169 ^b	178 ^{ab}	189 ^a	12,2	<0,001	<0,001	0,423
	SEM	2,15	2,15	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30				
XA	g kg ⁻¹ TM	92,6 ^a	87,8 ^b	89,0	85,9	88,3	91,1	91,1	93,0	94,1	89,3	6,57	<0,001	0,272	0,843
	SEM	1,16	1,16	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32				
OM	g kg ⁻¹ TM	869 ^b	879 ^a	873	881	878	873	874	869	870	877	7,45	<0,001	0,032	0,790
	SEM	1,32	1,32	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63				
XP	g kg ⁻¹ TM	116	122	109 ^b	113 ^b	116 ^b	126 ^{ab}	122 ^{ab}	146 ^a	119 ^{ab}	104 ^b	16,1	0,130	<0,001	<0,001
	SEM	2,96	2,96	5,92	5,93	6,08	5,92	6,00	6,06	6,12	5,93				
XL	g kg ⁻¹ TM	15,0 ^a	13,9 ^b	15,1	13,5	13,7	16,0	14,3	16,0	13,4	13,8	2,00	0,032	0,039	0,978
	SEM	0,38	0,38	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72				
XF	g kg ⁻¹ TM	324 ^a	312 ^b	324 ^{ab}	324 ^{ab}	327 ^a	318 ^{ab}	319 ^{ab}	295 ^b	309 ^{ab}	326 ^a	18,9	0,015	0,022	0,621
	SEM	3,34	3,34	6,69	6,69	6,69	6,69	6,69	6,69	6,69	6,69				
XX	g kg ⁻¹ TM	414 ^b	431 ^a	424 ^{abc}	431 ^{ab}	422 ^{abc}	413 ^{bc}	418 ^{abc}	413 ^c	428 ^{abc}	434 ^a	11,6	<0,001	0,003	0,545
	SEM	2,19	2,19	4,18	4,18	4,18	4,18	4,18	4,18	4,18	4,18				
NFC	g kg ⁻¹ TM	399 ^b	416 ^a	406 ^{ab}	416 ^{ab}	402 ^b	398 ^b	401 ^b	405 ^{ab}	409 ^{ab}	423 ^a	12,1	<0,001	0,005	0,767
	SEM	3,08	3,08	4,98	4,98	5,15	4,98	5,07	5,17	5,11	4,98				
NDF	g kg ⁻¹ TM	567	563	582 ^a	579 ^a	570 ^{ab}	571 ^{ab}	565 ^{ab}	520 ^b	547 ^{ab}	587 ^a	32,5	0,642	0,003	0,231
	SEM	5,75	5,75	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5				
ADF	g kg ⁻¹ TM	377 ^a	360 ^b	378 ^a	373 ^a	377 ^a	370 ^{ab}	371 ^{ab}	342 ^b	367 ^{ab}	370 ^{ab}	19,0	<0,001	0,015	0,219
	SEM	3,36	3,36	6,71	6,71	6,71	6,71	6,71	6,71	6,71	6,71				
ADL	g kg ⁻¹ TM	62,6 ^a	61,1 ^b	59,9 ^{bcd}	63,5 ^{abc}	64,4 ^{ab}	59,9 ^{bcd}	65,1 ^{ab}	57,0 ^d	66,9 ^a	58,0 ^{cd}	2,70	0,045	<0,001	0,013
	SEM	0,74	0,74	1,35	1,44	1,37	1,33	1,45	1,39	1,35	1,42				
ME	MJ ME kg ⁻¹ TM	8,52 ^b	8,86 ^a	8,55 ^b	8,67 ^{ab}	8,60 ^{ab}	8,69 ^{ab}	8,67 ^{ab}	9,03 ^a	8,74 ^{ab}	8,56 ^{ab}	0,30	<0,001	0,074	0,647
	SEM	0,05	0,05	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11				
NEL	MJ NEL kg ⁻¹ TM	4,96 ^b	5,19 ^a	4,98 ^b	5,06 ^{ab}	5,01 ^{ab}	5,07 ^{ab}	5,06 ^{ab}	5,31 ^a	5,12 ^{ab}	4,99 ^{ab}	0,21	<0,001	0,069	0,644
	SEM	0,04	0,04	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07				
P	g kg ⁻¹ TM	1,91 ^a	1,53 ^b	1,65 ^{ab}	1,63 ^{ab}	1,68 ^{bc}	1,73 ^{cd}	1,74 ^{ab}	2,03 ^d	1,81 ^a	1,47 ^{ab}	0,24	<0,001	0,010	0,796
	SEM	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10				
K	g kg ⁻¹ TM	23,6 ^a	19,6 ^b	21,1 ^{abc}	20,0 ^{bc}	21,0 ^{abc}	23,5 ^{ab}	21,4 ^{abc}	24,9 ^a	21,4 ^{abc}	19,1 ^c	2,33	<0,001	0,001	0,352
	SEM	0,54	0,54	0,92	0,92	0,95	0,92	0,93	0,95	0,94	0,92				
Ca	g kg ⁻¹ TM	7,52	7,40	7,37	6,67	7,39	6,87	7,58	8,68	8,42	6,72	1,68	0,766	0,156	0,244
	SEM	0,30	0,30	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59				
Mg	g kg ⁻¹ TM	2,26	2,35	2,12	2,17	2,34	2,17	2,40	2,53	2,55	2,16	0,32	0,292	0,034	0,261
	SEM	0,06	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11				
S	g kg ⁻¹ TM	1,92	1,92	1,84 ^b	1,82 ^b	1,86 ^b	1,96 ^{ab}	1,99 ^{ab}	2,16 ^a	1,87 ^{ab}	1,85 ^b	0,19	0,992	0,011	0,616
	SEM	0,03	0,03	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07				
Na	mg kg ⁻¹ TM	534 ^b	824 ^a	1.121 ^a	584 ^c	674 ^{bc}	502 ^c	553 ^c	555 ^c	499 ^c	943 ^{ab}	193	<0,001	<0,001	0,799
	SEM	40,1	40,1	73,0	73,0	74,6	73,0	73,8	74,5	74,7	73,0				
Cu	mg kg ⁻¹ TM	5,45	5,68	5,23 ^{bc}	5,03 ^{bc}	5,65 ^{abc}	5,94 ^{ab}	5,72 ^{abc}	6,60 ^a	5,64 ^{abc}	4,69 ^c	0,67	0,177	<0,001	0,270
	SEM	0,12	0,12	0,24	0,24	0,25	0,24	0,25	0,25	0,25	0,24				
Mn	mg kg ⁻¹ TM	72,5	68,5	63,1 ^b	61,2 ^b	65,6 ^b	75,5 ^{ab}	68,1 ^b	88,5 ^a	68,0 ^b	73,9 ^{ab}	10,3	0,128	<0,001	0,134
	SEM	1,82	1,82	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65				
Zn	mg kg ⁻¹ TM	47,3 ^a	30,9 ^b	31,6	37,9	39,5	48,6	40,9	41,9	37,7	34,8	12,6	<0,001	0,314	0,360
	SEM	3,26	3,26	5,16	5,16	5,26	5,16	5,21	5,26	5,27	5,16				
Fe	mg kg ⁻¹ TM	527 ^a	571 ^a	510	460	668	423	564	569	616	579	244	0,477	0,582	0,326
	SEM	45,3	45,3	89,7	89,7	91,7	89,7	90,6	91,5	92,2	89,7				

Die bewässerte Variante 1 zeigte auch im zweiten Aufwuchs einen höheren Ertrag von 2.115 kg TM/ha, im Vergleich zu Variante 2 mit 1.793 kg TM/ha (Tabelle 12). Zwischen den Mischungen gab es nur einen numerischen Ertragsunterschied. Mischung 8 wies mit 8,57 MJ ME kg/TM den signifikant niedrigsten Energiegehalt auf.

Tabelle 12 Futterinhaltsstoffe für den 2. Schnitt sowie statistische Kennzahlen

Parameter	Einheit	Variante (V)		Handels-Mischungen				eigene Mischungen				S _e	P Werte		
		1 ¹⁾	2	1	2	3	4	5	6	7	8		V	M	V x M
TM-Ertrag	kg TM ha ⁻¹	2.115 ^a SEM 113	1.793 ^b SEM 113	2.192 SEM 162	1.801 SEM 162	2.136 SEM 162	2.129 SEM 162	1.879 SEM 162	1.880 SEM 162	1.934 SEM 162	1.681 SEM 162	378			
TM	g kg ⁻¹ FM	334 ^b SEM 7,56	380 ^a SEM 7,56	337 ^{cd} SEM 10,4	401 ^a SEM 10,4	372 ^{abc} SEM 10,6	342 ^{cd} SEM 10,4	358 ^{bcd} SEM 10,5	328 ^d SEM 10,6	335 ^{cd} SEM 10,6	385 ^{ab} SEM 10,4	22,1	<0,001	<0,001	0,134
XA	g kg ⁻¹ TM	95,6 ^a SEM 0,79	93,1 ^b SEM 0,79	98,4 SEM 1,65	92,5 SEM 1,69	93,1 SEM 1,67	96,3 SEM 1,65	92,7 SEM 1,70	96,0 SEM 1,66	93,6 SEM 1,67	92,4 SEM 1,70	4,04	0,0223	0,102	0,795
OM	g kg ⁻¹ TM	885 ^b SEM 0,95	890 ^a SEM 0,95	882 ^b SEM 1,78	891 ^a SEM 1,83	890 ^{ab} SEM 1,81	885 ^{ab} SEM 1,77	889 ^{ab} SEM 1,85	884 ^{ab} SEM 1,82	887 ^{ab} SEM 1,80	891 ^a SEM 1,83	4,10	<0,001	0,002	0,614
XP	g kg ⁻¹ TM	116 SEM 2,36	110 SEM 2,36	109 ^{ab} SEM 4,35	113 ^a SEM 4,35	124 ^a SEM 4,35	119 ^a SEM 4,35	120 ^a SEM 4,35	117 ^a SEM 4,35	108 ^{ab} SEM 4,35	93 ^b SEM 4,35	11,9	0,085	<0,001	0,96
XL	g kg ⁻¹ TM	19,1 ^b SEM 0,32	21,1 ^a SEM 0,32	19,5 ^{ab} SEM 0,58	20,7 ^a SEM 0,58	20,9 ^a SEM 0,58	20,2 ^{ab} SEM 0,58	20,9 ^a SEM 0,58	21,4 ^a SEM 0,58	17,9 ^b SEM 0,58	19,6 ^{ab} SEM 0,58	1,60	<0,001	0,002	0,172
XF	g kg ⁻¹ TM	310 SEM 1,96	307 SEM 1,96	302 ^b SEM 3,91	308 ^b SEM 3,91	304 ^b SEM 3,91	309 ^b SEM 3,91	304 ^b SEM 3,91	305 ^b SEM 3,91	302 ^b SEM 3,91	331 ^a SEM 3,91	11,1	0,287	<0,001	0,967
XX	g kg ⁻¹ TM	441 ^b SEM 3,17	452 ^a SEM 3,17	452 ^{ab} SEM 4,37	449 ^{abc} SEM 4,37	441 ^{bc} SEM 4,37	436 ^c SEM 4,37	444 ^{abc} SEM 4,37	441 ^{bc} SEM 4,37	459 ^a SEM 4,37	447 ^{abc} SEM 4,37	9,9	<0,001	0,001	0,743
NFC	g kg ⁻¹ TM	408 SEM 3,66	410 SEM 3,66	427 ^a SEM 5,31	412 ^{abc} SEM 5,31	393 ^c SEM 5,31	397 ^c SEM 5,31	400 ^{bc} SEM 5,31	409 ^{abc} SEM 5,31	420 ^{ab} SEM 5,31	413 ^{abc} SEM 5,31	12,6	0,502	<0,001	0,754
NDF	g kg ⁻¹ TM	554 ^b SEM 3,52	570 ^a SEM 3,52	543 ^{bc} SEM 7,26	564 ^b SEM 7,26	557 ^{bc} SEM 7,24	568 ^b SEM 7,26	562 ^{bc} SEM 7,26	566 ^b SEM 7,22	530 ^c SEM 7,26	605 ^a SEM 7,28	19,9	0,004	<0,001	0,137
ADF	g kg ⁻¹ TM	362 ^b SEM 2,86	366 ^a SEM 2,86	346 ^b SEM 5,87	361 ^{ab} SEM 5,89	369 ^{ab} SEM 5,85	368 ^{ab} SEM 5,87	366 ^{ab} SEM 5,89	357 ^{ab} SEM 5,84	360 ^{ab} SEM 5,87	382 ^a SEM 5,90	15,9	0,368	0,010	0,978
ADL	g kg ⁻¹ TM	56,9 ^a SEM 0,88	53,1 ^b SEM 0,88	55,6 ^b SEM 1,52	54,2 ^b SEM 1,52	55,2 ^b SEM 1,57	51,1 ^b SEM 1,52	52,3 ^b SEM 1,55	51,8 ^b SEM 1,58	62,7 ^a SEM 1,56	57,2 ^{ab} SEM 1,52	3,85	<0,001	<0,001	0,602
ME	MJ ME kg ⁻¹ TM	8,82 ^b SEM 0,03	8,93 ^a SEM 0,03	8,87 ^a SEM 0,05	8,93 ^a SEM 0,05	8,99 ^a SEM 0,05	8,83 ^a SEM 0,05	8,97 ^a SEM 0,05	8,89 ^a SEM 0,05	8,91 ^a SEM 0,05	8,57 ^b SEM 0,05	0,15	0,004	<0,001	0,992
NEL	MJ NEL kg ⁻¹ TM	5,15 ^b SEM 0,02	5,22 ^a SEM 0,02	5,20 ^a SEM 0,04	5,22 ^a SEM 0,04	5,26 ^a SEM 0,04	5,16 ^a SEM 0,04	5,25 ^a SEM 0,04	5,20 ^a SEM 0,04	5,22 ^a SEM 0,04	4,98 ^b SEM 0,04	0,10	0,007	<0,001	0,992
P	g kg ⁻¹ TM	2,16 ^a SEM 1,99	1,99 ^b SEM 1,99	1,93 ^{ab} SEM 0,09	2,13 ^{ab} SEM 0,09	2,05 ^{bc} SEM 0,09	2,13 ^{cd} SEM 0,09	2,11 ^{ab} SEM 0,09	2,21 ^d SEM 0,09	2,10 ^a SEM 0,09	1,95 ^{ab} SEM 0,09	0,21	0,002	0,194	0,377
K	g kg ⁻¹ TM	24,9 SEM 0,40	24,4 SEM 0,40	22,2 ^c SEM 0,69	22,6 ^{bc} SEM 0,69	25,4 ^{ab} SEM 0,69	27,0 ^a SEM 0,69	26,0 ^a SEM 0,69	26,2 ^a SEM 0,69	25,7 ^a SEM 0,69	21,8 ^c SEM 0,69	1,81	0,259	<0,001	0,886
Ca	g kg ⁻¹ TM	8,05 ^a SEM 0,23	7,32 ^b SEM 0,23	10,02 ^a SEM 0,47	7,83 ^b SEM 0,48	7,74 ^b SEM 0,48	7,02 ^b SEM 0,47	6,62 ^b SEM 0,48	6,71 ^b SEM 0,48	8,45 ^{ab} SEM 0,48	7,07 ^b SEM 0,48	1,22	0,024	<0,001	0,655
Mg	g kg ⁻¹ TM	2,59 SEM 0,05	2,60 SEM 0,05	2,81 ^a SEM 0,09	2,59 ^{ab} SEM 0,10	2,68 ^a SEM 0,09	2,57 ^{ab} SEM 0,09	2,54 ^{ab} SEM 0,10	2,68 ^{ab} SEM 0,09	2,66 ^{ab} SEM 0,09	2,26 ^b SEM 0,10	0,24	0,848	0,014	0,687
S	g kg ⁻¹ TM	2,21 SEM 0,04	2,13 SEM 0,04	2,27 ^{ab} SEM 0,07	2,11 ^{ab} SEM 0,07	2,17 ^{ab} SEM 0,07	2,19 ^{ab} SEM 0,07	2,17 ^{ab} SEM 0,07	2,32 ^a SEM 0,07	2,12 ^{ab} SEM 0,07	1,98 ^b SEM 0,07	0,18	0,080	0,024	0,749
Na	mg kg ⁻¹ TM	434 ^b SEM 55,6	567 ^a SEM 55,6	810 ^a SEM 80,7	322 ^b SEM 80,7	520 ^{ab} SEM 82,2	609 ^{ab} SEM 80,7	472 ^b SEM 81,5	410 ^b SEM 82,2	399 ^b SEM 82,2	461 ^b SEM 80,7	184	0,006	<0,001	0,311
Cu	mg kg ⁻¹ TM	5,04 SEM 0,09	5,06 SEM 0,09	5,23 ^a SEM 0,16	4,94 ^a SEM 0,16	5,61 ^a SEM 0,16	5,26 ^a SEM 0,16	5,38 ^a SEM 0,16	5,08 ^a SEM 0,16	5,17 ^a SEM 0,16	3,75 ^b SEM 0,16	0,44	0,864	<0,001	0,174
Mn	mg kg ⁻¹ TM	96,8 SEM 2,26	96,9 SEM 2,26	81,6 ^c SEM 4,31	92,9 ^c SEM 4,31	84,2 ^c SEM 4,31	113,8 ^b SEM 4,31	89,4 ^c SEM 4,31	136,6 ^a SEM 4,31	88,0 ^c SEM 4,31	88,0 ^c SEM 4,31	12,0	0,977	<0,001	0,405
Zn	mg kg ⁻¹ TM	21,7 SEM 1,71	23,5 SEM 1,71	21,7 SEM 3,31	23,7 SEM 3,31	21,5 SEM 3,39	20,9 SEM 3,31	21,7 SEM 3,35	31,8 SEM 3,39	20,4 SEM 3,40	18,9 SEM 3,31	8,9	0,438	0,211	0,431
Fe	mg kg ⁻¹ TM	141 SEM 13,0	167 SEM 13,0	181 SEM 25,9	152 SEM 26,5	171 SEM 26,2	159 SEM 25,8	135 SEM 26,7	146 SEM 26,2	122 SEM 26,1	164 SEM 26,5	63	0,111	0,810	0,898

Der dritte Aufwuchs wurde durch die Bewässerung (Variante 1) am stärksten beeinflusst (Tabelle 13). Variante 1 erzielte mit 2.092 kg TM/ha einen um 125,9 % höheren Ertrag als Variante 2. Auch beim letzten Aufwuchs ist in Variante 1 der Energiegehalt niedriger und der Strukturanteil (XF, NDF, ADF, ADL) signifikant höher. Die Wahl der Mischung hatte beim letzten Aufwuchs keinen Einfluss auf den Ertrag und auf den XP-Gehalt.

Tabelle 13 Futterinhaltsstoffe für den 3. Schnitt sowie statistische Kennzahlen

Parameter	Einheit	Variante (V)		Handels-Mischungen				eigene Mischungen				S _e	P Werte		
		1 ¹⁾	2	1	2	3	4	5	6	7	8		V	M	V x M
TM-Ertrag	kg TM ha ⁻¹	2.092 ^a	926 ^b	1.441	1.485	1.688	1.476	1.485	1.382	1.556	1.561	264	<0,001	0,728	0,731
	SEM	62,8	62,8	117	120	118	116	121	119	117	120				
TM	g kg ⁻¹ FM	220 ^b	263 ^a	237	252	243	233	237	247	243	242	262	<0,001	0,540	0,691
	SEM	3,68	3,68	6,69	6,84	6,68	6,69	6,84	6,67	6,69	6,85				
XA	g kg ⁻¹ TM	96,0 ^b	97,8 ^a	97,5	97,9	96,8	96,7	96,0	96,8	97,9	95,5	2,84	0,011	0,655	0,183
	SEM	0,52	0,52	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01				
OM	g kg ⁻¹ TM	875 ^b	878 ^a	873 ^b	878 ^a	875 ^{ab}	878 ^a	877 ^{ab}	878 ^a	875 ^{ab}	877 ^{ab}	2,81	<0,001	0,010	0,071
	SEM	0,50	0,50	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99				
XP	g kg ⁻¹ TM	149	147	144	144	163	149	156	144	152	130	11,1	0,558	<0,001	0,352
	SEM	2,52	2,52	4,44	4,44	4,65	4,44	4,54	4,63	4,66	4,44				
XL	g kg ⁻¹ TM	19,1 ^b	21,0 ^a	18,4 ^{bc}	19,5 ^{abc}	20,8 ^{ab}	21,7 ^a	20,8 ^{ab}	21,0 ^{ab}	20,0 ^{abc}	18,2 ^c	1,53	<0,001	<0,001	0,895
	SEM	0,37	0,37	0,62	0,62	0,64	0,62	0,63	0,64	0,63	0,62				
XF	g kg ⁻¹ TM	282 ^a	252 ^b	255 ^{de}	262 ^{cde}	270 ^{bc}	283 ^{ab}	267 ^{cd}	290 ^a	252 ^e	257 ^{cde}	8,2	<0,001	<0,001	0,002
	SEM	1,65	1,65	3,10	3,10	3,20	3,10	3,15	3,20	3,20	3,10				
XX	g kg ⁻¹ TM	425 ^b	458 ^a	455 ^a	453 ^{ab}	421 ^c	424 ^c	434 ^{bc}	422 ^c	451 ^{ab}	472 ^a	11,9	<0,001	<0,001	0,094
	SEM	3,04	3,04	4,90	4,89	5,06	4,89	4,98	5,07	5,03	4,89				
NFC	g kg ⁻¹ TM	418 ^b	443 ^a	453 ^{ab}	436 ^{bc}	400 ^d	411 ^{cd}	423 ^{cd}	410 ^{cd}	432 ^{bc}	477 ^a	15,2	<0,001	<0,001	0,201
	SEM	3,49	3,49	6,01	6,01	6,21	6,01	6,11	6,22	6,17	6,01				
NDF	g kg ⁻¹ TM	523 ^a	509 ^b	484	515	525	549	510	552	488	506	14,7	<0,001	<0,001	0,031
	SEM	3,88	3,88	6,13	6,12	6,34	6,13	6,24	6,37	6,28	6,13				
ADF	g kg ⁻¹ TM	319 ^a	291 ^b	287 ^{cd}	303 ^{bc}	321 ^{ab}	322 ^{ab}	304 ^{bc}	326 ^a	298 ^{cd}	279 ^c	11,6	<0,001	<0,001	0,049
	SEM	2,97	2,97	4,79	4,78	4,95	4,79	4,87	4,97	4,91	4,78				
ADL	g kg ⁻¹ TM	40,0 ^a	36,7 ^b	36,3 ^{bc}	36,9 ^{bc}	35,5 ^c	43,3 ^a	39,1 ^{abc}	44,0 ^a	42,3 ^{ab}	29,4 ^d	3,53	0,001	<0,001	0,438
	SEM	1,10	1,10	1,59	1,59	1,64	1,59	1,61	1,65	1,62	1,59				
ME	MJ ME kg ⁻¹ TM	9,11 ^b	9,53 ^a	9,40 ^{ab}	9,39 ^{ab}	9,30 ^{bc}	9,15 ^{cd}	9,36 ^{ab}	9,05 ^d	9,51 ^a	9,40 ^{ab}	0,12	<0,001	<0,001	0,003
	SEM	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04				
NEL	MJ NEL kg ⁻¹ TM	5,36 ^b	5,67 ^a	5,58 ^{ab}	5,56 ^{ab}	5,49 ^{bc}	5,38 ^{cd}	5,54 ^{ab}	5,31 ^d	5,65 ^a	5,58 ^{ab}	0,08	<0,001	<0,001	0,002
	SEM	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03				
P	g kg ⁻¹ TM	2,90	2,87	2,68	2,97	2,87	3,02	2,79	3,05	2,92	2,77	0,17	0,466	0,002	0,205
	SEM	0,05	0,05	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07				
K	g kg ⁻¹ TM	30,5 ^a	29,1 ^b	28,8 ^{ab}	28,6 ^b	31,6 ^a	29,8 ^{ab}	29,9 ^{ab}	31,3 ^{ab}	29,3 ^{ab}	28,8 ^{ab}	1,84	0,004	0,009	0,143
	SEM	0,33	0,33	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65				
Ca	g kg ⁻¹ TM	7,66	7,26	9,74 ^a	7,29 ^{ab}	6,52 ^b	6,73 ^b	8,40 ^{ab}	6,39 ^b	7,19 ^{ab}	7,45 ^{ab}	1,61	0,326	0,004	0,479
	SEM	0,32	0,32	0,61	0,61	0,62	0,61	0,62	0,62	0,62	0,61				
Mg	g kg ⁻¹ TM	2,63	2,71	2,86 ^a	2,57 ^a	2,57 ^a	2,52 ^a	2,91 ^a	2,52 ^a	2,78 ^a	2,62 ^a	0,31	0,340	0,065	0,626
	SEM	0,05	0,05	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11				
S	g kg ⁻¹ TM	2,75 ^b	2,84 ^a	3,02	2,75	2,79	2,81	2,71	2,69	2,78	2,78	0,12	0,004	<0,001	0,102
	SEM	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04				
Na	mg kg ⁻¹ TM	413	342	778 ^a	249 ^b	478 ^b	253 ^b	323 ^b	261 ^b	345 ^b	332 ^b	162	0,088	<0,001	0,986
	SEM	39	39	64,8	64,8	66,8	64,8	65,9	67,0	66,4	64,8				
Cu	mg kg ⁻¹ TM	5,87	5,92	6,19 ^a	5,73 ^{ab}	6,34 ^a	6,26 ^a	6,35 ^a	5,73 ^{ab}	5,80 ^{ab}	4,75 ^b	0,68	0,736	<0,001	0,236
	SEM	0,12	0,12	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24				
Mn	mg kg ⁻¹ TM	120	122	89,8 ^{cd}	110 ^{bc}	101 ^{bc}	166 ^a	126 ^b	174 ^a	109 ^{bc}	93,4 ^c	13,3	0,571	<0,001	0,004
	SEM	2,66	2,66	5,36	5,52	5,36	5,36	5,52	5,35	5,36	5,52				
Zn	mg kg ⁻¹ TM	25,5	25,7	29,2 ^a	26,2 ^{ab}	25,3 ^{ab}	26,8 ^{ab}	25,7 ^{ab}	25,4 ^{ab}	24,2 ^{ab}	22,1 ^b	3,6	0,888	0,052	0,975
	SEM	0,66	0,66	1,36	1,38	1,36	1,36	1,38	1,36	1,36	1,38				
Fe	mg kg ⁻¹ TM	446	274	283	369	278	275	765	273	207	429	371	0,071	0,165	0,075
	SEM	87,4	87,4	148	148	152	148	150	153	151	148				

In Abbildung 9 und 10 sind die ME-Gehalte der Variante 1 und 2 für die einzelnen Aufwüchse dargestellt.

Im ersten Aufwuchs in Variante 1 unterschieden sich die Mischungen nicht (Abbildung 9). Im zweiten Aufwuchs lag der ME-Gehalt von Mischung 3 (8,93 MJ ME/kg TM) am höchsten. Ein signifikant abgesicherter Unterschied ergab sich nur zur Mischung 8 (8,54 MJ ME/kg TM). Mit 9,37 MJ ME/kg TM lag der Energiegehalt der Mischung 7 im dritten Aufwuchs numerisch am höchsten und konnte sich als einzige signifikant von anderen Mischungen unterscheiden (Mischung 3, 4, 5 und 6 mit jeweils 9,02, 8,88, 9,00 und 8,81 MJ ME/kg TM).

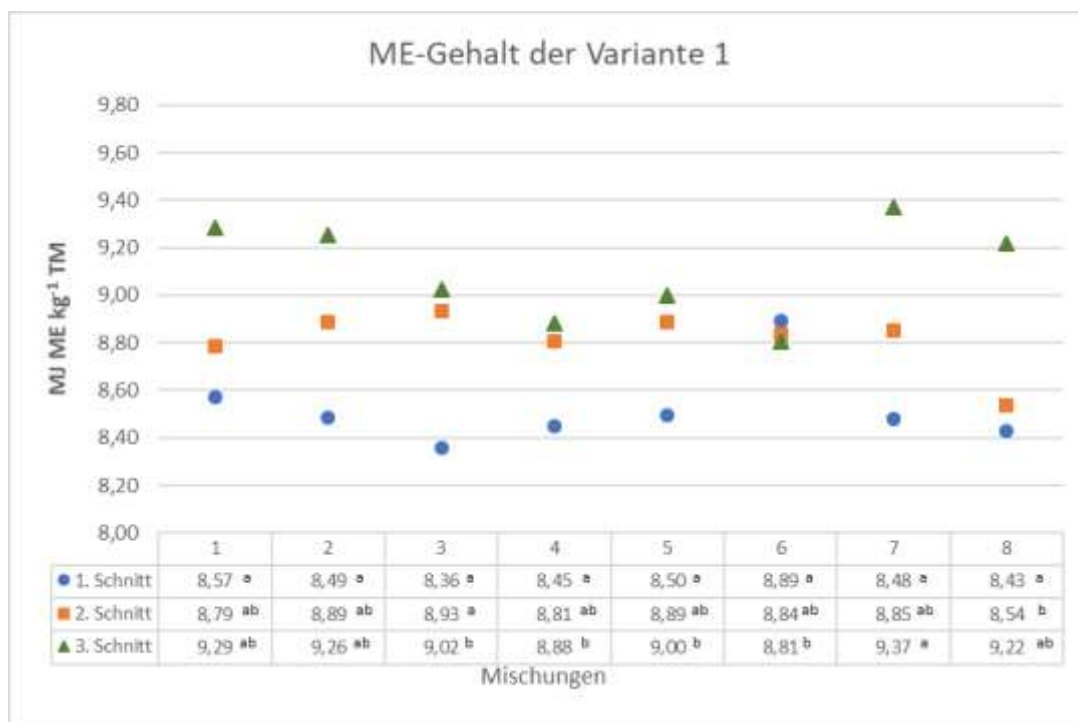


Abbildung 9 Energiegehalte für alle Nutzungstermine der Variante 1 (bewässert)

In den ersten beiden Aufwüchsen gab es nur numerische Unterschiede im Energiegehalt der Variante 2 (Abbildung 10). Im letzten Aufwuchs erreichte Mischung 5 mit 9,71 MJ ME/ kg TM numerisch den Höchstwert.

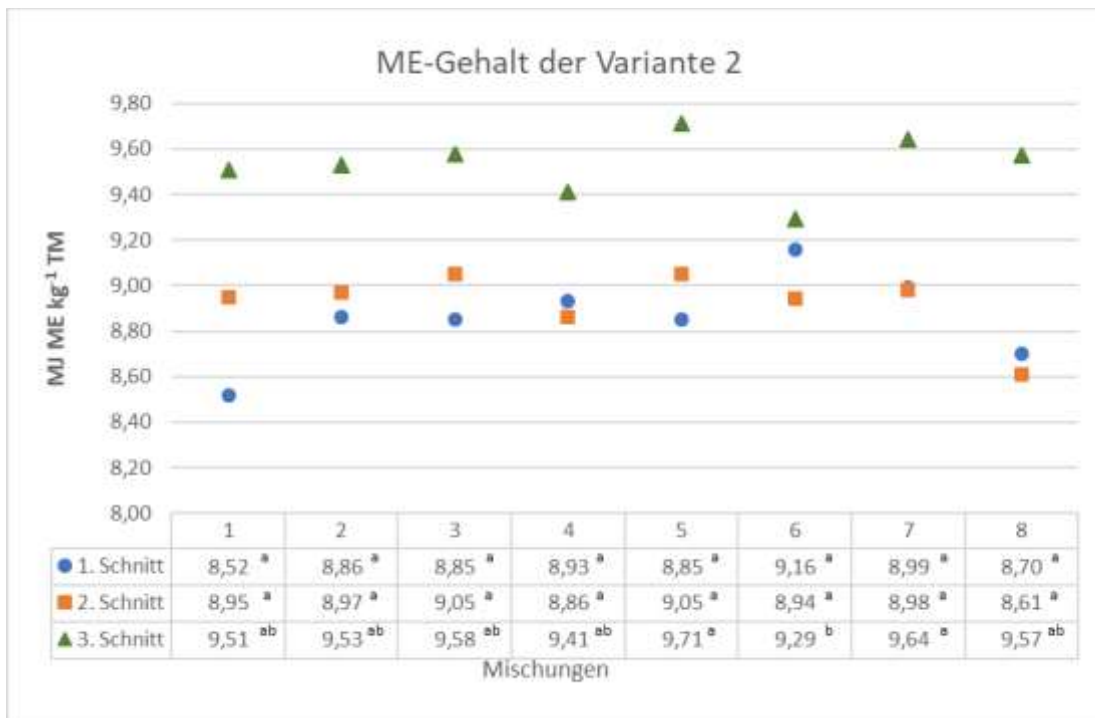


Abbildung 10 Energiegehalte für alle Nutzungstermine der Variante 2 (nicht bewässert)

In Abbildung 11 ist erkennbar, dass im ersten Aufwuchs Mischung 6 den höchsten XP-Gehalt mit 151 g XP/kg TM erreichte, sich allerdings nur von Mischung 8 (99 g XP/kg TM) signifikant unterschied. Im zweiten Aufwuchs lag der XP-Gehalt der Mischung 8 mit 90 g/kg TM wieder am niedrigsten. Im dritten Aufwuchs lieferte Mischung 3 den höchsten Gehalt (166 g XP/kg TM) und unterschied sich als einzige signifikant abgesichert von Mischung 8 mit dem niedrigsten Gehalt (129 g XP/kg TM).

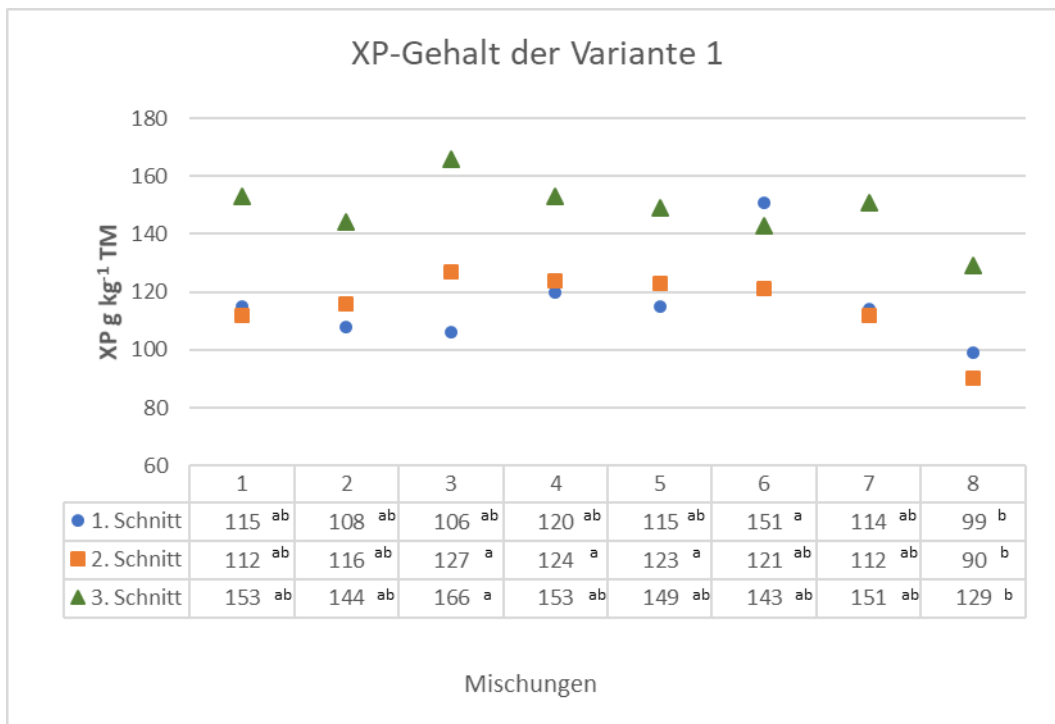


Abbildung 11 Rohproteingehalt für alle Nutzungstermine in der Variante 1

In Variante 2 gab es in den ersten zwei Aufwüchsen keine signifikanten Unterschiede im Rohproteingehalt (Abbildung 12). Im letzten Aufwuchs lag der XP-Gehalt von Mischung 5 mit 164 g/kg signifikant höher als der Gehalt von Mischung 8 (130 g XP/kg TM). Die restlichen Mischungen zeigten keine signifikanten Differenzen.

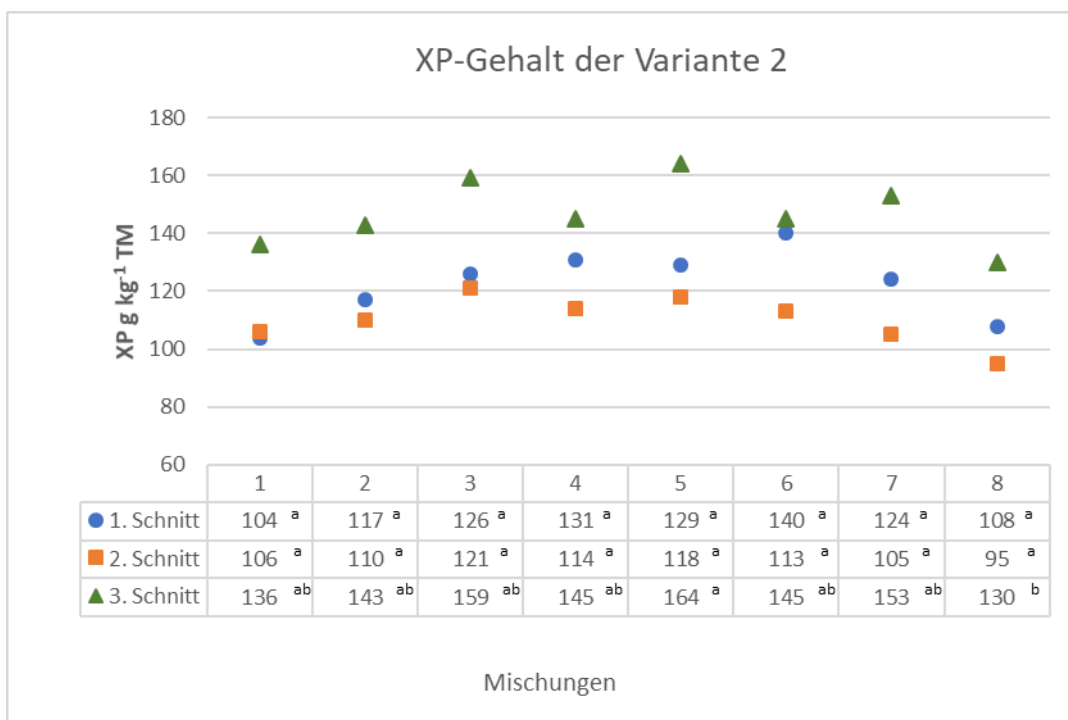


Abbildung 12 Rohproteingehalt für alle Nutzungstermine in der Variante 2

5 Diskussion

Die Diskussion behandelten die beiden in dieser Arbeit durchgeführten Versuche. Die Ergebnisse des empirischen Teils werden folgend anhand der anfänglich aufgestellten Forschungsfragen diskutiert.

5.1 Mastversuch

- Welche Flächenleistung und Tageszunahmen können mit Fleischrindern von zwei unterschiedlichen Feldfutterbeständen mittels Mob Grazing erzielt werden?

In diesem Versuch wurde eine Ochsenendmast auf zwei unterschiedlichen Weidebeständen mit Mob Grazing durchgeführt. Das Alter der Versuchstiere betrug zu Weidebeginn in Gruppe 1 und 2 jeweils 450 Tage und 436 Tage und weideten für 168 Tage. Trotz ausgeprägter Trockenheit konnten in beiden Gruppen, während der 168 tägigen Beweidung, Zunahmen von 620 g (Gruppe 2) bis 724 g (Gruppe 1) erreicht werden. Gruppe 1 schnitt dabei signifikant besser ab.

Die Weideführung in beiden Gruppen wurde exakt gleich umgesetzt. Die signifikanten Unterschiede sind somit höchstwahrscheinlich auf das Ertragspotenzial der Mischung 1 zurückzuführen. Die dafür verwendete Standardmischung schnitt auch im Parzellenversuch (Mischung 1) signifikant am besten ab. Hoher Ertrag bei vergleichsweise noch guter Qualität zeichnete diese Mischung aus. Es ist somit naheliegend, dass auch auf der Weide durch die Mischungszusammensetzung erhöhte Leistungen erbracht wurden. Für den Weideversuch wurde allerdings noch Luzerne ergänzt, da diese auch in Mischung 2 enthalten war. Zusätzlich wurde in beiden Mischungen Esparsette gleichwertig ergänzt. Der insgesamt Leguminosenanteil lag in Mischung 1 in der Aussaatstärke etwas höher. Den größten Unterschied stellen allerdings die enthaltenen Futterkräuter *Cichorium intybus* und *Plantago lanceolata* in Mischung 1 dar. Nach eigener subjektiver Einschätzung lag der Kräuteranteil in der Weide deutlich über den Anteil im Parzellenversuch. Möglicherweise führte dies zu den erhöhten Tageszunahmen. Ein generelles gutes Wachstumspotenzial dieser Futterkräuter konnte in Neuseeland in einigen Studien aufgezeigt werden. Auf Grund ihrer erhöhten Trockenheitstoleranz liefern solche Kräuterbestände vor allem im Sommer höhere Tageszunahmen und Hektarleistungen, verglichen mit Raygras/Weißkleewiden (Cranston et al., 2015a).

Trotz dieser erhöhten Leistung in Gruppe 1 ist beim Vergleich dieser Ergebnisse mit anderen Weidemastversuchen klar erkennbar, dass in den klassischen Weide- und Dauergrünlandstandorten im deutschsprachigen Raum deutlich höhere Zunahmen erreicht werden können. Auf Dauerweiden, am Bio-Institut der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, wurde (mit 24 Ochsen) ein Leistungsniveau von 967 und 897 g/Tag in der ersten und zweiten Weideperiode erreicht (Steinwider et al., 2019). In der Schweiz konnten in den ersten Weidemonaten auf Raygras und Rohrschwingel betonten Ackerweiden Tageszunahmen von über 1000 g erzielt werden. Wobei die Leistung, bezogen auf den gesamten Versuch, 760-855 g/Tag betrug (Roth et al., 2011). Die sinkenden Leistungen im Verlauf dieser Mastversuche sind auf den

steigenden Erhaltungsbedarf von älteren Tieren zurückzuführen. Dies muss bei der Interpretation dieser Arbeit ebenfalls berücksichtigt werden, da die Tiere für eine Endmast auf die Weide kamen und deren Alter bereits 436 Tage (Gruppe 2) und 450 Tage (Gruppe 1) betrug. Auf geringwertigen Standorten mit älteren Tieren befinden sich die Leistungen daher häufig nur im untersten Bereich, wie die Arbeit von Kronaus (2015) aufschlussreich zeigte, indem Masttiere nur Tageszunahmen von 265-330 g erreichten.

Betrachtet man die in dieser Arbeit erbrachten Zunahmen, zeigt sich, im Vergleich zur internationalen Literatur für Mob Grazing, ein gänzlich anderes Bild. Das festgestellte Leistungsniveau war deutlich höher, wie in einem 8-jährigen Dauerweideversuch in einem Trockengebiet in Nebraska gezeigt wurde (Redden, 2014; Shropshire, 2018). Mit Mob Grazing und einer einmaligen Nutzung pro Jahr konnten nur Leistungen von minus 130 bis 440 g/Tag erreicht werden. Flächen mit vier Koppeln und einer zweimaligen Beweidung pro Jahr (4PR2) konnten hingegen signifikant höhere Zunahmen von 500 bis 930 g/Tag erreichen. Die Koppelvariante mit ebenfalls nur einer Nutzung (4PR1), wie bei Mob Grazing, erzielte in fünf von sieben Jahren signifikant höhere Tageszunahmen als die Mob Grazing Variante. Im Jahr 2015 wurden die niedrigsten Leistungen in dieser Arbeit verzeichnet. In der 4PR1 Gruppe konnten in diesem Jahr nur Tageszunahmen von 80 g/d erreicht werden. Bei den Tieren in der Mob Grazing Gruppe kam es sogar zu einem Gewichtsverlust von 130 g/d. Nur die Gruppe 4PR2 zeigte keinen Leistungseinbruch (580 g/d). Auffällig ist in dieser Studie, dass die Daten für das Jahr 2010 nicht verwendet wurden, da neun Ochsen in der Variante 4PR1 und zwei Ochsen in der Mob Grazing Variante aus unerklärlichen Gründen verendeten. In den 4PR2 Weiden verendete hingegen kein einziges Tier (Redden, 2014; Shropshire, 2018). Da der Grund der starken Ausfälle der Mastochsen von den Studienautoren nicht geklärt werden konnte, ist es nicht auszuschließen, dass die Ursachen auch mit den niedrigeren Leistungen in den Gruppen Mob Grazing und 4PR1 zusammenhängen. Die erhöhten Tageszunahmen in der Gruppe 4PR2 sind wahrscheinlich auf die höhere Futterqualität, den geringeren Weidedruck und die besseren Möglichkeiten für ein selektives Weiden zurückzuführen (Johnson, 2012). Betrachtet man hingegen die Mob Grazing Gruppe, zeigt sich ein gegenteiliger Effekt. Durch die Umsetzung von Mob Grazing stieg der Anteil an getrampeltem Futter und somit sank die Pflanzenmasse, die noch für die Futteraufnahme bereitstand. Dadurch konnte nur etwa 30 % des vorhandenen Futters tatsächlich von den Mastochsen aufgenommen werden, da im Durchschnitt 70 % des Pflanzenbestandes niedergetrampelt oder nicht gefressen wurde. In diesem Versuch entsprach die Futteraufnahme somit nur 53 % des benötigten Bedarfs. Diese limitierte Futteraufnahme, auf Grund des hohen Anteiles an getrampeltem Futter, und der hohe Weidedruck sind laut Autoren auch eine mögliche Erklärung für die geringen Leistungen (Redden, 2014; Johnson, 2012). Johnson (2012) gibt daher in seiner Arbeit auch zu bedenken, dass für Empfehlungen die Nutzung und Produktionsdynamik zwischen Mob Grazing und Koppelweiden genauer untersucht werden sollten.

Die niedrigen Leistungen in der Langzeitstudie in Nebraska decken sich mit den Angaben von 21 % der von Gompert (2010) befragten Mob Grazing PraktikerInnen. Dennoch wird berichtet, dass 58 % der Betriebe keine Änderung bei den Zunahmen feststellen konnten, während 21 % die Leistungen steigern konnten. Diese unterschiedlichen Ergebnisse sind womöglich auf die betriebsindividuelle Umsetzung von Mob Grazing zurückzuführen. Laut Peterson (2010), einem landwirtschaftlichen Berater und Landwirt, sind auch mit Mob Grazing bessere Zunahmen zu erreichen, soweit ein gutes Herden- und Weidemanagement praktiziert wird. Allerdings sind sich

PraktikerInnen einig, dass gute Zunahmen nur durch eine ständige Beobachtung von Futteraufnahme, Futterqualität und Tiergesundheit erreicht werden können (Gompert, 2010; Peterson, 2010; Thomas, 2012; Kidwell, 2011). Johnson (2012) gibt in seiner Arbeit zusätzlich zu bedenken, dass genau abgewogen werden muss, wann ein Bestand beweidet werden soll. Dazu gilt es nicht nur Standort und Pflanzenart zu berücksichtigen, sondern auch die Tiere müssen beobachtet werden. Vor allem die Ernteeffizienz spielt hierbei eine große Rolle, wie Thomas (2012) in einer Interviewzusammenfassung einiger Experten festhält. Denn viele Betriebe versuchen in wenigen Stunden eine Futterverwertung von 70-80 % zu erreichen. Diese hohe Verwertung ist zielstrebig. Doch darf, laut den erfahrenen Mob Grazing Praktikern, dadurch die tägliche Gesamtfutteraufnahme nicht zu niedrig ausfallen, um Leistungseinbußen zu verhindern (Thomas, 2012). Ein solches Szenario ist in der Arbeit von Andrade et al. (2022) aufgetreten und ist womöglich für die geringen Leistungen in der Mob Grazing Gruppe verantwortlich. In der Zusammenfassung der Langzeitstudie in Nebraska konnte gezeigt werden, dass die Futteraufnahme bei Mob Grazing niedriger lag als in den Koppelweiden, obwohl eine Futterverwertung von 90,7 % erreicht wurde. Bei den zwei unterschiedlichen Rotationsweiden lag die Verwertung bei nur 81,9 bzw. 63,8 % (Andrade et al., 2022).

Eine hohe Futterverwertung ist somit nicht automatisch mit einer hohen Futteraufnahme gleichzusetzen. Zudem kann der Anteil an gefressenem Futter zwischen den Jahren stark schwanken, wie die Ergebnisse von Reed et al. (2019a) deutlich zeigen. Im Jahr 2013 wurde bei einer Futterverwertung von 80 %, 62 % des Futters gefressen (1.800 kg/ha). Im darauffolgenden Jahr lag der Ertrag höher, dennoch wurde bei einer ähnlich hohen Futterverwertung (75 %) nur 1600 kg/ha gefressen. Dies entspricht, trotz höherem Biomasseangebot und gleicher Mob Grazing Gruppe, nur einer Aufnahme von 34 %, bezogen auf das zur Verfügung stehende Futter. Somit ist in dieser Arbeit ersichtlich, dass bei größerem Futterangebot nicht automatisch mehr Futter gefressen wird. Diese möglichen Unterschiede in der Futteraufnahme gilt es zu berücksichtigen, damit die Menge an gefressenen Weidepflanzen immer hoch genug bleibt. Somit ist das Risiko von geringen Zunahmen minimiert, da stets genügend Futter aufgenommen werden kann. Daher verweist auch Peterson (2010) darauf, dass es wichtig ist eine Balance zwischen hohen Besatzdichten und guten Tageszunahmen zu finden.

In der Studie von Guretzky et al. (2020) konnte gezeigt werden, dass hohe Besatzdichten einen Vorteil mit sich bringen. Der Anteil an totem noch stehendem Pflanzenmaterial war bei intensivem Mob Grazing signifikant um 179 % niedriger als in der Variante mit niedrigeren Besatzdichten. Die Beweidung mit niedrigen Besatzdichten führte somit zu einer ungleichmäßigen Nutzung des Pflanzenbestandes. Mögliche langfristige Auswirkungen einer solchen Nutzung wurden allerdings in dieser Studie nicht untersucht. Dies sollte zukünftig Gegenstand von Langzeitstudien sein, da der Vorteil einer gleichmäßigen Nutzung, durch hohen Weidedruck, nicht berücksichtigt wurde.

Der durch die erhöhten Besatzdichten steigende Fressdruck führt zu einem eingeschränkten selektiven Fressverhalten. Zwischen den Rindern entsteht eine Konkurrenz, die dazu führt, dass Pflanzen gefressen werden, die sonst verschmäht bleiben würden (Reed et al., 2019b). Dieser Aspekt sollte im Hinblick auf Mob Grazing nicht vernachlässigt werden, da mehr Tiere pro Fläche gehalten und die Gesamtzunahmen pro Hektar erhöht werden können. Bei höherem Fressdruck sinken zwar die Tageszunahmen der Einzeltiere, die Flächenleistung kann hingegen

ansteigen (Smart et al., 2010; McDonald, 2008; Manley et al., 1997; Klapp, 1971). Das solch ein Ansatz vor allem bei Mob Grazing sinnvoll erscheint, kann in dieser Masterarbeit gezeigt werden. Wie angeführt, erreicht die Mastherde in dieser Arbeit nur geringere Tageszunahmen als in Dauergrünlandgunstlagen. Nichtsdestotrotz sind die Leistungen pro Fläche konkurrenzfähig. Daraus folgend, sollte man bei Mob Grazing auf hohe Hektarleistungen abzielen und diese Weidestrategie auf dieser Basis (kg LM/ha) mit anderen Weideformen vergleichen.

Mit der umgesetzten Weideführung in der vorliegenden Arbeit betragen die Flächenleistungen 467 und 400 kg/ha in Gruppe 1 und 2. Somit konnten Mastendgewichte von 549 bzw. 532 kg Lebendmasse für Gruppe 1 und 2 mit einem durchschnittlichen Alter von jeweils 618 und 604 Tagen erreicht werden. Ähnliche hohe Flächenleistungen konnten in anderen Trockengebieten mit Koppelweiden erzielt werden. In Argentinien wurden bei landesüblichen Rastzeiten, mit 304 bis 311 kg schweren Ochsen, Flächenleistungen von 458-464 kg LM/ha erreicht. Mit angepassten und nur im Frühjahr/Sommer verkürzten Rastzeiten konnten die Leistungen allerdings auf 579-643 kg LM/ha erhöht werden (Berone et al., 2020). In einer regenreichen Region Argentiniens wurden ähnliche Hektarleistungen auf einjährigen Raygrasflächen von 267 bis 411 kg LM erzielt (Planisich et al., 2020). In Utah, einem Trockengebiet in den USA (460 mm Jahresniederschlag), konnten auf bewässerten Weiden mit Rohrschwengel/Luzerne bzw. Rohrschwengel/Hornklee Flächenleistungen von jeweils 646 LM kg/ha und 733 kg LM/ha erzielt werden. Die 304 bis 381 kg schweren Ochsen nahmen dabei pro Tag jeweils 670 bzw. 730 g zu (Waldron et al., 2019). Betrachtet man Dauergrünlandregionen in Österreich können mit Jungochsen ähnlich hohe Flächenleistungen erreicht werden. In der Studie von Steinwidder et al. (2019) konnten, bezogen auf den gesamten Versuch, durchschnittliche Flächenleistungen von 570 kg LM/ha erreicht werden. Je nach Aufwuchshöhe der umgesetzten Kurzrasenweide betrug der LM-Zuwachs je Hektar 614-740 kg in der ersten Weideperiode. Im nächsten Jahr sanken die Leistungen in der Weidesaison auf 333-507 kg LM/ha (Steinwidder et al., 2019). Dies ist auf geringere Tageszunahmen auf Grund des steigenden Erhaltungsbedarfs im Mastverlauf zurückzuführen. Berücksichtigt man also das Alter und vergleicht die Hektarleistungen, dann ist Mob Grazing, mit den in dieser Arbeit erzielten Leistungen, durchaus mit intensiven Weidesystemen in niederschlagsreichen Regionen konkurrenzfähig.

Eine Erklärung dafür, dass in einigen Mob Grazing Studien deutlich geringere Zunahmen erreicht wurden, könnte nicht nur den schlechteren Standorten, sondern auch der Methodik und der Weideumsetzung in diesen Arbeiten geschuldet sein (Mesleard et al., 2017; Tracy & Bauer, 2015). In der Arbeit von Tracy & Bauer (2015) wurden beispielsweise nur acht Tiere je Herde und nicht einmal eine Besatzdichte von 50.000 kg/ha eingesetzt. Zusätzlich wurde kein Ruhedraht aufgestellt. Dies bedeutet, dass bereits beweidete Flächen hinten nicht mehr abgezäunt und somit eine Überweidung dieser Flächen nicht verhindert wurde. Damit wurde die wichtige Weideruhe eingeschränkt. Zusätzlich geht aus der Arbeit hervor, dass nur die Tiere in der Gruppe Standweide, in den Wintermonaten dieses Versuches, ergänzend zur Heufütterung, Zugang zur Weide hatten. Dadurch konnten die Tiere in dieser Gruppe im Frühjahr schon junge Graspflanzen fressen, während die Gruppe Koppelweide und die Mob Grazing Gruppe nur Heu gefüttert bekamen und auch nicht so gut an das weiden angewöhnt waren.

Redden (2014) verweist darauf, dass Studien öfters daran scheitern, tatsächliche praktische Größenordnungen nachzustellen. Dies könnte ein Grund für

unterschiedliche Ergebnisse zwischen wissenschaftlichen Studien und praktischen Durchführungen bzw. Erfahrungen auf Betrieben, speziell bei Mob Grazing, sein. Im Versuch von Redden (2014) wurden 26-36 Ochsen verwendet, während PraktikerInnen häufig 100 bis 1.000 Tiere in einer Herde halten. Somit wird empfohlen Studien erneut, aber mit dem Einbezug von Mob Grazing PraktikerInnen, durchzuführen. Auch Wagner et al. (2023) gibt dies in seiner Studie zu bedenken, da die praktische Anwendung von Mob Grazing nicht immer optimal in Versuchsanstellungen umgesetzt werden (beispielsweise hohe Besatzdichten und eine kurze Beweidungsdauer). Mit reduktionistischen naturwissenschaftlichen Ansätzen ist es somit durchaus schwierig, Effekte von Weidestrategien wie Mob Grazing zu erforschen. Daher sollten Mob Grazing-Weidemanagementpraktiken generell in einer größeren Skalierung untersucht werden. Auch die Weidephase sollten vom Pflanzenwachstum und nicht vom Kalenderdatum abhängig sein (Barnes et al., 2008). Wie Teague et al. (2018) in ihrer Arbeit darstellten, unterscheiden sich in vielen Studien die zu untersuchenden Weidesysteme nur kaum. Daher kommt es beispielsweise auch zu keinen gravierenden Unterschieden bei Vergleichen von Standweiden und adaptiven Umtriebsweiden (AMP).

Auch in der vorliegenden Arbeit kam es zu Herausforderungen, die dem Versuch und nicht der praktischen Mob Grazing Umsetzung des Betriebes geschuldet waren. Die Rastzeiten, auf beiden Versuchsflächen, waren ortsüblich geplant (30-40 Tage) und sollten im Laufe der Vegetationszeit für Mob Grazing noch verlängert werden. Dies gelang auf Grund der erwähnten Trockenheit nicht. Da der geringere Futterzuwachs versuchsbedingt nicht durch eine Vergrößerung der Fläche oder durch Abstocken des Tierbestandes kompensiert werden konnte. Aus diesem Grund fielen die Rotationen kürzer aus als geplant. Auf Grund der Dürrephase am Beginn der Vegetationszeit gestaltete sich, untypischerweise, die erste Rotation als die Längste (44 Tage). Am Beginn der Weidesaison wurde die Futterfläche stark reduziert, um den restlichen Bestand möglichst lange zu schonen und das ohnehin wenige Futter effizient zu nutzen. Die Trockenheit im Sommer lies eine weitere Verlängerung der Rastzeiten allerdings auf Grund einer Futterknappheit nicht mehr zu. Verglichen mit einigen Angaben in der Literatur von bis zu 365 Tagen, scheinen die Rastzeiten von dieser Masterarbeit als sehr kurz (Andrade et al., 2022; Roberts & Jonson, 2021; Howell, 2008). Zu berücksichtigen ist, dass Mob Grazing in Trockengebieten, häufig in Nordamerika, angewendet wird (Sangjan et al., 2022; Andrade et al., 2022; Roberts & Johnson, 2021; Billman et al., 2020; Reed et al., 2019b; Gurda, 2014; Thomas, 2014; Humerickhouse, 2014; Omokanye et al., 2018). In diesen Regionen sind längere Rastzeiten generell nötig, da viele dürreresistente Arten deutlich längere Ruhephasen brauchen als die Arten, die auf Dauerweiden in Gunstlagen vorkommen (Ryser & Urbas, 2000). Hinzukommt, dass es bei Mob Grazing ein Ziel ist lange Rastzeiten strategisch anzuwenden (Gurda et al., 2018; Strickler, 2019; Howell, 2008; Wilkinson et al., 2016). Jedoch gibt es in der Praxis auch, je nach Betrieb und Standort, größere Spannbreiten. Im mittleren Westen der USA verwenden zwei Drittel von Befragten PraktikerInnen Ruhephasen von 31 bis 60 Tagen (Gurda, 2014). In niederschlagsreichen Regionen, wie Großbritannien, sind Rastzeiten hingegen etwas kürzer. Angaben reichen von 16-56 Tagen (Wagner et al., 2023; Zaralis, 2015; Trickett & Warner, 2022). Dies ist wohl auf die weniger extensive Weideführung, mehr Niederschlag und einen anderen Pflanzenbestand zurückzuführen. In den erwähnten Mob Grazing Versuchen in Großbritannien werden auch artenreichere Bestände, anstatt der üblichen Raygrasweiden genutzt (Wagner et al., 2023; Zaralis, 2015; Trickett & Warner, 2022). Im Praxisleitfaden von Wilkinson et al. (2016) wird auch

darauf hingewiesen, dass eine Anpassung des Pflanzenbestandes Sinn macht, um mit längeren Rastzeiten höhere Aufwüchse zu erreichen, wie es mit Raygrasbeständen nicht möglich wäre. Generell gilt die Dauer der Rastzeiten so strategisch wie das Mob Grazing selbst einzusetzen und stets an den Standort und Pflanzenbestand anzupassen (Voisin & Lecomte, 1962; persönliche Mitteilung Dennis, 08.07.2017). Dies zeigt, dass die Erfahrung der BetriebsleiterInnen von großer Bedeutung und ein flexibles Management nötig ist. Rastzeiten sollten somit nicht nach Vorgaben umgesetzt werden, sondern immer standortgerecht angepasst werden.

Trotz kürzerer Rastzeiten konnten die Ziele der Arbeit erreicht werden. Niederschläge, nach der Dürrephase am Beginn der Weidesaison, führten zu einem guten Aufwuchs. Dadurch war am Ende der ersten Rotation und im Laufe des zweiten Aufwuchses eine größere Futtermenge vorhanden, die gezielt für den Aufbau einer Mulchschicht niedergetrampelt wurde. Für dieses Vorhaben wird in der Literatur (Volesky et al., 2014) sowie in vielen Praxisberichten die Bedeutung der Koppelform und der Vorteil großer Herden erwähnt (Gerrish, 2004, Howell, 2008, persönliche Mitteilung Dennis, 08.07.2017; Salatin, 1995, Voisin & Lecomte, 1962). Dies konnte in dieser Arbeit nach eigener subjektiver Einschätzung bestätigt werden. Eine Herdendynamik konnte mit der geringen Herdengröße ($n = 20$) in dieser Arbeit nicht zufriedenstellend erreicht werden. Ein besonderes Augenmerk wurde somit auf die Höhe der Besatzdichte und Koppelform gelegt und dementsprechend angepasst, um den gewünschten Trampeleffekt zu erreichen. Die Besatzdichten reichten von 130.000 bis 264.000 kg LM/ha und waren somit höher als von anderen StudienautorInnen und PraktikerInnen angewendet (Wagner et al., 2023; Zaralis, 2015; Gurda, 2014; Tracy & Bauer, 2019; Reed et al., 2019a). Die Koppelform war flächenbedingt rechteckig. Um einen gezielteren Trampeleffekt zu erreichen wurde der Zaun bei einem Umtrieb nicht abgebaut, sondern nur ein kleiner Durchgang geschaffen. Subjektiv konnte dadurch ein Verhalten beobachtet werden, wie es bei der Anlage von schmalen und länglichen Koppeln beschrieben wird (Volesky et al., 2014; Gerrish, 2004; Voisin & Lecomte, 1962). Durch das veränderte Herdenverhalten und dem häufigerem Auf- und Abgehen der Weidekoppel konnte trotz geringer Herdengröße eine zufriedenstellende Mulchschicht, von etwa 50 % des vorhandenen Futters, erzeugt werden.

Weitere praxisorientierte Arbeiten sind von Nöten, um das Potenzial von Mob Grazing im Osten Österreichs zu erproben. Generell gilt, dass kein Weidesystem allen anderen überlegen ist (Hancock, 2010c). Landwirte und Landwirtinnen, die an Mob Grazing Interesse zeigen, sollten daher im Kleinen beginnen und testen wie sie diese Weideform auf ihrem Betrieb umsetzen können (Reed et al., 2019a). Häufig bringen BetriebsleiterInnen vor der Umsetzung von Mob Grazing schon viel Erfahrung im Weidemanagement mit sich und stellen erst langsam darauf um (Soder et al., 2012; Judy, 2008). Die von Thomas (2012) befragten Praktiker empfehlen daher nur auf 10 % eines Betriebes Mob Grazing zu testen. Dort sollte es dafür professionell umgesetzt werden.

5.2 Parzellenversuch

- Wie unterscheiden sich verschiedene Feldfuttermischungen hinsichtlich Mengen- und Qualitätsertrag bei simuliertem Mob Grazing und welche Effekte hat eine Bewässerung?

Um diese Fragen zu beantworten, wurde am selben Betrieb ein Parzellenversuch mit Feldfutterbeständen in zwei Blockanlagen (bewässert/unbewässert) durchgeführt. Die durchschnittlichen Jahreserträge, über den Mischungen hinweg, reichten dabei von 5.982 (Mischung 6) bis 9.928 kg TM/ha (Mischung 1). Dieses Ertragsniveau entspricht in etwa dem Ertragsmittel von ebenfalls in der Region Marchfeld durchgeführten Versuchen. Freyer et al. (2005) konnten in Raasdorf (413 mm) bei 13 untersuchten Luzernesorten einen sehr ähnlichen Durchschnittsertrag von 6.123 kg TM/ha feststellen. Allerdings sind je nach Versuchsjahr beachtliche Ertragsschwankungen möglich. Wie in den Studien von Pietsch et al. (2004; 2007) gezeigt wurde, sind Erträge von 4.160 bis 12.300 kg TM/ha möglich. Bei Friedel et al. (2016) wurden in Rutzendorf (516 mm), innerhalb von sechs Versuchsjahren, Luzerneerträge zwischen 4.000 und 14.000 kg TM/ha verzeichnet.

Das festgestellte Ertragsniveau im Osten Österreichs liegt, trotz geringer Niederschläge, im Durchschnitt etwas höher als in den meisten Regionen, in denen Mob Grazing Studien durchgeführt wurden. In Nebraska wurden im Versuch von Guretzky et al. (2020) im Jahr 2014 und 2015 mit Mob Grazing Erträge von 5.422 kg TM/ha erreicht und übertraf dennoch numerisch die Leistungen der zweiten Variante mit niedrigeren Besatzdichten (4.790 kg/ha). Auch in der Arbeit von Beckman (2014), ebenfalls in Nebraska durchgeführt, betrug die jährliche Biomasseakkumulation (im August gemessen) in keinen der untersuchten Varianten über 5.000 kg TM/ha/Jahr. Auf zwei unterschiedlichen Standorten in Wisconsin wurden mit Mob Grazing Erträge von 5.809-9.160 kg TM/ha und 4.524-8.368 kg TM/ha erreicht (Gurda, 2014). In dieser Arbeit wurde somit durch Mob Grazing eine Produktionssteigerung von 24-76 % erreicht, verglichen mit Rotationsweiden in den Kontrollgruppen (Gurda, 2014). Auch wenn manche Mischungen in der vorliegenden Arbeit teilweise nur gleich hohe Erträge wie in diesen zitierten Untersuchungen erreichten, muss darauf hingewiesen werden, dass die relativ hohen Erträge in den Mob Grazing Gruppen höchstwahrscheinlich nur durch eine Biomasseakkumulation über sehr lange Rastzeiten erreicht wurden. Da nur eine einmalige (Beckman, 2014; Guretzky et al., 2020) oder zweimalige Nutzung (Gurda, 2014) pro Jahr durchgeführt wurde. Daraus lässt sich schließen, dass die Futterqualitäten nicht besonders hoch gewesen sein dürften. Dies würde auch die bereits erwähnten niedrigen tierischen Leistungen in diesen Mob Grazing Versuchen erklären.

In dieser Arbeit konnten deutlich höhere Erträge, auch bei dreimaliger Ernte, erzielt werden. Vor allem die beiden Mischungen 1 und 8 lieferten, auch signifikant abgesichert, die höchsten Erträge mit 9.928 und 9.650 kg TM/ha. Wobei sich die beiden Mischungen nur numerisch voneinander unterschieden. Eine mögliche Erklärung für das hohe Ertragspotential könnten die in beiden Mischungen vorkommenden Kräuter sein. Denn besonders der Einsatz von den beiden enthaltenen Arten, *Cichorium intybus* und *Plantago lanceolata*, stabilisiert und erhöht Erträge (Heshmati et al., 2020; Skinner, 2008). Dennoch ist zu bedenken, dass der Anteil dieser Arten in beiden Mischungen eher gering ausfiel. In Mischung 1 betrug die Summe des *Cichorium intybus*- und *Plantago lanceolata*-Anteils von der ersten bis zur

dritten Nutzung nur 6,8-12,6 %. Bei Mischung 8 entfiel der Anteil noch niedriger aus (2,5-5,3 %). Es ist allerdings bekannt, dass eine Vielfalt von Arten und Sorten zu einem Diversitätseffekt führt (Brophy et al., 2017). Weiters zeigen Studien aus verschiedenen Ländern (Irland, Schweiz, Deutschland), dass mehrere Arten und funktionelle Gruppen, wie in Mischungen 1 und 8, für eine bessere Trockenheitstoleranz und erhöhte Erträge sorgen (Komainda et al., 2020; Finn et al., 2018; Hofer et al., 2016). Diesen positiven Effekt auf den Ertrag konnte man auch in einem Versuch von Starz et al. (2024) bei nur 392 mm Jahresniederschlag erkennen. In Aderklaa, am selben Betrieb wie in dieser Arbeit, wurde ein weiterer Versuch angelegt, um kräuterreiche Feldfutterbestände auf ihre Trockenheitstoleranz zu überprüfen. Die Feldfutterbestände, mit dem Zusatz von Zichorie und Spitzwegerich, erzielten eine Ertragssteigerung von 36 %, bei einer zweimaligen Nutzung im Jahr 2022. Hierfür kann vor allem der starke erste Aufwuchs der Zichorie verantwortlich gemacht werden. Der Kräuterzusatz führte somit zu einem signifikanten Ertragsanstieg (6.224 kg TM/ha) im Vergleich zu den selben Mischungen ohne Kräuter (4.576 kg TM/ha). Doch nicht nur in Trockengebieten können diese Zuchtkräuter ihr Ertragspotenzial zeigen. Bei einer 9- bzw.10-maligen Weidenutzung in Neuseeland konnten artenreiche Weiden einen Ertrag von 15.200 kg TM/ha und Jahr erzeugen. Im Vergleich lag der Ertrag einer Raygrasweide bei 11.700 kg TM/ha und Jahr (Ruz-Jerez et al., 1991).

Eine weitere Gemeinsamkeit, der ertragreichen Mischungen 1 und 8, ist die enthaltene Gräserart *Festulolium*. Der *Festulolium*anteil blieb bei der Mischung 1 mit 37,9-34,3 % innerhalb des Versuchsjahres relativ konstant. Auch Mischung 8 zeigte ein ähnliches Bild mit einem Anteil von 45-48,5 %. Das hohe Ertragspotenzial von *Festulolium* konnte in der Arbeit von Graiss & Krautzer (2012) bestätigt werden. In Piber, mit durchschnittlich 881 mm Jahresniederschlag während des Versuchszeitraumes, konnte *Festulolium loliaceum* mit der Sorte Hycor den höchsten Ertrag mit 12.600-16.600 kg TM/ha erzielen. Das trockenheitstolerante Obergras *Dactylis glomerata* lieferte hingegen, je nach Sorte (Tandem, DG0025, Beluga), etwas niedrigere Erträge von 11.600-16.200 kg TM/ha. *Dactylis glomerata* wird gerne in Feldfutterbestände als Leitgras verwendet und dient häufig als Mischungspartner der Luzerne in Trockengebieten (Berendonk, 2013; Basigalup & Ustarroz, 2007). Das Horstgras gilt generell als ertragsstark und liefert sogar, speziell in trockenen Sommern, höhere Erträge als *Lolium perenne* (Brown et al., 2006). Das konkurrenzfähige Knaulgras konnte seinen Anteil in den Mischungen 3 und 4 jeweils von 3,1 und 26,5 % auf 49,6 und 64,0 % erhöhen. Die Erträge der klassischen Luzernegrasmischungen, trotz hohem Knaulgrasanteil, blieben in dieser Arbeit allerdings hinter den Erwartungen zurück. Die Luzernegrasmischungen 3 und 4 erreichten nur einen Biomassezuwachs von jeweils 8.413 und 7.932 kg TM/ha. In den Mischungen 5 und 6 wurde die Leguminose *Onobrychis viciifolia*, die für Trockenstandorte gut geeignet ist (Peel et al., 2004), ergänzt. Auch in diesen Mischungen setzte sich *Dactylis glomerata* durch und der Anteil stieg von 3,6 und 20,3 % auf 48,4 und 67,1 % für jeweils Mischung 5 und 6. Die vergleichbar geringeren Erträge dieser Mischungen könnten auch auf die niedrigen Leguminosenanteile (*Medicago sativa*, *Onobrychis viciifolia*) zurückzuführen sein, die sonst in Trockengebieten häufig für den Masseertrag sorgen. Bei den Luzernegrasmischungen belief sich der Leguminosenanteil, nach dem letzten Schnitt, nur auf 3,4 (Mischung 5) bis maximal 6,5 % (Mischung 3). Dies könnte auf die starke Konkurrenzfähigkeit von Knaulgras zurückzuführen sein (Fraser, 1994). Der Leguminosenanteil ist allerdings auch in Mischungen mit geringem Knaulgrasanteil ungewöhnlich niedrig. Da auch die Vorfrucht aus einem Luzernegras bestand, könnte eine mögliche Leguminosenmüdigkeit der Grund für die schlechte Etablierung

darstellen. Nichtsdestotrotz sind die Erträge, für diesen Standort, durchaus mit anderen Versuchen in der gleichen Region vergleichbar (Pietsch et al., 2004; Pietsch et al., 2007; Friedel et al., 2016). In der Ukraine, unter ebenfalls trockenen Bedingungen (569 mm), erreichte ein Luzernebestand ein höheres Ertragsniveau von 10.500-11.400 kg TM/ha (Gollner et al., 2016).

In niederschlagsreicheren Regionen können mit ähnlichen Mischungen ebenfalls höhere Erträge erzielt werden. Luzernegras konnte am Versuchsstandort Lambach der HBLFA Raumberg-Gumpenstein einen Ertrag von 10.879 kg TM/ha erwirtschaften (Starz et al., 2015). Am selben Standort (841 mm) wurden mit Luzerne- und Rotkleeergras Erträge von bis zu 16.414 kg TM/ha, durch eine niedrige Güllegabe (40 kg N/ha), erreicht (Starz et al., 2024). Auch in Bayern, bei 800 mm Jahresniederschlag, konnten solche hohe Erträge (16.500 kg TM/ha) mit einem Luzerne-Gras-Kräuterbestand geerntet werden (Braun et al., 2009). International sind auch noch höhere Erträge, selbst auf einem eher trockenen Standort (660 mm), möglich. In einem neuseeländischen Versuch, mit reinem Luzernebestand, konnte ein Ertrag von 20.000 kg TM/ha erreicht werden (Brown et al., 2003).

Onobrychis viciifolia erbringt laut Peel et al. (2004) niedrigere Erträge als die Luzerne, der erste Aufwuchs ist allerdings ertragsstärker. Dies konnte in dieser Arbeit, womöglich auf Grund der schlechten Esparsettenetablierung, nicht bestätigt werden. Die gleichen Mischungen, allerdings ohne Esparsette, lieferten in der Variante 1 (bewässert) für den ersten Aufwuchs signifikant höhere Erträge. Mischung 3 konnte einen signifikant höheren TM-Zuwachs erreichen (5.038 kg TM/ha), als die gleiche Mischung ohne Esparsette (Mischung 5 mit 3.711 kg TM/ha). Dasselbe Bild ergab sich bei Mischung 4, die einen signifikant höheren Ertrag erbrachte (4.880 kg TM/ha) als Mischung 6 (3.207 kg TM/ha). Doch auch in den nicht bewässerten Varianten konnten die Mischungen ohne Esparsette numerisch höhere Erträge erzielen. In den Folgeaufwüchsen kam es allerdings zu keinen signifikanten Unterschieden. Die durchschnittlichen Jahresgesamterträge beliefen sich auf 6.655 (Mischung 5) und 5.982 kg TM/ha (Mischung 6).

Betrachtet man die Durchschnitte aller Mischungen in den zwei Varianten (V1= bewässert; V2= unbewässert), dann ist klar ersichtlich, dass durch die zweifache Bewässerung bei V1 die TM-, XP- und ME-Jahreserträge im Mittel über alle eingesetzten Mischungen hinweg signifikant gesteigert werden konnten. Eine Steigerung von 35 % des TM-Ertrages, von 6.638 auf 8.965 kg/ha, konnte durch die Bewässerungsmaßnahmen erzielt werden. Der zusätzliche Wassereinsatz durch die Bewässerung lag in V1 bei 60 mm. Nur auf die eingesetzte Bewässerungsmenge bezogen ergibt sich eine Wassernutzungseffizienz (WUE) von 3,87 kg TM/m⁻³. Dies entspricht einer Steigerung des Jahres-TM-Ertrages, je Liter eingesetztem Wasser, um 3,87 g TM.

Eine Steigerung der Wassernutzungseffizienz konnte in der Arbeit von Peratoner et al. (2009) mit zunehmender Wasserknappheit beobachtet werden. Dies bedeutet, dass durch eine Bewässerung ein größerer Ertragszuwachs zu erwarten ist, je größer die Niederschlagsabweichung (Differenz zwischen dem verfügbaren Niederschlag im jeweiligen Jahr und dem gesamten langjährigen Niederschlag für den gleichen Zeitraum) ist. Daraus lässt sich der Schluss ziehen, je trockener eine Region ist, desto effizienter ist auch die Bewässerung.

Dennoch hängt die optimale Höhe einer Bewässerungsgabe vom Wetterverlauf, den Pflanzen- und Bodeneigenschaften, sowie vom Bewässerungszeitpunkt ab. Um mit

den zu Verfügung stehenden Wasserressourcen bewusst umzugehen, sollte nicht nur der Ertragszuwachs im Fokus stehen, sondern auch die Effizienz der eingesetzten Bewässerungsmenge (Peratoner & Thalheimer, 2022). In einer Südtiroler Arbeit konnte gezeigt werden, dass eine Erhöhung der Wassergaben nicht zwangsläufig zu erhöhten Erträgen führt. Vielmehr ist eine Bewässerung nach Bedarf anzustreben (Peratoner et al., 2009). Dies konnte auch in einer Schweizer Arbeit aufgezeigt werden. Die Bewässerung nach Bedarf (Wassergabe von 40 mm bei der Überschreitung von 300 mbar Saugspannung im Boden) erbrachte einen Mehrertrag von 1,15 kg TM/m⁻³ Wasser. Die Bewässerung nach fixem Turnus (20 bzw. 30 mm/Woche) von nur 0,5 und 0,8 kg TM/m⁻³ Wasser (Calame et al., 1992).

In der Arbeit von Raza (2010), ebenfalls im Marchfeld durchgeführt, konnten WUE Werte von 0,8 bis 8,7 kg TM/m⁻³ festgestellt werden. In dieser Studie wurden Ertragszunahmen bei Luzerne von 62 % und von 34 % im Jahr 2007 und 2008 erreicht, wobei in der Bewässerungsvariante beachtliche Erträge von 18.170 und 18.640 kg TM/ha erzielt wurden. In einer trockenen Region Neuseelands konnten bei den Arten *Medicago sativa* (Luzerne), *Cichorium intybus* (Weidezichorie) sowie *Trifolium pratense* (Rotklee) ähnliche Ertragsunterschiede verzeichnet werden. Bei Luzerne stiegen die Erträge von 21.300 auf 28.400 kg TM/ha um 33 %. Auch bei Rotklee wurde eine Steigerung von 28 % erreicht (16.900 vs. 21.600 kg TM/ha). Der Zichorien ertrag konnte durch die Bewässerung von 15.700 auf 19.800 kg TM/ha angehoben werden, dies entspricht einer Steigerung von 26 % (Brown et al., 2000; Brown et al., 2003). Doch auch mit einer Bewässerung sind Ertragsschwankungen möglich wie Teixeira et al. (2007) zeigen. In den Jahren 2002-2004 betrug der Luzerneertrag 12.000 bis 23.000 kg TM/ha.

Numerisch schnitten die Mischungen 1 und 8 auch beim Rohprotein ertrag mit 1.149 und 1.022 kg XP/ha am besten ab. Die Mischung 1 unterschied sich signifikant von den meisten Mischungen, wobei der größte Unterschied zur Mischung 6, die nur 816 kg XP/ha erreichte, zu verzeichnen ist. Mischung 4 lieferte zwar einen signifikant niedrigeren TM-Ertrag als Mischung 1 und 8, konnte allerdings auf Grund einer erhöhten Rohprotein konzentration einen XP-Ertrag von 1.017 kg/ha erreichen. Somit lag diese Mischung trotz TM-Defizits nur knapp unter den XP-Erträgen von Mischung 1 und 8. Am selben Betrieb konnte in Folgejahren, in einem besonders trockenen Jahr (392 mm), mit ähnlichen Luzernegrasbeständen nur durchschnittliche XP-Erträge von 689 kg/ha festgestellt werden. Bei den selbigen Mischungen konnte jedoch der XP-Ertrag durch die Zugabe von Zichorie- und Spitzwegerich um 27 % auf 876 kg XP/ha gesteigert werden (Starz et al., 2024).

In Gunstlagen erreichen Klee grasmischungen durchaus höhere XP-Erträge, wie im Versuch von Starz et al. (2015) gezeigt werden konnte. 1.796 kg XP/ha betrug der Ertrag der besten Klee grasmischung, wobei dies mit einem reinen Luzernebestand noch mit einem signifikanten Unterschied übertroffen werden konnte (2.258 kg XP/ha). Ein Bastardraygrasbestand schnitt mit 629 kg XP/ha am schlechtesten ab. Der Grund dafür könnte das schnelle Wachstum dieser Art sein. Bei späteren Erntezeitpunkten, wie in dieser Arbeit, sinkt die Futterqualität bei wüchsigen Gräsern noch rasanter und wirkt sich negativ auf den Futterwert aus. In dieser Arbeit konnte solch ein Zusammenhang bei Mischung 8 festgestellt werden. Die verwendete Festuloliumsorte war im Frühjahr zwar sehr frohwüchsig, wodurch der Ertrag hoch, aber die Qualität bei allen drei Schnitten am niedrigsten war (104, 93 und 130 g XP/kg TM für 1., 2. und 3. Schnitt). Die XP-Gehalte fielen allerdings generell niedrig aus. Der Höchstwert wurde von der Luzernegrasmischung 3, bei der 3. Ernte, mit 163 g XP/kg TM erreicht. Graiss

& Krautzer (2012) konnten hingegen bei Luzerne Gehalte von 112-192 g XP/ kg TM feststellen.

Mues et al. (2021) konnten bei einer Mähweide, auf einem Ackerstandort mit vergleichbarem Pflanzenbestand wie Mischung 1 und 8, Erträge von 1.275 kg XP/ha erreichen. Außergewöhnlich hohe XP-Erträge konnten von Starz et al. (2024) in Oberösterreich festgestellt werden. Alle Klee- und Luzernegrasbestände erreichten Erträge von über 2.500 kg XP/ha. Die Varianten, die in geringem Ausmaß mit Gülle oder Kompost gedüngt wurden, erreichten sogar XP-Erträge von über 3.000 kg/ha. Dauergrünlandbestände in einer eher trockenen Region zeigen ein niedrigeres Ertragspotenzial auf. Mit einer Koppelweide konnten bei einem Ertrag von 10.561 kg TM/ha, 1.916 kg Rohprotein pro Hektar geerntet werden. Am selben Standort wurden mit einer Kurzrasenweide hingegen 1.636 kg XP/ha bei einem Ertrag von 7.753 kg TM/ha produziert (Starz et al., 2013).

Die Luzernegrasbestände der Mischungen 5 und 6 lieferten den geringsten Energieertrag (58.980 bzw. 53.501 kg MJ ME/ha). Die höchsten Erträge erzielten wiederum die Mischungen 1 und 8 mit 86.790 MJ ME/ha und 83.803 MJ ME/ha. Wobei sich nur Mischung 1 von allen anderen Mischungen signifikant unterschied. *Festulolium* könnte, auf Grund des schnellen Aufwuchses, bei Mischung 8 für einen geringen XP-Gehalt verantwortlich sein. Dass allerdings bei hohen Erträgen nicht generell die Futterqualität niedriger ausfallen muss, zeigt der Versuch von Graiss & Krautzer (2012). *Festulolium loliaceum* (Sorte Hycor) erzielte den höchsten Ertrag (16.100 kg TM/ha) und gleichzeitig die höchste Verdaulichkeit von 67 % mit dem höchsten Energiegehalt von 9,2 MJ ME/kg TM. *Dactylis glomerata* konnte im Vergleich nur Gehalte von 6,5-8,3 MJ ME/kg TM erreichen. In dieser Arbeit hatten die ertragreichen Mischungen 1 und 8, mit *Festulolium*, allerdings beim ersten ertragreichen Aufwuchs die geringsten Energiegehalte von 8,55 und 8,56 MJ ME/kg TM. Mischung 6 erzielte hingegen 9,03 MJ ME/kg TM. Trotz guter Futterqualität fiel der Energieertrag von Mischung 6, auf Grund des geringeren TM-Ertrages, am niedrigsten aus (53.501 MJ ME/kg TM). Den höchsten Energieertrag der Luzernegrasmischungen konnte Mischung 3 mit 74.077 MJ ME/kg TM erreichen. Mit bis zu zehn Nutzungen erreichten die Mähweiden am Lindhof, der Universität Kiel, Energiegehalte von über 11,7 MJ ME/kg TM mit Hektarleistungen von 95.380 MJ ME (Mues et al., 2021).

Der erste Aufwuchs in Futterbeständen ist meist ertragreicher als die Folgeaufwüchse. In Trockengebieten dürfte dieser Unterschied noch stärker ausgeprägt sein, wie auch in Arbeiten im Marchfeld ersichtlich wird (Freyer et al., 2005; Pietsch et al., 2007). Der ertragreiche erste Aufwuchs führte auch bei Mischung 1 und 8 zu den signifikant höheren Erträgen. Der zweite und dritte Erntetermin verzeichnete keinen signifikanten Unterschied zwischen den Mischungen. Zum einen kann der Schluss daraus gezogen werden, dass in Trockengebieten Kulturarten bevorzugt werden sollten, die mit der Winter- und Frühjahrsfeuchtigkeit möglichst viel Ertrag bilden können. Zum anderen dürfen diese Ergebnisse aber auch nicht zu stark überbewertet werden, da in der Weidehaltung, anders als in der Schnittnutzung, über das Jahr verteilt möglichst gleichmäßige Aufwüchse gewünscht sind, da das Weidefutter nicht konserviert wird. Das Weidevieh soll die gesamte Vegetationsperiode mit genügend Futter versorgt werden. Daher gilt es nicht nur auf maximale Erträge zu achten, sondern auch auf gleichmäßige Zuwächse übers Jahr. Um eine gewisse Quantität an Futter zu produzieren, waren die Zusammensetzungen von Mischung 1 und 8 überlegen. Doch es gilt auch qualitativ hochwertiges Futter für Tiere mit höherem Leistungsniveau zu

produzieren. Eine Kombination von mehreren Pflanzenbeständen erscheint somit für Viehbetriebe in Trockengebieten, aus derzeitiger Sicht, als zielführend. Zusätzlich sind, trotz großem Unterschied bei den TM-Erträgen, die Unterschiede zwischen den Mischungen bei dem ME- und vor allem bei dem XP-Ertrag nicht so deutlich ausgeprägt. Weitere Untersuchungen sind nötig, um Mischungen zu prüfen, die für das Trockengebiet und ein Mob Grazing Management besonders gut geeignet sind. Für eine möglichst effiziente Wassernutzung gilt es weitere Versuche durchzuführen, um die geeignetsten Saatgutmischungen und Beregnungszeitpunkte zu finden.

Die Spezialisierung der landwirtschaftlichen Betriebe hat in Europa zu einer Produktionssteigerung geführt, es brachte allerdings auch negative Umweltfolgen mit sich. Aus diesem Grund wird zunehmend an Ansätzen geforscht Nutztiere wieder in Ackerbaubetriebe zu integrieren und deren positiven Einfluss auf Boden und Umwelt, beispielsweise durch Beweidung, untersucht (EIP-AGRI, 2017; Edler, 2022; Zahn et al., 2022; Brown, 2018; Zaralis, 2015; Trickett & Warner, 2022). Mob Grazing, wie in dieser Arbeit umgesetzt, kann hierfür einen Lösungsansatz darstellen. Vor allem in Trockengebieten ist damit möglich Weidevieh in Ackerbaufruchtfolgen zu integrieren und zusätzlich Lebendgewichtszunahmen zu erreichen, die mit intensiven Weidesystemen in Gunstlagen konkurrenzfähig sind.

6 Zusammenfassung

Zunehmende Wetterextreme stellen Schwierigkeiten für viele viehhaltende Betriebe dar. Für biologisch wirtschaftende Höfe im Osten Österreichs gibt es zusätzliche Herausforderungen, wie die verpflichtende Weidehaltung bei gleichzeitig geringem Anteil an Dauergrünland und niedrigem Jahresniederschlag. Feldfutterflächen die für die Bodengesundung, meist in der biologischen Fruchtfolge, ohnehin angebaut werden, könnten allerdings als Futterflächen genützt werden. Ein Lösungsansatz kann hier die Weidestrategie Mob Grazing, die für Trockengebiete konzipiert worden ist, darstellen. Die vorliegende Masterarbeit umfasst daher zwei Forschungsbereiche, einen Weidemastversuch und einen Saatgutversuch, mit jeweils einem Versuchsdesign um Mob Grazing im niederschlagsarmen Osten Österreichs zu untersuchen.

Für den Weidemastversuch wurde für Gruppe 1 eine Feldfuttermischung und für Gruppe 2 eine Grünlandmischung, jeweils für trockene Bedingungen angepasst, ausgesät. Beide Mischungen wurden mit Mob Grazing beweidet, wobei die Herden (n= 20) vor und nach der Weidesaison gewogen wurden. Die Umsetzung von Mob Grazing erfolgte in beiden Gruppen exakt gleich. Dabei reichten die angewendeten Besatzdichten, bei zwei Umtrieben pro Tag, von 130.000 bis 264.000 kg LM/ha. Bei Weideeintrieb entsprach das durchschnittliche Alter der Versuchstiere in Gruppe 1 und 2 450 bzw. 436 Tage mit einem Gewicht von 428 bzw. 426 kg. Nach einer Weideperiode von 168 Tagen stieg die Lebendmasse auf 549 bzw. 532 kg in Gruppe 1 bzw. 2. Die Tageszunahmen lagen in Gruppe 1 mit 724 g signifikant höher als in Gruppe 2 mit 620 g. Hinsichtlich der Flächenleistung (Lebendmassezunahme pro ha) lag die Gruppe 1 mit 467 kg/ha ebenfalls über den Ergebnissen von Gruppe 2 mit 400 kg/ha.

Zusammenfassend lässt sich zum Mastversuch sagen, dass für die richtige Umsetzung von Mob Grazing Erfahrung nötig ist, Betriebe langsam mit einer Umstellung beginnen sollten und zu berücksichtigen ist, dass diese Weideform nicht für hohe Einzeltierleistungen konzipiert ist. Vielmehr sollte der Fokus auf erhöhte Flächenleistungen gelegt werden. Dass mit Mob Grazing, trotz geringeren Zunahmen, konkurrenzfähige Hektarleistungen erzielt werden können, wurde in dieser Arbeit aufgezeigt. Die kräuterreiche Feldfuttermischung in Gruppe 1 erzielte dabei signifikant höhere Leistungen.

Im pflanzenbaulichen Mob Grazing Versuch wurden acht Grünland- bzw. Feldfuttersaatgutmischungen in zwei randomisierten Blockanlagen mit vierfacher Wiederholung getestet. Dabei stellte Blockanlage 1 eine Bewässerungsvariante (V1) und Blockanlage 2 eine nicht bewässerte Variante (V2) dar. Variante 1 wurde zweimalig mit je 30 mm bewässert. Beide Varianten wurden dreimal zum selbigen Termin geerntet. Bei den geprüften Mischungen erzielten, im Mittel über beide Varianten, die Kräuter-Gräser-Mischungen 1 (9.928 kg/ha) und 8 (9.650 kg/ha) die höchsten TM-Jahreserträge. Die geringsten Erträge zeigten die beiden Luzerne-Gras-Mischungen 5 (6.655 kg/ha) und 6 (5.982 kg/ha). Der signifikant höchste Energieertrag

konnte von Mischung 1 mit 86.790 MJ ME/ha erreicht werden. Dieselbe Mischung konnte auch den numerisch höchsten XP-Ertrag von 1.149 kg/ha erzielen.

Die Bewässerung beeinflusste den TM-, XP- und ME-Jahresertrag im Mittel über alle eingesetzten Mischungen hinweg signifikant positiv. Der TM-Ertrag lag im Durchschnitt über alle Mischungen in V1 (bewässert) bei 8.965 kg/ha (+35 %) und in V2 (nicht bewässert) bei 6.638 kg/ha. Der XP-Ertrag betrug in V1 1.101 kg/ha (+37,5 %) und in V2 801 kg/ha. V1 und V2 erzielten einen Energieertrag pro Hektar von 78.184 MJ ME (+31,8 %) und V2 59.305 MJ ME.

Abschließend ist zu erwähnen, dass mit dem umgesetzten Mob Grazing Ansatz standortübliche Erträge erzielt werden konnten, wobei die Mischungswahl einen signifikanten Einfluss hatte. Vor allem die Mischungen mit einem Kräuteranteil und frohwüchsigen Gräsern wie Festulolium konnten einen starken ersten Aufwuchs erzielen und lieferten so signifikant höhere Erträge. Die Bewässerung führte zu signifikanten Ertragssteigerungen. Dabei kam es zu keiner Wechselwirkung zwischen Bewässerung und der Mischungswahl.

Literaturverzeichnis

- Acharya, S., Sottie, E., Coulman, B., Iwaasa, A., McAllister, T., Wang, Y. & Liu, J. (2013): New Sainfoin Populations for Bloat-free Alfalfa Pasture Mixtures in Western Canada. *Crop Science*, 53, 5, 2283-2293.
<https://doi.org/10.2135/cropsci2012.10.0591>
- Acocks, J. P. H. (1966): Non-selective grazing as a means of veld reclamation. *Proceedings of the Grassland Society of Southern Africa*, 1, 33-39.
- Alexandrov, V. & Eitzinger, J. (2005): The Potential Effect of Climate Change and Elevated Air Carbon Dioxide on Agricultural Crop Production in Central and Southeastern Europe. *Journal of Crop Improvement*, 13, 1-2, 291-331.
- Allen, V. G., Batello, C., Berretta, E. J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., Mclvor, J., Milne, J., Morris, C., Peeters, A. & Sanderson, M. (2011): An international terminology for grazing lands and grazing animals. The Forage and Grazing Terminology Committee. *Grass and Forage Science*, 66, 2-28.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>
- Andrade, B.O., Shropshire, A., Johnson, J. R., Redden, M. D., Semerad, T., Soper, J. M., Beckman, B., Milby, J., Eskridge, K. M., Volesky, J. D. & Schacht, W. H. (2022): Vegetation and Animal Performance Responses to Stocking Density Grazing Systems in Nebraska Sandhills Meadows. *Rangeland Ecology & Management*, 82, 86-96. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2022.02.006>
- Apfelbaum, S., Thompson, R., Wang, F., Mosier, S., Teague, R. & Byck, P. (2022): Vegetation, water infiltration, and soil carbon response to Adaptive Multi-Paddock and Conventional grazing in Southeastern USA ranches. *Journal of Environmental Management*, 308, 114576. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114576>
- Arve, L., Torre, S., Olsen, J., & Tanino, K. (2011): Stomatal Responses to Drought Stress and Air Humidity. In: Shanker, A. & Venkateswarlu, B. (Hrsg.): *Abiotic Stress in Plants – Mechanisms and Adaptations*. 267-280.
<https://doi.org/10.5772/24661>
- Auer, I., Böhm, R., Jurkovic, A., Lipa, W., Orlik, A., Potzmann, R., Schöner, W., Ungersböck, M., Matulla, C., Briffa, K., Jones, P., Efthymiadis, D., Brunetti, M., Nanni, T., Maugeri, M., Mercalli, L., Mestre, O., Moisselin, J.-M., Begert, M., Müller-Westermeier, G., Kveton, V., Bochnicek, O., Stastny, P., Lapin, M., Szalai, S., Szentimrey, T., Cegnar, T., Dolinar, M., Gajic-Capka, M., Zaninovic, K., Majstorovic, Z. & Nieplova, E. (2007): HISTALP – historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc>
- Ayala, W., Barrios, E., Bermudez, R., & Serron, N. (2011): Effect of defoliation strategies on the productivity, population and morphology of plantain (*Plantago lanceolata*). *Pasture Persistence – Grassland Research and Practice Series*, 69-72. <https://doi.org/10.33584/rps.15.2011.3222>

- Barnes, M. K., Norton, B. E., Maeno, M. & Malechek, J. C. (2008): Paddock Size and Stocking Density Affect Spatial Heterogeneity of Grazing. *Rangeland Ecology and Management* 61, 4, 380-388. <https://doi.org/10.2111/06-155.1>
- Basigalup, D. H. & Ustarroz, E. (2007): Grazing alfalfa systems in the Argentinean Pampas. *Proceedings of the 37th California Alfalfa & Forage Symposium*, Monterey, California, 5988, 17-19.
- Bass, B. S. (2021): The effects of grazing cover crops on animal performance, soil performance, soil characteristics, and subsequent soybean production in east-central Mississippi. Starkville: Masterarbeit, Mississippi State University.
- Baumgarten, A., Haslmayr, H. P., Schwarz, M., Huber, S., Weiss, P., Obersteiner, E., Aust, G., Englisch, M., Horvath, D., Leitgeb, E., Foldal, C., Rodlauer, C., Bohner, A., Spiegel, H. & Jandl, R. (2021): Organic soil carbon in Austria – Status quo and foreseeable trends. *Geoderma*. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115214>
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A. & Wood, E. F. (2018): Data Descriptor: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5, 180214. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Beckman, B. W. (2014): Litter Decomposition and Root Production in Response to Grazing on Sandhills Subirrigated Meadow. Lincoln: Masterarbeit, University of Nebraska.
- Belanger, G. (1996): Morphogenetic and structural characteristics of field-grown timothy cultivars differing in maturity. *Canadian Journal of Plant Sciences*. Online: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.4141/cjps96-049> (21.03.2024).
- Bennett, S. M. (2012): Dry matter production of lucerne (*Medicago sativa* L.) under rotational grazing at Ashley Dene. Canterbury: Bachelorarbeit, Lincoln University.
- Berendonk, C. (2013): Erfolgreicher Luzerneanbau 2013. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen Landwirtschaftszentrum Haus Riswick - Fachbereich Grünland und Futterbau.
- Berg, B. P., Majak, W., McAllister, T. A., Hall, J. W., McCartney, D. & Coulman, B. E. (2000): Bloat in cattle grazing alfalfa cultivars selected for a low initial rate of digestion: A review. *Canadian Journal of Plant Science*. <https://doi.org/10.4141/P99-051>
- Berone, G. D., Sardina, M. C. & Moot, D. J. (2020): Animal and forage responses on lucerne (*Medicago sativa* L.) pastures under contrasting grazing managements in a temperate climate. *Grass and Forage Science*, 192-205. <https://doi.org/10.1111/gfs.12479>
- Billman, E. D., Willianson, J. A., Soder, K. J., Andreen, D. M. & Skinner, R. H. (2020): Mob and rotational grazing influence pasture biomass, nutritive value, and species composition. *Agronomy Journal*, 112, 2866-2878. <https://doi.org/10.1002/ajq2.20215>

- Bittman, S. & McCarntey, D. H. (1993): Evaluating alfalfa cultivars and germplasms for pastures using the mob-grazing technique. *Canadian Journal of Plant Science*, 109-111.
- BMLRT (2020): Grüner Bericht 2020 – Die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Bundesministerium für Landwirtschaft Regionen und Tourismus. <https://gruenerbericht.at/cm4/jdownload/download/2-gr-bericht-terreich/2167-gb2020>
- BMNT (2018): Grüner Bericht 2018 – Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. <https://gruenerbericht.at/cm4/jdownload/download/2-gr-bericht-terreich/1899-gb2018>
- BMNT (2019): Grüner Bericht 2019 – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. <https://gruenerbericht.at/cm4/jdownload/download/2-gr-bericht-terreich/2007-gb2019>
- Böhm, R. (2008): Harte und weiche Fakten zum Klimawandel – ein Überblick. In: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (Hrsg.): Auswirkungen des Klimawandels auf die österreichische Wasserwirtschaft. 16, 5-7. <https://www.oewav.at/Page.aspx?target=196960&mode=form&app=134598&edit=0¤t=294015&view=205658&predefQuery=-1>
- Bork, E. W., Döbert, T. F., Grenke, J. S. J., Carlyle, C. N., Cahill Jr., J. F. & Boyce, M. S. (2021): Comparative Pasture Management on Canadian Cattle Ranches With and Without Adaptive Multipaddock Grazing. *Rangeland Ecology & Management*, 78, 5-14. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2021.04.010>
- Bradford, K. J. & Hsiao, T. C. (1982): Physiological Responses to Moderate Water Stress. In: Lange, O. L., Nobel, P. S., Osmond, C. B. & Ziegler, H. (Hrsg.): *Physiological Plant Ecology II – Water Relations and Carbon Assimilation*. Heidelberg, Berlin, New York: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-68150-9>
- Braun, M., Schmid, H. & Grundler, T. (2009): Vergleich verschiedener Klee-Gras-Mischungen anhand der Wurzel- und Sprossleistung. Fachhochschule Weihenstephan, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, TU München.
- Briske, D. D. & Heitschmidt, R. K. (1991): An Ecological Perspective. In: Heitschmidt, R. K. & Stuth, J. W. (Hrsg.): *Grazing Management – An Ecological Perspective*. Portland: Timber Press.
- Brock, J. L., Hume, D. E. & Flechter, R. H. (1996): Seasonal variation in the morphology of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and cocksfoot (*Dactylis glomerata*) plants and populations in pastures under intensive sheep grazing. *The Journal of Agricultural Science*, 126, 1, 37-51.

- Brophy, C., Finn, J. A., Lüscher, A., Suter, M., Kirwan, L., Sebastià, M.-T., Helgadóttir, Á., Baadshaug, O. H., Bélanger, G., Black, A., Collins, R. P., Cop, J., Dalmannsdóttir, S., Delgado, I., Elgersma, A., Fothergill, M., Frankow-Lindberg, B. E., Ghesquiere, A., Golinska, B., Grieu, P., Gustavsson, A.-M., Höglind, M., Huguenin-Elie, O., Jørgensen, M., Kadziuliene, Z., Kurki, P., Llurba, R., Lunnan, T., Porqueddu, C., Thumm, U. & Connolly, J. (2017): Major shifts in species' relative abundance in grassland mixtures alongside positive effects of species diversity in yield: a continental-scale experiment. *Journal of Ecology*, 1210-1222. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12754>
- Brown, G. (2018): *Dirt to Soil – One Family's Journey into Regenerative Agriculture*. White River Junction: Chelsea Green Publishing. ISBN: 9781603587631
- Brown, H. E., Moot, D. J. & Pollock, K. M. (2003): Long term growth rates and water extraction patterns of dryland chicory, lucerne and red clover. *Soil, Plant and Ecological Sciences Division, Lincoln University*, 91-100. <https://doi.org/10.33584/rps.11.2003.2991>
- Brown, H. E., Moot, D. J. & Pollock, K. M. (2005): Herbage production, persistence, nutritive characteristics and water use of perennial forages grown over 6 years on a Wakanui silt loam. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 48, 4, 423-439. <https://doi.org/10.1080/00288233.2005.9513677>
- Brown, H. E., Moot, D. J., Lucas, R. J. & Smith, M. (2006): Sub clover, cocksfoot and lucerne combine to improve dryland stock production. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 109-115. <https://doi.org/10.33584/jnzg.2006.68.2627>
- Brown, H. E., Moot, D. J., Pollock, K. M. & Inch, C. (2000): Dry matter production of irrigated chicory, lucerne and red clover in Canterbury. *Agronomy New Zealand*, 30, 129-137.
- Brudermann, K. (2023): Ertragssteigerung durch Weidemanagement. *BBZ-Badische Bauern Zeitung*, Nr. 39.
- Buchgraber, K. & Schaumberger, A. (2006): Grünlandbewirtschaftung in Österreich. Ländlicher Raum. Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Jahrgang 2006, 1-7.
- Burgess, P., Harris, J., Graves, A. & Deeks, L. (2019): *Regenerative Agriculture Identifying the impact; enabling the potential*. Report for SYSTEMIQ. Cranfield University, 17, 1, 1-32.
- Busso, C. A. & Richards, J. H. (1995): Drought and clipping effects on tiller demography and growth of two tussock grasses in Utah. *Journal of Arid Environments*, 29, 2, 239-251. [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(05\)80093-X](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(05)80093-X)
- Calame, F., Troxler, J. & Jeangros, B. (1992): Bestimmung der Wassermenge für eine optimale Beregnung von Naturwiesen im Goms (Oberwallis). *Landwirtschaft Schweiz*, 5, 4, 181-187.

- Cangiano, C. A., Castillo, A. R., Guerrero, J. N. & Putnam, D. H. (2007): Alfalfa grazing management. In: Summers, C. G. & Putnam, D. H. (Hrsg.): Irrigated Alfalfa Management in Mediterranean and Desert Zones. Chapter 18. Oakland: University of California Agriculture and Natural Resources Publication, 8304.
- Chapman, T. (2012): Are Mob Grazed Cattle the Perfect Arable break? Nuffield Farming Scholarship Trust. Online: <https://www.nuffieldscholar.org/reports/gb/2011/are-mob-grazed-cattle-perfect-arable-break> (16.03.2024).
- Chapman, T. (2013): Integrating mob grazed cattle back into arable rotations. Online: <https://www.youtube.com/watch?v=Rd7sCSJcBSc> (7.04.2023).
- Clark, D. A., Anderson, C. B. & Berquist, T. (1990a): Growth rates of 'Grasslands Puna' chicory (*Cichorium intybus* L.) at various cutting intervals and heights and rates of nitrogen at various cutting intervals and heights and rates of nitrogen. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 8233. <https://doi.org/10.1080/00288233.1990.10428412>
- Clark, D. A., Anderson, C. B. & Hongwen, G. (1990b): Liveweight gain and intake of Friesian bulls grazing 'Grasslands Puna' chicory (*Cichorium intybus* L.) or pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 33, 2, 219-224. <https://doi.org/10.1080/00288233.1990.10428413>
- Colley, T. A., Olsen, S. I., Birkved, M. & Hauschild, M. Z. (2020): Delta Life Cycle Assessment of Regenerative Agriculture in a Sheep Farming System. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 16, 2, 282-290. <https://doi.org/10.1002/ieam.4238>
- Cong, W.-F., Sjøgaard, K. & Eriksen, J. (2016): Diversity promotes production of ryegrass-clover leys through inclusion of competitive forb species. *Grassland Science in Europe*, 21, 557-559. <http://orgprints.org/31333/>
- Cortes, C., Damasceno, J. C., Jamot, J. & Prache, S. (2006): Ewes increase their intake when offered a choice of herbage species at pasture. *Animal Science*, 82, 2, 183-191. <https://doi.org/10.1079/ASC200527>
- Cougnon, M., Baert, J., van Waes, C. & Reheul, D. (2013): Performance and quality of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and mixtures of both species grown with or without white clover (*Trifolium repens* L.) under cutting management. *Grass and Forage Science*, 69, 666-677.
- Cranston, L. M., Kenyon, P. R., Morris, S. T. & Kemp, P. D. (2015a): A review of the use of chicory, plantain, red clover and white clover in a sward mix for increased sheep and beef production. *Journal of New Zealand Grasslands*, 77, 89-94. <https://doi.org/10.33584/jnzg.2015.77.475>

- Cranston, L. M., Kenyon, P. R., Morris, S. T., Lopez-Villalobos, N. & Kemp, P. D. (2015b): Effect of post-grazing height on the productivity, population and morphology of a herb and legume mix. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 58, 4, 397-411. <https://doi.org/10.1080/00288233.2015.1044014>
- Crider, F. J. (1995): Root-growth stoppage resulting from defoliation of grass. United State Department of Agriculture, Washington.
- Dass, P., Houlton, B. Z., Wang, Y. & Warlind, D. (2018): Grasslands may be more reliable carbon sinks than forests in California. *Environmental Research Letters*, 13, 074027. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aacb39>
- Davis, R. R. & Parsons, J. L. (1961): The effect of length of rest period and length of harvest period on yield and survival of forage crops. Research Circular 99, Agricultural Experiment Station Wooster, Ohio.
- De Boeck, H. J., Lemmens, C. M. H. M., Zavalloni, C., Gielen, B., Malchair, S., Carnol, M. & Merckx, R. (2008): Biomass production in experimental grasslands of different species richness during three years of climate warming. *Biogeosciences Discussions*, 4, 6, 4605-4629. <https://doi.org/10.5194/bgd-4-4605-2007>
- De Bruijn, S. L. & Bork, E. W. (2006): Biological control of Canada thistle in temperate pastures using high density rotational cattle grazing. *Biological Control*, 36, 305-315. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.10.007>
- De Kruijff, R., Pietsch, G., Freyer, B. & Friedel, J. K. (2008): Pre-crop effects of alfalfa management systems on inorganic soil nitrogen and cereals in organic farming under pannonian site conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 171, 4, 576-579. <https://doi.org/10.1002/jpln.200700257>
- Defra – Department for Environment, Food and Rural Affairs. Agriculture in the United Kingdom (2021): Annual Statistics about Agriculture in the United Kingdom. Online: <https://www.gov.uk/government/collections/agriculture-in-the-unitedkingdom#agriculture-in-the-united-kingdom-2021> (29.06.2022).
- Deléglise, C., Meisser, M., Mosimann, E., Spiegelberger, T., Signarbieux, C., Jeangros, B. & Buttler, A. (2015): Drought-induced shifts in plants traits, yields and nutritive value under realistic grazing and mowing managements in a mountain grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 213, 94-104. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.07.020>
- Dhont, C., Castonguay, Y., Nadeau, P., Bélanger, G. & Chalifour, F. P. (2003): Alfalfa root nitrogen reserves and regrowth potential in response to fall harvests. *Crop Science*, 43, 1, 181-194. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1810>
- DLG (2020): Anpassungsstrategien an den Klimawandel im Grünland. DLG-Verlag GmbH, 208.

- Dreyman, S., Loges, R. & Taube, F. (2003): Einfluss der Klee grasnutzung auf die N-Versorgung und Ertragsleistung marktfähiger Folgefrüchte unter Berücksichtigung einer variierten organischen Düngung. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Universität für Bodenkultur, 89-93.
- Dunst, G. (2010): Humusaufbau – Chance für Landwirtschaft und Klima. Riedlingsdorf: Sonnenerde Gerald Dunst Kulturerden GmbH. ISBN: 978-3-9503088-2-2
- Durand, J.-L., Onillon, B., Schnyder, H. & Rademacher, I. (1995): Drought effects on cellular and spatial parameters of leaf growth in tall fescue. Journal of Experimental Botany, 46, 290, 1147-1155.
- Eidler, V. (2022): Innovations in Grazing techniques. EIP-AGRI Project. Online: <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/find-connect/projects/weide-innovationen> (11.04.2023).
- Egle, L. A. (2010): Ökologischer Landbau und dessen Einfluss auf die organische Bodensubstanz – Analyse mit Hilfe der Infrarotspektroskopie. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt, Institut für Abfallwirtschaft, September, 2010.
- EIP-AGRI (2017): EIP-AGRI Focus Group-Mixed farming systems: livestock/cash crops. Final report. Online: <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/content/eip-agri-focus-group-mixed-farming-systems-final-report.html> (18.03.2024).
- Eitzinger, J. (2007): Einfluss des Klimawandels auf die Produktionsrisiken in der österreichischen Landwirtschaft und mögliche Anpassungsstrategien. Fachzeitschrift Ländlicher Raum, 1-8. Online: www.laendlicher-raum.at (17.10.2021).
- Eitzinger, J., Kersebaum, K. C. & Formayer, H. (2009): Landwirtschaft im Klimawandel – Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa. Clenze: Agrimedia. ISBN: 978-3-86037-378-1
- Eitzinger, J., Kubu, G. & Thaler, S. (2010): Konsequenzen des Klimawandels für das Ertragspotenzial und den Wasserhaushalt landwirtschaftlicher Pflanzenproduktion. In: Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (2010): Auswirkungen des Klimawandels auf Hydrologie und Wasserkraftpotential in Österreich. Wien: Eigenverlag des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes. ISBN: 978-3-902084-79-8
- Elizondo, J., Gras, G. & Varvaro, G. (2018): Regenerative Ranching – Maximum sustainable profit by ranching in nature's image. Wroclaw. ISBN: 9781797497181
- Europäische Kommission (2008): Verordnungen. Amtsblatt der Europäischen Union VERORDNUNG (EG) Nr. 889/2008 DER KOMMISSION vom 5. September 2008, 806, 1-14. Online: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2008/889/oj> (13.5.2021).

- Eurostat (2021): Share of irrigable and irrigated areas in utilised agricultural area (UAA) by NUTS 2 regions, 2021. Abgerufen am 09.01.2023, https://ec.europa.eu/eurostat/databrow-ser/view/aei_ef_ir/default/bar?lang=en). In: Pestoni, A., Marti, A. & Keiser, A. (Hrsg.): Datengrundlage und künftige Datenerfassung zur landwirtschaftlichen Bewässerung in der Schweiz - Projekt "Swiss Irrigation Info": Schlussbericht Modul 1. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Zollikofen.
- Evans, P. S. (1971): Root growth of *Lolium perenne* L. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 14, 3, 552-562.
- Evans, R. (1998): The erosional impacts of grazing animals. *Progress in Physical Geography*, 22, 2, 251-268. <https://doi.org/10.1177/030913339802200206>
- Ewing, K. P. (2020): Improving Sustainability Using Cover Crop Grazing to Improve Soil Health and Fertility While Increasing Grain and Livestock Production. Bowling Green: Masterarbeit, Western Kentucky University.
- Farmers Weekly (2012): Mob grazing can boost grass productivity. Online: <https://www.fwi.co.uk/livestock/livestock-feed-nutrition/mob-grazing-can-boost-grass-productivity> (18.10.2022).
- Farthofer, R., Friedel, J. K., Pietsch, G. & Freyer, B. (2003): Stickstoff-Auswaschungsverluste und Nachfruchteffekte von Futterleguminosen (Schnitt- und Mulchnutzung) auf Winterweizen im Ökologischen Landbau unter pannonischen Standortbedingungen in Ostösterreich. In: Freyer, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur, 513-514.
- Finn, J. A., Suter, M., Haughey, E., Hofer, D. & Lüscher, A. (2018): Greater gains in annual yields from increased plant diversity than losses from experimental drought in two temperate grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 258, 149-153. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.02.014>
- Fraser, T. J. (1994): Persistence of dryland pasture species in mixed swards in Canterbury. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 56, 77-79. <https://doi.org/10.33584/jnzg.1994.56.2136>
- Freyer, B., Friedel, J. K., Starz, W. & Wagenristl, H. (2005): Eigenschaften von Luzernesorten – Endbericht 2005. Universität für Bodenkultur.
- Freyer, B. & Gollner, M. (2003): Beitrag der arbuskulären Mykorrhiza im Ökologischen Landbau zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit unter Berücksichtigung acker- und pflanzenbaulicher Maßnahmen sowie der Dauer der ökologischen Bewirtschaftung. Universität für Bodenkultur.
- Friedel, K. J., Gollner, G., Surböck, A. & Freyer, B. (2019): Erhöhung der Klima-Resilienz in einem ökologischen Ackerbausystem: auf die Kombination von Strategien kommt es an! 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 1-4. <https://orgprints.org/id/eprint/36154/>

- Frühwirth, P. (2019): Niederschläge und Temperaturen während der Vegetationsperiode – Konsequenzen für die Grünlandwirtschaft. Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Linz.
- Frühwirth, P. (2021): Die Luzerne – eine Eiweißfutterpflanze mit Zukunft. Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Linz.
- Genever, L. & Buckingham, S. (2018): Planning Grazing Strategies for Better Returns. Warwickshire: AHDB- Agriculture and Horticulture Development Board.
- Gerrish, J. (2004): Management-intensive Grazing: The Grassroots of Grass Farming. 12. Aufl., Mississippi: Green Park Press. ISBN: 0-9721597-0-3
- Gerrish, J. & Ohlenbusch, P. D. (1998): Using terms: Management-intensive grazing or management intensive grazing. *Rangelands*, 20, 2, 13-14.
- GfE (1998): Formeln zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwachsen des Dauergrünlandes und Mais-Ganzpflanzen, 7, *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*, 141-150.
- Gibelhausen, H. (2009): Einfluss von Sorte und Nutzung auf Bestandesdichte und Ertrag von Luzerne. In: Berendonk, C. & Riehl, G. (Hrsg.): Futterbau und Klimawandel: Grünlandbewirtschaftung als Senke und Quelle für Treibhausgase. 53. Jahrestagung Kleve, Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 129-134.
- Gildersleeve, R. R., Ocumpaugh, W. R., Quesenberry, K. H. & Moore, J. E. (1987): Mob grazing of morphologically different *Aeschynomene* species. *Tropical Grasslands*, 129, 123-132.
- Gobiet, A. & Truhetz, H. (2008): Klimamodelle, Klimaszenarien und ihre Bedeutung für Österreich. In: Auswirkungen des Klimawandels auf die österreichische Wasserwirtschaft. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, 71-82.
- Goh, K. M. & Bruce, G. E. (2005): Comparison of biomass production and biological nitrogen fixation of multi-species pastures (mixed herb leys) with perennial ryegrass-white clover pasture with and without irrigation in Canterbury, New Zealand. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 110, 3-4, 230-240.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.04.005>
- Gollner, G., Fedoseyenko, D., Grausgruber-Groeger, S., Grausgruber, H., Friedel, J. & Freyer, B. (2016): Lucerne in arable cropping systems: Potential of different varieties on biomass production and nitrogen balance. *Romanian Agricultural Research*, 33.

- Gollner, G., Schweinzer, A., & Friedel, J. (2012): Standortangepasste, leguminosenbasierte Fruchtfolgen und effiziente Nährstoffkreisläufe zum Erhalt von Bodenfruchtbarkeit und Ertragsstabilität sowie zur Verringerung von Treibhausgasemissionen. In: Gerzabek, M. H. (Hrsg.): Quo Vadis, Universität(en)? Festsymposium 140 Jahre Universität für Bodenkultur Wien. Universität für Bodenkultur.
- Gompert, T. (2010): The power of stock density. In: Murray, P. (Hrsg.): Nebraska Grazing Conference. Kearney, Nebraska.
- Gordon, K. (2011): Mob Grazing 101. Hereford World. Online: https://hereford.org/static/files/0111_MobGrazing.pdf (10.04.2023).
- Grace, C., Lynch, M. B., Sheridan, H., Lott, S., Fritch, R. & Boland, T. M. (2018): Grazing multispecies swards improves ewe and lamb performance. *animal*, 13, 8, 1721-1729. <https://doi.org/10.1017/S1751731118003245>
- Graiss, W., Krautzer, B. & Potsch, E. M. (2008): Suitability of alternative grass species for grassland management in Austria under changing climatic conditions. *Grassland Science in Europe: Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions*, 16, 440-442.
- Grant, K. (2015): Sensitivity of mesic temperate grassland to increased climate variability – biomass production, forage quality and plant-plant interactions. Bayreuth: Dissertation, Universität Bayreuth.
- Grassberger, M. (2019): Das leise Sterben. Salzburg, Wien: Residenz Verlag GmbH. ISBN: 978-3-70173479-5
- Grimminger, L., Barnhill, J., Evans, E. & Gible, C. (2015): Short term changes in soil under mob grazing. Annual Meeting of the Southeastern Division of the Association of American Geographers. University of West Florida. Online: https://ircommons.uwf.edu/discovery/fulldisplay/alma99380090342706600/01FALSC_UWF:ResearchRepos (08.11.2023)
- Gurda, A. M. (2014): Mob Grazing, from People to Pastures: Weed Biology, Pasture Productivity, and Farmer Perception and Adoption. Madison: Masterarbeit, University of Wisconsin.
- Gurda, A. M., Renz, M. J. & Brink, G. E. (2018): Defining Mob Grazing in the Upper Midwestern United States. *Journal of Extension*, 56, 4.
- Guretzky, J. A., Mamo, M., Schacht, W. H., Volesky, J. D. & Wingeyer, A. B. (2020): Mob grazing increases trampling but not litter deposition on a Nebraska Sandhills subirrigated meadow. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 6, 1, 1-9. <https://doi.org/10.1002/cft2.20047>
- Hafila, A. N., Soder, K. J., Hautau, M., Rubano, M. D., Moyer, B. & Stout, R. (2014): Case Study: Dairies using self-described ultra-high stock density grazing in Pennsylvania and New York. *The Professional Animal Scientist*, 30, 366-374.

- Niman, N. H. (2014): *Defending Beef – the case for sustainable meat production*. White River Junction: Chelsea Green Publishing. ISBN: 978-60358-537-8
- Hancock, D. (2010a): DEALING WITH A MOB MENTALITY – PART 1. Georgia Cattleman. Online: <https://georgiaforages.caes.uga.edu/content/dam/caes-subsite/forages/docs/georgia-cattlemens/2010/GC1012.pdf> (03.12.2023).
- Hancock, D. (2010b): DEALING WITH A MOB MENTALITY – PART 3. Georgia Cattleman. Online: <https://georgiaforages.caes.uga.edu/content/dam/caes-subsite/forages/docs/faqs/mob-grazing-considerations-3.pdf> (03.12.2023).
- Hay, M. J. M., Chapman, D. F., Hay, R. J. M., Pennell, C. G. L., Woods, P. W. & Fletcher, R. H. (1987): Seasonal variation in the vertical distribution of white clover stolons in grazed swards. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 30,1, 1-8. <https://doi.org/10.1080/00288233.1987.10430470>
- Hengartner, W. (2011): Nachhaltige Intensivierung von Ansaatwiesen. In: Kalzendorf, C. & Riehl, G. (Hrsg.): *Nachhaltigkeit in der intensiven Futtererzeugung*. 55. Jahrestagung Oldenburg, Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 79-84.
- Hermani, C. (2020): *Regenerative Agriculture and the Quest for Sustainability – Inquiry of an Emerging Concept*. Masterarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36015.97447>
- Herndl, M., Kandolf, M., Bohner, A., Krautzer, B. & Graiss, W. (2010): Arten- und Sortenscreening von Gräsern, Kräutern und Leguminosen als Grundlage für Grünlandbewirtschaftung auf trockenen Standorten. Abschlussbericht ArtenSortenScreening. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, 2328, 11-12.
- Herndl, M., Kandolf, M., Bohner, A., Krautzer, B. & Graiss, W. (2011): Wurzelparameter von Gräsern, Kräutern und Leguminosen als Grundlage zur Bewertung von Trockenheitstoleranz im Grünland. 1. Tagung der Österreichischen Gesellschaft für Wurzelforschung 2011, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, 45-53. http://www.raumberg-gumpenstein.at/filearchive/fodok_2_9787_2w_2011_herndl.pdf
- Heshmati, S., Tonn, B. & Isselstein, J. (2020): White clover population effects on the productivity and yield stability of mixtures with perennial ryegrass and chicory. *Field Crops Research*, 252. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107802>
- Hofer, D., Suter, M., Haughey, E., Finn, J., Hoekstra, N., Buchmann, N. & Lüscher, A. (2016): Yield of temperate forage grassland species is either largely resistant or resilient to experimental summer drought. *Journal of Applied Ecology*, 53, 1023-1034. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12694>
- Howell, J. (2008): *For the Love of Land – Global Case Studies of Grazing in Nature's Image*. ISBN: 978-1-4392-1610-1

- Huang, Y., Chen, L., Fu, B., Huang, Z. & Gong, J. (2005): The wheat yields and water-use efficiency in the Loess Plateau: straw mulch and irrigation effects. *Agricultural Water Management*, 72, 209-222. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.09.012>
- Huguenin-Elie, O., Collins, R. P., Hoekstra, N. J., Hofer, D., Husse, S., Suter, D., Suter, M. & Lüscher, A. (2014): Mischungseffekte unter unterschiedlichen Bedingungen. In: Reidy, B., Gregis, B. & Thomet, P. (Hrsg.): *Grasland- und Weidebasierte Milchproduktion*. Zollikofen, Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 16, 157. http://www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de/de/pdf/Tagungsband_Weidetagung_2014_HAFL.pdf#page=28
- Humerickhouse, N. (2014): *Productivity And Quality Of Smooth Brome Pastures Under Continous, Rotational, And Mob Grazing By Sheep*. Lexington: Masterarbeit, University of Kentucky. <https://krex.k-state.edu/server/api/core/bitstreams/f2d915ff-a83d-4add-bee2-c821a6a0c637/content>
- Husse, S., Lüscher, A., Buchmann, N., Hoekstra, N. J. & Huguenin-Elie, O. (2017): Effects of mixing forage species contrasting in vertical and temporal nutrient capture on nutrient yields and fertilizer recovery in productive grasslands. *Plant Soil*, 420, 505-521. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3372-0>
- Hyslop, M. G. (1999): *Evaluation of vegetatively reproductive red clovers (Trifolium pratense L.) for use in pastoral systems*. Palmerston North: Doktorarbeit, Massey University.
- Idel, A. & Beste, A. (2018): Die Koevolution von Weideland und Weidetieren. In: Häusling, M. (Hrsg.): *Technikgläubigkeit und Big-Data – Vom Mythos der Klimasmarten Landwirtschaft – oder warum weniger vom Schlechten nicht gut ist*. Online: https://www.martin-haeusling.eu/images/Klimaschutz_kleiner_RZ_copi.pdf (07.04.2023).
- Idel, A. (2019): *Die Kuh ist kein Klimakiller*. 6. Aufl., Marburg: Metropolis-Verlag. ISBN: 978-3-7316-1209-4
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2001): *Climate Change 2001- The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. In: Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., Dai, X., Maskell, K. & Johnson, C. A. (Hrsg.): *Climate Change 2001*. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 881. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGI_TAR_full_report.pdf
- IPCC (2007): *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. In: Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J. & Hanson, C. E. (Hrsg.): *Climate Change 2007*, Cambridge, New York: Cambridge University Press, 976. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf

- IPCC (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. In: Pachauri, R.K. & Meyer, L. A. (Hrsg.): Climate Change 2014, IPCC, Geneva, Switzerland, 151.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf
- Jean, F. C. & Weaver, J. E. (1924): Root behavior and crop yield under irrigation. Papers of John E. Weaver, 3, 1884-1956. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.165924>
- Jenkins, M. (2018): How mob grazing can be used to improve soil health. Farmers Weekly. Online: <https://www.fwi.co.uk/livestock/grassland-management/how-mob-grazing-can-be-used-to-improve-soil-health> (10.04.2023).
- Jing, J, Søgaard, K., Cong, W.-F. & Eriksen, J. (2017): Species Diversity Effects on Productivity, Persistence and Quality of Multispecies Swards in a Four-Year Experiment. PLoS ONE, 12, 1. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169208>
- Johnson, I. R. & Parsons, A. J. (1985): Use of a model to analyse the effects of continuous grazing managements on seasonal patterns of grass production. Grass and Forage Science, 40, 4, 449-458.
- Johnson, J. R. (2012): Stocking Density Affects Trampling and Use of Vegetation on Nebraska Sandhills Meadow. Lincoln: Masterarbeit, University of Nebraska.
- Judy, G. (2008): Comeback Farms – Rejuvenating Soil, Pastures and Profits with Livestock Grazing Management. Ridgeland: Green Park Press. ISBN: 0-9721597-3-8
- Karl-Barth, A. (2021): Mob Grazing. HUMUS Bewegung. Online: <https://www.humusbauern.at/humus-wissen/fachinformationen/infos-mob-grazing> (18.10.2022).
- Kauter, A. (1933): Beiträge zur Kenntnis des Wurzelwachstums der Gräser. Promotionsarbeit, Eidgenössische Technische Hochschule in Zürich.
- Kennedy, M. (2011): Mob Grazing, High Density Grazing, Management-Intensive Grazing: What's the Difference? University of Kentucky. Online: https://core.ac.uk/display/232573181?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1 (30.03.2023).
- Kenyon, S. (2019): The Calendar of the Year-Round Grazier. Ridgeland: Green Park Press. ISBN: 978-0-9860147-5-8
- Kidwell, B. (2010): Mob Grazing. Angus Beef Bulletin. Online: www.angusbeefbulletin.com (08.04.2023).
- Kim, T., Ourry, A., Boucaud, J. & Lemaire, G. (1991): Changes in Source-Sink Relationship for Nitrogen During Regrowth of Lucerne (*Medicago sativa* L.) Following Removal of Shoots. Australian Journal of Plant Physiology, 18, 6, 593 – 602. <https://doi.org/10.1071/pp9910593>

- Klapp, E. (1971): Wiesen und Weiden: eine Grünlandlehre. Berlin, Hamburg: Verlag Paul Parey.
- Kleen, J., Gierus, M. & Taube, F. (2005): Einfluss von Schnitt und Beweidung auf die Ertragsbildung von Futterleguminosen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras. In: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): 49. Jahrestagung Bad Elster, Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 7, 85-88.
- Kolbe, H. & Zimmer, J. (2015): Leitfaden zur Humusversorgung - Informationen für Praxis, Beratung und Schulung. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Freistaat Sachsen.
- Komainda, M., Küchenmeister, F., Küchenmeister, K., Kayser, M., Wrage-Mönnig, N. & Isselstein, J. (2020): Drought tolerance is determined by species identity and functional group diversity rather than by species diversity within multi-species swards. *European Journal of Agronomy*, 119, 1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126116>
- Kunelius, H. T., Dürr, G. H., McRae, K. B., Fillmore, S. A. E., Bélanger, G. & Papadopoulos, Y. A. (2003): Yield, herbage composition, and tillering of timothy cultivars under grazing. *Canadian Journal of Plant Science*, 83, 1, 57-63.
<https://doi.org/10.4141/P01-161>
- Labreveux, M., Hall, M. H. & Sanderson, M. A. (2004): Forage and Grazing Management - Productivity of Chicory and Plantain Cultivars under Grazing. *Agronomy Journal*, 96, 3, 710-716. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0710>
- Labreveux, M., Sanderson, M. A. & Hall, M. H. (2006): Forage Chicory and Plantain: Nutritive Value of Herbage at Variable Grazing Frequencies and Intensities. *Agronomy Journal*, 98, 2, 231-237. <https://doi.org/10.2134/agronj2005-0012>
- LaCanne, C. E. & Lundgren, J. G. (2018): Regenerative agriculture: Merging farming and natural resource conservation profitably. *PeerJ*, 2, 1-12.
<https://doi.org/10.7717/peerj.4428>
- Lacefield, G. D. & Burris, W. R. (1993): Grazing Alfalfa - An Overview. University of Kentucky, 3, 39-42. Online: https://uknowledge.uky.edu/ky_alfalfa/1993/Session7/ (17.04.2021).
- Lal, R. (2020): Regenerative agriculture for food and climate. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75, 5, 123-124. <https://doi.org/10.2489/jswc.2020.0620A>
- Leisen, E. (2017a): Artenzusammensetzung von Luzernegrasmischungen unter Umtriebsweide und Kurzrasenweide 2015 bis 2017. Leitbetriebe Ökologischer Landbau Nordrhein-Westfalen, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 237-242.
- Leisen, E. (2017b): Luzerne- und Kleeagraskräutermischungen im Praxistest. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.

- Leisen, E. (2018): Vergleich von Klee gras-, Luzerne- und Kräutermischungen auf Öko-Milchviehbetrieben 1997-2017. Leitbetriebe Ökologischer Landbau Nordrhein-Westfalen, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.
- Leisen, E. (2019): Test von Rotkleearten unter Kurzrasen und Umtriebsweide. 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. <https://orgprints.org/36083/>
- Lemus, R. (2011): What is mob grazing and does it really provide grazing advantages? Online: <https://www.agproud.com/articles/34311-what-is-mob-grazing-and-does-it-really-provide-advantages> (07.04.2023).
- Li, G., Kemp, P. D. & Hodgson, J. (1994): Control of reproductive growth in Puna chicory by grazing management. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 213-217. <https://doi.org/10.33584/jnzg.1994.56.2108>
- Li, G. D., Kemp, P. D. & Hodgson, J. (1997): Regrowth, morphology and persistence of Grasslands Puna chicory (*Cichorium intybus* L.) in response to grazing frequency and intensity. Grass and Forage Science, 52, 1, 33-41. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.1997.00051.x>
- Li, G. D., Kemp, P. D. & Hodgson, J. (1998): Morphological development of forage chicory under defoliation in the field and glasshouse. Australian Journal of Agricultural Research, 49, 1, 69-77. <https://doi.org/10.1071/A97060>
- Li, G. & Kemp, P. D. (2005): Forage Chicory (*Cichorium intybus* L.): A Review of Its Agronomy and Animal Production. Advances in Agronomy, 88, 187-222. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)88005-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)88005-8)
- Liebig, M. A., Gross, J. R., Kronberg, S. L., Phillips, R. L. & Hanson, J. D. (2010): Grazing Management Contributions to Net Global Warming Potential: A Long-term Evaluation in the Northern Great Plains. Journal of Environmental Quality, 39, 799-809. <https://doi.org/10.2134/jeq2009.0272>
- Lindsey, T. (2016): Grazing Method Effects on Forage Production, Utilization, Animal Performance and Animal Activity on Nebraska Sandhills Meadow. Lincoln: Masterarbeit, University of Nebraska.
- Löffler, M. (2017): Luzerne – die Königin der Futterpflanzen. Online: <https://noe.lko.at/luzerne-die-k%C3%B6nigin-der-futterpflanzen+2500+2549756> (22.04.2021).
- Maad, H. (2021): Biofeldtage gaben viele fachliche Anregungen. Bauern Zeitung. Nr. 32, August 2021.
- Mahaut, L., Fort, F., Violle, C. & Freschet, G. T. (2019): Multiple facets of diversity effects on plant productivity: Species richness, functional diversity, species identity and intraspecific competition. Functional Ecology, 34, 287-298. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13473>
- Major, D., Hanna, M. & Beasley, B. (1991): Photoperiod response characteristics of alfalfa (*Medicago Sativa*). Canadian Journal of Plant Science, 71, 87-93.

- Manley, J. T., Schuman, G. E., Reeder, J. D. & Hart, R. H. (1995): Rangeland soil carbon and nitrogen responses to grazing. *Journal of Soil and Water Conservation*, 50, 294-298.
- Manley, W. A., Hart, R. H., Samuel, M. J., Smith, M. A., Waggoner, J. W. & Manley, J. T. (1997): Vegetation, cattle, and economic responses to grazing strategies and pressures. *Journal of Range Management*, 50, 638-646.
- Mawdsley, J. L. & Bardgett, R. D. (1997): Continuous defoliation of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and white clover (*Trifolium repens*) and associated changes in the composition and activity of the microbial population of an upland grassland soil. *Biology and Fertility of Soils*, 24, 1, 52-58.
- McCarntey, D. H. & Bittman S. (1994): Persistence of cool-season grasses under grazing using the mob-grazing technique. *Canadian Journal of Plant Science*, 723-728.
- McCosker, T. (2000): Cell Grazing – the first 10 years in Australia. *Tropical Grasslands*, 34, 207-2018.
- McMahon, L. R., Majak, W., McAllister, T. A., Hall, J. W., Jones, G. A., Popp, J. D. & Cheng, K. (1999): Effect of sainfoin on in vitro digestion of fresh alfalfa and bloat in steers. *Canadian Journal of Animal Science*.
- McMillen, M. (2013): The Effect of Mulch Type and Thickness on the Soil. Horticulture and Crop Science Department, California Polytechnic State University.
- Meinsen, C., Sterz, L. & Dittmann, L. (2005): Einfluss der Dynamik der Futterqualität von Rotkleegrass-Gemengen in Abhängigkeit von der Sortenwahl und dem Graspartner. In: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): 49. Jahrestagung Bad Elster, Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 7, 36-39.
- Michelena, V. A. & Boyer, J. S. (1982): Complete Turgor Maintenance at Low Water Potentials in the Elongating Region of Maize Leaves. *Plant Physiology*.
- Mislevy, P., Mott, G. O. & Martin, F. G. (1982): Screening perennial forages by mob grazing technique. *Proceedings of the 14th International Grassland Congress*, Lexington, 516-519.
- Mitchell, J. P., Reicosky, D. C., Kueneman, E. A., Fisher, J. & Beck, D. (2019): Conservation agriculture systems. *CABI Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*.
<https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201914001>
- Moot, D. J., Black, A. D., Lysons, E. M., Egan, L. M. & Hofmann, R. W. (2021): Pasture resilience reflects differences in root and shoot responses to defoliation, and water and nitrogen deficits. *Resilient Pastures – Grassland Research and Practice Series*, 17, 71-80. <https://doi.org/10.33584/rps.17.2021.3472>

- Moot, D. J., Brown, H. E., Pollock, K. & Mills, A. (2008): Yield and water use of temperate pastures in summer dry environments. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 70, 51-57. <https://doi.org/10.33584/jnzg.2008.70.2724>
- Moot, D. J., Brown, H. E., Teixeira, E. I. & Pollock, K. M. (2003): Crop growth and development affect seasonal priorities for lucerne management. *Lincoln University*, 11, 201-208. <https://doi.org/10.33584/rps.11.2003.3007>
- Morris, S. T. (2013): Sheep and beef cattle production system. In: Dymond, J. R. (Hrsg.): *Ecosystem Services in New Zealand – Conditions and Trends*. Lincoln: Manaaki Whenua Press, 14, 1, 79-84.
- Mosimann, E., Schmied, R., Thuillard, C. & Thomet, P. (2010): Produktion von Weidebeef auf Kunstwiesen: Bedeutung des Rohrschwingels. *Agrarforschung Schweiz* 1, 5, 194-201.
- Mues, S., Loges, R. & Taube, F. (2021): Weidemilch vom Acker. *DLG Mitteilung* 11/2021.
- Myer, H. (2015): *Mob Grazing as a Perennial Weed Management Tool in South Dakota Grazinglands*. Brookings: Masterarbeit, South Dakota State University.
- Myer, H., Clay, S. & Smart, A., (2014): *Mob Grazing as a Method of Weed Control in South Dakota*. *Agronomy, Horticulture and Plant Science Faculty Publications*, 82. Online: https://openprairie.sdstate.edu/plant_faculty_pubs/82 (23.04.2022).
- NAAIC – North American Alfalfa Improvement Conference (2017): *IMPORTANCE OF ALFALFA*. Online: <http://www.naaic.org/resource/importance.php> (29.04.2021).
- Netthisinghe, A., Galloway, H., DeGraves, F., Agga, G. E. & Sistani, K. (2020): Grain Yield and Beef Cow-Calf Growth Performance in Dual-Purpose and Conventional Grain Wheat Production Systems and Stockpiled Tall Fescue Pasturing. *agronomy*, 10, 1543, 1-13. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101543>
- Nonami, H. & Boyer, J. S. (1990): Primary Events Regulating Stem Growth at Low Water Potentials. *Plant Physiology*, 93, 4, 1601-1609. <https://doi.org/10.1104/pp.93.4.1601>
- NRCS-Natural Conservation Service (2016): *Grazing Management and Soil Health*. Online: <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-11/Montana-Grazing-Management-and-Soil-Health.pdf> (10.04.2023).
- Olesen, J. E. & Bindi, M. (2004): Agricultural impacts and adaptations to climate change in Europe. *Farm Policy Journal*, 1, 36-46.
- Omokanye, A., Yoder, C., Sreekumar, L., Vihvelin, L. & Benoit, M. (2018): On-farm Assessments of Pasture Rejuvenation Methods on Soil Quality Indicators in Northern Alberta (Canada). *Sustainable Agriculture Research*, 7, 2, 74-92. <https://doi.org/10.5539/sar.v7n2p74>

- Paine, L. & Gildersleeve, R. (2011a): A Summary of Beef Grazing Practices in Wisconsin. University of Wisconsin. Online: <https://fyi.extension.wisc.edu/grazres/files/2011/05/2011-Beef-Grazing-Summary-FINAL.pdf> (20.02.2024).
- Paine, L. & Gildersleeve, R. (2011b): A Summary of Dairy Grazing Practices in Wisconsin. University of Wisconsin. Online: <https://cias.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/194/2018/05/2011-Dairy-Grazing-Summary.pdf> (20.02.2024).
- Pardeller, M., Schäufele, R., Pramsohler, M. & Peratoner, G. (2014): Water use efficiency of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) under different management intensity. *Grassland Science in Europe*, 19, 163-165.
- Pavlů, V., Hejcman, M., Pavlů, L. & Gaisler, J. (2003): Effect of rotational and continuous grazing on vegetation of an upland grassland in the Jizerské Hory Mts., Czech Republic. *Folia Geobotanica*, 38, 1, 21-34.
<https://doi.org/10.1007/BF02803125>
- Peel, M. D., Asay, K. H., Johnson, D. A. & Waldron, B. L. (2004): Forage Production of Sainfoin across an Irrigation Gradient. *Crop Science*, 44, 614-619.
<https://doi.org/10.2135/cropsci2004.6140>
- Peratoner, G., Pramsohler, M., Figl, U., Florian, C., Bodner, A. & Resch, R. (2017a): Neue Mischung für trockene Lagen. *Südtiroler Landwirt* Nr. 5, 55-57.
- Peratoner, G., Überegger, N., Prünster, T. & Klocker, H. (2017b): Nur bestes Saatgut auf die Wiese. *Südtiroler Landwirt* Nr. 5, 5, 51-54.
- Peratoner, G., Gottardi, S., Figl, U., Kasal, A., Bodner, A. & Thalheimer, M. (2009): Einfluss der Beregnung auf Futterertrag und -qualität von Bergwiesen in Südtirol. In: Berendonk, C. & Riehl, G. (Hrsg.): *Futterbau und Klimawandel: Grünlandbewirtschaftung als Senke und Quelle für Treibhausgase*. 53. Jahrestagung Kleve, Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 135-138.
- Petermann, R. (2019): Mit Mob Grazing gegen trockene Weiden grasen. *Bauern Zeitung*, August, 2019.
- Peterson, D. (2010): High Density Grazing in Missouri. Nebraska Grazing Conference. Online: <https://grassland.unl.edu/documents/NGCProceedings/Proceedings2010.pdf> (05.01.2022).
- Peterson, D., Brownlee, M. & Kelley, T. (2013): Stocking density affects diet selection. *Rangelands*, 35, 62-66.

- Pietsch, G., Friedel, J. K. & Freyer, B. (2004): Ertrag, N₂-Fixierungsleistung und Wassernutzungseffizienz von Futterleguminosen in einem Ökologischen Anbausystem. In: Kauter, A., Claupein, W. & Diepenbrock, W. (Hrsg.): Effizienter Pflanzenbau für Nahrung und Rohstoffe im 21. Jahrhundert. Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 16, 219-202.
- Pietsch, G., Friedel, J. K. & Freyer, B. (2007): Lucerne management in an organic farming system under dry site conditions. *Field Crops Research*, 102, 2, 104-118. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.03.003>
- Pietsch, G., Hrbek, R., Laubhann, D. & Friedel, J. K. (2009): Effect of mulching dates modified for nature conservation on the yield and nitrogen fixation of green manure lucerne crops. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 2, 353-362. <https://doi.org/10.1051/agro:2008056>
- Pietsch, G., Starz, W., Friedel, J. K. & Freyer, B. (2007): Luzerne-Sortenvergleich im Trockengebiet Ostösterreichs. 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau.
- Pinheiro Machado Filho, L. C., Seó, H. L. S., Daros, R. R., Enriquez-Hidalgo, D., Wendling, A. V. & Pinheiro Machado, L. C. (2021): Rational Grazing as a Sustainable Alternative for Livestock Production. *Animals*, 11, 12, 3494. <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/12/3494>
- Planisich, A., Utsumi, S. A., Larripa, M. & Galli, J. R. (2020): Grazing of cover crops in integrated crop-livestock systems. *Animal* 15, 1, 100054. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100054>
- Pötsch, E. M., Asel, A., Schaumberger, A. & Resch, R. (2014): Impact of climate change on grassland productivity and forage quality. *Grassland Science in Europe*, 19, 139-141.
- Pötsch, E. M., Herndl, M., Schaumberger, A., Schweiger, M., Resch, R. & Adelwöhrer, M. (2019): Auswirkung zukünftiger Klimabedingungen auf Ertrag und Futterqualität im Grünland. In: HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Hrsg.): 21. Alpenländisches Expertenforum Klimawandel im Alpenraum – Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland und dessen Bewirtschaftung, 49-54.
- Pratt, D. W. (2013): *Healthy Land, Happy Families and Profitable Businesses – Essays to Improve Your Land, Your Life and Your Bottom Line*. Ranch Management Consultants, Inc. ISBN: 978-0-9910634-0-6
- Probst, T. A. (2008): Harvest frequency and cultivar effects on yield, quality, and regrowth rate among new alfalfa cultivars. Lexington: Masterarbeit, University of Kentucky.
- Provenza, F. D. (2003): *Foraging Behavior: Managing to Survive in a World of Change*. Utah Agriculture Experiment Station, 63. Online: <http://behave.net/products/booklet.html> (12.05.2018).

- Provenza, F. D., Villalba, J. J., Dziba, L. E., Atwood, S. B. & Banner, R. E. (2003): Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. *Small Ruminant Research*, 49, 257-274.
- Putnam, D. H. & Orloff, S. B. (2014): Forage Crops. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, 381-405. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00142-X>
- Ramos-Santana, R. & Rodríguez-Arroy, J. E. (1991): Persistence of Hemarthrio and Cynodon cultivars in mob grazing in the humid tropical region of Puerto Rico. *Journal of Agriculture, University of Puerto Rico*, 75, 2.
- Rayburn, E. (2014): Number and Size of Paddocks in a Grazing System. *West Virginia University Extension Service*, 10-12.
- Raza, A. (2010): Water relations of lucerne (*Medicago sativa* L.) under organic farming conditions. *Wien: Dissertation, Universität für Bodenkultur*, 1-245.
- Raza, A., Bodner, G., Moghaddam, A., Mohammad, R., Loiskandl, W. & Himmelbauer, M. (2013): Assessing the effect of lucerne utilization systems in the Pannonian region of Austria. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 297-311. <https://doi.org/10.1080/03650340.2013.791972>
- Real Wealth Ranching (2023): Real Wealth Ranching. Online: <https://www.rwranching.com/main-blog-page> (09.04.2023).
- Redden, M. D. (2014): Grazing Method Effects on Forage Production, Utilization, and Animal Performance on Nebraska Sandhills Meadow. *Lincoln: Masterarbeit, University of Nebraska. Theses, Dissertations, and Student Research in Agronomy and Horticulture*, 75. <http://digitalcommons.unl.edu/agronhortdiss/75>
- Reed, H., Clay, S., Smart, A., Clay, D. & Ohrtman, M. (2019a): Mob Grazing Results in High Forage Utilization and Reduced Western Snowberry Size. *Forage Groups*. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.83402>
- Reed, H., Smart, H., Clay, D. E., Ohrtman, M. & Clay, S. A. (2019b): Mob vs. Rotational Grazing: Impact on Forage Use and *Artemisia absinthium*. *Forage Groups*. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.79085>
- Reinsch, T., Loza, C., Malisch, C. S., Vogeler, I., Kluß, C., Loges, R. & Taube, F. (2021): Toward Specialized or Integrated Systems in Northwest Europe: On-Farm Eco-Efficiency of Dairy Farming in Germany. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 614348. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.614348>
- Richmond, R. (2011): The benefits to agriculture and the environment of rebuilding soil carbon. *Nuffield Farming Scholarships Trust*. Online: <https://www.nuffieldscholar.org/reports/gb/2011/benefits-agriculture-and-environment-rebuilding-soil-carbon> (11.04.2023).

- Roberts, A. J. & Johnson, N. C. (2021): Effects of Mob-Grazing on Soil and Range Quality Vary with Plant Species and Season in a Semiarid Grassland. *Rangeland Ecology & Management*, 79, 2021, 139-149.
<https://doi.org/10.1016/j.rama.2021.04.008>
- Robertson, G. P. (2015): A Sustainable Agriculture? *American Academy of Arts & Sciences*, 144, 4. https://doi.org/10.1162/DAED_a_00355
- Rodale Institute (2023): What is Rotational Grazing? Online:
<https://rodaleinstitute.org/why-organic/organic-farming-practices/rotational-grazing/>
(11.04.2023).
- Rowntree, J. E., Stanley, P. L., Maciel, I. C. F., Thorbecke, M., Rosenzweig, S. T., Hancock, D. W., Guzman, A. & Raven, M. R. (2020): Ecosystem Impacts and Productive Capacity of a Multi-Species Pastured Livestock System. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 544984. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.544984>
- Ruz-Jerez, B. E., Ball, P. R., White, R. E. & Gregg, P. E. H. (1991): Comparison of a herbal ley with a ryegrass-white clover pasture and pure ryegrass sward receiving fertiliser nitrogen. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 230, 225-230. <https://doi.org/10.33584/jnzg.1991.53.1982>
- Ryser, P. & Urbas, P. (2000): Ecological significance of leaf life span among Central European grass species. *Oikos*, 91, 41-50. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.910104.x>
- Salatin, J. (1995): *Salad Bar Beef*. Swoope: Polyface Inc. ISBN: 0-9638109-1-X
- Sanderson, M. (2010): Nutritive value and herbage accumulation rates of pastures sown to grass, legume, and chicory mixtures. *Agronomy Journal*, 102, 2, 728-733.
<https://doi.org/10.2134/agronj2009.0374>
- Sandison, C. (2019): Tall Grass Grazing and the Future of Livestock Farming. Online:
<https://www.agricology.co.uk/field/blog/tall-grass-grazing-and-future-livestock-farming> (29.03.2023).
- Sangjan, W., Carpenter-Boggs, L. A., Hudson, T. D. & Sankaran, S. (2022): Pasture Productivity Assessment under Mob Grazing and Fertility Management Using Satellite and UAS Imagery. *Drones*, 6, 232. <https://doi.org/10.3390/drones6090232>
- Savory, A. & Butterfield, J. (2016): *Holistic Management – A Commonsense Revolution To Restore Our Environment*. 3. Auflage, Washington: Island Press.
- Savory Institute (2015): What Is Holistic Planned Grazing? Online:
<https://savory.global/wp-content/uploads/2017/02/about-holistic-planned-grazing.pdf> (30.05.2023).
- Savory, A. (1983): *The Savory Grazing Method or Holistic Resource Management*. *Rangelands*, 5, 4.

- Savory, A. (1988): Holistic resource management. Covelo: Island Press. ISBN: 978-1-61091-743-8
- Savory, A. (2013): Science and Methodology Underpinning Holistic Management. Online: <https://savory.global/wp-content/uploads/2018/08/science-methodology.pdf> (30.05.2023).
- Schacht, W. H., Volesky, J. D., Bauer, D., Smart, A. & Mousel, E. (2000): Plant Community Patterns on Upland Prairie in the Eastern Nebraska Sandhills. University of Nebraska, Agronomy & Horticulture: Faculty Publications, 339, 43-58. <https://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/339>
- Schaumberger, A. (2011): Räumliche Modelle zur Vegetations- und Ertragsdynamik im Wirtschaftsgrünland. Graz: Dissertation, Technische Universität.
- Schleip, I., Lattanzi, F. A. & Schnyder, H. (2013): Common leaf life span of co-dominant species in a continuously grazed temperate pasture. Basic and Applied Ecology, 14, 1, 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2012.11.004>
- Schmid, J. & Lottermoser, E. (2019): Weidehaltung ab 2020 für jeden Biobetrieb Pflicht. Landwirtschaftskammer Salzburg. Online: <https://sbq.lko.at/weidehaltung-ab-2020-f%C3%BCr-jeden-biobetrieb-pflicht+2500+3031896> (14.11.2019).
- Schmidt, H. & Leithold, G. (2004): Fruchtfolgesysteme im Ökolandbau mit und ohne Tierhaltung – Erträge und N-Haushalt. In: Kauter, D., Kämpf, A., Claupein, W. & Diepenbrock, W. (Hrsg.): Effizienter Pflanzenbau für Nahrung und Rohstoffe im 21. Jahrhundert. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 16, 121-122.
- Schmidt, H. (2003): Viehloser Ackerbau im ökologischen Landbau – Evaluierung des derzeitigen Erkenntnisstandes anhand von Betriebsbeispielen und Expertenbefragungen. Giessen Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Justus-Liebig-Universität.
- Schmied, R., Mosimann, E. & Kunz, P. (2008): Weidebasierte Fleischproduktion auf Fruchtfolgeflächen des Schweizer-Mittellandes. In: Thomet, P., Menzi, H. & Isselstein, J. (Hrsg.): Effiziente Nutzung von Grünland als Ressource für die Milch- und Fleischproduktion. 52. Jahrestagung Zollikofen, Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau, 9, 83-86.
- Schnyder, H. (2006): Physiologische und morphogenetische Grundlagen zum Regenerationsvermögen der Gräser. In: Haber et al. (Hrsg.): Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Gräser und Grasland: Biologie-Nutzung-Entwicklung, Bayerische Akademie der Wissenschaften, München, 31, 39-46.
- Schreefel, L., Schulte, R. P. O., de Boer, I. J. M., Schrijver, A. P. & van Zanten, H. H. E. (2020): Regenerative agriculture – the soil is the base. Global Food Security, 100404. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100404>

- Schulz, F. (2012): Vergleich ökologischer Betriebssysteme mit und ohne Viehhaltung bei unterschiedlicher Intensität der Grundbodenbearbeitung – Effekte auf Flächenproduktivität, Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit. Gießen Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Justus-Liebig-Universität.
- Schuman, G. E., Reeder, J. D., Manley, J. T., Hart, R. H. & Manley, W. A. (1999): Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. *Journal of Applied Ecology*, 9, 65-71.
- Schwarzer, S. (2019): Putting carbon back where it belongs – the potential of carbon sequestration in the soil. Science Division, 1-12. Online: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/28453/Foresight013.pdf> (29.03.2023).
- Schwinning, S. & Parsons, A. J. (1996): Analysis of the coexistence mechanisms for grasses and legumes in grazing systems. *Journal of Ecology*, 84, 6.
- Shepherd, B. (2020): Mob grazing cover crops is the way forward. *Farmers Weekly*. Online: <https://www.fwi.co.uk/arable/farmer-focus/farmer-focus-mob-grazing-cover-crops-is-the-way-forward> (10.04.2023).
- Sheppard, S. C., Cattani, D. J., Ominski, K. H., Biliget, B., Bittman, S. & McGeough, E. J. (2019): Sainfoin production in western Canada: A review of agronomic potential and environmental benefits. *Grass and Forage Science*, 74, 1, 6-18. <https://doi.org/10.1111/gfs.12403>
- Sherren, K., Hodbod, J., Slee, M. M., Chappell, E. & King, M. (2022): Adaptive multi-paddock grazing and wellbeing: uptake, management practices and mindset among Canadian beef producers. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 46, 9, 1304-1329. <https://doi.org/10.1080/21683565.2022.2107597>
- Shewmaker, G. E. & Bohle, M. G. (2010): Pasture and Grazing Management in the Northwest. A Pacific Northwest Extension Publication: University of Idaho, Oregon State University, Washington State University, 1-214.
- Shrestha, B. M., Bork, E. W., Chang, S. X., Carlyle, C. N., Ma, Z., Döbert, T. F., Kaliaskar, D. & Boyce, M. S. (2020): Adaptive Multi-Paddock Grazing Lowers Soil Greenhouse Gas Emission Potential by Altering Extracellular Enzyme Activity. *agronomy*, 10, 1781. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111781>
- Shropshire, A. (2018): Grazing Strategy Effects on Utilization, Animal Performance, Aboveground Production, Species Composition, and Soil Properties on Nebraska Sandhills Meadow. Lincoln: Masterarbeit, University of Nebraska. <http://digitalcommons.unl.edu/agronhortdiss/157>
- Skinner, H. (2008): Yield, Root Growth, and Soil Water Content in Drought-Stressed Pasture Mixtures Containing Chicory. *Crop Science*, 48, 1, 380-388. <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.04.0201>

- Smart, A. J., Derner, J. D., Hendrickson, J. R., Gillen, R. L., Dunn, B. H., Mousel, E. M., Johnson, P. S., Gates, R. N., Sedives, K. K., Harmony, K. R., Volesky, J. D. & Olson, K. C. (2010): Effect of Grazing Pressure on Efficiency of Grazing on North American Great Plains Rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, 397-406.
- Soder, K., Hautau, M., Hafla, A. & Moyer, B. (2013): Tall Grazing in Dairy Operations: Maintaining Forage Quality & Production. Online: <https://projects.sare.org/wp-content/uploads/976295definitions-tall-mob-grazing-6-11-13-mtg.pdf> (14.01.2024).
- Soil Association (2023a): The Mob Grazing Operational Group. Online: <https://www.soilassociation.org/our-work-in-scotland/scotland-farming-programmes/mob-grazing/meet-the-mob-grazers/> (19.09.2023).
- Soil Association (2023b): What is mob grazing? Online: <https://www.soilassociation.org/our-work-in-scotland/scotland-farming-programmes/mob-grazing/what-is-mob-grazing/> (29.03.2023).
- Soloviev, E. R. & Landua, G. (2016): Levels of Regenerative Agriculture. Terra Genesis International. Online: <http://www.Terra-Genesis.Com/Wp-Content/Uploads/2017/03/Levels-of-Regenerative-Agriculture-1.Pdf> (09.04.2021)
- Sottie, E. T., Acharya, S. N., McAllister, T., Thomas, J., Wang, Y. & Iwaasa, A. (2014): Alfalfa Pasture Bloat Can Be Eliminated by Intermixing with Newly-Developed Sainfoin Population. *Agronomy Journal*, 106, 4, 2-10. <https://doi.org/10.2134/agronj13.0378>
- Souther, S., Loeser, M., Crews, T. E. & Sisk, T. (2019): Complex response of vegetation to grazing suggests need for coordinated, landscape-level approaches to grazing management. *Global Ecology and Conservation*. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00770>
- Starz, W. (2020): Weidehaltung von Rindern im Alpenen Raum Österreichs – eine moderne und innovative Betriebsstrategie. Wien: Dissertation, Universität für Bodenkultur, 1-195.
- Starz, W., Kreuzer, J., Steinwider, A., Pfister, R. & Rohrer, H. (2013): Ernte- und Qualitätserträge einer simulierten Kurzrasen und Koppelweide bei trockenheitsgefährdetem Dauergrünland. 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau - Ideal und Wirklichkeit: Perspektiven ökologischer Landbewirtschaftung - Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, Verlag Dr. Köster, 176-179.
- Starz, W., Steinwider, A., Pfister, R. & Rohrer, H. (2016): Einfluss von Koppel- und Kurzrasenweide auf die Wurzelmassen im Vegetationsverlauf. Österreichische Fachtagung für Biologische Landwirtschaft 2016, 65-68. ISBN: 978-3-902849-41-0
- Starz, W., Pfister, R., Rohrer, H., Hein, W. & Waschl, H. (2015): Luzerne und Rotklee im oberösterreichischen Alpenvorland Material und Methoden. Fachtagung Biologische Landwirtschaft 2015, 25-28.

- Starz, W., Lehner, D., Steinwidder, A., Rohrer, H. & Wieser, M. (2024): Beimischung von Chicoree und Spitzwegerich in Kleegrasmischungen im pannonischen Klimaraum Österreichs. Posterbeitrag.17. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Stein-Bachinger, K., Reckling, M. & Granstedt, A. (2013): Kreislauforientierte ökologische Landwirtschaft – Handlungsempfehlungen für Landwirte und Berater. Band 1: Pflanzenbau und Tierhaltung. BERAS Implementation-Projekt.
- Steinberger, S., Rauch, P. & Spiekers, H. (2009): Vollweide mit Winterkalbung – Erfahrungen aus Bayern. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft (Hrsg.): Internationale Weidetagung 2009 „Vollweidehaltung – Umsetzung in der Praxis mit Begleitender Beratung“.
- Steinwidder, A., Starz, W., Rohrer, H., Pfister, R., Terler, G., Velik, M., Häusler, J., Kitzer, R., Schauer, A. & Podstatzky, L. (2019): Weideochsenmast ohne Krafftutter. Züchtungskunde, 91, 329-359.
- Steinwidder, A. & Starz, W. (2015): Gras dich fit. Graz, Stuttgart: Leopold Stocker Verlag. ISBN: 978-3-7020-1516-9
- Steinwidder, A. & Häusler, J. (2015): Effiziente Weidehaltung durch betriebsangepasste Weidesysteme und Weidestrategien. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, 1-12.
- Stelly, M. (1972): Alfalfa science and technology. In: Hanson, C. H. (1972): Alfalfa Science and Technology. The American Society of Agronomy, 15, 1-812.
<https://doi.org/10.2134/agronmonogr15>
- Strickler, D. (2019): Managing Pasture – A Complete Guide to Building Healthy Pasture for Grass-Based Meat and Dairy Animals. North Adams: Storey Publishing. ISBN: 978-1-63586-070-2
- Suter, D., Briner, H., Bosshard, H., Mosimann, E. & Stevenin, L. (2003): Rohrschwengel und Wiesenfuchsschwanz: neue Sorten. Agrarforschung Schweiz 10, 7, 270-275. <http://www.aaai.org/Papers/FLAIRS/2003/Flairs03-073.pdf>
- Svejcar, T. & Christiansen, S. (1987): The Influence of Grazing Pressure on Rooting Dynamics of Caucasian Bluestem. Journal of Range Management, 40, 3, 224-227.
<https://doi.org/10.2307/3899083>
- Tallman, S. (2012): No-Till Case Study, Brown’s Ranch: Improving Soil Health Improves The Bottom Line. National Sustainable Agriculture Information Service, ATTRA. Online: <https://attra.ncat.org/publication/no-till-case-study-browns-ranch-improving-soil-health-improves-the-bottom-line/> (09.04.2023).
- Teague, R. & Barnes, M. (2017): Grazing management that regenerates ecosystem function and grazingland livelihoods. African Journal of Range & Forage Science, 34, 2, 77-86, <https://doi.org/10.2989/10220119.2017.1334706>

- Teague, R., Apfelbaum, S., Lal, R., Kreuter, U. P., Rowntree, J., Davies, C. A., Conser, R., Rasmussen, M., Hatfield, J., Wang, T., Wang, F. & Byck, P. (2016): The role of ruminants in reducing agriculture's carbon footprint in North America. *Journal of Soil and Water Conservation*, 71, 2, 156-164.
<https://doi.org/10.2489/jswc.71.2.156>
- Teague, R., Provenza, F., Kreuter, U., Steffens, T. & Barnes, M. (2013): Multi-paddock grazing on rangelands: Why the perceptual dichotomy between research results and rancher experience? *Journal of Environmental Management*, 128, 699-717. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.05.064>
- Teague, R., Grant, B. & Wang, H. H. (2015): Assessing optimal configurations of multi-paddock grazing strategies in tallgrass prairie using a simulation model. *Journal of Environmental Management*, 150, 262-273.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.09.027>
- Teague, W. R., Provenza, F., Norton, B., Steffens, T., Barnes, M., Kothmann, M. & Roath, R. (2008): Benefits of multi-paddock grazing management on rangelands: Limitations of experimental grazing research and knowledge gaps. *Grasslands: Ecology, Management and Restoration*, 41-80.
- Teague, W. R., Dowhower, S. L., Baker, S. A., Haile, N., DeLaune, P. B. & Conover, D. M. (2011): Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 141, 310-22.
- Teixeira, E. I., Moot, D. J. & Brown, H. E. (2008): Defoliation frequency and season affected radiation use efficiency and dry matter partitioning to roots of lucerne (*Medicago sativa* L.) crops. *European Journal of Agronomy*, 28, 103-111.
<https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.05.004>
- Teixeira, E. I., Moot, D. J., Brown, H. E. & Pollock, K. M. (2007): How does defoliation management impact on yield, canopy forming processes and light interception of lucerne (*Medicago sativa* L.) crops? Lincoln University, 1-39.
- Thober, S., Marx, A. & Boeing, F. (2018): Auswirkungen der globalen Erwärmung auf hydrologische und agrarische Dürren und Hochwasser in Deutschland. Ergebnisse aus dem Projekt HOKLIM: Hochaufgelöste Klimaindikatoren bei einer Erderwärmung von 1,5 Grad. In: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ (Hrsg.): Auswirkungen der globalen Erwärmung auf hydrologische und agrarische Dürren und Hochwasser in Deutschland. Ergebnisse aus dem Projekt HOKLIM: Hochaufgelöste Klimaindikatoren bei einer Erderwärmung von 1,5 Grad. 1-17. https://www.ufz.de/export/data/2/207531_HOKLIM_Broschüre_final.pdf
- Thomas, H. S. (2012): Ranchers Sing The Praises Of Mob Grazing of Cattle. Beef. Online: <http://www.beefmagazine.com/pasture-range/ranchers-sing-praises-mob-grazing-cattle> (14.03.2023).

- Thomas, H., James, A. R. & Humphreys, M. W. (1999): Effects of water stress on leaf growth in tall fescue, Italian ryegrass and their hybrid: rheological properties of expansion zones of leaves, measured on growing and killed tissue. *Journal of Experimental Botany*, 50, 331, 221-231. <https://doi.org/10.1093/jxb/50.331.221>
- Thomas, S. H. (2014): The Wofford Ranch – Grazing Management in a Dry Climate. In Practice. 156, 12-16. Online: <http://seniorwateroftheriogrande.org/wp-content/uploads/2017/07/GrazingMgmtInADryClimate.pdf> (09.04.2023).
- Thomet, P., Hadorn, M., Troxler, J. & Koch, B. (2000): Entwicklung von Raigras/Weissklee-Mischungen bei Kurzrasenweide. *AgrarForschung*, 7, 5, 218-223.
- Tonucci, G.R., Nair, V. D., Ramachandran Nair, P. K. & Garcia, R. (2017): Grass vs. tree origin of soil organic carbon under different land-use systems in the Brazilian Cerrado. *Plant Soil*, 419, 281-292. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3347-1>
- top agrar (2014): Im „Mob“ weidende Mutterkühe. 6, Online: <https://www.topagrar.com/acker/aus-dem-heft/im-mob-weidende-mutterkuehe-9666120.html> (21.05.2023).
- Tracy, B. F. & Bauer, R. B. (2019): Evaluating mob stocking for beef cattle in a temperate grassland. *PLoS ONE*, 14, 12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226360>
- Trickett, T. & Warner, D. J. (2022): Earthworm Abundance Increased by Mob-Grazing Zero-Tilled Arable Land in South-East England. *Earth*, 3, 895-906. <https://doi.org/10.3390/earth3030052>
- Troxler, J., Jeangros, B., Calame, F. (1992): Einfluss der Beregnung auf den Pflanzenbestand, den Futterertrag und den Nährwert von Naturwiesen im Goms (Oberwallis). *Landwirtschaft Schweiz*, 5, 3, 109-116.
- Turner, L. R., Donaghy, D. J., Lane, P. A. & Rawnsley, R. P. (2006): Effect of defoliation management, based on leaf stage, on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), prairie grass (*Bromus willdenowii* Kunth.) and cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) under dryland conditions. 2. Nutritive value. *Grass and Forage Science*, 61, 2, 175-181. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2006.00524.x>
- Undersander, D., Albert, B., Cosgrove, D., Johnson, D. & Peterson, P. (2016): Pastures for profit: A guide to rotational grazing, 1-38. Online: <https://grassworks.org/wp-content/uploads/2016/11/A-Guide-to-Rotational-Grazing.pdf> (08.03.2024).
- Van Ruijven, J. & Berendse, F. (2010): Diversity enhances community recovery, but not resistance, after drought. *Journal of Ecology*, 98, 81-86. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01603.x>

- Verhoeven, A. (2022a): Erfolgreich Weiden auch in trockenen Jahren. Online: <https://www.wochenblatt.com/landwirtschaft/tier/erfolgreich-weiden-auch-in-trockenen-jahren-13085491.html> (10.06.2022).
- Verhoeven, A. (2022b): Was ist eigentlich Mob Grazing? Rinder aktuell: Mögliche Antwort auf Dürren, Artenschwund und Humusverlust. Online: <https://www.bauernblatt.com/was-ist-eigentlich-mob-grazing/> (10.10.2022).
- Vogel, A., Scherer-Lorenzen, M. & Weigelt, A. (2012): Grassland Resistance and Resilience after Drought Depends on Management Intensity and Species Richness. PLoS ONE, 7, 5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036992>
- Voisin, A. (1959): Grass Productivity – An Introduction to Rational Grazing. Midwest Journal Press. ISBN: 978-1-312-64206-5
- Voisin, A. & Lecomte, A. (1962): The Cow And Her Grass – Rational Grazing – A Manual of Grass Productivity. Midwest Journal Press. ISBN: 978-1-312-72433-4
- Volesky, J., Schacht, W., Redden, M., Johnson, J. & Beckman, B. (2014): Mob Grazing Research. University of Nebraska. Online: <https://grassland.unl.edu/documents/2014%20Volesky%20final.pdf> (03.05.2023).
- Wagner, M., Waterton, C. & Norton L. R. (2023): Mob grazing: A nature-based solution for British farms producing pasture-fed livestock. Nature-Based Solutions, 3. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2023.100054>
- Waller, S. S., Moser, L. E. & Anderson, B. (1985): Understanding grass growth: The key to profitable livestock production. Online: <https://grassland.unl.edu/grass-growth> (07.04.2023).
- Walston, D. (2015): Above and below the ground: building resilient, productive and profitable soils. Nuffield Farming Scholarships Trust. Online: <https://www.nuffieldscholar.org/reports/gb/2014/above-and-below-ground-building-resilient-productive-and-profitable-soils> (11.04.2023).
- Wang, Y., McAllister, T. A. & Acharya, S. (2015): Condensed Tannins in Sainfoin: Composition, Concentration, and Effects on Nutritive and Feeding Value of Sainfoin Forage. Crop Science, 55, 13-22. <https://doi.org/10.2135/cropsci2014.07.0489>
- Wawrzyniak, N. (2022): Im Klimabetrieb – Zu mehr Kohlenstoff in der Bilanz. Bioland – Das Fachmagazin für den ökologischen Landbau, September Ausgabe.
- Weinberger, K. (2009): Management von Wetterrisiken in Anbetracht des Klimawandels und der GAP-Reform. Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Jahrgang 2009, 1-10. Online: https://www.bmlrt.gv.at/land/laendl_entwicklung/Online-Fachzeitschrift-Laendlicher-Raum/archiv/2009/weinberger.html (03.02.2022).

- Weißbach, C. (2018): Vergleich unterschiedlicher Aufwuchshöhen hinsichtlich Produktivität intensiver Weidesysteme auf einem niederschlagsreichen inneralpinen Standort. Wien: Masterarbeit, Universität für Bodenkultur.
- White, C. (2020): Why Regenerative Agriculture? *American Journal of Economics and Sociology*, 79, 3, 799-812. <https://doi.org/10.1111/ajes.12334>
- Wilkinson, I., Lane, S. & Mountain, F. (2016): Mob Grazing –A Farmers Guide. Cotswold Seeds Ltd. Online: <https://www.cotswoldseeds.com/articles/214/mob-grazing-guide> (02.11.2022).
- Winter, M. (2019): Gutes Futter trotz Hitze. *Bio Austria – Fachzeitschrift für Landwirtschaft und Ökologie*. April, 2019.
- Winter, M. (2022a): Wie mit Mob Grazing Äcker ganzjährig bedeckt sind. Landwirtschaftskammer Niederösterreich. Online: <https://noe.lko.at/wie-mit-mob-grazing-%C3%A4cker-ganzj%C3%A4hrig-bedeckt-sind+2400+3617250> (18.10.2022).
- Winter, M. (2022b): Mob Grazing – Eine Weidestrategie für Trockengebiete. *INNOVATION*. Ausgabe 1, 2022.
- Winter, M., Gansch, M., Stofner, J. & Ladstätter, T. (2018): Konzepterstellung für die Weidestrategie Mob Grazing für einen Mutterkuhbetrieb in Niederösterreich. Wien: Bachelorarbeit, Universität für Bodenkultur.
- Yachi, S. & Loreau, M. (1999): Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96, 4, 1463-1468. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.4.1463>
- Zahn N. H., Ertel, C., Hener, R., Franke, S., Beck, A., Westphal, J. & Schleip, I. (2022): Mob Grazing als Weidestrategie im Grünland und Ackerfutter bei zunehmenden Trockenheiten in Nordostdeutschland. Konferenzpaper – Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde. Online: https://assets-global.website-files.com/6181219d41444a9a41a8131c/63bd27e08eb526553fa3cb26_Zahn_2022.pdf (10.09.22).
- Zaralis, K. (2015): SOLID participatory research from UK: Mob Grazing for Dairy Farm Productivity. *The Organic Research Centre*, 1-12.
- Zesiger, A. (2022): Provisorische Auswertung – Zusatzerhebung landwirtschaftliche Betriebszählung Thema Bewässerung. Mail vom 19.07.2022. In: Pestoni, A., Marti, A. & Keiser, A. (Hrsg.): Datengrundlage und künftige Datenerfassung zur landwirtschaftlichen Bewässerung in der Schweiz – Projekt “Swiss Irrigation Info”: Schlussbericht Modul 1. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Zollikofen.

Zhou, Y., Gowda, P. H., Wagle, P., Ma, S., Neel, J. P. S., Kakani, V. G. & Steiner, J. L. (2019): Climate Effects on Tallgrass Prairie Responses to Continuous and Rotational Grazing. *agronomy*, 9, 5, 1-15.
<https://doi.org/10.3390/agronomy9050219>

Zietsman, J. (2014): *Man, Cattle, Veld*. BEEFpowerLLC. ISBN: 978-0-9904678-1-6

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1 Angabe der Aussaatstärke (kg/ha) für die Mastversuchsanlage.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabelle 2 Gruppeneinteilung der Versuchstiere nach Rassen und Lebendmasse.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabelle 3 Rotationsdauern auf der Weide im Erhebungsjahr 2020.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabelle 4 Besatzdichten, Umtriebe und Futterflächen für die Gruppe 1 und 2.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabelle 5 Angabe der Aussaatstärke (kg/ha) für die Parzellenanlage.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabelle 6 Einfluss zweier Weidemischungen auf die Mastleistung von Rindern.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabelle 7 Zusammensetzung der Pflanzenbestände¹⁾ beim ersten Erntetermin¹⁾ (Haupteffekte: Variante bzw. Mischung).....</i>	<i>76</i>
<i>Tabelle 8 Zusammensetzung der Pflanzenbestände¹⁾ von acht Saatgutmischungen beim zweiten Erntetermin¹⁾.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabelle 9 Zusammensetzung der Pflanzenbestände¹⁾ von acht Saatgutmischungen beim dritten Erntetermin¹⁾.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabelle 10 Jahresertragsangaben für Trockenmasse, Rohprotein und Energie.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabelle 11 Futterinhaltsstoffe für den 1. Schnitt sowie statistische Kennzahlen.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabelle 12 Futterinhaltsstoffe für den 2. Schnitt sowie statistische Kennzahlen.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabelle 13 Futterinhaltsstoffe für den 3. Schnitt sowie statistische Kennzahlen.....</i>	<i>87</i>

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1 Parzellenplan der bewässerten Variante 1</i>	71
<i>Abbildung 2 Parzellenplan der nicht bewässerten Variante 2</i>	71
<i>Abbildung 3 Entwicklung des Pflanzenbestandes im Laufe der Vegetationsperiode für die Mischungen 1-8 (ausgewählte Ergebnisse; Haupteffekt Mischung)</i>	79
<i>Abbildung 4 TM-Erträge zu jedem Nutzungstermin für die Variante 1</i>	81
<i>Abbildung 5 TM-Erträge zu jedem Nutzungstermin für die Variante 2</i>	82
<i>Abbildung 6 TM-Erträge der Mischungen 1 bis 8 beim 1. Aufwuchs in den Varianten 1 und 2</i>	83
<i>Abbildung 7 TM-Erträge der Mischungen 1 bis 8 beim 2. Aufwuchs in den Varianten 1 und 2</i>	83
<i>Abbildung 8 TM-Erträge der Mischungen 1 bis 8 beim 3. Aufwuchs in den Varianten 1 und 2</i>	84
<i>Abbildung 9 Energiegehalte für alle Nutzungstermine der Variante 1</i>	88
<i>Abbildung 10 Energiegehalte für alle Nutzungstermine der Variante 2</i>	89
<i>Abbildung 11 Rohproteingehalt für alle Nutzungstermine in der Variante 1</i>	90
<i>Abbildung 12 Rohproteingehalt für alle Nutzungstermine in der Variante 2</i>	90