

# Auswirkungen von Trockenstress auf Knäulgrassorten





# **Auswirkungen von Trockenstress auf Knäulgrassorten**

## Impressum

Projektnehmer/in: HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Abteilung Vegetationsmanagement im Alpenraum

Adresse: Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal

Projektleiter: Lukas Gaier

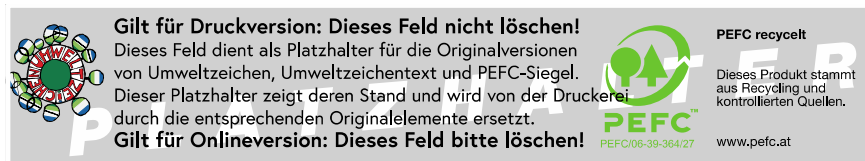
Tel.: 03682/22451-346

E-Mail: [lukas.gaier@raumberg-gumpenstein.at](mailto:lukas.gaier@raumberg-gumpenstein.at)

Projektmitarbeiter/in: Bernhard Krautzer, Wilhelm Graiss, Andreas Schaumberger, Andreas Klingler, Katharina Gassner-Speckmoser

Projektlaufzeit: 16.04.2021-31.12.2022

Alle Rechte vorbehalten.



Irdning-Donnersbachtal, 2022. Stand: 19. Dezember 2022



## Inhalt

<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>5</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Einleitung.....</b>	<b>9</b>
Grünland.....	9
Pflanzenbestand und Klimawandel .....	10
Knautgras.....	10
<b>Fragestellung .....</b>	<b>12</b>
<b>Material und Methoden .....</b>	<b>13</b>
Anlage und Pflanzenmaterial .....	13
Versuchsvarianten und Versuchsdesign.....	14
Bestimmung des TM-Ertrags .....	15
Bestimmung der Wurzelmasse .....	15
Auswertungen .....	16
<b>Ergebnisse.....</b>	<b>17</b>
Sorten-Trockenmasseerträge in den unterschiedlichen Bewässerungsstufen.....	17
Treatment-Trockenmasseerträge bei den unterschiedlichen Sorten .....	19
Sorten-Rohproteinerträge in den unterschiedlichen Bewässerungsstufen.....	20
Treatment-Rohproteinerträge bei den unterschiedlichen Sorten .....	22
Wurzelmasse .....	23
<b>Diskussion.....</b>	<b>25</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>28</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>29</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>30</b>
<b>Abkürzungen.....</b>	<b>32</b>

# Zusammenfassung

Gemessen am Anteil der landwirtschaftlichen Fläche stellt Grünland die größte Kulturart in der österreichischen Landwirtschaft dar. Der Klimawandel stellt allerdings auch das österreichische Grünland durch eine Zunahme von Extremwetterereignissen und eine Verschiebung der Niederschlagsverteilung zunehmend vor Herausforderungen (Beierkuhnlein et al., 2011). Besonders das Gräsergerüst leidet, da sich der Hauptwurzelanteil vieler, für das Wirtschaftsgrünland bedeutender, Grasarten in den oberen Bodenschichten befindet. Aus diesem Grund ist auf dürrgefährdeten Standorten die Zusammensetzung von Saatgutmischungen hin zu trockenheitstoleranteren Arten zu verschieben. In diesem Zusammenhang kommt dem Knaulgras (*Dactylis glomerata*) eine besondere Bedeutung zu. Während die Art prinzipiell als sehr trockenheitstolerant gilt (Majidi, Araghi, et al., 2015, Majidi, Hoseini, et al., 2015), ist über die sortenbedingten Unterschiede sehr wenig bekannt, da sich eine standardmäßige Erhebung bei den Prüfungen im freien Feld als sehr schwierig gestaltet. Aus diesem Grund wurde im Folientunnel der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein Versuch gestartet um die Trockenheitstoleranz von 5 Knaulgrassorten unterschiedlichen geografischen Ursprungs unter kontrollierten Bedingungen zu untersuchen.

- Variante 1 - ohne Trockenstress
- Variante 2 - leichte Absenkung der Bewässerung
- Variante 3 - starke Absenkung der Bewässerung
- Variante 4 - starke Absenkung der Bewässerung mit anschließendem Rewetting

Dazu wurden die Pflanzen in mit Quarzsand gefüllten Mitscherlichgefäßen im Jahr 2021 über drei Aufwüchse hinweg untersucht. Die Bewässerung erfolgte gravimetrisch, wobei jeder einzelne Topf dreimal wöchentlich gewogen und wieder auf ein Sollgewicht hin bewässert wurde.

Bei den Untersuchungen wurden der Trockenmasse- und Rohproteintrag sowie die Wurzelmasse erhoben. Die Ergebnisse wurden als Relativwerte zum jeweiligen Sorten- oder Treatmentmittel dargestellt. Eine Publikation in einem wissenschaftlichen Journal inklusive statistischer Auswertung und Interpretation der Ergebnisse ist derzeit in Arbeit.

Zwischen den Sorten zeigten sich sowohl oberirdisch als auch unterirdisch deutliche Unterschiede in der Biomassebildung. Während bei drei Sorten die volle Bewässerung immer zu den höchsten Trockenmasseerträgen führte, wies eine andere Sorte in den ersten beiden Aufwüchsen bei leichter Absenkung der Bewässerung die höchsten Trockenmasseerträge auf. Aber auch die Streuung zwischen den Sorten schwankte zwischen den Treatments stark.

Während sich bei stark reduzierter Bewässerung die sortenbedingten Unterschiede auf ca. 10 % des Trockenmasseertrags beschränkten, stiegen die Unterschiede bei leicht abgesenkter Bewässerung deutlich auf bis zu 30 %. Wie bei den Trockenmasseerträgen wies auch bei den Rohproteinträgen der dritte Aufwuchs über alle Treatments hinweg die geringste Schwankungsbreite zwischen den Sorten auf. Im Gegensatz zu den Trockenmasseerträgen wies im Hinblick auf die Rohproteinträge die stark reduzierte Bewässerung mit bis zu 30 % die größte Schwankungsbreite zwischen den Sorten auf. Während es bei der oberirdischen Biomassebildung zwischen den Sorten unterschiedliche Reaktionen auf die verschiedenen Trockenheitstreatments gab, zeigten die Untersuchungen der Wurzeln ein homogeneres Bild, da hier unabhängig der Bewässerung eine Sorte die höchste Wurzelmasse aufwies. Wobei die Streuung zwischen den verschiedenen Sorten auch bei der Wurzelmasse sehr stark ausgeprägt war. Das Rewetting im letzten Aufwuchs wies bei allen untersuchten Parametern einen positiven Effekt auf. Die Erträge stiegen von einem unterdurchschnittlichen Niveau in den ersten beiden Schnitten auf deutlich über den Durchschnitt und waren mit der vollbewässerten Variante vergleichbar.

Generell, kann zusammengefasst werden, dass die Trockenheitstreatments alle untersuchten Parameter stark beeinflussten. Dies zeigt, dass in Zukunft ein verstärktes Augenmerk auf die Trockenresistenz in der Zucht, aber auch in der Prüfung von neuen Sorten gelegt werden muss. Während bei der Zucht die kontrollierten Bedingungen für die Selektion noch verhältnismäßig einfach umgesetzt werden können, stellt dies bei der Sortenprüfung eine größere Herausforderung dar.

Stehen die Untersuchungsergebnisse zur Verfügung, muss auch eine differenzierte Mischungserstellung erfolgen, um die idealen Sorten an den richtigen Standort zu bringen. So könnten auch innerhalb einer Art zwischen den eher trockentoleranten und weniger toleranten Sorten unterschieden werden und diese in Anlehnung an die Lagen aus dem österreichischen Mischungsrahmen (BAES, 2019) gezielt eingesetzt werden.



# Abstract

In terms of the share of agricultural land, grassland represents the largest crop type in Austrian agriculture. However, climate change is also increasingly challenging Austrian grassland due to an increase in extreme weather events and a shift in precipitation distribution. Especially the grass structure suffers, as the main root portion of many grass species important for economic grassland is located in the upper soil layers. For this reason, on drought-prone sites, the composition of seed mixtures should be shifted toward more drought-tolerant species. In this context, cocksfoot (*Dactylis glomerata*) is of particular importance.

While the species is in principle considered to be very drought tolerant (Majidi, Araghi, et al., 2015, Majidi, Hoseini, et al., 2015), very little is known about varietal differences as a standard survey in field trials is very difficult. For this reason, a trial was started in the foil tunnel of the HBLFA Raumberg-Gumpenstein to investigate the drought tolerance of 5 cocksfoot cultivars of different geographical origin under controlled conditions.

- Variant 1 without drought stress
- Variant 2 slight lowering of irrigation
- Variant 3 strong reduction of irrigation
- Variant 4 strong lowering of irrigation followed by rewetting.

For this purpose, the plants were studied in Mitscherlich pots filled with quartz sand over three growths in 2021. Irrigation was gravimetric with each individual pot weighed three times weekly and rewatered to a target weight.

Dry matter yield, crude protein yield and root mass were collected during the studies. The results were presented as relative values to the respective variety or treatment mean. A publication in a scientific journal including statistical evaluation and interpretation of the results is currently in progress.

There were significant differences in biomass formation between the cultivars, both above and below ground. While full irrigation always led to the highest dry matter yields in three varieties, one variety always showed the highest dry matter yields in the first two growths with a slight reduction in irrigation. However, the dispersion between the varieties also varied greatly between the treatments. While the varietal differences were limited to about 10 % of the dry matter yield with strongly reduced irrigation, the differences increased significantly to up to 30 % with slightly reduced irrigation. As with the dry matter yields, the third growth also

showed the smallest variation between the varieties in the crude protein yields across all treatments.

In contrast to the dry matter yields, with regard to the crude protein yields, the strongly reduced irrigation showed the greatest variation between the varieties with up to 30 %. While there were different reactions to the different drought treatments in the above-ground biomass formation between the cultivars, the investigations of the roots showed a more homogeneous picture, since here, irrespective of the irrigation, one cultivar had the highest root mass. Whereby the scatter between the different varieties was also very pronounced in the root mass. Rewetting in the last growth had a positive effect on all parameters investigated. Yields increased from a below average level in the first two cuts to well above average and were comparable to the fully irrigated variant.

In general, it can be summarized that the drought treatments strongly influenced all investigated parameters. This shows that in the future more attention must be paid to drought resistance in breeding but also in the testing of new varieties. While in breeding the controlled conditions for selection can be implemented relatively easily, variety testing is a bigger challenge.

If the test results are available, a differentiated mixture creation must take place in order to bring the ideal varieties to the right location. In this way, a distinction could be made between the more drought-tolerant and less tolerant varieties within a species and these could be used in a targeted manner based on the locations from the Austrian mixture framework (BAES, 2019).

# Einleitung

## Grünland

Gemessen am Anteil der landwirtschaftlichen Fläche stellt Grünland die größte Kulturart in der österreichischen Landwirtschaft dar. Die Verteilung innerhalb des Bundesgebiets ist allerdings keinesfalls homogen. Während in den pflanzenbaulichen Gunstlagen in Niederösterreich, dem Burgenland und auch Oberösterreich großteils Ackerbau betrieben wird, befinden sich die Grünlandflächen im Alpenvorland und in den inneralpinen Lagen (Buchgraber et al., 2011). Doch auch innerhalb der Grünlandgebiete sind die zu erwartenden Erträge stark unterschiedlich. In Abhängigkeit des Standorts, der klimatischen Verhältnisse und der betrieblichen Wirtschaftsweise kommt es zu einer Unterteilung in eine Vielzahl von unterschiedlichen Nutzungsarten. Zu den extensiv genutzten Flächen gehören Wiesen mit zwei oder weniger Schnitten, Streuwiesen, Hutweiden, Bergmäher und Almflächen. Im Vergleich zu den intensiv genutzten Flächen kann auf diesen Flächen nur wesentlich weniger Biomasse erzeugt werden. Weiters unterscheidet sich dieses Grünfutter nicht nur in der Menge, sondern auch in den Inhaltsstoffen. Zu den intensiven Nutzungsarten zählen Wiesen, die im Jahr öfter als dreimal geschnitten werden und intensiv genutzte Weiden wie die Kurzrasenweide, die Koppelweide oder die Portionsweide. Neben der ausschließlichen Schnitt- oder Weidenutzung ist auch eine Vielzahl an Kombinationen möglich. Ein leistungsfähiger, dem Standort angepasster Dauergrünlandbestand ist eine der zentralen Grundlagen für eine nachhaltige und wirtschaftlich erfolgreiche tierische Produktion. Die Basis dafür bildet eine dichte Grasnarbe mit einem möglichst geringen Anteil an offenem und somit unproduktivem Boden. Um stabile, qualitativ und quantitativ gute Erträge erreichen zu können ist ein ausgewogenes Verhältnis der Artengruppen unerlässlich (Gaier, Klingler, et al., 2022). Diese haben dabei jeweils spezifische Aufgaben hinsichtlich der Ertrags- und Qualitätsbildung, sowie der Resilienzsteigerung hinsichtlich biotischer und abiotischer Stressoren.

Die Gräser bilden dabei das Grundgerüst des Bestandes und sollten zwischen 50 und 70 Prozent ausmachen. Sie haben nicht nur die nötige Ertragsfähigkeit und Sicherheit, sondern weisen auch einen hohen Energiegehalt auf. Leguminosen sollten mit 10 bis 30 Prozent im Grünland vertreten sein. Sie verbessern durch ihre Symbiose mit den stickstoffbindenden Knöllchenbakterien die Stickstoffversorgung des Grünlandes. Neben der sehr guten Futterqualität steigern sie ebenso wie die Kräuter den Mineralstoffgehalt des Grundfutters. Die Kräuter steigern aufgrund ihrer guten Anpassungsfähigkeit wesentlich die Resilienz eines Grünlandbestandes. Jedoch sollte ihr Anteil nicht mehr als 30 % betragen, wobei es sich bei diesen um Futterkräuter handeln soll und nicht um Giftpflanzen oder unerwünschte Arten. Bei

vier- oder mehrschnittigen Grünland kann sich das Verhältnis etwas weiter in Richtung der Gräser verschieben.

## Pflanzenbestand und Klimawandel

Der Klimawandel stellt das österreichische Grünland durch eine Zunahme von Extremwetterereignissen und eine Verschiebung der Niederschlagsverteilung zunehmend vor Herausforderungen. Die Vegetationsperiode beginnt deutlich früher, damit verändern sich traditionelle Auf- und Austriebstermine. Der Futterzuwachs im Frühjahr nimmt bei ausreichender Wasserverfügbarkeit zu, die Ertragsdepression im Sommer ist in den meisten Jahren deutlich ausgeprägter als früher. Damit verändern sich auch traditionelle Schnitttermine. Mit Ausnahme der gut wasserversorgten Standorte in kühleren Lagen ist künftig allgemein mit Ertragseinbußen zu rechnen. Aus diesen Gründen muss über eine Änderung des Pflanzenbestands und auch des Managements nachgedacht werden. Besonders das Gräsergerüst leidet, da sich der Hauptwurzelaanteil vieler, für das Wirtschaftsgrünland bedeutender, Grasarten in den oberen Bodenschichten befindet (Staniak & Kocoń, 2015). Aus diesem Grund ist auf dürrefährdeten Standorten die Zusammensetzung von Saatgutmischungen hin zu trockenheitstoleranteren Arten zu verschieben. In diesem Zusammenhang kommt dem Knaulgras (*Dactylis glomerata*) eine besondere Bedeutung zu (Gaier, Graiss, et al., 2022).

### Knaulgras

Knaulgras ist eine der wichtigsten Pflanzenarten im österreichischen Grünlandgebiet und ist in so gut wie allen Qualitätssaatgutmischungen vertreten. Die Futterqualität von Knaulgras ist zwar geringer als die des englischen Raygrases (*Lolium perenne*), aber es hat einen hohen Ertrag in den Sommermonaten und ist toleranter gegenüber abiotischem Stress, z. B. mäßig fruchtbaren Böden und extremen Wetterbedingungen (Hill, 1997; Robins et al., 2016; Sanada, Gras & van Santen, 2010). Der jährliche Futterertrag schwankt im Anbau als Monokultur in Abhängigkeit von Klima und Standort zwischen 8,9-13,4 Tonnen Trockenmasse je Hektar und Jahr (AGES, 2017; Tomic et al., 2007). Weltweit konzentrieren sich die Ziele der Futterpflanzenzüchtung meist auf Ertragssteigerung, Futterqualität, Krankheitsresistenz und Toleranz gegenüber abiotischem Stress wie Trockenheit oder Winterhärte (Sanada, Gras & van Santen, 2010; Sanada, Tamura & Yamada, 2010). Derzeit sind 240 Knaulgrassorten in der OECD-Sortenliste eingetragen (<https://www.niab.com/oecdv2/variety>). Während die Art prinzipiell als sehr trockenheitstolerant gilt (Majidi, Araghi, et al., 2015, Majidi, Hoseini, et al., 2015) ist über die sortenbedingten Unterschiede sehr wenig bekannt, da sich eine standardmäßige Erhebung bei den Prüfungen im freien Feld als sehr schwierig gestaltet. Aus

diesem Grund wurde im Folientunnel der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein Versuch gestartet, um die Trockenheitstoleranz von 5 Knaulgrassorten unterschiedlichen geografischen Ursprungs unter kontrollierten Bedingungen zu untersuchen.

# Fragestellung

Gibt es sortenbedingte Unterschiede bei Trockenstress in Hinblick auf:

- Futterertrag
- Wurzelbildung

Gibt es sortenbedingte Unterschiede in einer Trockenheitsperiode und einer folgenden nachträglichen Bewässerung (Rewetting) in Hinblick auf:

- Futterertrag
- Wurzelbildung

**Zur Auswertung dieser Forschungsfragen ist derzeit eine Publikation in einem wissenschaftlichen peerreviewten Journal in Arbeit. Aus diesem Grund werden in diesem Bericht die statistischen Auswertungen der Ergebnisse nicht gezeigt.**

# Material und Methoden

## Anlage und Pflanzenmaterial

Um mehrere europäische Regionen und Klimate zu untersuchen, wurden Sorten aus verschiedenen Ländern gewählt. Sorte 1 stammte aus Dänemark (*Amba*), Sorte 2 aus Norwegen (*Laban*), Sorte 3 aus Frankreich (*RGT Lovely*), Sorte 4 aus Tschechien (*Prolana*) und Sorte 5 aus Österreich (*Tandem*).

Die Pflanzen wurden Anfang August 2020 in Anzuchterde angesät und Ende August 2020 pikiert (Abbildung 1). Eine Woche nach dem Pikieren wurden jeweils 7 Pflanzen in Mitscherlich Gefäße umgetopft. Jedes Gefäß wurde mit Quarzsandsubstrat gefüllt, zusätzlich erhielt jeder Topf eine Startdüngung mit Stickstoff, Phosphor und Kali.



Abbildung 1: Keimlinge von zwei Knaulgrassorten kurz nach der Ansaat (links); pikierte Einzelpflanzen (rechts)

Die Pflanzen verblieben bis Ende September im Folientunnel und wurden danach in einen abgedunkelten, kühlen, aber frostfreien Raum überwintert. Über die Wintermonate wurden die Pflanzen aufgrund des geringen Verbrauchs nur zweimal bewässert. Anfang März 2021 wurden die Pflanzen wieder in das Gewächshaus transportiert und auf 19 % gravimetrischen Wassergehalt bewässert um ein Anwachsen im Frühjahr ohne Wasserstress zu ermöglichen. Die Bewässerung erfolgte gravimetrisch, wobei jeder einzelne Topf gewogen und wieder auf ein Sollgewicht hin bewässert wurde (Abbildung 2).



Abbildung 2: Jungpflanzen nach der Verpflanzung in die Mitscherlichgefäße (links); geschnittene Jungpflanzen nach Schnitt auf 5 cm am 11. März 2021

Dabei wurde zusätzlich darauf geachtet Gefäße mit schwächer etablierten Pflanzen gegen Reservegefäße auszutauschen. Am 11. März 2021 erfolgte ein Schnitt auf 5 cm Wuchshöhe, um den Pflanzen einen einheitlichen Start zu ermöglichen. Zusätzlich dazu erfolgte eine Düngung von hochgerechnet 40 kg Stickstoff und 40 kg Phosphor je Hektar. Dieser Tag wurde als Start des Experiments gewählt. Im Zuge des Versuchs wurden drei Aufwüchse untersucht. Bis zum 15. April 2021 wurden die Pflanzen noch alle gleich bewässert, danach erfolgte eine Aufteilung in die einzelnen Versuchsvarianten.

## Versuchsvarianten und Versuchsdesign

In dem Versuch wurden vier unterschiedliche Bewässerungsvarianten untersucht:

**Variante 1 - ohne Trockenstress:** Die Bewässerung dieser Variante erfolgte auf einen Gewichtsanteil von 19 % des Substrates.

**Variante 2 - leichte Absenkung:** Die Bewässerung dieser Variante erfolgte auf einen Gewichtsanteil von 14 % des Substrates.

**Variante 3 - starke Absenkung:** Die Bewässerung dieser Variante erfolgte auf einen Gewichtsanteil von 9 % des Substrates.

**Variante 4 - starke Absenkung mit anschließendem Rewetting:** Die Bewässerung dieser Variante erfolgte auf einen Gewichtsanteil von 9 % des Substrates mit einer Erhöhung der Bewässerung nach dem 2. Schnitt auf einen Gewichtsanteil von 19 % des Substrates.

Die Töpfe wurden für die Dauer des Experiments drei- bis viermal auf Gramm genau gewogen und auf das jeweils vorgegebene Gewicht bewässert.



Die Anlage des Versuchs erfolgte in sechsfacher Wiederholung (Blöcken) um die Ergebnisse statistisch absichern zu können. Jeder Block bestand aus 20 Gefäßen, wobei jede Kombination von Sorte und Variante in jedem Block einmal vorkam.

### Bestimmung des TM-Ertrags

Bei den Schnittterminen wurden alle Pflanzen auf einer Höhe von 5 cm mit einer Schere abgeschnitten (Abbildung 3) und sofort das Frischmassegewicht pro Topf auf Zehntelgramm bestimmt. Danach wurden die Pflanzen in einer Warmlufttrocknung bis auf einen Wassergehalt von ca. 11 % getrocknet und dadurch konserviert. Die finale Bestimmung der Trockenmasse erfolgte mittels NIRS- Spektroskopie. Der Rohproteingehalt wurde auf Basis der Stickstoffauswertungen nach Duma berechnet.

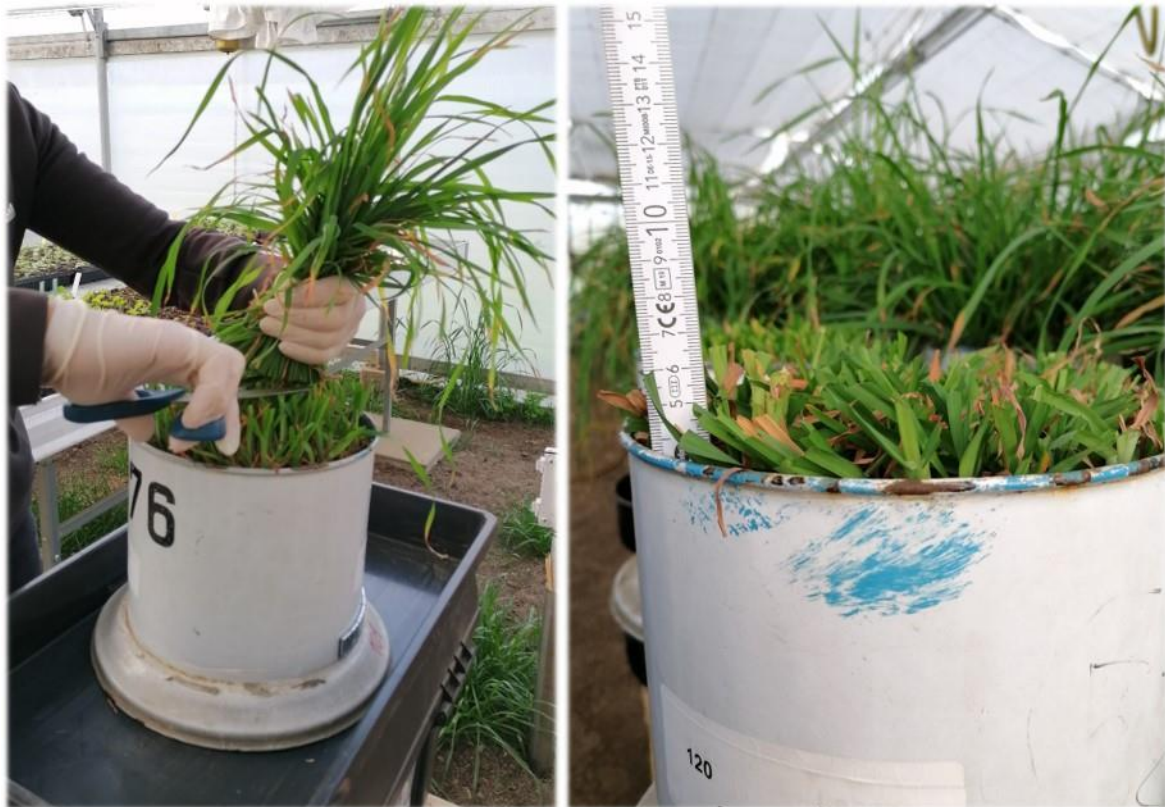


Abbildung 3: Knaulgraspflanzen bei (links) und nach (rechts) der Ernte des ersten Aufwuchses

### Bestimmung der Wurzelmasse

Nach der Ernte des dritten Aufwuchses wurden die Pflanzen an der Bodenoberfläche gekappt (Abbildung 4) und der Wurzelanteil in drei verschiedenen Bodenschichten (0-5 cm, 5-10 cm, >10 cm) ermittelt. Dazu wurden die Wurzelballen in den betreffenden Tiefen

durchgeschnitten, die Wurzeln ausgewaschen und deren Frischmasse erhoben. Die Wurzeln wurden anschließend in einem Muffelofen getrocknet und der Trockenmasseanteil bestimmt.



Abbildung 4: Entfernung des Stoppelmasse (links); Quarzsandsubstrat mit Wurzelballen (Mitte); ausgewaschene Wurzeln aus der Bodenschicht von 5-10 cm (rechts)

## Auswertungen

Die Ergebnisse der Trocken- und Wurzelmasseerträge, sowie des Proteinertrags werden als Relativwerte zum jeweiligen Sorten- oder Treatmentmittel dargestellt. Die Darstellung erfolgt mit Microsoft Excel. Eine Publikation in einem wissenschaftlichen Journal inklusive statistischer Auswertung und Interpretation der Ergebnisse ist derzeit in Arbeit.

# Ergebnisse

## Sorten-Trockenmasseerträge in den unterschiedlichen Bewässerungsstufen

Die verschiedenen Bewässerungstreatments zeigten deutliche Unterschiede in Hinblick auf die Trockenmasseerträge der 5 Sorten, wobei diese nicht in jedem Aufwuchs gleich stark ausgeprägt waren. Die Sorte 3 zeigte bei voller Bewässerung (Abbildung 5) über alle Aufwüchse hinweg den höchsten und die Sorte 2 den geringsten TM-Ertrag.

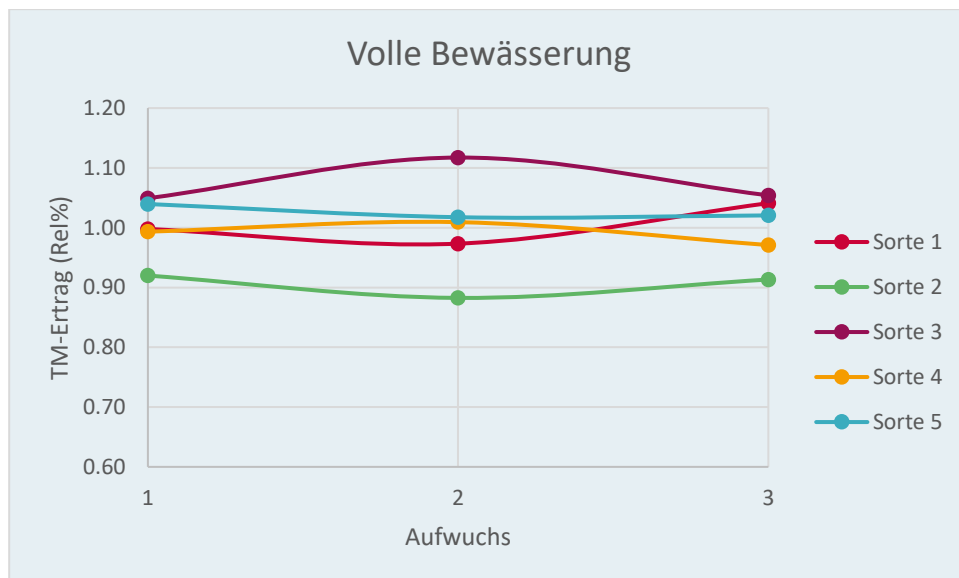


Abbildung 5: Darstellung der relativen TM-Erträge zum Sortenmittel in den drei Aufwüchsen bei voller Bewässerung

Bei leicht reduzierte Bewässerung (Abbildung 6) zeigte die Sorte 4 bei den ersten beiden Aufwüchsen, jedoch im letzten Aufwuchs Sorte 3 den höchsten TM-Ertrag. Sorte 2 zeigte auch bei dieser Bewässerungsstufe die niedrigsten Erträge.

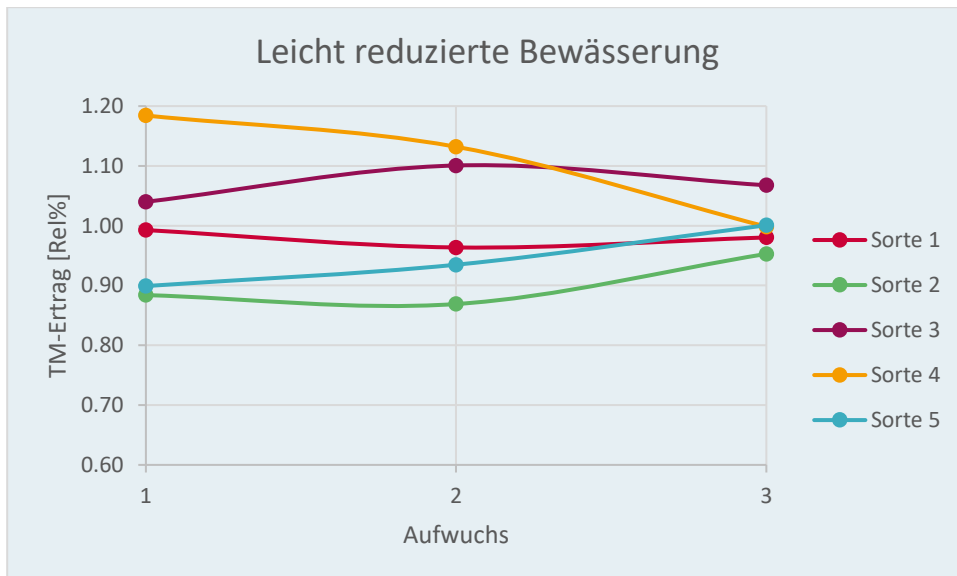


Abbildung 6: Darstellung der relativen TM-Erträge zum Sortenmittel in den drei Aufwüchsen bei leicht reduzierter Bewässerung

Bei der stark reduzierten Bewässerung (Abbildung 7) zeigten die Sorten 3 und 4 eine ähnliche Dynamik wie bei leichter Reduktion der Bewässerung. Die Sorte 3 schnitt im ersten Aufwuchs im Vergleich zum Sortenmittel bei stark reduzierter Bewässerung schlechter ab als bei geringer Reduktion der Bewässerung.

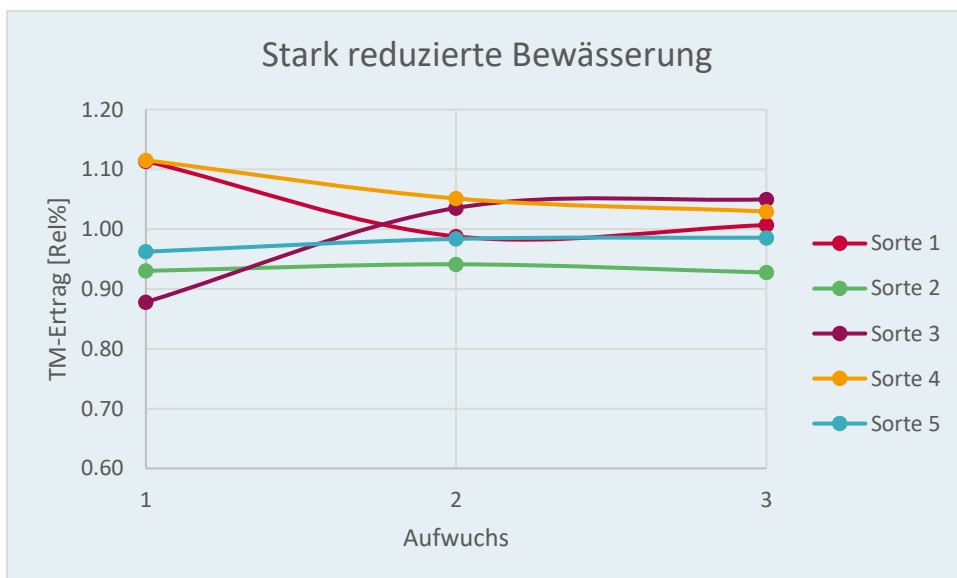


Abbildung 7: Darstellung der relativen TM-Erträge zum Sortenmittel in den drei Aufwüchsen bei stark reduzierter Bewässerung

## Treatment-Trockenmasseerträge bei den unterschiedlichen Sorten

Werden die unterschiedlichen Treatments auf Sortenebene betrachtet, so zeigt sich, dass bei allen Sorten die volle Bewässerung mit den höchsten Erträgen korreliert (Tabelle 1). Die einzige Ausnahme stellt hier die Sorte 4 in den ersten beiden Aufwüchsen dar, bei welchen die leicht verringerte Bewässerung höhere Erträge liefert. Das Rewetting beim letzten Aufwuchs führte bei allen Varianten zu einem deutlichen Anstieg im Vergleich zur stark reduzierten Bewässerung und es wurde in allen Fällen annähernd das Niveau der vollen Bewässerung erreicht.

Tabelle 1: Darstellung der relativen TM-Erträge zum Treatment-Mittel in den drei Aufwüchsen der fünf Knäulgrassorten

<b>Sorte 1</b>			
	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
Leicht reduzierte Bewässerung	0.95	0.98	0.95
Stark reduzierte Bewässerung	1.04	0.96	0.91
Stark reduzierte B.+ Rewetting	1.03	1.01	1.05
Volle Bewässerung	0.99	1.05	1.09
<b>Sorte 2</b>			
	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
Leicht reduzierte Bewässerung	0.99	0.98	1.01
Stark reduzierte Bewässerung	1.01	1.02	0.92
Stark reduzierte B.+ Rewetting	0.93	0.94	1.03
Volle Bewässerung	1.06	1.06	1.04
<b>Sorte 3</b>			
	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
Leicht reduzierte Bewässerung	1.06	1.02	1.01
Stark reduzierte Bewässerung	0.87	0.92	0.92
Stark reduzierte B.+ Rewetting	0.97	0.96	0.99
Volle Bewässerung	1.10	1.10	1.07
<b>Sorte 4</b>			
	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
Leicht reduzierte Bewässerung	1.11	1.10	0.98
Stark reduzierte Bewässerung	1.01	0.98	0.95
Stark reduzierte B.+ Rewetting	0.92	0.87	1.04
Volle Bewässerung	0.96	1.05	1.03
<b>Sorte 5</b>			
	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
Leicht reduzierte Bewässerung	0.93	0.95	0.98
Stark reduzierte Bewässerung	0.97	0.96	0.90
Stark reduzierte B.+ Rewetting	0.99	0.98	1.05
Volle Bewässerung	1.11	1.11	1.07

## Sorten-Rohproteinерträge in den unterschiedlichen Bewässerungsstufen

Die verschiedenen Bewässerungstreatments zeigten Unterschiede in Hinblick auf die Rohproteinерträge der 5 Sorten, wobei diese nicht in jedem Aufwuchs gleich stark ausgeprägt waren. Die Sorte 5 zeigte bei voller Bewässerung (Abbildung 8) über alle Aufwüchse hinweg den höchsten XP-Ertrag. Die Schwankungsbreite war im zweiten Aufwuchs mit knapp 15 % am höchsten.

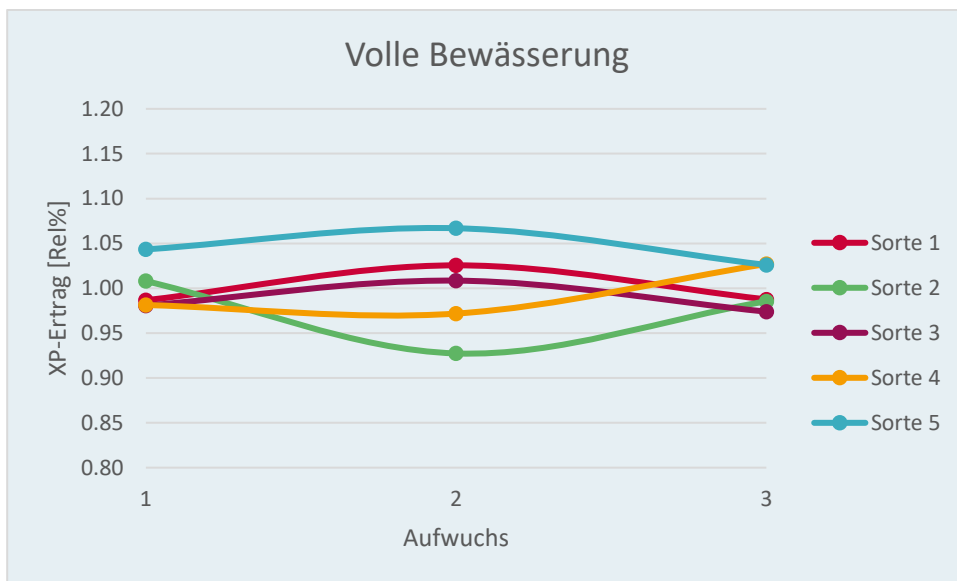


Abbildung 8: Darstellung der relativen XP-Erträge zum Sortenmittel in den drei Aufwüchsen bei voller Bewässerung

Bei leicht reduzierter Bewässerung (Abbildung 9) waren die Ergebnisse nicht so einheitlich wie bei voller Bewässerung. Die Schwankungsbreite zwischen den Sorten lag bei ca. 10 %, wobei auch hier die Schwankungsbreite im dritten Aufwuchs am geringsten war. Während im ersten und im dritten Aufwuchs die Sorte 5 die höchsten XP-Gehalte aufwies, so fiel diese Sorte im zweiten Aufwuchs hinter die Sorten 3 und 4 zurück.

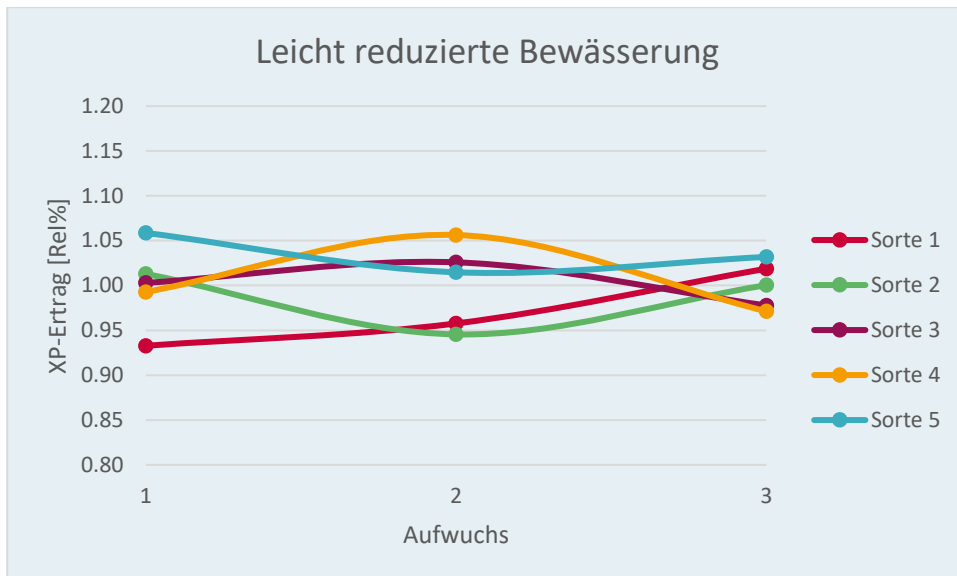


Abbildung 9: Darstellung der relativen XP-Erträge zum Sortenmittel in den drei Aufwüchsen bei leicht reduzierter Bewässerung

Bei stark reduzierter Bewässerung (Abbildung 10) zeigten alle drei Aufwüchse eine unterschiedliche Dynamik.

Im ersten Aufwuchs zeigte Sorte 1 den höchsten XP-Ertrag, im 2. Aufwuchs Sorte 2 und im dritten Aufwuchs die Sorten 4 und 5. Die Schwankungsbreite zwischen den Sorten war in diesem Treatment mit bis zu 30 % im ersten Aufwuchs am höchsten, wobei die Schwankungsbreite im zweiten und dritten Aufwuchs wesentlich geringer war.

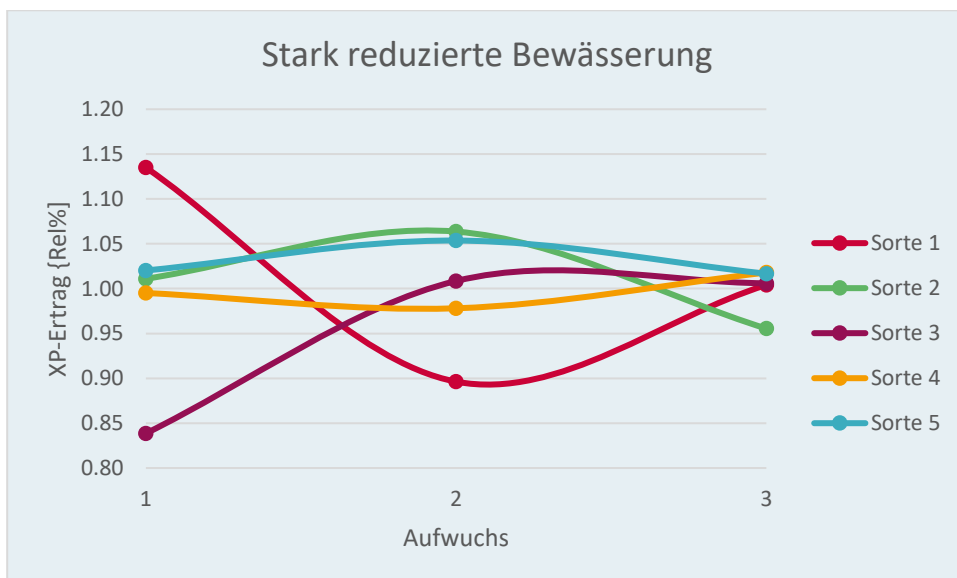


Abbildung 10: Darstellung der relativen XP-Erträge zum Sortenmittel in den drei Aufwüchsen bei stark reduzierter Bewässerung

## Treatment-Rohproteinerträge bei den unterschiedlichen Sorten

Werden die unterschiedlichen Treatments auf Sortenebene betrachtet, so ergibt sich ein sehr differenziertes Bild (Tabelle 2). Während die Ergebnisse in den ersten beiden Aufwüchsen in Abhängigkeit der Sorte stark schwankten, zeigt sich im dritten Aufwuchs bei allen Sorten ein Mehrertrag bei der vollbewässerten Variante.

Das Rewetting beim letzten Aufwuchs führte bei allen Varianten zu einem deutlichen Anstieg im Vergleich zur stark reduzierten Bewässerung, wobei das Niveau der vollen Bewässerung nicht erreicht wurde.

Tabelle 2: Darstellung der relativen XP-Erträge zum Treatment-Mittel in den drei Aufwüchsen der fünf Knautgrassorten

Sorte 1			
	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
Leicht reduzierte Bewässerung	0.90	0.95	1.01
Stark reduzierte Bewässerung	1.15	0.94	0.93
Stark reduzierte B.+ Rewetting	0.98	1.03	1.00
Volle Bewässerung	0.97	1.09	1.06
Sorte 2			
	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
Leicht reduzierte Bewässerung	1.00	0.93	1.00
Stark reduzierte Bewässerung	1.06	1.11	0.90
Stark reduzierte B.+ Rewetting	0.93	0.98	1.03
Volle Bewässerung	1.01	0.98	1.07
Sorte 3			
	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
Leicht reduzierte Bewässerung	1.01	0.97	0.99
Stark reduzierte Bewässerung	0.89	1.01	0.95
Stark reduzierte B.+ Rewetting	1.10	1.00	1.00
Volle Bewässerung	1.00	1.02	1.06
Sorte 4			
	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
Leicht reduzierte Bewässerung	1.01	1.04	0.96
Stark reduzierte Bewässerung	1.06	1.02	0.95
Stark reduzierte B.+ Rewetting	0.92	0.92	1.00
Volle Bewässerung	1.01	1.02	1.10
Sorte 5			
	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
Leicht reduzierte Bewässerung	1.02	0.94	1.01
Stark reduzierte Bewässerung	1.04	1.03	0.94
Stark reduzierte B.+ Rewetting	0.91	0.96	0.96
Volle Bewässerung	1.03	1.06	1.09



## Wurzelmasse

Die verschiedenen Bewässerungstreatments zeigten deutliche Unterschiede in Hinblick auf die Wurzelmasse der 5 Sorten. In jedem Bewässerungstreatment zeigt dabei die Sorte 4 die höchste Wurzelmasse, mit einem deutlichen Abstand zu den anderen Sorten. Lediglich bei stark reduzierter Bewässerung zeigte die Sorte 1 ein ähnlich hohes Niveau. Die niedrigsten Wurzelmassen wiesen in allen Bewässerungsvarianten die Sorten 3 und 5 auf.

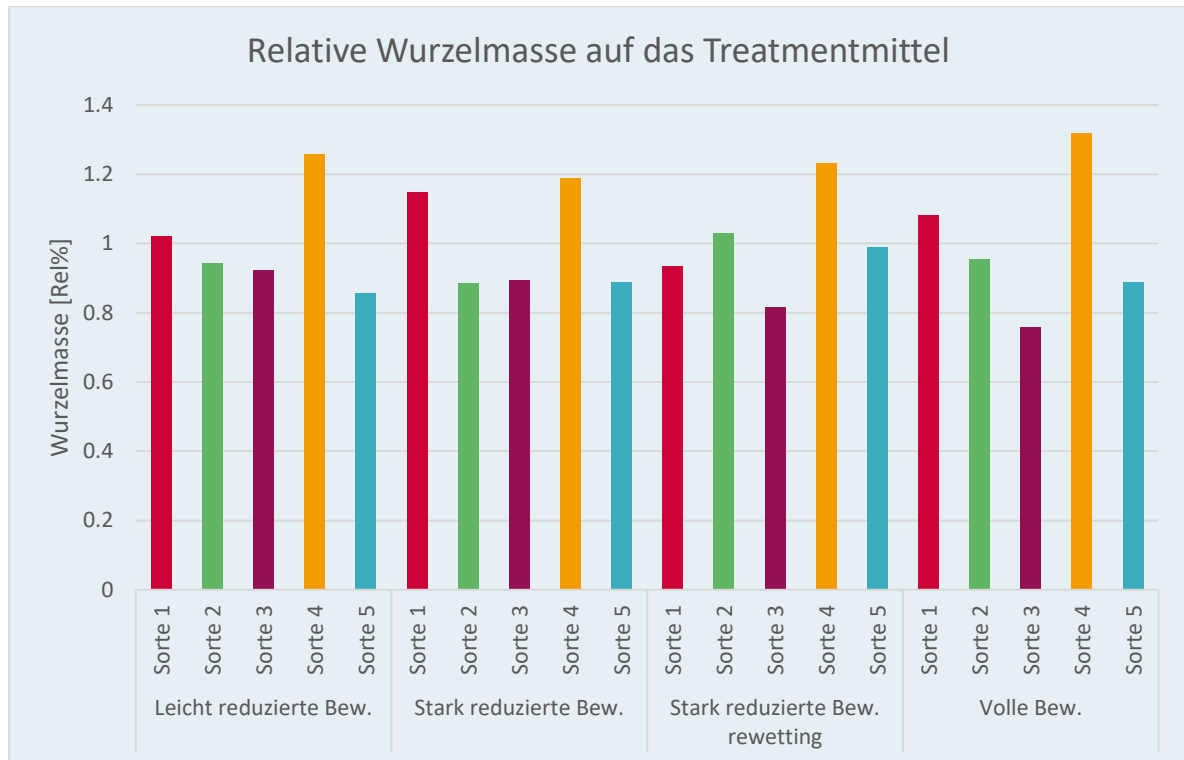


Abbildung 11: Darstellung der relativen Wurzelmasse der fünf Knaulgrassorten zum Treatmentmittel

Betrachtet man die Auswirkungen der Treatments auf die fünf verschiedenen Sorten (Abbildung 12) so zeigt sich, dass alle Sorten bei voller Bewässerung auch die höchste Wurzelmasse aufwiesen. Während bei den Sorten 2 und 5 die Varianten mit dem Rewetting die zweithöchste Wurzelmasse aufwies, produzierten die Sorten 3 und 3 bei geringer Reduktion der Bewässerung die zweithöchste Wurzelmasse. Lediglich bei der Sorte 1 wies die starke Reduktion die zweithöchste Wurzelmasse auf.

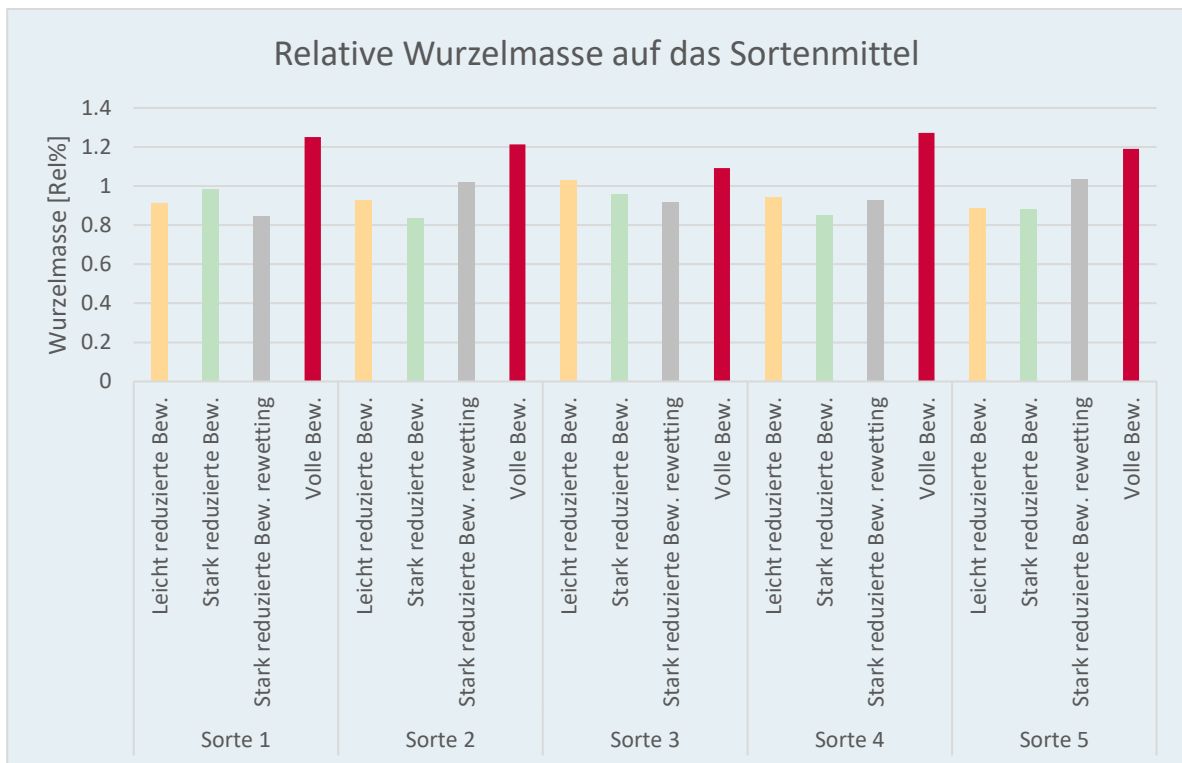


Abbildung 12: Darstellung der relativen Wurzelmasse der fünf Knaulgrassorten zum jeweiligen Sortenmittel

# Diskussion

Zwischen den Sorten zeigten sich sowohl oberirdisch als auch unterirdisch deutliche Unterschiede in der Biomassebildung auf. Während sich bei stark reduzierter Bewässerung die sortenbedingten Unterschiede auf ca. 10 % des Trockenmasseertrags beschränkten, stiegen die Unterschiede bei leicht abgesenkter Bewässerung deutlich auf bis zu 30 %. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang allerdings, dass sich die sortenbedingten Unterschiede im Laufe der Vegetationsperiode deutlich verringerten.

Während bei den Sorten 2, 3 und 5 die volle Bewässerung immer zu den höchsten Trockenmasseerträgen führte, wies die Sorte 4 in den ersten beiden Aufwüchsen stets bei leichter Reduktion der Bewässerung die höchsten Trockenmasseerträge auf. Bei der Sorte 1 zeigte die stark reduzierte Bewässerung im ersten Aufwuchs die höchsten Erträge und erst im weiteren Verlauf die vollbewässerte Variante. Das Rewetting im letzten Aufwuchs zeigte sich bei den Sorten 2, 4 und 5 besonders deutlich, denn die Erträge stiegen von einem unterdurchschnittlichen Niveau in den ersten beiden Schnitten auf deutlich über den Durchschnitt und waren mit der vollbewässerten Variante vergleichbar.

Wie bei den Trockenmasseerträgen wies auch bei den XP-Erträgen der dritte Aufwuchs über alle Treatments hinweg die geringste Schwankungsbreite zwischen den Sorten auf. Im Gegensatz zu den TM-Erträgen wies im Hinblick auf die XP-Erträge die stark reduzierte Bewässerung mit bis zu 30 % die größte Schwankungsbreite zwischen den Sorten auf. Nur bei voller Bewässerung zeigte sich ein homogenes Bild im Verlauf der Vegetationsperiode, da hier die Sorte 5 stets die höchstens XP-Erträge aufwies. Bei den reduzierten Bewässerungsvarianten wechselten die „Top-Sorten“ zwischen den Aufwüchsen. Das Rewetting beim letzten Aufwuchs führte auch bei den XP-Erträgen bei allen Varianten zu einem deutlichen Anstieg im Vergleich zur stark reduzierten Bewässerung, wobei im Gegensatz zu den TM-Erträgen das Niveau der vollen Bewässerung nicht erreicht wurde. Die Ergebnisse zeigen deutlich die starke Variabilität von Sorten unter verschiedenen Trockenheitsbedingungen. Bei den reduzierten Bewässerungstreatments zeigte über alle untersuchten Eigenschaften hinweg die Sorte 4 eine sehr starke Performance, dies ist womöglich durch ein überdurchschnittlich stark ausgeprägtes Wurzelsystem zu begründen. Bei voller Bewässerung hingegen konnte die Sorte 4 in Hinblick auf die TM- und XP- Erträge nicht mit den Sorten 3 und 5 mithalten. Dies kann zumindest teilweise durch die Herkunft dieser Sorten erklärt werden. Während Pflanzen aus einem kontinental beeinflussten Klima (z.B. Sorte 4) prinzipiell eher an trockene Bedingungen angepasst sein müssen, spielt diese Eigenschaft möglicherweise bei in maritim beeinflussten (Sorte 2) oder alpinen (Sorte 5) Klima eine bis dato geringere Rolle.

Während es bei der oberirdischen Biomassebildung zwischen den Sorten unterschiedliche Reaktionen auf die verschiedenen Trockenheitstreatments gab, zeigten die Untersuchungen der Wurzeln ein homogeneres Bild, da hier unabhängig der Bewässerung die Sorte 4 die höchste Wurzelmasse aufwies. Wobei die Streuung zwischen den verschiedenen Sorten auch bei der Wurzelmasse sehr stark ausgeprägt war. In Bezug auf die Trockenheitstreatments zeigte sich sowohl ober- als auch unterirdisch, dass die vollbewässerten Varianten die höchste Biomasseproduktion aufwiesen. Beim Vergleich der oberirdischen zur unterirdischen Biomasse (Abbildung 13) konnte über alle Sorten und Treatments hinweg kein Zusammenhang gefunden werden.

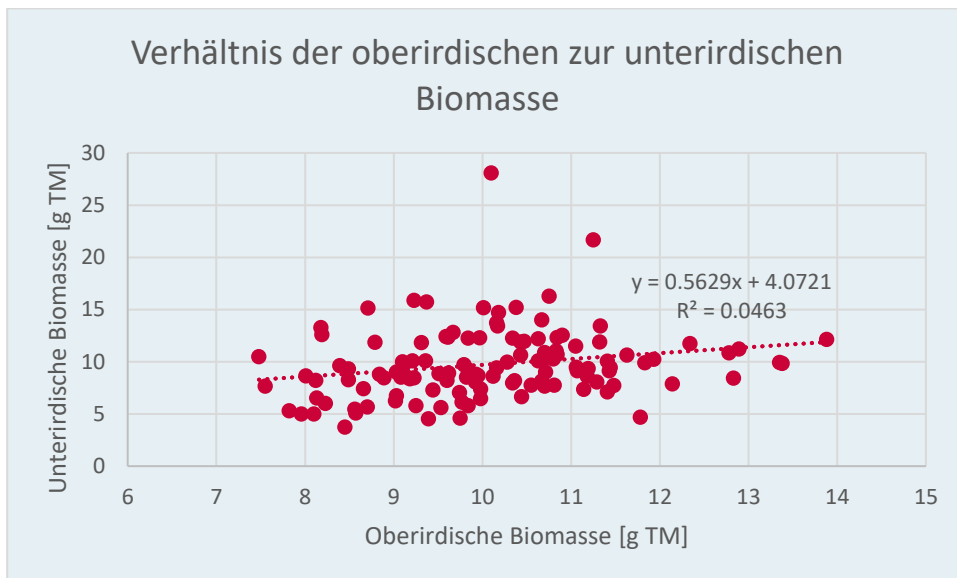


Abbildung 13: Verhältnis von oberirdischer- zu unterirdischer Biomasse

Generell kann zusammengefasst werden, dass die Trockenheitstreatments alle untersuchten Parameter stark beeinflussten. Dies zeigt, dass in Zukunft ein verstärktes Augenmerk auf die Trockenresistenz in der Zucht, aber auch in der Prüfung von neuen Sorten gelegt werden muss. Während bei der Zucht die kontrollierten Bedingungen für die Selektion noch verhältnismäßig einfach umgesetzt werden können, stellt die Sortenprüfung eine größere Herausforderung dar. In Österreich werden diese Überprüfungen von der AGES im Zuge der amtlichen Sortenwertprüfungen durchgeführt. Dabei werden die zu prüfenden Arten und Sorten an mehreren bundesweit verteilten Standorten über mehrere Jahre hinweg untersucht (AGES, 2020). Wenn es in diesem Untersuchungszeitraum keine Trockenperiode gibt, stehen auch keine Informationen über die Trockentoleranz der Sorten zur Verfügung. Soll also die Trockentoleranz genauer untersucht werden, müssten auch hier Untersuchungen unter (teilweise) kontrollierten Bedingungen erfolgen. Stehen die Untersuchungsergebnisse dann zur Verfügung, muss aber auch eine differenzierte Mischungserstellung erfolgen, um die idealen Sorten an den richtigen Standort zu bringen. So könnten auch innerhalb einer Art zwischen den eher trockentoleranten und weniger toleranten Sorten unterschieden werden

und diese in Anlehnung an die Lagen aus dem österreichischen Mischungsrahmen (BAES, 2019) gezielt eingesetzt werden.

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Darstellung der relativen TM-Erträge zum Treatment-Mittel in den drei Aufwüchsen der fünf Knaulgrassorten	19
Tabelle 2: Darstellung der relativen XP-Erträge zum Treatment-Mittel in den drei Aufwüchsen der fünf Knaulgrassorten	22

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Keimlinge von zwei Knautgrassorten kurz nach der Ansaat (links); pikierete Einzelpflanzen (rechts)	13
Abbildung 2: Jungpflanzen nach der Verpflanzung in die Mitscherlichgefäße (links); geschnittene Jungpflanzen nach Schnitt auf 5 cm am 11. März 2021	14
Abbildung 3: Knautgraspflanzen bei (links) und nach (rechts) der Ernte des ersten Aufwuchses	15
Abbildung 4: Entfernung des Stoppelmasse (links); Quarzsandsubstrat mit Wurzelballen (Mitte); ausgewaschene Wurzeln aus der Bodenschicht von 5-10 cm (rechts)	16
Abbildung 5: Darstellung der relativen TM-Erträge zum Sortenmittel in den drei Aufwüchsen bei voller Bewässerung	17
Abbildung 6: Darstellung der relativen TM-Erträge zum Sortenmittel in den drei Aufwüchsen bei leicht reduzierter Bewässerung	18
Abbildung 7: Darstellung der relativen TM-Erträge zum Sortenmittel in den drei Aufwüchsen bei stark reduzierter Bewässerung	18
Abbildung 8: Darstellung der relativen XP-Erträge zum Sortenmittel in den drei Aufwüchsen bei voller Bewässerung	20
Abbildung 9: Darstellung der relativen XP-Erträge zum Sortenmittel in den drei Aufwüchsen bei leicht reduzierter Bewässerung	21
Abbildung 10: Darstellung der relativen XP-Erträge zum Sortenmittel in den drei Aufwüchsen bei stark reduzierter Bewässerung	21
Abbildung 11: Darstellung der relativen Wurzelmasse der fünf Knautgrassorten zum Treatmentmittel	23
Abbildung 12: Darstellung der relativen Wurzelmasse der fünf Knautgrassorten zum jeweiligen Sortenmittel	24
Abbildung 13: Verhältnis von oberirdischer- zu unterirdischer Biomasse	26

## Literaturverzeichnis

- AGES. (2017).** Österreichische Beschreibende Sortenliste 2020 Landwirtschaftliche Pflanzenarten. In german: Descriptive Austrian Variety List (Vol. 17). AGES.
- AGES. (2020).** Österreichische Beschreibende Sortenliste 2020 Landwirtschaftliche Pflanzenarten. In german: Descriptive Austrian Variety List (Vol. 21). AGES.
- BAES. (2019).** Methoden für Saatgut und Sorten Rahmenbestimmungen für Saatgutmischungen für Verwendungszwecke in der Landwirtschaft (SORTEN- und SAATGUTBLATT Sondernummer 62, Issue.
- Beierkuhnlein, C., Thiel, D., Jentsch, A., Willner, E., & Kreyling, J. (2011).** Ecotypes of European grass species respond differently to warming and extreme drought. *Journal of Ecology*, 99(3), 703-713. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01809.x>
- Buchgraber, K., Schaumberger, A., & Pötsch, E. (2011).** Grassland Farming in Austria - status quo and future prospective. 16th Symposium of the European Grassland Federation "Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions", Gumpenstein, Austria.
- Gaier, L., Graiss, W., & Krutzer, B. (2022, 08.11.2022).** Anforderungen an den Pflanzenbestand: Mischungen, Arten und Sorten 22. Alpenländisches Expertenforum-Trockenheit als neue Herausforderung der Grünlandbewirtschaftung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein.
- Gaier, L., Klingler, A., Graiss, W., & Krutzer, B. (2022,).** Förderung der Futterqualität durch Optimierung des Pflanzenbestandes 12. Fachtagung für Schafhaltung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein.
- Hesse, U., Schöberlein, W., Wittenmayer, L., Förster, K., Warnstorff, K., Diepenbrock, W., & Merbach, W. (2003).** Effects of Neotyphodium endophytes on growth, reproduction and drought-stress tolerance of three *Lolium perenne* L. genotypes. *Grass and Forage Science*, 58(4), 407-415. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2003.00393.x>
- Hill, M. J. (1997).** *Dactylis glomerata* L. (Cocksfoot) in New Zealand. In D. T. Fahey & J. G. Hampton (Eds.), *Forage Seed Production - Temperate Species* (Vol. 1, pp. 339-350). CAB International.
- Klingler, A., Gaier, L., Starz, W., & Schaumberger, A. (2022,).** Anpassungsmöglichkeiten der Grünlandwirtschaft an die Trockenheit 22. Alpenländisches Expertenforum-Trockenheit als neue Herausforderung der Grünlandbewirtschaftung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein.
- Majidi, M. M., Araghi, B., Barati, M., & Mirlohi, A. (2015).** Polycross Genetic Analysis of Forage Yield and Related Traits in *Dactylis glomerata*. *Crop Science*, 55(1), 203-210. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/polycross-genetic-analysis-forage-yield-related/docview/1647119496/se-2?accountid=26468>



- Majidi, M. M., Hoseini, B., Abtahi, M., Mirlohi, A., & Araghi, B.** (2015). Genetic analysis of seed related traits in Orchardgrass (*Dactylis glomerata*) under normal and drought stress conditions. *Euphytica*, 203(2), 409-420. <https://doi.org/10.1007/s10681-014-1299-6>
- Robins, J., Bushman, B., Feuerstein, U., & Blaser, G.** (2016). Variation and Correlations among European and North American Orchardgrass Germplasm for Herbage Yield and Nutritive Value. *Agronomy*, 6(61), 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy6040061>
- Saeidnia, F., Majidi, M. M., Mirlohi, A., Spanani, S., Karami, Z., & Abdollahi Bakhtiari, M.** (2020). A genetic view on the role of prolonged drought stress and mating systems on post-drought recovery, persistence and drought memory of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.). *Euphytica*, 216(ISSN: 0014-2336). <https://doi.org/10.1007/s10681-020-02624-8>
- Sanada, Y., Gras, M.-C., & van Santen, E.** (2010). Cocksfoot. In B. Boller, U. K. Posselt, & F. Veronesi (Eds.), *Fodder Crops and Amenity Grasses* (Vol. 5, pp. 317-328). [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0760-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0760-8_13)
- Sanada, Y., Tamura, K., & Yamada, T.** (2010). Relationship between Water-Soluble Carbohydrates in Fall and Spring and Vigor of Spring Regrowth in Orchardgrass. *Crop Science*, 50, 380-390. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.01.0031>
- Staniak, M., & Kocoń, A.** (2015). Forage grasses under drought stress in conditions of Poland. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(6), 116. <https://doi.org/10.1007/s11738-015-1864-1>
- Tomic, Z., Lusic, Z., Radovic, J., Sokolović, D., Bijelić, Z., & Krnjaja, V.** (2007). Perennial legumes and grasses stable source of quality livestock fodder feed. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 23(5-6), 559-572. <https://doi.org/https://doi.org/10.2298/BAH0701559T>

## Abkürzungen

AGES	Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit
TM.	Trockenmasse
XP	Rohprotein
usw.	und so weiter

**DI Lukas Gaier**

Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal

[raumberg-gumpenstein.at](http://raumberg-gumpenstein.at)