

Grundfutter im Spannungsfeld der Klimafolgen

Forage in the field of tension of climate consequences

Reinhard Resch^{1*}



Zusammenfassung

Der Klimawandel und seine Folgen sind bei unseren Landwirten angekommen! Die zunehmenden Temperaturen sorgen bereits heute in den Sommermonaten für wochenlange Trockenheit. Grünland- und Viehbetriebe erleiden vermehrt deutliche Ertragseinbußen und haben Schwierigkeiten ausreichend qualitativ einwandfreie Grundfutterkonserven für die Fütterung der Nutztiere aus der wirtschaftseigenen Produktion bereitzustellen. Es ist nach heutigem Wissensstand der Klimaforschung davon auszugehen, dass die Lufttemperatur im Alpenraum bis 2050 im Jahresmittel gegenüber dem Referenzmittelwert (1961 bis 1990) um etwa +2°C ansteigen wird. Dieser Umstand wird zu deutlichen Veränderungen, wie einer längeren Vegetationsperiode und Zunahme von Wetterextremen (Hitze- tage, Trockenheit, Starkregen, Hagel und Sturm), führen. Die Pflanzenbestände des Dauergrünlandes, insbesondere die wertvollen Futtergräser, werden vor allem Schwierigkeiten mit Trockenperioden bekommen. Dagegen werden C₄-Pflanzen wie Mais und Sorghum von höheren Temperaturen profitieren und daher wahrscheinlich flächenmäßig zunehmen. Schädlinge, wie Engerlinge und Mäuse, aber auch Pflanzenkrankheiten können sich bei zunehmenden Temperaturen stärker ausbreiten und wirtschaftlich spürbare Schäden anrichten. Wetterextremereignisse können Futterernten mengen- und qualitätsmäßig massiv schädigen und so die Existenz von Grünlandbetrieben gefährden. Für die Aufrechterhaltung einer flächendeckenden Grünlandbewirtschaftung bedarf es daher in den nächsten Jahren einer entsprechenden Anstrengung von Forschung, Lehre, Beratung, Versicherungswirtschaft und Politik, um gemeinsam mit den Landwirten an regionalen Strategien zu arbeiten und so den Klimafolgen einigermaßen gesichert begegnen zu können.

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

Summary

Climate change and its consequences have reached our farmers! The increasing temperatures are already causing drought periods in the summer months. Grassland and livestock farms are increasingly suffering significant yield losses and have difficulties in providing sufficient quantities of high-quality home grown forage conserves (silage and hay) for feeding farm animals. According to the current state of knowledge in climate research, it can be assumed that by 2050 the air temperature in the Alpine region will rise by an annual average of about +2°C compared with the reference mean value (1961 to 1990) This circumstance will lead to significant changes, such as a longer vegetation period and an increase in weather extremes (heat, drought, heavy rainfall, hail and storm). The plant stocks of permanent grassland, especially the valuable forage grasses, will have difficulties with dry periods in particular. In contrast, C₄-crops such as maize and sorghum will benefit from higher temperatures and are therefore likely increase

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

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

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

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

Einleitung

Global gesehen wiesen die letzten vier Jahre die höchsten Temperaturen seit Beginn der Wetteraufzeichnungen auf. Schuld daran ist unter anderem der nach wie vor steigende CO₂-Ausstoß, berichtet die Weltorganisation für Meteorologie (WMO 2019). National Geographic (2018) schreibt, dass die Temperaturen der letzten 406 Monate über dem Durchschnitt des gesamten 20. Jahrhunderts lagen. Anhaltende Hitze bedeutet auch immer mehr und immer heftigere Naturkatastrophen in Form von Dürren, Waldbränden oder auch Flutwellen. Dieser Beitrag geht, auf Basis von veröffentlichten wissenschaftlichen Untersuchungen, dem Fragenkomplex der Klimafolgen für die Landwirtschaft und insbesondere jenen für die Grundfutterwirtschaft und die Futtermittelkonservierung nach. Darüber hinaus werden Überlegungen hinsichtlich Klimafolgen für den Grünland- und Viehbetrieb zur Diskussion gestellt.

Was versteht man unter einem Wetterextremereignis

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

Klimawandel in Europa

International anerkannte Klimaforscher gehen von einer realistischen, globalen Temperaturerhöhung bis 2050 um etwa +2°C gegenüber dem Referenzmittelwert 1986 bis 2005 aus (PACHAURI et al. 2014). Nach GOBIET et al. (2014) sprechen Zukunftsszenarien im Alpenraum von +2°C (ambitionierte Politik) bis +4°C (keine Anstrengungen) bis zum Jahr 2100 gegenüber dem Referenzmittelwert 1961 bis 1990, d.h. in dieser Region könnte sich der Klimawandel stärker auswirken als im übrigen Europa. Nach JACOB et al. (2014) wird der CO₂-Gehalt der Luft in diesem Zeitraum wahrscheinlich auf über 420 ppm ansteigen. Die Häufigkeit von Dürre war früher 20-jährig und kann künftig 5-jährig zu erwarten sein (GOBIET et al. 2014, GOBIET 2019). Bezogen auf die WMO-Normalperiode 1971-2000 ist bis etwa zur Mitte des 21. Jahrhunderts mit einer Zunahme der Niederschlagsmengen im Alpenraum (+8 %) und nördlich davon zu rechnen (CHIMANI et al. 2015), wobei sich die Niederschläge eher in den Herbst und Winter verlagern werden (Abbildung 1). Westlich der Alpen (Frankreich, Spanien) könnten die Niederschläge im Sommer tendenziell stark abnehmen.

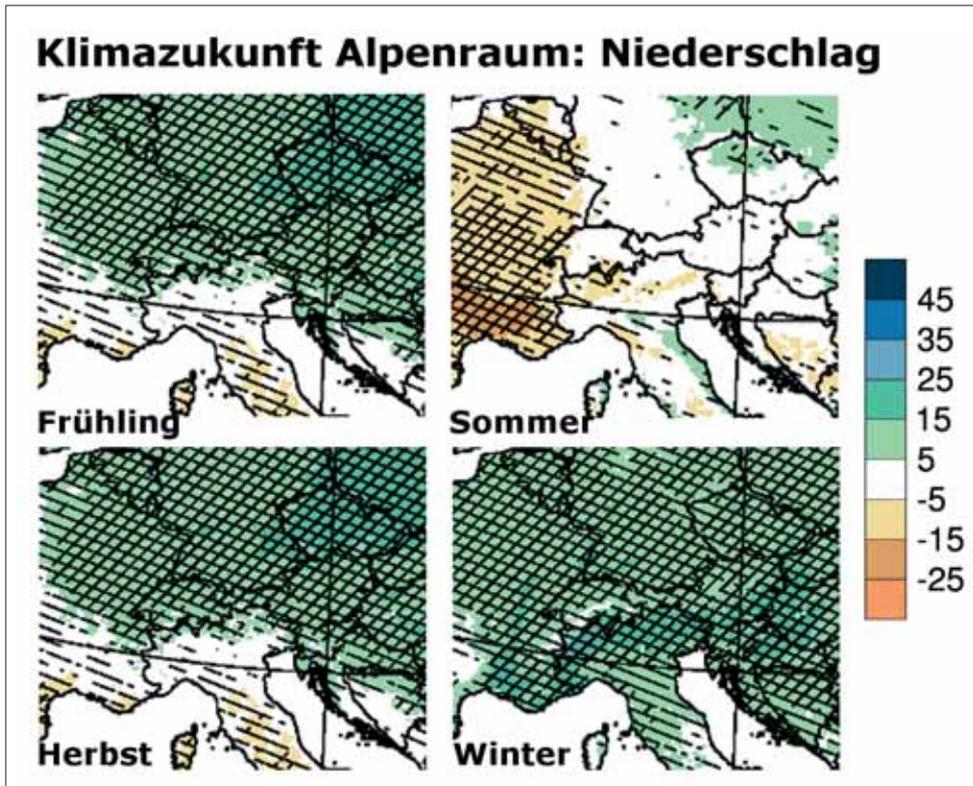


Abbildung 1: Projektionen für die Änderung des Niederschlages auf saisonaler Basis als Mittelwert aller Modelle aus EURO-CORDEX. Vergleich 2071-2100 gegenüber 1971-2000 in % (JACOB et al. 2014; modifiziert), URL: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/standpunkt/klimazukunft/alpenraum/niederschlag>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

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

Wettereinfluss auf Futterpflanzen und Futterkonservierung

Aktuelle Untersuchungen aus dem Forschungsprojekt „ClimGrassEco“ der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (*Abbildung 2*) ergaben nach 5 Jahren Beobachtung folgende Erkenntnisse: Die Temperatursummen bewirken bei einer Temperaturerhöhung von +3°C im Frühjahr einen früheren Vegetationsbeginn um 9 bis 16 Tage im Vergleich zur ambienten (derzeitigen) Situation. Eine Temperaturerhöhung von +3°C führt tendenziell zur Reduktion der Gräser und zur Vermehrung von Kräutern. Die phänologische Entwicklung wird beschleunigt, d.h. das Stadium Ähren-/Rispschieben wird im 1. Aufwuchs um ca. 10 Tage früher erreicht. In der Tendenz wachsen Pflanzen nicht mehr so hoch (SCHAUMBERGER et al. 2019). Außerdem ist ein tendenzieller Rückgang des TM-Ertrages von 5 bis 14 % bei +3°C zu erwarten. Ein mit höheren Temperaturen verbundener Trockenstress kann auch zu verringerten XP-Gehalten führen (PÖTSCH et al. 2019). Höhere CO₂-Gehalte in der Luft von +300 ppm bewirken eine geringere Evapotranspiration und Wasserabgabe der Pflanzen. Je geringer der Niederschlag, umso stärker wirkt sich ein höherer CO₂-Gehalt auf den Pflanzenstoffwechsel aus (SLAWITSCH et al. 2019).

Szenario Trockenheit und Hitze

Dürre senkt Bodenfeuchte und Photosyntheseleistung, wodurch weniger Biomasse wächst und die CO₂-Respiration zunimmt (REINTHALER 2019). Durch Dürreperioden



Abbildung 2: Feldversuch mit künstlich gesteuerter Erhöhung der Temperatur um +1,5 bzw. +3,0°C und Erhöhung der CO₂-Konzentration um +150 bzw. +300 ppm an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

sinkt aufgrund geänderter Evapotranspiration die Bodenfeuchte in den östlichen Bundesländern tendenziell stärker, selbst bei steigenden Niederschlägen (GOBIET 2019). Höhere Nachttemperaturen von +3°C verringern die Taubildung signifikant, wodurch es zu einer starken Abnahme der Sickerwasserbildung kommt. Jährlich könnten durch eingeschränkte/fehlende Taubildung 40 bis 50 mm Niederschlag verloren gehen. In der Tendenz wird es im Frühjahr vermehrt negative und im Herbst vermehrt positive Wasserbilanzen geben (SLAWITSCH et al. 2019). Die Erholung eines Grünlandsystems nach Trockenstress dauert heute etwa 3 Wochen (ambient) und 5 Wochen bei +3°C/+300 ppm CO₂ (REINTHALER 2019). Nach Regenfall von 40 mm erholt sich ein trockengestresstes Grünlandsystem ziemlich rasch (WANEK et al. 2019). Trockenstress betrifft intensiv bewirtschaftete Grünlandbestände mit jährlich mehr als 3 Schnitten deutlich stärker negativ als Extensivgrünlandflächen (RESCH 2012, RESCH et al. 2017). Bei höheren Temperaturen ist die Photosyntheseleistung von C₄-Pflanzen (Mais, Sorghum) höher, daher ist in den kommenden Jahrzehnten wahrscheinlich mit einer Zunahme der C₄-Typen und einer Abnahme bisher verwendeter Grünlandgräser/-leguminosen als Futtergrundlage zu rechnen (TAUBE 2009).

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

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

Szenario Hagelschlag/Starkregen

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

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

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

Extreme Wetterereignisse und deren Folgen

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

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

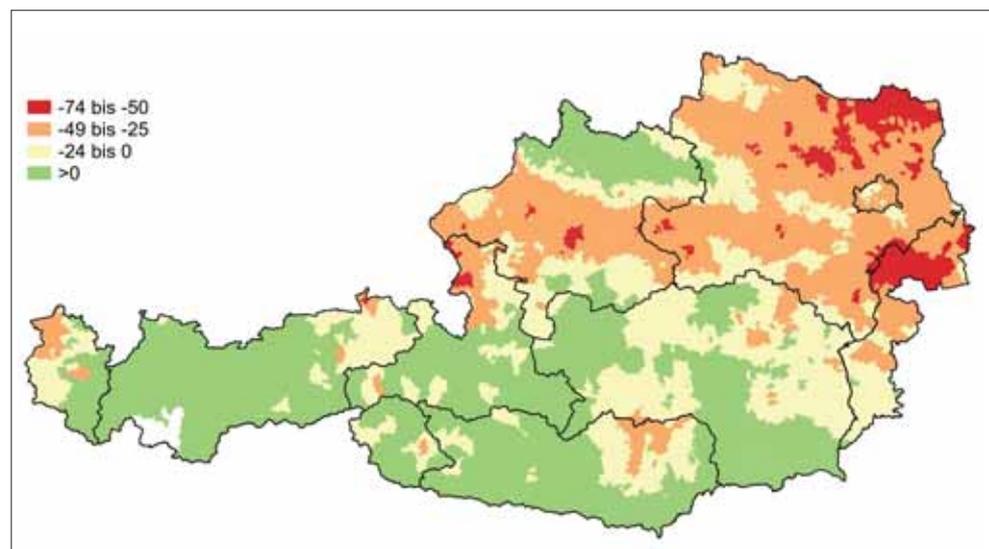
Tabelle 2: Probleme an Beständen von Grundfutterpflanzen durch Hagelschlag bzw. Starkregen/Überschwemmung und daraus resultierende negative Folgewirkungen

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

Sicherstellung von Qualität und Quantität des Grundfutters

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

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



Klimafolgen – Überlegungen für den Grünland- und Viehbetrieb

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

- *Risikobewertung von Wetterereignissen für den Betrieb:* Am Beispiel Niederschlag (Abbildung 3) soll gezeigt werden, dass sich Regionen abzeichnen, wo sich in Österreich Trockenheit mehr oder weniger deutlich auswirken könnte. Ähnlich funktionieren hydrologische Modelle, welche das regionale Risiko von Hochwasserereignissen berechnen können. Temperaturerhöhung und Wasserknappheit im Sommer werden in Zukunft die Grünlandwirtschaft in Österreich wahrscheinlich am stärksten verändern. Teilweise könnte mit Beregnung begegnet werden, sofern die Wasserversorgung rechtlich gesichert ist.
- *Wetterprognosen verfolgen:* Von der Nachwinterentwicklung bis zum Saisonabschluss; die Verwendung ortsspezifischer Mehrtagesprognosen der Wetterdienste ist sinnvoll. Die gute Abstimmung des Managements (Ernte, Düngung, Pflege) auf das Wetter gehört in der Landwirtschaft zur Professionalität, um Prozesse ins Optimum zu lenken.
- *Konsequenzen des Wetters für Futterertrag und -qualität bedenken:* Futterreserven spielen künftig eine wichtigere Rolle als bisher; Ernte- und Qualitätsverluste erfordern strategische Vorbereitungen wie Futterzukauf, Verwendung von alternativem Grundfutter (Grünroggen, Sorghum, Zwischenfrüchte u.a.) und richtige Auswahl von Ergänzungsfuttermitteln.
- *Bodenschonende Bewirtschaftung bei intensivem Grünlandmanagement:* Vermeidung von Bodenverdichtungen in den Fahrspuren bewahrt nach DIEPOLDER et al. (2005) vor Ertragsverlust von ca. 10-15 % und fördert das Bodenleben. Darüber hinaus bietet Bodenschonung Vorteile hinsichtlich Pflanzenbestand (BOHNER et al. 2017) und Wasserverfügbarkeit.
- *Wirksame Düngung bei Trockenheit:* Höhere Gülleverdünnung verbessert die Verfügbarkeit der Nährstoffe für die Pflanzen. Darüber hinaus ist die bodennahe Gülleausbringung zu kühleren Tageszeiten anzustreben.
- *Ackerfutterbau vs. Dauergrünland:* Feldfutterbau ist prinzipiell flexibler als Dauergrünland, weil hier schneller auf sich ändernde Bedingungen angepasst werden kann. Andererseits muss hier auf das Umbruchverbot von Grünland und die klimaschädliche CO₂-Freisetzung aus dem Humus beim Umbruch hingewiesen werden!
- *Pflanzenzüchtung und Sortenwertprüfung sind gefordert:* Trockentolerante Arten/Sorten verfügen meist über tiefreichendere Wurzelsysteme (KUTSCHERA und LICHTENEGGER 1982 bzw. KUTSCHERA und LICHTENEGGER 1992). Züchterische Bearbeitung und Vermehrung von interessanten Kräuterarten wurde bisher für die Futterwirtschaft vernachlässigt. Züchtung von krankheitsresistenten Sorten wird wichtiger.
- *Bewertung des Futterstatus vor der Ernte:* Für den jeweiligen Zustand sollte die optimalste Technik für die Konservierung (Verfahren, TM-Gehalt, Silierhilfsmittel, ...) angewendet und dadurch Verluste auf ein Minimum reduziert werden können.
- *Gezielte Siliermittelanwendung:* Zu bestimmten Problemstellungen, wie suboptimaler TM-Gehalt, Erdverschmutzung, Pflanzenkrankheiten, schlechte Verdichtung u.a., sollten wirksame Produkte mit einer effizienten Dosierungstechnik zur Verfügung stehen; fachliche Schulungen der Anwender sind essentiell für den Erfolg.
- *Grünlandregeneration/-sanierung:* Schädigung von Grundfutterpflanzenbeständen durch Wetterextreme muss sofort bewertet werden. Anschließend müssen Maß-

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

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

Literatur

ABDELGAWAD, H., D. PESHEV, G. ZINTA, W. VAN DEN ENDE, I.A. JANSSENS und H. ASARD, 2014: Climate extreme effects on the chemical composition of temperate grassland species under ambient and elevated CO₂: a comparison of fructan and non-fructan accumulators. PLoS One 9 (3), e92044, URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0092044>, (Stand: 23.12.2019)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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