

Klimawandelanpassungsstrategien im Dauergrünland

Andreas Bohner^{1*}

Zusammenfassung

Dürreperioden mit erheblichen Ertragsminderungen werden in Zukunft vor allem in den Sommermonaten Juni, Juli und August vermehrt auftreten. Daher sind Strategien zur Anpassung an den Klimawandel auch im Dauergrünland notwendig. Die Erhöhung der Wasserinfiltration im Boden, die Verbesserung der Durchwurzelbarkeit des Bodens, die Steigerung der Durchwurzelungstiefe, die Erhöhung der Pflanzenartenvielfalt und die Verringerung der Verdunstungsverluste sind wichtige Maßnahmen zur Minderung von Trockenschäden im Dauergrünland.

Schlagwörter: Klimawandel, Nutzungsintensität, Trockenschäden, Bodenverdunstung, Durchwurzelung

Summary

In the future, summer drought with a significant decrease in forage yield will occur more frequently. Therefore, mitigation strategies in permanent grassland are necessary. The increase in soil water infiltration, the enhancement of root penetration, the increase in rooting depth, the increase in plant species richness and the reduction in soil evaporation are important measures to mitigate drought damages in permanent grassland.

Keywords: climate change, intensity of utilisation, drought damages, soil evaporation, root penetration

Die aktuellen Klimaszenarien (Chimani et al. 2016) zeigen für Österreich in den nächsten Jahrzehnten eine weitere Zunahme der Jahrestemperatur um zumindest 1 °C. Vor allem im Sommer wird eine stärkere Erwärmung prognostiziert. Für den Winter wird eine Zunahme des Niederschlags und für den Sommer eine gleichbleibende Niederschlagsmenge vorhergesagt. Allerdings sind beim Niederschlag deutliche regionale Unterschiede zu erwarten. Hitze- und Dürreperioden werden in Zukunft vor allem in den Sommermonaten Juni, Juli und August häufiger auftreten, länger andauern und heftiger ausfallen. Verantwortlich hierfür ist der Temperaturanstieg im Sommer und die damit verbundene Zunahme der Verdunstung des im Boden gespeicherten Wassers bei gleichbleibender Niederschlagsmenge. Auch Starkniederschläge werden zunehmen, weil durch Erwärmung der maximale Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre ansteigt. Bei Starkregen kann der Boden das Niederschlagswasser schlechter aufnehmen als bei Dauerregen mit geringer Ergiebigkeit, wodurch die Gefahr von Trockenschäden weiter steigt.

Generell vermindert Wassermangel die Löslichkeit, Mobilität und Bioverfügbarkeit von Pflanzennährelementen im Boden (Barber 1995). Anhaltende Trockenheit bewirkt bei vielen Bodenorganismen (insbesondere Bodenbakterien) eine niedrige Aktivität (Jamieson et al. 1998). Dies führt zu einer geringeren Stickstoffverfügbarkeit für Pflanzen, zu einer niedrigeren Stickstoffkonzentration in den Blättern, zu einem geringeren Eiweißgehalt im Futter (Deléglise et al. 2015) und zu einem gehemmten Wachstum der hochwertigen Futtergräser. Trockenheitstolerante Kräuter können sich daher im Pflanzenbestand infolge geringerer Gräserkonkurrenz ansiedeln oder stark ausbreiten. Bei anhaltender

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Abt. Umweltökologie, Raumberg 38, A-8952 IRDNING-DONNERSBACHTAL

* Ansprechpartner: Dr. Andreas Bohner, email: andreas.bohner@raumberg-gumpenstein.at

Trockenheit sinkt das Blatt-Halm-Verhältnis und Nährelemente werden aus den Blättern in die Wurzeln verlagert, wodurch die Futterqualität weiter sinkt. Außerdem entstehen Lücken in der Grasnarbe durch das Absterben von trockenheitsempfindlichen Pflanzen. Die Ansiedlung von Moosen und/oder trockenheitstoleranten, niedrigwüchsigen Samenunkräutern (z.B. Quendel-Sandkraut, Frühlings-Hungerblümchen) wird aufgrund des Stickstoffmangels im Boden gefördert. Unerwünschte Gräser wie Gewöhnliche Quecke, Weiche Trespe, Acker-Hühnerhirse und Borstenhirse-Arten profitieren ebenfalls von trockenheitsbedingten Vegetationslücken. Leguminosen können Luftstickstoff binden und sind daher vom Stickstoffgehalt des Bodens weitgehend unabhängig. Bei einer schlechten Stickstoffverfügbarkeit im Boden haben sie einen Wettbewerbsvorteil vor allem gegenüber Futtergräsern. Durch Erhöhung des Leguminosenanteils im Pflanzenbestand kann die Stickstoffernährung der Futtergräser verbessert werden, weil durch Abbau der stickstoffreichen Leguminosenwurzeln der mineralische Stickstoffgehalt im Boden größer wird (Hofer et al. 2016). Trockenheitsbedingte Ertrags- und Futterqualitätseinbußen werden dadurch abgepuffert. Trockenheitstolerante Leguminosen im Wirtschaftsgrünland sind Luzerne, Wiesen-Rotklee, Wiesen-Espartette, Wiesen-Hornklee und Hopfenklee. Relativ trockenheitsempfindlich ist der Weißklee, insbesondere bei hoher Nutzungsintensität (Deléglise et al. 2015). Trockenheitstolerante Futtergräser sind Wiesen-Rispe, Wiesen-Knautgras, Rot-Schwingel, Schmalblatt-Rispe, Rohr-Schwingel, Glatthafer und Wiesen-Goldhafer. Ihre Förderung im Pflanzenbestand ist eine wichtige Klimawandelanpassungsstrategie.

Grundwasserbeeinflusste Böden (z.B. Gley, Augley, Auboden, Anmoor) können ungünstige Klimaverhältnisse (geringe jährliche Niederschlagsmenge, ungünstige Niederschlagsverteilung) kompensieren, wenn die Pflanzenwurzeln das Grundwasser erreichen oder ihren Wasserbedarf aus dem kapillar aufsteigenden Grundwasser decken. Je nach Bodenart variiert der kapillare Aufstieg des Grundwassers zwischen ca. 30 cm (sandreiche Böden) und 100 cm (schluffreiche Böden). Dürreperioden können in den Sommermonaten eine deutliche Grundwasserabsenkung verursachen. Insbesondere auf sandreichen Böden kann dies zu erheblichen Ertragsminderungen führen, wenn die Pflanzenwurzeln den Anschluss an das Grundwasser verlieren. Auf drainierten Flächen kann durch Verschließen der Drainagerohre oder durch Unterlassen der Erneuerung nicht mehr funktionstüchtiger Drainageeinrichtungen ein starkes Absinken der Grundwasserstände im Sommer verhindert werden.

Auf trockenheitsgefährdeten Standorten ist eine rasche Wasserinfiltration im Boden besonders wichtig. Das Wasseraufnahmevermögen und die Wasserleitfähigkeit von Böden sind maßgeblich von der Anzahl, Stabilität und Kontinuität der Grobporen im Boden abhängig. Vor allem tiefreichende, vertikal verlaufende Wurzel- und Regenwurmgänge erhöhen die Wasserinfiltration im Boden. Pfahlwurzelpflanzen (z.B. Wiesen-Löwenzahn, Wiesen-Bärenklau) bilden Grobporen mit einem Porenradius über 10 mm, die bis in eine Tiefe von mehr als 2 m reichen. Sie verbessern dadurch die Versickerung von Niederschlags- und Schneeschmelzwasser im Boden. Durch Bodenverdichtung wird die Anzahl der Grobporen im Boden stark vermindert und die Porenkontinuität wird unterbrochen. Die negativen Folgen sind eine verringerte Wasserinfiltration und Wasserleitfähigkeit des Bodens, Staunässe sowie bei Starkregen ein erhöhter Oberflächenabfluss in Hanglagen. Die Auffüllung der Wasservorräte im Boden bei der Schneeschmelze oder bei einem Niederschlagsereignis und der kapillare Aufstieg von Wasser im Boden werden beeinträchtigt. Die Austrocknung der obersten Bodenschichten wird dadurch begünstigt. Außerdem wird durch Bodenverdichtung das Längenwachstum der Wurzeln gehemmt und die Durchwurzelbarkeit des Bodens wird vermindert. Die Pflanzenverfügbarkeit des im Boden gespeicherten Wassers wird somit durch Bodenverdichtung stark eingeschränkt. Folglich sollte eine Bodenverdichtung soweit wie möglich vermieden werden. Die Förderung von Pfahlwurzelpflanzen und Regenwürmern sowie die Erhaltung oder Schaffung einer krümeligen Struktur im Oberboden sind wichtige Maßnahmen um Trockenschäden und Ertragseinbußen in Zukunft zu minimieren.

Die Pflanzenverfügbarkeit des Wassers hängt sehr wesentlich von der Durchwurzelung des Bodens ab. Je gleichmäßiger, intensiver und tieferreichender der Boden durchwurzelt ist, desto mehr Wasser können die Grünlandpflanzen aus dem Boden aufnehmen. Eine geringe Tiefendurchwurzelung ist vor allem auf trockenheitsgefährdeten Standorten ein Nachteil, weil die Wasservorräte in tieferen Bodenschichten und kapillar aufsteigendes Grundwasser für das Pflanzenwachstum nicht genutzt werden. Zu den wichtigsten Klimawandelanpassungsstrategien zählt daher die Verbesserung der Durchwurzelbarkeit des Bodens und die Steigerung der effektiven Durchwurzelungstiefe.

Die Pflanzenarten haben unterschiedliche Wurzelsysteme (Sobotik et al. 2020). Flachwurzler durchwurzeln die oberste Bodenschicht (0-10 cm) sehr intensiv. Sie nehmen Wasser schnell aus dem Oberboden auf. Flachwurzler können die Wasservorräte im Unterboden nicht nutzen und sind daher auf regelmäßige Niederschläge angewiesen. Tiefwurzler erreichen eine Wurzeltiefe über 50 cm. Sie decken ihren Wasserbedarf auch aus tieferen Bodenschichten und nutzen kapillar aufsteigendes Grundwasser. Daher überstehen Tiefwurzler Dürreperioden besser als Flachwurzler. Grünlandpflanzen mit einer besonders großen Wurzeltiefe (über 150 cm) sind Groß-Bibernelle, Wiesen-Bärenklau, Wiesen-Flockenblume, Wiesen-Löwenzahn, Wiesen-Witwenblume, Pastinak und Rohr-Schwingel (Kutschera und Lichtenegger 1982, 1992).

Artenreiche Magerwiesen haben eine deutlich höhere Wurzelmasse und eine stärkere Durchwurzelung des Unterbodens als vergleichbare artenärmere Fettwiesen (Abbildung 1). Die bessere Tiefendurchwurzelung macht sie resistenter gegenüber Trockenschäden. Generell wird durch Nutzungsintensivierung das Wurzelwachstum gehemmt, Wurzelmasse, Wurzellänge und Wurzeltiefe werden reduziert (Bohner und Herndl 2011). Die Trockenheitstoleranz von Pflanzen und Pflanzenbeständen wird dadurch vermindert. Vor allem eine intensive Weidenutzung führt zu einer starken Konzentration der Wurzelmasse auf die oberste Bodenschicht und zu einer schlechten Durchwurzelung des Unterbodens. Viele Übernutzungszeiger (z.B. Gewöhnliches Rispengras) und Bodenverdichtungszeiger (z.B. Einjahrs-Rispengras) sind Flachwurzler mit hoher Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit. Wenn Flachwurzler im Pflanzenbestand dominieren, ist die Konkurrenz um Bodenwasser zwischen den Pflanzen wegen der intensiven Durchwurzelung der obersten Bodenschicht sehr hoch. Daher leiden Pflanzenbestände mit einem hohen Anteil an Gewöhnlichem Rispengras oder Einjahrs-Rispengras besonders schnell unter Trockenheit. Durch ein ausgewogenes Verhältnis von Flach- und Tiefwurzlern im Pflanzenbestand kann die Ertragssicherheit erhöht werden, weil dadurch die Wasservorräte im Boden von den Grünlandpflanzen infolge geringerer Wurzelkonkurrenz besser genutzt werden.

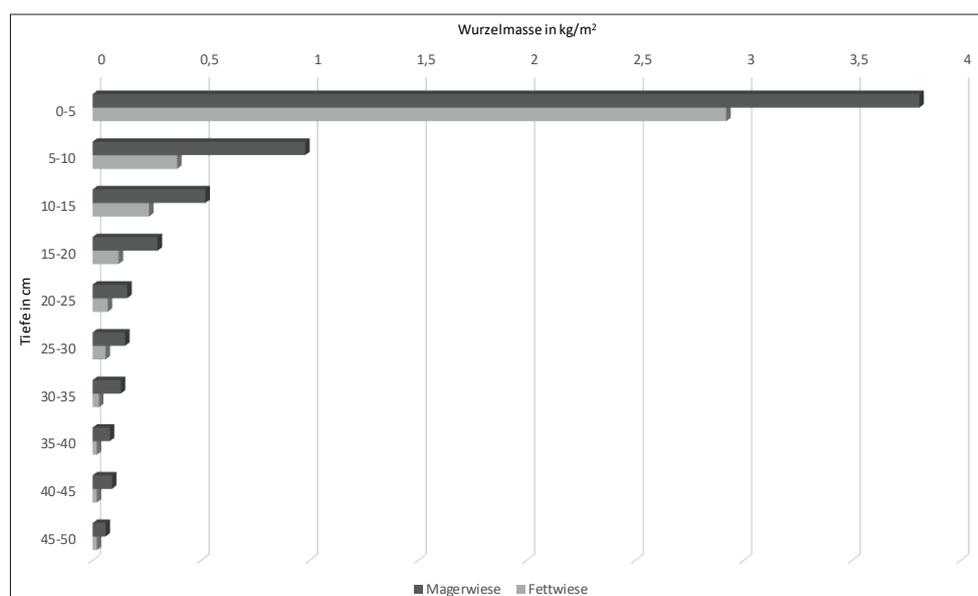


Abbildung 1: Durchwurzelungsvergleich zwischen einer einschnittigen, artenreichen Magerwiese und einer dreischnittigen, artenärmeren Fettwiese auf einem halbtrockenen Standort.

Mittels Nachsaat kann das Verhältnis von Flach- und Tiefwurzlern im Pflanzenbestand optimiert werden.

Auf Vielschnittwiesen (mehr als 4 Nutzungen pro Jahr) und Intensivweiden (Kurzrasenweide, Portionsweide) ist durch Verminderung der Nutzungsintensität eine Förderung des Längenwachstums der Wurzeln möglich. Wenn dadurch die Wurzeltiefe um 10 cm gesteigert wird, steht den Pflanzen aus dem Unterboden ca. 20 mm mehr Wasser zur Verfügung. Damit kann der Wasserbedarf der Grünlandvegetation von ca. 7 Tagen gedeckt werden.

Die Wasserspeicherkapazität im Boden kann insbesondere in sandreichen Böden durch Erhöhung des Humusgehaltes verbessert werden (Minasny und McBratney 2018). Allerdings ist der Effekt in humusreichen Dauergrünlandböden meist relativ gering, weil der Humusgehalt durch praxisübliche Bewirtschaftungsmaßnahmen nur sehr langsam und geringfügig erhöht werden kann (Bohner et al. 2016). Folglich ist Humusaufbau in typischen Dauergrünlandböden keine primäre Klimawandelanpassungsstrategie. In humusarmen Planieböden hingegen zählt der Humusaufbau zu den wichtigsten Bewirtschaftungsmaßnahmen.

Da eine Grünlandbewässerung mit einem erheblichen finanziellen Aufwand verbunden ist und die Ressource Wasser in Trockengebieten allmählich zu einem knappen Gut wird, ist die Grünlandbewässerung keine geeignete Klimawandelanpassungsstrategie im österreichischen Dauergrünland.

Mit Hilfe von arbuskulären Mykorrhizapilzen können Grünlandpflanzen Wasser und mineralische Nährelemente (insbesondere Phosphor und Stickstoff) besser aus dem Boden aufnehmen. Die dünnen Pilzhyphen (Durchmesser: 2-6 μm) können in Bodenhohlräume eindringen, die für Wurzelhaare (Durchmesser: 10-40 μm) nicht mehr zugänglich sind. Arbuskuläre Mykorrhizapilze erhöhen somit die Trockenheitstoleranz der Grünlandpflanzen (Augé 2001). Allerdings wird durch Bodenverdichtung und Bewirtschaftungsintensivierung der Mykorrhizierungsgrad der Pflanzenwurzeln stark reduziert (Bohner et al. 2004). Mykorrhizapilze können daher trockenheitsbedingte Ertrags- und Futterqualitätseinbußen nur bei extensiver Bewirtschaftung abpuffern.

Es gibt in Österreich nur wenige hochwertige Grünlandpflanzen, die anhaltende Trockenheit und eine hohe Nutzungsintensität tolerieren (z.B. Wiesen-Rispe, Wiesen-Knaulgras). Daher ist auf trockenheitsgefährdeten Standorten eine ständig intensive Nutzung nicht ratsam, weil intensiv nutzbare Grünlandpflanzen weitgehend fehlen. Im Intensivgrünland dominieren meist einige wenige raschwüchsige Arten mit relativ geringer Trockenheitstoleranz (z.B. Raigräser, Gewöhnliches Rispengras). Deshalb verursachen Dürreperioden im artenarmen, meist gräserdominierten Intensivgrünland besonders starke Ertragseinbußen. Artenreiche Pflanzenbestände mit einem ausgewogenen Verhältnis von Gräsern, Kräutern und Leguminosen (50-60 % Gräseranteil) hingegen können trockenheitsbedingte Ertragseinbußen besser abpuffern, die jährlichen Ertragsschwankungen sind in der Regel geringer (Vogel et al. 2012) und sie erholen sich rascher von Trockenschäden (Kreyling et al. 2017), weil trockenheitstolerante Arten im Pflanzenbestand oft bereits vorhanden sind. Je artenreicher ein Pflanzenbestand ist, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass der trockenheitsbedingte Rückgang oder das Absterben von trockenheitsempfindlichen Arten durch eine gleichzeitige Zunahme des Deckungsgrades bereits vorhandener, trockenheitstoleranter Arten kompensiert wird. Auf Vielschnittwiesen und Intensivweiden kann daher durch Erhöhung der Pflanzenartenvielfalt (Verminderung der Nutzungsintensität, Nachsaat mit trockenheitstoleranten Arten) die Ertragssicherheit gesteigert werden.

Die Empfindlichkeit von Dauergrünland gegenüber Trockenheit hängt stark von der Nutzungsintensität ab (Vogel et al. 2012). Eine hohe Nutzungsintensität bewirkt während der Vegetationsperiode häufig (bei Vielschnittwiesen) oder langfristig (bei Kurzrasenweiden) eine niedrige Bestandeshöhe. Dies fördert die Bodenverdunstung und Austrocknung des Oberbodens, weil die Temperatur an der Bodenoberfläche mit abnehmender Vegetationshöhe ansteigt und die Windgeschwindigkeit in Bodennähe

zunimmt. Daher sind vor allem Kurzrasenweiden aber auch Vielschnittwiesen besonders stark von Ertragseinbußen und Trockenschäden betroffen. Nutzungsintensität, Schnittzeitpunkt, Schnitthöhe und Weideaufwuchshöhe sollten immer an den Standort und an die Witterung angepasst werden. Häufige und lang anhaltende Trockenheit schließen eine hohe Nutzungsintensität aus. Trockene und halbtrockene Standorte müssen wegen des niedrigeren Ertragspotenzials extensiver bewirtschaftet werden als vergleichbare frische oder feuchte Standorte. Bei ständig zu hoher Nutzungsintensität breiten sich unerwünschte Pflanzenarten wie beispielsweise Mittlerer Wegerich im Pflanzenbestand stark aus. Generell sollte während einer extremen Hitze- und Dürreperiode weder gemäht noch intensiv beweidet werden, weil es dann zum „Ausbrennen der Grasnarbe“ kommen kann. Auf trockenheitsgefährdeten Standorten sollte eine Schnitthöhe (Stoppellänge) von 8 cm nicht unterschritten werden. Dadurch werden Verdunstungsverluste minimiert und das Bodenleben wird gefördert. Durch eine daraus resultierende bessere Wasserversorgung und Stickstoffverfügbarkeit im Boden wird das Regenerationsvermögen der Pflanzen nach der Mahd (Wiederaustrieb neuer Blätter) deutlich erhöht. Auf Vielschnittwiesen kann durch eine Verminderung der jährlichen Schnitthäufigkeit die Bestandeshöhe vorübergehend erhöht werden. Auf Intensivweiden ist eine zeitweilig höhere Aufwuchshöhe durch eine integrierte Schnittnutzung (Mähweidenutzung) oder durch längere Weideruhephasen zwischen den Weidegängen möglich. Damit sinkt das Risiko für Trockenschäden und Ertragseinbußen, weil die Bodenverdunstung verringert wird. Generell ist in Trockengebieten die Kurzrasenweide aufgrund der ständig niedrigen Bestandeshöhe kein geeignetes Weidesystem; günstiger wäre ein Koppelweidesystem oder die Mähweidenutzung. Auf trockenheitsgefährdeten Standorten ist auch ein Mulchschnitt eine geeignete Maßnahme zur Verminderung der Bodenverdunstung und Förderung des Bodenlebens. Wind verstärkt die Bodenverdunstung. Auf windexponierten Grünlandflächen können Verdunstungsverluste durch Anpflanzung von Windschutzhecken verringert werden. Außerdem wird dadurch die Biodiversität in der Kulturlandschaft gesteigert. Lücken in der Grasnarbe fördern ebenfalls die Bodenverdunstung. Daher sollten Lücken durch Nachsaat mit kleebetonten Mischungen rasch geschlossen werden.

Literatur

Augé R.M. (2001) Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11, 3-42.

Barber S.A. (1995) Soil nutrient bioavailability. 2nd edition. John Wiley & Sons, New York, 414 S.

Bohner A., Baumgarten, A., Kovacs G., Öhlinger R. (2004) Einfluss der Düngung auf den P-Kreislauf in Grünlandökosystemen. *Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft*, Heft 70, 5-9.

Bohner A., Herndl M. (2011) Einfluss einer Nutzungsintensivierung auf Wurzelmasse und Wurzelverteilung im Grünlandboden. 1. Tagung der Österreichischen Gesellschaft für Wurzelforschung, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 35-44.

Bohner A., Foldal C., Jandl R. (2016) Kohlenstoffspeicherung in Grünlandökosystemen – eine Fallstudie aus dem österreichischen Berggebiet. *Die Bodenkultur* 67, 225-238.

Chimani B. et al. (2016) ÖKS15-Klimaszenarien für Österreich. Daten, Methoden und Klimaanalyse. Projektendbericht, Wien.

Deléglise C., Meisser M., Mosimann E., Spiegelberger T., Signarbieux C., Jeangros B. und Buttler A. (2015) Drought-induced shifts in plant traits, yields and nutritive value under

realistic grazing and mowing managements in a mountain grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 213, 94-104.

Hofer D., Suter M., Haughey E., Finn J.A., Hoekstra N.J., Buchmann N. und 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.

Jamieson N., Barraclough D., Unkovich M., Monaghan R. (1998) Soil N dynamics in a natural calcareous grassland under a changing climate. *Biology and Fertility of Soils*, 267-273.

Kreyling J. et al. (2017) Species richness effects on grassland recovery from drought depend on community productivity in a multisite experiment. *Ecology Letters* 20, 1405-1413.

Kutschera L., Lichtenegger E. (1982) *Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band 1, Monocotyledonae.* Gustav Fischer Verlag, Stuttgart und New York, 516 S.

Kutschera L., Lichtenegger E. (1992) *Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band 2, Pteridophyta und Dicotyledoneae.* Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena und New York, 851 S.

Minasny B., McBratney A. (2018) Limited effect of organic matter on soil available water capacity. *European Journal of Soil Science* 69, 39-47.

Sobotik M., Eberwein R.K., Bodner G., Stangl R. und Loiskandl W. (2020) *Pflanzenwurzeln.* DLG Verlag, Frankfurt am Main, 314 S.

Vogel A., Scherer-Lorenzen M., Weigelt A. (2012) Grassland resistance and resilience after drought depends on management intensity and species richness. *Plos One* 7: e36992.