

Bodenwasserflüsse in Trockenperioden unter Klimawandelbedingungen

Markus Herndl^{1*}, Matevž Vremec² und Martina Schink¹

Zusammenfassung

Das Grünland hat einen sehr hohen Wasserbedarf und wird dadurch in Zukunft im Zuge der Klimaerwärmung für trockenheitsbedingte Ertragsverluste anfälliger sein. Kenntnisse von Zusammenhängen zu Bodenwasserflüssen und Ertragsdynamik im Grünland werden daher immer wichtiger. Um erste Resultate dazu im inneralpinen Grünland zu erhalten, wurde im Jahr 2021 auf der ClimGrass-Anlage an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein auf Versuchspartellen und Lysimetern eine Erhöhung von Temperatur und CO₂-Konzentration unter einer 10-wöchigen Trockenperiode simuliert. Das Fernhalten des Niederschlags (314 mm) im Versuchszeitraum, hatte vor allem unter Klimawandelbedingungen einen erheblichen Einfluss auf den Bodenwassergehalt der auf nahezu 10 Vol% in 30 cm Bodentiefe sank. Diese Reduktion von Bodenwasser hatte auch einen Einfluss auf die Verdunstung und den Ertrag, die dadurch um rund 50 und 60% im Vergleich zur Kontrolle reduziert wurden. Betrachtet man die Bodenwasserspeicheränderung der Klimawandelvariante, zeigt sich von Beginn bis zum Ende der Dürre ein Bodenwasserverlust von 118 mm. Würde man den Startpunkt für eine mögliche Bewässerung mit 50% nFK setzen und neben der Auffüllung des Speichers auch noch die zusätzliche Verdunstung berücksichtigen, ergibt sich dadurch ein potenzieller Bewässerungsbedarf bis zum Dürreende von 127 mm. Diese Ergebnisse können als Basis für weitere Untersuchungen zu Bewässerung im Grünland dienen.

Schlagwörter: Verdunstung, Grünland, Klimawandel, Trockenheit, Bodenwasser

Einleitung

Eine langanhaltende Trockenperiode (Dürre) ist ein abnormaler Wassermangel an der Schnittstelle zwischen Boden und Atmosphäre. Sie beginnt mit einer Verringerung der Niederschläge (meteorologische Trockenheit) und kann sich bei anhaltender Trockenheit auf die Bodenfeuchtigkeit (landwirtschaftliche Trockenheit) und den Abfluss von Flüssen, Seen und Grundwasser (hydrologische Trockenheit) ausweiten (Berg und Sheffield 2018). Dürren könnten im Zuge des Klimawandels häufiger werden und stellen die Landwirtschaft auch in Österreich vor große Herausforderungen. Aufgrund der vergleichsweise schlechten Wassernutzungseffizienz von Grünland werden in Zukunft traditionelle Grünlandgebiete, in denen es in der Vergangenheit ausreichend geregnet hat, für trockenheitsbedingte Ertragsverluste anfälliger sein (IPCC 2014). Die Auswirkungen von Trockenheit auf das Pflanzenwachstum hängen stark von der Ausbreitung von Niederschlagsdefiziten im Boden ab. Veränderungen der Bodenfeuchtigkeit, die durch künftige Klimaveränderungen verursacht werden, können weitreichende Auswirkungen auf die Struktur und Dynamik von Grünlandökosystemen haben (Jasper et al. 2006). Daher sind detaillierte Kenntnisse über die Variabilität der Bodenwasserflüsse von wesentlicher Bedeutung für das Verständnis der klimabedingten Veränderungen, vor allem im Zusammenhang mit Erträgen. Ziel dieser Studie ist, erste Ergebnisse zu Änderungen in

¹ Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 IRDNING-DONNERSBACHTAL

² Institut für Erdwissenschaften, Universität Graz, Heinrichstraße 26, 8010 GRAZ

* Ansprechpartner: Dr. Markus Herndl, email: markus.herndl@raumberg-gumpenstein.at

Bodenfeuchte, Verdunstung und Bodenwasserflüssen in Trockenperioden unter Klimawandelbedingungen zu erhalten und mögliche Implikationen zu Ertrag und potentieller Bewässerung zu erkennen.

Material und Methoden

Dürreexperiment in ClimGrass

Auf der ClimGrass-Anlage an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein können im Dauergrünland auf insgesamt 54 Versuchspartellen Erhöhungen von Temperatur und CO₂-Konzentration sowie Trockenperioden in unterschiedlichen Abstufungen und Kombinationen simuliert werden (Pötsch et al. 2019). Im Jahr 2021 wurde für den Zeitraum des 2. Aufwuchses (27. Mai bis 03. August) mit Hilfe der Regendächer ein Dürreexperiment durchgeführt, bei dem insgesamt 12 Versuchspartellen einem mehrwöchigen Trockenstress ausgesetzt wurden. In diesen knapp 10 Wochen erhielten die Versuchspartellen außerhalb der Regendächer 314 mm Regen wobei die Partellen innerhalb frei von Niederschlag gehalten wurden.

Lysimeter

Der Einfluss von Dürre (COT0D) bzw. der zusätzliche Effekt von erhöhten Temperaturen (+3°C) und erhöhten (+300 ppm) CO₂-Konzentrationen (C2T2D) auf die Bodenwasserflüsse wird anhand von vier Smart-Field Lysimetern (Fa. Meter Group AG; *Abbildung 1*) bestimmt, wobei eines der Lysimeter als Kontrolle verwendet wird (COT0). Der wägbare Lysimeter besteht aus einem Bodenmonolithen mit 0,07 m² Oberfläche und 60 cm Tiefe. Die Sensorausstattung ist auf die Tiefen 10, 30 und 50 cm konzentriert und umfasst 5TE Sonden (Meter Group AG) zur Bodenwassergehaltsmessung sowie mit Temperaturerfassung kombinierte Tensiometer TEROS 21 (Meter Group AG) zur Bestimmung des Matrixpotentials. Die Sickerwassererfassung erfolgt über einen 5-Liter-Tank und eine Waage, die grammgenau den Sickerwasseraustrag erfassen kann. Der Einsatz einer bidirektionalen Pumpe sowie einer Saugplatte an der Unterseite des Lysimeters und Tensiometer im Freiland in gleicher Tiefe, ermöglichen feldidentische Wasserflüsse an der Unterkante der Bodensäule (Unold und Fank 2008).

Ergebnisse und Diskussion

Bodenwassergehalt und Verdunstung

Das Fernhalten des Niederschlags (314 mm) im Versuchszeitraum hatte vor allem bei der Klimawandelvariante (C2T2D) einen erheblichen Einfluss auf den Bodenwassergehalt

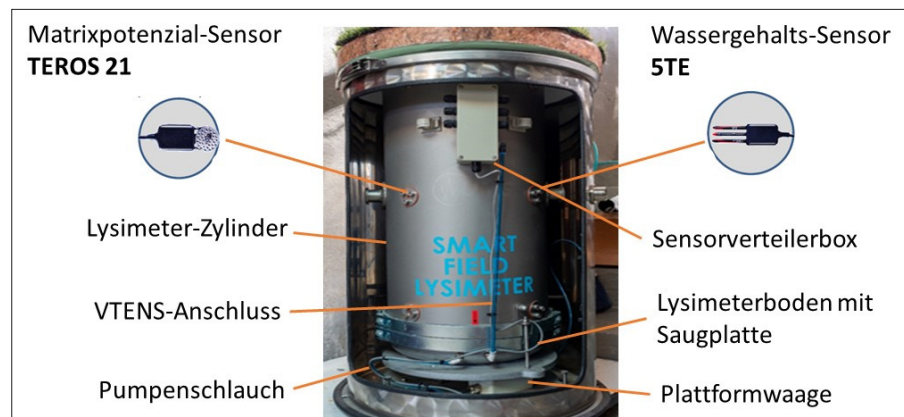


Abbildung 1: Sensorausstattung bzw. Schnitt durch den Smart Field Lysimeter (angepasst aus Smart Field Lysimeter User Manual, Meter Group AG).

in 30 cm (Abbildung 2). Dieser sank bis zum Zeitpunkt der Beendigung der Dürre auf nahezu 10%, was dem Permanenten Welkepunkt bei der im Versuch vorherrschenden Bodenart entspricht. Im Vergleich dazu zeigt jene Variante die nur die Dürre erfahren hat (COT0D), einen Bodenwassergehalt zu diesem Zeitpunkt von 17%. Diese Reduktion von Bodenwasser hatte auch einen Einfluss auf die Verdunstung, die unter den Regendächern im Dürrezeitraum um rund 20% und mit zusätzlicher Temperatur- und CO₂-Erhöhung um 50% reduziert wurde. Da bei natürlich induzierter Trockenheit meist auch die Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und die Sonnenscheindauer und damit das Sättigungsdefizit der Luft steigen würde, würde auch die Verdunstung steigen. Dieser Effekt kann durch die Versuchsanstellung nicht simuliert werden, da die Flächen unter den Regendächern zwar einem Regen- und Oberflächendampfdruckdefizit ausgesetzt sind, aber dennoch einem ähnlichen Umgebungsdampfdruck. Wie Teuling et al. 2013 in seiner Studie zeigt, nimmt die Verdunstung bei Trockenheit in den meisten Regionen Europas zu was er als „Trocken-Paradoxon“ bezeichnet. Der Einfluss der Abnahme des Bodenwassergehalts auf den Trockenmasseertrag zeigte sich aber deutlich, da bei der COT0D-Variante der Ertrag fast halbiert und durch die zusätzliche Temperatur- und CO₂-Erhöhung nochmals um ein Viertel reduziert wurde (Abbildung 2). Die Studie von Forstner et al. 2022 zeigte für das gleiche, an sich nicht wasserlimitierende Untersuchungsgebiet, im Jahr 2019 Ertragsreduktion unter ähnlich verringerten Bodenwassergehalten und weist auf eine Tendenz von der Energie- zur Wasserlimitierung, bei der der erhöhte Verdunstungsbedarf der Atmosphäre die Trockenheit des Bodens verschärft und damit potenziell negative Auswirkungen auf den Ertrag hat, hin.

Bodenwasserspeicher und Bewässerungsbedarf

Betrachtet man die Bodenwasserspeicheränderung der einzelnen Varianten über die Dürreperiode, zeigt sich von Beginn bis zum Ende der Dürre ein Bodenwasserverlust von 132 mm für die COT0D-Variante und 118 mm für C2T2D-Variante. Setzt man für eine mögliche Bewässerung den Startpunkt mit 50% nFK an (Lüttger et al. 2005) und geht davon aus, dass neben der Auffüllung des Speichers auch noch die zusätzliche Verdunstung berücksichtigt werden muss, ergibt sich ein Bewässerungsbedarf bis zum Dürreende von 44 mm für die COT0D-Variante und 127 mm für die C2T2D-Variante (Abbildung 3). Wenn man den Bedarf wöchentlich summiert, würden sich Beregnungsmengen zwischen 5-30

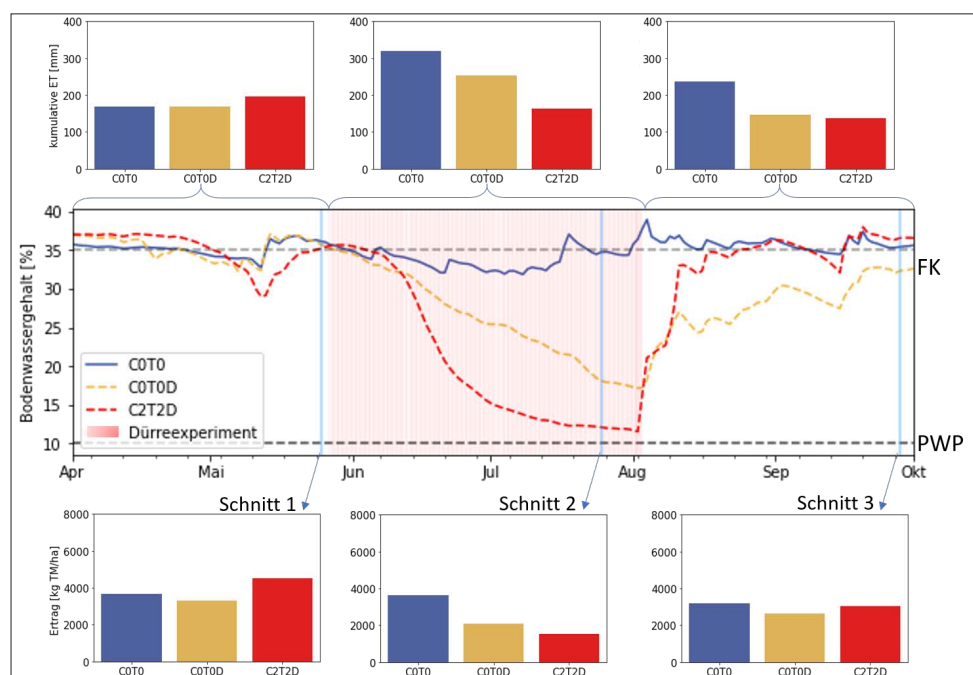
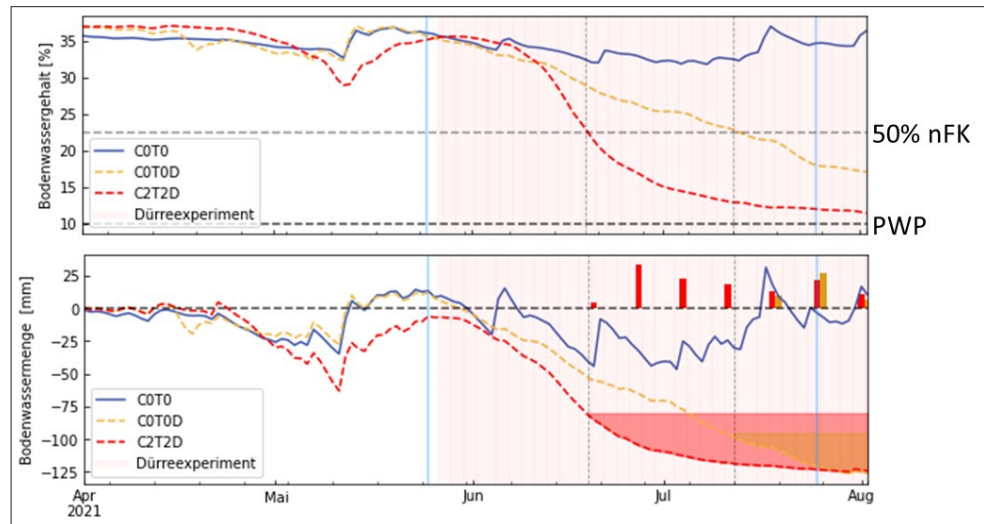


Abbildung 2: Mittlerer Bodenwassergehalt (Vol%) in 30 cm Bodentiefe bzw. kumulative Evapotranspiration (ET, mm) und Trockenmasseertrag (kg TM/ha) der jeweiligen Versuchsvarianten über den Versuchszeitraum April-Oktober 2021. FK = Feldkapazität, PWP = Permanenten Welkepunkt

Abbildung 3: Mittlerer Bodenwassergehalt (Vol%) in 30 cm Bodentiefe, Änderung der Bodenwasserspeichermenge (mm) bzw. potentieller wöchentlicher Bewässerungsbedarf (mm) der jeweiligen Versuchsvarianten über den Versuchszeitraum April-Oktober 2021. nFk = nutzbare Feldkapazität, PWP = Permanenter Welkepunkt



mm pro Woche ergeben was gut mit Erfahrungen aus Südtirol zusammenpasst (Prünster 2020). Wöchentliche, im fixen Turnus verabreichte Gaben von 20 bis 25 mm waren in dieser Studie in der Regel ausreichend. Natürlich ist eine Beregnung, bei welcher Wasser nur bei Erreichen einer gewissen Saugspannung im Boden (z.B. 300 mbar) verabreicht wird bedarfsgerechter, jedoch die Experimente aus Südtirol zeigen denselben Ertrag wie bei denen die nach fixem Turnus beregnet wurden.

Literatur

Berg A., Sheffield J. (2018) Climate Change and Drought: the Soil Moisture Perspective. *Curr Clim Change Rep* 4, 180-191.

Forstner V., Vremec M., Herndl M., Birk S. (2022) Impacts of dry spells on soil moisture and yield anomalies at a montane- managed grassland site – a lysimeter climate experiment, *Ecohydrology*, under review.

IPCC (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 pp.

Jasper K., Calanca P., Fuhrer J. (2006) Changes in summertime soil water patterns in complex terrain due to climate change. In *Journal of Hydrology* (327), 550-563.

Prünster T. (2020) Bewässerung der Berglandwirtschaft in Südtirol. 47. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 01.-02. April 2020, 109-113.

Pötsch E.M., Herndl M., Schaumberger A., Schweiger M., Resch R., Adelwöhrer M. (2019) Auswirkung 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.-27. März 2019, 49-54.

Lüttger A., Dittmann B., Sourell H. (2005) Leitfaden zur Beregnung landwirtschaftlicher Kulturen. Schriftenreihe des Landesamtes für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Bd. 6, Heft IV, Potsdam.

Teuling A.J., Van Loon A.F., Seneviratne S.I., Lehner I., Aubinet M., Heinesch B., Bernhofer C., Grünwald T., Prasse H., Spank U. (2013) Evapotranspiration amplifies European summer drought, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 2071-2075.

Unold G.v., Fank J. (2008) Modular Design of Field Lysimeters for Specific Application Needs. *Water Air Soil Pollution*, 8:233-242.