

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 54 (2013)
Heft: 1

Artikel: Reaktion von Weizen, Bodenkohlenstoff und Aggregatstabilität auf ein extremeres Niederschlagsregime : erste Ergebnisse eines Klimakammerversuchs zu Bodenwasserhaushalt und Produktivität
Autor: Strunk, Ruth
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088184>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Reaktion von Weizen, Bodenkohlenstoff und Aggregatstabilität auf ein extremeres Niederschlagsregime – erste Ergebnisse eines Klimakammerversuchs zu Bodenwasserhaushalt und Produktivität

Ruth Strunk

Zusammenfassung

Als Folge des Klimawandels werden für Mitteleuropa eine Abnahme der durchschnittlichen Regenmenge, mehr Niederschläge im Winter und seltener, dafür heftigere Regenereignisse im Sommer vorausgesagt. Wir präsentieren erste Ergebnisse eines Langzeitversuchs, in dem wir ein zukünftiges "extremes" und ein bisheriges "immerfeuchtes" Niederschlagsregime simulieren. In zwanzig Kisten von 40 x 60 cm wurden ein Lössboden aus Möhlin (AG) und ein Tonboden aus Movelier (JU) mit Sommerweizen bepflanzt. Alle Kisten erhielten die gleiche totale Regenmenge, aber eine Hälfte wurde feucht gehalten, während die andere erst bewässert wurde, als die Pflanzen anfangen zu welken. Untersucht wurden die Auswirkungen auf das Wachstum des Sommerweizens und die Reaktion der Böden bezüglich Kohlenstoffgehalt und Aggregatstabilität. Im ersten Erntejahr führten die etwa sechs Wochen dauernden Trockenperioden des extremen Regimes im Vergleich zum immerfeuchten Regime zu einem verminderten Ertrag an Gesamtbiomasse (Möhlin -12 %, Movelier -8 %) sowie an Weizenkörnern (Möhlin -66 %, Movelier -37 %). Der Kohlenstoffgehalt beider Böden veränderte sich nicht. Die Aggregatstabilität nahm während des Versuchs zu, unter dem immerfeuchten etwas stärker als unter dem extremen Regime.

1 Einleitung

Im Boden sind weltweit etwa 1'500 Gt Kohlenstoff gespeichert, doppelt so viel wie in der Atmosphäre und dreimal so viel wie in der terrestrischen Biosphäre (Bolin & Sukumar 2000). Davon werden jährlich 3–5 % umgesetzt. Das Gleichgewicht zwischen Eintrag durch Streu und Abbau durch Mineralisierung bestimmt den Gehalt an organischem Kohlenstoff eines Bodens. Dadurch wird festgelegt, ob Böden eine Quelle oder Senke für CO₂ sind, also wie sie den Klimawandel beeinflussen. Die chemische Zusammensetzung der organischen Substanz im Boden ist stark heterogen, deshalb verläuft auch der Abbau abhängig von zahlreichen Umweltfaktoren in sehr unter-

Adresse der Autorin: Bsc. Ruth Strunk, Universität Basel, Departement Umweltwissenschaften, Physische Geographie und Umweltwandel, Klingelbergstrasse 27, CH-4056 Basel; E-Mail: ruth.strunk@unibas.ch

schiedlicher Geschwindigkeit. Durch den Einschluss in Aggregate kann der mikrobielle Abbau von organischer Substanz zusätzlich verzögert werden (*Scheffer & Schachtschabel* 2002, 61). Aggregate bestehen aus mineralischen Partikeln, organischem Material aus Bestandesabfall, Ausscheidungen von Wurzeln und von Mikroorganismen, Resten von Bodenorganismen sowie aus luft- und wassergefüllten Poren. Oft fügen sich Mikroaggregate (<250 µm) zu grösseren Makroaggregaten (>250 µm) zusammen. Makroaggregate werden von Wurzeln und Pilzhyphen zusammengehalten; sie sind deshalb durch die Bearbeitung und die Bodennutzung beeinflusst und eher kurzzeitig stabil. Mikroaggregate hingegen sind durch Polysaccharide und Ton-Humus-Komplexe über längere Zeit stabilisiert, sind dadurch bodenspezifisch und werden durch mechanische Bearbeitung nicht zerstört (*Tisdall & Oades* 1982, 157).

Beim Zerfall der Aggregate infolge Regen kommt es zur Verkrustung des Bodens, zu verringerter Infiltration und zu vermehrtem Oberflächenabfluss und Erosion (siehe dazu auch den Artikel von *Yaxian Hu* in dieser Ausgabe). Die Aggregatstabilität ist deshalb eine wichtige Hinweisgrösse für die Erodibilität eines Bodens (*Le Bissonnais* 1996, 39–48). Im Verlauf eines Jahres verändert sich die Aggregatstabilität durch die Bodenbearbeitung, durch mikrobiologische Prozesse und durch Gefrier-Auftau- sowie Befeuchtungs-Austrocknungszyklen. Diese saisonalen Veränderungen der Aggregatstabilität sind oft grösser als die Unterschiede zwischen verschiedenen Böden oder verschiedenen Bodennutzungen (*Cosentino et al.* 2006, 2053).

Weizen ist neben Reis und Mais das weltweit wichtigste Getreide und in der gemässigten Klimazone am weitesten verbreitet (FAO 2010). Weizen benötigt ein warmes und nicht zu trockenes Klima; an den Boden stellt er höhere Ansprüche als die anderen Getreide. Ideal sind schwere bis mittelschwere, tiefgründige Böden. Der Ertrag an Weizenkörnern ist abhängig von der gesamten Länge der Vegetationszeit, aber auch von der Dauer der Entwicklungsphasen, in denen die Ähren angelegt, weiterentwickelt und wieder reduziert werden. So ist bei kühleren Temperaturen und einem gleichmässigen Wasserangebot die Kornfüllungsphase länger, und es werden grössere Körner gebildet als bei Sommertrockenheit. In der Schossphase verstärkt Wassermangel die Reduzierung von Nebentrieben, Ährchen und Blüten (*Kübler* 1994, 38–40). Vor allem für hohe Ertragsleistungen ist die Wasserversorgung von zentraler Bedeutung. Die Konkurrenz zwischen den Pflanzen um Nährstoffe, Licht und Wasser ist umso grösser, je schlechter die Versorgung damit ist.

In den gemässigt-feuchten Gebieten, die für den Getreideanbau genutzt werden und zu denen auch Mitteleuropa gehört, führen längere Trockenperioden zwischen grösseren Regenereignissen zu Trockenstress für Böden und Pflanzen (*Knapp et al.* 2002, 2204). Über die Auswirkungen auf den Weizenanbau gehen die Voraussagen auseinander: In Nord- und Westeuropa könnte es durch den ebenfalls vom Klimawandel verursachten gleichzeitigen Anstieg von Temperatur und CO₂-Konzentration sogar zu höheren Erträgen kommen, während in Süd- und Osteuropa Ernteinbussen zu erwarten sind (*Bindi & Olesen* 2011, 153; *Patil et al.* 2010, 564; *Richter & Semenov* 2005, 86). Für die Schweiz wird mit einer Abnahme der Sommerniederschläge und mit einer grösseren Niederschlagsvariabilität gerechnet. Der extrem heisse und trockene Sommer 2003 verursachte in der Landwirtschaft Verluste von 500 Millionen Franken, Klimaänderungen können somit beträchtliche wirtschaftliche Folgen haben (*Calanca et al.* 2005, 393–395).

Durch das mehrjährig angelegte Klimakammerexperiment sollen folgende Fragen beantwortet werden:

1. Wie verändern sich der Gehalt an organischer Substanz und die Aggregatstabilität der beiden Böden infolge der veränderten Niederschlagsfrequenz?
2. Welchen Einfluss hat die Verteilung der Niederschlagsereignisse auf das Wachstum der Weizenpflanzen, insbesondere auf den Ertrag an Körnern?

Der vorliegende Artikel zeigt und diskutiert die Ergebnisse des ersten Erntejahres.

2 Methoden

2.1 Verwendete Böden

Für dieses mehrjährige Klimakammerexperiment wurden zwei Böden ausgesucht, die auf Grund ihrer Eigenschaften voraussichtlich unterschiedlich auf Trockenstress reagieren werden: ein Lössboden aus Möhlin (Parabraunerde, Kt. Aargau, 1.5 % C_{org}) und ein Tonboden aus Movelier (Rendzina, Kt. Jura, 2.5 % C_{org}). Die beiden Böden unterscheiden sich in der Entstehung der Aggregate: Infolge der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung sind sie in Möhlin eher durch die Bodenbearbeitung bestimmt als durch den Tongehalt von 15 %. Sehr grosse Aggregate >2 mm sind wegen der häufigen mechanischen Bearbeitung kaum vorhanden, die kleinen Makroaggregate >250 µm sind jedoch sehr stabil. In Movelier ist der Tongehalt mit 31 % doppelt so hoch und die Nutzung ist weniger intensiv, die Aggregate entstehen vor allem durch das Quellen und Schrumpfen von Tonpartikeln. In diesem Boden sind auch grosse Makroaggregate >2 mm vorhanden. Der Boden wurde im November 2010 in Möhlin von einer frisch gepflügten Ackerfläche geholt, in Movelier wurde er unter einer Kunstwiese entnommen. In beiden Böden war die Versorgung mit Nährstoffen zu diesem Zeitpunkt gering; sie wurden ohne Düngung für den ersten Anbauzyklus mit Sommerweizen eingesetzt. Im August 2011 wurden als Referenzproben zusätzlich je zehn Freilandproben aus Möhlin (vom Stoppelfeld) und Movelier (unter der Kunstwiese) geholt.

2.2 Versuchsaufbau

Der Versuch wurde bei 20 °C und einer Tageslänge von 12–16 Stunden durchgeführt. Die Klimakammer ist mit zwei Lichtinseln ausgestattet; unter jeder Insel befindet sich ein Versuchsboden mit einem eigenen Regenregime und mit je fünf Kisten von 40x60x20 cm³ von jedem Boden, in welche Sommerweizen gesät wurde (Abb. 1).

Die Bewässerung erfolgte über zwei Düsen, die Menge wurde über die Beregnungszeit gesteuert. Eine Versuchsfläche wurde “immerfeucht” gehalten (15–25 % volumetrischer Wassergehalt, VWC), die andere wurde erst bewässert, als die Pflanzen anfangen zu welken (8–43 % VWC). Beide Versuchsböden erhielten die gleiche totale Regenmenge von 150 mm in fünf Monaten. Bodenfeuchte und Wasserspannung wurden mittels EC-5- und MPS-1-Sensoren (Decagon Inc.) in drei Kisten pro Versuchsboden überwacht. Die Lichtintensität betrug unter der Insel mit dem immerfeuchten Regime 7'000 bis 10'000 Lux (vom Rand zur Mitte), unter der Insel mit dem extremen Regime 10'000 Lux bis 13'000 Lux (vom Rand zur Mitte). Die Versuchsdauer bis zu ersten Ernte betrug beim immerfeuchten 20 Wochen und beim extremen Regime 22 Wochen.

2.3 Auswertung

Der Weizen wurde kistenweise geschnitten und der Ertrag von Stroh und Körnern sowie das Tausendkorngewicht (TKG) bestimmt. Aus jeder Kiste wurden zwei Bodenproben entnommen und der Wassergehalt zum Erntezeitpunkt und der Gehalt an C_{org} gemessen. Der organische Kohlenstoff des Bodens wurde mittels Oxidation von C zu CO₂ auf dem RC 612 der Firma Leco gemessen, wobei stufenweises Erhöhen der Ofentemperatur von 550 °C auf 1000 °C ein fraktioniertes Messen von TOC und TIC ermöglicht. Die Aggregatstabilität wurde mittels Nasssiebung nach *Kemper & Rosenau* (1986, 429) gemessen, die einem heftigen Sommerregen entspricht und bei welcher der Anteil der wasserstabilen Aggregate >250 µm nach 20-minütigem Rotieren in Wasser bestimmt wird.



Abb. 1 Jeweils fünf Kisten eines Bodens bilden eine Versuchsfläche mit “extremem” oder “immerfeuchtem” Regenregime (links oben). Die Bewässerung erfolgt mittels Düsen, die Regenmenge wird über die Zeit gesteuert (rechts). Der Weizen auf der “immerfeuchten” linken, und der “extremen” rechten Versuchsfläche (Foto unten links).
Fotos: Ruth Strunk 2011

3 Ergebnisse

3.1 Versuchsverlauf

Während der ersten sechs Wochen zeigten die Weizenpflanzen in allen Kisten ein vergleichbares Keim- und Wachstumsverhalten. Danach wurde das Wachstum in den Kisten des extremen Regimes durch die Trockenperioden verzögert, dies führte zu weniger hohen und dünneren Pflanzen (vgl. Abb. 1) und zu einem im Vergleich zum immerfeuchten Regime um 15–20 Tage verzögerten Ährenschieben. Weitere Folgen des Wassermangels waren spiralförmig verdrehte Fahnenblätter (Abb. 2a; links), kleine, verkümmerte Ähren, Notreifung der Körner und nach dem dritten Bewässern teilweise erneutes Schieben von Ähren auf demselben Spross (Abb. 2b; rechts).

Zum Erntezeitpunkt enthielt der Möhlin-Boden mit dem extremen Regime im Durchschnitt noch 3 % H_2O , der aus Movelier noch 6 % H_2O , mit dem immerfeuchten Regime noch 11 % (Möhlin) bzw. 13 % (Movelier).

3.2 Weizenwachstum

Auf dem Möhlin-Boden war der Gesamtertrag an oberirdischer Biomasse (*aboveground net primary productivity*, ANPP) unter beiden Feuchteregimes um etwa 20 % höher als auf dem Movelier-Boden. Der Ertrag an Körnern war unter dem immerfeuchten Regime um 7 % höher, unter



Abb. 2 Wachstumsstörungen beim Weizen infolge von Trockenstress: (a; links) spiralförmig verdrehte Fahnenblätter und verkümmerte Ähre und (b; rechts) nach dem Bewässern erneutes Ährenschieben auf demselben Spross.
Fotos: Ruth Strunk 2011

dem extremen Regime um 40 % niedriger. Das extreme Regime führte gegenüber dem immerfeuchten auf beiden Böden zu einer verminderten ANPP (Möhlin -12 %, Movelier -8 %), die sich aus einem leicht höheren Ertrag an Stroh (Möhlin +10 %, Movelier +7 %) und einem deutlich niedrigeren Ertrag an Körnern (Möhlin -66 %, Movelier -37 %) ergab. Auch das Tausendkorngewicht (TKG) war unter dem extremen Regime niedriger (Möhlin -36 %, Movelier -14 %) als unter dem immerfeuchten.

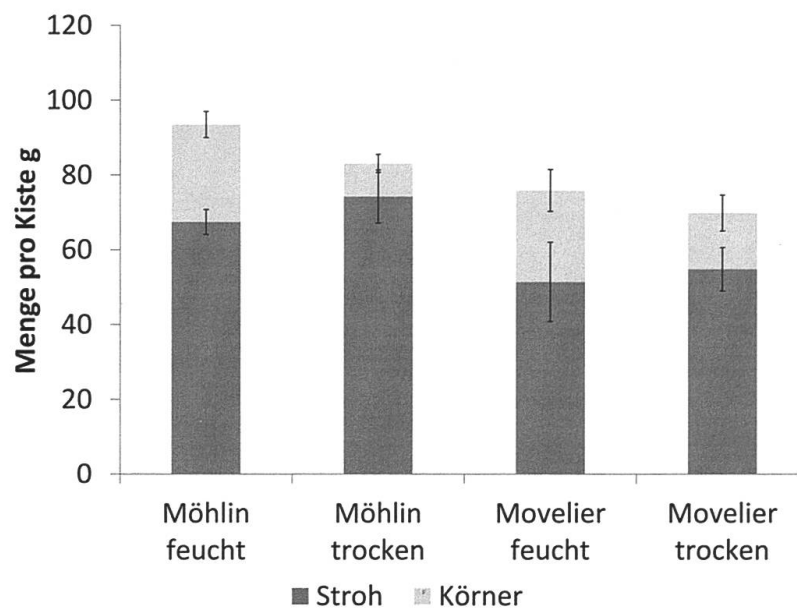


Abb. 3 Ertrag an Weizenkörnern und Stroh unter dem “extremen” und dem “immerfeuchten” Regime.

3.3 Veränderungen des Bodens

Der Kohlenstoffgehalt (TOC) nahm bei beiden Böden und unter beiden Regimes während des Versuchs leicht ab (TOC Möhlin -16 %, Movevier -13 %). Auf den Referenzflächen war der TOC-Gehalt im August 2011 ebenfalls leicht niedriger als im Herbst 2010 (Möhlin -15 %, Movevier -8 %). Zwischen den beiden Regimes zeigten sich hingegen keine Unterschiede. Die Aggregatstabilität war in Movevier stets höher als in Möhlin (Abb. 5). Bei beiden Böden war die Aggregatstabilität in der Klimakammer zum Zeitpunkt der Weizenernte wesentlich höher als bei Versuchsbeginn, und auch höher als auf den beiden Standorten in Möhlin und in Movevier zum gleichen Zeitpunkt. Diese Erhöhung war beim immerfeuchten Regime noch etwas ausgeprägter als beim extremen. Die Variabilität auf den Referenzflächen und innerhalb der fünf Kisten eines Regimes liegt für beide Behandlungen bei rund 5 %.

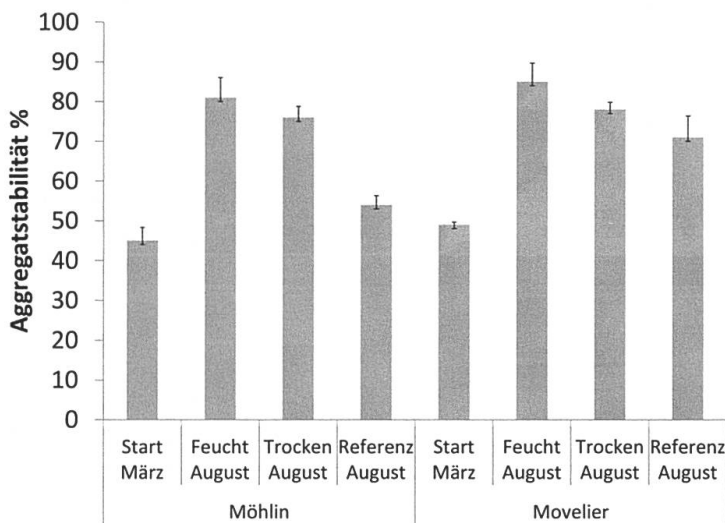


Abb. 4 Der Gehalt an TOC der beiden Böden nach einem Weizen-Wachstumszyklus unter dem "immerfeuchten" und dem "extremen" Regime (n=10, Fläche je 1.2 m²). Als Vergleich die Messwerte von je 10 Referenzproben vom August 2011 von ebenfalls 1.2 m² grossen Flächen aus Möhlin und Movevier sowie von den beiden Böden zu Beginn des Versuchs.

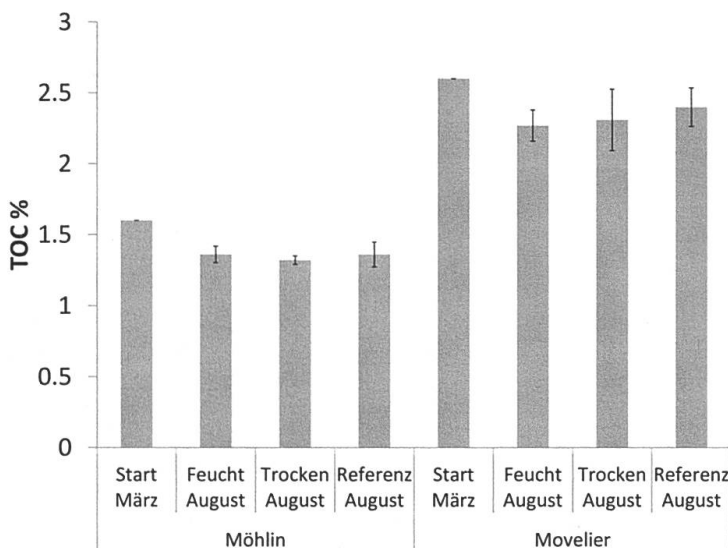


Abb. 5 Die Aggregatstabilität (Anteil stabiler Aggregate >250 µm in Prozenten) der beiden Böden nach einem Weizen-Wachstumszyklus unter dem "immerfeuchten" und dem "extremen" Regime (n=10, Fläche je 1.2 m²). Als Vergleich die Messwerte von je 10 Referenzproben vom August 2011 von ebenfalls 1.2 m² grossen Flächen aus Möhlin und Movevier sowie von den beiden Böden zu Beginn des Versuchs.

4 Diskussion

Bei genügender Feuchtigkeit war der Ertrag an Körnern auf beiden Böden etwa gleich, betrug aber nur 20 % des landwirtschaftlichen Referenzertrages. Mögliche Ursachen dafür sind Mangel an Nährstoffen (v. a. Stickstoff), die begrenzte Bodentiefe in den Kisten, das Kunstlicht sowie die fehlende Erfahrung im Weizenanbau. Die bodenunabhängige Verminderung der oberirdischen Biomasse, des Kornertrags und des Tausendkorngewichts unter dem extremen Regime lassen auf eine frühzeitig abgebrochene Kornfüllungsphase schließen. Die Trockenperioden führen zu einem grundsätzlich verminderten Pflanzenwachstum, vor allem aber zu einer verringerten Kornbildung. Der Wassermangel wirkt sich beim Möhlin-Boden negativer aus als beim Boden aus Movelier, da dieser bis zur nächsten Bewässerung auf Grund des höheren Tongehaltes langsamer und weniger stark austrocknet. Die Kisten mit dem extremen Regime wurden jeweils dann bewässert, wenn die ersten Pflanzen anfangen zu welken. Das war stets zuerst auf dem Möhlin-Boden bei etwa 8 % Bodenfeuchte der Fall. Der Movelier-Boden wies zum gleichen Zeitpunkt jeweils noch eine Feuchtigkeit von 12 % auf. Die Pflanzen waren auf diesem Boden also einem weniger „extremen“ Regime ausgesetzt und die Ertragseinbuße war geringer.

Nach einem Wachstumszyklus von Sommerweizen war der TOC-Gehalt der Böden in der Klimakammer im Mittel etwas tiefer als beim Versuchsbeginn. Auch auf den Referenzflächen in Möhlin und Movelier vom August 2011 war der Gehalt an TOC in ähnlicher Masse verringert. Die Unterschiede im TOC-Gehalt schwankten also in dem Bereich, in dem sie auch im Freiland innerhalb einiger Monate schwanken. Wie *Borken & Matzner* (2009, 808) schreiben, kann die erhöhte Mineralisierungsrate bei der Wiederbenetzung oft nicht die während der Trockenphasen unterbrochene Mineralisierung kompensieren und die organische Substanz wird dadurch in zeitweise trockenen Böden besser erhalten. In unserem Versuch konnte bisher zwischen den beiden Regimes „extrem“ und „immerfeucht“ keine unterschiedliche Mineralisierungsrate festgestellt werden. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von *Guo et al.* (2012), welche bei Austrocknungs-Befeuchtungszyklen die gleiche kumulierte Mineralisierung von organischer Substanz fanden wie bei gleichbleibender durchschnittlicher Feuchtigkeit. Möglicherweise wird sich aber erst im weiteren Verlauf des Langzeitversuchs zeigen, ob die erhöhte Freisetzung von CO₂ während der „Benetzungspulse“ die niedrige Mineralisierungsrate während der Trockenphasen kompensieren kann. So fanden *Garten et al.* (2009, 89) nach einer Versuchsdauer von vier Jahren eine geringere Mineralisierungsrate in trockenen Böden. Nach einem Wachstumszyklus mit Weizen war eine Veränderung des Gehaltes an organischer Bodensubstanz jedenfalls noch nicht zu erwarten.

Der Anstieg der Aggregatstabilität beider Böden zwischen dem Versuchsbeginn im Februar 2011 und der Erntezeit im August 2011 ist vermutlich auf die Zunahme der biologischen Aktivität bei steigender Temperatur zurückzuführen. Die Aktivität und die Anzahl der Mikroorganismen nimmt mit steigender Temperatur zu (z. B. *Scheffer & Schachtschabel* 2002, 90). Mikroorganismen sondern Schleimstoffe/Polysaccharide ab, die Tonpartikel zu Mikroaggregaten verkleben. Diese wiederum werden durch Wurzeln und Pilzhyphen zu Makroaggregaten zusammengefügt. Die unterschiedliche Aggregatstabilität der Böden im Freiland im August 2011 (Referenzproben) ergibt sich aus der geographischen Lage (kühler und feuchter in Movelier) und der unterschiedlichen Bewirtschaftungsweise (ungestörte Kunstwiese in Movelier, mit Maschinen befahrenes Stoppelfeld in Möhlin). Die boden- und regimeunabhängig noch höhere Stabilität in der Klimakammer als im Freiland ist durch die fehlende Bearbeitung bedingt. Es zeigt sich, dass der Möhlin-Boden, wenn er nicht mechanisch bearbeitet wird, unabhängig vom Feuchtigkeitsregime fast die gleiche Aggregatstabilität aufweist wie der Boden aus Movelier. Für beide Böden ist hingegen die Aggregatstabilität unter dem immerfeuchten Regime höher als unter dem extremen. Verschie-

denen Quellen zeigen unterschiedliche Effekte von Austrocknungs-Befeuchtungszyklen auf die Stabilität von Aggregaten. Sie sind schwierig zu vergleichen, da teilweise andere Aggregatgrößen bestimmt und andere Methoden angewandt wurden.

Gemäss *Utomo & Dexter* (1982) kann Austrocknen und Befeuchten die Aggregatstabilität eines Bodens erhöhen oder erniedrigen, je nachdem, in welchem Ausgangszustand dieser sich befindet. Wenn der Boden wenig oder nicht aggregiert ist, führen Trocknen und Befeuchten zur Bildung von Aggregaten, wenn hingegen der Boden seinen optimal aggregierten Zustand bereits hat, werden durch das Trocknen und Befeuchten Aggregate gesprengt. Dies würde bedeuten, dass die Böden in der Klimakammer am Ende einer Wachstumsperiode bei ständig feuchtem Boden eine "maximale" Aggregation erreichen, die durch die Trocknungs-Befeuchtungszyklen herabgesetzt wird.

5 Fazit

Die simulierte, mit dem Klimawandel einhergehende Veränderung der Niederschlagsverteilung – seltenere, dafür aber extremere Regenfälle – zeigte starke Auswirkungen auf das Wachstum von Weizenpflanzen. Durch die längeren Trockenperioden wurde vor allem die Entwicklung und Ausreifung der Körner beeinträchtigt, und es wurden weniger und kleinere Körner gebildet. Auf dem schluffigen Boden aus Möhlin war der Ertrag an Körnern um zwei Drittel vermindert, auf dem lehmigen Boden aus Movelier "nur" um ein Drittel. Die wirtschaftlichen Folgen solcher Ertragsreduktionen wären enorm. Ob und wie stark längere Trockenperioden zwischen den einzelnen Niederschlagsereignissen den Weizen ertrag verringern, hängt vom Zeitpunkt und der Dauer der Trockenperioden, von der Gesamtregenmenge, der Wasserspeicherkapazität und der Mächtigkeit der Böden, von der Temperatur sowie von den verwendeten Weizensorten ab. Die Verschiebung des Saatzeitpunktes, künstliche Bewässerung sowie Züchtung von trockenheitsresistenten Sorten könnten klimabedingte Ertragseinbußen kompensieren.

Der TOC-Gehalt der beiden Böden hat sich nach einem Wachstumszyklus von Sommerweizen nicht merklich verändert. Unterschiedlich starker mikrobieller Abbau von Kohlenstoff unter den beiden Regenregimes konnte (noch) nicht festgestellt werden. Ein infolge des Regenregimes unterschiedlich hoher Eintrag von Streu fand bisher nicht statt. Wie sich der Streueintrag unter den beiden Niederschlagsregimes auf die organische Substanz in den beiden Böden künftig auswirkt, wird sich erst im weiteren Verlauf des Langzeitversuchs zeigen.

Literatur

- Bindi M. & Olesen J.E. 2011. The responses of agriculture in Europe to climate change. *Regional Environmental Change* 11/1: 151–158.
- Bolin B. & Sukumar R. 2000. Global Perspective, in: Watson R.T., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath N.H., Verardo D.J. & Dokken D.J. (Eds.): *Land Use, Land-Use Change and Forestry. A special Report of the IPCC*. Cambridge, 23–51.
- Borken W. & Matzner E. 2009. Reappraisal of drying and wetting effects on C and N mineralization and fluxes in soils. *Global Change Biology* 15: 808–824.
- Calanca P., Fuhrer J., Jasper K., Torriani D., Keller F. & Dueri S. 2005. Klimawandel und landwirtschaftliche Produktion. *Agrarforschung* 12/9: 392–397.
- Cosentino D., Chenu C. & Le Bissonnais Y. 2006. Aggregate stability and microbial community dynamics under drying-wetting cycles in a silt loam soil. *Soil Biology & Biochemistry* 38/8: 2053–2062.
- FAO 2010. *Weltproduktion 2010 Weizen*. Online verfügbar: URL: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. [Eingesehen am 5.9.2012]

- Garten C.T., Classen A.T. & Norby R.J. 2009. Soil moisture surpasses elevated CO₂ and temperature as a control on soil carbon dynamics in a multi-factor climate change experiment. *Plant Soil* 319: 85–94.
- Guo X.B., Drury C.F., Yang X.M., Reynolds W.D. & Zhang R.D. 2012. Impacts of wet-dry-cycles of constant water contents on carbon mineralization in soils under three cropping treatments. *Soil Science Society of America* 76/2: 485–493.
- Kemper W.D. & Rosenau R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Klute A. (Hrsg.): *Methods of soil analysis*, Madison, 425–442.
- Knapp A.K., Beier C., Briske D.D., Classen A.T., Luo Y., Reichstein M., Smith M.D., Smith S.D., Bell J.E., Fay P.A., Heisler J.L., Leavitt S.W., Sherry R., Smith B. & Weng E. 2008. Consequences of more extreme precipitation regimes for terrestrial ecosystems. *Bioscience* 58/9: 811–821.
- Kübler E. 1994. *Weizenanbau*. Stuttgart, 1–191.
- Le Bissonnais Y. 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science* 47: 425–437.
- Patil R.H., Laegsmand M., Olesen J.E. & Porter J.R. 2010. Growth and yield response of winter wheat to soil warming and rainfall patterns. *Journal of Agricultural Science* 148: 553–556.
- Richter G.M. & Semenov M.A. 2005. Modeling impacts of climate change on wheat yields in England and Wales: assessing drought risks. *Agricultural systems* 84/1: 77–97.
- Scheffer F. & Schachtschabel P. 2002. *Lehrbuch der Bodenkunde*. Heidelberg, 1–592.
- Tisdall J.M. & Oades J.M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science* 33: 141–163.
- Utomo W.H. & Dexter A.R. (1982). Changes in soil aggregate water stability induced by wetting and drying cycles in non-saturated soil. *Journal of Soil Science* 33: 623–637.

