

Lysimeteruntersuchungen als Schlüssel zum Verständnis der differenzierten Dürreauswirkungen und potentieller Langzeitfolgen

Stefan Werisch^{1*}, Anke Winkler¹, Ulrike Haferkorn¹, L. Jäkel¹ und G. Beeck¹

Zusammenfassung

Im Rahmen der langfristigen Wasser- und Stoffhaushaltsuntersuchungen der Lysimeterstation Brandis an acht verschiedenen Böden, können die heterogenen Ausprägungen der sommerlichen Dürreperiode 2018 exzellent beobachtet und mit ihren Ursachen und Auswirkungen im Bodenwasserhaushalt beleuchtet werden. Der ortsüblichen Bewirtschaftung folgend wurden in diesem Jahr alle Lysimeter mit Mais bepflanzt. Die gesamte Vegetationsperiode war dabei durch ein geringes Niederschlagsdargebot, bei gleichzeitig hohem Verdunstungsanspruch, gekennzeichnet. Bedingt durch den geringen Bodenwasservorrat leichter Böden, waren die ersten Auswirkungen der Dürre bereits Ende Juni auf diesen Lysimetern sichtbar. Ende Juli, verzeichneten alle Lysimeter, außer den Lößstandorten, Transpirationsreduktionen von mehr als 80%. In der Folge ergaben sich bodenspezifische Dürreauswirkungen, die auf leichten Standorten in hohen Ertragsdefiziten sowie N-Überschüssen resultierten und auf schweren Böden zu besonders intensiven Ausschöpfungen des Bodenwasserspeichers führten. Somit wird auf leichten Böden vor allem die Sickerwasserqualität negativ beeinträchtigt, während auf schwereren Böden mit langfristigen Folgen im Bodenwasserhaushalt zu rechnen ist.

Summary

The long term investigations in water- and solute balances of 8 different soils under agricultural land use in the lysimeter station Brandis provide a sophisticated foundation to study the heterogeneous effects and causes of the 2018 drought on regional yield levels and water balances. Following regional cropping schemes, the lysimeters were planted with corn. Low water availability and high levels of potential evapotranspiration were characteristic for the growing period. First indications of the drought conditions in corn became visible on light soils in the end of June. In the end of July all lysimeters, except the heavy soils containing loess, showed reductions of transpiration of more than 80%. Consequently, the drought effects were highly soil specific and resulted in high yield gaps and according nitrogen excess on light soils, while the heavy soils show historic soil water storage depletions. Consequently, in the long term the drought will have negative impacts on the seepage water quality on light soils, while on heavy soils the long term effects will affect the soil water budget.

Einleitung

Als direkte Effekte ausgeprägter Trockenphasen oder Dürren treten häufig Ertragseinbußen als unmittelbare Folgen auf. Welche konkreten standortspezifischen Auswirkungen eine solche Dürreperiode hat, hängt allerdings von mehreren Faktoren ab. Insbesondere bodenspezifische Eigenschaften welche die Wasserverfügbarkeit und Wasserverteilung innerhalb der Wurzelzone beeinflussen sind von entscheidender Rolle für die konkreten Auswirkungen lang anhaltender Trockenperioden. Neben den häufig diskutierten und medial wirksamen direkten Folgen, bergen solche Extremereignisse auch das Potential für langfristige Folgen. Nachfolgend soll anhand der Lysimeteruntersuchungen in der Lysimeterstation Brandis gezeigt werden, wie differenziert und vor allem bodenspezifisch sich die außergewöhnliche Trockenperiode 2018 ausgewirkt hat und mit welchen potentiellen Langzeitfolgen zu rechnen ist.

Material und Methoden

In der Lysimeterstation Brandis werden seit November 1981 Langzeituntersuchungen zum Wasser- und Stoffhaushalt verschiedener Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung

durchgeführt. Zur Beobachtung des Wasserhaushaltes verschiedener, typisch sächsischer Ackerböden wurden dazu 1978/79 insgesamt 24 monolithische Lysimeter mit 3m Tiefe und 1m² Oberfläche auf 8 verschiedenen Herkunftsfleichen gewonnen. Die Erfassung der Lysimetergewichte erfolgte seit Inbetriebnahme der Station über eine Hebelwaage und wird mittlerweile digital aufgezeichnet. Die messtechnische Auflösung der Wägeeinheit beträgt ±0.1mm. Bei allen Lysimetern handelt es sich um klassische Sickerwasserlysimeter bei denen das Sickerwasser im unteren Teil (~2.75m) der Lysimeter gefasst wird. Die Erfassung der Sickerwassermengen erfolgt täglich durch Wägung. Der zur Berechnung der Evapotranspiration benötigte Niederschlag wird ebenfalls täglich ermittelt. Die Niederschlagsmessung erfolgt dabei auf Bodenniveau und die täglichen Niederschlagssummen werden einer Richterkorrektur unterzogen (Richter 1995).

Böden

Die zur Untersuchung in der Lysimeterstation ausgewählten Böden sind typisch für die Region um Leipzig und entstammen landwirtschaftlichen Nutzflächen, später

¹ Lysimeterstation Brandis, Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft, Kleinsteiberger Str. 13, D-04821 BRANDIS

* Ansprechpartner: Dipl. Hydrol. Stefan Werisch, stefan.werisch@smul.sachsen.de



Tabelle 1: Eigenschaften von 7 landwirtschaftlich genutzten Böden der Lysimeterstation Brandis. Die Sickerwassermengen (Q), sowie die nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum (nFK_w) sind Mittelwerte aus Beobachtungen von 1981 – 2016, die Austauschrate (AR) gibt die mittlere theoretische Austauschrate des Bodenwassers in der Wurzelzone an. Zusätzlich sind die mittlere Verlagerungsgeschwindigkeit (V_v) und das daraus abgeleitete Verlagerungsrisiko (VR) angegeben (DVWK, 1994).

Lysimeter- gruppe	Bodenart	$\sum Q$ [mm a ⁻¹]	nFK_w [mm] (max.)	AR [%]	\bar{V}_v [dm a ⁻¹]	VR
5	IS/D3	189	53 (75)	356	15	groß
8	sL/D3	151	89 (142)	169	11	mittel
4	sL/D5	146	93 (142)	157	9	niedrig
1	sL/D6	125	105 (167)	119	7	niedrig
7	sL/D4	111	117 (178)	95	5	sehr niedrig
9	L/Lö3	58	170 (450)	34	2,5	sehr niedrig
10	L/Lö1	47	192 (490)	25	2,1	Sehr niedrig

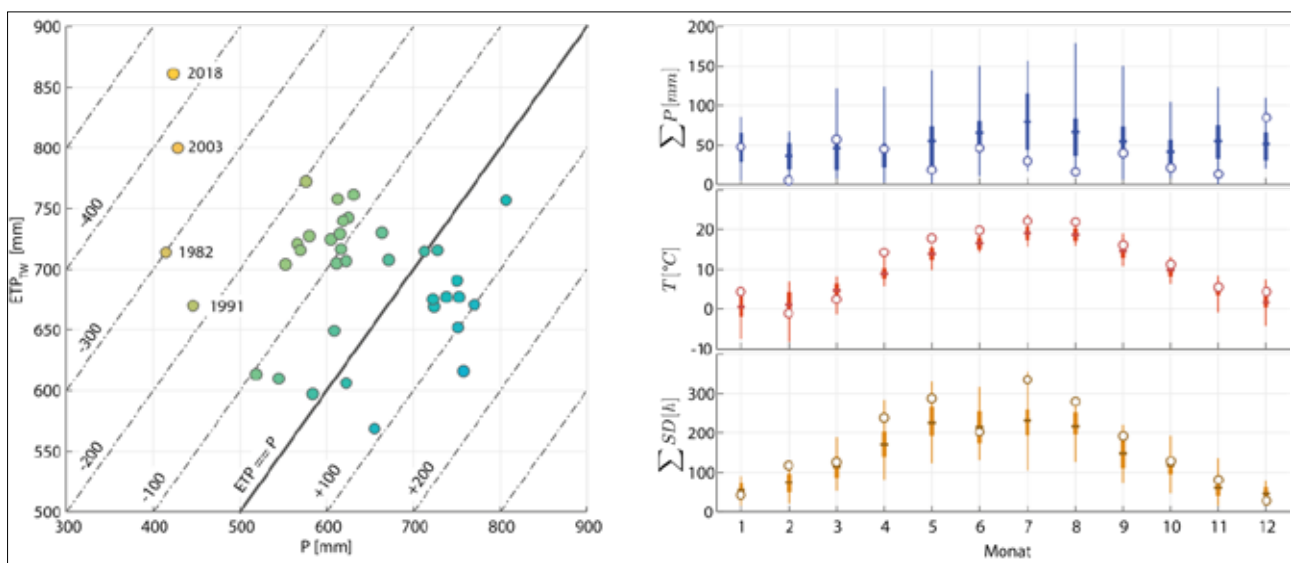


Abbildung 1: Einordnung des Jahres 2018 anhand der klimatischen Wasserbilanz ($P-ETP_{TW}$) in den Beobachtungszeitraum 1981-2018 der Lysimeterstation Brandis (links), sowie die monatlichen Statistiken (1981-2017) der Größen Niederschlag (rechts-oben), Temperatur (rechts-mitte) und der Sonnenscheinstunden (rechts-unten) im Vergleich zum Jahr 2018 (Kreise).

wurden einzelne Lysimeter durch Böden von rekultivierten Tagebauflächen ersetzt. Eine detaillierte Beschreibung der Böden der einzelnen Lysimetergruppen kann *Tabelle 1* entnommen werden. Die Böden sind, ihren Herkunftsflächen entsprechend, durch zunehmende Tiefgründigkeit und Wasserspeicherfähigkeit gekennzeichnet. Es handelt sich dabei um Standorte mit erodierter Braunerde (Gr.5/D3), (Parabraunerde-) Braunerde (Gr.4/D5, Gr.8/D3), Braunerde-Pseudogley (Gr.1/d6, Gr. 7/D4) und eine Löß-Parabraunerde (Gr.9/Lö3), sowie um eine Löß-Schwarzerde (Gr.10/Lö1).

Bewirtschaftung

Seit Inbetriebnahme der Lysimeterstation werden nahezu alle Lysimeter hinsichtlich Fruchtfolge, Düngung und dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln einheitlich und in regional typischer Weise bewirtschaftet (Haferkorn 2013). Nach der Ernte des Winterweizens im letzten Jahr wurden auf nahezu allen Lysimetern Phacelia als Zwischenfrucht ausgesät, welche erst Mitte Februar umgebrochen wurde. Im Mai (02.05.2018) erfolgte anschließend die Aussaat von Silomais der Sorte „Katari CS“ auf allen Lysimetern. Auf einigen Lysimetern waren zur anfänglichen Bestandesetablierung Bewässerungsgaben von 20 mm notwendig. Bedingt

durch die extreme Trockenheit und die Orientierung an der regionaltypischen Bewirtschaftung erfolgte am 09.08.2018 die frühzeitige Ernte um ausreichende Pflanzenwassergehalte für die Biogasnutzung gewährleisten zu können.

Ergebnisse

Eine Einordnung der außergewöhnlichen klimatischen Bedingungen des Jahres 2018 in den historischen Beobachtungszeitraum erfolgt in *Abbildung 1*. Das vergangene Jahr sticht dabei durch seine stark negative klimatische Wasserbilanz (~ -437 mm) hervor, welche sich als Differenz aus der potentiellen Evapotranspiration (Turc-Wendling Verfahren, Wendling et al. (1991)) und beobachtetem Niederschlag berechnet. Obwohl es bereits Jahre mit einem ähnlichen geringen Niederschlagsniveau gab (1982, ~ 424 mm), ist 2018 vor allem durch die sehr hohe potentielle Evapotranspiration von 861 mm einzigartig in der Brandiser Beobachtungsreihe. Der Großteil des Niederschlags entfällt dabei auf die Monate Januar, März, April und Dezember. Hingegen ist die Hauptvegetationsperiode (April bis September) durch unterdurchschnittliche und teils extreme geringe monatliche Niederschlagssummen gekennzeichnet, die sich bis Ende November fortsetzten. Ein Ende der meteorologischen Tro-

ckenperiode war erst im Dezember zu verzeichnen indem mit ~89mm ein Fünftel des Jahresniederschlags fielen.

Gleichzeitig wurden in Brandis seit April überdurchschnittliche Monatsmitteltemperaturen, Sonnenscheindauern und damit verbunden auch Strahlungssummen erfasst. In der Folge waren die Monate Mai bis November durch sehr hohe Verdunstungsansprüche bei gleichzeitig minimaler atmosphärischer Wassernachlieferung gekennzeichnet.

Auswirkung auf die Evapotranspiration

Die Verläufe der täglichen Evapotranspirationsraten (ET_r) der verschiedenen Lysimeter sind in *Abbildung 2* zusammen mit den täglichen Niederschlägen dargestellt. Um die Reduktion der realen Evapotranspiration auf den verschiedenen Böden besser sichtbar zu machen ist zusätzlich für jeden Boden der prozentuale Anteil der Transpiration in Bezug auf eine Referenztranspiration (T_r) dargestellt. Die Referenztranspiration berechnet sich dabei aus der Differenz der aktuellen Evapotranspiration von L10/3 und eines Brachelysimeters. Das Lysimeter L10/3 dient dabei als Referenz, da es die ganze Vegetationsperiode hindurch die höchsten Evapotranspiration aufwies. Unter der Annahme, dass die Verdunstungsverluste auf dem Brachelysimeter mangels Vegetation rein durch Evaporation getrieben sind und diese auf den bewachsenen Lysimetern in einer ähnlichen Größenordnung liegt jedoch keinesfalls größer ist, berechnet sich der Transpirationsterm zu:

$$T_r = ET_a^{10/3} - ET_a^{Brache}$$

Aufgrund der ausreichenden Wasserversorgung, des geringen atmosphärischen Verdunstungsanspruchs (ET_p), der anfänglichen Brache auf den Lysimetern und dem anschließenden Aufwuchs der jungen Maispflanzen sind in den Monaten April und Mai keine wesentlichen Unterschiede in

den täglichen Verdunstungsraten ersichtlich. Erste Reduktionen der ET_r werden Mitte Juni auf dem leichtesten Boden (L5/5) sichtbar. Parallel dazu sind ebenso geringere Transpirationsraten auf dem Lößboden von L9/1 sichtbar, die jedoch durch einen Entwicklungsrückstand der Vegetation bedingt sind. Diese sind vor allem durch die geringe Bodenfeuchte des Oberbodens zum Aussaatzeitpunkt auf diesem Lysimeter begründet. Anfang Juni gab es ein einzelnes Niederschlagsereignis mit ~36mm Niederschlag das zu einer Befuchtung der Oberböden aller Lysimeter führte, wodurch sich die Transpirationsraten der Lysimeter temporär wieder angleichen. Diese vorübergehende Auffüllung war Mitte Juni (20.06.) bereits aufgezehrt, wodurch die Vegetation auf dem leichtesten Boden (L5/5) in Trockenstress geriet, welcher binnen 10 Tagen zu Transpirationsreduktionen von ca. 70% führte (30.06). Ebenfalls Ende Juni wurden auch die ersten Trockenstressindikatoren, in Form von Blattrollen, auf den Lysimetern L4/7 und L8/5 sichtbar, welche sich in Reduktionen der Transpiration von 20% manifestierten und damit erste Reaktionen der Pflanzen auf einen limitierten Bodenwasservorrat darstellen. Durch ausbleibenden Niederschlag und den hohen Verdunstungsanspruch konnten im Verlaufe des Juli zunehmende Reduktionen der Transpirationsleistung auf allen drei Lysimetergruppen beobachtet werden, welche Ende Juli in einer kompletten Einstellung der Transpiration auf L5/5 und Reduktionen von bis zu 80% auf L4/7 und L8/5 führten. Diese drastischen Reduktionen führten erstaunlicherweise kaum zu zeitlichen Verschiebungen der Pflanzenentwicklung, in Bezug auf die Erreichung spezifischer Wachstumsstadien, aber zu kleinerem und spärlicherem Wuchs.

Anfang Juli gerieten auch die Lysimeter der Gruppen 1 und 7 in Trockenstress wodurch die Transpiration Mitte Juli bereits um 50% reduziert war und kurz vor der Ernte am

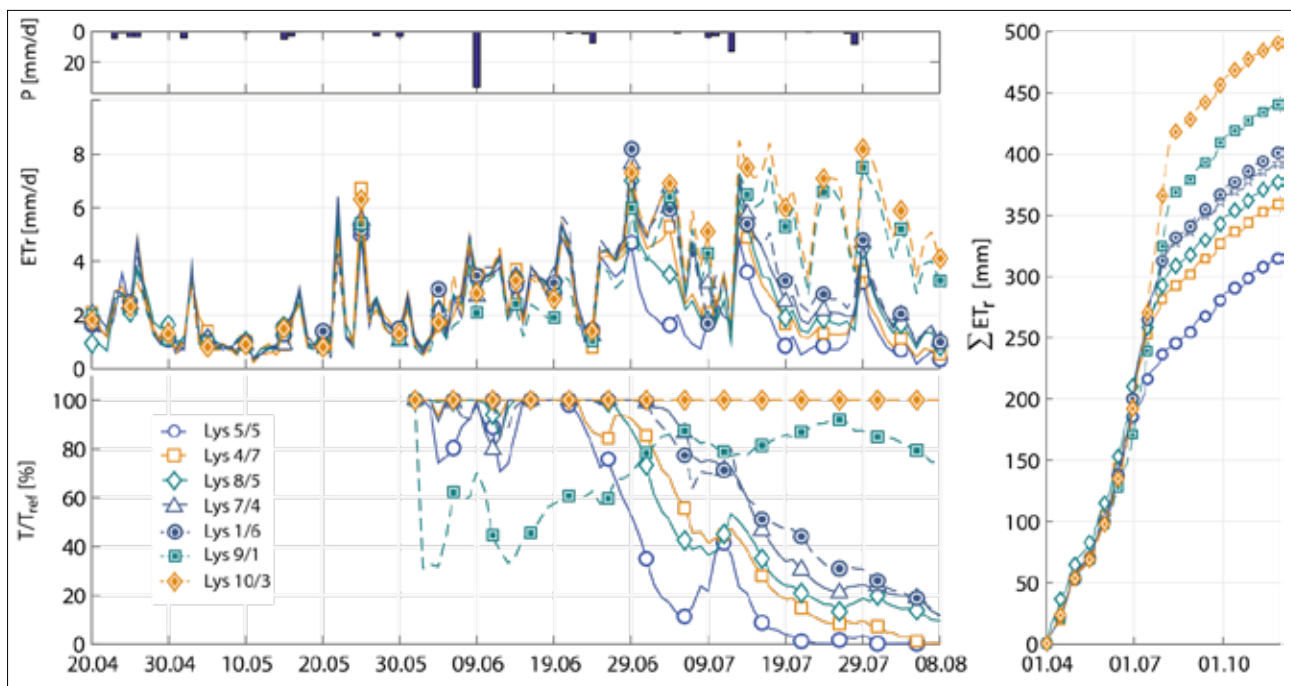


Abbildung 2: Zeitreihen des Niederschlags (P - links oben), der Evapotranspiration (ET_r - links Mitte), dem Verhältnis der Transpirationsleistung des Maisbestandes auf den individuellen Lysimetern im Vergleich zum Referenzlysimeter (T/T_{ref} - links unten) und der Evapotranspirationssumme über den Zeitraum 01.01.2018 - 30.11.2018.

08.08. über 80% Reduktion aufwies. Einzig die schweren Lößböden konnten den Pflanzen ausreichend Wasser zur Verfügung stellen um Evapotranspirationsraten oberhalb der Gras-Referenzverdunstung zu ermöglichen, obwohl auch auf diesen Lysimetern erste Trockenstressindikatoren ab Ende Juli sichtbar waren.

Das versetzte Einsetzen von Trockenstress induzierten Transpirationsreduktionen ist ebenfalls deutlich in den kumulierten Evapotranspirationssummen (*Abbildung 2*, rechts) ersichtlich. Trotz der trockenen Oberböden wurden in der Zeit nach der Ernte auf allen Lysimetern noch ca. 70mm Wasser durch Evaporation entzogen, was in etwa der kumulierten Niederschlagssumme (77mm) dieses Zeitraumes entspricht. Dabei zeigten sich keine spezifischen Unterschiede zwischen den einzelnen Lysimetergruppen.

Bodenwasservorrat

Bedingt durch den Zwischenfruchtanbau und die damit verbundenen Evapotranspirationsverluste waren die Bodenwasserspeicher zu Jahresbeginn nur in der Lysimetergruppe 8 gefüllt, da auf dieser kein Zwischenfruchtanbau stattfand. Alle anderen Böden starteten bereits mit einem Defizit, welches auch auf keinem Lysimeter zum Zeitpunkt der Maisansaat komplett aufgefüllt werden konnte. In der Folge fand auf keiner dieser Lysimeter eine nennenswerte Sickerwasserbildung statt, was insbesondere für die leichten Böden ungewöhnlich ist. Genauere Angaben zu den Füllungen der Bodenwasserspeicher zum Jahresanfang (01.01.), zur Aussaat der Hauptfrucht (02.05.) und zur Ernte (09.08.) kann *Tabelle 2* entnommen werden. Unter Berücksichtigung der teils massiven Reduktion der Evapotranspiration kurz vor der Ernte kann davon ausgegangen werden, dass die Zehrung der Bodenwasserspeicher zu diesem Zeitpunkt, zumindest auf den leichten Böden in etwa der nutzbaren Feldkapazität in der Wurzelzone entspricht.

Die zeitliche Entwicklung der Bodenwasserpeicherung ist zusätzlich in *Abbildung 3* dargestellt. Es sind sowohl die bereits diskutierten, unvollständigen Füllungszustände zu Beginn der Vegetationsperiode ersichtlich, sowie die fast simultanen Anstiege der Zehrungen im Juni. Insbesondere die mangelnde Auffüllung der Bodenwasserspeicher nach der Ernte ist durch nahezu identische Niveaus der Bodenwasserspeicherausschöpfung zur Ernte und zum 30.11. sichtbar. Die Konsequenz dieser starken Zehrung der Bodenwasservorräte wird sich wahrscheinlich bodenspezifisch

Tabelle 2: Zustand des Bodenwasserspeichers (BWS) ausgewählter Lysimeter für drei charakteristische Zeitpunkte: (1) Jahresanfang (01.01.), (2) Aussaat der Hauptkultur (02.05), (3) Ernte (09.08.) und die Zehrung des Bodenwasserspeichers während des Pflanzenaufwuchses (Δ BWSA).

Lys.	BWS (01.01.) [mm]	BWS (02.05.) [mm]	BWS (09.08.) [mm]	Δ BWSA [mm]
5/5	-48	-34	-125	77
4/7	-112	-80	-219	107
8/5	0	-32	-173	141
7/4	-118	-79	-250	171
1/6	-158	-130	-310	180
9/1	-673	-632	-843	211
10/3	-571	-543	-808	265

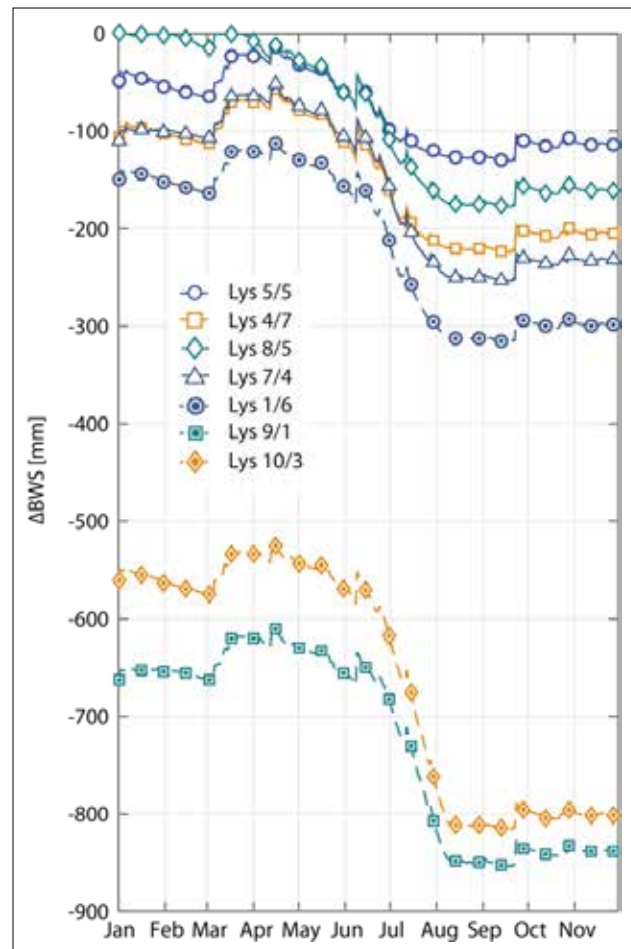


Abbildung 3: Zeitliche Verläufe der Bodenwasserspeicherausschöpfung von 01.01.18 bis 30.11.18.

ausprägen. Auf den sehr leichten Böden (L5/5) und leichten Böden (L4/7, L8/5) ist eine Auffüllung durch die Winterniederschläge wahrscheinlich, da 89mm dieses Defizits bereits im Dezember aufgefüllt wurden und die durchschnittlichen, kumulierten Niederschlagssummen von Januar bis inklusive April 170mm betragen. Eine vollständige Auffüllung der Speicher der mittleren Böden (L1, L7) ist möglich, hängt aber stark von den tatsächlichen Höhen der Winterniederschläge und dem Verdunstungsanspruch der Folgefrucht im Frühjahr ab. Auf den schweren Böden ist eine vollständige Auffüllung der Speicher extrem unwahrscheinlich. In der Folge ist nur auf den leichteren Böden eine Sickerwasserbildung wahrscheinlich. Auf den mittleren Böden ist, wenn überhaupt, nur eine kurze Sickerwasserperiode mit geringer Sickerwasserbildung zu erwarten.

Erträge und N-Bilanzen

Einhergehend mit den außergewöhnlichen meteorologischen Randbedingungen sind die entsprechenden Folgen auf die Ertragsniveaus und Stickstoffbilanzen verbunden. Wie bodenspezifisch diese Folgen allerdings ausfallen, ist in *Abbildung 4* dargestellt. Die kumulierte Summe der Evapotranspiration zwischen dem 01.04 und 08.08 (Ernte), war in diesem Sommer linear abhängig vom ausschöpfbaren Bodenwasserspeicher in der Wurzelzone. Dieser Effekt tritt selten so deutlich hervor, da in Jahren mit normalem

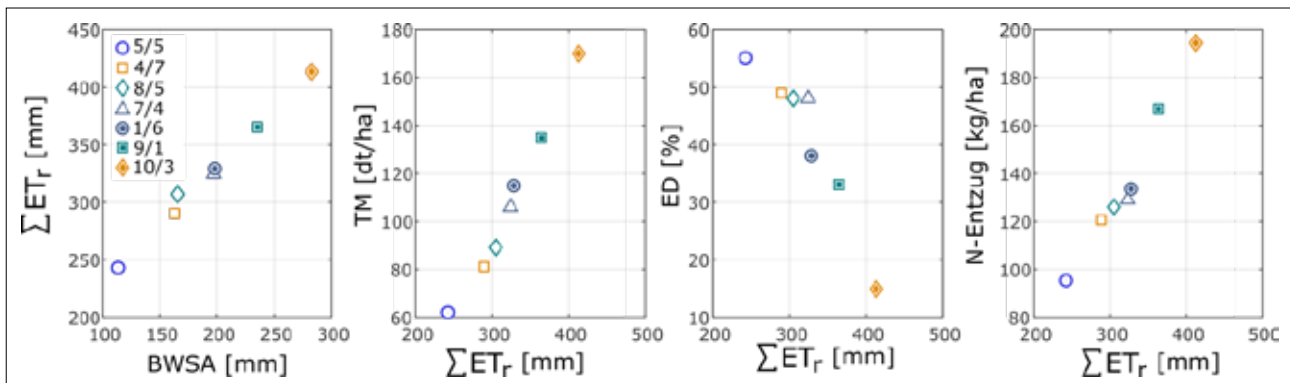


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Bodewasserspeicherausschöpfung (BWSA) und realer Evapotranspirationssumme (ET_r) (links), sowie zwischen ET_r und den Trockenmasseerträgen (TM) (mitte links), dem Ertragsdefizit zwischen den tatsächlichen und Zielerträgen (mitte rechts), sowie dem pflanzengebundenen N-Entzug (rechts).

Niederschlagsverhalten nur die Böden der Gruppen 5, 4 und 8 auf nahezu den kompletten Bodewasserspeicher zurückgreifen müssen.

Da die Photosyntheseleistung und damit verbunden das Pflanzenwachstum direkt von der Evapotranspiration abhängig ist, ergibt sich ebenfalls ein nahezu linearer Zusammenhang zwischen der kumulierten Summe der Evapotranspiration und den Trockenmasseerträgen. Trotz der vorzeitigen Ernte, wurden auf den Lößstandorten fast die Zielerträge erreicht, während hingegen auf den anderen Standorten teils deutliche Ertragsseinbußen eintraten. Je leichter der Boden, desto geringere Erträge konnten erzielt werden und desto größer war die Differenz zu den bodenspezifischen Zielerträgen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Ernte vorzeitig erfolgte, was natürlich zu dieser Situation beigetragen hat. Nichtsdestotrotz kann aus der Einstellung der Transpiration auf L5 und den starken Reduktionen auf L4, L8, L7 und L1 von bis 80% davon ausgegangen werden, dass zum Zeitpunkt der Ernte bereits irreversible Trockenschäden bestanden, weshalb auch eine längere Standzeit vermutlich nicht zu höheren Erträgen geführt hätte. Hingegen hätten auf den Lößstandorten die Ertragsdifferenzen vermutlich noch geschmälert werden können.

Ebenfalls eine direkt vom Ertrag, und damit indirekt von der Evapotranspiration, abhängige Größe ist der pflanzengebundene Stickstoffzug. In der Folge ist auch zwischen N-Entzug und Evapotranspirationssumme ein nahezu perfekt linearer Zusammenhang zu verzeichnen. Bedingt durch die lange Trockenphase haben sich in diesem Jahr die Zusammenhänge zwischen Bodewasserspeichervermögen, Evapotranspiration, Trockenmasseerträgen und den damit verbundenen N-Entzügen besonders deutlich herausgebildet.

Potentielle Langzeitfolgen der Dürre

Neben den bereits aufgezeigten unmittelbaren Folgen des Trockensommers besteht auch die konkrete Gefahr potentieller Langzeitfolgen, welche wiederum bodenspezifisch ausfallen können. Bedingt durch die geringe Evapotranspirationssumme auf leichten Standorten und den damit verbundenen Ertragseinbußen verbleiben insbesondere auf diesen Standorten hohe Stickstoffmengen im Boden (Abbildung 5, oben). Konkret liegen die N-Salden für die Lysimeter L5, L4, L8 und L7 > 50kg/ha, wobei dafür lediglich die

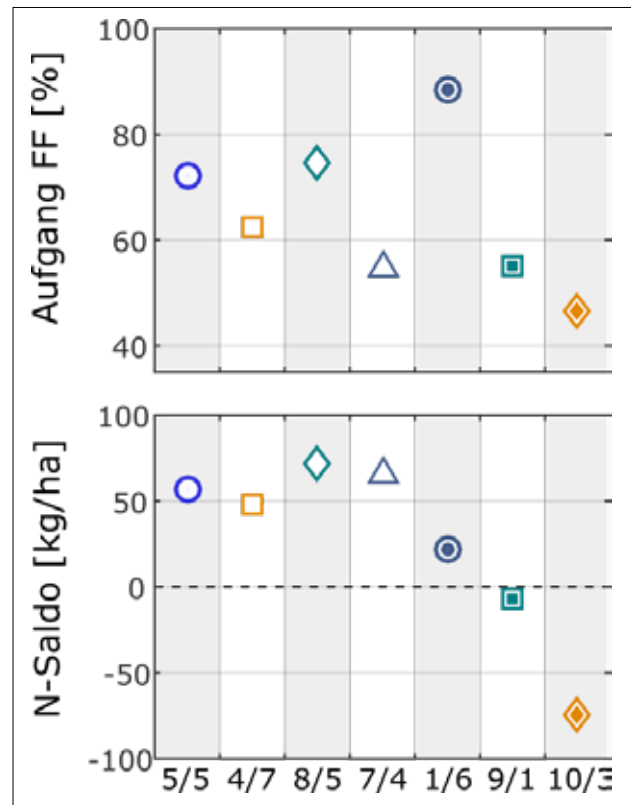


Abbildung 5: Bereits sichtbare Langzeitfolgen der Dürre 2018 durch verminderte Keimraten des Winterweizens (Aufgang FF), sowie den N-Salden in Abhängigkeit der Lysimeter.

mineralisch verfügbare Stickstoffmenge im Frühjahr, die Düngemenge und der Ernteentzug miteinander verrechnet werden. Weitere potentielle N-Quellen wie Depositionen aus dem Niederschlag und Mineralisierungsprozesse sind dabei nicht berücksichtigt. Hingegen ist das N-Saldo für L1 zwar positiv aber kleiner 50kg/ha. Für die schweren Böden L9 und L10, fielen die N-Salden trotz der Dürrebedingungen negativ aus.

Die Ursachen dafür liegen in der Wasserverfügbarkeit der Standorte. Während auf den Lysimetern L5, L4, L8 und L7 zwar historische Speichertiefststände zum Ende des hydrologischen Jahres erreicht wurden, sind diese nur geringfügig größer als die 75% Perzentile aus dem Zeitraum

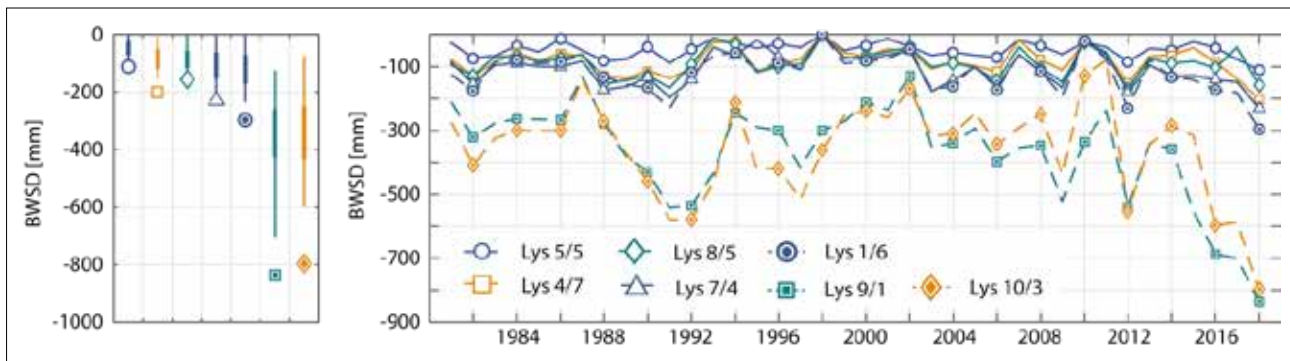


Abbildung 6: Bodenwasserspeicherdefizit am Ende des hydrologischen Jahres (30.10.) 2018 im Verhältnis zu den historischen Beobachtungen (1981 – 2017) (links), sowie die Entwicklung dieses Speicherdefizits über den gesamten Beobachtungszeitraum (rechts).

1981- 2017. In der Konsequenz ist auf diesen Standorten, unter Annahme mittlerer Winterniederschläge, mit einer Verlagerung der N-Überschüsse in tiefere Bodenschichten zu rechnen, jedoch nicht mit langfristigen Folgen für den Wasserhaushalt dieser Standorte.

Umgekehrt sind auf den schwereren Böden ebenfalls historische Tiefststände der Bodenwasserspeicher zu verzeichnen, diese weisen aber zusätzlich noch deutliche Differenzen zu den historischen Extremen (100% Perzentile des Zeitraumes 1981 - 2017) auf. Insbesondere auf den Lysimetern L9 und L10 sind mit Ausschöpfungen <-800mm Defizite entstanden die selbst eine mittlere Jahressumme des Niederschlags nicht auffüllen würde. *Abbildung 6* zeigt, dass diese Defizite zwar nicht nur durch die Trockenperiode 2018 ausgelöst bedingt sind, sondern ebenfalls die Folge einer längeren Phase (~5 Jahre) mit negativen klimatischen Wasserbilanzen (ETP > P) und den aktuellen Bewirtschaftungsmaßnahmen ist, die Trockenperiode jedoch einen maßgeblichen Anteil hat. Nichtsdestotrotz ist es wahrscheinlich, dass die extremen meteorologischen Bedingungen auf den schweren Böden zwar die Sickerwasserqualität nicht negativ prägen werden, jedoch im Wasserhaushalt auch über die Dürreperiode hinaus spürbar sein werden.

Es stellt sich noch die Frage, welche Auswirkungen für die Folgefrucht zu erwarten sind. In Brandis, wurde nach dem Mais Winterweizen angebaut, welcher im Oktober (11.10) ausgesät wurde. *Abbildung 5* zeigt den Anteil der aufgegangenen Weizenkeimlinge 8 Wochen nach der Aussaat. Dabei sind zwei Effekte deutlich: (1) Der Aufgang der Folgefrucht ist auf allen Lysimetern deutlich unter den Erwartungen (98% Aufgang) geblieben und (2) die geringsten Keimraten sind auf den schweren Lößböden zu beobachten. In der Folge ist zu erwarten, dass die vorangegangene Trockenperiode nicht nur die aktuellen Erträge beeinträchtigt hat, sondern

sich vielmehr auf allen Böden auch auf die Erträge der Folgefrucht auswirken wird und dies wahrscheinlich stärker auf den schweren, als auf leichten Standorten.

Zusammenfassend muss davon ausgegangen werden, dass sich die Dürreperiode 2018 auch längerfristig bemerkbar machen wird. Vor allem durch: (1) hohe Nitratreinträge in die Perkolationszone leichter Böden, (2) starke Beanspruchungen der Bodenwasservorräte auf schweren Böden mit potentiellen Limitierungen für die Fruchtfolge und (3) suboptimale Erträge durch die niedrige Keimraten der Folgefrucht.

Literatur

- DWVK Schriften 106 (1994) Verminderung des Stickstoffaustrages aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in das Grundwasser – Grundlagen und Fallbeispiele, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), ISBN 3-922671-43-8 .
- Haferkorn U. (2013) N-Auswaschung unter Ackernutzung auf Böden der sächsischen Lößgefilde. In: Knoblauch, S., Albert, E., Haferkorn, U., Heyn, J., Herold, L., Lippold, T., Lehmann, E., Lorenz, J., Zachow, B., Meißner, R., Seeger, J., Schrödter, M., Strauß, C. (2013): Kooperation Lysimeter - Wirkung landwirtschaftlicher Nutzung auf die N-Auswaschung anhand langjähriger Lysimetermessungen in Mittel- und Nordostdeutschland und Schlussfolgerungen für die Minimierung der N-Befrachtung der Gewässer. Broschüre, BfUL, Brandis, 2013, S. 117 - 142, <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/20214>.
- Richter D. (1995) Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 194, Offenbach.
- Wendling U., Schellin H.-G., Thomä M. (1991) Bereitstellung von täglichen Informationen zum Wasserhaushalt des Bodens für die Zwecke der agrarmeteorologischen Beratung. Zeitschrift für Meteorologie, 41, 468-475.