

# Zielgröße Wasserproduktivität

## Welche Steuerungsmöglichkeiten hat der Landwirt?

Mais zählt zu den Kulturen mit hohen Ansprüchen an eine ausreichende und gleichmäßige Wasserversorgung. Der höchste Wasserbedarf der Maispflanzen besteht während der Blüte bis zur Kornfüllung. Wenn Wassermangel zu Beginn des Fahnenschiebens bis drei Wochen nach Ende der Blüte unter sichtbarem Welken des obersten voll entwickelten Blatts auftritt, sinkt der Kornertrag drastisch. So waren die geringeren Ernten der Maisproduktion in den Jahren 2006 und 2010 in einem schwierigen Witterungsverlauf begründet. Eine Verbesserung der Produktivität des Niederschlags- und Bodenwassers kann die verstärkte Variabilität des Klimas abpuffern.

Katrin Drastig, Annette Prochnow, Michael Baumecker und Christiane Herrmann, Potsdam



Foto: agrarfoto

Die verwendete Zielgröße innerhalb dieses Artikels ist die „Wasserproduktivität“ (Water Productivity, WP). Diese ist wie folgt definiert: die Wasserproduktivität bildet die Beziehung zwischen dem landwirtschaftlichen Produkt und dem Wasserbedarf ab. Wasserproduktivität = Produkt/Wasserbedarf; z. B. kg Körnermais/m<sup>3</sup> Wasser. Der Wasser-

bedarf entspricht in der Pflanzenproduktion dem transpirierten Wasser, das für den Aufbau des Ernteprodukts benötigt wurde (Prochnow et al. 2012). In der Regel nimmt der Ertrag proportional zur Wassernutzung zu. Das Ausschöpfen der Bandbreite von einer vollständigen Bewässerung hin zu der ausschließlichen Nutzung von Regenwasser erwei-

tert die Möglichkeiten der Steuerung und Bewirtschaftung von Wasser in der Landwirtschaft. Eine Verbesserung der Bodenwasser- und Niederschlagswasserspeicherung und damit eine Verbesserung der Wasserproduktivität dieser beiden Komponenten auf Betriebsebene kann durch eine Vielzahl von betrieblichen Managementoptionen erzielt werden (Drastig et al. 2010; 2011).

In diesem Beitrag werden zum einen pflanzenbauliche Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserproduktivität von Mais und zum anderen Vorfruchtwirkungen des Maisanbaus im Hinblick auf den Wasserhaushalt dargestellt.

### Nutzungsrichtung

Mais wird als Ganzpflanze in Form von Silomais oder als Korn bzw. Corn-Cob-Mix genutzt. Für eine Bestimmung der Wasserproduktivität von Silomais wird der Ertrag durch das in dem Zeitraum seit der Ernte der Vorfrucht transpirierte Wasser geteilt. So wurde beispielsweise in einem sächsischen Betrieb eine Wasserproduktivität von 10,23 kg FM/m<sup>3</sup> (8,79 bis 11,78 kg FM/m<sup>3</sup>) ermittelt (Prochnow et al. 2012). Da der Silomais schon im September/Anfang Oktober geerntet wird, entsteht ein geringerer Wasserbedarf als beispielsweise beim Körnermais, der im Vegetationszeitraum von April/Mai bis Oktober/November angebaut wird.

### Sortenwahl

Für die Maisproduktion ist eine große Bandbreite an Sorten mit unterschiedlichem Wuchs- und Abreifeverhalten ver-

füßbar. Bei der Silomaisproduktion für die Biogasgewinnung wird vermehrt auf spät reifere Sorten gesetzt, die aufgrund ihres längeren Vegetationszeitraumes ein höheres Biomassepotenzial aufweisen. Verschiedene Studien kommen zu dem Ergebnis, dass sich die Maissorten bezüglich ihrer Methanabgabe je kg organischer Trockenmasse des Erntegutes nur gering voneinander unterscheiden (Herrmann und Rath 2012). Demnach wird der erzielte Methanhektarertrag vorrangig von dem Biomasseertrag einer Sorte bestimmt. Sofern das transpirierte Wasser berechnet und in das Verhältnis zur Methanproduktion in der Biogasanlage gesetzt wird, ließen sich Aussagen über die Sorten in Hinsicht auf ihre Wasserproduktivität als funktionelle Einheit  $\text{m}^3$  Methanertrag/ $\text{m}^3$  Wasser treffen. Für die Praxis scheint bis jetzt relevant, dass auch beim Blick auf die Wasserproduktivität der länger mögliche Massezuwachs später reifender Sorten neutral oder positiv zu bewerten ist. Es bleibt jedoch zu beachten, dass spät reifende Sorten vor allem an marginalen Standorten ihr Biomassepotenzial nicht voll ausschöpfen können (Herrmann und Rath 2012).

## Bodenbearbeitung zur Saat

Die Direktsaat könnte aufgrund der extensiven und humuserhaltenden Bodenbearbeitung eine Maßnahme zur Steigerung der Wasserproduktivität sein (Passioura 2006). In einem Dauer-versuch auf schluffigem Sandboden im brandenburgischen Thyrow (Teltow-Fläming) zeigte sich jedoch kein Erfolg bei der Direktsaat von Mais (Abb. 1). Die Maispflanzen der Prüfglieder mit einer Bodenbearbeitung vor der Aussaat wirken üppiger und vitaler als die der Direktsaat. Eine Erhöhung der Wasserproduktivität konnte durch die Direktsaat an diesem Standort nicht erzielt werden. Die Direktsaat kann bei erosionsgefährdeten Standorten einen wichtigen Beitrag zum Schutz des Bodens vor dem Abtrag durch Wind und Wasser leisten. Oftmals reicht allerdings die Bodenfeuchte des Mineralbodens zum Keimen der Samen nicht aus. Zu geringe Wasserverfügbarkeit stellt damit den limitierenden Faktor für diese Maßnahme dar.

## Saattermin

Generell kann eine spätere Aussaat von Mais zum Zeitpunkt Mitte bis Ende Mai

**Abb. 1: Vergleich zwischen Pflugsaat bzw. Saat nach nicht wendender Bodenbearbeitung (linkes Bild im Hintergrund: vitale Pflanzen mit späteren hohen Erträgen) und Direktsaat (linkes Bild im Vordergrund und rechtes Bild: kümmerliche Pflanzen mit späteren geringen Erträgen) von Mais**

Standort Thyrow (Teltow-Fläming)

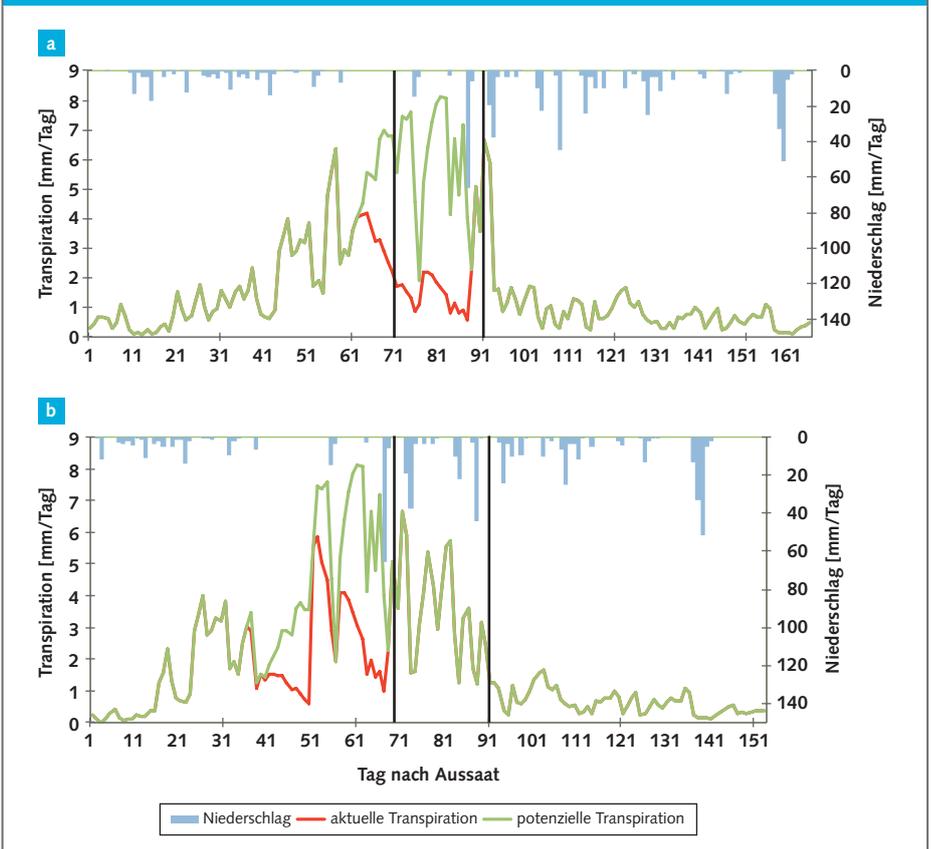
(Fotos: Drastig/ATB)



**Abb. 2: Potenzielle und aktuelle Transpiration in Abhängigkeit vom Aussaat-termin bei Silomais**

a) früherer Termin b) späterer Termin für den Zeitpunkt nach der Aussaat.

Die schwarze Begrenzung zeigt den kritischen Bereich zwischen BBCH-Stadium 51 „Beginn des Rispschiebens“ am 70. Tag nach der Aussaat bis Beginn BBCH 71 „Beginn der Kornbildung“ am 90. Tag nach der Aussaat. Berechnung nach FAO (1995) mit eigenen Ergänzungen (Prochnow et al. 2012), Bodenart: lehmiger Sand, Klimadaten des DWD für das Jahr 2010 gemessen an der Station Görlitz. Das Abweichen der aktuellen von der potenziellen Transpiration kennzeichnet das Auftreten von Wasserstress in unterschiedlicher Ausprägung



zu Ertragseinbußen führen, da der Mais mit schlechter entwickelten Wurzeln in eine eventuell auftretende Frühsommertrockenheit gehen muss. Auch die Abreife erfolgt dann später und kann zu Problemen führen, wenn die Wärmesummen nicht mehr erreicht werden oder der Mais durch zeitigen Frost an der Abreife gehindert wird und abstirbt. Schwerwiegender als der Zeitpunkt der Aussaat ist allerdings der Wasserbedarf der vorangehenden Winterzwischenfrucht; Wasser, das dann nicht mehr für den Mais zur Verfügung steht.

In einem landwirtschaftlichen Betrieb in Sachsen wurde zwischen dem 22.04. und dem 12.05.2010 nach einer Winterbrache Silomais auf vier Schlägen ausgesät. Nach Berechnungen der aktuellen und potenziellen Transpiration nach Allen et al. (1998) und Prochnow et al. (2012) zeigte sich ein stärkerer Wasserstress bei der späteren Aussaat im Mai (Abb. 2a und b). Die Wasserproduktivität war auf dem Schlag mit dem späteren Aussaattermin allerdings dennoch etwas höher mit  $11,78 \text{ t/m}^3$  (Aussaat Mai) und

$10,37 \text{ t/m}^3$  (Aussaat April). Der spätere Saattermin im Mai (Abb. 2b) zeigt eine stärkere Ausprägung von Wasserstress, diese trat allerdings zu einem günstigeren Zeitpunkt nach dem BBCH-71-Stadium „Beginn der Kornbildung“ nach dem 90. Tag der Aussaat auf. Eine bedeutsame Störung des Befruchtungsvorganges fand anscheinend nicht statt.

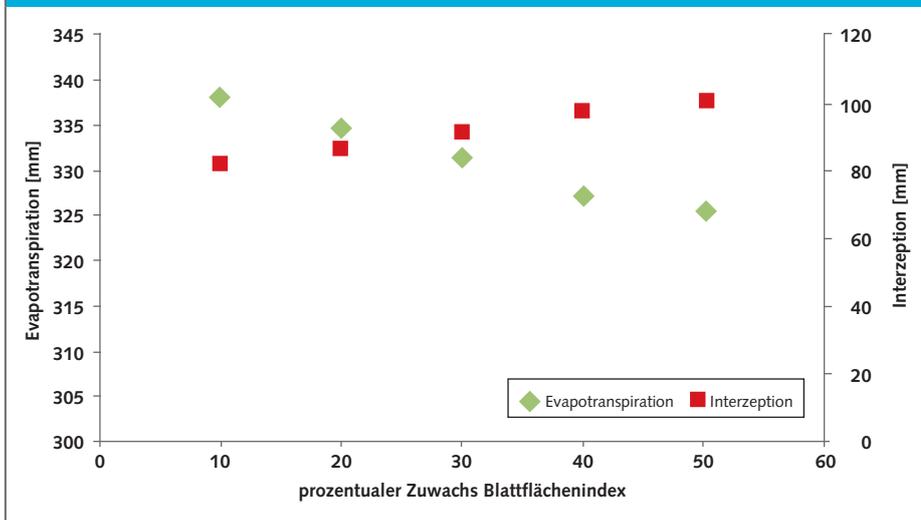
### Saatstärke

Gleichmäßiges und auch dichtes Säen kann die Wasserproduktivität erhöhen, da es das Verhältnis der Evaporation vom Boden zur Transpiration durch die Pflanze vermindert. Ein dichter Pflanzenbestand kann die Bodenfeuchtigkeit aus selteneren, kürzeren und stärkeren Niederschlagsereignissen besser nutzen (van Duivenbooden 2000). Bei lockerem Besatz mit Reihenfrüchten wie z. B. dem Mais bleibt der Boden relativ lange unbedeckt, Evaporationswasser kann in großen Mengen unproduktiv verloren gehen. Andererseits wird die Rücknah-

me der Bestandesdichte das Wasserangebot pro Pflanze erhöhen (Ehlers 1996). Durch die Erhöhung der Aussaatdichte kann ein früherer Bestandesschluss erzielt werden. Untersuchungen von Robles et al. (2012) zeigen, dass der frühere Bestandesschluss zu einem späteren vegetativen Entwicklungszeitpunkt mit einer Abnahme der Strahlungsinterzeption im Maisbestand einhergeht. Der zuerst erzielte Vorteil einer höheren Strahlungsinterzeption verkehrt sich ab einer bestimmten Pflanzendichte hin zu einem Nachteil – die Effizienz, mit der die Pflanze interzeptierte Strahlung in Ernteprodukte umwandelt, wird mit höherer Bestandesdichte verringert. Darüber hinaus bedeutet eine höhere Pflanzendichte eine höhere Interzeption des Niederschlagswassers (Abb. 3). Dies kann zu einer geringeren Evapotranspiration führen, sofern nicht ausreichend Wasser in den Boden infiltriert. Falls das von der Pflanze abgefangene Wasser von der Pflanze aufgenommen wird, ist dies als positiv für die Wasserproduktivität zu bewerten. Falls das Wasser aber unpro-

### Abb. 3: Veränderung der Evapotranspiration von Silomais und der einhergehenden Interzeption in Abhängigkeit von der Veränderung der Blattflächenindizes

Die Evapotranspiration nimmt mit steigendem Blattflächenindex ab, die Interzeption nimmt zu. Berechnung nach Allen et al. (1998) mit eigenen Ergänzungen (Prochnow et al. 2012), Bodenart: lehmiger Sand, mittlere monatliche Klimadaten des Climwat 2.0 für Braunschweig



duktiv von Stängeln und Blättern verdunstet, geht es der Pflanze verloren.

## Nährstoffversorgung

Die adäquate Nährstoffversorgung der Pflanzen trägt zu einer verbesserten Ausnutzung des Wasserdargebots bei. Eine daraus resultierende ausgeprägte, weitreichende Wurzelmasse ermöglicht der Pflanze einen Zugang zu weiter entfernten Wasserreserven im Boden. Besonders in den kritischen Entwicklungsstadien vom Mais kann dadurch der Ertrag mit der Vergrößerung des zugänglichen Wasserspeichers erhöht werden. Die Wasserproduktivität nimmt zu.

## Vorfruchtwirkungen

Mais besitzt eine kurze Vegetationszeit. Für die Bildung einer günstigen Bodenstruktur fehlt unter einer Maiskultur die Bodenruhe. Mit zunehmender Dauer der Bodenbedeckung nehmen die Bodenruhe und die einhergehende Gefügebildung sowie das Bodenleben zu. In einem immer von Pflanzenmasse bedeckten Acker sind Abundanz und Aktivität von Regenwürmern deutlich größer als in einer Lockerbodenwirtschaft mit wendender Bodenbearbeitung. Die von den Regenwürmern bewirkten Makroporen ermöglichen eine Infiltration bei Starkregenereignissen. Dadurch wird Oberflächenabfluss vermindert und der Boden-

wasservorrat erhöht (Keller 1997). Die Wasserproduktivität wird dadurch potenziell erhöht.

Das Befahren des Ackers mit schwerer Ernte- und Transporttechnik im Herbst ist neben Art, Zeitpunkt und Intensität der Bodenbearbeitung auch ein bestimmender Faktor für den Vorfruchteffekt des Mais auf die Bodenstruktur. Schädliche Bodenverdichtungen führen zu einer Abnahme von Grobporen und hemmen damit den Wassertransport in die Tiefe und das Tiefenwurzelwachstum. Unterschiedliche Bodenbearbeitung, z. B. Mulchwirtschaft, wirkt im Vergleich zur Lockerbodenwirtschaft auf tiefergründigen, gut strukturierten Böden weniger über die Intensität der Durchwurzelung als über die Bestandesdichte der Feldfrucht auf deren Wasserentzug ein (Keller et al. 1997).

## Fazit

In dem vorliegenden Beitrag wurden betriebliche Optionen und Zusammenhänge in den acker- und pflanzenbaulichen Bereichen beschrieben. Sofern möglich, wurden diese mit Zahlen unterlegt und/oder eine generelle Abschätzung der Auswirkung auf die Wasserproduktivität vorgenommen. Ein Ziel des Beitrages war es auch, die Größenordnungen von Wasserbedarf und Wasserproduktivität zu quantifizieren. Die vorgestellten Bereiche wurden gewählt, da hier Zahlen vorliegen und weil z. B. bei der Fruchtfol-

gestaltung und der Aussaat die vielfersprechendsten Möglichkeiten zur verbesserten Ausnutzung des Boden- und Niederschlagswassers im Maisanbau vermutet werden.

## Ausblick

Deutschland ist ein wasserreiches Land. Die Versorgung mit landwirtschaftlichen Produkten ist nicht gefährdet, aber Wasser ist ein zu kostbares Gut, um es zu verschwenden. Die Forschung ist gefragt, Werkzeuge zu entwickeln, mit deren Hilfe Landwirte und lokale Entscheidungsträger die Auswirkung der hier dargestellten verschiedenen Maßnahmen auf die betriebliche Wassernutzung und -produktivität quantifizieren können. Aktuell entwickelt das Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB) ein derartiges Werkzeug, das eingesetzt werden soll, den Wasserbedarf bei der Produktion von pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln zu bestimmen und zu optimieren. Um die Wasserproduktivität von Praxisbetrieben zu berechnen, werden die natürlichen und technischen Wasserzuflüsse und Wasserabflüsse im Verhältnis zu den Produktionsmengen bestimmt. Im nächsten Schritt können dann Ansätze geprüft werden, ob und wie beides möglicherweise verbessert werden kann. Landwirte, die bereit sind, die Arbeit durch die Weitergabe ihrer Daten zu unterstützen, werden gebeten, sich mit der Arbeitsgruppe AgroHyd (agrohyd@atb-potsdam.de) in Verbindung zu setzen. Eine Aufwandsentschädigung wird geleistet.

*Eine Literaturliste kann bei den Autoren nachgefragt werden.* <<

## ■ KONTAKT ■ ■ ■

### Dr. Katrin Drastig

Leibniz-Institut für Agrartechnik  
Potsdam-Bornim e.V.  
Abteilung 2 „Technikbewertung und  
Stoffkreisläufe“  
14469 Potsdam

Telefon: 0331 5699218  
Telefax: 0331 5699849  
kdrastig@atb-potsdam.de