

ZUR BEWASSERUNGSPROBLEMATIK IM NORDLICHEN TEIL DES  
TIEFLANDES DER DDR

Wulf Bartolomaeus, Otto Stüdemann

Sektion Meliorationswesen u. Pflanzenproduktion der  
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock

Zur Bestimmung der Höhe und der Arealheterogenität des Wasserversorgungsdefizits der Böden wird für die Planung und Projektierung von Bewässerungssystemen die hydrometeorologisch, bodenkundlich und grundwasserstandsabhängig determinierte Bewässerungsbedürftigkeit von Pflanzenbeständen nach folgender Modellkonzeption berechnet:

$$WVD = AAA - BWD;$$

WVD = Wasserversorgungsdefizit,

AAA = mittlerer maximaler jährlicher atmosphärischer Ausschöpfungsanspruch,

BWD = Bodenwasserdargebot.

Der AAA wird aus den Eingangsgrößen der klimatischen Wasserbilanz kumulativ berechnet:

$$\sum_i^n AAA = - \sum_i^n (N - PET), \text{ wenn } \sum_{iH} (N - PET) < 0,$$

$$\sum_{iH} AAA = 0, \quad \text{wenn } \sum_i AAA + \sum_{iH} (N - PET) > 0.$$

Das BWD ist der bei Frühjahrsfeuchte im Boden enthaltene Vorrat an leicht pflanzennutzbarem Wasser:

$$BWD = HWD + GWD;$$

HWD = Haftwasserangebot,

GWD = Grundwasserangebot.

Ist das Grundwasser für die Pflanzen nicht erreichbar, so ist  $BWD = HWD$ . Das HWD wird als Summe des leicht nutzbaren Haftwassers aller Schichten in der effektiv ausschöpfbaren Bodentiefe  $M_e$  berechnet:

$$HWD = M_e \cdot (nF\ddot{A} - R);$$

$nF\ddot{A}$  = nutzbares Feuchteäquivalent ( $nFA = FA - AWP$ ) - nutzbare Wasserkapazität  
( $nFK = FK - PWP$ ),

$R$  = schwer nutzbarer Anteil am nutzbaren Haftwasser,

$M_e$  wird in Abhängigkeit von der Körnungsart und der Erschließbarkeit des Bodens bestimmt.

Das GWD wird als dränbares Wasser in der ausschöpfbaren Grundwasserschicht berechnet:

$$GWD = M_{GW} \cdot AK;$$

$AK$  = Lufkapazität  $\hat{=}$  dränbarem Porenvolumen.

Die Mächtigkeit der  $M_{GW}$  entspricht der Höhendifferenz zwischen der effektiven Ausschöpfungstiefe für Grundwasser und dem Grundwasserflurabstand GWF zu Beginn der Ausschöpfungsperiode (Frühjahr). Die effektive Ausschöpfungstiefe für Grundwasser ist die Summe aus effektiver Ausschöpfungstiefe für Haftwasser  $M_e$  und effektiver Grundwasserhubhöhe  $H_e$ :

$$M_{GW} = M_e + H_e - GWF.$$

Als GWF wird auf Standorten mit Entwässerungsanlagen die Entwässerungstiefe, auf den übrigen die obere Grenze ausgeprägter Hydromorphiemerkmale angesetzt.

Beispiel zur Berechnung des HWD für  $M_e = 10$  dm:

$$HWD = M_e (F\ddot{A} - (\ddot{A}WP + R)),$$

bei 1 Vol % = 1 mm Schichthöhe = 1 l/m<sup>2</sup>

$$HWD = 10 (32 - (10 + 7)) = 150 \text{ mm}$$

Die relative Bewässerungsbedürftigkeit wird durch Zuordnung des BWD zu den kartierten Arealen hydroklimatischer Studien der Klimamesochoren nach Stüdemann (1986) abgeleitet.

Kennzeichnung der Arealheterogenität von Gebietsniederschlägen der mikrochorischen Dimension nach hydroklimatischen Stufen:

Stufe 1:  $P_{\ddot{U}} 90\% = 423$  mm,  $\bar{x} = 515$  mm,  $P_{\ddot{U}} 10\% = 615$  mm,

Stufe 5:  $P_{\ddot{U}} 90\% = 528$  mm,  $\bar{x} = 690$  mm,  $P_{\ddot{U}} 10\% = 870$  mm.

Damit ergeben sich folgende Variationsbreiten für Gebietsniederschläge im Norden der DDR:

$$P_{\bar{U}} 90\% = 105 \text{ mm}, \bar{x} = 175 \text{ mm}, P_{\bar{U}} 10\% = 225 \text{ mm},$$

die eine stark ausgeprägte räumlich differenzierte niederschlagsbedingte Bewässerungsbedürftigkeit erkennen lassen.

Das körnungsartenabhängige leichtpflanzenverfügbare Haftwasserangebot liegt zwischen 25 mm bei den leichten Sanden und 120 mm bei den besten Moräneböden des sandigen lehms.

Die Beregnungssteuerung erfolgt in der DDR nach einem modifizierten und erweiterten Mehrschichtbodenfeuchtemodell unter Nutzung aktueller meteorologischer Daten, Boden- und Pflanzenparameter. Das Modell liefert Tagessummen der aktuellen Evapotranspiration (AET) und der Versickerung sowie Tageswerte des Bodenwasservorrates. Aus dem Vergleich der AET/PET Quotienten mit einer vorgegebenen Steuerkurve, die für insgesamt 96 Fruchtarten vorliegt, werden die Beregnungsempfehlungen abgeleitet. Es zeigte sich, daß eine gute Abschätzung des Wasserversorgungszustandes der Pflanzen möglich ist. In diesem Beitrag beziehen sich die Bewässerungsergebnisse auf Prozent nutzbare Feldkapazität (n FK).

Die Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* convar. *crassa*, var. *altissima* Döll). weist die besten Beregnungseffekte auf. Mehrerträge von 25-30% sind durch Beregnung sowohl an Rübenkörper als auch an - blatt zu erzielen. Im dreijährigen Durchschnitt wurden auf mittleren und leichten Bodenarten (sL and lS) Mehrerträge von 135-165 dt/ha erlangt und damit Gesamterträge von 450-550 dt/ha erreicht. Die Blatterträge konnten um 220 dt/ha verbessert werden. Ohne Beregnung waren auf sandigen Standorten nur Ertragszunahmen bis 150 kg/ha N feststellbar, während bei Beregnung auch im Bereich zwischen 200 und 250 kg/ha N signifikante Mehrerträge zu verzeichnen waren. Der geringfügige Abfall des Zuckergehaltes bis 1<sup>o</sup> S wurde durch den hohen Mehrertrag völlig kompensiert. Der Ertragszuwachs fiel bei hohen Zusatzregenmengen ab, so daß im Küstengebiet - auch auf sandigen Standorten - im lang - jährigen Durchschnitt nur 100 mm in Trockenjahren maximal bis 150 mm zu verabreichen sind. Es wird ein Wasserversorgungsgrad von 50-60% der n FK im Beregnungszeitraum vom Bestandesschluß bis maximal zwei Wochen vor der Ernte angeßtrebt.

Sowohl auf leichten als auch auf mittleren Boden brachte die Frutterrübe (*Beta vulgaris* L. prova, *crassa* Alf.). Mehrerträge bis 150 t/ha, in ausgesprochenen Beregnungsgebieten im Zentrum der DDR wurden dagegen langjährig Mehrerträge von 200 dt/ha erreicht.

Während die Beregnung der Frühkartoffeln bisher im Norden der DDR keine Bedeutung hat, erwiesen sich besonders auf leichten Standorten - S-lS Kartoffeln *Solanum tuberosum* L. mittlerer Reifegruppen als beregnungsdankbar. Bei einem unbere-

gneten Ertragsniveau von 300 dt/ha wurden langjährig Mehrerträge von 60 dt/ha erzielt. Ohne Beregnung wurde die N-Düngung nur bis 120 kg/ha ausgeschöpft, höhere Düngungsmengen konnten nur bei Zusatzbewässerung verwerten werden. Durch Beregnung wird ein Versorgungsgrad von 40-60% der n FK im Zeitraum vom Knollenansatz bis zur deutlich sichtbaren Blattvergilbung angestrebt. Teilgaben sollten nicht mehr als 20 mm betragen, da ein Freispulen der Kartoffeln zu vermeiden ist. meiden ist.

Ackergräser (Einjähriges und mehrjähriges Weidelgras *Lolium multiflorum* Lamk. und *Lolium multiflorum* var. *westerwoldicum* Wittm.) und Rotklee-Grasgemische (*Trifolium*-Gramineengemische) brachten unter Klarwasserberegnung im Mittel der Jahre bei Ackergräsern Grünmasseerträge von 500-700 dt/ha, bei Klee gras von 450-650 dt/ha, Mehrerträge von durchschnittlich 200 dt/ha. Trockensubstanz- und Rohproteingehalt wurden nur geringfügig gesenkt, so dass unter Beregnung höhere Trockenmassen und Rohprotein erträge erzielt werden konnten. Auf Diluvialstandorten wird ein Wasserversorgungsgrad von 60 bis maximal 80% der n FK im Beregnungszeitraum von Ende Mai bis Ende September angestrebt.

Silomais (*Zea mays* L.) dessen Beregnungswürdigkeit aus technischen Gründen bisher nur in Versuchen im Norden der DDR überprüft wurde, brachte bei Frischmasseerträgen von 500 dt/ha bis 130 dt/ha Mehrerträge. Es wird bei einem Zusatzwasserbedarf von 60-120 mm - im Beregnungszeitraum von Beginn des Fahnschiebens (6-7 Blattstadium) bis etwa drei Wochen nach der Blüte (Beginn der Milchwachsreife) - ein Wasserversorgungsgrad von durchschnittlich 50% der n FK angestrebt. Eine Beregnung von Zweitfruchtmais ist aus zeitlichen Gründen in der Praxis bisher problematisch.

Die Beregnung von Zwischen- und Zweitfrüchten (Leguminosengemenge, Untersaaten, Stoppelsaaten), die im mittleren Raum der DDR bei durchschnittlich 200 dt/ha Mehrerträge von 100 dt/ha Grünmasse bei Zusatzregenmengen bis 80 mm erbrachte, fand in der Beregnungspraxis im Norden der DDR nur geringfügig Verbreitung. ffügig Verbreitung.

In Versuchen konnte jedoch Futterkohl (*Brassica oleracea* var. *medullosa*), als Drillsaat nach Futterroggen angebaut, auf sandigen Standorten erst unter Beregnung sein hohes Ertragspotential ausschöpfen. Ertragssteigerungen bis 50% wurden in unmittelbarer Küstennähe bei einem Beregnungsaufwand von 100 mm nachgewiesen.

In Versuchen nutzte die Kohlrübe (*Brassica napus* var. *napubrassica*), als Zweitfrucht gepflanzt, die Beregnung recht gut aus und brachte im dreijährigen Mittel Mehrerträge von 180 dt/ha. Bei hohem N-Düngungsaufwand von mehr als 100 kg/ha wurden trotz hoher Frischmassezunahmen (rel. 135%) nur geringe Trockenmassezunahmen (rel. 125%) erzielt, was die begrenzte Intensivierungsmöglichkeit der Kohlrübe bestätigte.

Die Beregnung von Winterzwischenfrüchten, geprüft durch Futterroggen, brachte erwartungsgemäß auch bei einem N-Düngungsaufwand von 150 kg/ha nur einen Ertragszuwachs von 44 dt/ha Grünmasse (= 5 dt/ha TM). Damit entfällt auch auf leichten Standorten (1-1S) in Norden der DDR dieser im Anbau ausgedehnten Winterzwischenfrucht.

Eine Beregnung des Grünlandes hat im Norden der DDR nur für eine ausreichende Wasserversorgung grundwasserferner Weideflächen Bedeutung. Im langjährigen Mittel (5 Versuchsjahre) konnte bei einem Grundertrag von 465 dt/ha GM ein Ertragszuwachs von durchschnittlich 100 dt/ha GM erreicht werden, wobei in Trockenperioden (besonders während des zweiten Aufwuchses im Juni/Juli) Mehrerträge von 100% erzielt wurden. Damit wird für bestimmte Wachstumsabschnitte die Notwendigkeit einer optimalen Wasserversorgung, um ein ausgeglichenes Ertragsniveau zu garantieren unterstrichen. Von hoher Bedeutung für eine effektive Wasserregulierung auf dem Grünland grundwasserbeeinflusster Standorte in Küsten- oder Flußnähe haben sich langjährig Verfahren der Grundwasserregulierung erwiesen. Auch in der Praxis konnten durch Einstau Erträge von 600-700 dt/ha GM bei einem N-Aufwand von 300 kg/ha erzielt werden. Weiterhin spielt jedoch das Grünland - Besonders grundwasserferne Mineralbodenweiden - bei der Abnahme von Abwasser und Gülle eine entscheidende Rolle. Der lange Beregnungszeitraum von Juni (zum zweiten Aufwuchs) bis zum September (zum vierten Aufwuchs), die gute N-Verwertung durch die Gräser sowie die gute Befahrbarkeit des Grünlandes haben auch im Norden der DDR in Praxisbetrieben bei Einsatzmengen bis 200 mm/ha - Grenzbelastungen liegen bei 600 kg/ha N - zu hohen Mehrerträgen geführt.

Eine geringe Beregnungswürdigkeit hat in den Nordbezirken der DDR das Getreide. Die Beregnungswürdigkeit nimmt in der Reihenfolge Winterweizen > Sommergerste > Hafer > Wintergerste > Winterroggen ab. Daher wurde darauf orientiert, in Beregnungsfruchtfolgen nicht mehr als 20%, maximal 30% Getreide anzubauen. Im Mittel der Jahre ist nur beim Anbau ertragreicher Intensivsorten mit einem Ertragszuwachs von  $\leq 5$  dt/ha (10% des unberegneten Ertrages) zu rechnen. In Abhängigkeit von Standort und Getreideart wird in relativ kurzen Beregnungszeitraum zwischen Schossen und Ende der Kornfüllungsphase auf einen Wasserversorgungsgrad von 25-50% der nFK orientiert, der mit Zusatzregelmengen von 40 bis 80 mm erreicht werden kann.

Um bei dem angespannten Wasserhaushalt weitere Bewässerungsrecourcen im Norden der DDR zu erschließen, wurde langjährig an der WPU über die Nutzung von Brackwasser, das unbegrenzt im Boden und Haffgebieten sowie in den Rückstauzonen der Flußläufe zur Verfügung gestellt werden kann, experimentell gearbeitet. Unter Berücksichtigung der zu bewässernden Bodenart und der Salzverträglichkeit der landwirtschaftlichen Fruchtart, können, wie aus der nachfolgenden Abbildung 1 zu entnehmen ist, Brackwässer zu Bewässerung herangezogen werden. Im Ergebnis dieser

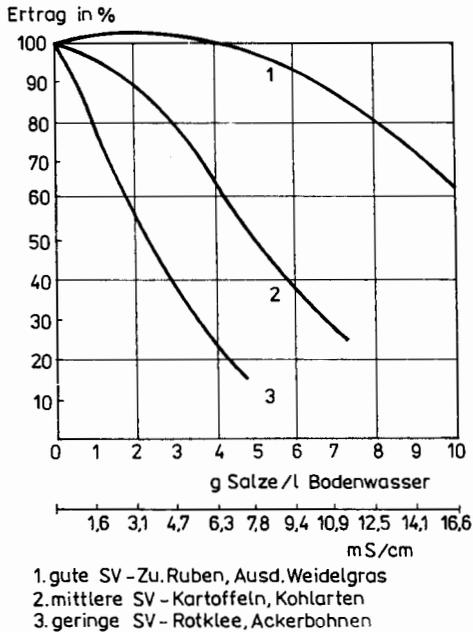


Abb. 1

Untersuchungen werden im Norden der DDR 50 000 ha mit salzhaltigen Bewässerungswasser bewässert und bis maximal 4 g/l Gesamtsalze in Grundwasserregulierungslagen (Poldern) auf Sandböden erfolgreich Ertragsleistungen bis 600 dt/ha GM (= 120 dt/ha TM) bei Anbau von Gräsern und Grasmischungen erzielt.

#### Literatur

1. Bartolomaeus W., Seiffert M.: Kombinationseffekt von Stickstoffdüngung und Beregnung im Norden der DDR Feldwirtschaft, 16, 177-179, 1975.
2. Bartolomaeus W.: Ergebnisse der Klar- und Brackwasserberegnung im Norden der DDR. Feldwirtschaft, 17, 180-182, 1976.
3. Bartolomaeus W.: Vegetationsversuche zur Ermittlung von Grenzwerten für Salzgehalte im Bewässerungswasser unter humiden Klimabedingungen. Wiss. Ztsch. WPU Rostock 25, Jg. Math.-Nat. Reihe, 6, 631-634, 1976.
4. Stüdemann O.: Eine Klimacharakteristik des Tieflandes der DDR für die landwirtschaftliche Standortbeurteilung. Tag.-Berichte, Akad. Landwirtschaftswissenschaften DDR Berlin, 245, 195-202, 1986.

W. Bartolomaeus, O. Stüdemann

PROBLEMY DESZCZOWANIA ROŚLIN UPRAWNYCH W PÓŁNOCNEJ DOLINOWEJ  
CZĘŚCI NRD

S t r e s z c z e n i e

W celu zaprojektowania systemu nawadniającego w niektórych regionach potrzebna jest charakterystyka warunków przyrodniczych i czynników meteorologicznych. Również potrzeby wodne roślin i zasoby wodne dla nawadniania powinny być ustalone.

W niniejszym referacie przedstawia się różne metody i systemy obliczeń potrzeb nawodnień roślin uprawnych. Na podstawie licznych doświadczeń polowych przeprowadzonych w północnej części NRD można wnioskować, że nawodnienia powodują znaczne podniesienie plonów i poprawę ich jakości. Na poszczególnych roślinach uprawianych na glebach piaszczystych i piaszczysto-gliniastych wykazano wyższe i wierniejsze plony.

Oceniono również możliwości wykorzystania słonej wody do nawodnień w zależności od typu gleby i gatunku rośliny uprawnej.

В. Бартолёмеус, О. Штудеманн

ПРОБЛЕМАТИКА ДОЖДЕВАНИЯ РАСТЕНИЙ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ  
НИЗМЕННОСТИ ГДР

Р е з ю м е

Для планирования и проектирования систем орошения, а также для управления этими системами нужны: характеристика пространственной разнообразности метеорологических элементов, временной и пространственной доступности воды, а также оценка потребности в воде сельскохозяйственной производственной площади.

Рассматриваются разные методы и вычислительная система для практических указаний в области дождевания. На основании результатов многолетних опытов, в северной части ГДР, представлены прибавки урожаев, а также изменения содержания некоторых веществ в урожае культурных растений нуждающихся в орошении. Установлено, что на лёгких и средних почвах благодаря орошению и в зависимости от условий погоды можно достичь не только повышения урожаев, но также их стабилизации.

Оцениваются возможности и пределы использования солёной воды, выступающей на площади заливов и в зонах водоподпоров в устьях рек в зависимости от вида растений и почв, нуждающихся в орошении.