

KLIMATISCHE WASSERBILANZ EIN HILFSMITTEL ZUR STEUERUNG DER FELDBERECHNUNG

Auf Grund von Feldversuchen, die in den Jahren 1953—1958 auf dem Versuchsfelde des Instituts für Bodenbearbeitung der FAL in Zusammenarbeit mit der Agrarmeteorologischen Versuchs- und Beratungsstelle des Deutschen Wetterdienstes in Völkensrode durchgeführt wurden, konnte festgestellt werden, daß ein rationeller Einsatz der Feldberechnung durch die laufende Kontrolle des Wasservorrates im Boden gewährleistet werden kann. Durch Messung des Wassergehaltes im Bodenprofil 0—60 cm können Rückschlüsse auf die Wasserbilanz des Bodens und der Pflanze gezogen werden. Dieser Wasserhaushalt ist im wesentlichen von der Witterung — vom Niederschlag und von der Verdunstung — abhängig.

Während der Niederschlag in herkömmlicher Weise gemessen wird, kann die Verdunstung aus dem sogenannten „Sättigungsdefizit der Luft“ abgeleitet werden. Es bestimmt die Transpirationsgröße der Pflanzen (1) und ist damit ein Maß, um über den Wasserverbrauch der Pflanzen einen „Annäherungswert“ zu erhalten. Als Wasserverbrauch wird diejenige Wassermenge verstanden, die von den Pflanzenwurzeln dem Boden unabhängig vom Ertrag entnommen wird.

Diese Verdunstung wird aus dem Sättigungsdefizit der Luft von mittags 14 Uhr, multipliziert mit dem HAUDE-Faktor (2), errechnet und steht in guter Übereinstimmung mit dem Wasserverbrauch eines „geschlossenen Pflanzenbestandes“, einem Wert, der durch Bodenfeuchtemessungen in den vergangenen 5 Jahren größenordnungsmäßig immer wieder bestätigt wurde. In Bild 1 ist für die Zeit vom 10. 8. — 30. 10. 1955 der aus meteorologischen Daten errechnete Verdunstungswert mit dem durch Bodenfeuchtebestimmung gemessenen Wasserverbrauch verschiedener Pflanzen auf zwei verschiedenen Bodenarten dargestellt. Die Untersuchungen bestätigten erneut die Tatsache, daß der Wasserverbrauch der Pflanzen von der Bodenart unabhängig ist. Bekanntlich gibt es auch andere Berechnungsverfahren, um die „potentielle“ Verdunstung

zu bestimmen. Erwähnt seien die Formeln von PENMAN (3), MAKING (4) und TURC (5); weiter die Messungen mit Lysimetern und an freien Wasseroberflächen, wie sie in den Niederlanden, den USA (6) und Dänemark üblich sind. Alle diese Methoden sollen in erster Annäherung einen Wert für die Verdunstung (= Transpiration) eines grünen Pflanzenbestandes, der in vollem Wachstum begriffen ist, den Boden vollkommen beschattet und genügend Wasser zur Verfügung hat, liefern. Die meisten Verfahren machen Gebrauch von meteorologischen Daten, wobei diejenigen am besten erscheinen, die sowohl energetische wie aerodynamische Aspekte des Verdunstungsprozesses berücksichtigen. Diese potentielle Verdunstung hat in der Literatur als „Evapotranspiration“ (7) Eingang gefunden.

Beim Einsatz der Feldberechnung ist der Berechnungszeitpunkt und die Höhe der Zusatzregengabe wichtig. Beide sind abhängig von Boden, Pflanze und Witterung. Sobald durch längere Trockenheit und hohe Verdunstungsbeanspruchung der Luft der Wassergehalt des Bodens so gering geworden ist, daß bei den Pflanzen Ertragsdepressionen zu erwarten sind, kann zusätzliche Wasserzufuhr (Feldberechnung) diesen Wassermangel beseitigen.

Die Völkensroder Versuche ergaben, daß als Ansteuerungsniveau etwa 50 % der nutzbaren Kapazität (n. K.) eines Bodenprofils 0—60 cm der Berechnungspraxis empfohlen werden können, um die möglichen Höchsterträge zu erzielen. Ein höherer Wasserstand (= Wasservorrat im Bodenprofil 0—60 cm, ausgedrückt in Millimetern) bedingt keinen wirtschaftlichen Erfolg. Hinzu kommt, daß bei einem durch künstliche Wasserzufuhr bis nahe Feldkapazität erhöhten Wasserstand das Verhältnis Wasser:Luft im Boden so ungünstig liegt, daß bei unberechenbaren, höheren natürlichen Niederschlägen eine Übersättigung der Wurzelzone bzw. Sickerwasser auftritt und dadurch mehr Schaden als Nutzen entsteht.

Diese Methode der rationellen Steuerung der Feldberechnung bedingt für die Berechnungspraxis einen relativ hohen Aufwand, da der Wassergehalt des Bodens etwa im Abstände von 7—14 Tagen, je nach Bodenart, gemessen werden muß. Da aber der Wasserhaushalt des Bodens in überragendem Maße von der Witterung abhängig ist, kann der Verlauf der Bodenfeuchte aus der „klimatischen Wasserbilanz“ berechnet werden. Die klimatische Wasserbilanz bedeutet die Differenz von Niederschlag (= Wassereinnahme) und Verdunstung (= Wasserausgabe). Bei negativer Bilanz wird der Wasservorrat im Boden abnehmen, der Wasserstand also sinken und umgekehrt.

Der Verlauf des Wasserstandes unter Berechnungsflächen kann mit Hilfe der klimatischen Wasserbilanz ohne Wassergehaltmessungen extrapoliert werden. In Bild 2 ist der Verlauf des Wasserstandes unter Z-Rüben aus dem Jahre 1955 auf

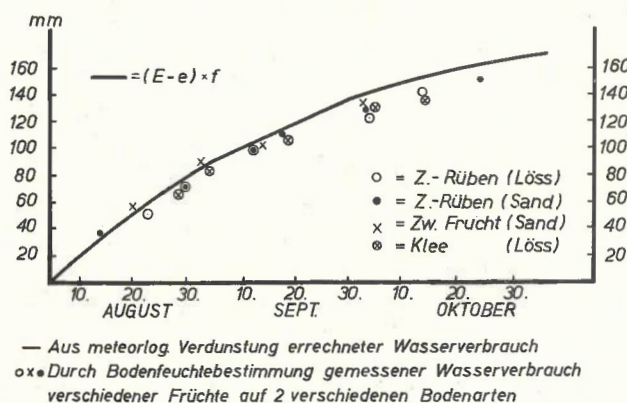


Bild 1: Transpiration und Verdunstung vom 1. 8. bis 30. 10. 1955.

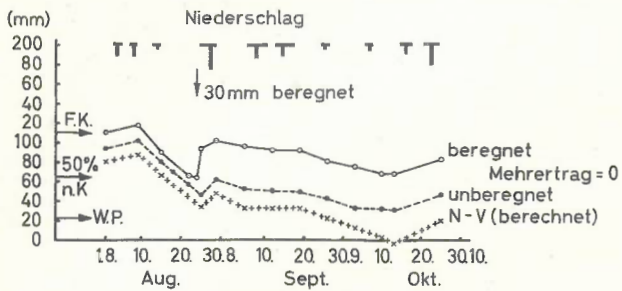


Bild 2: Verlauf des Wasserstandes unter Zuckerrüben 1955 (Völkenrode) und klimatische Wasserbilanz.

der unberechneten und berechneten Parzelle dargestellt. Gleichzeitig wurde die fortlaufende klimatische Wasserbilanz (+ + + +) eingetragen. Man erkennt den nahezu parallelen Gang. Die ab Anfang Oktober erkennbare größere Abweichung erklärt sich daraus, daß der Wasservorrat des unberechneten Pflanzenbestandes so niedrig geworden war, nämlich weniger als 20 % n. K., daß die Pflanzen tagsüber kurzfristig Welkeerscheinungen zeigten und die Vorbedingungen für eine potentielle Verdunstung nicht mehr gegeben waren. Bemerkenswert ist, daß die unberechnete Parzelle gegenüber der berechneten keinen Ertragsunterschied ergab. Man muß daraus schließen, daß die am 24. 8. gespendete Regengabe von 30 mm unwirtschaftlich war. Die in Bild 2 oben eingezeichneten schwarzen Querbalken und Säulen bedeuten eine Regenperiode mit den dazugehörigen Niederschlagssummen. Die Tatsache, daß die Kurven der gemessenen Bodenfeuchte und der berechneten klimatischen Wasserbilanz parallelen Gang zeigen, beweist, daß der Witterungsablauf in überwiegendem Maße den Verlauf des Wasservorrates im Boden bestimmt und nicht der Entwicklungszustand der Pflanzen.

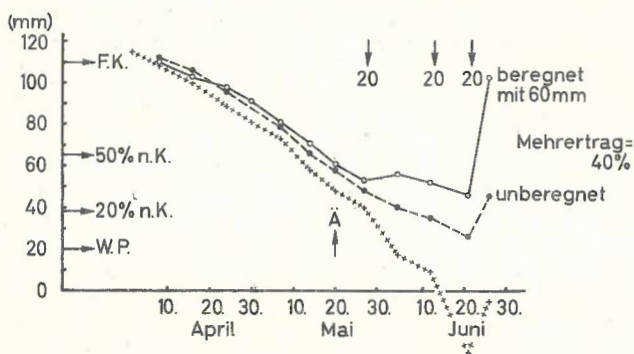


Bild 3: Verlauf des Wasserstandes unter Wintergerste 1957 (Völkenrode) und Einsatz der Feldberegnung.

Ein anderes Beispiel des Jahre 1957 (Bild 3) möge zu erkennen geben, daß der gemessene Verlauf des Wasserstandes unter Wi-Gerste mit der Kurve der klimatischen Wasserbilanz (+ + + +) bis zum 28. Mai gut übereinstimmt; ab dann tritt eine Abweichung ein, da der Wasserstand erheblich unter 20 % der n. K. abgesunken war und die aktuelle Verdunstung der Pflanze nicht mehr der potentiellen gleichkommt. An diesem Beispiel ist außerdem zu erkennen, daß durch die Beregnung ein Mehrertrag von 40 % erzielt werden konnte. Die 1. Regengabe am 27. 5. in Höhe von 20 mm wurde in dem Augen-

blick gegeben, als der Wasserstand auf 40—35 % der n. K. abgesunken war und die Witterung keine positive klimatische Wasserbilanz, d. h. mehr Regen als Verdunstung, erwarten ließ. Infolge anhaltender Trockenheit wurde eine 2. gleichhohe Regengabe am 12. 6. verabfolgt. Die 3. Regengabe hätte vielleicht eingespart werden können, ohne den Mehrertrag dadurch zu schmälern, wenn meteorologisch-prognostisch sicher zu erkennen gewesen wäre, daß mit dem 22. 6. eine Regenperiode einsetzte, die bis zum 28. 6. rund 37 mm Niederschlag und nur 13 mm Verdunstung brachte. Solche Unsicherheiten in dem hier beschriebenen Verfahren zur Steuerung der Feldberegnung sind unvermeidlich, solange die nach einer Beregnung möglicherweise einsetzenden natürlichen Niederschläge nicht genügend genau prognostiziert werden können. Sie werden auch bei allen anderen Verfahren unabwendbar sein. Im Falle der Wi-Gerste 1957 würde ein Einsatz der Beregnung bereits am 10. oder 20. Mai erfolgt sein, wenn der Beregnungswirt den Einsatzzeitpunkt nur nach dem Entwicklungsstadium der Pflanze (Beginn Ährenschieben \ddot{A} am 20. 5.) ausgerichtet hätte (Kritische Zeit nach Brouwer [8]). Die Völkenroder Versuche zeigen immer wieder, daß die Beregnung bei genügend hohem Wasserstande (mehr als 60—70 % n. K.) unwirtschaftlich ist, in einigen Fällen sogar Schaden brachte. In der ausländischen Literatur wird dieses Ergebnis oft bestätigt.

Sicher ist, daß der Wachstumsrhythmus der Pflanze den Beregnungszeitpunkt bestimmt, denn in der Jugendentwicklung ist der Wasseranspruch der Pflanze noch gering und steigt bei höherem Nährstoffbedarf in der Hauptwachstumszeit (= geschlossener Pflanzenbestand). Sicher ist aber auch, daß die sogenannten „kritischen Zeiten“ bei den Pflanzen dann besonders stark ausgeprägt sind, wenn sie in eine Witterungsperiode mit negativer klimatischer Wasserbilanz fallen. Man sollte daher auch einen „kritischen Wasserstand“ im Boden, besser gesagt im Wurzelhorizont der Pflanze, beachten.

Ein letztes Beispiel aus dem Jahre 1958 möge zeigen, wie der Einsatz der Feldberegnung zu Wi-Roggen auf anlehmigem Sand (Völkenrode) und einem sehr leichten Sandboden (Benrode) erfolgte. Bild 4 veranschaulicht den Verlauf der Wasserstände im Bodenprofil 0—60 cm. Auf der Ordinate sind der Wasserstand in Millimetern und die oberen und unteren Grenzwerte des pflanzennutzbaren

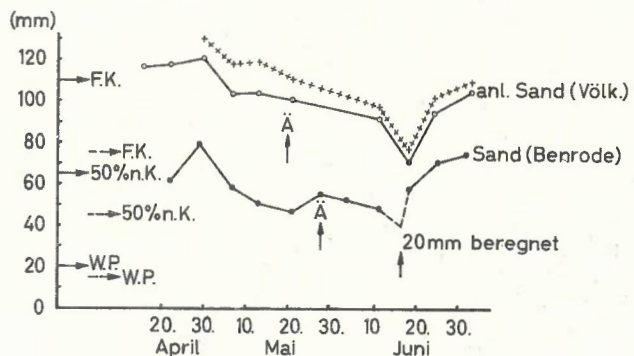


Bild 4: Verlauf des Wasserstandes unter Winterroggen 1958 auf Sand und anlehmigem Sand.

Bodenwassers (FK = Feldkapazität; WP = Welkepunkt) der beiden Bodenarten angegeben. Das Niveau 50% n. K. wurde ebenfalls durch einen → angedeutet. Beim anlehmigen Sandboden blieb der Wasserstand stets über 50% n. K. und ein Einsatz der Beregnung wurde nicht vorgenommen. Auch hier zeigt sich wieder die gute Übereinstimmung mit der berechneten Kurve (++++) der klimatischen Wasserbilanz. Der leichte Sandboden mit seiner geringeren Wasserspeicherleistung erreichte in der (kritischen) Zeit vom 6.—17. Juni einen Wasserstand von 40% n. K. Bei anhaltender Trockenheit wäre dieser Boden innerhalb weniger Tage auf 20% n. K. und weniger ausgeschöpft worden, um damit einen „kritischen Wasserstand“ zu erreichen. Eine Wassermenge von 20 mm wurde am 17. 6. auf unser Anraten verregnet. Eine am 19. 6. einsetzende Regenperiode hätte wahrscheinlich ein zu tiefes Absinken des Wasserstandes verhindert. Diese Beispiele sollen zeigen, wie die klimatische Wasserbilanz ein brauchbares Hilfsmittel sein kann, um ohne Messung der Bodenfeuchte den Verlauf des Wasserstandes unter einem „geschlossenen, grünen Pflanzenbestande“ abzuschätzen und danach den Einsatz der Feldberegnung sowohl nach Zeitpunkt als auch Wassermenge unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu steuern. Jeder Beregnungs-

wirt kann aus der am eigenen Ort gemessenen natürlichen Regenmenge und der von einer benachbarten Klimastation festgestellten Verdunstung diese Bilanz aufstellen.

Schriftumsnachweis

1. WOLLNY, E.: Untersuchungen über die Verdunstung und das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt der Luft. — Forschungen auf dem Gebiet der Agrikulturphysik, Bd. 20. 1897/98. S. 528—537.
2. HAUDE, W.: Zur praktischen Bestimmung der aktuellen und potentiellen Evaporation und Evapotranspiration. — (1954) 22, S. 491—595. (Mitt. d. Dt. Wetterdienstes Nr. 8.)
3. PENMAN, H. L.: Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc. of London. A 193 (1948).
4. MAKING, G. F.: Toesing vanda berekening van de evapotranspiratie volgens Penman. Landbouwk Tijdschrift 67 (1955).
5. TURC, L.: Le bilan d'eau des sols. Relations entre les précipitations l'évaporation et l'écoulement. Annales Agronomiques 5 (1954) H. 6.
6. VEIHMAYER, F. J., u. A. H. HENDRIKSON: Does transpiration decrease as the soil moisture decreases? Trans. amer. Geoph. U., 36 (1955).
7. THORNTHWAITE, C. W.: An approach towards a rational classification of climate. Geogr. Rev. 38 (1948)
8. BROUWER, W.: Die Feildberegnung. — Stuttgart: Ulmer 1950, 271 S.

Otto Fischnich und Martin Thielebein, Institut für Pflanzenbau und Saatguterzeugung

KRAUTVERNICHUNG UND GÜNSTIGSTER ZEITPUNKT FÜR DIE PFLANZGUTERTE

Erzeugung virusfreien Pflanzgutes

Frühes Legen vorgekeimter Kartoffeln in einen reichlich mit Nährstoffen versorgten Boden in Verbindung mit Früh- oder Unreiferodung zur Erzeugung virusfreien Pflanzgutes hat auch im Bundesgebiet in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen (1, 2, 3, 4). Unter Frührodung versteht man das vorzeitige Trennen des Krautes von den Knollen mit der Hand (Krautziehen), die Vernichtung des Krautes durch Chemikalien oder das am häufigsten angewandte Verfahren des Krautschlagens bei gleichzeitiger Bestreuung der „Stoppel“ mit Kalkstickstoff. Der Zeitpunkt der Krautentfernung bzw. der Krautvernichtung hängt ab vom Einsetzen des Hauptfluges der virusübertragenden Pflirsichblattläuse. Jene wird vorgenommen, um eine Abwanderung von Viren aus frisch infizierten Blättern und Stengeln in die Knollen zu unterbinden. Um den Erfolg der Maßnahme nicht zu gefährden, sollen das Krautziehen etwa 10 Tage nach Erscheinen der „Schwärmläuse“, die Ernte ungefähr 10—14 Tage nach dem Krautziehen durchgeführt werden. Die Frührodung ist in einigen Ländern für die Pflanzguterzeugung obligatorisch. Sie ist mit erhöhtem Arbeitsaufwand und mit Mindererträgen verbunden. Es muß deshalb alles getan werden, daß nach dem Krautziehen (bei der Ernte, dem Transport, der Lagerung u. a.) nicht weitere Einbußen eintreten. Wir haben vor einigen Jahren Versuche eingeleitet, um den günstigsten Zeitpunkt für die Ernte nach der Krautvernichtung zu ermitteln und die besten Lagerungsbedingungen für „frühgerodete“ Kartoffeln kennenzulernen. Über

eine Versuchsergebnisse der Jahre 1957 und 1958 wird nachfolgend kurz berichtet.

Zeitpunkt der Knollenernte

Bei der praktischen Durchführung der Frührodung läßt man die Knollen nach der Krautvernichtung noch in der Erde. Über den günstigsten Zeitpunkt ihrer Entnahme aus dem Boden bestehen noch keine ganz klaren Vorstellungen.

Für eine frühzeitige Rodung nach der Krautvernichtung sprechen u. a. die Tatsachen, daß bei unzureichender oder zu langsamer Abtötung des Krautes die Gefahr besteht, daß aus den verbleibenden Stengelresten noch eine Virusabwanderung in die Knollen erfolgen kann, bzw. an gebildeten neuen Sprossen unter Umständen starke Infektionen auftreten können. Auch besteht die Möglichkeit, daß bei längerem Verbleib im Boden der Anteil phytosphorainfizierter Knollen erhöht wird (5). Zu guter Letzt können Sorten mit einer kurzen Keimruhe im Boden bereits zu keimen beginnen.

Gegen ein allzufrühes Roden nach der Krautvernichtung kann angeführt werden, daß die Aufbewahrung nach der Ernte in unzureichenden Lagerstätten oder bei der noch hohen Tagestemperatur in der Miete zu empfindlichen Schäden — u. a. Fadenkeimigkeit — führen kann. Das wichtigste Argument ist jedoch, daß die auf Grund ihrer stofflichen Zusammensetzung empfindlichen Kartoffelknollen in diesem Stadium der Entwicklung besonders gefährdet sind. Sie werden durch die Rodegeräte, beim Transport sowie durch Sortier- und Einlagerungsaggregate leicht beschädigt und