© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Wasser und Bewässerung in der Landwirtschaft

A. ZELLER

In einer fachgemäßen Abwandlung des ominösen Wortes πόλεμος πατήρ πάντων — der Krieg ist der Vater aller Dinge — könnte man in der Landwirtschaft wohl eher und besser sagen: τό ὕδωρ πατήρ πάντων — das Wasser ist dieser Vater aller Dinge. 75, 80, 90 ja 99 und mehr Prozent der Körpersubstanz der Lebewesen besteht aus Wasser — landwirtschaftlich gesehen stehen am unteren Ende dieser Skala vielleicht die alten Ochsen und zähen Kühe, dann folgen die saftigen Schweine und Kälber, der zarte Salat, das Obst und schließlich schon jenseits der eigentlichen Landwirtschaft — die genießbaren Meeresalgen und die Austern. So ist es verständlich, daß tierische und pflanzliche Produktion, also die gesamte Landwirtschaft — und natürlich auch die Forstwirtschaft — weithin von dem Produktionsfaktor Wasser abhängen. Es ist in der Wissenschaft vom Ackerbau vielfach üblich, den Boden, die Pflanze und das Klima als die 3 großen Produktionsfaktoren zu bezeichnen, die darüber entscheiden, ob gute oder schlechte Ernten erzielt werden. Keiner dieser Faktoren kann isoliert oder für sich allein viel ausrichten, erst das harmonische Zusammenspiel von Boden und Klima ermöglicht es der Pflanze, ihre Höchstleistung zu entfalten. Sowohl der Boden als auch das Klima sind hier natürlich nicht als definierbare und insgesamt erforschbare Einzelfaktoren oder Begriffe zu denken, die in der Natur als Einheiten vorhanden sind, es sind vielmehr beide Kombinationen vieler und vielfältiger Einzelelemente, deren wechselvolle Zusammenspiele uns als die Mannigfaltigkeit der Böden und als die Mannigfaltigkeit von Wetter und Klima erscheinen. Jener Einzelfaktor aber, der sowohl im komplexen Phänomen Boden als auch im komplexen Phänomen Wetter und Klima als ein gemeinsamer Faktor enthalten ist, ist das Wasser. Dadurch allein scheint schon eine gewisse Vorzugsstellung dies „besten aller Dinge" —τό ὕδωρ μέν ἄριστον — gegeben, doch man muß sich darüber klar sein, daß es genau so wie jeder andere Produktionsfaktor im Ackerbau den sogenannten Ertragsgesetzen unterworfen ist. Vor mehr als 100 Jahren hat der Vater und Klassiker der landwirtschaftlichen Chemie, Justus v. LIEBIG, sein berühmtes Minimum-Gesetz formuliert, in-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

dem er sagte, daß die Ertragshöhe von dem im Minimum vorhandenen Nährstoff begrenzt werde. Der Chemiker LIEBIG dachte hiebei zunächst nur an die mineralischen Nährstoffe der Pflanzen, aber wenige Jahre später hat der Oldenburger Agrikulturchemiker Adolf MAYER, der später Professor in Heidelberg und dann Direktor der Keimzelle der heute weltberühmten Landwirtschaftlichen Hochschule in Wageningen in Holland war, dieses sogenannte Minimumgesetz verallgemeinert und den Ertrag als von dem im Minimum vorhandenen Produktionsfaktor begrenzt betrachtet. Hier ist nun nicht nur dem Wasser, sondern auch allen anderen klimatisch oder pflanzenzüchterisch bedingten Produktionsfaktoren der ihnen gebührende, den Nährstoffen gleiche Rang eingeräumt. Erst etwa 40 Jahre später trat dann der berühmte MITSCHERLICH mit seiner mathematischen Formulierung des Ertragsgesetzes auf den Plan und wies eindringlich darauf hin, daß der Ertrag nicht nur durch den jeweils im absoluten Minimum befindlchen Ertragsfaktor begrenzt werde, sondern gleichzeitig auch von jedem anderen, nicht im Optimum befindlichen Faktor. So wurde das alte Minimumgesetz durch das „Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren" abgelöst — ein Gesetz, um dessen exakte Erfassung und Formulierung immer noch gerungen wird. Eine sogenannte „zweite Annäherung" an seine begriffliche und mathematische Formulierung stammt bekanntlich von dem Grazer Mathematiker BAULE und eine „dritte Annäherung" wurde vor nicht langer Zeit von Prof. BOGUSLAWSKI aus Gießen entwickelt. Allen diesen Bemühungen ist das Streben gemeinsam, hinter das Geheimnis zu kommen, welche Regeln des Zusammenspielens der Ertragsfaktoren das Zustandekommen eines Höchstertrages steuern und festzustellen, welcher möglichst hohe Ertrag noch mit einem wirtschaftlich rentablen Aufwand erreicht werden kann.

Zwei Ertragsfaktoren konnten nun, wie weithin bekannt, in den letzten Jahrzehnten in besonders eindrucksvoller und auch wirkungsvoller Weise gesteigert werden. Es sind dies die Faktoren Pflanze und Nährstoffversorgung. Auch wer nur wenig mit dem Pflanzenbau zu tun hat, hat wohl heute z. B. schon vom Hybridmais gehört, das sind Maissorten, die nicht durch Anbau der von ihnen produzierten Maiskörner vermehrt werden können, sondern die jedes Jahr durch Kreuzung bestimmter Elternsorten neu erzeugt werden müssen, die aber weitaus höhere Erträge als ihre Elternsorten liefern. Und wenn man heute Weizensorten kennt, die unter optimalen Bedingungen 80, ja 100 und sogar noch mehr Zentner Ertrag pro Hektar liefern, dann zeigt dies klar, daß bei praktisch erzielten Erträgen von vielleicht 40—50 q nicht das Leistungsvermögen der Pflanze, sondern andere Produktionsfaktoren ertragsbegrenzend sind.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Wie erfreulich und stark nun die Nährstoffversorgung unserer Kulturpflanzen in den letzten Jahrzehnten verbessert werden konnte, sei an Hand der folgenden Zahlen klar gemacht.

Weltverbrauch an Mineraldüngern

1904/5	2 Mill. t
1960/61	28 Mill. t
1964/65	über 35 Mill. t

Mineraldüngerverbrauch (Reinnährstoffe $N + P_2O_5 + K_2O$) in Österreich in kg/ha

1930—1937	etwa 10—13kg/ha
1950	28
1955	44
1960	82
1964	116

Andere Länder und einzelne Bezirke und Bundesländer Österreichs 1963/1964

Frankreich	100	Burgenland	123	Zistersdorf	343
Italien	53	Oberösterreich	105	Gr. Enzersdorf	325
Portugal	34	Steiermark	80	Marchegg	302
England	120	Salzburg	64	Tulln	260
Deutschland	178	Vorarlberg	58	Wien u. Umgb.	254
Belgien	224	Kärnten	51	Wels	201
Schweiz	103	Tirol	50	Eferding	158
Wien u. NÖ.	168	Gänserndorf	375		

Die Zahlen über den Mineraldüngerverbrauch in einzelnen europäischen Ländern und besonders die Angaben über einzelne Bezirke Österreichs zei-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

gen deutlich, daß hier ein Ausmaß der Nährstoffversorgung vorliegt, das das mögliche Optimum wohl erreicht, wenn nicht in einzelnen Fällen sogar schon überschreitet. Der Mineralstoffbedarf auch der anspruchsvollsten Kulturpflanzen ist also hier reichlich gedeckt.

Von der Wichtigkeit des Produktionsfaktors Wasser ist die Landwirtschaft unmittelbar und seit altersher aus oft bitterer eigener Erfahrung überzeugt. Der Hauptteil des Einflusses des Wassers auf die Ernte erfolgt über den Boden. Die Wasserwirkung ist daher vielfach kaum vom Einfluß des Bodens zu trennen. Andererseits ist es Gott sei Dank so, daß eine doppelte Ernte nicht auch eine doppelte Wassermenge zu ihrer Erzeugung braucht, so daß bei höheren Ernten und bei besserer Düngung der relative Wasserverbrauch sinkt, das heißt, daß zur Erzeugung von 1 kg Pflanzentrockensubstanz bei höherem Ertrag weniger Wasser verbraucht wird als bei niedrigem Ertrag. Die absoluten Höhen des Wasserbedarfes der einzelnen Kulturpflanzen sind ziemlich verschieden. Als Anhaltspunkte können die folgenden Zahlen dienen:

	Wasserverbrauch pro kg erzeugte Trockensubstanz l
Gerste	300—400
Weizen	350—450
Hafer	380—570
Klee	500
Zuckerrübe, Kartoffeln	300
Mittlerer Richtwert	350 l = 350 mm Niederschlag,

wenn, wie annähernd vielfach der Fall, pro m^2 und Vegetationsperiode etwa 1 kg pflanzliche Trockensubstanz produziert wird.

Man lasse sich durch diesen Mittelwert aber nicht täuschen. Er stellt nur einen groben Anhaltspunkt dar, haben doch Versuche, die zu Beginn unseres Jahrhunderts ausgeführt wurden, gezeigt, daß je nach den äußeren Bedingungen dieser Mittelwert an ein und demselben Ort zwischen 280 und 900 l schwanken kann. Das ist weit mehr als der Regenamplitude entspricht, also der Differenz zwischen dem geringsten und dem höchsten jährlichen Niederschlag an einem Ort. Sie beträgt bekanntlich für Wien im 100jährigen Mittel 400—990 mm und wird für verschiedene Stellen Mitteleuropas ähnlich, aber meist geringer gefunden.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

So z. B.	Hamburg	470—1050
	Stuttgart	410— 880
	Göttingen	370— 840
	Halle	290— 720

Sie wird gegen den Osten, mit zunehmender Kontinentalität des Klimas, immer größer. Während in Wien die geringste Jahresniederschlagsmenge etwa 60% der durchschnittlichen beträgt, treten in Rußland Jahre mit nur etwa 25% des Durchschnittsniederschlages auf, und es ist verständlich, daß solche Jahre zu Mißernten führen und als Hungerjahre in die Geschichte eingehen.

Es ist klar, daß bei einem mittleren Wasserbedarf unserer Kulturpflanzen von 350 mm Niederschlag während der Vegetationsperiode, dieser Bedarf in Gegenden mit einem Gesamtjahresniederschlag von 5—600 mm oder weniger, nicht allein aus den während der Vegetationsperiode selbst fallenden Niederschlägen gedeckt werden kann. Hier werden zwei wichtige Tatsachen unmittelbar klar, von denen die erste oft viel weniger beachtet und bedacht wird als ihr auf Grund ihrer Bedeutung zukommt. Die Wasserversorgung unserer Kulturpflanzen und damit der erzielbare Ertrag hängt weitgehend von den im vergangenen Herbst und Winter gefallenen Niederschlägen ab und zweitens: Ob und wieweit dieses Wasser, und auch das der Niederschläge während der Vegetationszeit, den Pflanzen tatsächlich zur Verfügung steht und für sie zugänglich ist, hängt vom Boden, von seinen Eigenschaften und von seinem Zustand ab. So können etwa 250 mm Niederschlag, statt der durchschnittlichen 340, von April bis August nach feuchten Jahren noch gute Ernten ergeben, während dieselbe Niederschlagsmenge in gleicher Verteilung nach einem trockenen Jahr zu beträchtlichen Ernteausfällen führen muß, besonders auf leichten und seichten Böden mit schlechter Wasserspeicherungsfähigkeit. Von dem Niederschlagswasser gehen den Pflanzen ja immer beträchtliche Mengen verloren, ein Teil versinkt als Sickerwasser, ein Teil verdunstet unproduktiv von der Bodenoberfläche oder von der Oberfläche der Pflanzen. Als grobe Annäherungswerte für die Prozentsätze der Niederschläge, die den Kulturpflanzen zugute kommen und die ihnen auf die erwähnte Weise verloren gehen, werden für die leichten Böden im mitteleuropäischen Klimaraum oft die folgenden angegeben: ⅓ versinkt, ⅓ verdunstet und ⅓ wird von den Kulturen genutzt. Auf mittleren und schweren Böden liegen die entsprechenden Werte aber wesentlich günstiger für die Pflanzen und wir können mit Ausnutzungsgraden von 50 und mehr Prozent rechnen. Aber selbst unter diesen Umständen ist es klar, daß bei einem

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

mittleren Bedarf von 350 mm Niederschlag für die Pflanzen und einem Gesamtniederschlag von 500—600 mm das Wasser zum ertragsbegrenzenden Faktor schlechthin wird.

Wie schon erwähnt, spielt hiebei der Boden als Vermittler und Träger des Ertragsfaktors Wasser eine besondere Rolle, die zu erfassen seit langem das Ziel vieler wissenschaftlicher Untersuchungen ist. Das Wasser befindet sich im Boden bekanntlich vor allem in Hohlräumen, den Poren, die sehr verschieden groß sein können und die je nach dem Wassersättigungsgrad des Bodens bald von Wasser, bald von Luft erfüllt sind. Man unterscheidet grobe Poren, mittlere Poren und feine Poren. Die groben Poren heißen auch „selbst drainend", da aus ihnen das Wasser schon unter dem Einfluß der Schwerkraft entweichen kann (Gravitationswasser), sie haben einen Durchmesser von wenigstens 9,6 μ und sie sind „schnell drainend", wenn der Durchmesser größer als etwa 50 μ ist und sie sind „langsam drainend" bei Durchmessern zwischen etwa 50 und 9,6 μ. Die mittleren Poren haben Durchmesser zwischen 9,6 und 0,2 μ und halten das Wasser durch Kapillarkräfte fest („Kapillarwasser"). Das in ihnen enthaltene Wasser stellt die Hauptmenge des pflanzenverfügbaren Wassers dar. Die feinen Poren endlich haben Durchmesser von weniger als 0,2 μ und das in ihnen enthaltene Wasser ist den Pflanzen nicht zugänglich („hygroskopisch gebundenes Wasser"), genausowenig wie jene Wassermengen, die an den Bodenkolloiden adsorbiert vorliegen oder die von Ionen gebunden sind (Hydratwasser, Schwarmwasser). Das Sickerwasser der groben Poren ist den Pflanzen natürlich an und für sich zugänglich, da es jedoch, wie gesagt, schon unter dem Schwerkrafteinfluß aus den Poren austritt, versinkt es bald in den Untergrund und entweicht dem Zugriff der Pflanzen. Für die Wasserversorgung der Pflanzen ist daher vor allem jenes Wasser von Bedeutung, das der Boden nach Abfluß des Sickerwassers noch festzuhalten vermag. Wird diese Wassermenge im Laboratorium für einen auf 2 mm gesiebten Boden festgestellt, dann nennt man sie (mit einem nicht sehr glücklich gewählten Ausdruck) die Wasserkapazität des betreffenden Bodens. Stellt man den analogen Wert für eine in möglichst ungestörter Lagerung vom Felde entnommene Probe eines Bodens fest, dann nennt man die entsprechende Wassermenge die Feldkapazität des betreffenden Bodens. Diese „Kapazitäten" werden in g Wasser pro 100 ccm Boden angegeben und je größer sie sind, desto mehr Wasser ist in dem betreffenden Boden vor der Versickerung bewahrt, umso geringer sind aber auch der Luftgehalt und die Wasserdurchlässigkeit dieses Bodens. In den letzten Jahrzehnten ist man auch daran gegangen, zu messen, wie groß die Kräfte sind, mit denen die verschieden stark festgehaltenen Wassermengen in den Böden gebunden sind. Man mißt dabei den Druck in cm

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Wassersäule, der notwendig ist, um das betreffende Wasser aus dem Boden zu drücken. Den Logarithmus dieser cm Wassersäule bezeichnet man als pF-Wert, der also ein Maß für die Bindungsintensität ist, mit der das Wasser im Boden festgehalten wird. Das Gravitationswasser der großen Poren weicht einem Druck von 1 bis etwa 150 cm Wassersäule, hat also pF-Werte von 0 bis etwa 2,2; übrig bleibt das pflanzenverfügbare Kapillarwasser mit pF-Werten von etwa 2,2 (entsprechend 0,15 Atm. bei der sogenannten Feldkapazität) bis 4,2 (entsprechend 15 Atmosphären). Hier ist der sogenannte Welkepunkt für die Pflanzen erreicht, da fester als mit 15 Atm. gebundenes Wasser praktisch von keiner Kulturpflanze aufgenommen werden kann, so daß sie alle verwelken.

Je nach der sogenannten „Schwere" der Böden halten sie bei gleichem Wasserzustand, etwa bei der „Feldkapazität", also bei pF = 2,2, sehr verschiedene Wassermengen fest. Schwere Tonböden bis zu 40 Vol-%, Lehmböden etwa 25 Vol-%, leichte Sandböden aber nur etwa 10 Vol-%.

Das sogenannte „hygroskopische Wasser" oder die „Hygroskopizität" stellt jenes Wasser dar, das mit einer Kraft von mehr als 50 Atm. festgehalten wird (entsprechend pF 4,7). Die Wassermenge bei pF 4,2, dem Welkepunkt, ist etwa doppelt so groß wie die „Hygroskopizität" bei pF 4,7.

All diese Probleme der Charakterisierung des Bodenwassers zeigen, wie kompliziert das Zusammenspiel Boden—Wasser—Pflanze in Wirklichkeit ist. Stellen wir nun die pflanzenbauliche Frage, wann und wieviel müssen wir eine bestimmte Kultur künstlich bewässern, um in wirtschaftlicher Weise einen Mehrertrag sicherzustellen — so müssen wir ehrlich sagen, daß wir darauf weder eine allgemeine Antwort geben können, noch auch in konkreten Einzelfällen eine wirklich zuverlässige Auskunft wissen —, wenigstens soweit es sich um nicht ausgesprochen aride Gebiete handelt, in denen das künstlich zugeführte Wasser über Gelingen oder Versagen der Kulturen entscheidet. Und doch haben uns die vielen Untersuchungen über künstliche Feldberegnung, die seit den Tagen des berühmten Pioniers auf diesem Gebiet, des auch als Schriftsteller bekannten Max EYTH, ausgeführt wurden, vieles darüber gelehrt, was die Pflanzen brauchen. Aber da natürlich die meisten dieser Ergebnisse unter Bedingungen erhalten wurden, die denen der modernen mechanisierten und mineraldüngergesättigten Landwirtschaft keineswegs ganz entsprechen, bleibt auch heute noch viel zu tun. Abgesehen von der Frage der Feststellung jener Entwicklungszustände unserer Kulturpflanzen, in denen sie gegen Wassermangel besonders empfindlich sind, ist das Hauptproblem das, herauszufinden, ob die Pflanzen unter den gerade hier und jetzt gegebenen Bedingungen tatsächlich oder wahrscheinlich an Wassermangel leiden. Hier, wie bei allen anderen Mangelzuständen der

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Lebewesen, ist es ja so, daß es dann, wenn Symptome eines bestimmten Mangels sichtbar werden, für Gegenmaßnahmen schon zu spät ist, da meist eine nicht wieder gut zu machende Schädigung bereits eingetreten ist. Andererseits erlauben es Gründe der sparsamen Verwendung der begrenzten Wasservorräte sowie wirtschaftliche Erwägungen im allgemeinen nicht, sozusagen vorsichtshalber soviel künstlich zu bewässern, daß irgendein Wassermangel einfach nicht eintreten kann.

Der nächstliegende Weg, eintretenden Wasserbedarf festzustellen, scheint nun die Methode der Bestimmung der Bodenfeuchtigkeit in bestimmter Bodentiefe zu sein. Man hat hiefür zahlreiche Methoden entwickelt, die teils auf Messungen der Spannung beruhen, die das Bodenwasser auf damit in Kontakt befindliches Wasser bzw. Membranen ausübt (Tensiometer), man hat die Änderungen des elektrischen Widerstandes zur Messung herangezogen, die in Gips- oder Nylonblöcken eintreten, die sich in Kontakt mit dem feuchtigkeitshaltigen Boden befinden, und man hat schließlich auch die Bremswirkung, die die Wasserstoffatome des Bodenwassers auf schnelle Neutronen ausüben, dazu verwendet, den Wassergehalt der Böden zu messen. In seinem Buch über die Feldberegnung (1959) stellt aber Prof. BROUWER, der heute wohl erfahrenste Fachmann auf dem Gebiet der künstlichen Beregnung, fest, daß die Bodenfeuchtigkeitsbestimmungen nichts Sicheres über den besten Beregnungszeitpunkt aussagen — vor allem, wenn sie schematisch angewandt werden. Auch andere Autoren, die in BROUWERS Buch zitiert sind (S. 26), haben bei ihren Untersuchungen gefunden, „daß alle Methoden, die auf einer fortlaufenden Messung des Bodenwassergehaltes beruhen, vom Standpunkt der Bewässerungspraxis aus wenig geeignet sind" BROUWER schreibt weiter: „Die Beregnung auf Grund der Bodenfeuchte vorzunehmen, erscheint einfach und einleuchtend, jedoch muß man zunächst einmal die Beziehungen zwischen der Bodenfeuchte und dem optimalen Wachstum bzw. dem Ertrag jeder einzelnen Kulturart genau kennen. Nirgends auf der Welt sind diese Beziehungen bekannt" Daß diese Beziehungen alles andere als einfach sind, hat ZILLMANN vor einigen Jahren wieder deutlich gezeigt. Er hat die Zusammenhänge zwischen dem Wasserverbrauch der Pflanzen und dem Wassergehalt des Bodens, d. h. natürlich eines bestimmten Bodens, untersucht. Wieder zeigte sich deutlich, daß die Ausnutzungsgrenzen, bis zu der verschiedene Pflanzen dem Boden Wasser entziehen können, sehr unterschiedlich ist. Auf eine Bodentiefe, d. h. eine Durchwurzelungstiefe, von 80 cm bezogen, fand sich, daß für Raps 87%, für Hafer 61% und für Sommergerste 39% der Feldkapazität nötig waren, um eine ausreichende Wasserversorgung sicherzustellen. Akuter Wassermangel ergab sich bei den gleichen Pflanzen in der gleichen Reihenfolge bei Werten von unter 45, unter 34 und

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

unter 23% der Wasserkapazitä. In Gewichtsprozenten des betreffenden Bodens entsprach dies Wassergehalten von 9,5, 7 und 5% für ausreichende Wasserversorgung von Raps, Hafer und Sommergerste und von 5,5, 4,5 und 3,5% für aktuen Wassermangel bei den gleichen Pflanzen.

Es fehlt auch nicht an Versuchen, aus meteorologischen Beobachtungen den besten Beregnungszeitpunkt abzuleiten. In Mitteleuropa haben diese Verfahren bisher kaum ernstliche Beachtung gefunden, sie wurden aber in England durch PENMAN und das englische Landwirtschaftsministerium stark in den Vordergrund gerückt, weil es mit ihrer Hilfe verschiedentlich gelang, selbst in dem meist von Regen und hoher Luftfeuchtigkeit geplagten England, durch wohlgezielte und abgewogene Bewässerung während doch auftretender Trockenzeiten wirtschaftlich interessante Bewässerungserfolge zu erzielen.

PENMAN versucht, für die obersten 30 cm eines bestimmten Bodens — eben des Bodens der allenfalls bewässert werden soll —, während der Vegetationsperiode eine Wasserbilanz aufzustellen, wobei er von der annähernd richtigen Beobachtung ausgeht, daß die Verdunstungsverluste einer pflanzenbewachsenen Fläche praktische unabhängig von der Art des Pflanzenbewuchses sind. Für mitteleuropäischen Genauigkeitsfanatismus ist diese Annahme bisher untragbar gewesen, da sie sicher einen Fehler von wenigstens ± 30% hat. Es scheint uns aber sicher zu sein, daß sie praxisnäher ist als alles, was sonst vorgeschlagen wurde und daß daher PENMANS Methode einer wirklich ernsten Überprüfung im baltischen und vor allem im pannonischen Klimagebiet wert wäre. Aus den meteorologischen Daten: Sonnenscheindauer, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit wird die Evapotranspiration, d. h. der wetterbedingte Wasserverlust einer 30 cm tiefen Bodenschicht berechnet. Dieses Bodenwasserdefizit, das man in mm Wasser ausdrücken kann, hat je nach dem Boden eine ganz verschiedene Bedeutung, da für jeden Boden die Menge des pflanzenverfügbaren Wassers bekanntlich verschieden ist. Auf einem Lehmboden entsprechen 25 mm Wasserdefizit nur dem Verlust der Hälfte des pflanzenverfügbaren Wassers, während auf einem leichten Sandboden die gleichen 25 mm Wasserdefizit den Verlust des gesamten pflanzenverfügbaren Wassers bedeuten. Man muß also die Wasserkapazität seines Bodens kennen — jede landwirtschaftliche Versuchsanstalt ist in der Lage, eine derartige Bestimmung auszuführen. An meteorologischen Daten allgemeiner Art sind erforderlich: die durchschnittliche Regenmenge für die betreffende Gegend und für jeden Monat der Vegetationsperiode; die während 10 Jahren beobachteten Abweichungen von diesen Mittelwerten und die monatliche Verdunstungsgröße für das betreffende Gebiet, berechnet aus den Durchschnittswerten für Sonnen-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

scheindauer, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit. Aus diesen Daten und den laufenden Beobachtungen der erwähnten meteorologischen Faktoren läßt sich dann eine ungefähre Wasserbilanz für den betreffenden Standort aufstellen, aus der zu ersehen ist, wie groß zu jedem Zeitpunkt ein etwaiges Wasserdefizit in mm Niederschlag ist. Nun weiß man für manche Kulturpflanzen bereits aus Versuchen, welches Wasserdefizit sie ohne Schaden ertragen können. Die folgende Tabelle gibt einige dieser Zahlen.

Pflanze	erträgliches Wasserdefizit	Anmerkung
Kartoffel	50% des pflanzenverfügbaren Wassers	mindeste Bewässerungsmenge 25—35 mm, bes. zur Blütezeit. Bewässerung im Sept. meist schädlich.
Getreide	etwa 50 mm Wasser	Mindestbewässerung 25—35 mm um die Blütezeit.
Salat	25% des pflanzenverfügbaren Wassers oder etwa 25 mm Wasser auf schweren und 12 mm Wasser auf leichten Böden	2 mal 15 mm in letzten 3 Wochen vor der Ernte.
Karotten	etwa 20 mm Wasser	
Erbsen	unter 50 mm Wasser	Bewässerung nach der Blüte mit höchstens 50 mm

Künstliche Bewässerung ist immer dann erforderlich, wenn das erträgliche Wasserdefizit erreicht oder unterschritten wird.

Die hier kurz dargelegte Methode ist sicher nicht ganz einfach anzuwenden, aber nach Berechnung entsprechender Tabellen für verschiedene Gebiete Österreichs wäre es sicher der Mühe und des Aufwandes wert, zu

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

prüfen, wie weit derartige unter anderen Bedingungen gewonnene Ergebnisse auch bei uns helfen könnten, besser gezielte Beregnungen durchzuführen.

Auf eine wesentliche Schwierigkeit sei noch hingewiesen. Die Messung der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit wird nur an wenigen Stellen durchgeführt, da die notwendigen Apparate sehr teuer sind (etwa 40.000 S). Die Konstruktion eines wirklich billigen Windschreibers ist höchst erwünscht und sollte im Zeitalter der Transistoren und Impulsgeber doch möglich sein. Die Möglichkeit, in der breiten Praxis der von Fachleuten geführten Betriebe von der bis jetzt doch stark nach Gefühl betriebenen Bewässerung wegzukommen und auf Grund von Messungen dann und soviel zu beregnen wie wirtschaftlich vertretbar ist, hängt von diesem billigem Windschreiber ab. Seine Konstruktion wäre eine lohnende Aufgabe für die Technik und ein Segen für die Landwirtschaft.

Besonders in den ariden und semiariden Gebieten in aller Welt, aber auch sonst, wenn Tiefenwasser für die Bewässerung verwendet werden muß, spielt die Frage nach der Qualität dieses Wassers eine große Rolle. Natrium zerstört bekanntlich jeden Boden, Calcium und Magnesium wirken dieser zerstörenden Wirkung des Natriums entgegen. Viele Pflanzen sind gegen höhere Salzkonzentration oder gegen bestimmte Ionen recht empfindlich — kurz, die Wasserqualität muß bei jedem Beregnungsprojekt sorgfältig berücksichtigt werden. Diese Wasserqualität hängt ab von einer Größe, die man vielleicht am ehesten als „Natriumquotient" bezeichnen könnte, sie hängt weiters ab von der Gesamtionenkonzentration im Wasser (gemessen als elektrische Leitfähigkeit) und sie hängt ab vom etwaigen Vorhandensein spezifisch schädlicher Stoffe, wie etwa Schwermetallen und anderen Industrie-Abfällen, vom Bor- und Bikarbonatgehalt usw. Am wichtigsten sind für eine Orientierung die Leitfähigkeit, die möglichst unter 100 Mikromhos pro cm liegen soll und der „Natriumquotient", der das in Milliäquivalenten pro Liter gemessene Verhältnis der Na-Ionen zu der Wurzel aus der halben Summe der Ca- und Mg-Ionen darstellt. Er soll kleiner als 10 sein. Wässer dieser Qualität werden auch auf leichten Sandböden und bei dauernder Verwendung nie zu Schwierigkeiten führen. Auf vielen schwereren Böden und unter besonderen Verhältnissen (etwa Anbau salztoleranter Pflanzen) werden diese Werte nicht unbeträchtlich überschritten werden können. Die Salzempfindlichkeit ist bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden. Besonders empfindlich sind Rotklee, Radieschen und Pferdebohnen, etwas weniger empfindlich sind die meisten Getreidearten, Weißklee, Luzerne, die meisten Gräser und die meisten Gemüsearten, am meisten Salz vertragen Gerste, Rüben, Raps, Spinat, Spargel und Kohl.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Zum Schluß sei nun noch kurz auf die Bedeutung der Beregnung im Frostschutz hingewiesen. Bei Gefrieren von Wasser wird soviel Wärme frei, daß damit die gleiche Wassermenge von 0 auf 80 ° C erwärmt werden könnte. Beregnet man in einer Spätfrostnacht Obstbäume oder Weinstöcke ausreichend, so überziehen sie sich mit einer oft mehrere Millimeter dicken Eiskruste, unter der die empfindlichen Pflanzenteile vom Frost ungeschädigt bleiben. Für eine erfolgreiche Durchführung der Frostberegnung muß man folgendes bedenken: Eis ist ein guter Wärmeleiter, eine Eisschicht allein schützt die Pflanzen überhaupt nicht. Was sie schützt, ist die Wärme, die beim Gefrieren des Wassers, also beim Entstehen der Eisschicht, frei wird. Die Beregnung und damit die Eisbildung muß also während der ganzen Dauer des Frostes praktisch ununterbrochen erfolgen, weil schon wenige, d. h. 2—5, Minuten nach Aufhören der Beregnung die eisbedeckten Pflanzen die Lufttemperatur annehmen und erfrieren, wenn diese noch wesentlich unter dem Gefrierpunkt liegt. Auch kurze Störungen der Beregnungsanlage machen also den ganzen Frostschutz zunichte, genauso wie ein Abbrechen der Beregnung bevor die Lufttemperatur wieder 0 ° erreicht hat. Es kann also nötig sein, in einer Frostnacht 8—10 Stunden zu beregnen, wobei bei Wind die ausgebrachte Wassermenge vergrößert werden muß, da die durch den Wind bewirkte Verdunstung größerer Wassermengen große Wärmemengen erfordert, die nur durch das Gefrieren noch größerer Wassermengen bereitgestellt werden können. Die Frostberegnung ist also eine kostspielige Maßnahme, die viel Energie und viel Wasser erfordert, die aber bis zu Temperaturen von — 6 ° bis — 7 ° sicher, und bis — 12 ° noch fallweise, das Auftreten von Frostschäden verhindert. Besonders sorgfältiges Arbeiten (genaue Messungen der Lufttemperatur!) ist, wie so oft, auch hier die Voraussetzung für den Erfolg.

Es sind noch viele Probleme, die auf dem Gebiet der Bewässerung in der Landwirtschaft ihrer Lösung harren. Man darf aber nicht vergessen, daß schließlich das Wasser — wenigstens was unser Klima betrifft — nach Pflanze, Boden und Düngung der letzte der Produktionsfaktoren ist, den wir wenigstens bis zu einem gewissen Grad beinflussen können. Eine solche Beeinflussung ist freilich nicht billig, wie die hohen Kosten der Beregnungsanlagen zeigen, und um wirtschaftlich erfolgreich zu sein, muß jede einzelne Beregnung genau geplant sein und genau vom Ergebnis von Messungen oder Beobachtungen abhängen. Das Ziel ist ja die pflanzenphysiologisch richtige und daher möglichst erfolgreiche Beregnung — aber es ist noch ein beträchtliches Stück Weges bis dahin zurückzulegen. Aber gerade deswegen kann man wohl mit Recht die Voraussage wagen, daß in den kommenden Jahren die Erforschung des Wasserhaushaltes unserer Kulturböden und

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

unserer Kulturpflanzen vielleicht mehr als andere Zweige der landwirtschaftlichen Forschung dazu beitragen wird, die Erträge der mitteleuropäischen Landwirtschaft zu steigern und zu sichern.

Anschrift des Verfassers: Hofrat Univ. Prof. Dr. Alfred ZELLER, Direktor der Landwirtschaftlich-chemischen Bundesversuchsanstalt, A 1020, Wien, Trunnerstr. 1.

DISKUSSION

LÖSCHNER: Der Vortragende hat dargelegt, daß sich der Mineraldüngerverbrauch in den letzten 20 Jahren in Österreich etwa verzehnfacht hat, in manchen Bezirken sogar höher ist als der Durchschnittsverbrauch in Belgien oder Deutschland. Es ergibt sich daraus die Frage, ob wissenschaftlich untersucht worden ist, wie hoch die wirtschaftliche Grenze für den Düngermittelverbrauch liegt, damit nicht Mengen eingesetzt werden, die gar nicht erforderlich sind und eventuell sogar dazu führen, daß Mineraldünger ins Grundwasser gelangen.

ZELLER: Solange die Landwirte keinen negativen wirtschaftlichen Effekt spüren, können wir wohl annehmen, daß die verwendeten Mengen auch noch wirtschaftlich vertretbar sind, aber ich möchte mich nicht getrauen, für die Höhe der genannten Mengen von 300 bis 400 kg zu bürgen.

CIAHOTNY: Ist die Salzindexmethode offiziell anerkannt? Welche Methode kann hinsichtlich der Klassifizierung in bezug auf die Waldgefährdung Anwendung finden?

ZELLER: Als offizielle Methode kann man die Salzindexmethode wohl nicht bezeichnen, praktisch wird sie aber überall angewendet.

MÖSSLACHER: Tritt bei Mineralstoffen eine Speicherung im Boden ein? Werden diese durch die höheren Erträge aufgebraucht oder gehen sie in das Grundwasser?

ZELLER: Das Sulfat bleibt im Boden und wird nicht ausgewaschen. Ausgewaschen werden möglicherweise der Stickstoff und ein kleiner Teil des Kaliums. Aber die Hauptmenge bleibt im Boden.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

LIEPOLT: In Deutschland werden derzeit von Frau Dr. Käthe SEIDEL Versuche mit *Scirpus lacustris* zur Reinigung von Abwässern vorgenommen. Man verwendet die Flechtbinse auch in der letzten Stufe einer Kläranlage, weil diese Pflanzen Salze, Phosphate, Nährstoffe, aber vor allem — was uns besonders interessiert — Phenole zu speichern imstande sind. Liegen irgendwelche Erfahrungen mit anderen Kulturpflanzen vor, die wir für unsere Maßnahmen im Kampf um die Reinhaltung der Gewässer verwenden könnten?

ZELLER: Leider nicht.

BLÜMEL: Die erwähnten 100 m HOS gelten ja wahrscheinlich nicht für jeden Boden? Bei schwerem Boden kann man vielleicht etwas mehr draufgeben.

ZELLER: Die angegebenen Zahlen sind die Grenzwerte für dauernde Bewässerung. Natürlich gibt es auch Böden, die 150, 200 und sogar 250 noch ertragen. Aber generell anzuwenden, ohne auftretende Schädigungen, sind jene Zahlen, die die Amerikaner angeben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Wasser und Abwasser

Jahr/Year: 1965

Band/Volume: 1965

Autor(en)/Author(s): Zeller A.

Artikel/Article: Wasser und Bewässerung in der Landwirtschaft 21-34