

**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 75 (1977)

**Heft:** 1: Sonderheft zum Weiterbildungskurs "Herkömmliche und neue Methoden der Feldbewässerung : Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung"

**Artikel:** Vom Wasserbedarf der Pflanze zum Bewässerungsplan

**Autor:** Grubinger, H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-228741>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

kaum für das Anpflanzen einer Nachfolgekultur geeignet ist.

In der äquatorialen Zone mit ganzjährig verteilten hohen Niederschlägen wird daher meist eine zweite kürzere Reiskultur angebaut. Wo das Wasser dazu nicht ausreicht, werden bestenfalls Leguminosen, wie Linsen, Bohnen oder Erbsen, angesät oder die abgeernteten Felder werden als Weideland für die Haustiere genutzt.

#### Literatur

- von Blanckenburg, P. et al.: Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern, Band 2. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart 1971.
- Bohrer, L. J.: Surface Irrigation. FAO Rome 1974.
- Israelsen, O. W. and Hansen, V. E.: Irrigation Principles and Practices. John Wiley and Sons Inc., New York 1967.
- Mohr, H.: Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. Springer Verlag, Berlin 1971.
- Richter, G.: Stoffwechselphysiologie der Pflanzen. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1976.
- Rovelle, R. et al.: Report on Land and Water Development in the Indus Plain. Washington 1964, White House Publication.
- Schmalfuss, K.: Pflanzenernährung und Bodenkunde. S. Hirzel Verlag, Leipzig 1963.
- Walter, H.: Grundlagen des Pflanzenlebens. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart 1950.
- Walter, H. und Flohn, H.: Die Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung, Band I. Gustav Fischer Verlag, Jena 1973.
- Yaron, B., Danfors, E. and Vaadia, Y.: Arid Zone Irrigation, Ecological Studies, Volume 5. Springer Verlag, Berlin 1973.
- Zimmerman, J. D.: Irrigation. John Wiley and Sons Inc., New York 1966.

Adresse des Verfassers:

Dr. Gerold Heim, dipl. Ing. agr. ETH, Lehrbeauftragter der ETHZ, c/o CIBA-GEIGY AG, 4002 Basel

## Vom Wasserbedarf der Pflanze zum Bewässerungsplan

H. Grubinger

Im Rahmen eines wasserwirtschaftlichen Mehrzweckprojektes, das in der Regel mit einer Integralmelioration für einen grösseren ländlichen Raum verknüpft ist, hat der Ingenieur immer wieder auch ein Bewässerungsprojekt zu entwerfen. Dies bedeutet als erste Phase, für vorgegebene Fruchtfolgen bzw. Anbauprogramme und Perimeter unter Beachtung von Klima und Hydrologie, Topographie und Boden den Wasserbedarf der Kulturen zu ermitteln. In einer weiteren Phase ist der erforderliche Zulauf am jeweiligen Feldeingang und schliesslich, unter Berücksichtigung der verschiedenartigen Wasserverluste, die bereitzustellende Gesamtmenge bzw. Entnahmемenge aus dem natürlichen Dargebot zu bestimmen.

Erfahrungsgemäss verlaufen Wasserbedarf und -angebot weder zeitlich noch hinsichtlich der Mengen kongruent, auch sind meist noch andere Ansprüche an die natürlichen Wasservorkommen zu berücksichtigen. Alles in allem sind somit vielfältige Einflussgrössen gegeben und Randbedingungen zu beachten; dementsprechend sind – auch unter dem Gesichtspunkt wassersparender Lösungen – Varianten und Alternativen zu studieren. Mit Erfolg wird man in diesen Fällen die Methoden des Operation Research einsetzen können (Abb. 1).

### Modelle, Genauigkeitsanforderungen

Geht man von einem vereinfachten *Funktionsschema* eines integralen Entwicklungsprojektes aus, ist sofort erkennbar, dass dieses zumindest drei Modelle umfasst: ein landwirtschaftliches, ein hydrologisches und ein technisch-ökonomisches Modell. Im vorliegenden Beitrag

geht es darum, die wesentlichen Einflussgrössen und Schritte der Berechnung zu erkennen und so den Weg von den pflanzenphysiologischen Grundlagen bis zum Bewässerungsplan und zu den bereitzustellenden Wassermengen je Turnus verfolgen zu können. Damit ist ein Ausgangspunkt für die Wahl der technischen Verfahren der Bewässerung und die angepasste Betriebsweise gegeben. Wir benützen dazu ein vereinfachtes *Flussdiagramm* (Abb. 2).

Die eingangs umschriebene Aufgabe wird in der Regel vorerst in einer Studie, später in einem generellen und schliesslich in Detailprojekten bearbeitet. Bekanntlich sind in weiten Teilen der Welt die hydrologisch-klimatologischen Daten ungenügend. Es ist daher notwendig, die ersten Planungsschritte dem anzupassen; das bedeutet z. B. die Evapotranspiration (ET) vorerst nur als Saisonalsumme bzw. als Monatswerte zu ermitteln, wobei man sich auf eine Mittelwertstatistik beschränken muss, die ihrerseits mit beträchtlichen Schwankungen von  $\pm 10\%$  behaftet ist. Primaült weist in einer Diskussionsbemerkung mit Recht auf die Problematik solchen Vorgehens hin: «Dans les pays sub-tropicaux, quelques rares années présentent de très fortes précipitations et alternent avec des séries plus ou moins longues de sec absolu. Par conséquent, seule une analyse fréquentielle peut nous apporter des indications suffisantes.» Durch Einführung von Lokalfaktoren (1) auf Grund von, wenn auch kurzen, Beobachtungsreihen zwischen erster Studie und Projekt sowie durch Vergleich mit analogen Verhältnissen muss versucht werden, Extremwerte und deren Frequenz abzuleiten. Der Projektant, zu einer Aussage gezwungen, muss sich der Vertrauensgrenzen seiner Daten und damit des hydrologischen Modells jederzeit bewusst sein.

### Elemente und Gang der Berechnung

1. Herrschender Klimatyp und Phänologie (Entwicklungsphasen) der einzelnen Kulturen sowie die landwirt-

Integrales Entwicklungsprojekt für ländliche Räume  
FUNKTIONSSCHEMA

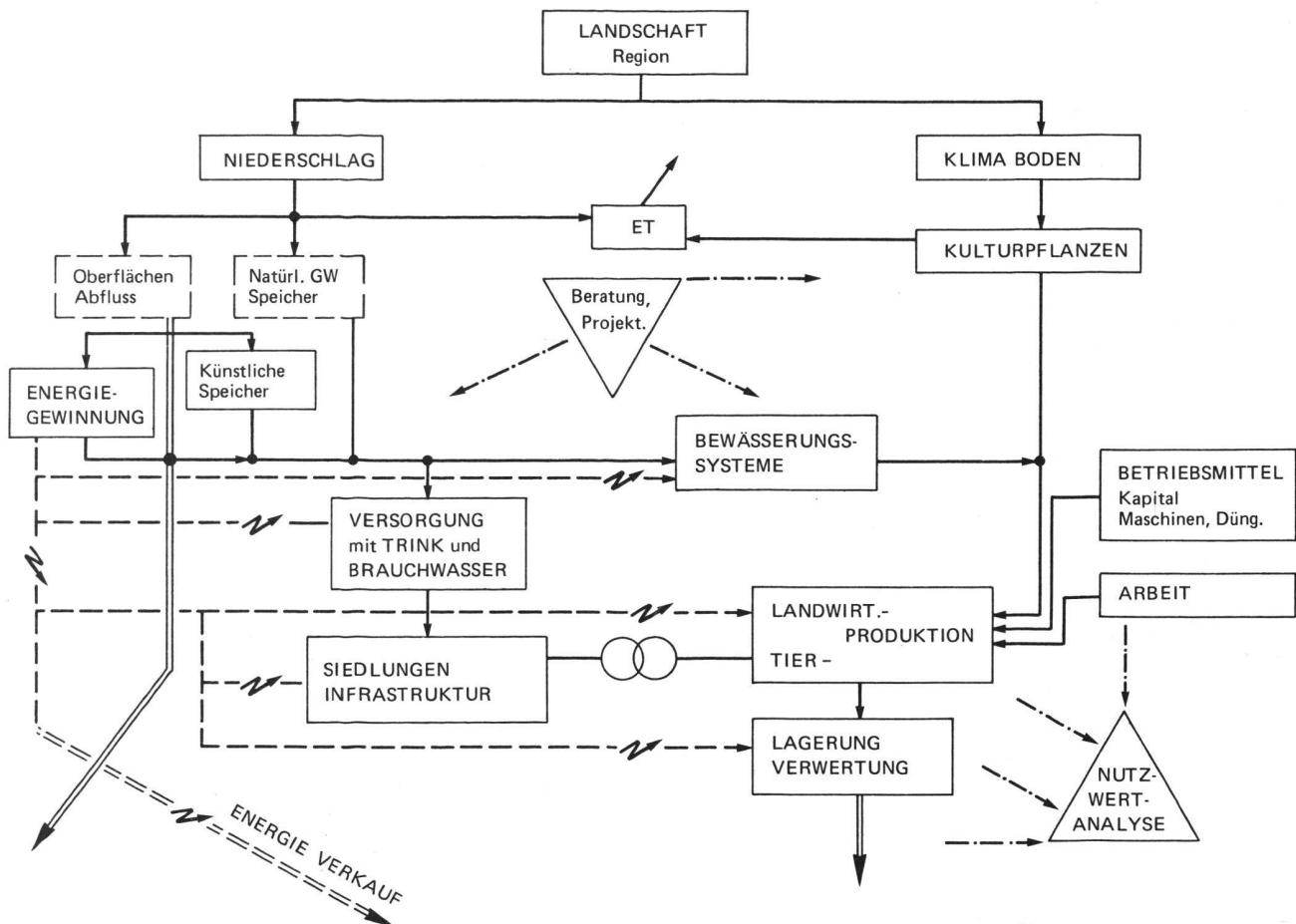


Abb. 1 Integrales Entwicklungsprojekt für ländliche Räume. Funktionsschema

schaftlichen Nutzungszielsetzungen bestimmen die Wahl der Sorten und die *Anbaupläne*. Geländeform und Bodeneignung beeinflussen die Verteilung der Kulturen (z. B. Obstanlagen) innerhalb eines Perimeters. Dieses Konzept wird vom Pflanzenbau-Fachmann bzw. Agrärökonomen erarbeitet und bereitgestellt.

2. Die Kenntnis von Struktur und Dynamik der Böden und des Untergrundes ermöglicht die Beurteilung ihrer Fruchtbarkeit, ihres Wasserhaushaltes und ihrer Empfindlichkeit gegen Erosion und Versalzung. Die Auswertung systematischer Bodenuntersuchung in Feld und Labor führt zur Klassierung (10) und Darstellung in Bodenkarten (3). Für die Bewässerung sind die *Desorptionskurven* wichtig, aus denen die Werte der «nutzbaren Feldkapazität  $F_n$ », auch «nutzbare Speicherfeuchte» genannt, entnommen werden können. Abbildung 3 zeigt derartige Kurven.

Am Beispiel eines Lehmes wird gezeigt, dass diese  $F_{n_{tot}}$  nur zu etwa 70 bis 80 % ausgenutzt werden sollte ( $F_{n_{eff}}$ ); dabei darf man nicht zu knapp an die Grenze des permanenten Welkpunktes (PWP) herangehen, um empfindliche Pflanzen nicht zu gefährden. Die Pflanzen schöpfen die  $F_n$  im Bereich der Wurzeln, also über 3 bis 6 dm Bodenprofil, aus. Das Volumen der  $F_n$  ist der *Zwischenspeicher*, aus dem die Pflanzen vorhandenes Wasser auch in trockenen Perioden entnehmen können; durch

natürliche Niederschläge oder Bewässerung wird er immer wieder aufgefüllt.

3. Menge und Verlauf (Ganglinie) der täglichen *Evapotranspiration* (ET) in mm/d eines Pflanzen-Boden-Wasser-Systems hängt von mannigfaltigen Einflussgrößen ab und ist in kurzfristigen Feldversuchen kaum zu erfassen. Wir stützen uns deshalb auf die weltweit verbreitete Methode von Blaney-Criddle (1, 4), die auf den geophysikalisch begründeten Ansätzen von Penman, Thornthwaite u. a. basiert und auf jahrzehntelangen Beobachtungen an Versuchskulturen in verschiedenen Klimaten aufbaut (7, 9). Bemerkenswert ist der bestimmende Einfluss der Globalstrahlung in Verbindung mit der geographischen Breite und der Temperatur auf die ET. Zu berücksichtigen sind besondere regionale Verhältnisse bei Temperatur, relativer Luftfeuchte und Windeinfluss.

Die BC-Methode erlaubt, die ET der einzelnen Kulturen saisonal, also für eine ganze Wachstumsperiode, als mittlere Summe anzugeben, aber auch für Monate, Wochen oder tageweise zu bestimmen. Letzteres kann sich für empfindliche Kulturen als sehr nützlich erweisen, um Welkeschäden und Überbewässerung zu vermeiden. Voraussetzung solcher genauer Planungen sind entsprechend lange und homogene Datenreihen der Parameter. Im praktischen Betrieb, wo man vielleicht Versuchssta-

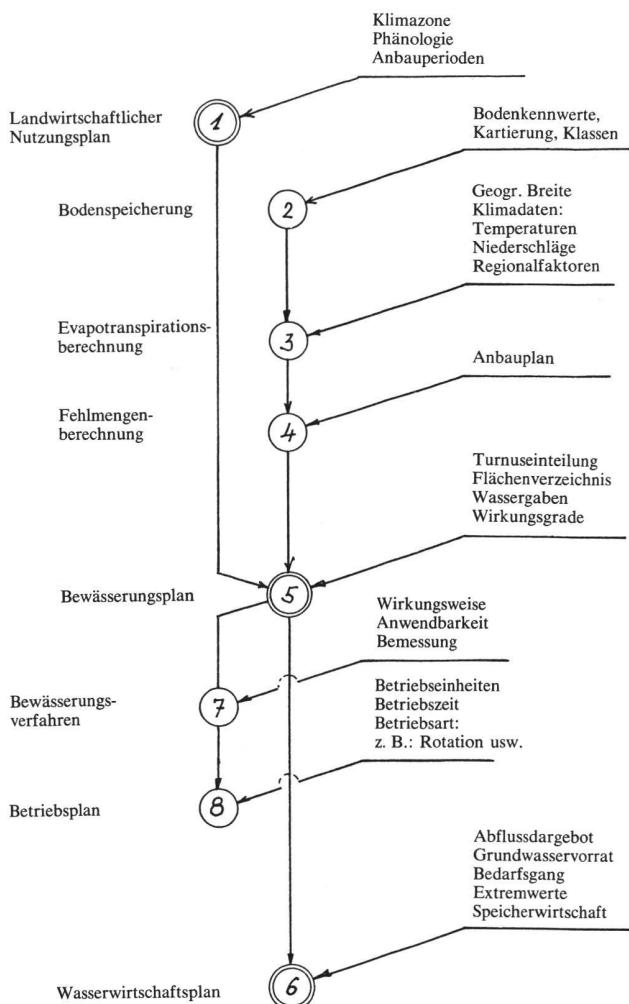


Abb. 2 Flussdiagramm zur Berechnung des Wasserbedarfes (vereinfacht)

tionen besitzt, wie etwa in Südfrankreich, werden z. B. zweimal wöchentlich agrarmeteorologische und ET-Prognosen veröffentlicht und die verfügbaren Speichermengen in den verschiedenen Böden angegeben. Damit sind die Bewässerungslandwirte in der Lage, das Wasser genau zu dosieren.

Wir benutzen die BC-Formel im metrischen System:

$$U = ET_{mm} = k \cdot p \cdot \frac{(45,7 t^\circ + 814)}{100}$$

$t^\circ$  C mittlere Monatstemperatur

p % monatlicher Anteil an den Tageslichtstunden pro Jahr

k monatlicher ET-Koeffizient einzelner Kulturen

K saisonaler ET-Koeffizient

Die Autoren BC haben bisher umfangreiche k-Tabellen aus amerikanischen Versuchen veröffentlicht. In anderen Zonen (Israel, Naher Osten, Pakistan usw.) wurden entsprechende Kontrollversuche eingerichtet und regionale k-Werte bestimmt. Guyon (8, S. 168 ff.) hat dafür ein Nomogramm entwickelt. Es sei hier nicht vergessen, dass Primault eine Formel gegeben hat, die erlaubt, die ET-Werte für die Schweizer Lokalklimate zu bestimmen (11).

4. Ein weiterer wichtiger Parameter ist sodann die *Niederschlagshöhe und -verteilung*. Aus Klimadiagrammen (12), langjährigen Beobachtungen und damit zu korrelierenden kurzen Messreihen kann man für die meisten Gebiete Mittelwerte etwa der monatlichen Niederschläge ableiten. Bezuglich deren Signifikanz gilt das oben Gesagte. Hingegen mangelt es häufig an Daten über irreguläre Jahre und deren Wettertypus sowie über die Häufigkeit und Intensität von einzelnen Regenereignissen. Die Erfahrung, dass kleine Einzelregen und – je nach Verlauf der Infiltration – Starkregen über einer gewissen Menge für die Pflanzen unwirksam sind (z. B. < 5 mm bzw. > 30 mm), führte dazu, auch bei mittleren Monatssummen des Niederschlags ( $N_{tot}$ ) einen Abzug von etwa 3 bis 10 % zu machen und einen wirksamen Niederschlag ( $N_{eff}$ ) in die weitere Rechnung einzuführen. Wir benutzen die Abminderung gemäss United States Bureau of Reclamation (USBR).

Tabelle 1 Monatliche Niederschlagshöhen und deren (effektiv) pflanzenwirksamen Anteile (1, Seite 13)

| Gesamtmenge<br>( $N_{tot}$ )<br>inches mm/Mo | abnehmender<br>Zuschlag<br>je inch = in mm | somit insgesamt<br>wirksam<br>$N_{eff}$ mm/Mo |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1 25                                         | 0.95 24                                    | 24                                            |
| 2 51                                         | 0.90 23                                    | 47                                            |
| 3 76                                         | 0.82 21                                    | 68                                            |
| 4 102                                        | 0.65 16,6                                  | 85                                            |
| 5 127                                        | 0.25 11,5                                  | 96                                            |
| 6 153                                        | 0.25 6,4                                   | 102                                           |
| > 6 > 153                                    | 0.05 1,2                                   | 104                                           |

Tabelle 2 Abhängigkeit der Infiltration von der Bodenart (6, Seite 39)

| Infiltrationsrate<br>nach 180 Min. cm/h | Bodenart                        |
|-----------------------------------------|---------------------------------|
| hoch 3 – 8                              | Sand, Lehm, sandig-toniger Lehm |
| mittel 1.5 – 3                          | Lehm, Schluff                   |
| mittel 0.5 – 1.5                        | toniger Lehm, Ton               |
| gering 0.2 – 0.5                        | Ton                             |

5. Aus der Differenz zwischen den  $N_{eff}$  und der ET der Kulturen laut Anbauplan ergeben sich für einen bestimmten Zeitabschnitt Niederschlagsüberschüsse oder *Fehlmengen*. Letztere lassen sich ausgleichen, wenn Wasser aus der «nutzbaren Speicherfeuchte» als Reserve zur Verfügung steht; andernfalls müssen die Fehlmengen durch Bewässerung ersetzt werden. Sie scheinen dann als *Zusatzwassermengen* im Beregnungsplan auf.

6. Im *Bewässerungsplan* sind der Anbauplan und die Anbauflächen mit den Fehlmengen und den Vegetationsperioden der einzelnen Kulturen in Beziehung gesetzt. Das Bewässerungsjahr wird meistens in Betriebsabschnitte von 7 bis 14 Tagen Turnuslänge unterteilt, denen man die Wassergaben gemäss Fehlmengentafel und optimalen Bewässerungszeitpunkten zuordnet. Diese synoptische Darstellung ermöglicht die rasche Bi-

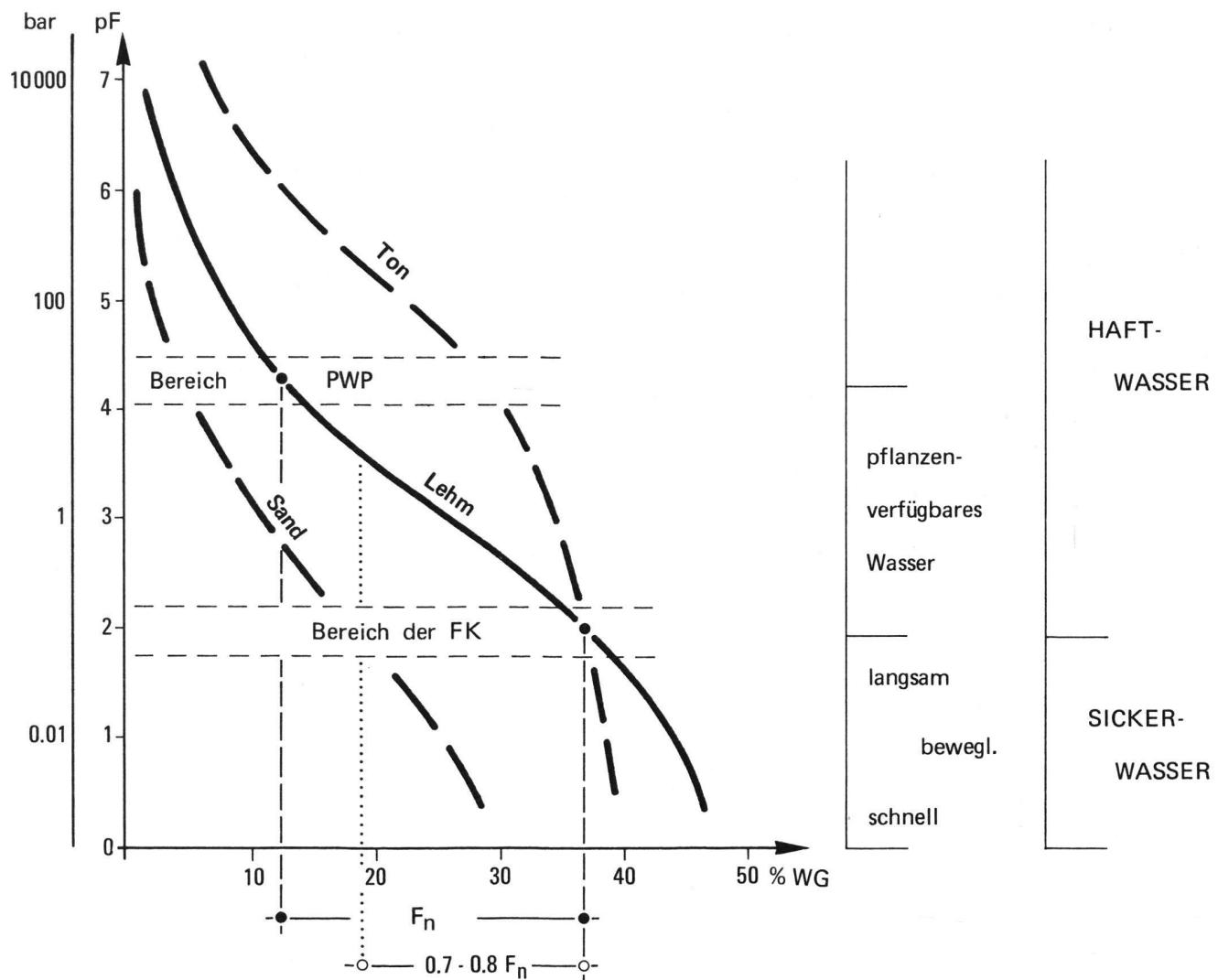


Abb. 3 Desorptionskurven  
Rechenbeispiel für einen Lehmboden

|                                                                               |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Feldkapazität FK                                                              | 36 mm/dm Bodensäule   |
| permanenter Welkepunkt PWP                                                    | -13 mm/dm Bodensäule  |
| nutzbare Feldkapazität $F_n$                                                  | 23 mm/dm Bodensäule   |
| bei einem Ausnutzungsgrad von<br>z. B. 0,8                                    | 18,4 mm/dm Bodensäule |
| für ein durchwurzeltes Profil von<br>$n = 4 \text{ dm} \dots F_{\text{neff}}$ | 74 mm                 |

lanzierung des Wasserverbrauches für den einzelnen Turnus. Unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades  $\eta$  der zur Wahl stehenden Verfahren und verschiedener Betriebsstundenzahlen je Turnus lassen sich der Gang des Wasserbedarfes über das Jahr und die Verbrauchsspitzen nach Termin und Grösse festlegen. Verschiedenartige Anbaupläne sind rasch vergleichbar, besondere Einflüsse, wie etwa die zusätzlichen Verdunstungsverluste bei Berechnung sind einfach zu berücksichtigen; ebenso kann Veränderungen im Bewässerungsablauf zum Abbau unzulässiger Verbrauchsspitzen durchspielen.

#### Die Steuerung des Wasserbedarfes

Die Wahl des Bewässerungsverfahrens wird von betriebswirtschaftlichen, technischen, aber auch handelspoliti-

schen und noch anderen Gesichtspunkten beeinflusst. In jedem Falle ist damit aber der mittlere Wirkungsgrad  $\eta$  der Bewässerung vorgegeben.

Die Wasserverluste in den Zuleitungs- und Verteilsystemen werden gesondert bestimmt und in der Gesamtbilanz des Wasserbedarfsplanes berücksichtigt; sie bewegen sich bekanntlich in weiten Grenzen (z. B. offene Kanäle oder Druckleitungen). Betrachtet man die Feldbewässerung vorerst einmal nur unter dem Gesichtspunkt sparsamer Wasserverwendung, so ergeben sich verschiedene Möglichkeiten hierzu, die kurz angeführt werden:

Die Fehlmengenberechnung und die Beachtung des Wirkungsgrades der Bewässerung, aber auch die Ausschöpfung von nur 70 bis 80 % der nutzbaren Speicherfeuchte zielen auf eine 100%ige, maximale Wasserversorgung der Pflanze. Es scheint nun ohne weiteres zulässig,

Tabelle 3 Fehlmengenberechnung

| ET = k · p $\frac{45,7 \cdot t^\circ + 814}{100}$ |                     | J    | A | M                        | J    | J    | $\Sigma, \bar{n}$ |      |
|---------------------------------------------------|---------------------|------|---|--------------------------|------|------|-------------------|------|
| 36° nördlich Breite                               | p %                 | 6,99 |   | 8,85                     | 9,31 | 9,83 | 9,99              | -    |
|                                                   | t° C                | 10,8 |   | 16,7                     | 18,5 | 22,7 | 25,6              | 18,1 |
|                                                   | f                   | -    |   | nach Nomogramm Guyon [8] |      |      |                   | -    |
|                                                   | N <sub>tot</sub> mm | 95   |   | 51                       | 24   | 4    | 0                 | 519  |
|                                                   | N <sub>eff</sub> mm | 82   |   | 48                       | 22   | 4    | 0                 | 412  |
| Baumwolle<br>7. 2.-22. 12.                        | k <sup>1</sup>      | -    |   | 0,45                     | 0,70 | 0,85 | 0,85              | 0,63 |
|                                                   | ET mm               | -    |   | 63                       | 109  | 155  | 172               | 744  |
|                                                   | ± A mm <sup>2</sup> | -    |   | 15                       | 87   | 151  | 172               | 632  |
| Fehlmenge N-ET<br>Alfalfa<br>3. 1.-28. 12.        | k                   | 0,35 |   | 0,70                     | 0,85 | 0,95 | 1,0               | 0,71 |
|                                                   | ET mm               | 32   |   | 98                       | 135  | 175  | 200               | 1298 |
|                                                   | ± A                 | -    |   | 50                       | 113  | 171  | 200               | 826  |

<sup>1</sup> k-Werte nach Blaney-Criddle

<sup>2</sup> Die Winterbodenfeuchte am Beginn der Vegetationsperiode ist nicht berücksichtigt

Tabelle 4 Ausschnitt aus einem Bewässerungsplan

| Anbauplan<br>(Fruchtfolge)                | Tu<br>F <sub>ha</sub> | A    |    | M  |        | J  |    | J       |         | A  |    | $\Sigma \text{ mm}$<br>$\text{m}^3$ |  |
|-------------------------------------------|-----------------------|------|----|----|--------|----|----|---------|---------|----|----|-------------------------------------|--|
|                                           |                       | II   | I  | II | I      | II | I  | II      | I       | II |    |                                     |  |
| Baumwolle                                 | mm<br>m <sup>3</sup>  | 30   | 20 | 40 | 50     | 60 | 60 | 90      | 80      | 80 | 70 | 630                                 |  |
|                                           |                       |      |    |    | 15 000 |    |    | 27 000  | 24 000  |    |    |                                     |  |
| Agrumen                                   |                       | 10   | 20 | 40 | 40     | 50 | 60 | 60      | 60      | 60 | 60 | 540                                 |  |
|                                           |                       |      |    |    | 4000   |    |    | 6000    | 6000    |    |    |                                     |  |
| Mais                                      |                       | 20   | -  | -  | -      | -  | 30 | 50      | 50      | 80 | 80 | 290                                 |  |
|                                           |                       |      |    |    | -      |    |    | 10 000  | 10 000  |    |    |                                     |  |
| Sudangras                                 |                       | 25   | 50 | 50 | 50     | 90 | 90 | 100     | 100     | 90 | 90 | 58 000                              |  |
|                                           |                       |      |    |    | 12 500 |    |    | 25 000  | 25 000  |    |    |                                     |  |
| Erdnuss                                   |                       | 15   | 30 | 40 | 40     | 70 | 70 | 80      | 80      | 80 | 80 | 105 000                             |  |
|                                           |                       |      |    |    | 6000   |    |    | 12 000  | 12 000  |    |    |                                     |  |
| Turnusmenge QTu [m <sup>3</sup> /ha]      |                       | 100  |    |    | 37 500 |    |    | 80 000  | 77 000  |    |    | 515 800                             |  |
| $\frac{Q_{Tu}}{\eta}$ [m <sup>3</sup> /s] |                       | 0,75 |    |    | 50 000 |    |    | 107 000 | 103 000 |    |    | 690 000                             |  |
| Betr.-Bed. 100 h/Tu                       |                       | 1/s  | -  |    | 42     |    |    | 88      | 85      |    |    | -                                   |  |
|                                           |                       |      |    |    | 139    |    |    | 297     | 286     |    |    | -                                   |  |

Als Beispiele gerechnet sind für eine Bewässerungseinheit von 100 ha nur drei Abschnitte: Mai II, Juli I und II.

F<sub>ha</sub> Teil- und Gesamtflächen in Hektar

Tu Turnus, nach Wahl ein bis drei je Monat

Q<sub>Tu</sub> Turnus-Wassermenge in m<sup>3</sup> oder l/s

$\eta$  Wirkungsgrad der Bewässerung ab Feldeingang

- generell unter dem physiologischen Versorgungsmaximum zu bleiben. Dies gilt insbesondere für den Bereich des Spitzenbedarfes.
- Unter Beachtung der Häufigkeit von Extremjahren (Minimalabflüsse, verlängerte Dürreperioden usw.) wären alle 8 bis 10 Jahre Ertragsminderungen als Folge begrenzter Bewässerung hinzunehmen. Das

USBR spricht von «tolerierbarer Verknappung».

- In den Anbauplänen wären Kultur mit grossem und geringem Wasserbedarf zu kombinieren.

Durch eine *straffe Betriebsführung* und durch einen *Betriebsplan* (13), der erhöhten Bedarf durch Verlängerung der Wässerzeit und nicht durch Erhöhung der Ver-

brauchsspitzen deckt, kann der Wirkungsgrad aller Verfahren wesentlich verbessert werden (2). Schliesslich sind die *Wassertarife* ein geeignetes Mittel, Überbewässerung und Wasserverluste zu vermeiden.

Bei einer Gesamtfehlmenge von 600 mm und einem  $\eta = 0,6$  sind 1000 mm bereitzustellen; verbessert man das  $\eta$  auf 0,7, so verringert sich diese Bewässerungshöhe um 140 mm auf 860 mm!

Bei allen Verfahren der Oberflächenbewässerung muss man mit 10 bis 15 % Überwasser rechnen, das ungenutzt vom Felde abläuft. Diese Mengen können erfasst und wieder verwendet werden.

Zu beachten bleibt allgemein, dass rigorose Sparmassnahmen den Wasserbedarf bei nur geringer Ertragsminderung wohl zu senken vermögen, unter Umständen aber höhere Arbeits- und Unterhaltskosten entstehen, oder dass man in besonderen Fällen den Problemen der Bodenversalzung nicht mehr gerecht werden kann. In jedem Falle wird man eine Optimierung im System Pflanze-Wasser-Boden-Verfahren-Betrieb anzustreben haben, die von einer *Nutzwertbetrachtung* überlagert ist.

### Der Wasserwirtschaftsplan

Die Verknüpfung der Bewässerungserfordernisse mit anderen Nutzungsinteressen am Wasserdargebot erfolgt im sogenannten Wasserwirtschaftsplan; er stellt im Flussdiagramm das letzte Glied dar. In seiner einfachsten Form enthält er:

1. das natürliche Angebot als mittlere Abflussmengenganglinie, samt Darstellung auch der extremen Niedrigwasserführung (Trockenjahre). Die Quantifizierung des Abflussregimes ist in subtropischen und tropischen und zudem kleineren Einzugsgebieten eine der schwierigsten hydrologischen Aufgaben und mit relativ hohen Unsicherheiten behaftet.
2. Die Bedarfsganglinien samt Spitzenwerten sowohl für die Bewässerung wie auch den Bedarf an Trink- und Brauchwasser und sonstige Ansprüche an den Abfluss.
3. Da Bedarfsspitzen häufig mit Niedrigabflüssen zusammenfallen, ist die Frage des Ausgleiches durch Zwischenspeicherung zu studieren.

Alle damit zusammenhängenden wasserwirtschaftlichen und technisch-ökonomischen Fragen sind hier nicht zu erörtern.

### Literatur

- (1) H. F. Blaney, W. D. Criddle: Determining Consumptive Use and Irrigation Water Requirements. Techn. Bulletin 1275, Agric. Research Service USDA, Washington 1962.
- (2) W. D. Criddle: Steuerung des Bewässerungseinsatzes bei beschränktem Wasserangebot. Zft. f. Bewässerungswirtschaft 10. Jg., Heft 1/1975, DLG-Verlag, Frankfurt.
- (3) E. Frei und P. Juhaz: Beitrag zur Methodik der Bodenkartierung und der Auswertung von Bodenkarten unter Schweizer Verhältnissen. Eidg. Landw. Versuchsanstalt Zürich, Reckenholz, 1963.
- (4) Anonymus: Crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper Nr. 24, FAO 1974.
- (5) Anonymus: Effective rainfall. Irrigation and Drainage Paper Nr. 25, FAO 1975.
- (6) Anonymus: Technique de l'irrigation et aménagement des ressources en eau. Bulletin d'Irrigation et de Drainage Nr. 1, FAO, Rome 1972.
- (7) K. Kreeb: Ökologische Grundlagen der Bewässerungskulturen in den Subtropen. G. Fischer Verlag, Stuttgart 1964.
- (8) M. Poirée, Ch. Ollier: Irrigation. Eyrolles, Paris 1966.
- (9) Goldberg, Gornat, Rimon: Drip Irrigation, principles, design and agricultural practices. Drip Irrig. Scient. Publications 1976.
- (10) O. W. Israelsen, V. E. Hansen: Irrigation Principles and Practices. J. Wiley and Sons Inc., New York 1967.
- (11) Primault: Du calcul de l'évapotranspiration. Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie. Serie B 12, 1962.
- (12) H. Walther, H. Lieth: Klimadiagramm-Atlas. G. Fischer Verlag, Jena 1967.
- (13) H. v. Pogrell: Zwei Jahre Erfahrung mit der Feldberegnung in Mittelamerika. Zft. f. Bewässerungswirtschaft 1971, Heft 1, DLG-Verlag, Frankfurt/M.
- (14) P. Ohlmeyer, J. Hoyningen-Huene: Die Probleme bei der Prognose des Wasserverbrauches einer Pflanzenbestandes... unter extrem ariden Klimabedingungen... Mitt. Nr. 46/1975 des Leichtweiss-Institutes, Braunschweig.

Adresse des Verfassers:

Prof. DDr. H. Grubinger, Institut für Kulturtechnik der ETH, 8093 Zürich-Hönggerberg

## L'irrigation goutte à goutte

J. Catzelis

On utilise le nom d'irrigation goutte à goutte pour toute une gamme de systèmes de distribution de l'eau, dont les caractéristiques communes sont les suivantes:

1. l'eau est distribuée localement, et non sur toute la surface de la culture,
2. en chaque point de distribution, elle est donnée en quantités égales.

A bon droit, les Français ont réuni ces systèmes sous le nom d'arrosage localisé.

Pour juger des avantages et inconvénients des divers systèmes proposés, il faut comprendre comment fonctionne l'arrosage localisé. C'est pourquoi, avant de décrire ces systèmes, j'exposerai comment se diffuse l'eau dans le sol à partir d'une source localisée, et ce qui en découle pour l'espacement des points d'arrosage, la dose et la fréquence d'arrosage.

### La diffusion de l'eau et ses conséquences

Les profils que nous avons effectués au cours ou après arrosage localisé ne correspondaient pas à ce qu'on lit parfois dans la littérature. Pour en avoir le cœur net, nous avons placé des tensiomètres à diverses profon-