

## 1.4. Bewässerungsbedürftigkeit und Wasserbedarf

### 1.4.1. Methoden zur Ermittlung der Bewässerungsbedürftigkeit und Bewässerungswürdigkeit

Das Bemühen verschiedener Wissenschaftler, Methoden zur Feststellung der Bewässerungsbedürftigkeit und -würdigkeit größerer Gebiete und Einzelbetriebe zu erarbeiten, weist auf die betriebsökonomische Bedeutung dieser beiden Größen bei der Bewässerungsplanung hin.

#### 1.4.1.1. Berechnungsbedürftigkeit

Die Berechnungsbedürftigkeit ist ein Schätzwert, der aus den gegebenen *Standortverhältnissen* abgeleitet wird. Mit seiner Hilfe können verschiedene Standorte im Hinblick auf einen rationellen Bewässerungseinsatz verglichen werden. In gewissen Grenzen ist damit auch ein Berechnungserfolg abzuschätzen.

Eine verhältnismäßig einfache Methode hierfür hat Klatt entwickelt. Sein Verfahren gliedert sich bei der Errechnung der Berechnungsbedürftigkeit in die Ermittlung der *Bodenmeßzahl* und der *Klimameßzahl*.

#### ■ Bodenmeßzahl (BMZ)

Klatt geht davon aus, daß von den Bodenfaktoren vor allem der *Feinerdegehalt* für die Bewässerungsbedürftigkeit eines Standortes entscheidend ist. Grundwasserverhältnisse sowie Hanglagen werden durch Abzüge bzw. Zuschläge berücksichtigt (Tabelle 3).

Tabelle 3

#### *Bodenmeßzahlen*

entnommen aus dem Werkstandard 206 des VEB Meliorationsprojektierung

Bodenart	BMZ	Abzug bei Ackerkulturen für Grundwasser bei einer Tiefe von		Zuschlag für Hanglagen bei einem Gefälle von		
		0,5–1,0 m	1,0–2,0 m	5–8 %	9–12 %	13–20 %
1	2	3	4	5	6	7
S	30–40	20–15	15– 0	0–1	1– 2	2– 3
SI	25–30	20–15	15– 0	0–2	2– 4	3– 6
IS	20–30	25–20	20– 0	1–3	4– 6	6– 9
SL	15–25	25–20	20– 0	2–4	6– 8	9–12
sL	10–20	30–25	25– 5	3–5	8–10	12–15
L	5–15	30–25	25– 5	4–6	10–12	15–18
IT	0–10	35–30	30–10	5–7	12–14	18–21
T	0–15	35–30	30–10	6–8	14–16	21–24
Mo	10–20	20–10	10– 0	—	—	—

Bei der Festlegung der Bodenmeßzahl ist ein 1,50 m mächtiger Bodenhorizont zu betrachten und für diesen ein Mittelwert anhand der Meßzahlen zu bilden. Dafür ist im allgemeinen 1 Bohrung auf 5 ha als ausreichend anzusehen, wenn die Ergebnisse der Bodenschätzung mit hinzugezogen und ausgewertet werden.

Für Abweichungen der Böden, wie

extremer Untergrund, Strukturschäden,  
extreme Abweichungen im Nährstoff- und Humusgehalt usw.,  
(in Tabelle 3 nicht ausgewiesen)

sind in der Wertspanne für jede Bodenart Ausweichmöglichkeiten nach beiden Richtungen vorhanden.

Für alle Bodenarten mittlerer Güte gelten die mittleren Werte. Bei hohem Grundwasserstand kann sich durch die vorzunehmenden Abzüge eine negative Wertzahl ergeben, die mit diesem Vorzeichen bei der später stattfindenden Verrechnung einzusetzen ist.

*Beispiel*

Lehmiger Sand (IS) in gutem Kulturzustand	+ 25
Grundwasserstand bei 1,50 m	- 10
Hanglage 6% Gefälle	+ 2
<hr/>	
Bodenmeßzahl	<u>+ 17</u>

■ Klimameßzahl (KMZ)

Der Errechnung der Klimameßzahl liegt die aus langjährigen Bewässerungsversuchen und Ertragszahlen gewonnene Erfahrung zugrunde, daß durch eine zusätzliche Wasserzufuhr keine wesentlichen Ertragssteigerungen mehr zu erzielen sind, wenn während der Vegetationszeit der Niederschlag 5 mm je 1 °C mittlere monatliche Lufttemperatur beträgt.

Die Klimameßzahl wird in Abhängigkeit von den Temperaturen und den Niederschlägen unter Berücksichtigung der relativen Luftfeuchtigkeit bestimmt.

Die *klimatische Bewässerungsbedürftigkeit*, und damit die Klimameßzahl, ist im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik gleich Null, wenn während der Vegetationsperiode je 1 °C monatlicher Durchschnittstemperatur 5 mm natürliche Niederschläge fallen.

Weniger Niederschläge ergeben eine positive Klimameßzahl, mehr Regen eine negative Klimameßzahl.

Der Berechnungszeitraum umfaßt die Vegetationsperiode vom 1. April bis 30. September. Der Berechnung ist das langjährige Mittel der Niederschläge und der Temperatur zugrunde zu legen. Der Einfluß der relativen Luftfeuchtigkeit ist bei 80 % gleich Null. Je 2,5% Abweichung verändern sich die über die Temperatur und Niederschläge errechneten monatlichen Klimameßzahlen (KMZ) dem Vorzeichen entsprechend um den Wert „1“. Die Summe der so korrigierten monatlichen KMZ, dividiert durch die Anzahl der Monate, ergibt die Klimameßzahl der Vegetationsperiode.

Bei feuchten Gebieten oder bei niedrigen Temperaturen können negative KMZ auftreten, die, wie die negativen Bodenmeßzahlen (BMZ), bei der späteren Verrechnung mit diesem Vorzeichen einzusetzen sind.

Tabelle 4

Beispiel für die Errechnung der Klimameßzahl

Monat	RR mm	TT °C	Erforderlicher Niederschlag	Relative Luftfeuchtig- keit	Zu- oder Abschlag für Luftfeuchtigkeit	KMZ
April	38	7,4	37,0	75	+ 2	+ 1
Mai	45	12,8	64,0	66	+ 6	+ 25
Juni	53	15,9	79,5	66	+ 6	+ 33
Juli	72	17,7	88,5	71	+ 4	+ 21
August	64	16,3	81,5	73	+ 3	+ 21
September	48	13,2	66,0	76	+ 2	+ 20
						+ 121

$$\text{KMZ} = 121:6 = \sim 20$$

### ■ Beregnungsbedürftigkeitswertzahl (BBZ)

Die Beregnungsbedürftigkeitswertzahl (BBZ) ist die Summe aus der Klimameßzahl (KMZ) und der Bodenmeßzahl (BMZ)

$$\text{BBZ} = \text{KMZ} + \text{BMZ}$$

Nach der BBZ schätzt Klatt die Beregnungsbedürftigkeit eines Standortes wie folgt ein:

BBZ 0– 16	nicht beregnungsbedürftig
BBZ 16– 32	bedingt beregnungsbedürftig
BBZ 32– 48	mäßig beregnungsbedürftig
BBZ 48– 64	mäßig bis stark beregnungsbedürftig
BBZ 64– 80	stark beregnungsbedürftig
BBZ 80–100	sehr stark beregnungsbedürftig
BBZ über 100	kaum landwirtschaftliche Nutzung ohne Bewässerung möglich

#### 1.4.1.2. Beregnungswürdigkeit

Die einzelnen Kulturarten reagieren auf eine zusätzliche Beregnung entsprechend ihren biologischen Eigenarten unterschiedlich. Außerdem weichen die Marktpreise für die Mehrerträge untereinander stark ab. Zur Erfassung dieser Faktoren hat Klatt jede Kulturpflanze mit einer ihr arteigenen Meßzahl belegt (siehe Tabelle 5). Diese Meßzahl ist nicht als absoluter Wert anzusehen, sondern sie ist von den jeweiligen Marktpreisen und anderen wirtschaftlichen Einflüssen abhängig.

Die Meßzahlen charakterisieren die Beregnungswürdigkeit der Pflanzen, d. h., ihre Möglichkeit auf die Beregnung mit höheren Erträgen zu reagieren.

Soll die Beregnungswürdigkeit einzelner Betriebe oder ganzer Gebiete festgestellt werden, müssen zwangsläufig auch die Boden- und Klimaverhältnisse, d. h. die Beregnungsbedürftigkeit, mit einbegriffen werden.

Tabelle 5

*Berechnungsmeßzahlen, Wasserbedarfsfaktoren und Berechnungszeiträume der Pflanzen*  
(nach Klatt) — entnommen WTF Feldwirtschaft April 1965, S. 160

Pflanzen	Berechnungs- meßzahl	Wasserbedarfs- faktor	Berechnungs- zeitraum
Winterroggen	0,5	0,6	Mai—Juni
Hafer	0,6	1,2	Mai—Juni
Sommergerste	0,7	0,8	Mai—Juni
Winterweizen	1,0	1,0	Mai—Juni
Silomais	0,4	1,0	Juli—August
Körnermais	0,4	1,0	Juli—August
Lein	1,2	1,4	Juni—Juli
Speiseerbsen	1,0	1,8	Juni—Juli
Ackerbohnen	1,0	1,8	Juni—Juli
Winterraps	0,4	0,8	April—Mai
Luzerne	0,7	1,8	Juni—August
Kleegras	1,0	2,8	Juni—August
Feldgras	1,0	2,8	Juni—September
Weide, intensiv	0,5—1,5	2,6	Juni—August
Weide, extensiv	0,2—0,5	2,2	Juni—August
Wiese	0,3	2,0	Juni—August
Sommerzwischenfrucht	0,5	1,6	August—September
Winterzwischenfrucht	0,6	1,0	April—Mai
Frühkartoffeln	5,2	1,6	Juni—Juli
Mittelfrühe Kartoffeln	2,5	2,0	Juni—Juli
Spätkartoffeln	1,0	1,4	Juli—August
Futterrüben	2,5	2,6	Juli—August
Zuckerrüben	2,6	2,5	Juli—September
<i>Feldgemüse</i>			
Spinat, früh	1,2	0,4	April—Mai
Buschbohnen	4,0	1,2	Juli—August
Frühhöhren	5,0	0,8	Juni—Juli
Sellerie	6,0	2,4	Juli—September
Porree	6,0	2,5	Juli—September
Zwiebeln	10,0	1,8	Juli—August
Gurken	10,0	2,5	Juli—August
Tomaten	20,0	2,0	Juli—August
Kohlrabi, spät	4,0	2,0	August—September
Kohlrabi, früh	5,0	1,2	Mai—Juni
Spätweißkohl	5,0	2,2	Juli—September
Spätrotkohl	6,0	2,5	Juli—September
Frührotkohl	8,0	2,2	Mai—Juni
Blumenkohl, spät	10,0	2,4	Juli—September
Blumenkohl, früh	20,0	2,2	Mai—Juni
Blumenkohlsamenbau	10,0	2,0	Mai—August
Erdbeeren, Früchte	8,0	1,2	Mai—Juni
Erdbeeren, Vermehrung	12,0	2,5	Mai—September

Anhand der Berechnungsbedürftigkeitswertzahl und der Meßzahl der Pflanzen kann die *Berechnungswürdigkeitswertzahl* für einen Betrieb oder für ein Gebiet ermittelt werden.

Zu diesem Zweck werden die zur Berechnung vorgesehenen Pflanzen hektarmäßig mit der ihr arteigenen Meßzahl multipliziert. Zweit- oder Zwischenfrüchte werden voll mit ihrem Wert eingesetzt, bei der Errechnung des Durchschnitts-Hektar-Wertes als Fläche jedoch nicht berücksichtigt.

Abschließend wird die Berechnungsbedürftigkeitswertzahl mit der durchschnittlichen Hektar-Meßzahl multipliziert. Das Ergebnis ist die *Berechnungswürdigkeitswertzahl*.

Bei der Errechnung dieser Wertzahl ist noch zu beachten, daß von der Bedürftigkeitswertzahl der S- und SI-Böden folgender Abzug gemacht wird:

$$S = \text{minus } 10$$

$$SI = \text{minus } 5$$

Diese Abzüge sind durch die höheren Berechnungskosten der leichten Böden – verursacht durch ihre geringere wasserhaltende Kraft – bedingt.

Die Berechnungswürdigkeitswertzahlen haben nach Klatt folgende Aussagekraft:

Wertzahl	Wirtschaftlichkeit
unter 25	Berechnung kaum rentabel
25–125	Berechnung befriedigend
125–250	Berechnung gut
über 250	Berechnung sehr gut

Tabelle 6

*Beispiel für die Errechnung der Berechnungswürdigkeit*

Frucht	ha	Meßzahl	Meßzahl x ha
Getreide (Hafer)	20	0,6	12
Zuckerrüben	30	2,6	78
Frühkartoffeln	30	5,2	156
Spätkohl (als Zweitfrucht)	(30)	5,0	150
	80		396

$$\text{Durchschnittsmeßzahl} = 396:80 \approx 5$$

$$ha - \text{Meßzahl} \times \text{BBZ} = \text{Berechnungswürdigkeit}$$

$$5 \times 37 = 185$$

$$\text{Ergebnis} = \underline{\underline{\text{Berechnung gut rentabel}}}$$

#### 1.4.2. Methoden zur Ermittlung des Wasserbedarfs

Bei der Planung, der Projektierung und dem Betrieb von Bewässerungsanlagen ist der zusätzliche Wasserbedarf mit größter Sorgfalt zu ermitteln.

Vom ausgewiesenen Wasserbedarf ist im wesentlichen die gesamte Dimensionierung der Anlagenteile, wie Pumpen, Rohrnetz usw., entscheidend abhängig.

Ein Überschuß an Wasser ist ebenso schädlich wie ein Mangel an Feuchtigkeit.

Der zuverlässigste Kennwert für eine richtig bemessene Wassermenge ist der *Ernteertrag*. Versuche über die Beziehung zum Bodenwassergehalt unterstreichen diese Feststellung eindeutig. Der günstigste Wassergehalt des Bodens liegt etwa bei 60 % seiner maximalen Wasserspeicherkapazität.

Bei geringerem Wassergehalt nehmen die Erträge ab, weil zu wenig Wasser vorhanden ist, bei höherem Wassergehalt gehen die Ernteerträge zurück, da dann der Porenraum des Bodens zu wenig Luft enthält.

Der Boden soll im oberen Horizont möglichst 50 % feste, 25 % gasförmige und 25 % flüssige Bestandteile aufweisen.

Der Wasserverbrauch der Pflanzen wird beeinflußt durch:

Temperatur, Beleuchtungsverhältnisse, Bodenfeuchte, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und das Verhältnis der Nährsalze zur Menge des Stickstoffs im Boden.

Nach Versuchen von Mitscherlich (Topfversuch) beträgt der *relative Wasserverbrauch* (Transpirationsfaktor) in kg Wasser je kg Ernteerzeugnis bei

Gräsern	471–699 kg
Klee	403–514 kg
Leguminosen	289–430 kg
Getreide	440–564 kg
Hackfrüchten	298–314 kg
Mais	192 kg

Der Wasserbedarf der Kulturpflanzen auf mittleren Böden ist der Tabelle 7, S. 28, zu entnehmen.

Die angegebenen monatlichen natürlichen Niederschlagsmengen stellen das Optimum der Wasserversorgung bei den angegebenen Temperaturen dar. Jede Erhöhung der monatlichen Durchschnittstemperaturen um 1° entspricht etwa 5 mm mehr natürlichem Regen; eine Verminderung um 1° verringert den Wasserbedarf analog um 5 mm.

Nach Klatt ist eine Zusatzberechnung *unwirtschaftlich*, wenn das monatliche Regendefizit nur 10–20 % beträgt. Ebenfalls ist darauf zu achten, daß das Defizit der vergangenen Monate mit angerechnet werden muß, wenn es nicht durch Zusatzregen ausgeglichen wurde. Die Werte gelten für mittlere Böden, bei S-Böden ist etwa 15 % mehr, bei IT-Böden bis 15 % weniger Wasser erforderlich.

Sofern diese Werte für die Aufstellung von Berechnungsplänen herangezogen werden, ist zu beachten, daß

40 mm Tagberechnung	=	20 mm natürlichem Regen
30 mm Nachtberechnung	=	20 mm natürlichem Regen

entsprechen.

Tabelle 7

Wasserbedarf verschiedener landwirtschaftlicher Kulturarten bei normaler Witterung in mm natürlicher Niederschlag — nach Klatt<sup>1</sup>

Pflanzenart	Durchschnittstemperatur °C					
	April 8	Mai 13	Juni 16	Juli 18	August 17	September 14
Winterroggen	35	70	70	45	—	—
Sommerroggen	45	65	70	50	—	—
Winterweizen	35	55	70	60	—	—
Sommerweizen	45	65	70	60	—	—
Hafer	50	65	75	60	—	—
Sommergerste	50	60	70	45	—	—
Wintergerste	40	65	60	30	—	—
Hirse	—	45	55	70	65	—
Mais	—	50	60	70	65	50
Lein	45	65	75	65	—	—
Ackerbohne	50	70	90	60	—	—
Erbse	40	65	70	45	—	—
Raps	50	70	75	30	—	—
Frühkartoffeln	—	60	80	60	—	—
Spätkartoffeln	—	50	60	80	70	—
Zuckerrüben	50	50	60	90	90	60
Futtermüben	50	50	70	90	85	55
Rotklee	50	70	80	90	80	60
Luzerne	50	65	75	80	75	60
Weiden	50	70	90	100	80	60
Wiesen	50	65	80	90	80	55
Landsberger Gemenge	60	80	—	—	—	—
Sommerzwischenfrucht	—	—	—	80	90	60
Frühkohl	50	70	90	80	—	—
Spätkohl, Dauerkohl	—	60	70	90	90	60
Frühblumenkohl	50	70	100	80	—	—
Spätblumenkohl	—	—	—	90	110	90
Frühkohlrabi	50	70	70	—	—	—
Spätkohlrabi	—	—	—	90	80	60
Sellerie	—	60	70	90	85	75
Gurken	—	50	60	70	60	—
Tomaten	—	50	60	70	60	50
Buschbohnen	—	50	65	80	65	—
Frühhöhren	45	60	80	60	—	—
Spätmöhren	45	50	70	80	80	60
Spinat, früher	65	—	—	—	—	—
Spinat, später	—	—	—	—	80	70

<sup>1</sup> Klatt, „Technik und Anwendung der Feldberegnung“, VEB Verlag Technik, Berlin 1958

#### 1.4.2.1. Ermittlung des Jahreszusatzwasserbedarfs

Der gesamte Jahreszusatzwasserbedarf wurde bislang nach äußerst unterschiedlichen Methoden ermittelt. Im allgemeinen wurden mehr oder weniger fundierte Erfahrungssätze zugrunde gelegt.

Entsprechend der Projektierungsrichtlinie des VEB Meliorationsprojektierung wird der Wasserbedarf jetzt meist nach den von Klatt entwickelten Berechnungsgrundlagen festgestellt.

##### ■ Gesamtzusatzwasserbedarf (GZB)

Die Gesamtzusatzwassermenge, die wirtschaftlich vertretbar und der Projektierung zugrunde zu legen ist, wird über den Wasserbedarfsfaktor, der für die verschiedenen Kulturpflanzen in Tabelle 8 angegeben ist, nach folgender Formel ermittelt:

$$GZB = BBZ \times \text{Wasserbedarfsfaktor}$$

Es bedeuten:

GZB = Gesamtzusatzwasserbedarf in mm

BBZ = Berechnungsbedürftigkeitswertzahl

In dem Wasserbedarfsfaktor ist die unterschiedliche Wirkung von Natur- und Kunstregen berücksichtigt.

##### ■ Monatlicher Zusatzwasserbedarf (mZWB)

Der ermittelte Gesamtzusatzwasserbedarf (GZB) wird über die Klimameßzahl auf die maßgebenden Monate des in Tabelle 8, Spalte 9 (S.30) angegebenen Berechnungszeitraumes aufgeteilt:

$$mZWB = \frac{GZB \cdot mKMZ}{KMZ_B}$$

GZB = Gesamtzusatzwasserbedarf

mZWB = monatlicher Zusatzwasserbedarf in mm

mKMZ = monatliche Klimameßzahl

KMZ<sub>B</sub> = Summe der mKMZ der maßgebenden Monate des Berechnungszeitraumes

Der so ermittelte Zusatzregen ist unter Berücksichtigung einer einheitlichen Berechnungstechnologie entsprechend des in Tabelle 8 angegebenen Berechnungszeitraumes zu verteilen, d. h. auf ganze Monate, Teilmonate oder im geringen Maße mit auf die Monate, die an die maßgebenden Monate angrenzen.

Obwohl entsprechend den Projektierungsrichtlinien des VEB Meliorationsprojektierung die Bemessung der Anlage nach dem über diese Formeln ermittelten Wasserbedarf vorgenommen werden kann, wird jedoch grundsätzlich empfohlen, einen *Berechnungsplan* auszuarbeiten. Dieser ist unter Beachtung der gegebenen Hinweise nach den Bedarfswerten der Tabelle 7 zu erstellen. Erst danach ist die Anlage in Übereinstimmung mit den objektiven Erfordernissen und Möglichkeiten zu bemessen.

Eine sehr gute, aber auch arbeitsaufwendige Methode der Zusatzwasserbedarfsermittlung wird in den Projektierungsbetrieben der ČSSR angewendet. Der Wasserbedarf wird wie folgt ermittelt:

$$W_{\text{gesamt}} = W_{\text{Pflanzen}} + V_{\text{Boden}} - N_{\text{Vegetation}} - W_{\text{Boden}} \text{ (m}^3/\text{ha)}$$



Tabelle 8

Optimaler Berechnungszeitraum

entnommen aus dem Werkstandard 207 des VEB Meliorationsprojektierung

Pflanzenart	Wasserbedarfsfaktor	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Maßgebende Monate des Berechnungszeitraumes
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Winterroggen	0,6		—					Mai
Winterweizen	1,0		—	—	—			Mai—Juni
Sommerweizen	0,9			—	—			Juni
Hafer	1,2		—	—	—			Mai—Juni
Sommergerste	0,8		—	—				Mai—Juni
Mais	1,0				—	—		Juli—Aug.
Lein	1,4		—	—				Mai—Juni
Ackerbohnen	1,8			—	—			Juni—Juli
Erbsen	1,8		—	—				Mai—Juni
Winterraps	0,8	—	—					April—Mai
Frühkartoffeln	1,6			—	—			Juni
Mittelfrühe Kartoffeln	2,0				—	—		Juli
Spätkartoffeln	1,4				—	—	—	Juli—Aug.
Zuckerrüben	2,5				—	—	—	Juli—Sept.
Futtermüben	2,6				—	—	—	Juli—Aug.
Rotklee	2,8		—	—	—	—	—	Juni—Aug.
Luzerne	1,8			—	—	—	—	Juni—Aug.
Weide, intensiv	2,6			—	—	—	—	Juni—Aug.
Wiese	2,0			—	—	—	—	Juni—Aug.
Winterzwischenfrucht	1,0		—					Mai
Sommerzwischenfrucht	1,6				—	—	—	Juli—Sept.
Klee-Gras- oder Gras-Klee- Gemenge	2,8		—	—	—	—	—	Mai—Sept.
Frühkohl	2,2		—	—				Mai—Juni
Spätkohl	2,5				—	—	—	Juli—Sept.
Frühblumen- kohl	2,2			—				Mai—Juni
Sellerie	2,4				—	—	—	Juli—Sept.
Gurken	2,5				—	—		Juli—Aug.
Tomaten	2,0				—	—	—	Juli—Aug.
Frühmöhren	0,8			—	—			Juni—Juli
Porree	2,5				—	—	—	Juli—Sept.
Zwiebeln	1,8				—	—		Juli—Aug.
Schwarzwurzeln	2,5				—	—	—	Juli—Sept.

Hierbei bedeuten:

- $W_{\text{gesamt}}$  = Gesamtbewässerungsmenge  
 $W_{\text{Pflanzen}}$  = vegetativer Wasserbedarf der Pflanzen  
 $V_{\text{Boden}}$  = unproduktive Bodenverdunstung  
 $N_{\text{Vegetation}}$  = verwendbare Niederschläge während der Vegetationszeit  
 $W_{\text{Boden}}$  = Bodenwasservorrat, der von den Pflanzen in der Vegetationszeit verbraucht wurde

Der *vegetative Wasserbedarf* der Pflanzen ( $W_{\text{Pflanzen}}$ ) wird über den Transpirationsfaktor und die durchschnittlichen Ernteerträge ermittelt. Diese Werte können nach den Projektierungsrichtlinien der ČSSR im Mittel folgendermaßen angesetzt werden (Tabelle 9).

Tabelle 9

*Transpirationsfaktor und durchschnittliche Ernteerträge*

Kulturart	Transpirationsfaktor im Mittel	Ernteerträge (dt/ha) Trockensubstanz
Getreide (Korn + Stroh)	400	32,5
Hackfrüchte		
Kartoffeln	250	60,0
Rüben	250	100,0
Klee + Futterpflanzen	450	37,5
Heu	500	40,0

Aus der Multiplikation der Ernteerträge mit dem Transpirationsfaktor ergibt sich der Wert  $W_{\text{Pflanzen}}$ .

Die *unproduktive Verdunstung* aus dem Boden ( $V_{\text{Boden}}$ ) erhöht den Gesamtverbrauch an Bewässerungswasser erheblich. Hier gibt es ebenfalls Richtwerte.

Bei den *verwendbaren Niederschlägen* während der Vegetationszeit ( $N_{\text{Vegetation}}$ ) sind die zu erwartenden Niederschläge in Ansatz zu bringen. Es ist jedoch zu beachten, daß der effektive Ausnutzungsgrad bei 0,6 liegt.

In unseren Breiten ist zu Beginn der Vegetationszeit ein Vorrat an Bodenwasser (Winterfeuchtigkeit) vorhanden. Der *verbrauchte Wasservorrat* ( $W_{\text{Boden}}$ ) stellt die Differenz zwischen dem Feuchtigkeitsvorrat im Boden am Tag der Aussaat und am Tag der Ernte dar. Er wird aus Messungen ermittelt.

Im Durchschnitt ist nach Kaatz in Gebieten mit tiefem Grundwasserstand im Frühjahr bei den einzelnen Bodenarten bis zu 1,6 m Tiefe mit folgenden Bodenwasserreserven zu rechnen (Tabelle 10).

Tabelle 10

*Bodenwasserreserven*

Bodenarten		Bodenwasserreserven im Frühjahr bis 1,0 m Tiefe mm
Sand	(S)	75–100
anlehmiger Sand	(SI)	100–125
lehmiger Sand	(IS)	125–150
Starksandiger Lehm	(SL)	150–175
sandiger Lehm	(sL)	175–200
Lehm	(L)	200–225
Toniger Lehm	(LT)	225–250
Ton	(T)	250–300

#### 1.4.2.2. Ermittlung des maximalen Stundenbedarfs an Bewässerungswasser

Der *maximale stündliche Bedarf* an Bewässerungswasser ist von besonderer Wichtigkeit für die Dimensionierung der Pumpen und des Rohrnetzes. Da nachträgliche, ursprünglich nicht vorgesehene Veränderungen bzw. Erweiterungen mit erheblichen Kosten verbunden sind, ist hier ebenfalls äußerste Sorgfalt und Umsichtigkeit geboten. Die Angabe des maximalen Stundenbedarfes ist ebenfalls für die Bereitstellung des Bewässerungswassers von Bedeutung.

Bei der Ermittlung des Stundenbedarfs an Wasser sind grundsätzlich perspektivische Veränderungen mit einzukalkulieren.

Für die Dimensionierung der Pumpen und des Rohrnetzes ist der Bedarf für Jahre mit *normalen Niederschlägen* (Durchschnittsjahr) zugrunde zu legen; der *Mehrbedarf* für Trockenjahre wird dann durch verlängerte Betriebszeiten ausgeglichen.

Die anzusetzende Betriebszeit ist von entscheidender Bedeutung für die Bestimmung des maximalen Stundenbedarfes und somit für die Bemessung der Anlage und der damit im Zusammenhang stehenden erforderlichen Investitionen.

In der Projektierungsrichtlinie des VEB Meliorationsprojektierung wurden als Berechnungsgrundlage *800 Betriebsstunden/Jahr* angesetzt, obwohl derzeit diese Einsatzzeit im Durchschnitt bei den vorhandenen Anlagen noch nicht ganz erreicht worden ist. Eine *Verringerung der Betriebszeit* würde aber in jedem Fall eine bedeutende Erhöhung der erforderlichen Investitionen nach sich ziehen.

Auf der anderen Seite ist jedoch zu beachten, daß eine *hohe vorgesehene Betriebszeit* die Gefahr in sich birgt, daß in Trockenperioden die Anlage den Erfordernissen nicht mehr gerecht werden kann. Sie ist in diesem Fall zu klein bemessen.

Rechnerisch wird der *maximale Stundenbedarf* ( $Q \text{ m}^3/\text{h}$ ) nach folgender Formel ermittelt:

$$Q \text{ m}^3/\text{h} = \frac{\text{Fläche (ha)} \times \text{Zusatzregen (mm)} \times 10}{\text{Betriebszeit (h/Jahr)}}$$

Der Faktor 10 ist eine Konstante. Diese ist für die Umrechnung von mm auf m<sup>3</sup> (1 mm/ha = 10m<sup>3</sup>/ha) erforderlich.

Zur Kontrolle kann der Stundenbedarf ebenfalls über den *Berechnungsplan* errechnet werden. In diesem Falle wird der maximale Bedarf je Monat bzw. Dekade zugrunde gelegt.

Als Faustzahl kann ein Stundenbedarf von 1,0 bis 2,0 m<sup>3</sup> × ha Berechnungsfläche entsprechend der Intensität der Berechnungsfruchtfolge angenommen werden.

#### 1.4.2.3. Wasserbedarf und Wasserdargebot in der DDR und Möglichkeiten der Bedarfsdeckung

Entsprechend der Perspektivzahlen der Landwirtschaft muß die Bewässerungsfläche von gegenwärtig etwa 80000 ha auf 1400000 ha erhöht werden. Unter Berücksichtigung der Perspektive und der im Abschnitt 1.4.2.1. auf S. 29 genannten Wasserbedarfszahlen/ha Berechnungsfläche erhöht sich der *Gesamtbedarf* an Bewässerungswasser bei einem durchschnittlichen spezifischen Bedarf von 1,0 m<sup>3</sup>/h × ha bzw. 10,0 m<sup>3</sup>/Tag × ha auf etwa 1400 000 m<sup>3</sup>/h bzw. etwa 14 000 000 m<sup>3</sup>/Tag.

Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß das Wasser nicht in unbeschränktem Maße zur Verfügung steht und andererseits mehr oder weniger alle Industriezweige erhebliche Mengen Wasser benötigen. So werden z. B. für die Produktion von

1 t Braunkohlenbriketts	bis	2 m <sup>3</sup>
1 t Steinkohlenförderung	bis	25 m <sup>3</sup>
1 t Zucker		120 m <sup>3</sup>
1 t Zellwolle		125 m <sup>3</sup>
1 t Stahl		250 m <sup>3</sup>
1 t Feinpapier		400 m <sup>3</sup>
1 t Wollstoff		600 m <sup>3</sup>
1 t Kunstseide		400–760 m <sup>3</sup>

Wasser benötigt.

Mit der Steigerung der Produktion und des Lebensstandards steigt auch der Wasserbedarf.

- Das Wasser ist ein wichtiger Grundstoff und ein Umweltfaktor von weitreichender Wirksamkeit. Es greift in den Lebens- und Arbeitsbereich jedes Bürgers ein.
- Es dient allen Lebewesen zur Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge und des Stoffwechsels.
- Wasser bildet als Produktionsmittel eine wichtige Grundlage für den Produktionsprozeß fast aller Wirtschaftszweige.
- Als universaler Wachstumsfaktor ist das Wasser eine entscheidende Voraussetzung für die Land- und Forstwirtschaft.

- Im Verkehr dient es als Kesselspeise- und Kühlwasser für Schienen-, Straßen- und Wasserfahrzeuge.
- Auf den schiffbaren Gewässern ist es die Transportgrundlage für die Binnenschifffahrt.
- Für die Binnenfischerei ist das Wasser in den Seen, Talsperren und Flüssen Grundlage der Produktion.
- Wasser ist für die Volksgesundheit und Volkserholung wichtig.

#### ■ Klarwasser

Die Wasserbilanz der Deutschen Demokratischen Republik (Stand 1965) weist folgende Werte aus:

Bei einem mittleren Niederschlag von etwa  $6 \cdot 10^{10} \text{ m}^3/\text{Jahr}$  verbleibt nach der Verdunstung ein Abfluß von etwa  $15 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{Jahr}$ . Dieser Abfluß kann in Trockenjahren bis auf  $7 \cdot 10^9 - 6 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  sinken.

Der gesamte Wasserbedarf beträgt zur Zeit etwa  $7 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{Jahr}$ .

Davon entfallen etwa:

- 78 % auf die Versorgung der Industrie,
- 11 % auf die Versorgung der Bevölkerung,
- 11 % auf die Landwirtschaft.

In der weiteren Perspektive von 1970 bis 1975 wird der Bedarf auf  $11 \cdot 10^9 - 12 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{Jahr}$  geschätzt.

Der Wasserbedarf wird zur Zeit zu etwa 75 % aus den Oberflächengewässern (Seen, Flüssen, Talsperren) und zu 25 % aus dem Grundwasser gedeckt.

Bei dem derzeitigen Wasserbedarf erscheint im DDR-Durchschnitt die Wasserbilanz auch in Trockenjahren noch ausgeglichen. Diese Ausgeglichenheit ist aber in den Industriezentren bereits heute nicht mehr gegeben. Hier muß in der Zeit des Spitzenbedarfes ein und dieselbe Wassermenge schon *mehrfach* genutzt werden.

Auf Grund des beschränkten Wasserdargebotes muß bei den Bewässerungsverfahren ein *sparsamer Wasserbedarf* angestrebt werden. Wichtig ist auch, daß die *Höhe des Wasserbedarfs* als ein entscheidendes Kriterium für die Wahl der Bewässerungsart zugrunde gelegt wird; in der Deutschen Demokratischen Republik wäre demnach neben dem Grabenanstau vorwiegend dem *Beregnungsverfahren* der Vorrang zu geben.

Ausgehend von diesen Analysen wurden im Rahmen der Gesamtwasserbilanz der DDR durch die Wasserwirtschaftsdirektionen für die einzelnen Flußgebiete die Möglichkeiten für die Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen untersucht. Grundlage hierfür waren die hydrologischen Bedingungen des nutzbaren Wasserabflusses in einem Jahr mit normalen Niederschlägen bei mittlerer Niedrigwasserführung. Auf Grund dieser Bilanz kann *Klarwasser* zu Berechnungszwecken nur in beschränktem Umfang, d. h. für etwa 600 000 ha, zur Verfügung gestellt werden.

#### ■ Abwasser

Auch unter Berücksichtigung einer weiteren Erhöhung der Bewässerungsfläche durch zusätzliche Wasserspeicherung kann das Bewässerungsprogramm mit dem zur Verfügung stehenden Klarwasser nicht realisiert werden.

Bei der großen Bedeutung, die das Grundwasser in der DDR für die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser hat, muß grundsätzlich von der Entnahme aus dem Grundwasser zu Beregnungszwecken in größeren Mengen Abstand genommen werden.

Eine Möglichkeit, die Wasserbereitstellung zu verbessern, liegt in der *Reinigung der Abwässer*.

Ständig nimmt der Verschmutzungsgrad der Wasserläufe zu. Fischsterben, Badeverbot, Geruchsbelästigungen sind die sichtbaren Folgen.

Hauptursache dieser Verschmutzung ist die Einleitung der häuslichen und der industriellen Abwässer aus den Städten und Gemeinden in die Gewässer. Hier liegt eine entscheidende *Reserve* des Wasserbedarfes, zum Teil auch des Düngerbedarfes für die Kulturpflanzen. Es fallen täglich etwa 20 Millionen m<sup>3</sup> Abwasser an. Wasserwirtschaftlich besteht eine dringende Notwendigkeit, diese Abwässer zu reinigen.

Das Bestreben, diese durch *Bodenfiltration* zu reinigen, gab den Anlaß zur Entstehung der *Rieselfelder* der Großstädte, von denen die 90 Jahre alten Berliner Rieselfelder zu den ältesten gehören. Zwar stand die landwirtschaftliche Nutzung im Anfang durchaus hinter dem Bestreben zurück, die größtmögliche Wassermenge auf kleinster Fläche unterzubringen. Eine unvollkommene Reinigung, Bodendegradation und auch pflanzen-schädigende Wirkungen waren die Folge dieser überlasteten Flächen.

Bei dem heute üblichen weiträumigen Verwertungsprinzip sind die Anforderungen der Abwasserreinigung und der landwirtschaftlichen Nutzung gleichgeschaltet. Dieses Verwertungsprinzip wurde auf Grund der angeführten Mängel sowie des stark angewachsenen Interesses der Landwirtschaft an intensitätssteigernden Maßnahmen entwickelt.

**In der landwirtschaftlichen Abwasserverwertung liegt eine entscheidende Reserve zur Erhöhung der Erträge durch die Erweiterung der Bewässerungsflächen.**

Es ist volkswirtschaftlich nicht zu vertreten, daß mit hohen Investitionen Grundwasser für Bewässerungszwecke genutzt wird, das der Trinkwasserversorgung entzogen wird, wenn in naher Umgebung weiterhin Abwässer ungenutzt in den Vorfluter eingeleitet werden.

Für den Abwasserlieferanten ist zwar die Einleitung der Abwässer in die Vorfluter die einfachste und billigste Methode. Vom Standpunkt der Volkswirtschaft aus, birgt die *Verschmutzung der Gewässer* eine große Gefahr in sich. Außerdem ist die Beseitigung der Abwässer nach dieser Methode unproduktiv. Trotz der oft bevorzugten *künstlich-biologischen Reinigungsverfahren* wird die Verschmutzung und Verkrautung der Gewässer nicht wesentlich eingeschränkt. Ferner werden trotz dieser Reinigungsverfahren die eventuell noch im Abwasser enthaltenen Krankheitskeime nicht oder nur unvollständig beseitigt.

**Die landwirtschaftliche Verwertung der Abwässer ist die bestmögliche Reinigung und gleichzeitig ein hochproduktives Verfahren.**

Die Abwassermengen fließen somit nicht auf dem kürzesten Wege dem Meere zu, sondern steigern auf Grund ihres Wasser- und Nährstoffwertes die Ertragsleistungen der Böden.

## AUFGABEN

1. Ermitteln Sie
    - a) die Berechnungsbedürftigkeit
    - b) die Berechnungswürdigkeit!
  2. Errechnen Sie die Jahreszusatzwassermenge!
  3. Berechnen Sie die erforderliche Pumpenleistung ( $\text{m}^3/\text{h}$ )!
- Gegebene Werte:  
 Standort: Sandiger Lehm Boden  
 Grundwasserstand: bei 2 m unter Gelände

**Tabelle 11**

**Klima:**

	Niederschlag mm	Temperatur °C	Relative Luftfeuchtig- keit
April	35	7,8	75
Mai	42	12,8	60
Juni	48	16,2	70
Juli	65	17,8	72
August	58	17,2	74
September	46	14,1	76

Berechnungsfläche: 300 ha

Zuckerrüben	25%	Kleegras	25%
Frühkartoffeln	5%	Blumenkohl, früh	7%
Spätkartoffeln	13%	Sommerzwischenfrucht	12%
Winterweizen	25%		