

1.1. Einleitung

Die Beschlüsse der Parteitage, des Zentralkomitees der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands, die gesetzlichen Festlegungen der Regierung der Deutschen Demokratischen Republik sowie die Konferenzen der sozialistischen Landwirtschaftsbetriebe stellen der Landwirtschaft konkrete Aufgaben, die der Erhöhung des Lebensstandards der Bevölkerung dienen.

Eine der wichtigsten Aufgaben ist die Erhaltung und Mehrung der Bodenfruchtbarkeit auf dem Acker und dem Grünland.

Diese Zielstellung ist eine der Grundvoraussetzungen für die *Intensivierung* der landwirtschaftlichen Produktion und die *Erhöhung* der Erträge.

Der Wasserhaushalt hat einen entscheidenden Einfluß auf die *Bodenfruchtbarkeit*. Seit Jahrhunderten wird in Deutschland mit großem Erfolg daran gearbeitet, den Überschuß an Wasser zu beseitigen. Es wurden Hochwasserschutzdeiche gebaut, um riesige Ländereien gegen die verheerenden Wirkungen der Überschwemmungen zu schützen. Große Sumpfsgebiete und umfangreiche Moore wurden entwässert und für die landwirtschaftliche Nutzung erschlossen. Unzählige Regulierungen an Wasserläufen wurden und werden durchgeführt, um landwirtschaftliche Nutzflächen zu entwässern. Viele Tausende von Dränungen tragen dazu bei, die Erträge zu steigern.

Alle Meliorationsmaßnahmen, durch die der Überschuß an Wasser beseitigt wird, haben sich erfolgreich ausgewirkt und vielen Menschen Nahrung gegeben.

Ebenso wie es Ländereien gibt, auf denen durch Entwässerungsmaßnahmen die landwirtschaftlichen Erträge gesteigert werden können, gibt es größere Gebiete, auf denen die Feuchtigkeit fehlt, um sie intensiv nutzen zu können.

In regenarmen und verhältnismäßig dichtbesiedelten Gebieten der Erde hat sich die *künstliche Bewässerung* von landwirtschaftlich genutzten Flächen zur Ertragssteigerung schon früh entwickelt. Vor allem in Ägypten und Mesopotamien bestanden schon vor etwa 4000 Jahren ausgedehnte Bewässerungsanlagen.

Auch die Ausgrabungen der nach der Entdeckung Amerikas versunkenen Kulturen der Inkas in Peru und der Azteken in Mexiko geben Kunde von der hochentwickelten Bewässerungstechnik dieser Völker.

Diese Kulturvölker des frühen Altertums sind mit durch diese Bewässerungsanlagen zu hoher Blüte gelangt. Später verfiel aber die Mehrzahl dieser Anlagen, wodurch auch der Wohlstand sank.

Von Arabien und Ägypten breitete sich die Technik der künstlichen Bewässerung über

den ganzen Mittelmeerraum aus. Damit wurden auch die südlichen Teile Europas erfaßt. In Mittel- und Nordeuropa erlangte die Bewässerung erst verhältnismäßig spät Eingang. Für die hier betriebene extensive Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen reichten die natürlichen Niederschläge aus. Erst mit der weiteren Industrialisierung stieg der Bedarf an landwirtschaftlichen Produkten und somit auch das Interesse an landwirtschaftlichen Intensivierungsmaßnahmen.

In Europa haben wahrscheinlich die Spanier die Bewässerung zuerst eingeführt. Ihnen folgten nach den Franzosen die Schweizer.

In Deutschland wurde erst spät begonnen, das Wasser für Bewässerungszwecke zu nutzen.

Das Wasser wurde damals nur für die *Wiesenberieselung* benutzt. Größere Anlagen entstanden im 19. Jahrhundert in Verbindung mit dem Bau von Schiffahrtskanälen.

Für die Ackerbewässerung hat sich besonders Max Eyth eingesetzt. Auf seine Anregung hin trat im Jahre 1894 ein Ausschuß der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) zusammen, um über die Wichtigkeit und Einträglichkeit der Ackerbewässerung zu beraten. Jedoch traten jetzt technische Probleme in den Vordergrund. Die *Berieselung* und *Überstauung* eignen sich in der Regel nur für Grünland; bei Feldfrüchten sind sie nur in sehr begrenztem Maße möglich.

Einon bedeutenden Aufschwung nahm die Ackerbewässerung mit der Entwicklung von *Regenanlagen*, die sich aus den allereinfachsten Methoden der Schlauchbespritzung bis zu den modernen Weitstrahlregnern entwickelt haben.

Der Umfang der bewässerungsbedürftigen Fläche kann in der Deutschen Demokratischen Republik mit etwa 1,4 Millionen ha angegeben werden.

Die Aussagekraft dieser Zahlenangabe ist zweifellos relativ zu beurteilen. Daß diese berechnungsbedürftigen Flächen gute Erträge abwerfen können, ist in Jahren mit hohen Niederschlägen zu erkennen. Überhaupt ist festzustellen, daß in *nassen Jahren* allgemein höhere Ernten als in *trockenen* erzielt werden.

Tabelle 1

Bewässerungsflächen der RGW-Länder (nach Schindler)

	Stand 1963 Bewässerung			Perspektive 1980 Bewässerung		
	1000 ha	% LN	davon Beregnung 1000 ha	1000 ha	% LN	davon Beregnung 1000 ha
VR Bulgarien	800	14,0	140	2900	50,9	1600
ČSSR	96	1,4	76	1500	21,1	1425
DDR	79	1,2	50	1156 ¹	17,4	946 ¹
Mongolische VR	12,5	—	0,8	100	—	80
VR Polen	300	1,5	3,2	3100	15,6	400
VR Rumänien	200	1,4	100	nicht bekannt		
SU	9500	1,8	200	28000	5,1	1400
Ungarische Volksrep.	270	3,9	171	2000	29,0	1400

¹ nach Eich

Fast in jedem Jahr wirkt sich die unterschiedliche Niederschlagsverteilung in den einzelnen Vegetationsabschnitten auf die Entwicklung einer Reihe von Kulturpflanzen nachteilig aus, so daß trotz zweckmäßiger Durchführung aller acker- und pflanzenbau-licher Maßnahmen nicht immer der erwartete Ertrag erzielt wird.

Besonders groß sind die Vorteile der *anfeuchtenden Bewässerung* in regenarmen Sommern, in denen meist große Wärmemengen zur Verfügung stehen, die jedoch aus Wassermangel von den Pflanzen nicht ausgenutzt werden können.

Welche Bedeutung der *Bewässerung* in den sozialistischen Ländern zugemessen wird, zeigen die Aufgaben über die bereits erschlossenen Bewässerungsflächen und die in den Perspektivplänen angegebenen Zahlen (Tabelle 1, S 14).

Tabelle 2
*Bewässerungsflächen einiger
 kapitalistischer Länder (nach Schindler) –
 Stand 1960*

	Bewässerung in % der LN
Dänemark	2,0
Frankreich	7,2
Italien	13,3
Westdeutschland	2,0

Perspektivzahlen der kapitalistischen Länder liegen nur unvollständig vor; es beweist sich aber auch hier, daß stark auf die Bewässerung orientiert wird.

Italien:	Stand 1930 =	5 181 ha
	1950 =	44 267 ha
	1957 =	329 321 ha
Frankreich:	Stand 1946 =	400 ha
	1958 =	20 100 ha
	bis 1980 =	370 000 ha

War die Bewässerung bei den alten Kulturvölkern eine absolute Lebensnotwendigkeit, so wird der Umfang im Kapitalismus im wesentlichen von der Profitsucht und dem Streben nach der Beherrschung des Weltmarktes beeinflußt.

In der sozialistischen Gesellschaftsordnung hat die Bewässerung die allgemeine Verbesserung des Lebensstandards der Bevölkerung zum Inhalt.

1.2. Arten und Formen der Bewässerung

1.2.1. Arten der Bewässerung

Unter dem Begriff „Bewässerung“ ist vom technischen Standpunkt aus betrachtet die künstliche Zufuhr von reinem Wasser oder Wasser mit gelösten und ungelösten Inhaltsstoffen zur Pflanze und zum Boden zu verstehen.

Das Ziel der Bewässerung ist in jedem Falle, die Bodenfruchtbarkeit zu verbessern, die Quantität und die Qualität der Erträge zu erhöhen, und somit die Produktivität der landwirtschaftlichen Arbeit zu steigern.

Nach dem Ziel und dem Zweck der Bewässerung werden folgende *Arten der Bewässerung* unterschieden:

- die anfeuchtende Bewässerung
- die düngende Bewässerung

1.2.1.1. Anfeuchtende Bewässerung

Die anfeuchtende Bewässerung soll dazu dienen, den Boden in regenarmer Zeit mit der zur optimalen Entwicklung der Pflanzen erforderlichen Wassermenge zu versorgen. In der Regel wird Wasser verwendet, das aus niederschlagsreichen Gebieten ober- oder unterirdisch zufließt bzw. künstlich zugeleitet wird, oder das in niederschlagsreichen Jahreszeiten im Bewässerungsgebiet in Seen, Teichen, Talsperren und im Boden gespeichert wurde. Im letzteren Falle ist sowohl die Entnahme aus dem Grundwasser als auch aus dem Vorfluter zu verstehen.

1.2.1.2. Düngende Bewässerung

Bei der düngenden Bewässerung wird das Wasser nicht nur zur Bewässerung dem Boden zugeführt, sondern dient vorwiegend als Transportmittel für die in den Boden einzubringenden Nährstoffe. Es werden dabei unterschieden:

- die Bewässerung mit Abwässern (Abwasserverwertung),
- die Bewässerung mit Klärschlamm (Schlammverflüssigung),
- die Bewässerung mit schlammreichem Flußhochwasser,
- die Bewässerung mit Wasser, dem gelöste Düngersalze zugesetzt wurden (Düngerverregnung),
- die Bewässerung mit Gülle und Jauche.

1.2.2. Formen der Bewässerung

Die in der Deutschen Demokratischen Republik angewendeten und meist verbreiteten Formen der Bewässerung sind:

- Stauverfahren
- Rieselverfahren
- Unterflurbewässerung
- Beregnung

Auf Einzelheiten dieser Verfahren wird erst im weiteren Verlauf eingegangen (siehe Abschnitte 3. „Bewässerung und Wasserrückhaltung durch Stau- und Rieselfverfahren“, S. 112 und 4. „Ergänzende Bewässerung“, S. 155).

Die *Stau- und die Rieselfverfahren* sind die ältesten Bewässerungsverfahren, die jedoch noch heute, in etwas abgewandelter Form, Bedeutung haben.

Die Entwicklung der Beregnung begann erst um etwa 1900. Sie bietet gegenüber den anderen Verfahren der Oberflächenbewässerung (Flächenüberstauung und Rieselfverfahren) – auch unter Berücksichtigung der verhältnismäßig hohen jährlichen Betriebskosten und des erforderlichen hohen Aufwandes an Arbeitskräften für die Bedienung der Anlage – eine Reihe von Vorteilen:

- Durch die Beregnung wird den Pflanzen das zugeführte Wasser am besten zugänglich gemacht, denn das in Druckrohrleitungen zur Bewässerungsfläche geförderte Wasser wird durch die Regner ähnlich dem natürlichen Regen verteilt.
- Es ist eine bessere Dosierung der einzelnen Wassergaben und eine bessere Anpassung an die vorhandene Geländeform möglich.
- Beim Beregnungsverfahren treten durch bauliche Anlagen keine nennenswerten Behinderungen hinsichtlich der Bewirtschaftung der Flächen auf.
- Der Ausnutzungsgrad des zugeführten Bewässerungswassers ist (nach Busch) unter Berücksichtigung des in der Deutschen Demokratischen Republik vorherrschenden Klimas am günstigsten.

Der Grad der Ausnutzung des aufgebrauchten Wassers beträgt bei:

ununterbrochener Überstauung	0,16–0,20
Stauberieselung	0,25–0,33
Berieselung	0,30–0,41
Beregnung	0,74–0,80

1.3. Aufgaben der Bewässerung

Aufgabe der Bewässerung ist es in jedem Fall, eine *Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion* zu erreichen, um den ständig steigenden Bedarf der Bevölkerung an Nahrungsgütern und der Industrie an Rohstoffen quantitativ und qualitativ zu sichern und zu verbessern.

Die speziellen Aufgaben der Bewässerung zur Erhöhung der landwirtschaftlichen Produktion sind außergewöhnlich vielseitig. Es kommt daher im Interesse ihrer *bestmöglichen Ausnutzung* entscheidend darauf an, die Maßnahmen der Bewässerung entsprechend den örtlichen Verhältnissen *richtig* zu planen. Bereits vor dem Bau der Anlage muß die Betriebsleitung des landwirtschaftlichen Betriebes eine genaue Vorstellung darüber haben, welche speziellen Ziele durch die zusätzliche Wasserversorgung im Einzelfall erreicht werden sollen.

Die durch die Bewässerung zu erfüllenden Aufgaben werden in entscheidendem Maße bestimmt durch:

- die Größe der zu bewässernden Fläche,
- die Intensität des Bewässerungsbetriebes,

- die technischen Einrichtungen und
- das Ausmaß der erforderlichen Umgestaltung der Betriebsorganisation.

Im allgemeinen kann die Bewässerung betriebswirtschaftlich nach folgenden Aufgabenkomplexen unterteilt werden:

- Bewässerung zur Ertragssicherung,
- Bewässerung zur Ertragssteigerung,
- Bewässerung als Voraussetzung zur Einführung bzw. Ausdehnung von Intensivkulturen,
- Sonderaufgaben der Bewässerung.

1.3.1. Bewässerung zur Ertragssicherung

Bei der Bewässerung zur Ertragssicherung ist diese nur für eventuell auftretende Trockenperioden vorgesehen, um somit größere Ertragsausfälle zu vermeiden. Hierbei wird die Anlage sehr extensiv genutzt. Aus diesem Grund ist die Bewässerung für die Ertragssicherung vom volkswirtschaftlichen und auch vom betriebswirtschaftlichen Standpunkt *abzulehnen* (geringer Nutzeffekt).

Sofern der Bewässerung nur die Aufgabe der Ertragssicherung zufällt, sind keine Veränderungen in der Betriebsorganisation erforderlich.

1.3.2. Bewässerung zur Ertragssteigerung

Der überwiegende Teil der Bewässerungsanlagen hat die Aufgabe, eine *absolute Ertragssteigerung* zu bewirken, d. h., daß in jedem Jahr ein relativer Mehrertrag gegenüber unbewässerten Flächen erreicht werden soll.

Die Anlage wird in Anlehnung an den natürlichen Witterungsverlauf nach einem festen *Beregnungsplan* eingesetzt. Bei dieser Art der Bewässerung sind bereits in Abhängigkeit des Anteiles der Bewässerungsflächen zur gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) Veränderungen in der Betriebsorganisation erforderlich. Dabei werden die einzelnen Betriebszweige jedoch unterschiedlich – je nach dem Schwerpunkt des Bewässerungseinsatzes – beeinflußt. Durch eine intensive Bewässerung der Grünland- und Feldfutterbauflächen werden mehr die Viehwirtschaft, durch Bewässerung der Gemüseflächen mehr die Feldwirtschaft und durch Bewässerung von Hackfruchtflächen beide Betriebszweige beeinflußt.

1.3.3. Bewässerung als Voraussetzung zur Einführung bzw. Ausdehnung von Intensivkulturen

In diesem Fall hat die Bewässerung die Aufgabe, entscheidende Voraussetzungen für den Anbau bestimmter Kulturen zu schaffen. So ist zum Beispiel in vielen Fällen ein *intensiver Feldgemüseanbau* unter Berücksichtigung der heutigen Anforderungen ohne Bewässerung kaum wirtschaftlich. Zum anderen kann unter bestimmten betriebsökonomischen Gesichtspunkten eine Neuansaat von Weideland auf einem grundwasserfernen Standort erforderlich werden. Auch hierfür ist das Vorhandensein einer Bewässerungsanlage Voraussetzung.

1.3.4. Sonderaufgaben der Bewässerung

Da der Nutzeffekt jeder Bewässerungsanlage im entscheidenden Maße mit vom Umfang des jährlichen Einsatzes und des Aufgabenbereiches abhängig ist, muß individuell überprüft werden, inwieweit die Bewässerungsanlage für *Sonderaufgaben* herangezogen werden kann.

Beregnungsanlagen dienen heute nicht nur zur anfeuchtenden Bewässerung, sondern im fortschreitenden Maße auch zur

- Abwehr von Frösten,
- Nährstoffverregnung,
- Verregnung von Schädlingsbekämpfungsmitteln,
- Gülleverregnung.

1.3.4.1. Frostschutzberegnung

Bei der *Frostschutzberegnung* werden unterschieden:

- indirekte Frostschutzberegnung,
- direkte Frostschutzberegnung.

Die indirekte Frostschutzberegnung schützt nur vor Bodenfrösten bis zu minus 2 bis 3 °C. Sie basiert auf der höheren *Wärmespeicherfähigkeit* des beregneten Bodens. Voraussetzung ist allerdings, daß dem beregneten Boden am Tage vor dem Nachtfrost genügend Wärme durch intensive Sonneneinstrahlung zugeführt wurde. In der Frostnacht soll der Boden diese Wärme langsam wieder abgeben und somit die Frostgefahr unterbinden.

Es muß jedoch betont werden, daß die indirekte Frostschutzberegnung einige Unsicherheiten beinhaltet. Der Zeitabstand zwischen Beregnung und Frosteintritt darf nicht zu groß sein, da sonst der Boden wieder abkühlt. Andererseits muß aber der Abstand so groß sein, daß die Kulturpflanzen bis zum Frosteintritt abgetrocknet sind, da sonst die Verdunstungskälte die Erfrierungsgefahr noch erhöht.

In der Handhabung und im Einsatz wesentlich sicherer ist die direkte Frostschutzberegnung, die einzusetzen hat, sobald die Temperatur auf 0 °C gesunken ist. Sie muß so lange fortgeführt werden, bis die Lufttemperatur den Nullpunkt wieder erreicht hat und sämtliches Eis von den Pflanzen abgetaut ist.

Die Frostschutzberegnung beruht auf der bekannten Tatsache, daß beim Gefrieren des verregneten Wassers Erstarrungswärme (80 Kalorien je Liter) frei wird.

Durch die Frostschutzberegnung können Frostgrade bis zu $- 8\text{ °C}$ wirksam abgehalten werden.

Voraussetzung für die schützende Wirkung der Beregnung ist, daß sie *ununterbrochen* bzw. mit sehr kleinen Unterbrechungsintervallen, wie es die modernen Schwachregner ermöglichen, durchgeführt wird. Niederschlagsdichten von 2 mm/h sind bis zu Frösten von $- 8\text{ °C}$ ausreichend. Jedoch muß eine *gleichmäßige* Verteilung vorausgesetzt werden.

1.3.4.2. Nährstoffverregnung

Für die *Nährstoffverregnung* sprechen neben einer Arbeitserleichterung und Arbeitszeiteinsparung auch einige pflanzenphysiologische Gesichtspunkte.

Wichtig scheint vor allen Dingen zu sein, daß die Pflanzen die Nährstoffe zum größten Teil in *gelöster Form* und in der *richtigen Konzentration* zugeführt bekommen und sie Wasser und Nährstoffe zum *richtigen Zeitpunkt* erhalten. Für die Verregnung kommen vorrangig nur leicht lösliche Stickstoffdüngemittel in Betracht.

Die Einspeisung der Düngelösung kann sowohl *saugseitig* als auch *druckseitig* erfolgen. Die druckseitige Einspeisung hat den Vorteil, daß in jedem Fall Korrosionserscheinungen an der Pumpe ausgeschlossen werden.

Wichtig bei der Nährstoffverregnung ist die *richtige Dosierung*, da sonst Überdüngungserscheinungen auftreten können. Die Konzentration sollte 0,1–0,2% betragen.

Um die vorgesehene Menge auch tatsächlich auszubringen, muß von der gleichzeitig berechneten Fläche ausgegangen werden. Beträgt beispielsweise die Konzentration der Stammlösung 10% und soll die Nährstoffverregnungskonzentration 0,2% betragen, muß die Stammlösung mit der 50fachen Wassermenge verdünnt werden:

$$\frac{10 \cdot 100}{0,2 \cdot 100} = 50$$

Grundsätzlich sollte nach der Verregnung von Nährstoffen *Klarwasser* verregnet werden, damit alle Teile der Anlage, die mit der Lösung in Berührung gekommen sind, gereinigt werden.

1.3.4.3. Verregnung von Schädlingsbekämpfungsmitteln

Die Bestrebungen, die Einsatzmöglichkeiten von Beregnungsanlagen auszudehnen, sprechen dafür, auch *Pflanzenschutzmittel* zu verregnen. Jedoch sind hier noch umfangreiche Untersuchungen erforderlich, um dieses Verfahren allgemein empfehlen zu können.

1.3.4.4. Gülleverregnung

Mit der zunehmenden Mechanisierung und Rationalisierung wird in immer größerem Maße die hydromechanische Ausbringung der Gülle gefordert.

Unter Gülle ist im engeren Sinne ein Gemisch von Kot, Harn und oft auch Streu- und Futterresten mit oder ohne Wasserzusatz zu verstehen.

Im weiteren Sinne gehört hierzu auch jeder flüssige oder verflüssigte Wirtschaftsdünger, also auch Jauche, verflüssigter Kot und selbst verflüssigter Kompost.

Es sind zu unterscheiden:

- Harngülle = Harn-Wasser-Gemisch
- Mistgülle = Mist- bzw. Kot-Wasser-Gemisch
- Vollgülle = Harn-Kot-Wasser-Gemisch
- Dickgülle = Verhältnis von Kot + Harn zu Wasser 1:1–3
- Dünngülle = Verhältnis von Kot und Harn zu Wasser 1:4–10

Bei den Schwemmentmischungsanlagen fällt in der Regel *Vollgülle* an. Die Höhe des Anfalles ist von vielen Faktoren abhängig, z. B. von der Tierart, der Fütterung, der Leistung der Tiere u. a.

Als Richtwert kann etwa mit 50 l/GV Tag gerechnet werden. Jedoch ist zu beachten, daß in Abhängigkeit von der Aufstallungsart bereits im Stall ein erheblicher Teil an Verdünnungswasser zugegeben wird.

Diese Beiwerte schwanken zwischen 0–30 l/Tier/Tag.

Der absolute Nährstoffgehalt der Gülle variiert je nach Verdünnung, Futterzusammensetzung u. a. in sehr weiten Grenzen. Aus diesem Grunde sind in jedem Fall genauere Untersuchungen erforderlich. Sofern Betriebe über eine Berechnungsanlage verfügen, sollte diese mit für die Verregnung der Gülle herangezogen werden.

Die Einspeisung der Gülle kann ebenfalls *saugseitig* bzw. *druckseitig* erfolgen.

Auf Grund des Fördermediums ist darauf zu achten, daß geeignete Pumpen eingesetzt werden.

Die Vollgülle muß auf mindestens 1:4 verdünnt werden.

Weiterhin ist auf die Gefahr der Überdüngung zu achten.

Entsprechend der vorhandenen Nährstoffkonzentration können maximal 40 bis 60 m³ Vollgülle/ha im Jahr gegeben werden.

Hinsichtlich der hygienischen Forderung ist die TGL 6466 zu beachten.

AUFGABEN

1. Begründen Sie anhand praktischer Beispiele den Unterschied zwischen anfeuchtender und düngender Bewässerung!
2. Versuchen Sie, die Vor- und Nachteile der einzelnen Formen der Bewässerung gegeneinander abzuwägen!
3. Charakterisieren Sie die Aufgaben der Bewässerung anhand praktischer Beispiele!
4. a) Nennen Sie die Gesichtspunkte, die bei der Frostschutzberechnung zu beachten sind!
b) Im Zusammenhang mit der Nährstoffverregnung sind folgende Werte zu ermitteln:
 - Bedarf an Natronsalpeter (20% N),
 - Bedarf an Stammlösung (10prozentig),
 - erforderliche Verdünnung,
 - erforderliche Zeit für die Verregnung!
 - Welche Wassermenge kann maximal für das Vor- und Nachspülen der Leitung eingesetzt werden (in m³ und mm), wenn die gesamte Regengabe 25 mm betragen soll?

Gegebene Werte:

angeschlossene Regner: 36 Stück Typ U 64,

Düse 8 mm, Wasserverbrauch 4,4 m³/h,

Aufstellung 24/24 m,

geforderte Düngergabe 80 kg Rein-N/ha bei einer maximalen Konzentration von 0,2%.

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
Sl	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

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

■ Berechnungsbedürftigkeitswertzahl (BBZ)

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

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

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

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

1.4.1.2. Berechnungswürdigkeit

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 einbezogen 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

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

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

$$5 \times 37 = 185$$

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

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 Wasserspeicherungskapazität.

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 Klatt¹

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

¹ 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_B = 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.
Futtermüsen	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.
Frühhöhren	0,8			—	—			Juni—Juli
Porree	2,5				—	—	—	Juli—Sept.
Zwiebeln	1,8				—	—		Juli—Aug.
Schwarzwurzeln	2,5				—	—		Juli—Sept.

Hierbei bedeuten:

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

Der *vegetative Wasserbedarf* der Pflanzen (W_{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_{Pflanzen} .

Die *unproduktive Verdunstung* aus dem Boden (V_{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_{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 m³ (1 mm/ha = 10m³/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 m³ × 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 m³/h × ha bzw. 10,0 m³/Tag × ha auf etwa 1400 000 m³/h bzw. etwa 14 000 000 m³/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 ³
1 t Steinkohlenförderung	bis	25 m ³
1 t Zucker		120 m ³
1 t Zellwolle		125 m ³
1 t Stahl		250 m ³
1 t Feinpapier		400 m ³
1 t Wollstoff		600 m ³
1 t Kunstseide		400–760 m ³

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 Wasserwirtschaftsdirectionen 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 Beregnungszwecken 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 m³ 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 (m^3/h)!
 Gegebene Werte:
 Standort: Sandiger Lehm Boden
 Grundwasserstand: bei 2 m unter Gelände

Tabelle 11

Klima:

	Niederschlag mm	Temperatur °C	Relative Luftfeuch- tigkeit
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%		

1.5. Anforderungen an die Wassergüte

An die Qualität des Bewässerungswassers sind in Abhängigkeit von den Standortbedingungen, vom Bewässerungsverfahren und von den bewässerten Kulturen bestimmte Anforderungen zu stellen. Dadurch sollen nicht nur Schädigungen von Mensch und Tier sowie jegliche Boden- und Pflanzenschädigungen vermieden, sondern hohe Erträge an hochwertigen Produkten erzielt werden. Bezüglich der Qualität des Bewässerungswassers interessieren insbesondere der Gehalt an *krankheitsverursachenden Erregern* und an *chemischen Inhaltsstoffen* (insbesondere Salze, Metalle, Phenole).

1.5.1. Einteilung von Bewässerungswasser

Hinsichtlich der Wassergüte erfolgt die Einteilung nicht wie üblich in Klar- und Abwasser, da ein schlechtes Klarwasser in der Qualität oft geringer zu beurteilen ist als ein brauchbares Abwasser. Die Ursachen hierfür sind sehr mannigfaltig, liegen jedoch meist in der gesetzwidrigen Einleitung von schädlichen Abwässern in die Vorfluter.

Nach der TGL 6466 wird Bewässerungswasser grundsätzlich eingeteilt in:

- hygienisch unbedenkliches Bewässerungswasser,
- hygienisch nicht einwandfreies Bewässerungswasser.

Bewässerungswasser ist hygienisch unbedenklich, wenn es keine organischen oder anorganischen Bestandteile mit schädigender Wirkung für Menschen, Pflanzen und Tiere enthält.

Bewässerungswasser ist hygienisch nicht einwandfrei, wenn es Ausscheidungen von Menschen und Tieren oder sonstige krankheitsverursachende Bestandteile enthält.

Bei *hygienisch unbedenklichem Bewässerungswasser* werden in Abhängigkeit vom Gehalt an bakteriologischen und chemischen Inhaltsstoffen und deren Wirkung auf Kulturpflanzen und Boden 3 Gruppen unterschieden:

- Gruppe 1: für Gewächshauskulturen geeignetes Bewässerungswasser,
- Gruppe 2: für alle landwirtschaftlichen und gärtnerischen Freilandkulturen ohne Einschränkungen geeignetes Bewässerungswasser,
- Gruppe 3: für die meisten landwirtschaftlichen und gärtnerischen Freilandkulturen unter bestimmten Bedingungen geeignetes Bewässerungswasser.

Werden die zulässigen Grenzwerte für bakteriologische, chemische und biologische Inhaltsstoffe der Gruppe 3 überschritten, so ist das Wasser als *hygienisch nicht einwandfrei* zu bezeichnen. Der Einsatz ist nur für bestimmte Kulturen bei Einhaltung gewisser Schutzmaßnahmen möglich (siehe auch Abschnitt 1.6.1. „Hygienische Gesichtspunkte“, S. 38).

Die an Bewässerungswasser zu stellenden Güteanforderungen sind eingehend im Werkstandard 201 des VEB Meliorationsprojektierung zusammengefaßt.

Allgemein gilt:

- häusliche Abwässer und Abwässer von Schlachthöfen, aus Zuckerfabriken, Molkereien und Stärkefabriken sind in der Regel für eine landwirtschaftliche Verwertung geeignet,
- Abwässer aus Zellstofffabriken, Papierfabriken, Gerbereien und Lederfabriken und Abwässer aus der chemischen Industrie sind meist ungeeignet!

Es kann sich hier um freie Säuren handeln, die in den Abwässern der Papierfabriken enthalten sind, oder auch um Spinnsäurebäder der Kunstseidenwerke. Unter den Salzen sind es besonders die Chloride und Sulfate der Alkalien und Erdalkalien, wie Kochsalz, Chlor, Kalzium, Glaubersalz und andere, die bei höherer Konzentration in erster Linie die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens schädigen. Besonders vom *Kochsalz* ist eine verschlammende Wirkung und eine starke Schädigung der Bodenstruktur bekannt.

Grundsätzlich sollten Abwässer von Hygiene- und landwirtschaftlichen Instituten auf ihre Eignung zur landwirtschaftlichen Verwertung untersucht werden.

Da auch die zulässigen Grenzwerte an chemischen Inhaltsstoffen von sehr vielen Faktoren abhängig sind, lassen sich auch keine allgemein gültigen Werte angeben. Hier wird ebenfalls auf den obengenannten Werkstandard im Einzelfall verwiesen.

AUFGABEN

Welche Anforderungen werden an die Beschaffenheit des Bewässerungswassers bei der Freilandgemüsebereitung gestellt?

Begründen Sie Ihre Antwort!

1.6. Besonderheiten bei der landwirtschaftlichen Abwasserverwertung

1.6.1. Hygienische Gesichtspunkte

Hinsichtlich der hygienischen Belange bei der landwirtschaftlichen Abwasserverwertung sind verbindlich:

TGL 6466 – Bewässerung von landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Nutzflächen,
Vereinbarung zwischen dem Landwirtschaftsrat der DDR¹ und dem Amt für Wasserwirtschaft vom 15. Juni 1966.

Aus diesen Richtlinien und Bestimmungen ist zu entnehmen:

- Hygienisch nicht einwandfreies Wasser darf angewendet werden, wenn es vor und während der Verwendung in chemischer und hygienischer Hinsicht untersucht und für geeignet gehalten wird.
- Die Bewässerung mit hygienisch nicht einwandfreiem Wasser darf Wassergewinnungsanlagen für Trink-, Tränk- und Badewasser nicht gefährden.
- Leitungen für hygienisch nicht einwandfreies Wasser dürfen weder mittelbar noch unmittelbar an Einrichtungen angeschlossen werden, die der Wasserversorgung dienen. Eine Verlegung solcher Leitungen gemeinsam in einem Rohrgraben ist nicht gestattet.

Besondere Anforderungen an die Nutzung häuslicher Abwässer:

Nach der TGL 6466 muß bei landwirtschaftlicher Nutzung von häuslichem Abwasser eine $1\frac{1}{2}$ stündige Absetzzeit bei mechanischer Vorklärung eingehalten werden. Diese Abwässer können verwendet werden:

- zur Nutzholzgewinnung im Walde mit Zustimmung der zuständigen Dienststellen,
- für Futter- und Zuckerrüben, Industriekartoffeln, Ölfrüchte, Faserpflanzen bis 4 Wochen vor der Ernte,
- für Speisekartoffeln und Getreide bis zur Zeit der Blüte,
- für Grünland und Grünfutterpflanzen bis höchstens 2 Wochen vor dem Schnitt oder der Beweidung.

¹ jetzt Rat für landwirtschaftliche Produktion und Nahrungsgüterwirtschaft der DDR

In diesen Fällen ist der Anbau von *Rohkostgemüse als Nachfrucht nicht gestattet*.

Generell ist bei Anwendung häuslicher Abwässer der Anbau von Gemüse und Bodenobst nicht erlaubt. Ausnahmen bedürfen der ausdrücklichen Genehmigung der Hygiene-Inspektion.

Weiterhin ist bei der Bewässerung mit Abwasser nach TGL 6466 darauf zu achten, daß Siedlungen, Verkehrsstraßen, Bahn- und Wasserversorgungsanlagen sowie beweidete Grünflächen, Obst-, Wein- und Gemüseärten bei der Berognung von Nachbarflächen nicht durch versprühtes Abwasser getroffen werden.

Diese Forderung ist u. a. durch Anwendung entsprechender Regner, bestimmten Düsendruck an den Regnern, durch Anlage von Baum- und Heckenpflanzungen und Schutzstreifen einzuhalten.

Nach TGL 6466 sind hochinfektiöse Abwässer aus Tb-Heimen, Tierkörperverwertungsanstalten, Seuchenschlachthäusern usw. von der landwirtschaftlichen Verwertung auszuschließen und gesondert zu behandeln.

Soll Wasser aus Seen verwendet werden, in die hochinfektiöse Abwässer einfließen, hat die Bezirks-Hygiene-Inspektion in Auswertung der Untersuchungsergebnisse von Wasserproben zu entscheiden, ob und an welcher Stelle Klarwasser zur Bewässerung entnommen werden darf. Nähere Hinweise über die Verwendung von hochinfektiösem Abwasser sind der Verordnung über die hygienische Überwachung von Wasser und Abwasser vom 23. 7. 1953 (GBl Nr. 90/1953) zu entnehmen.

Entsprechend den Richtlinien des VEB Meliorationsprojektierung und der gültigen Investitionsbestimmungen ist für jede Bewässerungsmaßnahme eine Zustimmung des zuständigen Bezirks-Hygiene-Institutes erforderlich.

1.6.2. Bauliche und technische Voraussetzungen

Die baulichen und technischen Voraussetzungen werden eingehend im Kapitel 2 des vorliegenden Lehrbuches (siehe S. 60) behandelt. Hinsichtlich der landwirtschaftlichen Abwasserverwertung sind folgende bauliche bzw. technische Voraussetzungen notwendig:

- Grundsätzlich ist der landwirtschaftlichen Verwertung eine mechanische Klärung der Abwässer vorzuschalten. Durch das Ausfaulen des Schlammes werden Fette, Seifenstoffe und Unkrautsamen weitestgehend zerstört. Auch hygienische und ästhetische Gesichtspunkte sprechen für eine mechanische Vorklärung. Dadurch werden auch den Pumpen, Regnern und Armaturen keine Sinkstoffe mit zugeführt, so daß sie im Betrieb bedeutend funktionssicherer sind und geringere Kosten verursachen.

Häufig wird eine künstlich vollbiologische Klärung als Voraussetzung für die Verwertung des Abwassers gefordert. Diese Forderung ist unbegründet und in keinem Gesetz verankert. Da sie mit hohen Kosten und Nährstoffverlusten verbunden ist, sollte sie nur in Ausnahmefällen in Betracht kommen.

- Um einen kontinuierlichen Beregnungsbetrieb zu gewährleisten, ist in der Regel der Bau eines Speicherbeckens erforderlich. Als Speicherkapazität ist ein halber bis ein ganzer Tagesanfall vorzusehen.
- Da das Abwasser ganzjährig abzunehmen ist, sind für strenge Frostperioden Filterflächen bzw. anderweitige Ausgleichflächen erforderlich (siehe auch Abschnitt 1.6.3.2. „Abnahme außerhalb der Vegetationszeit“, S. 41).
- Das gesamte stationäre Rohrnetz ist im Gegensatz zu einer Klarwasserberegnung frostfrei zu verlegen, da die Anlage auch im Winter betrieben wird.

1.6.3. Zeitlicher und mengenmäßiger Einsatz von Abwasser

Der zeitliche und auch der mengenmäßige Einsatz ist entscheidend vom Boden, vom Klima und von der landwirtschaftlichen Nutzungsart abhängig.

Da das Abwasser *ganzjährig*, d. h. auch in Zeiten mit ausreichenden natürlichen Niederschlägen abgenommen werden muß, eignen sich *leichte, durchlässige Böden* besonders gut. Ebenfalls ist das *Grünland* auf Grund seiner fast ganzjährigen Wasseraufnahmefähigkeit bedeutend günstiger einzuschätzen als z. B. das Getreide.

Unter Berücksichtigung der natürlichen Standortbedingungen ist bei der weiträumigen Abwasserverwertung mit einer möglichen Belastung von etwa 1 bis 2 mm/Tag zu rechnen. Diese Belastung entspricht einer Abwassermenge von *10 bis 20 m³/je Tag und Hektar*. Der geringere Wert trifft für die schwereren Böden, der höhere Wert für die leichteren Böden zu.

Wissenschaftlich exakte Methoden für die Berechnung der möglichen Belastung gibt es derzeit nicht. Auch hier sollte von der Beregnungsbedürftigkeitswertzahl und den für den Anbau vorgesehenen Kulturpflanzen ausgegangen werden.

Für eine Stadt mit einem täglichen Abwasseranfall von 10000 m³/Tag ist eine Verwertungsfläche von etwa 500 bis 600 ha erforderlich. Vorausgesetzt wird, daß durchlässige Böden vorhanden sind.

Die klassischen Rieselfelder wurden früher oft bis zu 20000 mm/Jahr belastet. Bei der heutigen üblichen Abwasserverregnung beträgt die jährliche Belastung in Abhängigkeit von den Standortverhältnissen nur etwa 300–500 mm, wovon etwa $\frac{2}{3}$ innerhalb und $\frac{1}{3}$ außerhalb der Vegetationsperiode gegeben werden,

1.6.3.1. Abnahme in der Vegetationszeit

Für die Abnahme der Abwässer *während der Vegetationsperiode* gelten allgemein die gleichen Grundsätze wie bei der Klarwasserberegnung (siehe auch Abschnitt 1.8. „Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen und ihre Erfolgsaussichten“, S. 45).

Die Abnahme verursacht während dieser Zeit für den Betrieb keine Schwierigkeiten, da in der Regel immer ein Wasserbedarf, teilweise sogar ein höherer als der gegebene Abwasseranfall ausmacht, vorhanden ist. Jedoch sollte grundsätzlich jährlich ein *Abwasserverteilungsplan* erarbeitet werden, der unter Berücksichtigung der natürlichen Witterungsbedingungen zu realisieren ist (siehe Abschnitt 1.9. „Aufstellung von Wasserbedarfs- bzw. Abwasserverteilungsplänen“, S. 50).

1.6.3.2. Abnahme außerhalb der Vegetationszeit

In der Regel sind die landwirtschaftlichen Betriebe verpflichtet, das Abwasser *ganzjährig* abzunehmen.

Wie aus Überprüfungen vorhandener Verwertungsanlagen eindeutig hervorgeht, kann derzeit noch nicht von einer Verwertung in vegetationsloser Zeit gesprochen werden. In den meisten Fällen wird das Abwasser auf Filterflächen geleitet oder aber gesetzwidrig dem Vorfluter ungereinigt zugeführt.

Von diesen Gesichtspunkten geleitet, wurden in der Vergangenheit umfangreiche Versuche mit der Bewässerung außerhalb der Vegetationsperiode durchgeführt. Es kommt hierbei weniger auf die Ausnutzung des Wasserwertes an, sondern vielmehr auf die des *Düngerwertes*. So wurden nachweislich gute Erfolge mit der *Herbstbewässerung* bei Wintergetreide, mehrjährigen Feldfutterpflanzen und Winterzwischenfrüchten erzielt. Die bei diesen Früchten übliche Stickstoffdüngung kann mit Erfolg durch die im Abwasser enthaltenen Nährstoffe ersetzt werden.

In zweiter Linie kommt die *Winterbewässerung* als düngende Bewässerung auf den für Hackfrüchte und Sommergetreide vorgesehenen Flächen in Betracht.

So konnten z. B. in der Abwasserverwertungsanlage Neustrelitz bei 200 mm Winterbewässerung folgende Mehrerträge gegenüber unbewässerten Flächen erzielt werden:

Kartoffeln	125 %
Rüben	126 %
Hafer	123 %

Eine mäßige Winterbewässerung ist auch dem *Grünland* sehr zuträglich. Besonders kurz vor Beginn der Vegetation erwirkt eine Abwassergabe eine schnellere Erwärmung des Bodens, und der Termin des ersten Weideauftriebes kann somit vorverlegt werden.

Eine weitere Möglichkeit der Verwertung außerhalb der Vegetationsperiode besteht in der Ableitung der Abwässer auf *Entlastungsflächen* mit gleichzeitiger Holzgewinnung. Dafür können nur Böden herangezogen werden, die sehr wasserdurchlässig sind. Zu diesem Zweck wird das Abwasser in ein Grabensystem abgeleitet, auf dessen Zwischenkronen Pflanzenreihen stehen (Pappeln). Die Gräben sollen in einem Abstand von möglichst 4–6 m angeordnet werden. Das Böschungsverhältnis kann bei einer Grabentiefe von 60 bis 80 cm und einer Sohlbreite von 50 cm 1:1 betragen. Die Pflanzenreihen sind so anzuordnen, daß möglichst eine maschinelle Pflege durchgeführt werden kann. Nur für starke Frostperioden sind *Filterflächen*, z. B. alte Kiesgruben oder ähnliche Flächen, vorzusehen. Eine direkte Einleitung in einen Vorfluter ist grundsätzlich untersagt!

1. Schätzen Sie die landwirtschaftliche Abwasserverwertung vom volkswirtschaftlichen Standpunkt ein und berichten Sie darüber!
2. Nennen Sie die Aufgaben, die sich bei der Abwasserverwertung für die Landwirtschaft ergeben und schildern Sie, wie diese gelöst werden können!

1.7. Auswirkungen der Bewässerung auf den Boden

Je nach Bodenart und Bewässerungsverfahren zeigen sich verschiedene Auswirkungen auf die physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge im Boden. Grundsätzlich kann gesagt werden, daß alle Standorte für eine Bewässerung geeignet sind. Nach Möglichkeit sollten jedoch für die Abwasserverwertung besonders leichte, *durchlässige* Böden ausgewählt werden, weil sie stets Wasser aufnehmen können (siehe auch Abschnitt 1.6.3. „Zeitlicher und mengenmäßiger Einsatz von Abwasser“, S. 40). Bei der Klarwasserberegnung dagegen soll mit geringstmöglichem Aufwand an Wasser ein *höchstmöglicher* Nutzen erzielt werden. Aus diesem Grunde sind für Klarwasserberegnung *mittlere Böden* (lehmgiger Sand, sandiger Lehm) besonders gut geeignet.

Zu sandige Böden benötigen weit höhere Zusatzwassermengen, zu schwere Böden neigen zur Verkrustung und Verschlämmung.

1.7.1. Auswirkungen auf die Bodenstruktur

Unter *Bodenstruktur* oder Bodengefüge ist die gegenwärtige Form, der Aufbau und die Lagerung der gegebenen Bodensubstanz zu verstehen. Alle Bodenbearbeitungsmaßnahmen zielen darauf hin, den Boden in die günstigste Struktur (Krümelstruktur) zu bringen und diese zu erhalten. Man spricht in diesem Falle auch von *Bodengare*.

Bei der künstlichen Beregnung und anderen oberflächlichen Bewässerungsverfahren besteht die Gefahr, daß die Bodenstruktur ungünstig beeinflußt wird. Es ist falsch, natürlichen Regen und Bewässerung als identisch zu betrachten. Bei einem *natürlichen Regen* steigt schon vor Beginn des Regens die Luftfeuchtigkeit zwischen Erdboden und Wolkendecke bis zur vollen Sättigung an. Allmählich fällt dann der Regen, normalerweise mit einer geringen Niederschlagsdichte (1–2 mm/h). Da die Luft 100%ig gesättigt ist, kann jetzt das Wasser auch nicht so schnell verdunsten und ist in der Lage, den Boden richtig zu durchfeuchten.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei einem *künstlichen Regen*, der unerwartet auf Boden und Pflanze fällt. Dieser ist allgemein durch schwerere Tropfen und größere Regendichte charakterisiert.

Stark ausgetrocknete Bodenkrümel saugen die Wassertropfen nach kurzer Benetzungszeit rasch auf. Dabei wird die Kohäsion zwischen den Bodenteilchen vermindert, die Ton- und Humussubstanzen quellen und erhöhen somit den Druck auf die eingeschlossene Luft. Durch die kinetische Energie der Tropfen (Tropfendurchmesser, Tropfenzahl und Fallgeschwindigkeit) werden dann die labilen Krümel zerschlagen, und somit wird Einzelkornstruktur erzeugt.

Am gefährdetsten sind die feinerdereichen, humusarmen Böden, weniger die leichten, humusreichen Böden. Die Einzelkornstruktur äußert sich vor allem darin, daß das Porenvolumen abnimmt. Die Folgen davon sind ein *geringer Luftgehalt* und ein *geringes Wasserspeichervermögen*. An der Oberfläche bilden sich *Krusten*, wodurch die Bodendurchlüftung stark behindert wird. Diese Veränderung der oberen Bodenschichten vollzieht sich umso schneller und intensiver, je trockener der Boden zu Beginn des Regens ist. Darum ist zu empfehlen, künstliche Regengaben möglichst gleich im Anschluß an natürlichen Regen zu geben.

Bleibende Veränderungen in der Bodenstruktur konnten bei dem heute üblichen Beregnungsverfahren nicht festgestellt werden. Starke Auswaschungen, Bodenhorizontverlagerungen und Bodendegradationen, wie sie bei Rieselfeldern auftraten, sind eine Folge der absolut zu hohen Abwasserbelastungen (10 000–20 000 mm/Jahr).

Um auch die vorübergehenden Strukturschäden zu verringern, sollte zweckmäßig in der Zeit, in der die Pflanzen den Boden noch nicht bedecken, mit sehr *kleinen Düsenweiten* und *geringen Wassermengen* beregnet werden.

Der schädigende Einfluß auf die Bodenstruktur ist unbedeutend, wenn geschlossene Pflanzenbestände beregnet werden, die zu diesem Zeitpunkt auch den größten Wasserbedarf haben.

1.7.2. Auswirkungen auf die Humusbilanz

Alle organischen Stoffe im Boden unterliegen ständigen Umsetzungen und sind einem stetigen Abbau unterworfen. Daran sind – neben geringen chemischen Einflüssen – in erster Linie die *Kleinlebewesen* des Bodens beteiligt. Zu ihren optimalen Lebensbedingungen zählt ein bestimmter *Feuchtigkeitsgrad*, der etwa bei 60–80% der maximalen Wasserkapazität des jeweiligen Bodens liegt. Schon in Jahren mit normalen Niederschlägen werden diese Werte oft erheblich unterschritten, so daß die Kleinlebewesen in ihren Lebensvorgängen stark beeinträchtigt sind. In einem beregneten Boden sind die Feuchtigkeitsverhältnisse ohne Zweifel ausgeglichener. Das hat zur Folge, daß auch die Mikroorganismen bessere Lebensbedingungen vorfinden und der Humusabbau schneller vor sich geht.

Bewässerte Böden ermöglichen aber nicht nur den Kleinlebewesen bessere Wachstumsbedingungen, sondern auch den Pflanzen, wodurch die Ertragsleistung erheblich ansteigt. In ähnlichem Verhältnis erhöht sich auch die im Boden verbleibende Wurzelmasse, so daß hierdurch einem schnelleren Humusabbau entgegengewirkt wird.

Es kann angenommen werden, daß durch die organischen Inhaltsstoffe des Abwassers ein gewisser Humusnachschub gegeben ist. Durch Abwasser allein wird jedoch keine Erhöhung des Humusgehaltes hervorgerufen!

Eine *organische Düngung* ist also gerade bei bewässerten Flächen unerlässlich. Der Humushaushalt kann nur auf indirektem Weg verbessert werden, zum Beispiel durch folgende Maßnahmen:

- die Einrichtung einer gartefördernden Fruchtfolge,
- verstärkten Anbau von Feldfutterpflanzen, Hackfrüchten und
- vor allen Dingen durch einen vermehrten Zwischenfruchtanbau.

Um ständig hohe Erträge durch die Beregnung zu erzielen, müssen im Vordergrund aller ackerbaulichen Maßnahmen eine reichliche Versorgung des Bodens mit organischen Stoffen, eine sorgfältige Bodenbewirtschaftung und Pflege stehen.

Dazu gehört u. a. eine verstärkte *Auflockerung* der oberen Bodenschicht, um die besonders bei bindigen Böden durch die Bewässerung hervorgerufenen Verkrustungen zu beseitigen und die Bodengare zu erhalten. Durch Auswahl geeigneter Regner sowie richtige Bemessung der Einzelgaben muß diesem Gesichtspunkt Rechnung getragen werden.

1.7.3. Auswirkungen auf den Nährstoffhaushalt

Neben einer reichlichen Versorgung der Böden mit organischen Stoffen und einer der Bewässerung angepaßten intensiven Bodenbearbeitung ist auch eine ausreichende *mineralische Düngung* bedeutungsvoll. Ihre optimale Zuführung ist für den Bewässerungserfolg von ausschlaggebender Bedeutung, da der Ausnutzungsgrad der zusätzlichen Wassermenge weitgehend von der Gestaltung der übrigen Wachstumsfaktoren abhängig ist.

Es ist grundsätzlich die Forderung zu erheben, daß für die Bewässerungsflächen die Nährstoffversorgung 100 %ig gesichert ist, denn Wasser allein bringt keinen Ertrag.

Bei der Ermittlung der erforderlichen Nährstoffmenge ist von dem zu erwartenden Ertrag und damit von dem *höheren Nährstoffentzug* auszugehen.

Es wird oft fälschlicherweise angenommen, daß durch die Bewässerung zusätzlich Nährstoffe ausgewaschen werden. Die Beregnung soll in erster Linie das verbrauchte Bodenwasser *ergänzen*. Sie wird also dann eingesetzt, wenn sich ein Wasserdefizit bemerkbar macht bzw. wenn die Pflanzen unter Wassermangel leiden. Das setzt voraus, daß ein beträchtlicher Teil des Bodenwassers verbraucht ist.

In einem 1,60 m mächtigen Wurzelhorizont werden 125 mm bis 300 mm (je nach Bodenart) pflanzennutzbares Wasser gespeichert. Ein Rückgang dieser Wassermengen um 20% bedeutet ein Defizit von 25 bis 60 mm. Berechnet wird aber grundsätzlich bei weit stärkerer Ausschöpfung, so daß selbst auf den leichtesten Böden und bei hohen Gaben zwischen 30 bis 40 mm nie die volle Wasserkapazität erreicht bzw. überschritten wird. So kann das Beregnungswasser mehr oder weniger tief in den Boden eindringen, aber nie versickern. Es kann also grundsätzlich angenommen werden, daß bei sachgemäßer Beregnung *keine* Nährstoffe ausgewaschen werden. Die Auswaschungen waren früher hauptsächlich eine Folge der hohen Rieselgaben.

Bei der Bewässerung mit *Abwasser* ist darauf zu achten, daß dieses bereits Nährstoffe enthält.

Bei der Abwasserberegnung sollte grundsätzlich eine Nährstoffuntersuchung durchgeführt werden.

100 mm häusliches Abwasser enthalten etwa:

60– 80 kg/ha Stickstoff (N)

30– 50 kg/ha Kali (40-60 kg K_2O)

8– 13 kg/ha Phosphor (20-30 kg P_2O_5)

85–105 kg/ha Kalk (120-150 kg CaO)

Auf Grund vieler Untersuchungen ist anzunehmen, daß etwa 50 % der im häuslichen Abwasser enthaltenen Nährstoffe für die Pflanzen nutzbar sind.

1.7.4. Einheit von Bewässerung und Entwässerung

Bewässerung und Entwässerung stehen in *engem* Zusammenhang. Die Hauptaufgabe der Hydromelioration besteht in der *Regulierung des Wasserhaushaltes* im Boden. Unter Regulierung des Wasserhaushaltes ist zu verstehen:

Überschüssiges Wasser ist durch Entwässerungsanlagen abzuführen und fehlendes Wasser durch Bewässerungsanlagen zuzuführen.

An ein und demselben Standort ist häufig ein Überschuß an Wasser, insbesondere nach der Schneeschmelze, und ein Wasserdefizit in der Vegetationsperiode vorhanden. Es muß also eindeutig die Forderung erhoben werden, daß auf Bewässerungsflächen, sofern notwendig, einwandfrei funktionierende Entwässerungsanlagen eingesetzt werden.

Bei dem Verrieselungsverfahren haben die Entwässerungsanlagen auch die Aufgabe, überschüssiges Bewässerungswasser abzuführen. Dieses ist jedoch bei der Beregnung auf Grund der geringeren Gabenhöhe nicht mehr erforderlich.

AUFGABE

Widerlegen Sie die Auffassung, nach der die Beregnung die Bodenstruktur zerstört und eine verstärkte Nährstoffauswaschung hervorruft!

1.8. Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen und ihre Erfolgsaussichten

1.8.1. Optimaler Beregnungszeitpunkt

Nach Klatt ist dem Beregnungszeitpunkt eine größere Bedeutung beizumessen als der gesamten Zusatzregenmenge.

Eingehende Untersuchungen haben ergeben, daß ein zusätzlicher Wasserbedarf vorhanden ist, wenn der Wasservorrat im Boden unter 60 % der Wasserspeicherkapazität absinkt.

Zur Erreichung von Höchsterträgen ist insbesondere der Wasservorrat in der Mitte der Krume (12–16 cm tief) entscheidend. Die Entwicklung wird wahrscheinlich dort hin-

gehen, daß die Anlagen über Tensiometer (Instrument zur Messung der Bodenfeuchte) automatisch gesteuert werden.

Im einzelnen ist der optimale Beregnungszeitpunkt von folgenden Faktoren abhängig:

- dem Entwicklungsstand der Pflanzen,
- der natürlichen Wasserversorgung,
- den Temperaturverhältnissen.

■ Entwicklungsstand der Pflanze

Jede Pflanze durchläuft in der Vegetationszeit Phasen, in denen sie einen starken Wasserverbrauch hat. Diese treffen in der Regel mit der größten vegetativen Entwicklung (größter Massezuwachs) zusammen. Während der Jugendentwicklung und der Annäherung an das Reifestadium haben alle Pflanzen einen geringeren Wasserbedarf als in ihrer Hauptwachstumszeit. Bei jungen Pflanzenbeständen kommt es nur darauf an, ihre Entwicklung zu sichern, sie aber nicht zu „verwöhnen“, da sonst nur ein sehr schwaches Wurzelsystem ausgebildet wird und die Pflanzen jede Widerstandskraft gegen unvermeidbaren, zeitweiligen Wassermangel verlieren.

Bei Zweit- und Zwischenfrüchten verspricht dagegen die Bodendurchfeuchtung vor der Saat oder Pflanzung großen Erfolg. Hackfrüchte sollten in der Regel erst beim Bestandschluß beregnet werden.

■ Natürliche Wasserversorgung

Bei zu reichlichen Niederschlägen während der Vegetationszeit kann es notwendig werden, den Beregnungszeitpunkt zu verschieben oder ganz aufzuheben.

■ Temperaturverhältnisse

Sehr hohe Temperaturen fördern die Verdunstung und können dazu führen, den Termin der Beregnung vorzuverlegen. Folgen der Beregnung warme Perioden, so ist mit einem höheren Erfolg zu rechnen als bei kalter Witterung. Jedoch sollte tageszeitlich nicht während der größten Hitze beregnet werden. Hiergegen sprechen pflanzenphysiologische Gesichtspunkte und die größere Verdunstung.

1.8.2. Höhe der Einzelgabe

Bodenverhältnisse, pflanzenphysiologische Gesichtspunkte sowie betriebsökonomische Überlegungen sind ausschlaggebend dafür, daß die Zusatzwassermenge in *Einzelgaben* verabreicht wird. Viele kleine Regengaben wären zwar zur ständigen Erhaltung der optimalen Bodenfeuchte am günstigsten, müssen jedoch auf Grund der absolut höheren Verdunstung und des höheren Arbeitsaufwandes unterbleiben.

Die obere Grenze der Einzelgaben wird einerseits dadurch bestimmt, daß die Wirkung je mm Zusatzregenmenge von einer bestimmten Höhe der Einzelgabe ab geringer wird und andererseits bei zu hoher Einzelgabe ein Teil des Zusatzregens ober- bzw. unterirdisch abfließt und Strukturschäden der Böden auftreten.

Unter Beachtung dieser Gesichtspunkte sollte die Höhe der Einzelgabe allgemein bei

- Klarwasser 20–40 mm
- bei Abwasser 20–60 mm

betragen, wobei zu Beginn und am Ende der Vegetationszeit verhältnismäßig *niedrige* und in der Hauptwachstumszeit *hohe Einzelgaben* gegeben werden sollten. Für die düngende Bewässerung sind Gaben bis etwa 100 mm bei durchlässigen Böden vertretbar.

1.8.3. Getreideberegnung

Bei der Getreideberegnung, die für lange Zeit als wenig erfolgreich angesehen wurde, können sehr gute Beregnungserfolge erzielt werden. Allerdings reagieren nicht alle Getreidearten gleich gut auf eine Beregnung; hier gibt es deutliche Abstufungen. Nach Klatt hängt der Beregnungserfolg in erster Linie von der *Standfestigkeit* ab.

Eine hohe Standfestigkeit erlaubt auch höhere Düngergaben, so daß dann auf Grund des Faktors Wasser höhere Beregnungserfolge erzielt werden können.

In der Reihenfolge eignen sich für die Beregnung am besten:

Weizen, Sommergerste, Hafer, Roggen, Wintergerste.

Der *Beregnungszeitraum* erstreckt sich im allgemeinen über das Stadium vom Schossen bis zum Ährenschieben.

Klatt konnte in Versuchen auch feststellen, daß durch eine Beregnung bei allen Getreidearten während des Schossens der Strohertrag, während des Ährenschiebens dagegen mehr der Kornertrag erhöht werden.

Im Durchschnitt ist mit einem Mehrertrag von 5 bis 10 dt/ha Korn zu rechnen, obwohl in Trockenjahren Mehrerträge von 20 dt/ha und mehr erreicht wurden.

1.8.4. Beregnung der Hackfrüchte

Die Beregnung der Hackfrüchte ist weit lohnender als die des Getreides. Es kommen nur wenige Jahre vor, in denen die Niederschläge in der Wachstumszeit so reichlich und zeitlich so günstig fallen, daß eine zusätzliche Bewässerung bei den Hackfrüchten keinen Erfolg versprechen würde. Auf leichterem Boden angebaute Hackfrüchte entwickeln sich besonders gut bei einer zusätzlichen Vorratsdüngung mit Abwasser, die im Herbst und Winter oder im Frühjahr vor der Aussaat bzw. vor dem Pflanzen gegeben wird. Auf die einschränkenden Bestimmungen über die Verwendung von Abwasser während der Wachstumszeit wurde schon hingewiesen.

Hinsichtlich des Erfolges kann mit folgender Reihenfolge unter normalen Bedingungen gerechnet werden:

Frühkartoffeln, Zuckerrüben, Futterrüben, mittelfrühe und Spätkartoffeln.

Die *Frühkartoffeln* sind in ihrer relativ kurzen Vegetationszeit auf eine gute Wasserversorgung angewiesen. Die Beregnungserfolge sind auch deshalb groß, weil sich hier

günstige Preise erzielen lassen. In trockenen Jahren können Mehrerträge von 100 dt/ha erreicht werden. Bei den derzeitigen Preisen sind das etwa 3000 M/ha. Diese Mehrerträge sind natürlich keine Durchschnittserträge; aber es soll damit nur gezeigt werden, daß eine Beregnungsanlage, auch wenn der erwartete Mehrertrag im Jahr oder auch in mehreren Jahren ausbleibt, sich in einem Trockenjahr bezahlt machen kann. Der *Beregnungszeitraum* liegt bei Kartoffeln im wesentlichen um die Zeit der Blüte. Bei Frühkartoffeln kann die Beregnung bis einige Tage vor der Ernte ausgedehnt werden.

In Durchschnittsjahren kann mit 40 bis 60 dt/ha Mehrerträgen gerechnet werden.

Bei den *Rübenarten* lassen sich in der Regel ebenfalls hohe Beregnungserfolge erreichen. Bei zweckmäßigem Einsatz, hoher Intensität und trocken-warmem Wetter sind Mehrerträge bis 300 dt/ha Zuckerrüben und 500 dt/ha Futterrüben zu erreichen. In normalen Jahren kann mit folgenden Mehrerträgen gerechnet werden:

Zuckerrüben	120–150 dt/ha Rüben,	100 dt/ha Blatt
Futterrüben	200–300 dt/ha Rüben,	80 dt/ha Blatt.

Der *Beregnungszeitraum* für Rüben ist verhältnismäßig weit ausgedehnt, denn zwischen Anfang Juli bis September sind wirtschaftliche Beregnungserfolge zu verzeichnen. Nach Versuchen von Klatt erhöhen frühe Gaben den Blattertrag und spätere Gaben den Rübenertrag.

1.8.5. Beregnung von Feldfutterpflanzen

Die Feldfutterpflanzen eignen sich ebenfalls gut für die Bewässerung. Am stärksten reagieren sie bei anfeuchtender und zugleich düngend wirkender Abwasserwertung, wobei sich die Erträge um 100–300 % erhöhen können. Steht reichlich Abwasser zur Verfügung, dann ist besonders auf leichten Böden noch eine zusätzliche Vorratsdüngung zu empfehlen.

Als sehr vorteilhaft hat sich die Beregnung von Zwischenfrüchten, besonders beim Sommerzwischenfruchtanbau, erwiesen, weil durch die vorhergehende Hauptfrucht die Bodenfeuchte erheblich ausgeschöpft ist.

1.8.6. Beregnung der Hülsen- und Ölfrüchte

Die Beregnung der Hülsen- und Ölfrüchte ist, ähnlich wie beim Getreide, nur bei bestimmten Kulturen wirtschaftlich. An 1. Stelle steht die *Ackerbohne*, die von Natur aus auf klimatisch feuchten Standorten am besten wächst.

Hier lassen sich Mehrerträge von

10–12 dt Körner und 10–30 dt Stroh erzielen.

Der Beregnungserfolg der *Erbse* ist im allgemeinen nicht so hoch einzuschätzen. Im Durchschnitt liegen die Mehrerträge hier bei

4–8 dt Körner und 10–20 dt Stroh.

Die Bewässerung des *Winterrapses* kann nach trockenem Winter und Frühjahr bei nicht zu niedriger Temperatur schon etwa Mitte April beginnen und bis zum Ende der

Blüte fortgesetzt werden. Winterraps gedeiht gut bei einer düngenden Bewässerung mit Abwasser. Bei trockenem Herbstwetter ist eine anfeuchtende Bewässerung gegen Ende September zweckmäßig.

Bei sachgemäßer Beregnung ist mit einem durchschnittlichen Mehrertrag von 4–5 dt/ha Körnern zu rechnen.

1.8.7. Beregnung von Weiden

Bei der Weideberegnung mit Klarwasser muß vor zu hochgespannten Erwartungen über den wirtschaftlichen Erfolg gewarnt werden. Es werden zwar relativ hohe Massenerträge, aber nur durch sehr hohe Zusatzregenmengen erzielt. Die hohen Beregnungskosten schmälern demzufolge den Erfolg stark.

Grundvoraussetzung für eine ausreichende Rentabilität der Weideberegnung ist in jedem Fall eine intensive Nutzungsform (Portionsweiden).

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei einer *Abwasserverwertung*. Hierfür sind das *Grünland* und der *Feldfutterbau* am besten geeignet.

Vorteilhaft beim Grünland ist, daß es mit Ausnahme der starken Frostzeiten das ganze Jahr über Abwasser aufnehmen kann und der Stickstoff besonders gut verwertet wird.

Oft ist auf trockenen leichten Böden die Anlage einer Grünlandfläche erst auf Grund der Abwasserverwertung möglich.

Auf dem Grünland lassen sich durch die Abwasserverwertung enorme Ertragsleistungen erzielen. So können bei einer Besatzstärke von 6–8 Kühen/ha Flächenleistungen von 70 bis 90 GE/ha erreicht werden. Es sollte jedoch grundsätzlich nach dem Abtrieb ein gewisser Nachwuchs (etwa 4–6 Tage) abgewartet werden.

Vor jeder Beweidung muß entsprechend den Forderungen der TGL 6466 eine *Karenzzeit* von 14 Tagen eingehalten werden, um Infektionen jeglicher Art vorzubeugen.

1.8.8. Beregnung von Freilandgemüse

An erster Stelle in der Beregnungswürdigkeit stehen zweifellos die *Feldgemüsearten*, wobei innerhalb dieser Arten auch noch eine große Schwankungsbreite vorhanden ist. Bei intensivem Feldgemüseanbau sind in trockenen Jahren bei einigen Arten nach Klatt durchaus Beregnungserfolge möglich, die 20000–30000 M/ha betragen können.

Bei zweckmäßigem Einsatz der Beregnung kann bei Gemüse mit einem durchschnittlichen Mehrertrag von 3000 bis 5000 M/ha gerechnet werden.

Es steht eindeutig fest, daß der Freilandgemüsebau unter den heutigen Anforderungen nur wirtschaftlich betrieben werden kann, wenn Beregnungsanlagen eingesetzt werden. Auf die einzelnen Gemüsearten kann in diesem Rahmen nicht näher eingegangen werden. Sofern Spezialkenntnisse erforderlich sind, muß auf die einschlägige Literatur verwiesen werden. Hier sind insbesondere die Veröffentlichungen von Schwarz und Klatt zu empfehlen¹.

¹ Siehe Literaturverzeichnis

Nach welchen Gesichtspunkten sind der optimale Berechnungszeitpunkt und die Höhe der Einzelaufgabe zu ermitteln?
Berichten Sie darüber!

1.9. Aufstellung von Wasserbedarfs- bzw. Abwasserverteilungsplänen

1.9.1. Berechnungsfruchtfolge

Bei den vollbeweglichen Anlagen war es früher oft üblich, daß die Anlagen an keinen bestimmten Schlag gebunden waren, sondern dort eingesetzt wurden, wo man es für richtig erachtete. Diese Arbeitsweise ist arbeitswirtschaftlich äußerst ungünstig, denn je mehr Einzelflächen beregnet werden, *desto höher steigt der Arbeitsaufwand* für das ständige Umbauen der Beregnungsanlage. Hinzu kommt daß bei mehreren getrennten Beregnungsflächen mehrere leistungsfähige Wasserentnahmestellen vorhanden sein müssen. Nachteilig ist weiterhin, daß bei diesen wandernden Beregnungsanlagen nur Diesellaggregate eingesetzt werden können, die sowohl in der Anschaffung, in der Unterhaltung als auch im Betrieb bedeutend teurer als Elektroaggregate sind.

Die heute üblichen *halbstationären Anlagen* dagegen sind an eine bestimmte Beregnungsfläche gebunden. Diese Fläche muß in jedem Jahr beregnet werden, d. h., hier müssen Voraussetzungen geschaffen werden, daß die Beregnung *wirtschaftlich* ist. Dazu ist es erforderlich, die Beregnungsflächen aus der allgemeinen Fruchtfolge des Betriebes herauszunehmen und für diese eine *eigene Fruchtfolge* einzurichten.

Diese Beregnungsfruchtfolge muß nach den im Betrieb angebauten beregnungswürdigsten Kulturen ausgewählt werden. Oft kann es auch richtig sein, daß besonders beregnungswürdige Pflanzen in die Beregnungsfruchtfolge aufgenommen werden, die noch nicht im Anbauplan des Betriebes enthalten sind, um so die Wirtschaftlichkeit entscheidend zu erhöhen (z. B. Zuckerrüben auf IS-Böden).

Bei der Aufstellung der Beregnungsfruchtfolge müssen folgende Gesichtspunkte beachtet werden:

- Auch für die beregnungswürdigen Kulturen sind die bekannten *Fruchtfolgegrundsätze* einzuhalten. Hier ist insbesondere auf die Verträglichkeit hinzuweisen.
- Es sind in erster Linie Pflanzen mit *hoher Beregnungswürdigkeit* aufzunehmen.
Die beregnungswürdigsten Kulturen sind bis zur biologisch und arbeitsökonomisch bedingten Höchstgrenze in die Fruchtfolge einzugliedern. Der Getreideanteil sollte maximal nur 30% betragen.
- Es sind *arbeitswirtschaftliche* Gesichtspunkte zu beachten:
In der Regel nimmt der Arbeitsaufwand mit steigender Beregnungswürdigkeit bedeutend zu, da es sich im allgemeinen um Intensivkulturen handelt. Weiterhin kann die starke Betonung solcher Pflanzen in der Beregnungsfruchtfolge zu ausgeprägten Arbeitsspitzen führen, weil der Arbeitsaufwand zeitlich zusammenfällt. Vor Aufstellung der Fruchtfolge sind die Fragenkomplexe mit dem gesamten Betrieb abzustimmen.

- Bei der Aufstellung der Berechnungsfruchtfolge ist auf einen möglichst *gleichmäßigen Wasserbedarf* zu achten. Es ist eine möglichst lange Berechnungsperiode einzuplanen, da die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage mit Verlängerung der Berechnungszeit je Jahr steigt. Eine Einsatzzeit von *800 Stunden/Jahr* sollte angestrebt werden (in den Monaten April und Mai durch Berechnung von Winterzwischenfrüchten, Getroide/Frühhgemüse, im Herbst durch Berechnung von Stoppelsaaten, Spätgemüse).

1.9.2. Berechnungsplan

Der ermittelte Gesamtwasserbedarf ist in einem Berechnungsplan unter Berücksichtigung der speziellen Standortverhältnisse auf die für den Anbau vorgesehenen Kulturen dekadenweise aufzuteilen. Die *günstigsten Berechnungszeiträume* wurden bereits teilweise im Abschnitt 1.8. „Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen und ihre Erfolgsaussichten“, S. 45, genannt. Außerdem sind sie in Tabelle 8, S. 30, nachzulesen.

In Verbindung mit der Fruchtfolgegestaltung ist auf eine möglichst *gleichmäßige* Wasserverteilung zu achten. In der Regel sind gewisse Wasserbedarfsspitzen im Juli und August nicht ganz zu vermeiden, jedoch kann durch eine zweckentsprechende Fruchtfolge die Bedarfsspitze stark reduziert werden.

Der Berechnungsplan hat weiterhin die Aufgabe, dem Berechnungsmeister für den Berechnungsbetrieb eine Grundorientierung zu geben. Jedoch darf der Berechnungsplan unter keinen Umständen als Dogma angesehen werden, sondern er ist im Berechnungsbetrieb dem *natürlichen Witterungsverlauf* anzupassen.

Der Aufbau eines Berechnungsplanes ist aus Tabelle 13, S.54, ersichtlich.

1.9.3. Abwasserverteilungsplan

Der Abwasserverteilungsplan unterscheidet sich von dem Berechnungsplan für Klarwasser dadurch, daß primär nicht vom Bedarf, sondern vom *Abwasseranfall* auszugehen ist.

Weiterhin müssen soweit wie möglich die ganzjährige Abnahme und die ganzjährige Verwertung berücksichtigt werden.

Auf die Möglichkeiten der ganzjährigen Abnahme wurde bereits im Abschnitt 1.6.3. „Zeitlicher und mengenmäßiger Einsatz von Abwasser“, S. 40, eingehend hingewiesen. *Filterflächen* sollten nur in starken Frostperioden in Anspruch genommen werden. Ansonsten gelten die gleichen Grundsätze wie beim Berechnungsplan. Der Aufbau eines Abwasserverteilungsplanes ist aus Tabelle 12 (S. 52) ersichtlich.

AUFGABEN

1. Nennen und begründen Sie die Gesichtspunkte, die bei der Aufstellung der Berechnungsfruchtfolge zu beachten sind!
2. Untersuchen Sie, welche Möglichkeiten sich für die ganzjährige Abwasserverwertung ergeben!

Tabelle 12
Abwasserverteilungsplan

Kultur	ha		Jan.			Feb.			März			April			Mai			Juni		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Grünland	25	mm							40	40		40		40		40		40		40
		1000m ³							10	10		10		10		10		10		10
Grünland	25	mm							40	40		40		40		40		40		40
		1000m ³							10	10		10		10		10		10		10
Sommergetreide	20	mm			70	70								35	35	35	35			
		1000m ³			14	14								7	7	7	7			
Kleegras	20	mm					35		35	35	35		35	35					35	35
		1000m ³					7		7	7	7		7	7					7	7
Frühkartoffel	20	mm													35	35	35		35	
		1000m ³													7	7	7		7	
Raps	20	mm			35	35		35		35	35	35								
		1000m ³			7	7		7		7	7	7								
Zuckerrüb. Futtermüb.	20	mm																	35	
		1000m ³																	7	
Untersaat	20	mm																		
		1000m ³																		
Winterzwischenfr.	20	mm			70	30			35		35									
		1000m ³			14	6			7		7									
Ausgleichsfl.	5	mm	200	200	200	92	235	10	112	32	83	32	32	32	32	32	83	32	32	32
		1000m ³	10	10	10	4.8	11.8	0.48	5.6	1.8	4.16	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	4.16	1.6	1.6	1.6
Bodenfilter	25	mm	624	624	166	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		1000m ³	15.6	15.6	4.16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Anfall		1000m ³	25.6	25.6	21.6	25.6	25.6	20.4	25.6	25.6	28.16	25.6	25.6	25.6	25.6	28.16	25.6	25.6	25.6	
Verwert.ges. %		1000m ³	10	10	24	25.6	25.6	20.4	25.6	25.6	28.16	25.6	25.6	25.6	25.6	28.16	25.6	25.6	25.6	
			39	39	85	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Verwert.L. % Landw.		1000	—	—	14	21	1.4	20	20	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
			—	—	50	82	55	91%	78	94	85	94	94	94	94	94	84	85	94	94

Juli			Aug.			Sep.			Okt.			Nov.			Dez.			Gesamt		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	In der Veget.	außerd. Veget.	Gesamt
	60		40		40		40		40		60						380	180	560	
	15		10		10		10		10		15						96	45	14	
40		60		40		40		60		60							400	140	540	
10		15		10		10		15		15							10	35	135	
																	140	140	280	
																	28	28	56	
35			35	35	35												315	105	420	
7			7	7	7												63	21	84	
																	140	—	140	
																	28	—	28	
							35		35								140	140	280	
							7		7								28	28	56	
35	35	35		35		35											210	—	210	
7	7	7		7		7											42	—	42	
						35		35		35		35					70	70	140	
						7		7		7		7					14	14	28	
			35		35		35		35		35			70			140	275	415	
			7		7		7		7		7			14			28	55	83	
32	72	120	32	32	83	32	32	72	32	72	120	200	200	200	200	200	2588	846	3434	
1.6	3.6	6.16	1.6	1.6	4.16	1.6	1.6	3.6	1.6	3.6	8.16	10	10	10	10	10	129.4	42.48	171.88	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	344	624	24	624	624	726	—	4380	4380
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.6	15.6	1.8	15.6	15.6	181.6	—	110.52	110.52
25.6	25.6	28.16	25.6	25.6	28.16	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6	28.16	25.6	25.6	25.6	25.6	28.16	555.4	379	934.4	
25.6	25.6	28.16	25.6	25.6	28.16	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6	28.16	17	10	24	10	10	468.48	355.4	823.88	
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	66	39	94	39	39	84	84	90	90
24	24	24	24	24	24	24	24	22	24	22	22	7		14	—	—	426	226	652	652
84	86	78	94	84	86	84	94	86	94	86	78	27		59	—	—	77	60	69	69

1.10. Erforderlicher Investitionsaufwand und Betriebskosten einer Beregnung

1.10.1. Durchschnittlicher Investitionsaufwand

1.10.1.1. Klarwasser

Der Investitionsaufwand ist im starken Maße von der Größe der Anlage, von der Lage der Wasserentnahmestelle zur Beregnungsfläche, von der Intensität der Erschließung und von vielen anderen Faktoren abhängig.

Im Durchschnitt liegt der erforderliche Investitionsaufwand für eine halbstationäre Beregnungsanlage zwischen 2500,— und 4000,— M/ha.

Davon entfallen auf:

stationäre Leitungen	etwa 2000,— M/ha
Schnellkupplungsrohre, Regner und Formstücke	etwa 400,— M/ha
Pumpwerk	etwa 500,— M/ha
Entnahmebauwerk, Energie und Sonstiges	etwa 600,— M/ha

Durch den VEB Meliorationsprojektierung wurden die Investitionen 1966/67 bei 66 halbstationären Beregnungsanlagen analysiert. Auf Grund dieser Analyse waren folgende Investitionen erforderlich:

Tabelle 14
Investitionen für die Flächenerschließung

Fläche ha	Wertumfang TM/ha
50–150	2,5
150–300	2,4
über 300	2,3

Im Wertumfang sind berücksichtigt:

Das gesamte stationäre und bewegliche Rohrnetz einschließlich der Zuleitung von der Pumpstation zur Beregnungsfläche und die Zuleitung vom fließendem oder stehendem Gewässer zur Pumpstation, soweit deren Gesamtlänge 10% der Länge des stationären Rohrnetzes nicht überschreitet.

- *Investitionen für die gesamte Pumpenstation* mit Bauteil, Technologie und Elektroteil bis zum Anschluß an den Transformator sowie das Entnahmebauwerk (siehe Tabellen 15 und 16, S. 56)
- *Investitionen für erforderliche Freileitungen*
25 TM/km

Tabelle 15

Maximale Fördermenge m ³ /h	Wertumfang TM/Stück
<i>Handbetrieb</i>	
100	70
200	80
300	100
<i>Automatisch gesteuerter Betrieb</i>	
300	165
400	180
500	200
800	240
1200	360

Tabelle 16

Investitionen für Trafostation

Maximale Fördermenge m ³ /h	Wertumfang TM/Stück
100	17
200	17
300	65
400	65
500	68
800	68
1200	68

1.10.1.2. Abwasser

Der Investitionsaufwand für *Abwasserverwertungsanlagen* erhöht sich im allgemeinen beträchtlich, da hier in der Regel Speicheranlagen, längere Zuführungsleitungen und eine frostsichere Verlegung aller stationären Anlageteile erforderlich sind.

Es kann im Durchschnitt mit einem erforderlichen Investitionsaufwand von 3000,— bis 5000,— M/ha gerechnet werden.

Zu beachten ist allerdings, daß auf Grund der Vereinbarung zwischen dem Landwirtschaftsrat der DDR und dem Amt für Wasserwirtschaft vom 15. Juni 1966

der VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung für den Bau und die Unterhaltung des Pumpwerkes, die Energiezuführung und für die stationäre Leitung bis zur Grenze des der Kläranlage am nächsten gelegenen Verwertungsgebietes verantwortlich ist.

Hierdurch reduzieren sich die Investitionskosten für die Landwirtschaft in der Regel auf eine Summe, die etwas unter der für die Klarwasserberegnung liegt.

1.10.2. Ermittlung der Jahreskosten

Die Jahreskosten liegen derzeit noch durchschnittlich bei 300,— bis 400,— M/ha; das sind 2,— bis 3,— M/mm Wasser.

Im einzelnen setzen sich die Kosten wie folgt zusammen:

- *Abschreibungen in Prozent des Neuwertes*

Vollbewegliche Pumpenaggregate	10 %
Stationäre Pumpenaggregate	8 %
Sonstige Ausrüstung im Pumpwerk	3 %
Bauwerke	2 %
Stationäres Rohrnetz	3 %
Bewegliches Rohrnetz	8 %
Regner	20 %
- *Unterhaltungskosten (Reparaturkosten) in Prozent des Neuwertes*

Vollbewegliche Pumpenaggregate	4 %
Stationäre Pumpenaggregate	1 %
Sonstige Ausrüstungen im Pumpwerk	1 %
Bauwerke	0,5 %
Stationäres Rohrnetz	0,5 %
Bewegliches Rohrnetz	1 %
Regner	5 %
- *Lohnkosten*
0,03–0,07 M/m³

Die Lohnkosten sind stark von der Mechanisierungsstufe und der gewählten Technologie abhängig (siehe auch Kapitel 4., Abschnitt 4.8.4., S. 243).

- *Energiekosten* etwa 0,06 M/m³
- *Sonstige Kosten (Verwaltung usw.)* etwa 0,01–0,02 M/ha

Die getrennten Jahreskosten für Abwasserverwertungsanlagen sind unter Berücksichtigung der getrennten Finanzierung auf der Grundlage der vorgegebenen Werte zu ermitteln. Eine Wirtschaftlichkeit für den landwirtschaftlichen Betrieb ist in der Regel immer vorhanden.

Formeln für die Berechnung ökonomischer Kennzahlen:

- $\text{Wirtschaftlichkeit (\%)} = \frac{\text{Nettomehrertrag} \times 100}{\text{Investitionsaufwand}}$
- $\text{Rentabilitätsrate (\%)} = \frac{\text{Nettomehrertrag} \times 100}{\text{Gesamtjahreskosten (einschl. Mehrwerbungskosten)}}$
- $\text{Rückflußdauer (Jahre)} = \frac{\text{Investitionsaufwand}}{\text{Nettomehrertrag}}$
- $\text{Nettomehrertrag} = \text{Bruttomehrertrag} - \text{Gesamtjahreskosten}$

AUFGABEN

1. Warum hängt die Wirtschaftlichkeit einer Beregnungsanlage mit entscheidend von der jährlichen Einsatzzeit ab!
Begründen Sie Ihre Antwort!
2. Nennen Sie die Möglichkeiten, um die Wirtschaftlichkeit einer Beregnungsanlage zu erhöhen!

1.11. Betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte

Da die Beregnung bei unzuweckmäßigem Einsatz der Beregnungsanlage sehr kostenaufwendig sein und der Erfolg unterschiedlich ausfallen kann, muß vor der Anschaffung und der Inbetriebnahme jeder Beregnungsanlage eine eingehende *Planung* und *Beratung* vorausgehen. Hierbei müssen Landwirte und Techniker von Beginn an eng zusammenarbeiten.

Um dieses Produktionsmittel wirtschaftlicher zu gestalten, ist bei der Planung zu überprüfen, ob einer Beregnungsanlage erweiterte Aufgaben, wie Mitverregnung von Jauche, Gülle, Mineräldüngemitteln, Einsatz zur Frostschutzberegnung oder Pflanzenschutzmittelsprühung, zugeteilt werden können.

Vor der Projektierung sind alle betriebsökonomischen Gesichtspunkte, die durch den Einsatz der Beregnung eine Veränderung erfahren, zu untersuchen bzw. zu ermitteln,

durch welche Veränderungen in der Betriebsorganisation und Betriebsumstellung erst ein rentabler Einsatz möglich ist.

Es ist selbstverständlich, daß der Betrieb durch eine Beregnungsanlage in seiner Gesamtheit in der Betriebsorganisation eine Veränderung erfahren muß. Der Umfang dieser Veränderung ist vom *Erschließungsverhältnis*, d. h. vom Verhältnis der Beregnungsfläche zur Gesamtfläche abhängig.

Allgemein kann gesagt werden, daß das Erschließungsverhältnis bei Klarwasserbewässerungsanlagen nicht mehr als 25 % der LN des Betriebes betragen sollte. Ein höherer Anteil ist vom arbeitsökonomischen Standpunkt kaum vertretbar.

Grundsätzlich sollte auf eine Ertragssteigerung und nicht nur auf eine Ertragssicherung orientiert werden. Vor allen Dingen muß die zu beregnende Fläche des Zwischenfrucht- und Zweitfruchtanbaus unbedingt erhöht werden.

Bei der *Abwasserverwertung* wird grundsätzlich eine gewisse Betriebsumstellung erforderlich. In der Regel wird der landwirtschaftliche Betrieb sich auf einen vorrangigen Betriebszweig (z. B. Rinderhaltung) konzentrieren müssen. Die *Weiden* und der *Feldfutterbau* nehmen bei der Abwasserverwertung sowohl in betriebsökonomischer als auch in technischer Hinsicht eine primäre Stellung ein, denn sie sind in erster Linie die Futtergrundlage für eine erhöhte Viehhaltung.

Der Gesichtspunkt, daß besonders intensiv wirtschaftende Betriebe in erster Linie für einen Beregnungseinsatz mit hoher Wirtschaftlichkeit in Frage kommen, ist bei der Bewertung der Objekteignung sehr wichtig. Jeder Betrieb muß sich darüber klar sein, daß neben den Boden- und Klimaverhältnissen einige betriebswirtschaftliche Voraussetzungen ausschlaggebend für den zu erwartenden Beregnungserfolg sind.

An erster Stelle steht der *Arbeitsaufwand*. Jede Beregnungsanlage, auch bei noch so zweckmäßigem Einsatz, verursacht einen erheblichen *Mehraufwand* an Arbeit. Neben der Bedienung der Anlage muß mit einem verschiedenen hohen Arbeitsaufwand bei fast allen Kulturen gerechnet werden. In erster Linie sind es höhere Erntebergungs-, Transport- und Veredlungskosten, die durch höhere Ernten entstehen. Um die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen, muß der *Zwischenfrucht- oder Zweitfruchtanbau* ausgedehnt werden. Dabei ist der gesamte Arbeitsaufwand dieser Flächen der Beregnung in Rechnung zu setzen.

Trotz der Bestrebungen, den Arbeitsaufwand durch ständige Rationalisierungsmaßnahmen zu senken, muß zur Zeit noch mit folgenden Werten gerechnet werden:

Bedienung und Wartung der Beregnungsanlage	etwa 30 AKh/ha
Mehraufwandskosten durch erhöhte Intensität (je nach Aufstellung der Beregnungsfruchtfolge)	etwa 70 AKh/ha
<u>Gesamter Arbeitsaufwand</u>	<u>etwa 100 AKh/ha</u>

Es ist also für 20 bis 30 ha Beregnungsfläche *eine* zusätzliche Arbeitskraft erforderlich, obwohl 1 AK 50 bis 100 ha reinen Beregnungsbetrieb (abhängig von der angewendeten Technologie) bedienen kann.

Wo diese Arbeitskräfte nicht vorhanden sind und auch nicht beschafft werden können, ist die betriebswirtschaftliche Voraussetzung für hohe Beregnungserfolge nicht gegeben.

Ein erhöhter Bedarf an Gebäuden oder baulichen Anlagen ist im allgemeinen nicht erforderlich, es sei denn, daß mit der Einführung der Beregnung grundsätzliche Betriebsumstellungen erfolgen sollen. Insbesondere kann das bei der Abwasserwertung zutreffen, die den Bau von Rindviehstallungen und Trocknungsanlagen erforderlich machen kann.

Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß Bewässerungsanlagen, insbesondere Beregnungsanlagen, erhöhte Anforderungen an die Betriebsorganisation stellen.

Der wirtschaftliche Erfolg der Anlage ist im entscheidenden Maße von der Intensität des Einsatzes, von der Gestaltung der Beregnungsfruchtfolge und der Betriebsorganisation abhängig.