

1.2. Wasserhaushalt, Wasserkreislauf und Wasserhaushaltsrechnung

1.2.1. Der Wasserhaushalt

Der Wasserhaushalt wird sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht beansprucht. Unser sozialistischer Staat legte seine Bewirtschaftung wassergesetzlich fest und übertrug die sich daraus ergebende Verpflichtung dem *Amt für Wasserwirtschaft*. In der Präambel des Wassergesetzes („Gesetz über den Schutz, die Nutzung und die Instandhaltung der Gewässer und den Schutz vor Hochwassergefahren — Wassergesetz“ vom 17. April 1963) ist diese umfassende Aufgabe erstmalig im Interesse der Förderung der Lebensinteressen aller Bürger und als Grundlage für die zentrale Planung und Leitung aller wasserwirtschaftlichen Aufgaben gesetzlich als staatliche Aufgabe festgelegt. Die Hauptglieder des Wasserhaushaltes sind:

- der Wasserkreislauf (Grundgleichung des Wasserhaushaltes),
- die Ermittlung des nutzbaren Wasserdangebotes und die Bilanzierung mit dem Wasserbedarf,
- die Mehrung des nutzbaren Wasserdangebotes durch die Erhöhung der Speicherkapazitäten und die Wiedernutzbarmachung (Rehabilitation) des Abwassers.

Da das gesamte Wasser aus dem natürlichen Niederschlag aus der Atmosphäre stammt, muß es immer wieder an diese zurückgegeben werden, damit keine Verluste entstehen. Hierauf beruht der Wasserkreislauf.

Unter der Voraussetzung, daß der jährliche mittlere Niederschlag genau gleich der mittleren jährlichen Verdunstung sein muß, wurde folgende Bilanz errechnet (nach *Wüst*):

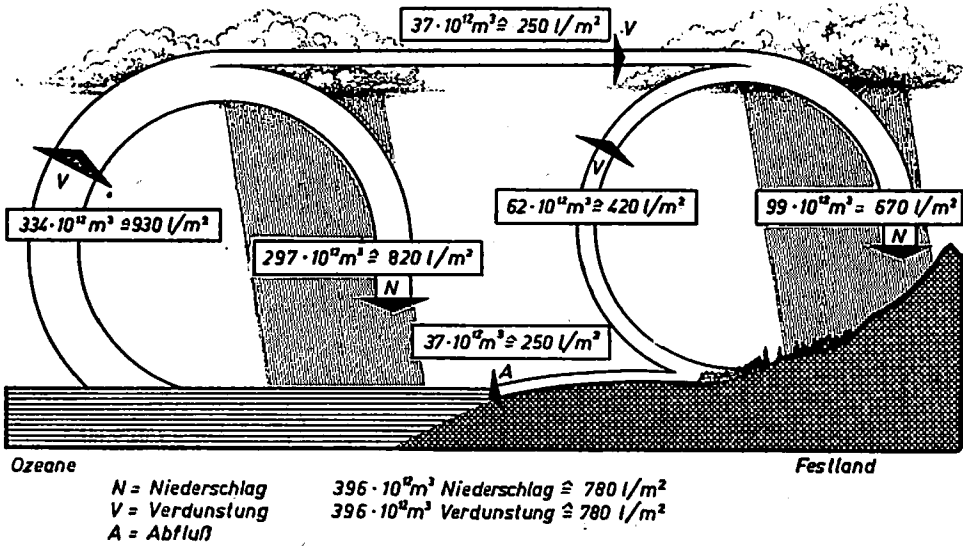


Abb. 1 Wasserkreislauf der Erde

- Niederschläge
 auf den Meeren $297 \cdot 10^{12} \text{ m}^3 \cong 820 \text{ l/m}^2$
 auf dem Festland $99 \cdot 10^{12} \text{ m}^3 \cong 670 \text{ l/m}^2$

 $396 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$
- Verdunstung
 auf den Meeren $334 \cdot 10^{12} \text{ m}^3 \cong 930 \text{ l/m}^2$
 auf dem Festland $62 \cdot 10^{12} \text{ m}^3 \cong 420 \text{ l/m}^2$

 $396 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$

Die höhere Verdunstungsmenge über den Meeren von $37 \cdot 10^{12} \text{ m}^3 \cong 250 \text{ l/m}^2$ $[(334 \cdot 10^{12}) - (297 \cdot 10^{12})]$ entsteht aus dem Abflußüberschuß vom Festland zum Meer. Daraus ergibt sich ein maritimer Verdunstungsüberschuß zugunsten des Festlandes, andererseits ein Abflußüberschuß zugunsten der Ozeane.

Auch wenn diese Zahlen nur angenäherte Zahlen sind, so ist aus ihnen zu entnehmen,

daß die Hauptwindrichtung vom Meer zum Festlandsgebiet entscheidende Bedeutung für das Witterungsgeschehen, insbesondere für die Niederschläge der maritim gesättigten Luftmassen, hat.

Daraus erklärt sich auch die Bedeutung, die die Meteorologie stets der Luftströmung (in der DDR westlichen) und den feuchtigkeitsgesättigten Tiefdruckgebieten und den meist lufttrockenen Hochdruckgebieten zumißt.

Der Wasserkreislauf wird von vielen Faktoren beeinflusst. Diese lassen sich nicht allgemeingültig ableiten, sondern sind neben geographischer Klimabedingtheit auch witterungsabhängig. Der Hauptanteil der atmosphärischen Niederschläge von etwa 70% wird durch unmittelbare Festlandseaporation (Vegetations-, Boden- und freie Wasseroberflächenverdunstung = Gebietsverdunstung) im gemäßigt humiden Bereich an die Atmosphäre zurückgegeben. Der Rest, das eigentlich nutzbare Wasserdargebot, steht

für verschiedene Nutzungen zur Verfügung. Dabei werden durch *Verdampfungsverlust* (beim Wassergebrauch) weitere Wassermengen an die Atmosphäre zurückgegeben. Der Überschuß geht als Abfluß zum Meer und von dort als maritimer Überschuß in die Atmosphäre zurück.

Die *Festlandswassernutzung* ist zu untergliedern in:

- Betriebs-, Produktions- und Kühlwasser in der Industrie und im Gewerbe,
- Trink- und Nutzwasser, vornehmlich im Bereich der zentralen Wasserversorgung (Siedlungswasserwirtschaft),
- Ent- und Bewässerung in der Landwirtschaft zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit,
- Schifffahrt, Wasserkraft und Fischerei,
- Volksgesundheit und kulturelle Einrichtungen (Volkserholung).

Hinsichtlich des *visuellen Wasservorkommens* sind zu unterscheiden:

- *vadose* Wasser (vom Niederschlag herrührendes) in nennenswerten Mengen aus dem Weltraum und *juveniles Wasser* (aus dem Erdinnern stammendes Wasser) aus Vulkanen in kleinen Mengen;
- *oberirdisches Wasser* in Meeren, Seen, Teichen, künstlichen Speichern, Tagebaurestlöchern und Wasserläufen;
- *unterirdisches Wasser* in den drei Haupterscheinungsformen als gebundenes, an den Bodenteilchen angelagertes = *hygroskopisches Wasser*, in den Bodenporen bewegliches *Kapillarwasser* (Sicker- und Haftwasser) und nur dem statischen Druck unterliegendes *Grundwasser*.

1.2.2. Die Grundgleichung des Wasserkreislaufs

Unter Wasserkreislauf in der Natur ist die Zustands- und Ortsveränderung des Wassers durch Niederschlag, Abfluß, Verdunstung, Rücklage und Aufbrauch zu verstehen (nach TGL 04049).

Der Wasserkreislauf ist ein äußerst komplizierter Vorgang, dessen Berechnung in den Bereich der Physik gehört. Die Grundgleichung lautet:

$$N = A + V + (R - B).$$

Darin bedeuten N = Niederschlag, V = Verdunstung, A = Abfluß, R = Rücklage und B = Aufbrauch.

Die Gleichung läßt erkennen, daß der *Niederschlagsgröße* N eine entscheidende Bedeutung zukommt; sie ist zugleich die variabelste Größe, d. h., sie wechselt sowohl nach Häufigkeit als auch nach Intensität und Verteilung. Mit ihr eng verbunden wechselt in der Regel auch der *Abfluß*, soweit er nicht durch See- und Landrückhalt (Bodenrückhalt) beeinflußt bzw. verzögert wird.

Niederschlag und Abfluß sind meßbare Größen im geometrischen Maßsystem. Verdunstungsmessungen lassen sich nur als Teilkomponenten durchführen, weil sie in der gesamten Atmosphäre nicht meßbar sind.

1.2.3. Bestimmungsgrößen des Wasserkreislaufs

Die Größe der Weltmeere (etwa $\frac{2}{3}$ der Erdoberfläche) und deren hohe Verdunstungskraft wurden bereits als bestimmender Faktor des maritim genährten kontinentalen Wasserkreislaufs hervorgehoben. Weitere Faktoren sind die *Gestaltung der Oberfläche* und die *Lage zur Hauptseewindrichtung*.

Von der Lufthülle ist am Wasserkreislauf ausschließlich die *Troposphäre* beteiligt; nur in ihr entstehen Wolken. Sie ist die unterste atmosphärische Schicht, an den Polen etwa 8 km, in den gemäßigten Breiten 12 km und in den Tropen (Äquatorhöhe) 17 km hoch. Die Obergrenze der Troposphäre (die Tropopause) unterliegt jahreszeitlichen und wetterbeeinflussten Schwankungen.

Wenn auch für die Troposphäre der abnehmende Feuchtigkeitsgehalt mit zunehmender Höhe charakteristisch ist, so ergibt sich daraus in enger Verbindung mit den Temperaturbereichen die äquatorialbedingte *Niederschlagsintensität*.

In den großen ausgedehnten Trockengebieten (aride Gebiete), speziell in der Passatzone, ist die atmosphärische Wasserzufuhr geringer als die Verdunstung, so daß die natürliche Vegetation gemindert oder unterbunden wird. Hier greift das menschliche Wirken durch *künstliche Wasserzufuhr* ein. Dabei gilt es, nicht nur Wasser zuzuführen, sondern zugleich die hohe Verdunstung (durch Brechung der Trockenwinde) herabzusetzen; denn es gibt Gebiete, in denen selbst das zugeführte Wasser aufgezehrt wird, ohne für die Vegetation nutzbar zu werden (Totes Meer, Kaspisches Meer).

Andererseits gibt es auch große Sumpfbereiche, in denen der Wasserreichtum durch übergroße *Wassereinströmung* so erhöht wird, daß weder die Vegetation noch die Gebietsverdunstung und auch nicht der Abfluß den Wasserüberschuß jederzeit ausgleichen können (Pripjetsümpfe, Oberlauf des Nils).

Als spezielle Bestimmungsgröße sind die Hochgebirge besonders anzuführen, weil sie bei reichem Niederschlag eine geringe Verdunstung aufweisen. Sie haben nicht nur einen hohen Abflußanteil, sondern auch ein sehr großes Abflußverhältnis (A : N) infolge der hohen Niederschlagsintensität, der Niederschlagshäufigkeit und des hohen Anteils an Schmelzwässern.

1.2.4. Niederschlag

1.2.4.1. Niederschlagshöhe, Niederschlagsdauer und Niederschlagsintensität

Die atmosphärische Luft enthält stets Feuchtigkeit (Luftfeuchte) in Form von Wasserdampf, die temperaturabhängig ist, d. h., sie *erhöht sich mit steigender Temperatur* und *fällt mit sinkender Temperatur*. Sie ist damit einem ständigen Wechsel unterworfen.

Die Aufnahmefähigkeit der Luft an Feuchtigkeit ist durch einen naturgebundenen Maximalwert begrenzt.

Der absolute jeweilige Luftfeuchtigkeitsgehalt, gemessen in g/m^3 , ergibt das Verhältnis zum Maximalwert; er wird mit relativer Luftfeuchte bezeichnet.

Der Wasserdampfgehalt der Luft übt wie alle anderen Gase einen Partialdruck (Dampfdruck) aus, der in Torr oder mm Hg gemessen wird; auch er kann einen Maximalwert (Sättigungsdampfdruck) nicht übersteigen. Die Differenz zwischen Maximalwert und

Absolutwert ist das *Sättigungsdefizit*. Der Dampfdruck ist sehr schwer zu bestimmen; es geschieht im allgemeinen mit dem ABmannschen Aspirationspsychrometer.

Bei den Niederschlägen werden zwei voneinander zu trennende Gruppen unterschieden:

- fallende Niederschläge – Regen, Schnee, Graupeln, Hagel;
- abgesetzte Niederschläge – Tau, Reif, Rauhreif.

Tau und *Reif* bilden sich durch unmittelbare Kondensation infolge Abkühlung der Luft an kalten Berührungsflächen bei nächtlicher Wärmeausstrahlung. *Nebel* ist im Gegensatz zu Tau und Reif kein direktes Kondensat des atmosphärischen Wasserdampfes, sondern eine besondere Form der unmittelbaren Kondensation des in den Wolken bereits abgeschiedenen Wasserdampfes.

Die gefallenen Niederschläge werden als Niederschlagshöhe (h_N) gemessen und ausgedrückt in:

- mm/m^2 oder
- l/m^2

Beide Angaben sind auf die Zeit (Minute, Stunde, Tag, Monat, Jahr) zu beziehen.

Hydrologisch von Bedeutung ist auch die Niederschlagsdauer, besonders in Verbindung mit ihrer Intensität, auch Niederschlagsdichte genannt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1

Niederschlagsdauer und Niederschlagsdichte

Niederschlag l/m^2	Niederschlagsdauer in		Intensität (Dichte) mm in		Bezeichnung
	min	h	min	h	
7,2	360	6,0	0,02	1,2	Landregen-Dauerregen
2,5	60	1,0	0,04	2,4	Schwachregen
15,0	180	3,0	0,08	4,8	mäßiger Regen
30,0	120	2,0	0,25	15,0	Starkregen
25,0	30	0,5	0,50	30,0	Platzregen

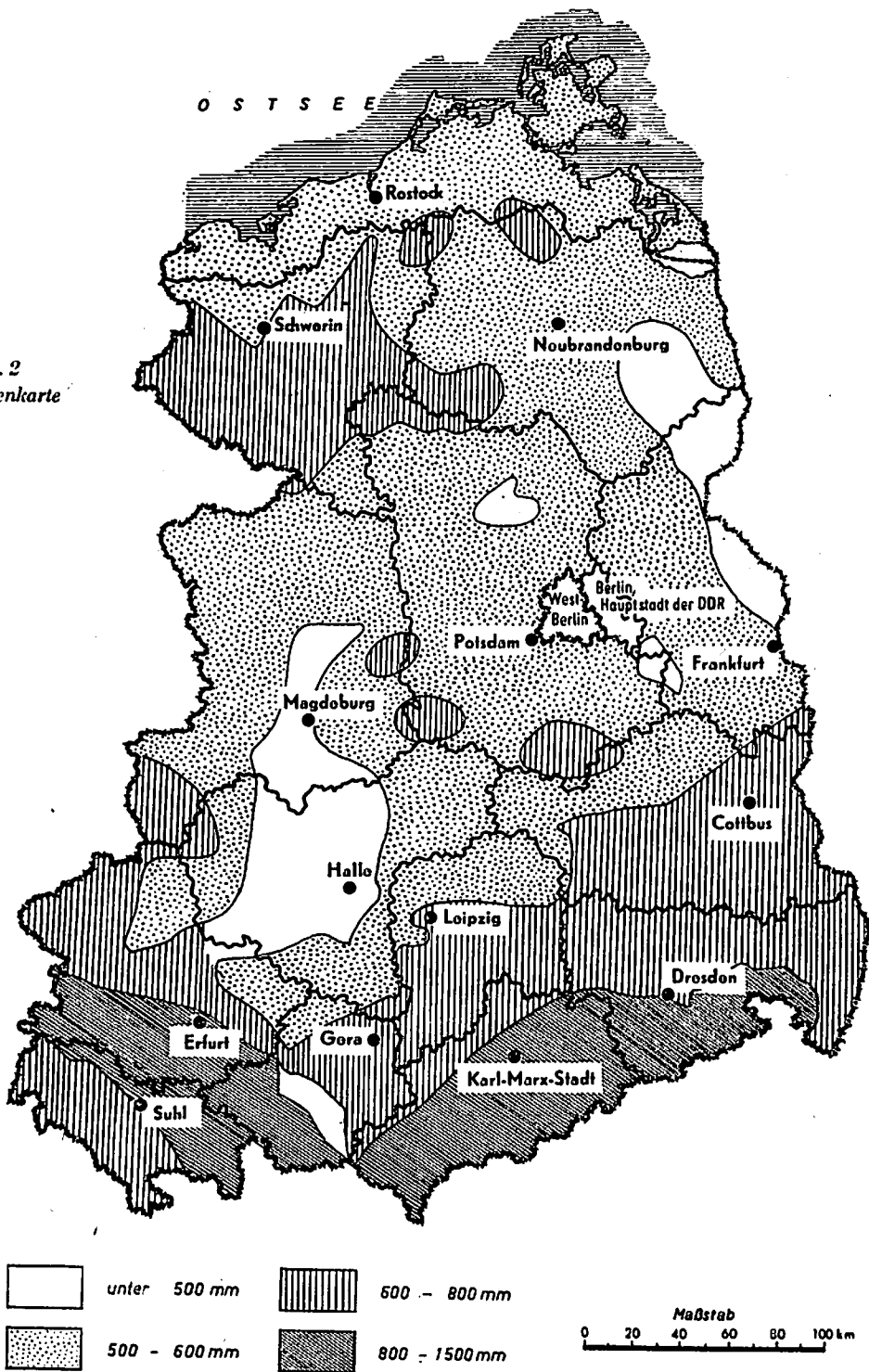
Mit *Dauer- oder Landregen* wird Niederschlag bezeichnet, der lang anhaltend, fast ohne Unterbrechung und gebietsmäßig verbreitet auftritt. Er wird als solcher bei 6stündiger Dauer und einer Intensität von mindestens 0,5 mm/h angesprochen. *Starkregen* ist Niederschlag, der während der Zeiteinheit von 1 min 1,5 bis 3,0 mm oder in 30 Minuten 12 bis 14 mm bzw. in 60 Minuten bis 30 mm Regen erbringt. *Platzregen* ist eine besondere Form des Starkregens (Schauer) und tritt als starker Regenguß in sehr kurzer Zeiteinheit auf.

1.2.4.2. Niederschlagsverteilung

Hinsichtlich der *Niederschlagsverteilung* ergibt sich etwa folgendes Bild (nach Hellmann):

- Die Niederschlagshöhe nimmt von Westen nach Osten ab, wobei eindeutig die nord-westliche Luftzufuhr zu erkennen ist. Die Küstengebiete der Nordsee liegen im Bereich von 700 bis 800 mm, dagegen die der Ostsee nur zwischen 550 bis 600 mm Niederschlag.

Abb. 2
Regenkarte



- Mit zunehmender Höhenlage über NN nimmt die Niederschlagshöhe zu, wobei vom Westwind bestrichene Hangseiten (Luvseiten) regenreich, dagegen die Ostseiten (Leeseiten) regenarm sind. Der größte Teil der Deutschen Demokratischen Republik weist nur durchschnittliche Jahresniederschlagshöhen um 600 mm auf. Kleinere Räume östlich des Harzes (Halle-Aschersleben-Halberstadt) liegen darunter; ebenso ein verhältnismäßig schmaler Küstenstreifen mit Ausnahme der Insel Rügen, die mehr der Nordseewindrichtung unterliegt. Höhere Niederschläge haben der Oberharz, der Thüringer Wald, das Vogtland und das Erzgebirge.

Während der Oberharz h_N von 1000 bis 1200 aufweist, hat der Raum Bernburg-Calbe-Aken-Köthen nur etwa 480 mm N. Der ganze östliche Teil des Bezirkes Frankfurt hat mittlere Niederschlagshöhen von 500 bis 540 mm; der mecklenburgische Raum und der Raum des Bezirkes Potsdam sind mit 580 bis 600 mm N niederschlagsreicher.

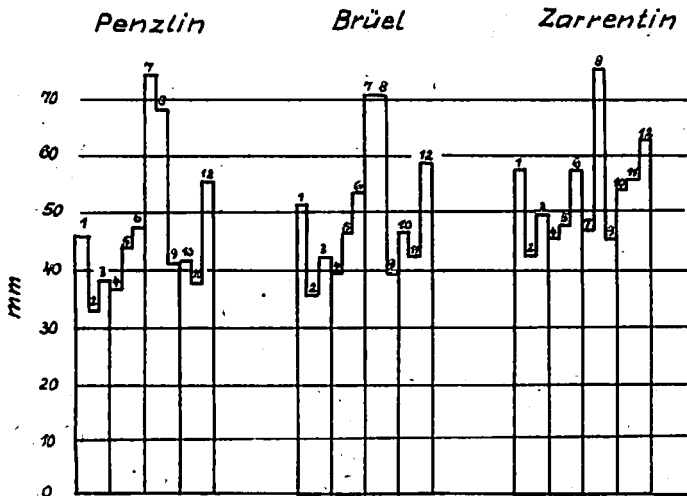


Abb. 3
Beispiel
für die monatliche
Niederschlags-
verteilung

AUFGABEN

1. Stellen Sie fest oder erkundigen Sie sich, wie hoch die durchschnittlichen Jahresniederschläge im Bereich Ihres Betriebes, Kreises oder Bezirkes sind und beurteilen Sie anhand des Ergebnisses, ob die Niederschläge für ein optimales Pflanzenwachstum ausreichen!
2. Ermitteln Sie, wie die Niederschläge monatlich verteilt sind und ziehen Sie daraus Rückschlüsse auf eine eventuelle Zusatzwasserversorgung! In welchen Monaten müßte diese gegeben werden?

1.2.5. Verdunstung

Unter Verdunstung ist der allmähliche Übergang einer Flüssigkeit in den gasförmigen Zustand, vor allem von Wasser in Wasserdampf, zu verstehen.

Die Verdunstung ist für den Wasserhaushalt bedeutungsvoll. Der Grad der Verdunstung ist abhängig von:

- der Temperatur,
- der Luftbewegung,
- dem Vorhandensein großer Wasserflächen.

Für die Verdunstung von 1 g Wasser werden 539 kcal Wärme verbraucht, d. h., die Verdunstung ist mit Abkühlung verbunden. Außerdem fördert Wind den Transport des Wasserdampfes. Diese Tatsache ist für den Verdunstungsvorgang wichtig, denn der Austausch von Wasser, Luft und Wärme erfolgt nur so lange, wie die Luft über dem Wasser nicht gesättigt ist.

Das zeigt sich auch nach klaren Nächten in Senkungen und Niederungen. Hier kühlt sich die Luft an dem durch Verdunstung erkalteten Boden ab, und es bilden sich *Bodennebel*.

Die Verdunstung über den freien Wasserflächen ist sehr hoch. Sie liegt bei 800 bis 830 mm/m², d. h. über dem Durchschnitt der in der Deutschen Demokratischen Republik fallenden Niederschläge (600 mm). Von den 800 bzw. 830 mm entfallen etwa $\frac{1}{4}$ auf den Winter und $\frac{3}{4}$ auf den Sommer; die Wasserflächen sind damit hydrologisch Zehrgebiete.

Messungen der Verdunstung durch Boden und Pflanzen zeigten bei einem relativen Wasserverbrauch für 1 kg erzeugte Trockensubstanz folgende Ergebnisse:

Gräser	550 bis 650 Liter \triangleq 3000 m ³ /ha
Getreide	450 bis 500 Liter \triangleq 3500 m ³ /ha
Klee	450 bis 500 Liter \triangleq 3500 m ³ /ha
Haackfrüchte	250 bis 300 Liter \triangleq 1500 m ³ /ha

Wald hat eine außerordentlich hohe Verdunstung, wobei in der Regel nicht alle Niederschläge verdunsten, weil ein Teil des Wassers abfließt.

Die Höhe der Verdunstung ist jahreszeitlich verschieden, sie beträgt etwa

- 7,8% im Winter
- 39,8% im Sommer
- 31,8% im Frühjahr
- 20,6% im Herbst

Es ist üblich, in der Grundgleichung des Wasserkreislaufs den Faktor V (Verdunstung) durch U (Unterschiedsgröße) zu ersetzen:

$$U = N \text{ (Niederschlag)} - A \text{ (Abfluß)}$$

1.2.6. Abfluß

1.2.6.1. Abfluß und Abflußverhältnis

Unter Abfluß ist die Wassermenge (Q) in l/s bzw. m³/s zu verstehen, die den Abflußquerschnitt (F) in einer bestimmten Zeiteinheit durchfließt.

Sowohl der Querschnitt F als auch der Abfluß Q sind veränderliche Größen. Die Mengenermittlung ist daher stets mit aufwendigen Messungen verbunden. Es ist auch in der Hydrologie üblich, den Abfluß flächenmäßig (F_E) zu betrachten und mit der abgeleiteten Größe: Abflußspende q in $\frac{1}{s \cdot km^2}$ zu rechnen. Die Beziehung lautet dann:

$$Q = q[\text{in } l/s] \cdot F_E [\text{in } km^2].$$

Das erleichtert das Rechnungsverfahren, weil dabei nur die jeweilige Größe des F_E zu ermitteln und diese mit der Gebietsabflußspende q zu multiplizieren ist.

Die gewässerkundlichen Jahrbücher enthalten für alle der hydrologischen Beobachtung unterstehenden Wasserläufe langjährige Jahres- und Monatsmittel für q .

1.2.6.2. Abflußspende

Als Abflußspende (q) wird der auf eine Flächeneinheit bezogene Abfluß bezeichnet; sie wird in $\frac{1}{s \cdot km^2}$ angegeben.

Im Meliorationswesen wird dem mittleren Abfluß (MQ) bzw. der mittleren Abflußspende (Mq) eine weitgehende Bedeutung zugemessen. Die hierauf bezogenen Wasserstände und Abflüsse werden als Basis für die Projektierung in der Hydromelioration zugrunde gelegt. Grundsätzlich kann gesagt werden,

daß sich der Abfluß mit zunehmender Niederschlagsmenge erhöht.

Unter gleichen geographischen Verhältnissen erhöht sich auch das *Abflußverhältnis* $a = A : N$ mit steigender Niederschlagsdichte und steilerem Gelände. In langgezogenen Einzugsgebieten mindert sich die Abflußspende; im Gebirge ist das Abflußverhältnis größer als im Flachland. Es können folgende Durchschnittswerte für q in $\frac{1}{s \cdot km^2}$ angegeben werden (Tabelle 2).

Das Abflußverhältnis wird auch von der *Temperatur* und der *Niederschlagshöhe* beeinflusst (Tabelle 3).

Tabelle 2

	Abflußspende bei		MHq ³
	MNq ¹	Mq ²	
Flachland	2—0,5	8— 4	50— 8
Hügelland	2—1	12— 5	200— 80
Mittelgebirge	2—4	16— 6	1000—200
Hochgebirge	10—4	30—10	4000—800

¹ MNq = mittlerer unterer Grenzwert der Abflußspende

² Mq = arithmetisches Mittel der Abflußspende

³ MHq = mittlerer oberer Grenzwert der Abflußspende

Tabelle 3

Einfluß der Temperatur und der Niederschlagshöhe auf das Abflußverhältnis ($a = A:N$)

Mittlere Jahres- temperatur °C	N			A			a					
	N	A	a	N	A	a	N	A	a			
	(mm)			(mm)			(mm)					
5	500	180	0,36	600	250	0,41	800	410	0,51	1000	600	0,60
8	500	130	0,26	600	190	0,32	800	330	0,41	1000	510	0,51
10	500	100	0,20	600	160	0,27	800	280	0,35	1000	430	0,43

N = Niederschlag A = Abfluß

In der Tabelle 4 sind für einige Wasserläufe der Deutschen Demokratischen Republik Wasserhaushaltsgrößen – langjährig – als Abflußverhältnis $a = A : N$ ausgewertet.

Tabelle 4

Wasserhaushaltsgrößen der DDR, berechnet im Institut für Wasserwirtschaft (Auszüge)

Flußgebiet	Jahres- reihe	Lage in m über NN	t °C	N	A (mm)	a	a (mm)	
							max	min
Zwickauer Mulde								
Wechselburg	1924/39	200–1100	5,5	931	342	0,37	0,48	0,27
Pleiße-Mündung	1921/40	114–385	7,8	650	125	0,20	0,29	0,13
Weißer Elster- Mündung	1921/40	76–718	7,8	659	146	0,22	0,40	0,15
Saale-Mündung	1932/50	50–1140	7,7	614	138	0,25	0,34	0,13
Spree – Cottbus	1921/40	70–605	8,7	646	193	0,30	0,47	0,22
Spree – Charlottenburg	1921/40	30–605	8,1	574	130	0,23	0,32	0,17
Havel – Rathenow	1938/50	27–201	8,4	568	126	0,22	0,32	0,19
Havel – Havelberg	1938/50	24–201	8,5	568	119	0,22	0,31	0,20
Dosse	1911/30	25–158	8,5	600	249	0,42	—	—
Elbe – Wittenberge	1921/40	23–1600	8,4	646	165	0,26	0,44	0,16
Elbe – Darchau	1921/40	15–1600	8,4	643	169	0,26	0,43	0,19

Tabelle 5

Langjährige Mittel der Abflußspende in $\frac{l}{s \cdot km^2}$ (Auszüge aus dem gewässerkundlichen Jahrbuch)

Fluß	Ort	MNq ¹	Mq ²	MHq ³	HHq ⁴
Oder	Hohensaaten	2,4	4,9	14,1	70–80
	Frankfurt	2,1	5,5	19,4	
Elbe	Wittenberge	2,0	5,1	15,9	30–40
	Torgau	1,7	5,9	26,1	
Saale	Grizelne	1,4	4,6	19,7	
Havel	Rathenow	1,7	4,1	7,5	30
Spree	Cottbus	1,7	4,8	30,2	

¹ MNq = mittlerer unterer Grenzwert der Abflußspende² Mq = arithmetisches Mittel der Abflußspende³ MHq = mittlerer oberer Grenzwert der Abflußspende⁴ HHq = oberster Grenzwert der Abflußspende

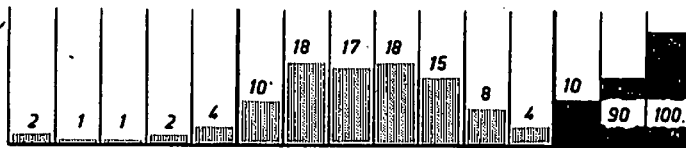
In der Tabelle 5 wurden Auszüge aus den gewässerkundlichen Jahrbüchern als lang-jährige Mittel zusammengestellt. Sie liegen bei MNq im Flachland bei 1,7, für Mq bei 4,8 bis 5 und MHq bei 25 bis 30 $\frac{1}{s \cdot km^2}$ (siehe S. 25).

Die Erfahrung lehrt aber, daß die Abflüsse im Frühjahr gewöhnlich nicht dem Jahresmittel gleichgesetzt werden dürfen, wenn in dieser Zeit eine ausreichende Vorflut für eine günstige Binnenentwässerung erreicht werden soll.

Der Abfluß setzt sich aus dem oberirdischen Abfluß und dem unterirdischen, d. h. dem Sickerwasser (Grundwasser), zusammen, der verzögert abfließt.

Der oberirdische Abfluß erreicht Höchstwerte nach der Schneeschmelze, nach Starkregen und Regenhäufigkeit innerhalb einer kurzen Zeitspanne, oft auch nach Schauern (Gewitterregen).

Schroeder Havelgebiet



Kalweit Spreegebiet

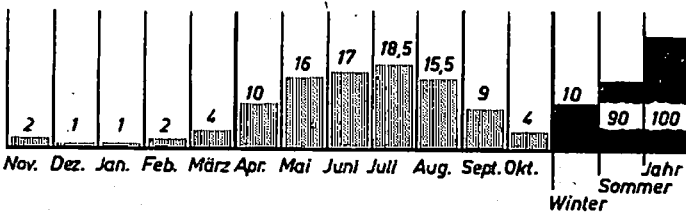


Abb. 4
Verdunstungszahlen U,
errechnet als U
(Unterschiedsgröße
N - A)

Jahresrechenmittel
1921/1940 in %
der Jahreszahl
Kalweit: Spreegebiet
N = 574 mm = 100
A = 130 mm = 22,5
U = 484 mm = 77,5

Im Juli 1954 bestand eine Hochwasserflut, die durch ein Höhentief über Teilen des Elbeinzugsgebietes ausgelöst wurde. Die Auswertung durch den hydrologischen Dienst erbrachte in verschiedenen Wasserläufen dieses Einzugsgebietes Abflußspenden von 108 bis 718 $\frac{1}{s \cdot km^2}$ (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6

Katastrophenniederschläge vom 8. bis 13. Juli 1954 im Elbeinzugsgebiet

Ort	h_N mm	Flußgebiet	$q \left[\frac{1}{s \cdot km^2} \right]$
Bautzen	167	Krinitsch	39,9
Königsbrück	163	Weseritz	108,0
Nossen	223	Lachsbach	108,0
Golzen	249	Gottleuba	399,0
Mylau	265	Müglitz	718,0
Greiz	190	Vereinigte Weißeritz	292,0
Gera	174		
Leipzig	159		

Die Wasserwirtschaftsdirektionen vervollkommen ständig das Beobachtungsmaterial und stellen den Meliorationskombinaten für die örtliche Meliorationsprojektierung speziell erarbeitete Abflußspendenwerte zur Verfügung.

AUFGABE

Ziehen Sie aus dem gewässerkundlichen Jahrbuch der DDR die Abflußspenden für ein bestimmtes Einzugsgebiet heraus und errechnen Sie den mittleren Abfluß (MQ) und den mittleren Hochwasserabfluß (MHQ) für jedes Teilgebiet und für das Gesamteinzugsgebiet!

1.2.7. Wasserstandsmessungen

1.2.7.1. Wasserstände (gewässerkundliche Hauptzahlen)

Der Wasserstand, die Höhe des Wasserspiegels über einem Bezugshorizont (nach TGL 04049), wird ständig an Pegeln beobachtet bzw. täglich abgelesen. Die Beobachtungsergebnisse werden in *Pegellisten* registriert und im gewässerkundlichen Jahrbuch veröffentlicht. Aus den Summen der Halbjahres- bzw. Jahresablesungen der täglichen Wasserstände werden die Winter-, Sommer- und Jahresmittel des betreffenden Jahres arithmetisch errechnet. Die weitere Auswertung erfolgt in der Weise, daß Jahres-, Frühjahrs- und langfristige Mittel gebildet und diese nach

- Niedrigwasserstand (NW)
- Mittelwasserstand (MW)
- Hochwasserstand (HW)

gegliedert werden. Außer diesen Hauptzahlen sind in die Haupttabellen der Jahrbücher die bis dahin überhaupt aufgetretenen äußersten Wasserstände

- niedrigster Niedrigwasserstand (NNW)
- höchster Hochwasserstand (HHW)

eingetragen, wobei immer Tag, Monat und Jahr des Eintretens genannt sind. Das hydrologische Meßjahr läuft jeweils vom 1. November bis zum 31. Oktober des folgenden Jahres.

Tabelle 7
Gewässerkundliche Hauptzahlen und ihre Bezeichnung

Kurzzeichen	Begriff	Erläuterung
HHW	höchster Wasserstand	bisher überhaupt an dieser Beobachtungsstelle aufgetretene Höchstwerte
HHQ	höchster Hochwasserabfluß	
HW	Hochwasserstand	höchster Wert in einem bestimmten Zeitraum, z. B. Monat, Halbjahr, Jahr oder einer Jahreszeitfolge, z. B. 1930–1950
HQ	Hochwasserabfluß	

Kurzzeichen	Begriff	Erläuterung
MHW MHQ	mittlerer Hochwasserstand mittlerer Hochwasserabfluß	arithmetisches Mittel verschiedener Abfluß- jahre
MW MQ	Mittelwasserstand Mittelwasserabfluß	arithmetisches Mittel der Hauptbeobachtungen im betrachteten Zeitraum, z. B. MW 1925/1950 oder SoMQ 1925/1950 (So = Sommer)
MNW MNQ	mittlerer Niedrigwasserstand mittlerer Niedrigwasserabfluß	arithmetisches Mittel verschiedener Abfluß- jahre
NW NQ	Niedrigwasserstand Niedrigwasserabfluß	niedrigster Wert in einem bestimmten Zeit- raum (Monat, Halbjahr, Jahr oder Jahreszeit- folge)
NNW NNQ	niedrigster Niedrigwasser- stand niedrigster Niedrigwasser- abfluß	bisher überhaupt an dieser Beobachtungsstelle aufgetretene niedrigste Werte

Die Tabelle 7 enthält die Bezeichnung der gewässerkundlichen Hauptzahlen und ihre Erläuterung; die Tabelle 8 zeigt eine Hauptpegeltabelle mit den Wasserständen der Spree am Pegel Beeskow mit ganzjähriger Gliederung.

Tabelle 8

Hauptpegeltabelle — Jahr 1935, Pegel Beeskow—Spree, Pegelliste und Wasserstände, Pegelliste = 37,810, Niederschlagsgebiet $F_N = 5720 \text{ km}^2$ (Auszug aus dem gewässerkundlichen Jahrbuch)

Pegelablesungen in cm — täglich 7 Uhr												
Tag	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.
1	264	282	240	273	278	260	249	236	173	203	205	207
2	266	284	246	273	279	258	249	238	174	202	203	206
3	268	286	248	273	278	258	250	232	180	208	202	208
4	271	286	251	270	277	257	253	232	182	202	200	210
5	274	287	255	269	276	257	251	232	184	206	194	212
im Auszug gekürzt												
30	289	239	270	—	264	248	236	180	204	204	208	255
31	—	239	270	—	262	—	233	—	203	210	—	256
Hauptzahlen für die einzelnen Monate 1935												
NW	264	220	240	242	262	234	231	178	173	182	189	204
MW	277	269	266	261	270	251	241	249	201	199	203	231
HW	285	291	276	273	279	260	253	240	217	210	215	256
an den Tagen												
	öfter 8., 9.		22., 24.	öfter 2.	1.	4.	8.	20.	17., 31.	21., 28.	31.	

Pegelablesungen in cm täglich 7 Uhr														
Tag	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.		
Langjährige Monatsmittel														
1912/35														
MW	271	281	302	298	296	281	249	231	234	231	235	253		
äußerste bisher aufgetretene Wasserstände														
NNW 170 am 6. u. 7. Juni 1934 HW 439 am 11. November 1930														
Hauptzahlen für Halbjahre 1912/1935														
NW	MNW	MW	MHW	HW						NW	MNW	MW	MHW	HW
Winter					Sommer					Jahr				
196	237	288	347	439	170	196	239	290	383	170	196	263	349	439

Durch Aufaddieren der Ablesungszahlen bzw. Mittel zum Pegelnull erhält man den Wasserstand in NN-Ordnungen und kann Vergleiche mit den Geländehöhen anstellen

1.2.7.2. Pegelbeobachtungsstationen und Pegel

Pegelbeobachtungsstationen bestehen in der Deutschen Demokratischen Republik an Hauptflüssen und Strömen, künstlichen Kanälen, Talsperren, Rückhaltebecken sowie an der Ostsee und ihren Häfen. An Schifffahrtsschleusen bestehen Ober- und Unterpegel.

Pegel sind Einrichtungen zum Messen des Wasserstandes.

Oberpegel befinden sich im Oberwasser, Unterpegel im Unterwasser.

Eingehende Beschreibungen der Beobachtungsstationen, der Pegel und des Beobachtungsverfahrens können dem „Handbuch für den Techniker, Praktische Hydrologie“, Teil I „Wasserstand der Oberflächengewässer“, herausgegeben vom Amt für Wasserwirtschaft, entnommen werden.

Es werden Pegel verschiedener Ordnungen unterschieden.

- Hauptpegel (Pegel I. Ordnung) sind hydrologisch und wasserwirtschaftlich von übergeordneter Bedeutung. Sie werden bzw. sind zur Erfassung der Abflußverhältnisse an Strömen und Flüssen, oberhalb und unterhalb der Mündungen wichtiger Nebenflüsse, in der Mündungsstrecke von Nebenflüssen und im Grenzbereich wichtiger Flußabschnitte sowie an bestimmten Stellen des Küstengebietes eingerichtet.
- Pegel II. Ordnung sind Nebenpegel, die die I. Ordnung ergänzen.
- Pegel III. Ordnung werden meist nur für örtliche oder vorübergehende Zwecke eingesetzt.

Als Wasserstandsmeßgerät dient grundsätzlich der *Lattenpegel*. Wird eine fortlaufende Registrierung der Wasserstände notwendig, ist zusätzlich ein automatisch arbeitender *Schreibpegel* zu verwenden. Ein Lattenpegel ist eine im Gewässer fest eingebaute Meßplatte, die nach Metern, Dezimetern und Zweizentimetergliederung unterteilt ist. Als *Treppenpegel* wird ein Lattenpegel bezeichnet, der eine unverzerrte, getreppte

Teilung hat. Er ist in die Böschung eingelassen. *Schrägpegel* sind auf der Uferböschung angebrachte Lattenpegel; ihre Teilung ist entsprechend der Böschungsneigung verzerrt.

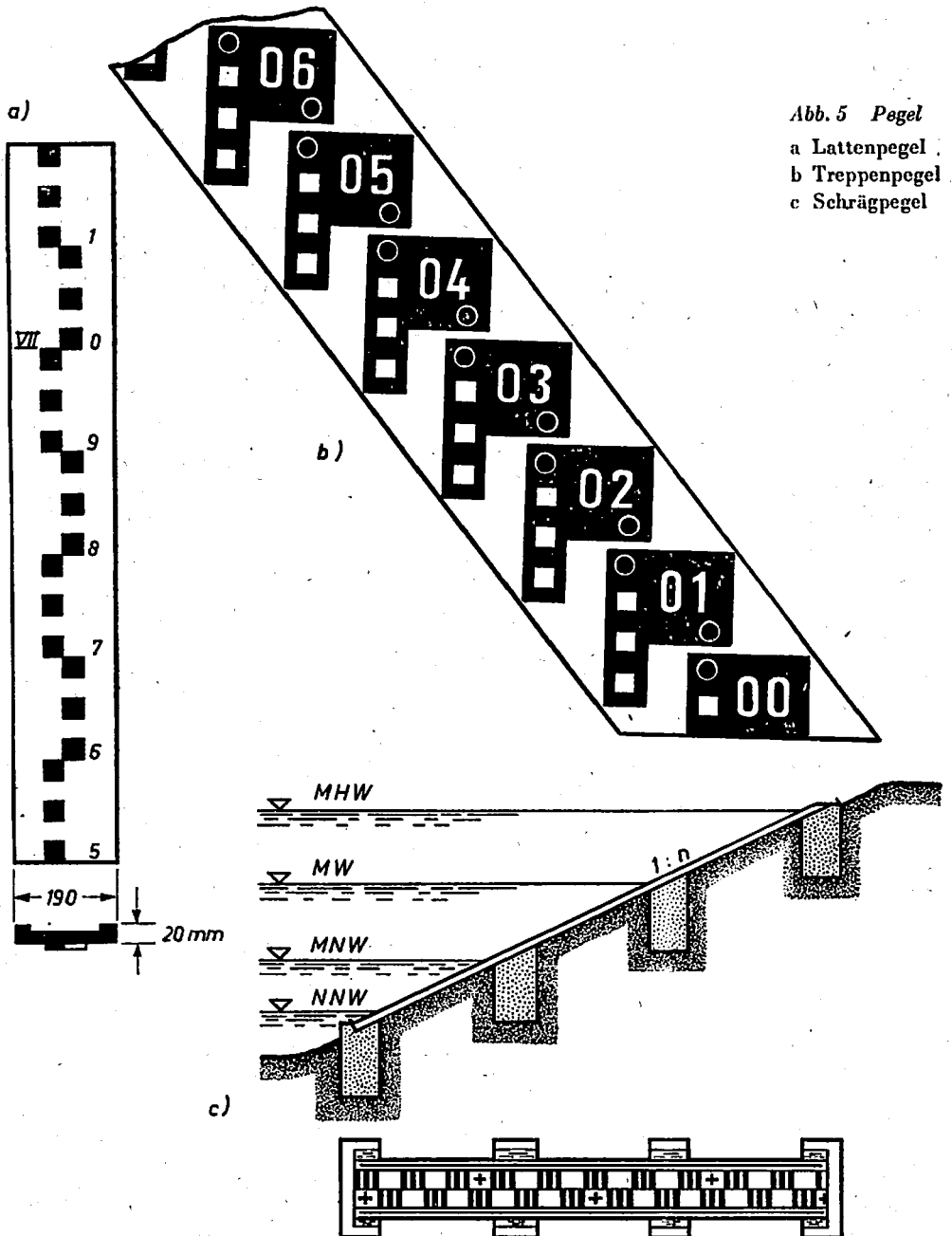


Abb. 5 Pegel
a Lattenpegel
b Treppenpegel
c Schrägpegel

AUFGABEN

1. Entnehmen Sie aus dem gewässerkundlichen Jahrbuch die Hauptzahlen eines Pegels in Ihrem Arbeitsgebiet!
2. Versuchen Sie anhand einer topographischen Karte die Möglichkeit der Entwässerung bedürftiger Gebiete in bezug auf die Hauptzahlen zu ermitteln!

1.2.7.3. Auswertung gewässerkundlicher Meßergebnisse

Die Auswertung der statistischen gewässerkundlichen Meßergebnisse wird in der Regel *graphisch* dargestellt. Zu diesem Zweck werden die Zahlenwerte (Wasserstände), auch Grundwasserstände, Abflußmessungen und Quellschüttungen meist langjährig zusammengestellt. Es sind zusammengehörige (kollektive) Zahlenwerte, die sowohl lineare als auch vertikale Zusammenziehungen sowie Aus- und Angleichungen gestatten, d. h., sie stehen zueinander in Wechselbeziehungen. Am wichtigsten bei der statistischen Auswertung sind die arithmetisch ermittelten Häufigkeits-, Zentral- und Medianwerte.

Im Meliorationswesen kommen dem mittleren Niedrigwasserstand (MNW), dem niedrigsten Niedrigwasserstand (NNW) und dem Hochwasserstand (HWW) insofern steigende Bedeutung zu, als sie nicht nur für die erstmalig zu erarbeitenden Neuanlagen, sondern auch für die dauernde Instandhaltung vorhandener Anlagen zu unterlegen sind. Bei ungenügender Instandhaltung der Wasserläufe werden die statistisch ermittelten Hauptzahlen überschritten, wodurch die volle Funktionsfähigkeit der Meliorationsanlage gefährdet ist. Die Hauptzahlen sollen sich auf den vorangegangenen Zeitraum von etwa 10 Jahren beziehen.

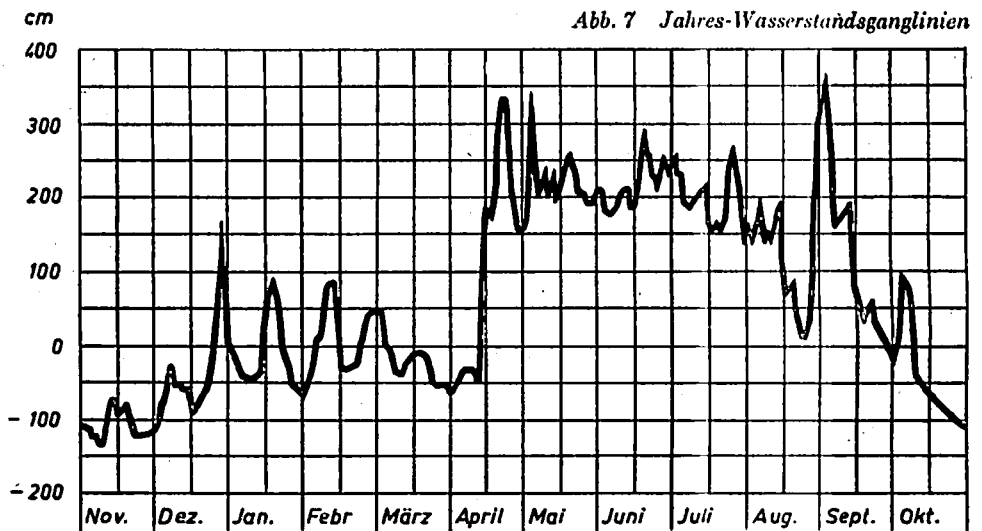
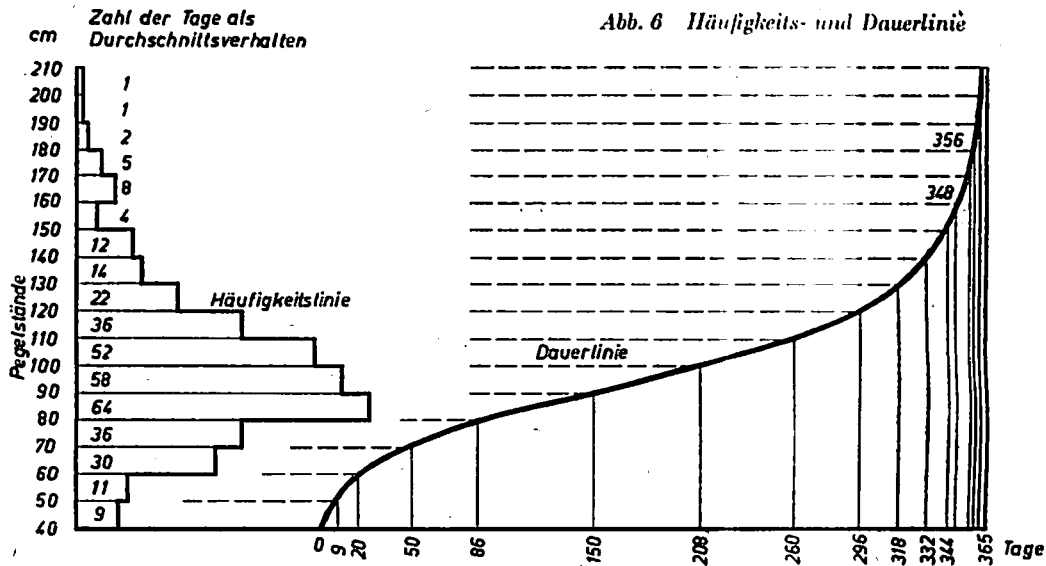
Die korrelativ ermittelten Meßgrößen gewährleisten in der graphischen Darstellung einen schnelleren Überblick. Graphisch dargestellt werden *Häufigkeitslinien*, *Dauerlinien* und *Ganglinien*. Im Meliorationswesen stehen die Häufigkeitslinien im Vordergrund.

Wasserstandshäufigkeits- und Dauerzahlen werden für Monate, Halbjahre, Jahre und Jahresreihen meist nur für bestimmte repräsentative Pegel errechnet und graphisch in Linien umgesetzt.

Die Häufigkeitszahl gibt an, an wieviel Tagen der Wasserstand in dem herangezogenen Zeitraum in dem Pegelhauptzahlenbereich auftrat.

Diese Hauptzahlenbereiche werden nach *Pegelstufen* (gewöhnlich 10 bis 20 cm) geordnet. Es ergibt sich dann ein treppenförmiger Linienzug, der kurvenmäßig ausgeglichen wird. Unter Dauerlinie ist die zeichnerische Darstellung statistisch gleichwertiger Einzelbeobachtungen in der Reihenfolge ihrer Größe zu verstehen. Ganglinien sind die zeichnerische Darstellung von ortsbezogenen Beobachtungswerten in der Reihenfolge ihres zeitlichen Auftretens, z. B. Ganglinien für Wasserstände oder den Abfluß.

Die *Wasserstandsganglinie* entsteht durch die zeichnerische Darstellung der Pegelablesungszahlen, geordnet nach ihrem zeitlichen Auftreten. Es können *Jahresganglinien* aus den täglichen Ablesungen und *langjährige Ganglinien* aus den gemittelten Werten aufgetragen werden. Die Ganglinie gibt einen Einblick in den Wasserstandsablauf in der entsprechenden Zeit.



1.2.8. Wasserhaushaltsrechnung nach dem Durchschnittsverhalten der einzelnen Wasserhaushaltsgrößen

Beim *Durchschnittsverhalten* werden alle Angaben nach TGL 04049 auf ein Regeljahr bezogen. Darunter wird ein Jahr mit der mittleren Abflußsumme mehrerer, mindestens 10 Jahre verstanden, dessen *Abflußganglinie* und *Abflußdauerlinie* mit den statistischen Mitteln übereinstimmt.

Keller hat bereits im Jahre 1906 für die Einzugsgebiete mehrerer Ströme Mitteleuropas derartige Berechnungen des Wasserhaushaltes durchgeführt. Seine Wasserhaushalts-

berechnung beruht auf der Gleichung $N - A = V$ (U), d. h., er setzt die Verdunstungshöhe (V) als Differenz zwischen Niederschlag und Abfluß (A) ein. Da beides Meßgrößen sind, die sich auf ein Einzugsgebiet (F_E) beziehen und in mm h_N (Niederschlagshöhe) und in mm h_A (Abflußhöhe) ausgedrückt werden, ist eine lange Jahresreihe erforderlich, um repräsentative Mittelwerte zu erhalten. Zur Verallgemeinerung des Verfahrens wäre in großen Einzugsgebieten mit stark wechselnden meteorologischen und hydrologischen Meßwerten ein verdichtetes Beobachtungsnetz notwendig. Keller hat im weiteren Fortgang seiner Untersuchungen das prozentuale Abflußverhältnis $A : N$ zugrunde gelegt.

Tabelle 9

Einzugsgebiet	Jahre	N mm	A mm	V mm	A/N %
Untere Netze	30	535	182	353	34,0
Havel — Rathenow	4	558	108	450	19,4
Mulde — Düben	20	753	306	447	40,6
mittlere Oder	10	665	175	490	26,3
Untere Saale	20	613	168	445	27,5
Weißeritz — Dresden	18	841	306	535	36,4

Auch dieses Verfahren zeigt große Differenzwerte.

Kalweit hat das Durchschnittsverhalten der Wasserhaushaltsgrößen auf den Raum der Deutschen Demokratischen Republik bezogen. Er entwickelte dabei zwei Ausgleichsformeln als lineare und quadratische Gleichungen sowohl für den Abfluß A als auch für die Verdunstung V, wobei er A als statistischen Meßwert, V als U in Anlehnung bzw. Auswertung von Lysimeteruntersuchungen einsetzte.

Fischer vertiefte die Kellerschen Grundgedanken und kam zu dem Ergebnis, daß als unterer Grenzwert des Gebietsverdunstungsverhaltens ein konstanter Wert von 350 mm in Mitteleuropa angenommen werden kann. Diese hydrologisch und meteorologisch stark verbreitete Auffassung wurde ergänzt, so daß heute verbreitet mit einer mittleren Verdunstungsgröße von 450 mm gerechnet wird. Ebenfalls hat Fischer auf dem Wege der Korrelation Konstanten als Beiwerte zur Errechnung des Durchschnittsverhaltens von A und Konstanten für die Verdunstung in Beziehung zu N ermittelt. Das von Fischer entwickelte Verfahren, durch Korrelationsrechnung die Haushaltsrechnung mathematisch-statistisch zu lösen, hat nur Wahrscheinlichkeitswert und gibt mithin nur einen groben Überschlagn.

Aus den Gegenüberstellungen der erwähnten Verfahren ist die Schlußfolgerung zu ziehen, daß die formelmäßige mathematisch-statistische Errechnung des Verdunstungsvorganges, d. h. des prozentualen Hauptgliedes der Grundgleichung des Wasserhaushaltes, bisher nur unvollkommen gelöst ist und es noch weiterer Überlegungen zur Absicherung der Ergebnisse bedarf.

1.2.8.1. Wasserbedarfsbilanzierung

Das Amt für Wasserwirtschaft hat die *Wasserbedarfsbilanzierung* auf die Einzugsgebiete (F_E) aufgegliedert, um den hydrologischen Bedingungen besser zu entsprechen. Verwaltungsmäßig sind die *Einzugsgebiete* mit den sieben bestehenden *Wasserwirtschafts-direktionen* gleichgeordnet. Diese arbeiten in der Bedarfsbilanzierung nach Schemen, die sich im wesentlichen auf die hydrologischen Meßwerte des Abflusses A gründen. Es besteht dabei durchaus die Möglichkeit, innerhalb der Einzugsgebiete Differenzierungen entsprechend den bestehenden Pegelbeobachtungen vorzunehmen.

Die *Gesamtbilanz* für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik ist naturgemäß nur überschlagsmäßig zu ermitteln, so daß der Ausgleich zwischen den Hauptbedarfsgebieten und den Überschußgebieten zentral gesteuert werden muß. Dabei arbeitet das Amt für Wasserwirtschaft eng mit dem hydrologischen Dienst zusammen, der dem Amt für Wasserwirtschaft angegliedert ist.

Als Mittelwert wird unter Einbeziehung der Fremdzufüsse (außer Oder) mit einem Wasservorrat in der Deutschen Demokratischen Republik von etwa $27 \cdot 10^9$ m³/Jahr gerechnet. Davon wird etwa $\frac{1}{4}$ zur Zeit *einfach* genutzt. In Trockenjahren sinkt der Wasservorrat um mehr als die Hälfte herab, so daß sich dann der Nutzungsgrad auf etwa $\frac{2}{3}$ erhöht. Der ständig zunehmende Wasserverbrauch erfordert, den Wasservorrat in quantitativer und qualitativer Hinsicht besser auszuschöpfen. Das geschieht durch

- die Erweiterung der oberirdischen Speicherung (Talsperrenbau);
- eine erhöhte biologische Abwasserreinigung aus der Siedlungswasserwirtschaft (Abwasserlandbehandlung und künstlich-biologische Reinigung);
- die Rekonstruktion und Neuschaffung industrieller Abwasserreinigungsanlagen.

Eine weitere Möglichkeit ergibt sich, indem die *künstliche Grundwasseranreicherung* zum Zwecke der Trinkwasserversorgung erweitert wird.

Die Industrie ist im wesentlichen mit eigenen Versorgungsanlagen aus den Gewässern mit etwa $\frac{4}{5}$ an der Wassernutzung beteiligt. Sie gibt aber den größten Teil des genutzten Wassers noch ungereinigt zurück. Nach dem Wassergesetz vom 17. April 1963 wurde deshalb die Industrie verpflichtet, das benötigte Wasser unterhalb der eigenen Wasser-einleitung zu entnehmen.

Bei der *Bedarfsberechnung* der individuellen und der gesellschaftlichen Wassernutzung (Siedlungswasserwirtschaft) sind neben der Wachstumsrate der Bevölkerung auch der kulturelle und hygienische Fortschritt zu berücksichtigen. Bei der Berechnung des Wasserbedarfs für die Industrie, das Handwerk, den Handel und das Verkehrswesen ist einerseits zu beachten, daß die Kapazitäten vorwiegend intensiv erweitert werden und die technologische Entwicklung andererseits große Möglichkeiten bietet, die Bedarfsmengen an Betriebswasser zu verringern.

Eine Hauptaufgabe der Landwirtschaft ist es, die Bodenfruchtbarkeit schnell zu steigern. Dazu gehört neben der Entwässerung auch die *Bewässerung*, wobei die letztere bei der geplanten großen Ausdehnung das Volumen des Wasservorrats in der Haushaltsrechnung beträchtlich verringert. Auf dem Lande steht außerdem die Steigerung des *Anschlußwertes* an die zentrale Trinkwasserversorgung im Vordergrund. Sie ist in den mittleren und nördlichen Bezirken noch niedrig.

Die Konzentration der landwirtschaftlichen Produktion, wie sie sich auf der horizontalen Ebene in den Kooperationsgemeinschaften und in der vertikalen in den Kooperationsverbänden im Hinblick auf die industriemäßige Produktionsweise immer mehr entwickelt, erfordert die quantitative Erhöhung des Wasservorrates.

Sie erfordert auch, der *Abwasserreinigung* in diesem Sektor stärkere Beachtung als bisher zu schenken. Durch die Bestrebungen, die Nutztviehhaltung zu konzentrieren und die Produktionsverfahren zu mechanisieren (Jauche und Kot zu vergällen), werden in der nahen Perspektive dem Meliorationswesen und der Wasserrwirtschaft neue Aufgaben gestellt.

1.2.8.2. Wasserbedarf

Im Jahre 1966 wurden aus den zentralen Trinkwasserversorgungsanlagen ohne Einbeziehung der eigenen Förderung aus Pumpen, Quellen und Gewässern etwa $1,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ Wasser abgegeben. Der Anschlußwert der Siedlungswasserwirtschaft an die zentralen Trinkwasserversorgungsanlagen betrug in der Deutschen Demokratischen Republik im Jahre 1964 75,3% (bezogen auf die Bevölkerung).

Der Trinkwasserbedarf je Einwohner und Tag (l E/d) wurde mit 126 l E/d errechnet.

Ein Vergleich der einzelnen Bezirke ergibt deshalb keinen genauen Einblick in die örtlichen Verhältnisse, weil der Anschlußwert in den Gebieten mit überwiegend städtischer Bevölkerung (auf die Kopfzahl bezogen) hoch ist und die ländliche Bevölkerung noch in weitem Ausmaß auf örtliche Eigenversorgung (Hausbrunnen) angewiesen ist. So hat z. B. der Bezirk Rostock bei einer Einwohnerzahl von 844 000 einen Anschlußwert von 65,7%, Schwerin dagegen von 52%, Halle von 80,2%, Karl-Marx-Stadt von 86,1% und Suhl von 98,1%.

Es wird angestrebt, den durchschnittlichen Anschlußwert bis zum Jahre 1980 um mindestens 10% und bis zum Jahre 2000 auf 95% zu erhöhen.

Gleichzeitig ist mit einer Erhöhung des spezifischen Wasserbedarfs zu rechnen (siehe Tabelle 10) (siehe S. 36).

Für die Ermittlung des Wasserbedarfs der Industrie können noch keine allgemeinen Richtwerte zugrunde gelegt werden; denn dieser ist nicht nur von der Produktionseinheit, sondern auch von der Technologie abhängig. Teilweise sind auch einseitig ausgerichtete ökonomische Bewertungen zuungunsten der Wassernutzung zu überwinden, weil noch eine Reihe von Industriebetrieben das Wasser zu Lasten der gesamten Volkswirtschaft billig nutzt.

Der Wasserbedarf je Produktionseinheit ist auch in jedem Industriezweig verschieden hoch. So werden z. B. für die Herstellung von:

- | | |
|--|---------------------------|
| • 1 t im Kohlenbergbau | 2,5 bis 25 m ³ |
| • 1 t Stahl | 220 m ³ |
| • 1 t in der Butadien-Industrie | 2300 m ³ |
| • 1 t in der Sulfit-Zellstoffgewinnung | 600 m ³ |

Wasser benötigt.

Tabelle 10

Wasserbedarf der Verbrauchergruppe A sowie der Dienstleistungen und für landwirtschaftliches Nutzvieh

	Mittelwerte 1938/50 $t \left(\frac{E}{d} \right)$	Maximalwerte 1980 $t \left(\frac{E}{d} \right)$	Zwecke	Verbrauchs- einheit	Liter (l)	Vieheinheit	Liter/Tag $\left(\frac{l}{d} \right)$
Ländliche Gemeinden	30—40	80—140	Wäsche	E_d^1	15	Pferde	45—60
Orte über 5000 E	40—60	130—200	Klosettpülung	1	8—10	Milchkühe	60—80
Orte über 20000 E	60—80	150—240	Wannenbad	1	200—300	Färsen	45—60
Orte über 50000 E	80—90	170—300	PKW-Wäsche	1	250	Jungvieh	30—45
Orte über 100000 E	90—110	200—360	Schulen	1 Schüler _d	3	Mastschweine	15—20
Großstädte	120—160	—400	Schwimmbad	1 E_d	100	Sauen	15—20
			Krankenhaus	1 Patient	400	Kleinvieh	5—10
			Hotel	1 Gast _d	30	Geflügel	1—3

¹ E_d = E je Tag

Tabelle 11

Wassergebrauchsverluste

Verwendungsart	Gebrauchsverlust in %	Verwendungsart	Gebrauchsverlust in %
Gemeinde	20	Graphische Industrie	28
Molkerei	5	Lederfabrikation	29
Schlachthof	13	Farben und Lacke	31
Papier- und Pappenproduktion	17	Haushaltswäscherei	34
Brauerei	17	Zucker- und Marmeladenfabrik	34
Seifenfabrik	20	Textilindustrie — Naß	37
Rauchwarenzurichtung	24	Textilindustrie — Trocken	44
Konservenindustrie	25	Kühlwasserkreislauf	bis 50
Metallindustrie	25		

Die Kernstoffenergieerzeugung ist mit einem außerordentlich hohen Kühlwasserbedarf verbunden. Sie ist jedoch nicht an die unbedingte Bereitstellung von Süßwasser gebunden.

Der gesamte industrielle Wasserbedarf wurde im Jahre 1966 mit etwa $6 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ eingeschätzt. Er wird sich bis zum Jahre 1980 auf etwa 10 bis $12 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ und bis zum Jahre 2000 auf $17 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ erhöhen. Aus diesen Zahlen ergibt sich, daß die Industrie mit allen Mitteln bestrebt sein muß, andere Produktionsverfahren, z. B. Umlaufverfahren, anzuwenden, um den Wasserbedarf zu verringern.

Entsprechend der derzeitigen Wassernutzung besteht gegenwärtig auch ein hoher *Abwasseranfall* von etwa $5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Auch dieser wird sich bis 1980 auf $8 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ und bis zum Jahre 2000 auf $13,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ erhöhen. Die Differenz zwischen Bedarfsmenge und Abwassermenge erklärt sich einmal aus der Mehrfachbenutzung und zum anderen durch den Gebrauchsverlust (Verdampfung).

Der Bedarf der Landwirtschaft an Bewässerungswasser ist zur Zeit noch nicht bedeutend; die Bewässerungsfläche ist mit etwa 70000 ha noch verhältnismäßig gering. Mehr als die Hälfte der Bewässerungsfläche wird außerdem mit städtischem Abwasser im Zuge des Reinigungsverfahrens (Abwasserlandbehandlung) beschickt.

Der Bedarf ist zur Zeit mit etwa $0,11 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{Jahr}$ einzusetzen. Es ist damit zu rechnen, daß die zu bewässernden Flächen wesentlich, etwa auf 270000 ha bis 1970 und auf 1000000 ha bis zum Jahr 1980 erweitert werden.

Bei der Wasserbenutzung treten hydrologisch fast immer *Wasserverluste* durch Verdunstung und Verdampfung ein. Die *Gebrauchsverluste* in der Landwirtschaft sind bei der Berechnung als total anzusetzen. Bei der Bodenberieselung (Rieselfelder) hängt der Gebrauchsverlust vom Berieselungssystem und auch von der Höhe der Berieselungsgabe ab. Die Verlustbilanz der Wassernutzung wird sich unter den vorgenannten Voraussetzungen in den nächsten Jahrzehnten im Wasserhaushalt erheblich auswirken. Die Wasserwirtschaft geht von folgenden Erwägungen aus:

Erhöhung des Wasserbedarfs bis zum Jahre 2000:

in der Landwirtschaft auf	$1,1 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{Jahr}$
in Industrie und Gewerbe auf	$13,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{Jahr}$

Als Gebrauchsverlust sind anzusetzen:

in der Landwirtschaft	etwa $1,0 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{Jahr}$
in Industrie und übrigen Bereichen	$3,5$ bis $4,0 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{Jahr}$

Der *Gesamtgebrauchsverlust* im Jahre 2000 wird etwa $5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ Wasser/Jahr betragen. Das macht ungefähr 20% des durchschnittlichen Wasservorrates von etwa $27 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ aus.

AUFGABEN:

1. Ermitteln Sie, wieviel Orte in Ihrem Kreisgebiet an die zentrale Trinkwasserversorgung angeschlossen sind, und berichten Sie über die geplanten Vorhaben!
2. Stellen Sie fest, wie hoch der Trinkwasserbedarf in Ihrem Wohnort ist und wie sich die Bedarfszahlen auf die einzelnen Versorgungszwecke verteilen!

1.2.8.3. Abwasser

Die Bedeutung des Abwassers im Wasserhaushalt ergibt sich allein schon aus der Größenordnung. Der Schmutzanfall (Trockenwetteranfall) ist so groß und konzentriert, daß die Selbstreinigungskraft der Flüsse nicht mehr ausreicht. Der Verschmutzungsgrad der Wasserläufe hat bereits große Ausmaße angenommen. Die im Jahre 1958 durchgeführte Güteklassifizierung der Flüsse mit einer Flußlänge von 2908 km (gleich 100% gesetzt) ergab folgende Güteklassen:

- Klasse I = 10% (nur noch die Havel mit 275 km Länge)
- Klasse II = 3%
- Klasse III = 5%
- Klasse IV = 82%.

Tabelle 12

Nutzungsgruppen

Klasse	Nutzungen	Charakteristik
I	a) kommunale Wasserversorgung	<i>sauberes Wasser</i> — ist grundsätzlich geeignet, wenn keine Spezialanforderungen gestellt werden
	b) Wasserversorgung der Lebensmittelindustrie u. a. und Trinkwasserqualität	
	c) Fischzucht mit Salmoniden	
	d) Bäder mit höchsten Anforderungen	
II	a) Fischzucht mit Salmoniden	<i>mäßig verunreinigtes Wasser</i> — nur nach entsprechender Aufbereitung verwendbar
	b) Sport und Erholung	
	c) Wasserversorgung der Viehwirtschaft	
III	a) landwirtschaftliche Bewässerung	<i>verunreinigtes Wasser</i> — noch für manche Zwecke verwendbar, für die meisten nur nach Aufbereitung
	b) Industrie	
IV	jede Art der Nutzung in jedem Einzelfall nur nach Entscheidung, meist hohe Aufbereitungskosten erforderlich	<i>unzulässig verunreinigtes Wasser</i> — nur nach biologischer Reinigung eventuell verwendbar

Trotz inzwischen unternommener Anstrengungen hat sich der Verschmutzungsgrad nicht verringert, weil die Kapazitäten in der Industrie und in der Siedlungswirtschaft schneller erhöht wurden. Dafür seien einige Werte der organischen Verschmutzung — gemessen am Verbrauch von Permanganat — angeführt (Tabelle 13).

Tabelle 13

Verbrauch an Permanganat zur Reinigung der Abwässer in mg/l

Flußlauf	1958	1962
Elbe — Dresden	40	170
Piesteritz	40	121
Saale — Dehlitz	103	733

Wenn eine zentrale Wasserversorgung vorhanden ist, muß vom Standpunkt des Wasserhaushaltes eine vollkommene Ortsentwässerung (Schwemmkanalisation) gefordert werden. Diese muß entweder nach dem *Trennsystem* oder dem *Mischsystem* ausgeführt werden. Die Kanalisation nach dem Mischsystem ist dadurch gekennzeichnet, daß der Trockenwetteranfall zusammen mit dem Regenwasser und dem Straßenspülwasser in einem Leitungssystem abfließt.

Der *Schmutzwasseranfall* (städtisches Abwasser) ist nach der Ortsgröße unterschiedlich hoch; er beträgt in l/Einwohner und Tag (l E/d) in:

Kleinstädten bis 5000 Einwohnern	100 bis 160,
Mittelstädten bis 50000 Einwohnern	140 bis 240,
Mittelstädten bis 100000 Einwohnern	160 bis 180,
Großstädten über 100000 Einwohnern	bis 320.

Da bei der mechanischen Reinigung der städtischen Abwässer nur etwa 50% der Verschmutzung herausgelöst werden, ist vom Gesichtspunkt der Wasserhaushaltsrechnung (Wiederbenutzungsmöglichkeit) eine *biologische Nachreinigung* zu fordern. Im Bergbau, in der Sulfid-Zellstoffindustrie und auch in der Butadien-, Natrium-, Kalk-, Kohle- und Petrolindustrie fallen *biologisch zugängliche* Abwässer, dagegen in der Kali- und Kupferbergbauindustrie nur *biologisch tote* Abwässer an. Einen hohen Schmutzwasseranfall hat auch die Nahrungsmittelindustrie, deren Abwässer zukünftig eine stärkere Beachtung finden müssen, weil diese Industrien gegenwärtig einen horizontalen und vertikalen Konzentrationsprozeß durchlaufen und ein starker Schmutzwasseranfall zu erwarten ist. Das gilt besonders für die zentralen Molkereien und die Schlachthöfe.

In der industriellen Wasserbenutzung werden unterschieden:

- Durchlaufverfahren
- Umlaufverfahren.

Beim *Durchlaufverfahren* wird das aufgenommene Betriebswasser gebraucht und dann dem Wasserlauf wieder zugeführt. Die wasserhaushaltlichen Forderungen nach sparsamem Umgang mit Wasser liegen in diesen Betrieben in der Regel einseitig im betriebsökonomischen Interesse.

Im *Wasserumlaufverfahren* wird das Wasser benutzt, im Betrieb gereinigt und immer wieder benutzt. Nur der Gebrauchsverlust ist durch Neuzuführung von Wasser zu ersetzen. Im Umlaufverfahren der Schwelindustrie (z. B. in Böhlen) sind Tagebaurestlöcher als Kühlwasserspeicher und Kühlbecken in den Umlauf einbezogen.

In vielen Industrieabwässern sind *Inhaltsstoffe* enthalten, die als Wertstoffe rückzugewinnen sind (z. B. Phenole, Zucker- und Eiweißstoffe). Ihre hohe Konzentration wird industriell nur genutzt, soweit es betrieblich ökonomisch und von Interesse erscheint. Die *volle* Herauslösung dieser Wertstoffe unterbleibt noch und führt zu einer hohen Abwasserlast in den Wasserläufen zum Schaden des Wasserhaushaltes.

Die vorwiegend anorganischen Bestandteile der biologisch toten Abwässer aus dem Bergbau, den Erze-, Salz- (Kali-) und Kupferaufbereitungsanlagen, den metallverarbeitenden und ähnlichen Industrien zeichnen sich besonders durch einen hohen Gehalt an gelösten Salzen und Schwermetallverbindungen aus. Für diese Abwässer sind heute noch keine wirtschaftlichen Reinigungsverfahren bekannt.

Der hohe Nährstoffgehalt der biologisch zugänglichen Abwässer einschließlich der städtischen Abwässer führt zu starker *Überernährung* (Eutrophierung) der Wasser-

läufe und zu einer übermäßigen *Schlamm*bildung. Andere Abwasserinhaltsstoffe wirken durch ihre hohe Konzentration *toxisch* (giftig) und stören bzw. unterbinden die biochemischen Vorgänge.

AUFGABEN

1. Stellen Sie fest, wieviel Ortschaften in Ihrem Kreis an Abwasserreinigungsanlagen angeschlossen sind und ermitteln Sie, nach welchen Verfahren die Abwässer gereinigt werden:
 - a) nur mechanisch,
 - b) nach der Abwasserlandbehandlung,
 - c) mechanisch mit nachfolgender künstlich-biologischer Reinigung!