

1.1. Das Wasser als Grundlage der Hydrologie

1.1.1. Begriffe und Einteilungen in der Hydrologie

Wasser in flüssiger, tropfbar-flüssiger und gasförmiger Gestalt nimmt in der Natur eine Stellung ein, die nur mit der des Sauerstoffs im atmosphärischen Luftgemisch vergleichbar ist. Es ist wie der Sauerstoff lebensnotwendig.

Die Hydrologie ist die Lehre von Wasser und seinen Erscheinungsformen über, auf und unter der Erdoberfläche und ihren natürlichen Zusammenhängen (nach TGL 04 049); sie ist die Grundlage einer planmäßigen Wasserwirtschaft.

Unterabteilungen der Hydrologie sind die *Hydrometeorologie*, die *Hydrometrie* und die *Hydrographie* als Arbeitsdisziplinen und Hilfswissenschaften.

Wasser tritt in *flüssiger* Form in den fließenden und stehenden Gewässern und in der Erdrinde als unterirdisches Wasser auf. In *tropfbar-flüssiger* Form bildet es die Wolken, und in *gasförmiger* Gestalt (Wasserdampf) erfüllt das Wasser die Lufthülle unseres Planeten in ihren unteren Schichten. In diesen Formen und in seinem Auftreten befindet sich das Wasser in *ständiger* und *wechselnder* Bewegung. Nicht berücksichtigt sind in diesem ewigen Wechsel das in den Eismassen der Polargebiete und der Hochgebirge sowie das in den Gesteinen der Erdhülle chemisch gebundene Wasser. Nach der Aufgabenstellung wird die Hydrologie in der Regel behandelt als:

- Hydrologie des Festlandes,
- Hydrologie der Meere (Ozeanologie),
- Hydrometeorologie.

Die *Hydrologie des Festlandes* beschäftigt sich mit der Gewässerkunde, der Seenkunde und der Coohydrologie.

Die *Ozeanologie* behandelt, erforscht, mißt, registriert und kartiert die Meere, wobei das Relief des Meeresbodens, die Verlagerungen und Ablagerungen (Seekarten), die Beschaffenheit des Meerwassers einschließlich seines Salzgehaltes, die Meeresströmungen und die Gezeiten (Ebbe und Flut) im Vordergrund stehen.

Die *Hydrometeorologie* arbeitet in enger Verbindung mit der Meteorologie (Wetterkunde). Sie befaßt sich mit den hydrologischen Erscheinungen in der Atmosphäre, mit den Messungen und Auswertungen des Wasserdampfgehaltes dieser Luftschicht und ihren Wechselbeziehungen zur Erdoberfläche.

1.1.2. Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Hydrologie

Hinsichtlich des Wasserhaushaltes, des Wasserkreislaufs und der Wassernutzung werden im gesamten wirtschaftlichen und kulturellen Leben hohe Anforderungen gestellt. Bei einer Gegenüberstellung des *Wasserdargebotes* mit dem ständig steigenden *Wasserbedarf* ist zu erkennen, daß in der gesamten Volkswirtschaft Disproportionen entstehen, wenn nicht in *ausreichendem* Umfang Wasser bereitgestellt wird.

Für die weitere Entwicklung aller Zweige und Einrichtungen der Volkswirtschaft ist die optimale Wasserbereitstellung von großer Bedeutung.

Aus diesem Grunde werden in der Deutschen Demokratischen Republik umfangreiche Mittel zur Förderung der Hydrologie und der Wasserwirtschaft bereitgestellt. Neben dem großen Nachholebedarf, der in erster Linie durch den Monopolkapitalismus und die Auswirkungen des zweiten Weltkrieges entstand, erfordern die schnell anwachsenden Industriekapazitäten und die fortschreitenden Bestrebungen zur Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit in der Landwirtschaft große Anstrengungen und Aufwendungen. Besonders die Kapazitätserhöhungen in der industriellen Produktion belasten das nutzbare Wasserdargebot, weil die Wiederreinigung des genutzten Wassers nicht überall in ausreichendem Maße durchgeführt wird. Der Mehrbedarf an Wasser muß im wesentlichen durch die zeitweise *Speicherung* überschüssiger Hochwässer abgedeckt werden, d. h. durch die Erhöhung der Speicherkapazitäten.

Die Wasserwirtschaft bringt die volkswirtschaftliche Bedeutung der hydrologischen Belange zahlenmäßig dadurch zum Ausdruck, daß sie sich auf das von ihr meßbar erfaßte *Wasserdargebot* bezieht. Hinsichtlich des Bedarfs an Trink-, Betriebs- und Brauchwasser, der Erfordernisse der Landwirtschaft, des Verkehrs und der öffentlichen Bedarfs-träger ist mit folgender Steigerung zu rechnen (1963/64 = 100):

- bis 1970 auf 130 %
- bis 1980 auf 180 %
- bis 2000 auf 250 %

Zu beachten ist außerdem, daß die Qualität, d. h. die *Wassergüte*, erhöht werden muß.

1.1.3. Klima und Wetter

1.1.3.1. Allgemeine und örtliche Klimaansprache

Beim Ablauf der meteorologischen Erscheinungen werden Klima, Wetter und Witterung unterschieden. Klima und Wetter sind unterschiedliche Begriffe.

Klima ist die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, besonders in der Troposphäre, die den Ablauf der Witterung eines längeren Zeitraumes in einem bestimmten großen Gebiet kennzeichnen.

Unter Wetter dagegen sind der Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt und an einem bestimmten Ort sowie die sich in ihr abspielenden meteorologischen Vorgänge zu verstehen. Das Wettergeschehen vollzieht sich nur in dem unteren Bereich der Atmosphäre, in der Troposphäre.

Die Wetterkunde befaßt sich überwiegend mit den physikalischen Elementen begrenzter Räume und deren täglichen Abläufen.

Die Witterung unterliegt kurzfristig begrenztem und auch periodischem Wechsel, während das Klima sich innerhalb großer Gebiete ausgleicht und bestimmten Perioden unterworfen ist. So werden z. B. in der Witterung nasse und trockene Sommer sowie gemäßigte und kalte Winter unterschieden.

Im Meliorationswesen hat hinsichtlich der Standortkunde der *Wasserfaktor* eine große Bedeutung; ihn klimatisch zu erfassen, ist äußerst kompliziert. Oft haben schon kleinste Hebungen und Senkungen des durchschnittlichen Grundwasserstandes, verstärkt durch wechselnde Bodenformationen, starke Verschiebungen in der Zusammensetzung der Pflanzensoziologie zur Folge. Die *mikroklimatischen* Unterschiede werden besonders stark geprägt durch die Einwirkung des Wasserfaktors. Einseitig zu hohe oder zu geringe Wasserzufuhr z. B. an Seerändern, in Sümpfen und Mooren bzw. in Sandgebieten, Trockenhügeln, in Gebieten im Regenschatten usw. bedingen scharfe Übergänge von feuchtigkeits- zu trockenheitsliebenden Pflanzengesellschaften. Auch die *Luftfeuchtigkeit*, die *Hauptwindrichtung* und die Häufigkeit der *Sonneneinstrahlung* können große mikroklimatische Differenzen hervorrufen. Im Wettergeschehen sind es besonders die *Niederschlagshöhen* und die *Niederschlagsverteilung*, die einen bedeutenden Einfluß ausüben.

1.1.3.2. Großklimagliederungen

Nach der allgemeinen physikalischen Geographie wird die Erdoberfläche auf jeder Halbkugel in drei klimatische *Groß- oder Hauptzonen* eingeteilt. Vom Äquator bis zu den Wendekreisen erstrecken sich in beiden Richtungen

die *Tropenzone*, anschließend bis zum Polarkreis die *gemäßigte oder humide Zone* und jenseits des Polarkreises die *Polarzone*.

Innerhalb der Wendekreise bestehen nur geringe Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Jahreszeiten. In der gemäßigten Zone sind die Temperaturunterschiede in sich stark ausgeprägt und die Jahreszeiten gegensätzlich warm und trocken, kalt und naß (arid und humid). Die Polarzone hat auf den Witterungsablauf und damit auch auf den Wasserkreislauf starken Einfluß.

Alle großklimatischen Gliederungen sind im engbegrenzten Raum für das Meliorationswesen wenig aussagekräftig. Der hydrologische Dienst der Deutschen Demokratischen Republik unternahm mit der Herausgabe des *Klimaatlanten* für das Gebiet der DDR den Versuch, klimatisch einigermaßen einheitlich, räumlich abgegrenzte Gebiete nach den wichtigsten *Klimagebieten* zu unterteilen. Der Atlas besteht aus zahlreichen Karten, darunter einer Karte mit 8 Klimagebieten, in der u. a. Ostseeküstenklima, Mecklenburgisch-Brandenburgisches Übergangsklima, Börde- und mitteldeutsches Binnenlandklima usw. verzeichnet sind. Neben zahlreichen Karten über die Häufigkeit der Windrichtung, die mittlere Lufttemperatur, mittlere, geringste und höchste Niederschlagsverteilung ist die Karte mit dem *mittleren Trockenheitsindex* nach der Formel von Reichelt

$$i = \frac{n \cdot k}{(t + 10) \cdot 120}$$

wichtig, weil sie trockene und nasse Gebiete kennzeichnet.

Es bedeuten:

- n = mittlere jährliche Niederschlagshöhe,
- k = mittlere jährliche Zahl der Niederschlagstage von mindestens 1,0 mm Niederschlag;
- t = mittlere jährliche Temperatur,
- 120 = mittlere jährliche Zahl der Niederschlagstage im langjährigen Mittel.

Der Trockenheitsindex in dem betrachteten Gebiet schwankt zwischen 20 und 200 Einheiten. Der höchste Wert beträgt 180–200 Einheiten im Harz, der geringste liegt im Regenschatten des Harzes bei Bernburg mit 19,8 Einheiten.

1.1.4. Die Hauptwetterelemente

Die Hauptwetterelemente sind Luftdruck, Wind, Temperatur und Niederschlag. Den hydrometeorologischen Messungen wird hierbei hinsichtlich der *Niederschlagskomponenten* eine Vorrangstellung eingeräumt. Luftdruck und Temperatur sind in Verbindung mit der Luftfeuchte wichtig. Beobachtung und Messung der Luftfeuchte sind im Wettergeschehen für die Voraussage von niederschlagsreichem bzw. trockenem Wetter bedeutungsvoll.

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*):

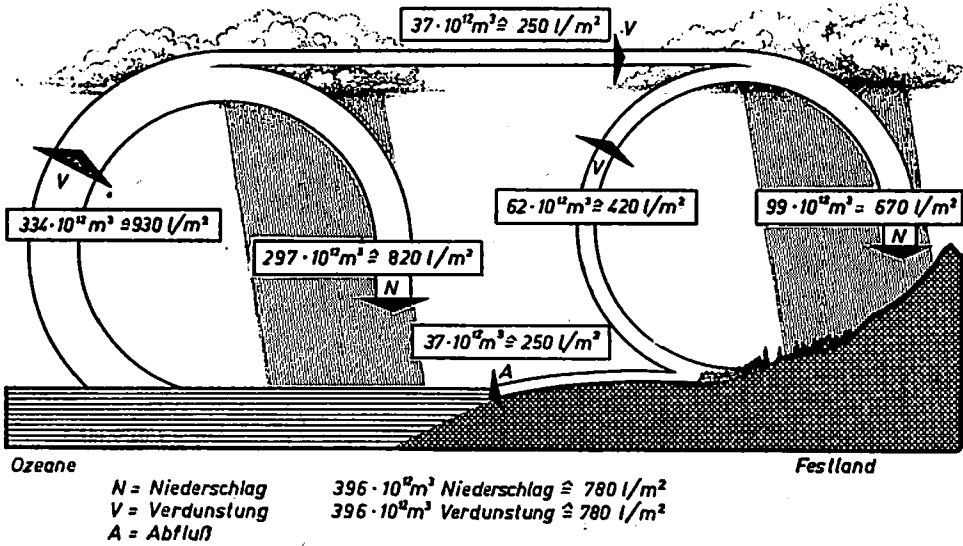


Abb. 1 Wasserkreislauf der Erde

- *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		Intensität (Dichte)		Bezeichnung
	in min	h	mm in min ¹	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

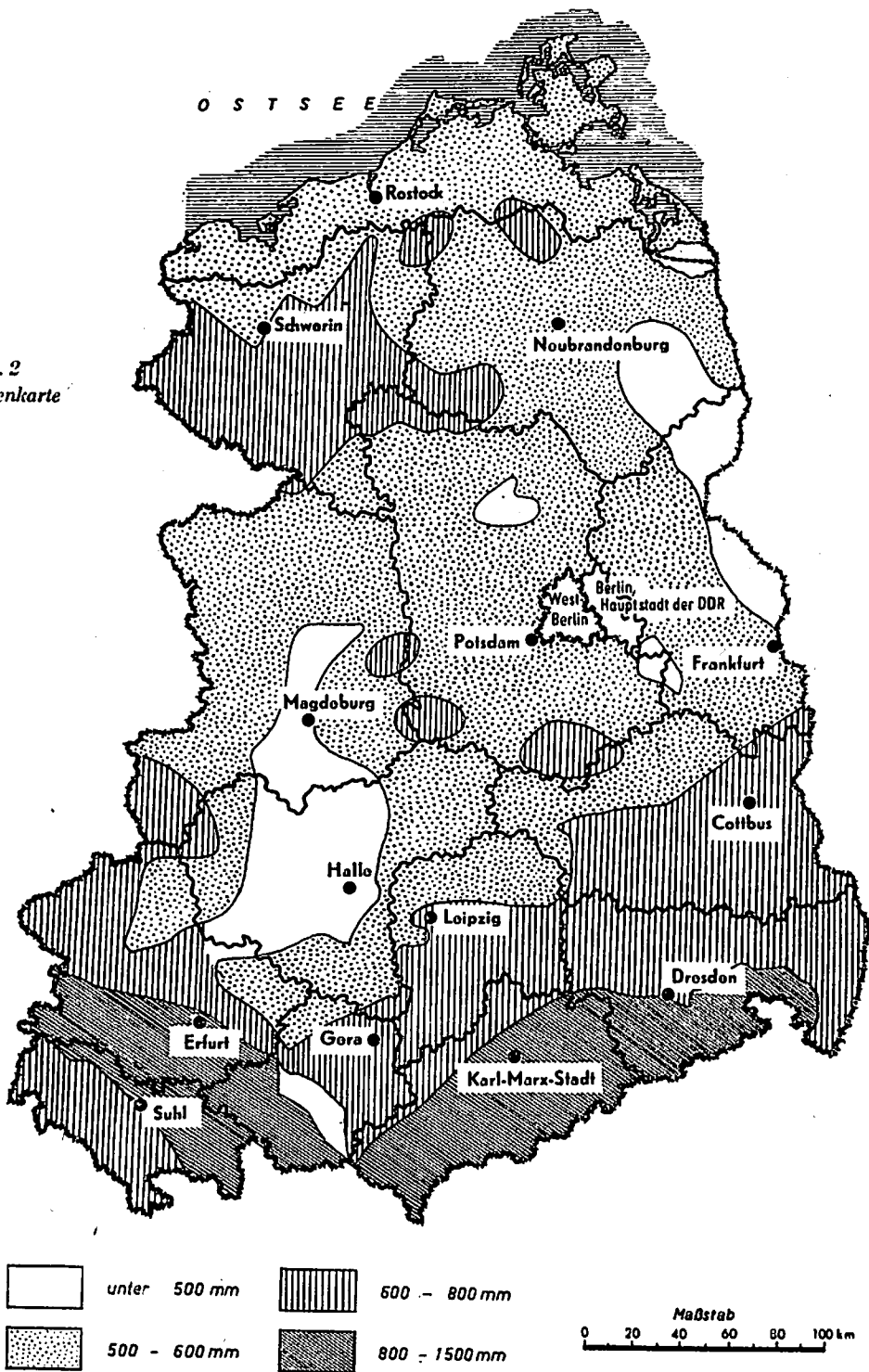
Mit *Dauer-* oder *Landregen* wird Niederschlag bezeichnet, der lang anhaltend, fast ohne Unterbrechung und gebietsmäßig verbreitet auftritt. Er wird als solcher bei 6stündiger Dauer und einer Intensität von mindestens 0,5 mm/h angesprochen. *Starkregen* ist Niederschlag, der während der Zeiteinheit 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.

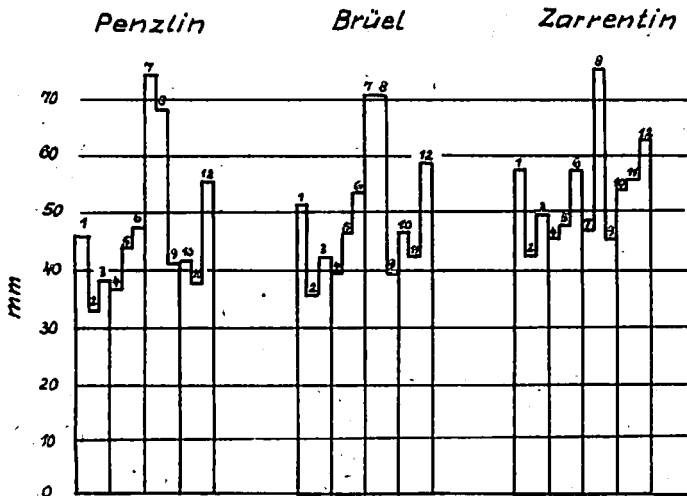


Abb. 3
Beispiel
für die monatliche
Niederschlags-
verteilung

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

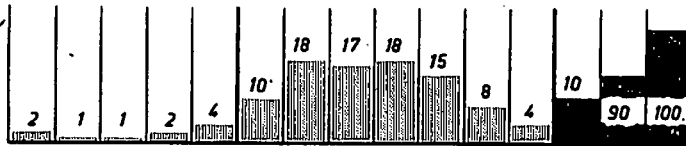
In der Tabelle 5 wurden Auszüge aus den gewässerkundlichen Jahrbüchern als lang-jährige Mittel zusammengestellt. Sie liegen bei MNq im Flachland bei 1,7, für Mq bei 4,8 bis 5 und MHq bei 25 bis 30 $\frac{1}{s \cdot km^2}$ (siehe S. 25).

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

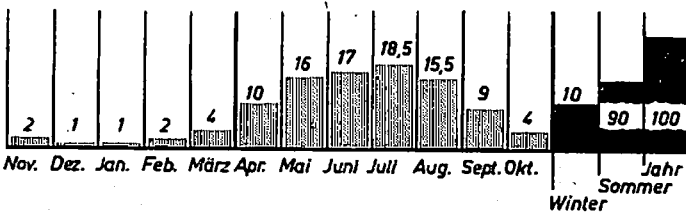


Abb. 4
Verdunstungszahlen U ,
errechnet als U
(Unterschiedsgröße
 $N - A$)

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

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
HHQ	höchster Hochwasserabfluß	aufgetretene Höchstwerte
HW	Hochwasserstand	höchster Wert in einem bestimmten Zeitraum,
HQ	Hochwasserabfluß	z. B. Monat, Halbjahr, Jahr oder einer Jahreszeitfolge, z. B. 1930–1950

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	219	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.

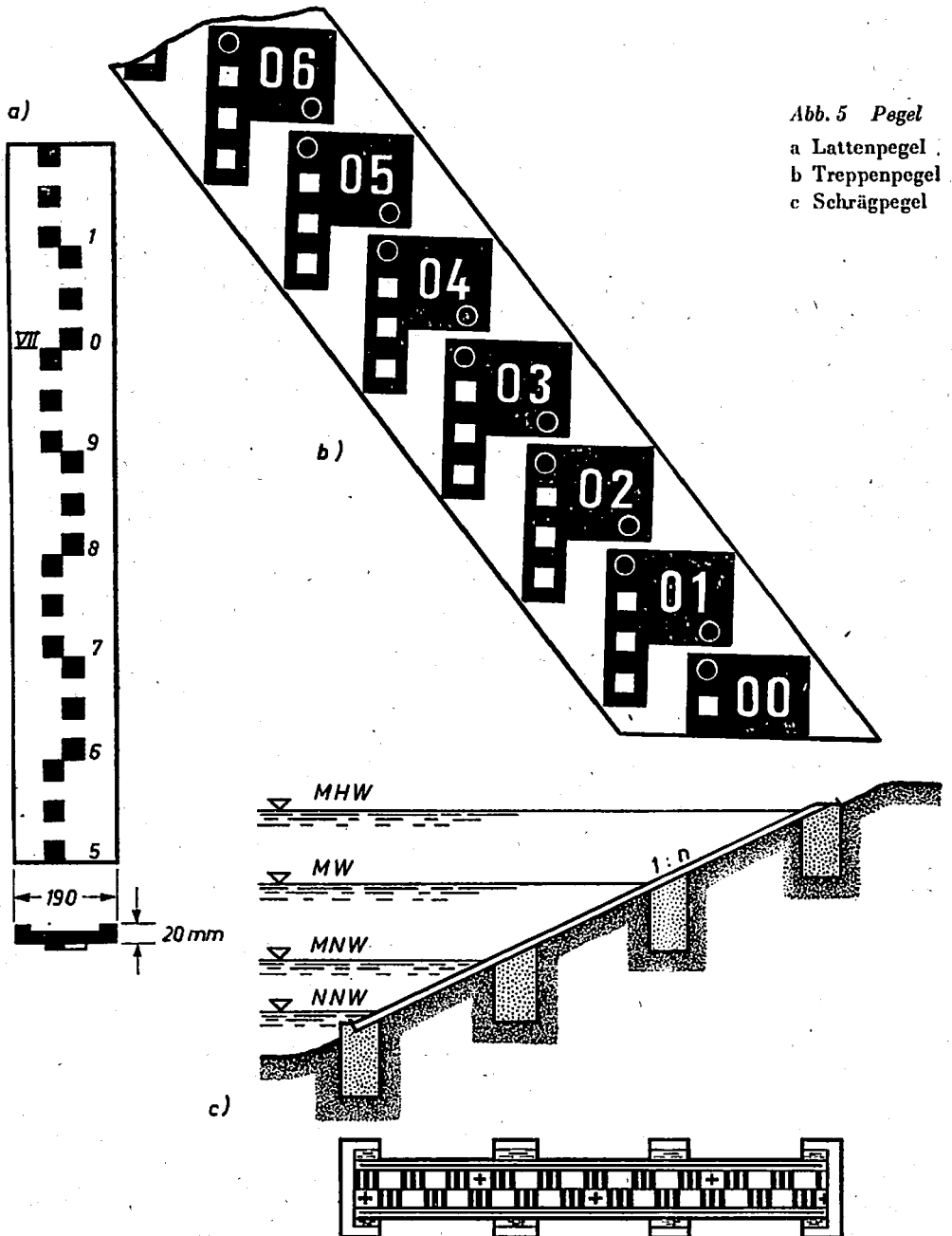


Abb. 5 Pegel
a Lattenpegel
b Treppenpegel
c Schrägpegel

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.

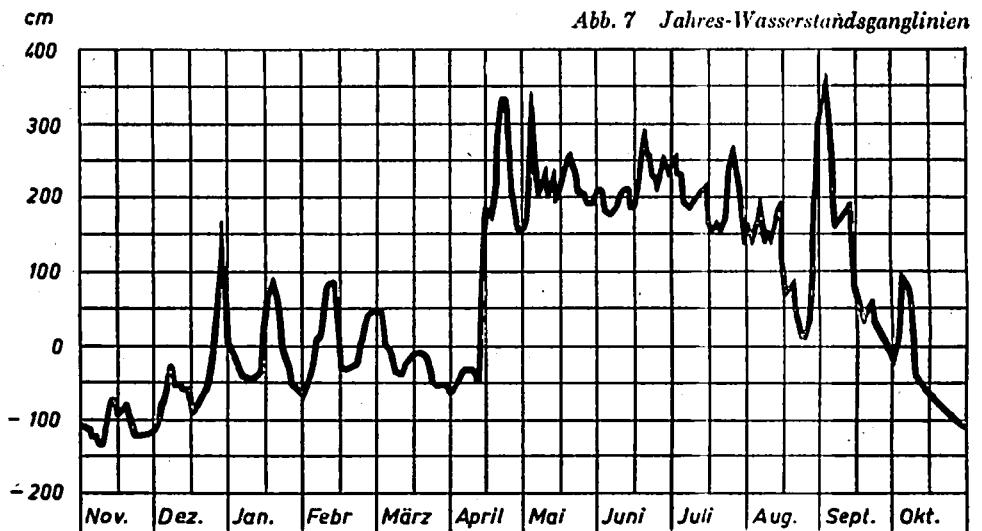
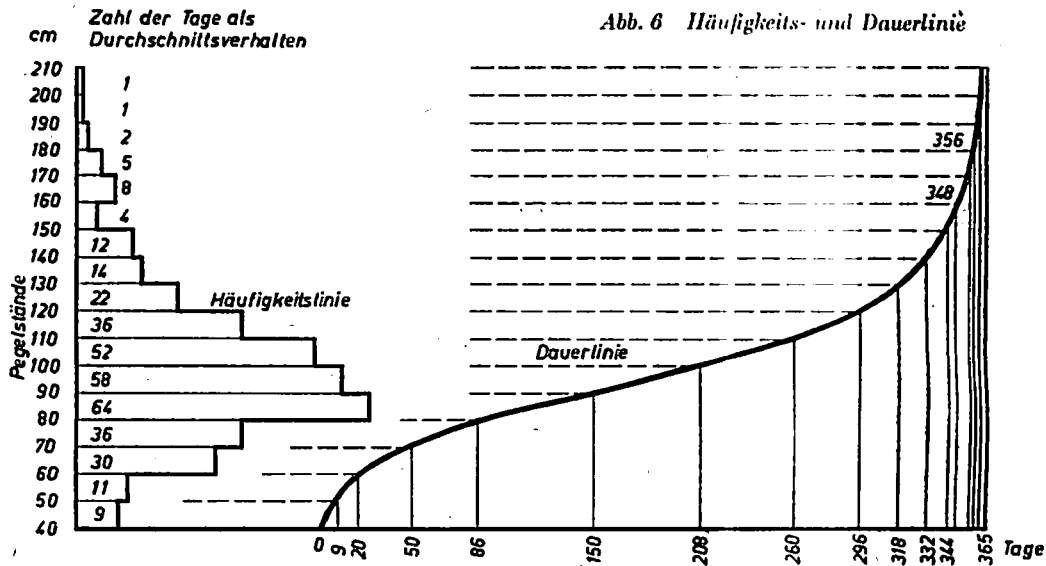
Die korrelativ ermittelten Meßgrößen gewährleisten in der graphischen Darstellung einen schnelleren Überblick. Graphisch dargestellt werden *Häufigkeitslinien*, *Dauerlinien* und *Ganglinien*. Im Meliorationswesen stehen die Häufigkeitslinien im Vordergrund.

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 $27 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{Jahr}$ 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 Wassereinleitung 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 Wasserwirtschaft 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 Sulfat-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!

1.3. Oberirdisches Wasser

1.3.1. Wassergesetzliche und hydrographische Gliederungen

Nach dem Wassergesetz vom 17. April 1963, § 10, werden die Gewässer untergliedert in:

- fließendes und stehendes Wasser,
- Grundwasser,
- Küstengewässer einschließlich des Strandes.

Der § 6 der „I. Durchführungsverordnung“ besagt dazu:

„Wasserläufe sind oberirdische, in natürlichen oder künstlichen Betten ständig oder zeitweilig fließende Gewässer einschließlich der Quellen oder Wasseransammlungen, aus denen sie abfließen, der Nebenarme, der secartigen Erweiterungen und der unterirdischen Strecken. Geschlossene Gerinne gehören dazu, soweit sie Teile oder Fortsetzungen von Wasserläufen sind. Zu den abflußlosen Seen und Teichen gehören auch die Tagebaurestlöcher.“

Der § 7 der „I. Durchführungsverordnung“ bestimmt:

„Die Wasserläufe werden nach ihrer Bedeutung bzw. nach der Zuständigkeit für ihre Instandhaltung eingeteilt in Wasserstraßen, zentrale Wasserläufe, örtliche Wasserläufe und in Wasserläufe, die einzelnen Betrieben, Einrichtungen und Grundstücken dienen.“

Die Begriffsdefinition nach dem Wassergesetz unterscheidet sich von der im allgemeinen Sprachgebrauch üblichen, die in Rinnsale, Gräben, Bäche, Flüsse und Ströme, in Ent- und Bewässerungsgräben, Werk- und Schifffahrtskanäle untergliedert.

Stehende, *natürliche Gewässer* werden hydrologisch bezeichnet als Wasserlöcher (Sölle), Teiche und Seen, die *künstlichen Gewässer* als Speicherbecken, Talsperren, Rückhaltebecken, Mühlenteiche, Fischteiche und Abwasserteiche (Kläртеiche).

1.3.2. Natürliche Gewässer

1.3.2.1. Hydrographische Betrachtung

Im allgemeinen ist mit der Begriffsuntergliederung eine gewisse Größenklassifizierung verbunden, die von der oberen Breite der Gewässer ausgeht.

Die hydrographische Gliederung stützt sich dagegen auf die Größe der Einzugsgebiete der Gewässer und deren Abflußpenden.

So hat z. B. die Elbe in Dresden eine Mittelwasserabflußpende von 5,6 und die Mulde in Golzen von $10,9 \frac{1}{s \cdot km^2}$.

1.3.2.2. Laufentwicklung

Die Eigenart des Wasserlaufs, seinen Grundriß durch die kinetische Energie des Wassers zu verändern, wird als Laufentwicklung bezeichnet.

In den wirtschaftlich entwickeltsten Ländern der Erde gibt es kaum noch einen Wasserlauf, der sich in seiner Gesamtheit noch im Urzustand befindet und nicht menschlicher Einwirkung unterworfen wurde. Auf Wasserläufe wird eingewirkt, um

Hochwassergefahren zu vermindern, die Zerstörung von Flußläufen zu verhindern sowie eine höhere wirtschaftliche Nutzung, insbesondere hinsichtlich der Steigerung der Bodenfruchtbarkeit, zu erreichen.

Diese Aufgabe wird zielgerichtet unter anderen durch *Einwirkung* auf die dynamische Laufentwicklung und zwar sowohl auf die Grundriß- als auch auf die Querschnittsgestaltung, erreicht. Die kinetische Energie des Wassers strebt den widerstehenden Bodenkraften entgegen. Dabei führen wechselhaft auftretende Kräfte zu Ufer- und Sohlensauspülungen, Abbrüchen, Anlandungen und Laufveränderungen.

Die *Laufentwicklung* wird nach folgender Formel errechnet:

$$\text{Laufentwicklung [\%]} = \frac{\text{Lauflänge (L)} - \text{Tallänge (T)}}{\text{Tallänge (T)}}$$

Beispiel:

$$L = 36, T = 19 \quad (36 - 19) \cdot \frac{100}{19} = 89,5 \%$$

$$L = 28, T = 18 \quad (28 - 18) \cdot \frac{100}{18} = 55 \%$$

$$L = 33, T = 25 \quad (33 - 25) \cdot \frac{100}{25} = 32 \%$$

Je größer die Laufentwicklung in Prozent ist, desto zahlreicher sind die Krümmungen, desto größer ist aber auch die nach Ausgleich strebende Energie.

1.3.2.3. Seen

Seen (Binnenseen) sind Wasserflächen, die allseitig landumgrenzt sind, entweder nur vom Niederschlag gespeist (ernährt) oder von Flüssen oder Flußarmen durchflossen werden.

Die zuströmenden Hochwässer erhöhen den Wasserstand des Sees und damit seine zeitweise Speicherung; denn der Abfluß kann sich nicht in dem Maße des Zuflusses ver-

stärken, solange der Abflußquerschnitt (Wassertiefe) durch die Seerückhaltung nicht erreicht ist. Nach der TGL 04049 wird der *Seerückhalt* als ausgleichende Wirkung auf den Abfluß definiert. Als Beispiel seien die mecklenburgischen Oberseen (Müritz-, Plauer-, Fleesen- und Malchower See) angeführt. Sie haben zusammen eine Wasserfläche von 216,6 km² bei einem Einzugsgebiet (F_E) von 1194,5 km². Das entspricht einem Wasserflächenanteil von 18%. In Durchschnittsjahren ist der Niederschlag (N) mit 580 mm, der Abfluß (A) dagegen nach den Meßergebnissen nur mit 120 mm anzusetzen. Das ergibt eine *Mittelwasserabflußspende* (Mq) von $2,6 \frac{1}{s \cdot km^2}$ und ein Abflußverhältnis von nur 0,18.

1.3.3. Künstliche Gewässer

1.3.3.1. Gliederung der künstlichen Gewässer

Von den künstlichen Gewässern sind die *Schiffahrtskanäle* (Wasserstraßen) und die *Speicherbecken* am wichtigsten. Bei den Wasserstraßen werden unterschieden:

- natürlich schiffbare Flüsse und Seen,
- durch Regelung schiffbar gemachte Flüsse,
- durch Stauregelung (Kanalisation) schiffbar gewordene Flüsse,
- künstliche Wasserstraßen (Kanäle).

Nach der hydrologischen Betrachtung sind die drei erstgenannten Wasserläufe *natürliche Gewässer*, letztere *künstliche Gewässer*. Sie sind hydrologisch „Zehrgebiete“ und erfordern *Zuschußwasser*, weil die Verdunstung höher ist als die Niederschläge.

Die *natürlichen* Wasserstraßen der Deutschen Demokratischen Republik sind süd-nördlich ausgerichtet. Dagegen sind die *künstlichen* Wasserstraßen (Kanäle) in Ost-West-Richtung angelegt. Sie vervollständigen das natürliche Flußschiffahrtssystem, dienen als Verkehrsverbindung und als Zubringer zu den in den Hauptrichtungen liegenden Flüssen.

Der größere Teil der *Kanäle* ist nicht wasserdurchflossen, sondern nur auf *Zuschußwasserförderung* eingestellt. Geländeaufgehöhte Kanalstrecken zeichnen sich oft durch große Sickerverluste aus.

1.3.3.2. Künstliche Wasserspeicherung

Speicherbecken (künstliche und natürliche) dienen der Abflußregelung und dem Wasserausgleich.

Die künstliche Wasserspeicherung ist in der Deutschen Demokratischen Republik fast immer auf mehrere Zwecke ausgerichtet:

- die kontinuierliche Bereitstellung von Trink- und industriell-gewerblichem Betriebs- und Brauchwasser,
- die Aufhöhung des Niedrigwassers für die Schiffahrt,
- die landwirtschaftliche Bewässerung,
- den Hochwasserschutz.

In der Deutschen Demokratischen Republik gab es 1965 insgesamt 43 Talsperren und Rückhaltebecken mit einem Stauraum von 820 M^3 (10^9) m^3 Wasser. Ihre Anzahl und ihr Stauraum wachsen von Jahr zu Jahr in einem Bautempo, das das frühere beträchtlich übersteigt. Die 4 größten Talsperren und ihr Zweck sind:

Bleiboch (Saale)	bis $215 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ Wasser	Hochwasserschutz, Wasserkraft, Niedrigwasser- aufhöhung
Hohenwarte (Saale)	bis $182 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ Wasser	das gleiche
Rappbode (Bode)	bis $108,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ Wasser	Trinkwasser, Hochwasserschutz, Wasserkraft
Pöhl (Trieb)	bis $63,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ Wasser	Abwasserreinigung, Brauchwasser, Hochwasserschutz

Die Planung sieht bis zum Jahre 1980 die weitere Inbetriebnahme von 92 Sperren mit einem Stauraum von $1150 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ Wasser vor.

1.3.4. Küstengewässer

Küstengewässer sind (nach dem Wassergesetz) der Küste vorgelagerte Meeresteile mit den Meeresbuchten, Haffn und Bodden einschließlich des Strandes.

Die Küste besteht in der Deutschen Demokratischen Republik aus *Hoch-* und *Flachküste*. Der Strand setzt sich in der Regel aus Sand und nur auf Teilstrecken aus Grobkies und Geröll zusammen. Die Küstengewässer sind in ihrem Gang durch See- (auflaufende) und Landwinde (abtreibende) beeinflusst. Der Einfluß des Windes bewirkt, daß der normale Meeresspiegel Tiefstwerte bis $-0,80 \text{ m ü. NN}$ und Höchstwerte bis $+2,00 \text{ m ü. NN}$ erreicht. Die Sanddünen entstehen durch auflandige Seewinde, ihr ständiger Bewuchs mit Strandhafer (*Ammophila arenaria*) sichert ihren Bestand.

Der *Küstenschutz* dient der Erhaltung der gegenwärtigen Küstenlinie und ist für den größten Teil der Küstenstrecke auf Erhaltung der natürlichen Verhältnisse abgestellt. Nur in besonders gelagerten Strecken muß die Küste zusätzlich durch *Deiche* geschützt werden.

Die Länge der Außenküste der DDR beträgt etwa 420 km, davon sind etwa 120 km Flachküste. Daneben bestehen die Küsten der Boddengewässer, die infolge ihrer starken Zerlappung etwa 1200 km lang sind.

Vorhanden sind in der Deutschen Demokratischen Republik gegenwärtig etwa 46 km Seedeiche, 1,9 km Ufermauern, 2,5 km Deckwerke und 5,9 km Steinwälle.

¹M = Mega

1.3.5. Grenzscheppspannung

Unter **Scheppspannung (S)** in $\frac{\text{kp}}{\text{m}^2}$ ist die Kraft des fließenden Wassers je Flächeneinheit zu verstehen, durch die das Geschiebe bewegt wird.

Die vom Wasser mitgeführten Stoffe (Schwerstoffe) sind sowohl *organischer* als auch *mineralischer* Art. Sie werden unterteilt in:

- Feststoffe, das sind mechanische Beimengungen,
- Schwimmstoffe, meist organischer Art, die leichter als Wasser sind,
- Schwebstoffe, meist mineralischer Art, die im Wasser schweben.

Letztere Stoffe schweben, weil sie sich fast im Gleichgewicht zwischen Fließenergie und Schwerkraft befinden. *Geschiebe* (Trümmergesteine) werden am Gewässerbett bei strömender oder schießender Geschwindigkeit fortbewegt. Durch ihre *Fließbewegung* wird ein Teil der kinematischen Energie des Wassers verbraucht. Bei gleichförmiger Wasserbewegung muß zwischen den Komponenten der *Masse des Wassers* und der *Reibung je Flächeneinheit* des benetzten Umfangs (U) *Gleichgewicht* bestehen. In der Strömungsrichtung erzeugt die Geschwindigkeitshöhe $v^2/2g$ die Scheppspannung $S = \gamma RI \triangleq 1000 RI \text{ kp/m}^2$, worin γ die Wichte des Wassers, R der hydraulische Radius (Abflußquerschnitt, dividiert durch den benetzten Umfang) und I das Wasserspiegelgefälle bedeuten.

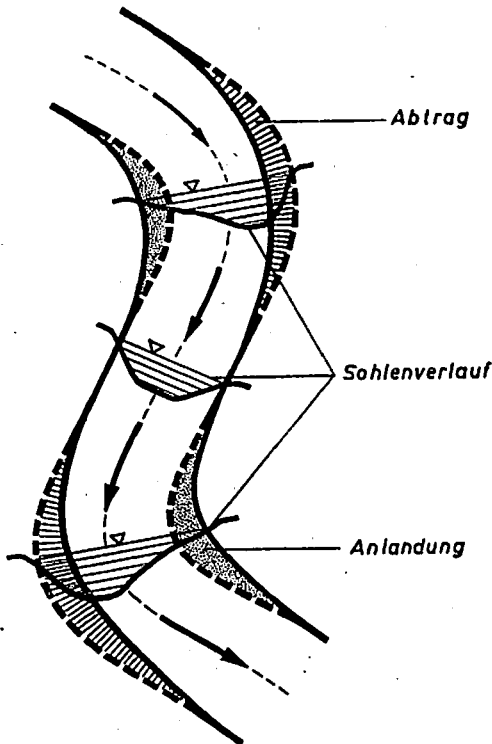


Abb. 8
Sohl- und Bösungsabtrag
im gekrümmten Flußlauf

Tabelle 14

Bodenart	Dichte der Bodenlagerung		
	wenig dicht	dicht	sehr dicht
Ton	0,45	1,30	1,80
Letten	0,40	1,25	1,70
Löß-Lehm	0,35	1,20	1,65

Tabelle 15

Bodenart der Sohle	Durchmesser	kp/m ²
Quarzsand	0,2—0,4 mm	0,18—0,20
Sandiger Lehm	0,4—1,0 mm	0,25—0,70
lehmiger Boden	(sehr kolloidal)	1,00—1,25
Rasenbelag	—	1,50—1,80

Es wird unterschieden zwischen *Grenzgeschwindigkeit* und *Grenzschleppspannung*. Für die Grenzgeschwindigkeit v_0 (Oberflächengeschwindigkeit) in m/s bei Wassertiefen (t) = 1,0 m sind die in Tabelle 14 angegebenen Richtwerte anzunehmen.

Als Grenzschleppspannung (kp/m²) wird die Schleppspannung bezeichnet, bei der die Geschiebebewegung einsetzt.

Die Schleppspannung ist im Durchschnitt um etwa 20% größer als die Grenzschleppspannung, weil zur Einleitung der Geschiebebewegung auch die Zwischenkraft zwischen den tonigen Bestandteilen (Verkittung) überwunden werden muß. In Tabelle 15 sind einige Richtwerte für die Grenzschleppspannung angeführt.

1.4. Unterirdisches Wasser

1.4.1. Begriff und Arten des unterirdischen Wassers

Unter unterirdischem Wasser wird alles Wasser unterhalb der Erdoberfläche verstanden, soweit es nicht Teilstrecken oberirdischer Wasserläufe sind.

Naturgemäß tritt das Wasser auch unter der Erdoberfläche in *dampfförmiger* (in der Bodenluft), in *flüssiger* oder *fester Phase* (Eis) auf. Das Vorkommen von unterirdischem Wasser setzt das Vorhandensein von *Hohlräumen* (Porenräumen) im Boden voraus, wobei deren Füllung bzw. die Art der Einbeziehung des Wassers als wichtiges Unterscheidungsmerkmal angesprochen wird. Nach TGL 04047 – Landwirtschaftlicher Wasserbau – werden unterschieden:

- *Bodenwasser*, als das im Boden unabhängig vom Grundwasser sich bildende ungespannte und nur der Schwere unterworfenen Wasser;

- *Grundwasser*, das Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt und nur dem hydrostatischen Druck unterliegt;
- *Sickerwasser*, in engen Hohlräumen sich abwärts bewegendes Wasser;
- *hygroskopisches Wasser* (Anlagerungswasser), das an der Oberfläche der Bodenteilchen gespannt (mit Überdruck verdichtet) anlagert;
- *Porensaugwasser* (Kapillarwasser), das der Saugwirkung in den Poren aufwärts über einem Grundwassersaum folgt.

Zwischen den einzelnen Formen ist in der Natur keine scharfe Abgrenzung möglich:

1.4.2. Hygroskopisches Wasser

Ein lufttrockener Boden, der äußerlich völlig trocken erscheint, ist trotzdem nicht absolut trocken. Das in feinsten Schichten noch anhaftende Wasser ist so fest angelagert, daß es nur auf künstlichem Wege entfernt werden kann.

Die anhaftende (adsorbierte) gebundene Wassermenge ist nicht konstant, sie hängt von der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgehalt der Bodenluft sowie dem Luftdruck ab.

Um beweglich zu werden, muß das hygroskopische Wasser in die dampfförmige Phase übergehen. Ähnliche Eigenschaften kennzeichnen auch das *Haftwasser* (Porenwinkel- und Häutchenwasser), das hygroskopisch konzentriert angelagert ist. Das *Häutchenwasser* lagert über dem Anlagerungswasser und wird von einer konkaven Oberfläche (Meniskus) begrenzt. Die Menge des hygroskopischen Wassers wird durch die Korngröße mitbestimmt.

Je geringer die Korngröße ist, desto größer ist die wasseranlagernde Bodenoberfläche.

Lehm mit feinkörniger Bodenfraktion hat eine größere Wasseranlagerung als grobkörniger Sand.

Das Vorhandensein und das Steigvermögen des Porensaugwassers (Kapillarwassers) sind für das Meliorationswesen und die Bodenfruchtbarkeit von besonderer Bedeutung. Es entsteht durch den Unterdruck, der durch die molekularen Kräfte an der Grundwasseroberfläche ausgelöst wird. Die *Steighöhe* des Porensaugwassers ist von der Korngröße und der Kornzusammensetzung und deren spezifischer Oberfläche wesentlich abhängig, wobei sich auch Temperatureinflüsse auswirken.

Die Steighöhe ist am geringsten bei grobem Sand, am größten bei feinkörnigem Boden; sie wächst mit zunehmendem Humusgehalt.

1.4.3. Grundwasser

1.4.3.1. Gliederung und Ansprache

Grundwasser ist Wasser, das die Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt und nur der Schwere unterliegt.

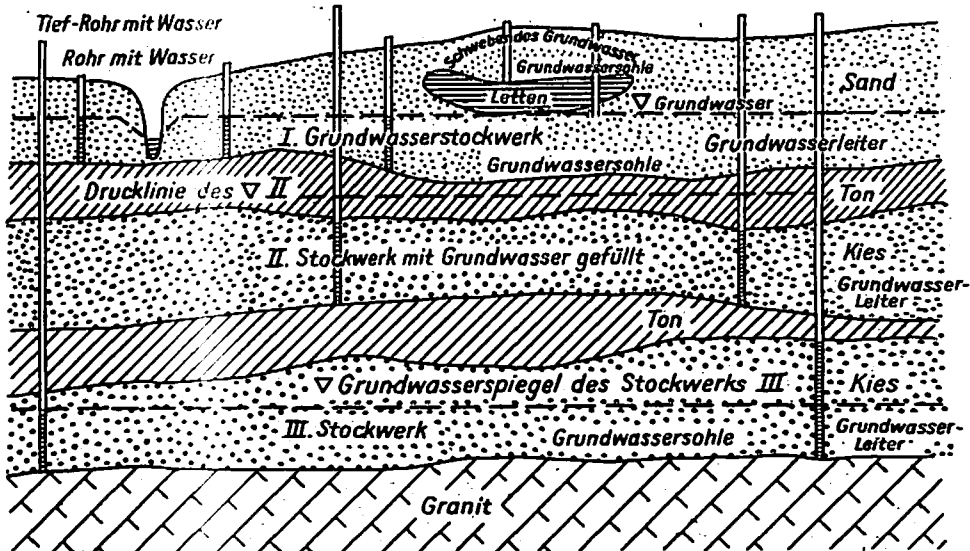
Es ist an einen *Grundwasserleiter*, d. h. an den Teil der Erdrinde gebunden, dessen Hohlräume Grundwasser enthalten oder aufnehmen können. Der Grundwasserleiter muß somit ein „Lockergesteinskörper“ mit einem bestimmten Hohlraumvolumen sein, dessen Hohlräume nach Größe und Zusammenhang die Wasseraufnahme und die statische und dynamische Bewegung ermöglichen. Diese Eigenschaft verliert sich bei einer unteren Korngrößenzusammensetzung bzw. einer völligen Verdichtung, wie z. B. bei schwerem Lehm, Ton oder unporösem Felsen. Demgemäß werden unterschieden:

- Grundwasserleiter,
- undurchlässige Grundwassersohle und Grundwasserdeckschicht,
- Grundwasserstockwerk, wenn mehrere solcher Lagerungen übereinanderliegen.

Schließen Grundwassersohle und Deckfläche gefällabwärts gerichtet den wassergefüllten Grundwasserleiter ein und gehen ineinander über, dann gerät das eingeschlossene Wasser statisch unter Spannung (Druck). In diesem Falle wird von *gespanntem*, auch artesischem Grundwasser, gesprochen.

Das Grundwasser ist eng mit dem Grundwasserspiegel bzw. Grundwasserstand, der Mächtigkeit des Grundwasserleiters und der die Art seines Vorkommens bestimmenden Dynamik verbunden. Die Art und Weise des Grundwasseraustritts an Hängen als

Abb. 9 Grundwasserstockwerke



Schichtwasser, Druckwasser usw. ist im Meliorationswesen sehr bedeutungsvoll. Das gilt auch für unterirdische Grundwasserseen; die sich bei starker Anreicherung in Geländemulden und Senkungen zu *Oberflächenwasser* in nassen Zeiten ausbilden können. Hydrologisch ist das Grundwasser für die *Trinkwasserversorgung* von großer Bedeutung. Es wird als *Quellschüttung* (Wasserausfluß einer Quelle) genutzt oder mit Hilfe technischer Einrichtungen aus Brunnen usw. entnommen.

Die Regelung des Grundwasserstandes (Flurabstandsgleiche) ist im Interesse der Steigerung der Bodenfruchtbarkeit bedeutungsvoll.

1.4.3.2. Grundwassernutzung

Das Grundwasser wird über Quellen, Wirtschaftsbrunnen und künstliche Grundwassererschließungen genutzt. In *Wirtschaftsbrunnen*, wie Schachtbrunnen, Kesselbrunnen, Feuerlöschbrunnen und Bohrungen, wird der ruhende Grundwasserstand im Boden in geringer Tiefe unter der Geländehöhe angezapft. Die Wasserstände in diesen Brunnen

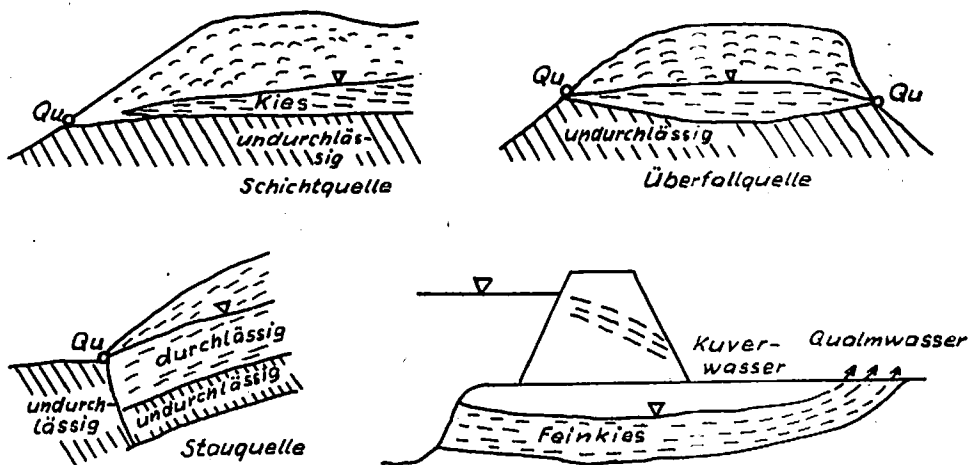


Abb. 10 Verschiedene Möglichkeiten des Austritts von Grundwasser

Qu = Quelle

Kuverwasser = Drängewasser, das an der Binnenböschung eines Deiches austritt

Qualmwasser = Grundwasser, das in einer Niederung durch Wasser von außen hochgedrückt wird und zutage tritt

sind unmittelbar von der Zuführung aus atmosphärischen Niederschlägen abhängig. Sie reagieren auf Trockenheit und Nässe meist unmittelbar. Tiefere Grundwasserstockwerke zeigen sich in der Regel durch größere Stetigkeit aus. Sie sind auch hinsichtlich der Wasserqualität unabhängiger von atmosphärischem Niederschlag; ihre Wassereigenschaft wird durch den Gesteinskörper bestimmt, aus dem sie stammen.

1.4.4. Grundwasserstandsbeobachtungen

Grundwasserstandsbeobachtungen (Messungen) werden durchgeführt in Wirtschaftsbrunnen, speziellen Grundwasserbeobachtungsbrunnen, Beobachtungsrohren (in Meliorationsgebieten), Grundwasserblänken oder Wasserlöchern (Söllen) usw. Voraussetzung ist, daß der echte Grundwasserspiegel ohne Zu- und Abflüsse erfaßt werden kann. Die Grundwasserstandsmeßstellen des hydrologischen Dienstes in der Deutschen Demokratischen Republik sind in 3 Ordnungen eingeteilt:

- Beobachtungsstellen I. Ordnung – sie dienen der Erforschung des ungestörten Grundwasserganges und seiner Beziehungen zu den hydrologischen, meteorologischen und geologischen Faktoren. Sie sind wöchentlich einmal zu beobachten (zu messen), ihre Ergebnisse werden im gewässerkundlichen Jahrbuch veröffentlicht;
- Beobachtungsstellen II. Ordnung – durch sie wird das Netz der I. Ordnung ergänzt;
- Beobachtungsstellen III. Ordnung – hier wird der Gang des durch künstliche Eingriffe gestörten Grundwasserstandes gemessen;

Die Grundwasserstände werden mit besonderen *Meßgeräten* gemessen, wie Brunnenpfeifen mit Bandmaß, Lichtlot oder Tiefenlot, Schwimmerpegel mit Bandmaß oder Zählerwerk, Schreibpegel und Spezialmeßgeräte für artesisches Wasser. Die Grundwasserbeobachtungen zu speziellen Zwecken, z. B. in größeren Meliorationsgebieten, sind in der Regel vorübergehende Einrichtungen und werden durchgeführt, um Einblick in die Standorte zu gewinnen.

Die *Meßergebnisse* des hydrologischen Dienstes werden auf einen Bezugshorizont (NN) bezogen, registriert und ausgewertet (siehe auch Handbuch für den Techniker „Praktische Hydrologie“, Teil III, „Grundwasser“, herausgegeben vom Amt für Wasserwirtschaft).

AUFGABEN

1. Suchen Sie – wenn möglich – eine Grundwasserbeobachtungsstelle auf!
 - a) Ermitteln Sie, welchem Zweck sie dient!
 - b) Beschreiben Sie das Funktionsprinzip!
 - c) Ziehen Sie anhand der Auswertungsergebnisse Rückschlüsse auf die Ergiebigkeit!

1.4.5. Grundwasserergiebigkeit

1.4.5.1. Pumpversuche

Die *Grundwasserergiebigkeit* kann experimentell oder rechnerisch bestimmt werden. Die experimentelle Bestimmung stützt sich im wesentlichen auf Pumpversuche. Bei größeren Einzugsgebieten ist ohne die Anlage von Brunnenketten oder Brunnen-galerien nicht auszukommen. In Einzelfällen genügen auch Versuchsergiebigkeitsbrunnen im Dreieckverband.

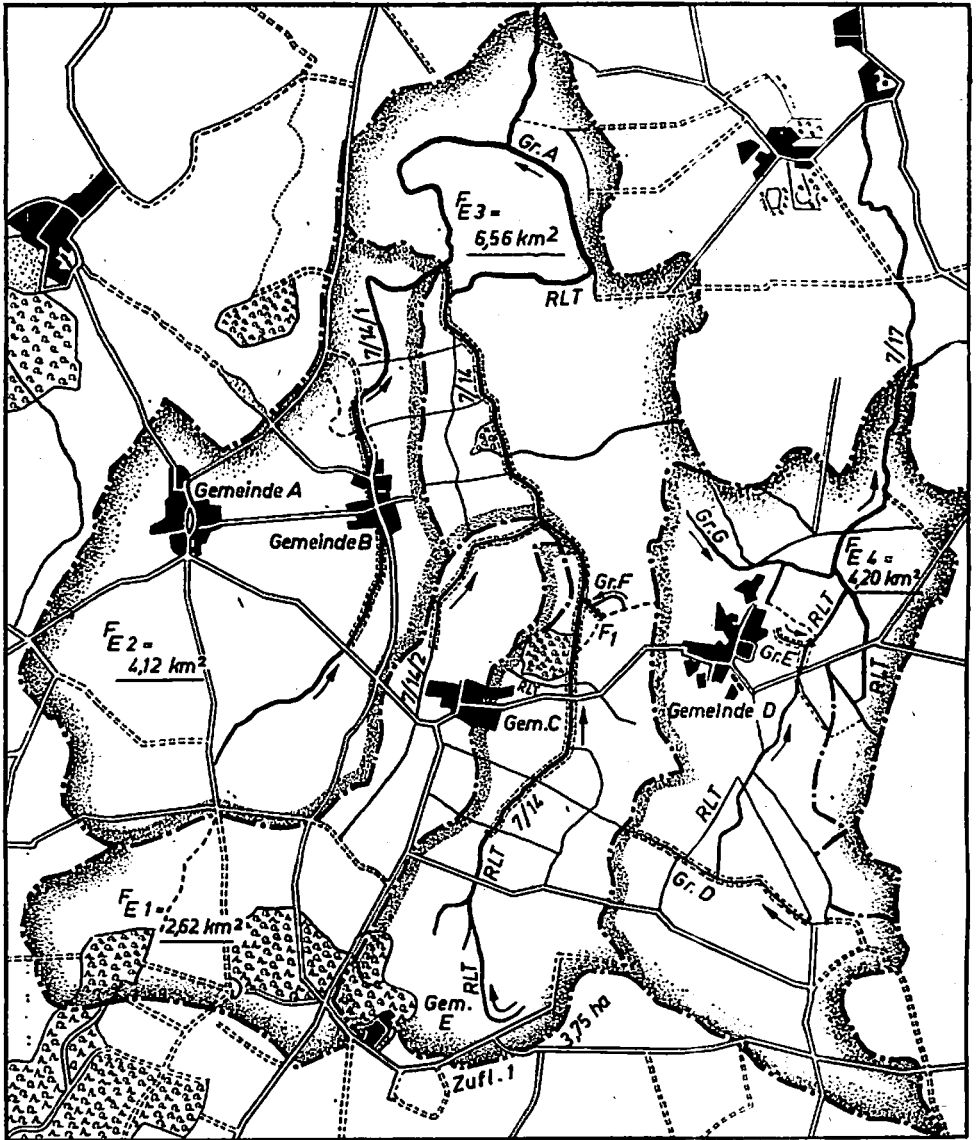


Abb. 11 Darstellung von Einzugsgebieten

$$F_{E1} + F_{E2} + F_{E3} + F_{E4} = 17,50 \text{ km}^2$$

Es ist stets so lange zu pumpen (mindestens 24 Stunden) und so viel Wasser zu entnehmen, bis im Entnahmehrunden und den zugehörigen Beobachtungsbrunnen der Gleichgewichts-Beharrungszustand eintritt.

Als Mittelwerte für die Pumpzeit im Dauerpumpversuch (nach der verlangten Grundwasserentnahmemenge) können für pleistozäne Sande und Kiese angesetzt werden :

- 10 bis 50 m³/h mindestens 96 Stunden
- 50 bis 100 m³/h mindestens 144 Stunden
- 100 bis 150 m³/h mindestens 192 Stunden
- 150 bis 200 m³/h mindestens 240 Stunden

Die Entnahmemengen sind in Verbindung zu setzen mit der Größe des Einzugsgebietes F_E in km² und den durchschnittlichen Gebietsniederschlagsverhältnissen.

Die Bestimmung des unterirdischen Einzugsgebietes ist besonders schwierig. Als Hilfe dienen dabei geologische Karten.

1.4.5.2. Uferfiltriertes Grundwasser

Die Gewinnung von uferfiltriertem Grundwasser, wie es z. B. in Berlin und Leipzig eine Hauptbasis der Trinkwasserförderung ist, stützt sich an den Berliner Seen auf den Rücklauf in den diluvialen Kiesen, in Leipzig auf den alluvialen Schotter. Der Rücklauf im Grundwasserleiter beginnt, sobald der Grundwasserspiegel im Grundwasserleiter unter den Gewässerwasserspiegel ausgeschöpft wird.

Im Muldeuströmatal sind in entsprechenden Abständen vom Uferstrand Brunnengalerien in den Grundwasserleiter eingetrieben, aus denen das beiderseitig zuströmende Wasser gefördert wird. Die Entfernung zwischen den Brunnengalerien ist durch die notwendige Filterzeit für das uferfiltrierte, rücklaufende Wasser bestimmt. Die Filterzeit wird rechnerisch ermittelt

aus der Filtergeschwindigkeit, dem Durchflußquerschnitt und der notwendigen Zeit zur Wasseraufbereitung (Filterung) im Boden.

Für den Luft- und Gaszutritt (Sauerstoff) muß genügend Zeit zur Wasseraufbereitung (Filterung) zur Verfügung stehen.

1.4.5.3. Künstliche Grundwasseranreicherung

Unter künstlicher Grundwasseranreicherung ist die Zuführung von oberirdischem Flußwasser in den Untergrund (Grundwasserleiter) zu verstehen.

Sie kann im ebenen Gelände durch Wassereinleitung in Sickergräben mit Sickerbecken auch durch Oberflächeninfiltration (Berieselung und Überstauung) erfolgen. Voraussetzung ist:

- daß der Grundwasserleiter nicht zu tief liegt,
- keine undurchlässige Grundwasserdeckschicht vorhanden ist,
- das zuzuführende Wasser frei von Sink-, Schweb- und anderen für die Trinkwasserversorgung schädlichen Stoffen ist.

Die beste Methode der künstlichen Grundwasseranreicherung beruht auf der Wasserzuführung in offenen Filterbecken. Eine solche Großanlage wurde in den letzten Jahren

in der Letzlinger Heide geschaffen (Zuführung aus der Ohre), um die Trinkwasserversorgung für die Stadt Magdeburg zu verbessern. Die Grundwasserentnahme konnte dadurch von 30000 m³/Tag auf 90000 m³/Tag erhöht werden.

1.4.5.4. Grundwasserabsenkung

Grundwasserabsenkungen treten dort auf, wo dauernd oder zeitweise mehr Wasser entnommen als natürlich zugeführt wird, wie das in Fassungsräumen von Wasserwerken, bei der Trockenlegung von Tagebauen und auch bei der Wasserhaltung im Baugewerbe der Fall sein kann. Hierbei bildet sich zunächst an der Entnahmestelle ein *Entnahmetrichter*, der sich in der Folge zu einem *Absenkungstrichter* mit sich so lange ausweitenden Tangenten erweitert, bis der Gleichgewichtszustand zwischen Grundwasserentnahme und Zufluß eintritt.

Die Reichweite der Grundwasserabsenkung ist von verschiedenen Faktoren abhängig, wobei Struktur und Textur des Gesteinskörpers des Grundwasserleiters, seine Mächtigkeit, sein Gefälle und auch seine Grundwasserspannung bedeutungsvoll sind. Häufen sich die Absenkungstrichter in einem Gebot, dann werden daraus große, fast geschlossene *Absenkungsgebiete*.

Es ist zu unterscheiden zwischen

- der natürlichen Erniedrigung der Grundwasseroberfläche durch unzureichende atmosphärische Niederschläge und
- der durch technische Maßnahmen, z. B. durch Hydromeliorationen, bezweckten Absenkung des Grundwasserspiegels.

Die ersteren sind unbeeinflussbar, auch nicht durch ergänzende Bewässerung (künstliche Beregnung). Bei Entwässerungen im Interesse der Steigerung der Bodenfruchtbarkeit muß der Grundwasserspiegel *einmalig* und *begrenzt* abgesenkt werden. Nach der Absenkung ist der Grundwasserspiegel in der neuen Lage zu halten. Dasselbe gilt grundsätzlich auch für die Grundwasserstauregelung durch Kulturstaue.