

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.

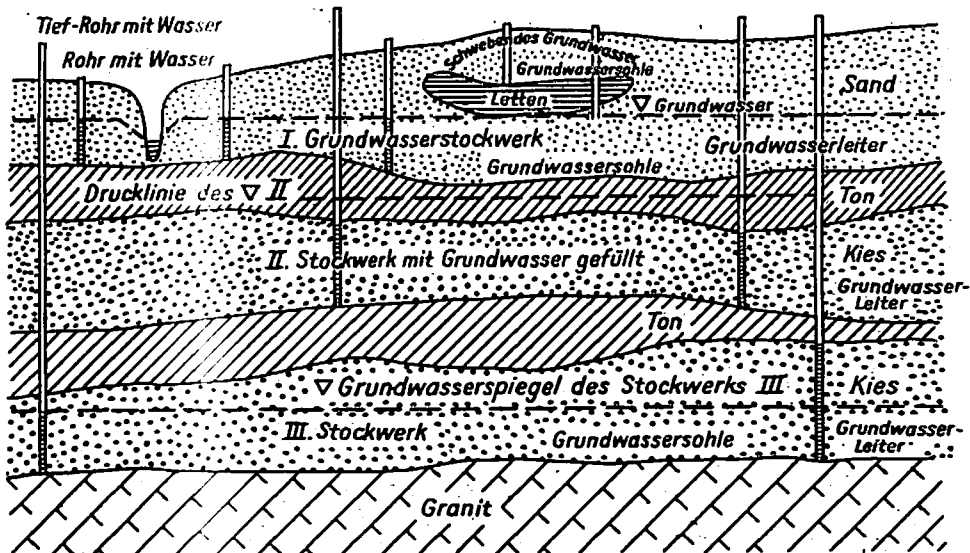
Es ist an einen *Grundwasserleiter*, d. h. an den Teil der Erdrinde gebunden, dessen Hohlräume Grundwasser enthalten oder aufnehmen können. Der Grundwasserleiter muß somit ein „Lockergesteinskörper“ mit einem bestimmten Hohlraumvolumen sein, dessen Hohlräume nach Größe und Zusammenhang die Wasseraufnahme 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

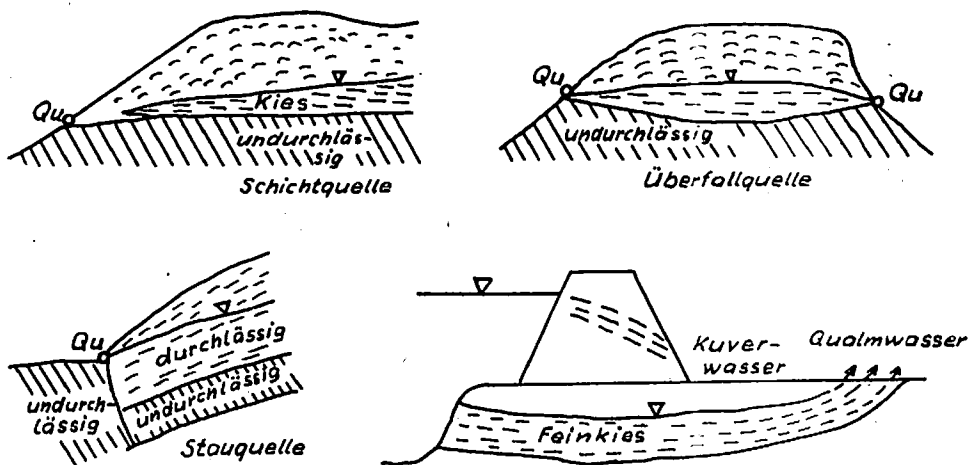


Abb. 10 Verschiedene Möglichkeiten des Austritts von Grundwasser

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.

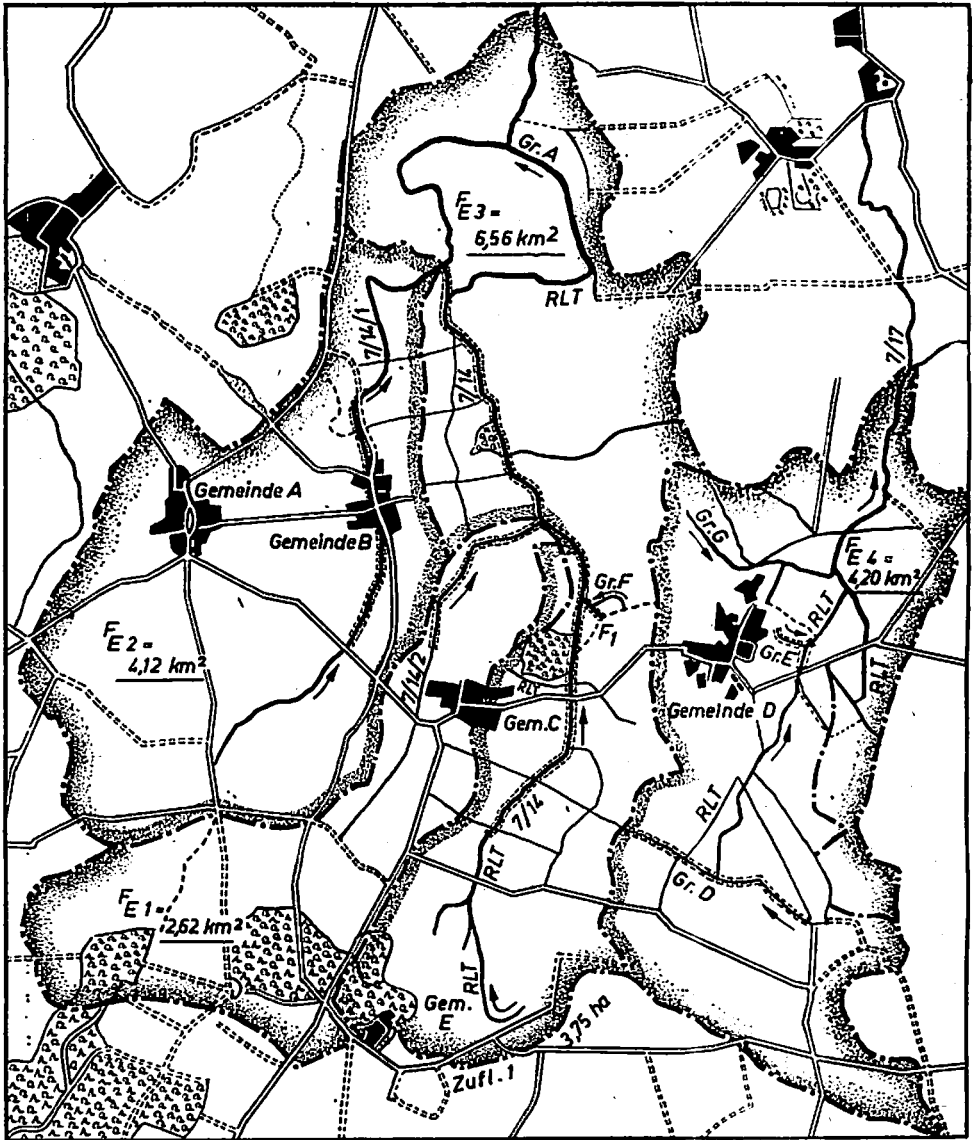


Abb. 11 Darstellung von Einzugsgebieten

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

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 Muldeustrontal 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.