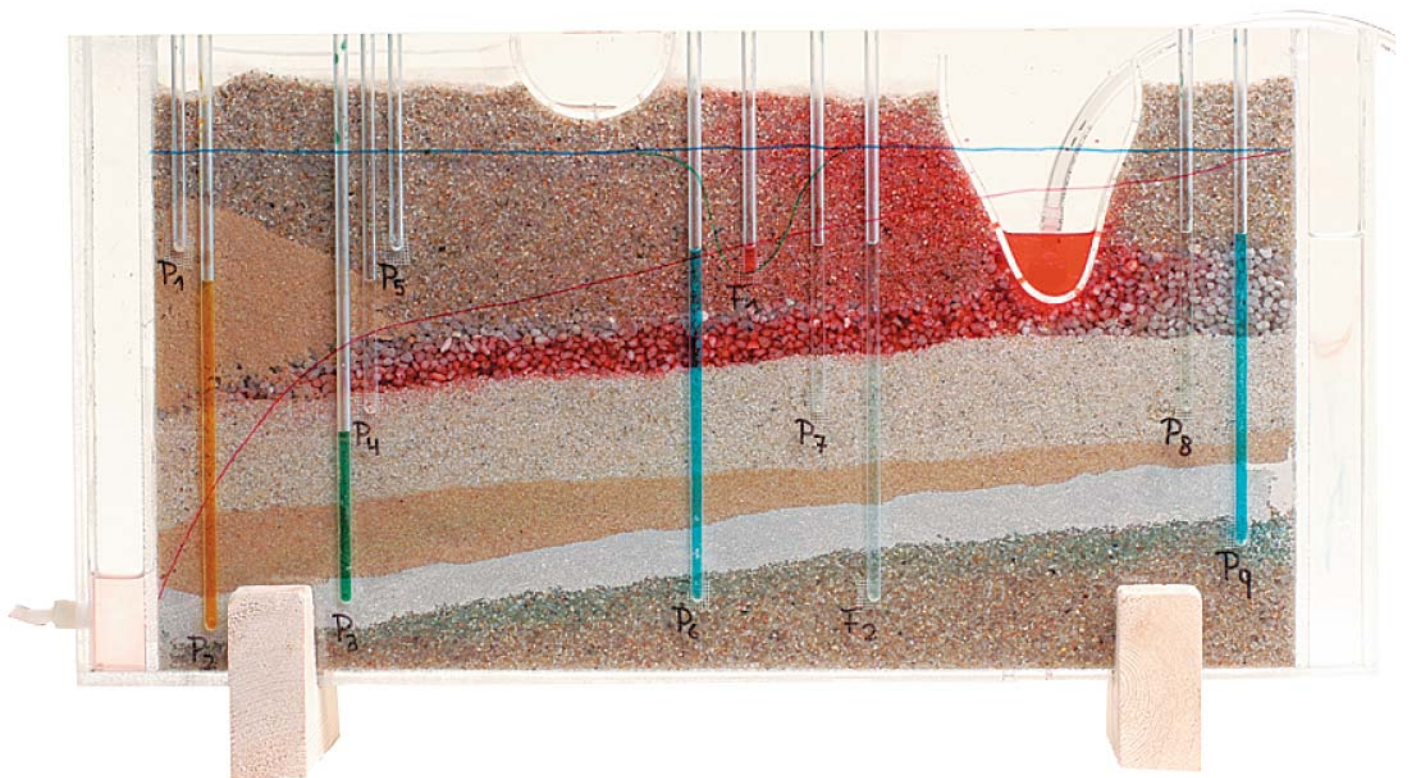


# Grundwassermodell

## Anleitung zum Experimentierkoffer



Herausgeber der Originalausgabe:

**ecovia**  
Landschaft Wasser Bildung

ecovia - Hackenrütli 8 - 6110 Wolhusen (Schweiz)

[www.ecovia.ch](http://www.ecovia.ch)

Redaktionelle Bearbeitung der  
vorliegenden deutschen Ausgabe: Rainer Berg

Verleih des Experimentierkoffers:

 **Vereinigung  
Deutscher  
Gewässerschutz e.V.**

Königswinterer Straße 829 • 53227 Bonn

Tel.: 0228/375007 • Fax: 0228/37 55 15

Internet: [www.vdg-online.de](http://www.vdg-online.de)

E-Mail: [info@vdg-online.de](mailto:info@vdg-online.de)

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Thematische Einführung für Lehrpersonen	6
3	Das Modell	8
3.1	Beschreibung	8
3.2	Anwendung	9
3.3	Reinigung	9
3.4	Verpackung	10
4	Anleitung zum Grundwassermodell	11
4.1	Einleitung	11
4.2	Wasserkreislauf	11
4.3	Quellen	12
4.4	Grundwasserspiegel	12
4.5	Filter-Brunnen	13
4.6	Probebohrlöcher	14
4.7	Fließendes Grundwasser	14
4.8	Grundwasserleiter	15
4.9	Grundwasserstauer und gespannte (artesische) Grundwasserleiter	16
4.10	Artesische Brunnen	17
4.11	Absenkungstrichter bei Brunnen	17
4.12	Grundwasserverschmutzung	18
4.12.1	Verschmutzung von Oberflächengewässer durch verschmutztes Grundwasser	19
4.12.2	Grundwasserverschmutzung durch verschmutzte Oberflächengewässer	19
4.12.3	Grundwasserstauer als Schadstoffsperr	20
4.13	Grundwasserreinigung	20
5	Wichtige Begriffe im Zusammenhang mit Grundwasser	21

Überblick über das Modell siehe loses Einlageblatt!

# 1 Einleitung

Grundwasser ist unsichtbar. Es ist irgendwo tief unter der Erde, schwierig erreichbar, kaum greifbar. Dies macht es besonders schwierig, sich eine Vorstellung von dieser Art Wasser zu machen – wohl mit ein Grund, weshalb das Thema Grundwasser im Unterricht an Schulen oft zu kurz kommt.

Der Amerikaner Dr. Robert Williams entwickelte deshalb ein Grundwassermodell. Dr. Williams ist Professor Emeritus am Department of Curriculum & Instruction, SIUE Illinois. Das Grundwassermodell ermöglicht den Blick in den Untergrund. Mit ihm lassen sich die Prozesse, welche sich in sonst unerreichbarer Tiefe abspielen, anschaulich demonstrieren.

Dieses Modell wurde von Schweizer Umweltpädagogen ([www.ecovia.ch](http://www.ecovia.ch)) weiterentwickelt und wird nun auch deutschlandweit von der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V. (VDG) zum Verleih angeboten. Das Angebot richtet sich in erster Linie an Lehrerinnen und Lehrer, die das Thema Grundwasser im Unterricht behandeln. Am besten eignet sich das Modell für begleitete Gruppenarbeiten (ca. 4 Personen) ab der 6. Klasse.

Als Ergänzung zu dieser Anleitung bietet die VDG die Broschüre «Grundwasser» an. Sie vermittelt grundlegendes Wissen zum Thema und empfiehlt sich für die Anwendung des Grundwassermodells im Unterricht, da in vorliegender Anleitung auf viele Punkte nicht oder nur am Rande eingegangen wird. Die Broschüre kann bei der VDG bezogen werden.

## 2 Thematische Einführung für Lehrpersonen

### Was ist Grundwasser?

Das Grundwasser füllt die Hohlräume (Poren, Spalten, Klüfte) des natürlichen Untergrundes zusammenhängend aus und bewegt sich entsprechend der Schwerkraft.

### Der Wasserkreislauf

Grundwasser ist Teil des Wasserkreislaufs. Regen- oder Schmelzwasser versickert in den Untergrund und wird zu Grundwasser. Das Grundwasser fließt über sehr unterschiedlich lange Distanzen und mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten im Untergrund über wasserundurchlässigen Gesteinsschichten. Wo diese an die Erdoberfläche treten, bilden sich Quellen. Das Quellwasser speist Bäche, Flüsse und Seen und schließlich auch das Meer. Von der Erdoberfläche verdunstet das Wasser in die Atmosphäre, bildet dort Wolken und fällt schließlich wieder als Regen oder Schnee auf die Erde.

### Grundwasser in Bewegung

Im Untergrund bewegt sich das Wasser durch sogenannte Grundwasserleiter. Grundwasserleiter sind Gesteinsformationen mit zusammenhängenden und genügend grossen Hohlräumen, durch welche Wasser fließen kann. Besteht die Gesteinsformation aus Lockergestein (Schotter, Kies oder Sand), wie es für die Flusstäler typisch ist, spricht man bei den Hohlräumen von Poren. Je feiner die Körner des Grundwasserleiters sind, desto kleiner sind die Poren und desto langsamer fließt das Wasser hindurch, das heißt, seine Durchlässigkeit ist gering. Umgekehrt gilt, je gröber die Körner sind, desto höher ist die Durchlässigkeit und desto schneller ist der Wasserfluss.

Weist eine Gesteinsschicht Poren auf, die unzusammenhängend oder so klein sind, dass kein oder fast kein Wasser durchfließen kann, so handelt es sich um einen Grundwasserstauer. Im Untergrund können mehrere Grundwasserstauer übereinander vorkommen, so dass Wasser auf mehreren Stockwerken unabhängig voneinander eingelagert sein kann.

### Der Grundwasserspiegel

Die Grenze zwischen der gesättigten Zone im Untergrund, wo alle Poren mit Wasser gefüllt sind, und der ungesättigten Zone, wo im Porenraum nebst Wasser auch Luft vorhanden ist, nennt man Grundwasserspiegel.



## Gespanntes (artesisches) Grundwasser

Ist ein Grundwasservorkommen nach oben durch einen Grundwasserstauer begrenzt und liegt sein potentieller Grundwasserspiegel (Druckspiegel) höher als die Unterkante dieser Stauschicht, handelt es sich um einen gespannten oder artesischen Grundwasserleiter.

Bei einem artesischen Brunnen wird gespanntes Grundwasser gefasst. Das Wasser sprudelt von selbst aus dem Brunnen, wenn der Druckspiegel oberhalb der Bodenoberfläche liegt.

## Die Grundwassernutzung

Um Aufschluss über die Grundwasserverhältnisse in einem Gebiet zu erhalten, werden Bohrungen durchgeführt. Sie liefern Informationen über den Aufbau und die Durchlässigkeit des Untergrundes, über Grundwasserstand, Grundwasserschwankungen, Ergiebigkeit der Grundwasservorkommen und Wasserqualität.

Zur Nutzung des Grundwassers für den Gebrauch in Haushalt, Industrie und Landwirtschaft werden einerseits Quellen gefasst, andererseits sogenannte Filter-Brunnen gebohrt, aus welchen das Grundwasser heraufgepumpt wird. Durch das Pumpen von Wasser an die Erdoberfläche wird im Untergrund das Grundwasser aus allen Richtungen angezogen, und der Grundwasserspiegel senkt sich trichterförmig ab. Die neu ungesättigte Zone nennt man Absenkungstrichter (siehe Schema im Anhang).

## Grundwasserverschmutzung

Aus der Landwirtschaft, aus Deponien und Altlasten, aus undichten Abwasserrohrleitungen und aus der Luft können Schadstoffe ins Grundwasser gelangen. Ziel eines vorsorgenden, flächendeckenden Grundwasserschutzes ist es, solche Schadstoffeinträge zu vermeiden und einen möglichst natürlichen Zustand des Grundwassers zu erhalten. Dies ist allein deshalb notwendig, weil ein großer Teil unseres Trinkwassers – rund 74 Prozent – aus Grundwasser und Quellwasser gewonnen wird.

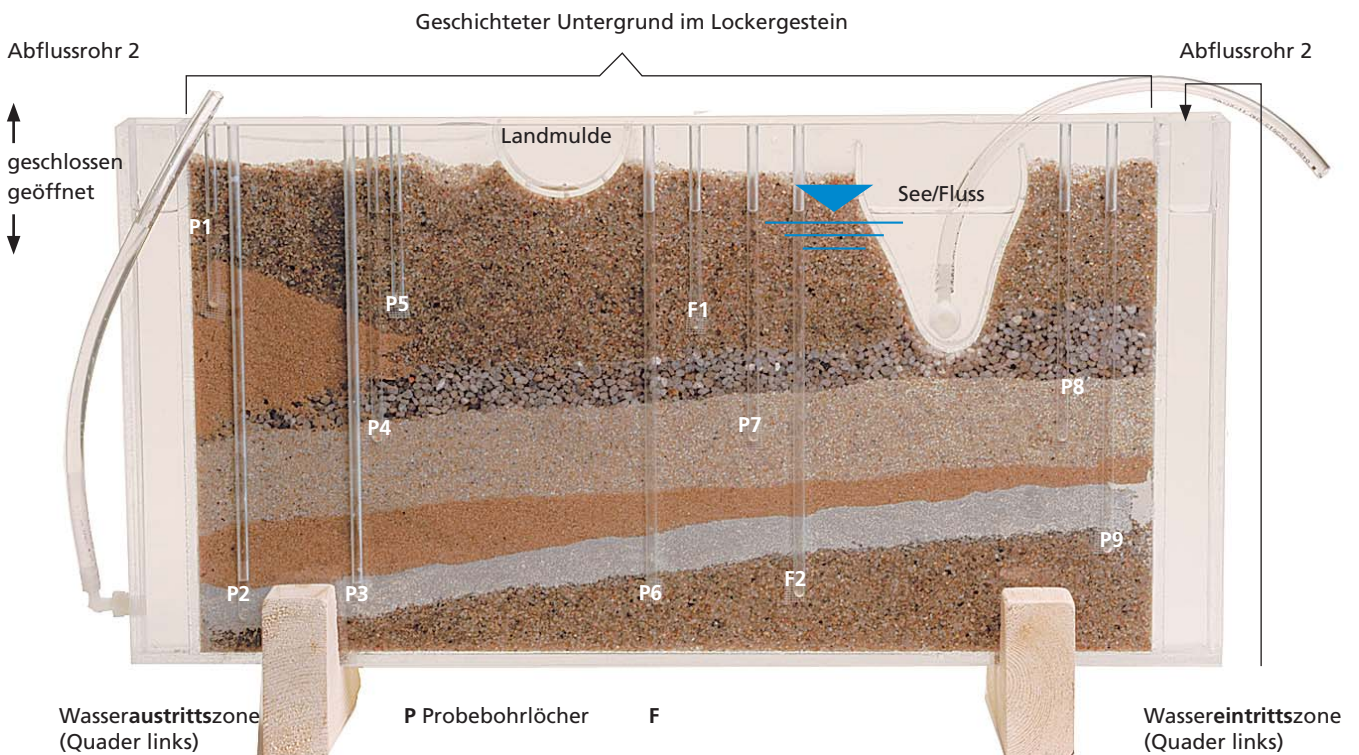
# 3 Das Modell

## 3.1 Beschreibung

Das Grundwassermodell stellt einen vertikalen Ausschnitt aus einem geschichteten Untergrund dar. An den Seiten weist es je einen leeren Quader auf, der mit dem Untergrundausschnitt durch einen Längsschnitt verbunden ist. Der Quader an der rechten Seite bildet die Wassereintrittszone, der Quader links die Wasseraustrittszone des Untergrundausschnittes. Die zwei Einsenkungen im Modell stellen Vertikalschnitte durch einen See/Fluss beziehungsweise eine Mulde dar. Ferner weist das Modell «Schächte» (Röhrchen) im Plexiglas auf. Sie stellen Brunnen und Probebohrlöcher dar.

Das Modell hat zwei Abflüsse: Abfluss 1 befindet sich an der linken Seitenwand unten, Abfluss 2 an der Modell-Hinterseite beim See/Fluss. Beide sind mit einem Rohrbogen und dickem Gummirohr versehen. Ist das Rohr nach oben gerichtet, ist der Abfluss geschlossen, ist das Rohr nach unten gerichtet, ist der Abfluss geöffnet. Das Wasser tritt im Modell vom rechten Quader in den Untergrundausschnitt ein und verlässt ihn am linken Rand des Modells wieder.

Zwei Holzklötze dienen als Halterung für das Grundwassermodell.



Arbeitsübersicht vergrößert: siehe loses Einlageblatt!

Grundwassermodell mit Beschriftung, wie sie in dieser Anleitung verwendet wird.

## Dem Modell liegt folgendes Zubehör bei:

- **Spritze mit feinem Gummiröhrchen:** Um einem Schacht Wasser zu entziehen (zur Simulation von Hochpumpen von Grundwasser in einem Brunnen) wird das Gummiröhrchen an der Spitze der Spritze angebracht, in einen Schacht des Modells eingeführt und das Wasser langsam herausgezogen. Es kann auch der Aufsatz einer Pumpspraydose mit genügend langem Röhrchen verwendet werden.
- **Wasserlösliche Markierungsstifte:** Sie dienen der Beschriftung und dem Anzeichnen der variierenden Wasserstände auf dem Plexiglas und liegen in den Farben rot, blau, grün und schwarz bei.
- **Lebensmittelfarbe:** Die Lebensmittelfarbe dient dazu, die Wege des Wassers durch das Modell sichtbar zu machen. In vier Gläsern oder Plastikbechern wird Wasser in den Farben grün, blau, gelb und rot eingefärbt (ca. 12 Tropfen auf 1 dl Wasser). Bemerkung: Bitte nur Lebensmittelfarbe verwenden und auf keinen Fall Tinte oder ähnliches. Die Lebensmittelfarben sind im Lebensmittelhandel (Backwarenassortiment) erhältlich.
- **2 Pipetten:** Mit den Pipetten wird die verdünnte Lebensmittelfarbe durch die Schächte ins Modell eingelassen.



## 3.2 Anwendung

Um das Modell mit Wasser zu füllen, wird mit einem Trichter, einer Flasche oder einem Schnabelkrug Wasser rechts in den leeren Quader gegeben. Die beiden Abflussrohre sind dabei nach oben gerichtet. Zum Ablassen des Wassers werden die Rohrbogen nach unten gedreht, nachdem ein Gefäß zum Auffangen des Wassers darunter gestellt wurde.

Das Modell sollte nicht der direkten Sonnenstrahlung oder großer Hitze ausgesetzt werden. Ebenso ist darauf zu achten, dass das nasse Modell nicht gefriert.

## 3.3 Reinigung

Für die Reinigung des Modells sollten mit einem feuchten Lappen die Farben aussen am Plexiglas gewischt werden. Dann wird mit der Spritze die verbliebene Farbe aus den Schächten gezogen. Abfluss 1 wird geöffnet und reichlich Wasser ins Modell geschüttet. Das Durchspülen des Modells mit Wasser dient dazu, die Farbe aus Sand und Kies auszuwaschen. Das Wasser der untersten Sandschicht kann mit der mit Röhrchen ausgerüsteten Spritze aus dem Quader rechts gezogen werden. Dazu muss das Modell links erhöht werden, damit das Wasser nach rechts in den Quader ablaufen kann. Der Vorgang ist zu wiederholen, bis das Modell sauber ist und kein Wasser mehr enthält.



### 3.4 Verpackung

Für den Transport des Grundwassermodells steht ein stabiler Koffer zur Verfügung. Bevor das Modell in den Koffer gepackt wird, ist unbedingt darauf zu achten, dass es kein Wasser mehr enthält! Tipp: Das Modell mit Einlagen und eingesetztem Schieber nach rechts geneigt in einen Spültrog stellen. Schieber leicht zurückziehen und das Wasser aus dem rechten Quader ausgießen!

Die Abflüsse werden abgeschraubt und die Abflusslöcher im Plexiglas mit einem möglichst rückstandsfrei entfernbaren Klebstreifen gut zugeklebt.

Schaumstoffstreifen, die (Abbildung links) von oben ins Modell gestopft werden, nehmen dem Sand im Modell den Spielraum. Schließlich wird zur Fixierung der Schieber aus Plexiglas eingesetzt (auf die Passform achten). Leichtes Andrücken der Einlagen vereinfacht das Einführen des Schiebers.



Das Modell wird so in den Koffer gelegt, dass der Schieber oben, also beim Traggriff des Koffers zu liegen kommt.

Untere Lage:

- Holzklötze
- Zubehör aus Plastik bzw. Gummi
- Markierungsstifte
- Lebensmittelfarben
- DVD, Video, CD-ROM
- Graphisspielkarten mit Anleitung
- schriftliche Unterlagen verteilt

Obere Lage:

- Modell mit Schieber und Einlagen

Deckel:

- Schaumstoffeinlage

Der Koffer kann mit den sechs Verschlüssen gut abgeschlossen werden.

Das Modell sollte nur für den Transport verpackt werden. Ansonsten soll es offen und vor Licht geschützt stehen, damit es trocknen kann und vor Veralgung bewahrt wird.





# 4 Anleitung zum Grundwassermodell

## 4.1 Einleitung

Eine geologische Schicht im Untergrund, die aufgrund ihrer Beschaffenheit das Fließen von Grundwasser ermöglicht, wird als Grundwasserleiter bezeichnet. Je nach Art der Hohlräume im Untergrund gibt es verschiedene Typen von Grundwasserleitern: Man unterscheidet Poren-, Kluft- und Karstgrundwasserleiter. In Karstgebieten fließt das Grundwasser bedingt durch die großen Hohlräume teilweise in regelrechten unterirdischen „Flüssen“.

Das Modell stellt einen vertikalen Ausschnitt aus einem **Lockergesteinsuntergrund** dar. Solche Untergründe sind vor allem im Flachland und in den Tälern der Mittelgebirge und der Alpen verbreitet und bilden oft ergiebige Porengrundwasserleiter. Die Schichtung der unterschiedlichen Gesteinsablagerungen ist im Modell gut erkennbar.

Jeder Anwendungsblock für das Modell baut auf dem vorherigen auf, sowohl thematisch als auch praktisch. Allerdings können Anwendungsblöcke auch einzeln durchgeführt werden, falls das entsprechende Vorwissen vorhanden ist. Ebenfalls kann die Reihe von Anwendungsblöcken unterbrochen und in mehrere Lektionen aufgeteilt werden, zum Beispiel, wenn ein Thema mit eigenen Arbeitsblättern oder weiteren Experimenten vertieft behandelt werden soll.

In den folgenden Erklärungen werden Zeichen verwendet:

- ◆ Für praktische Anweisung zum Vorgehen am Modell
- ➔ Für Fragen an die Klasse (Vorschläge)

Der Erläuterungstext zu den Prozessen ist eingerückt.

## 4.2 Wasserkreislauf

Es regnet. Von 100 Tropfen, die in Deutschland auf die Erdoberfläche fallen, versickern ca. 30 im Boden.

- ◆ *Modell mit Wasser füllen, indem Wasser von oben auf der ganzen Breite ins Modell gegossen wird (bis ca. 3 cm unter die Oberkante des Füllmaterials).*

Das Wasser füllt den Untergrund zusammenhängend auf und wird so zu Grundwasser.

Nach einer bestimmten Zeit – das können ein paar Tage bis Jahrhunderte sein – tritt das Grundwasser durch Quellen wieder an die Oberfläche. An der Erdoberfläche sammelt sich das Wasser in Flüssen und Seen. Von dort verdunstet es in die Atmosphäre, bildet Wolken und fällt hier oder anderswo wieder als Regen oder Schnee auf den Boden. Ein Teil davon versickert ins Grundwasser. Damit schließt sich der Wasserkreislauf.

Grundwasser steht also in Beziehung zum Oberflächenwasser und zu allen anderen Formen von Wasser auf der Erde (Wolken, Schnee, Regen). Der See im Modell ist ein Beispiel für die Wechselbeziehung zwischen Grund- und Oberflächenwasser.



## 4.3 Quellen

Seen und Flüsse würden sich mit der Zeit entleeren, würden sie nicht durch Regen, Quell- oder Grundwasser wieder aufgefüllt. Quellen sind örtlich begrenzte Austrittsstellen von Grundwasser aus Gestein oder Boden. Das Wasser kann von der Quelle aus über Land oder unter Wasser direkt in ein Oberflächengewässer fließen. Im letzten Fall spricht man von Grundquellen.

◆ *See ablassen. Sobald er leer ist, Abfluss 2 sofort schließen: Durch das nachfließende Grundwasser füllt sich der See teilweise wieder mit Wasser.*

### ➔ Woher kommt das Wasser im Modell in den See?

Seen und Flüsse werden unter anderem durch Grundwasser gespeisen, das an deren Grund und Böschungen direkt in die Oberflächengewässer eintritt. In Trockenperioden verhindert das Grundwasser, dass die Seen und Flüsse austrocknen.

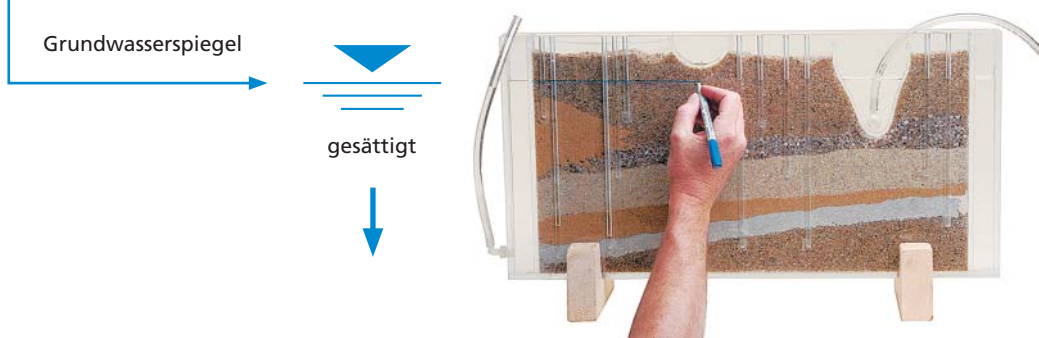
Im Grundwasser treten jahreszeitliche Temperaturschwankungen in abgeschwächter Form auf. Je tiefer im Untergrund, desto konstanter ist die Wassertemperatur. Da die Oberflächengewässer auch von Grundwasser gespeist werden, hat Grundwasser eine ausgleichende Wirkung auf die Wassertemperatur von Seen und Flüssen: Im Sommer wird die Gewässertemperatur niedrig gehalten, im Winter bewirkt es, dass das Wasser auch noch fließt, wenn der Boden gefroren ist.

Quellen werden auch gefasst und zur Trinkwasserversorgung genutzt. In Deutschland sind rund 9 Prozent des Trinkwassers Quellwasser.

## 4.4 Grundwasserspiegel

Die Oberfläche des Grundwassers nennt man Grundwasserspiegel.

◆ *Mit blauem wasserlöslichem Stift den Grundwasserspiegel auf dem Plexiglas nachzeichnen, indem die Wasserstände in den Schächten miteinander verbunden werden.*



Was darunter ist, ist gesättigter Untergrund, das heißt, der Untergrund ist voll Wasser, darüber ist ungesättigter Untergrund: zwischen den Lockergesteinen ist neben Wasser auch Luft enthalten.

## 4.5 Filter-Brunnen

Ein hoher Anteil des Wassers für den Gebrauch in Haushalt, Landwirtschaft und Industrie wird aus sogenannten Filter-Brunnen gewonnen. Im Modell gibt es zwei Filter-Brunnen (F1/F2: siehe S.6 oder loses Einlageblatt).

◆ *Filter-Brunnen im Modell mit schwarzem Stift beschriften und nummerieren mit F1 und F2.*

Für einen Filter-Brunnen wird ein Schacht bis in eine wasserführende Schicht im Untergrund gebohrt und dann das Wasser heraufgepumpt. Um zu verhindern, dass Bodenpartikel mit dem Wasser heraufgepumpt werden, ist der Schacht mit einem Filterrohr ausgekleidet. Im Modell ist zum selben Zweck ein Gittersieb angebracht. Wasserversorgungssysteme haben oft einen oder mehrere Filter-Brunnen.

Vom Filterbrunnen wird das Wasser in ein Kontrollbecken und von dort in ein Reservoir gepumpt. Durch ein Verteilsystem aus Rohrleitungen im Boden gelangt das Wasser zum Verbrauchsort. (Beispiel eines Verteilschemas auf S. 23.)

◆ *Für jeden Brunnen eine/n Verantwortliche/n aus der Klasse bestimmen. Wasser zuerst aus dem wenig tiefen Brunnen F1, dann auch aus Brunnen F2 pumpen. Dazu das Wasser langsam mit der Spritze aus dem Brunnenschacht ziehen.*

➔ **Was geschieht mit dem Wasserspiegel?**

Wird im Modell Wasser aus einem Brunnen gezogen, senkt sich der Wasserspiegel. Auch in Wirklichkeit tritt dieses Phänomen auf, und zwar, wenn dem Boden durch eine Wasserpumpanlage (oder Ziehbrunnen) mehr Wasser entzogen wird, als natürlicherweise nachfließt. In vielen Trockengebieten führt das Absenken des Wasserspiegels zu Problemen mit der Wasserversorgung. Außerdem kann es zur Folge haben, dass sich der Boden senkt.

➔ **Wofür wird das Wasser hauptsächlich verwendet?**

Rund 130 Liter Wasser in Trinkwasserqualität gebraucht jede Person in Deutschland durchschnittlich pro Tag. Dazu kommt das Wasser, das in Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe verbraucht wird, womit sich der Verbrauch auf schätzungsweise 1300 Liter Wasser pro Person und Tag erhöht.

Weltweit werden von den gesamten Oberflächen- und Grundwassermengen gegenwärtig acht Prozent genutzt: Davon 70 Prozent durch die Landwirtschaft, 22 Prozent durch die Industrie und acht Prozent durch Dienstleistungssektoren und den privaten Verbrauch in den Haushalten.

