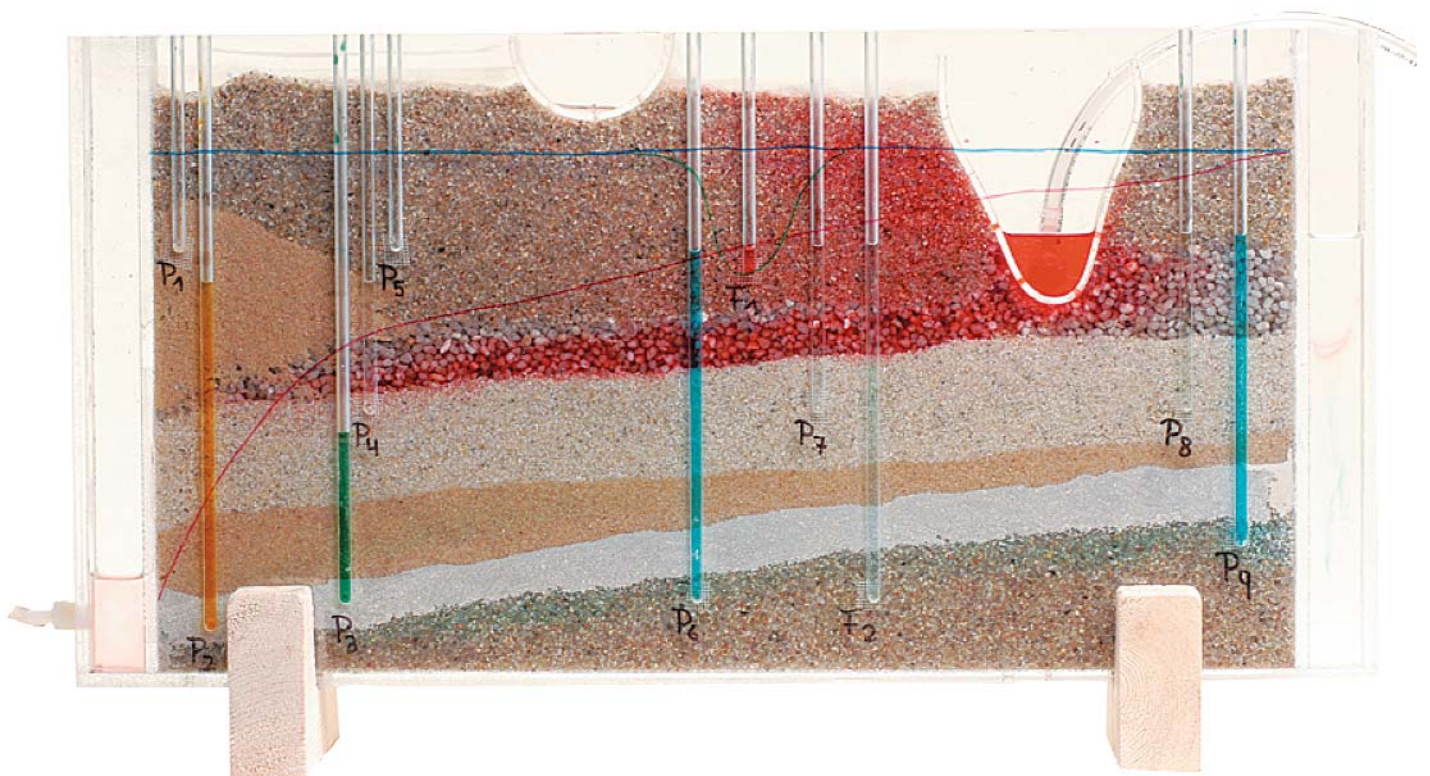


Grundwassermodell

Unterrichtshilfe



Verfasst von Anita Ottiger – Geografin

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Thematische Einführung für Lehrpersonen	4
3	Das Modell	6
3.1	Beschreibung	6
3.2	Anwendung	7
3.3	Reinigung	7
3.4	Verpackung	8
4	Anleitung zum Grundwassermodell	9
4.1	Einleitung	9
4.2	Wasserkreislauf	9
4.3	Quellen	10
4.4	Grundwasserspiegel	11
4.5	Filter-Brunnen	11
4.6	Probebohrlöcher	12
4.7	Fließendes Grundwasser	13
4.8	Grundwasserleiter	14
4.9	Grundwasserstauer und gespannte (artesische) Grundwasserleiter	15
4.10	Artesische Brunnen	16
4.11	Absenkungstrichter bei Brunnen	16
4.12	Grundwasserverschmutzung	17
4.12.1	Verschmutzung von Oberflächengewässer durch verschmutztes Grundwasser	18
4.12.2	Grundwasserverschmutzung durch verschmutzte Oberflächengewässer	18
4.12.3	Grundwasserstauer als Schadstoffsperr	19
4.13	Grundwasserreinigung	19
5	Anhang	20
5.1	Wichtige Begriffe im Zusammenhang mit Grundwasser (Unesco Glossar)	20
5.2	Schema einer Grundwasserfassung	23

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 unerreicher Tiefe abspielen, anschaulich demonstrieren.

Ein Modellexemplar steht hier zur Verfügung. Das Angebot richtet sich in erster Linie an Lehrerinnen und Lehrer, die das Thema Grundwasser im Unterricht behandeln. Es steht in Zusammenhang mit der Wanderausstellung **«Grundwasser – ein Schatz auf Reisen»**, die im UNO-Jahr des Wassers 2003 ihre mehrjährige Tournée startet. Informationen über die Ausstellung und ihren aktuellen Standort sind im Internet unter www.grundwasser.ch erhältlich. Am besten eignet sich das Modell für begleitete Gruppenarbeiten (ca. 4 Personen) ab der 6. Klasse.

Im selben Rahmen entstand die **Broschüre «Grundwasser»**. Sie vermittelt grundlegendes Wissen zum Thema gut verständlich und reichlich illustriert. Die Lektüre dieser Broschüre empfiehlt sich für die Anwendung des Grundwassermodells im Unterricht, da in vorliegender Anleitung auf viele Punkte nicht oder nur am Rande eingetreten wird. Die Broschüre kann kostenlos beim Herausgeber, dem Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL bezogen werden. Ihr Inhalt ist als pdf-file im Internet unter www.buwalshop.ch abrufbar.

2 Thematische Einführung für Lehrpersonen

Wenn Sie mit der Grundwasserbroschüre vertraut sind, lesen Sie bei Punkt 3 weiter!

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 fliesen kann. Besteht die Gesteinsformation aus Lockergestein (Schotter, Kies oder Sand), wie es für die grossen Schweizer 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

Trotz Gewässerschutzgesetz vom 24.01.91 sowie Gewässerschutzverordnung vom 28.10.98 gelangen in der Schweiz Schadstoffe aus der Landwirtschaft, aus Deponien und Altlasten, aus undichten Abwasserrohrleitungen und aus der Luft ins Grundwasser. Deshalb werden strenge Trinkwasserkontrollen durchgeführt. Etwa die Hälfte des aus Grundwasser gewonnenen Trinkwassers kann so, wie es an der Quelle gefasst oder aus dem Untergrund gepumpt wird, genutzt werden. Die andere Hälfte muss aufbereitet werden, bevor das Wasser zur Trinkwasserversorgung abgegeben wird.

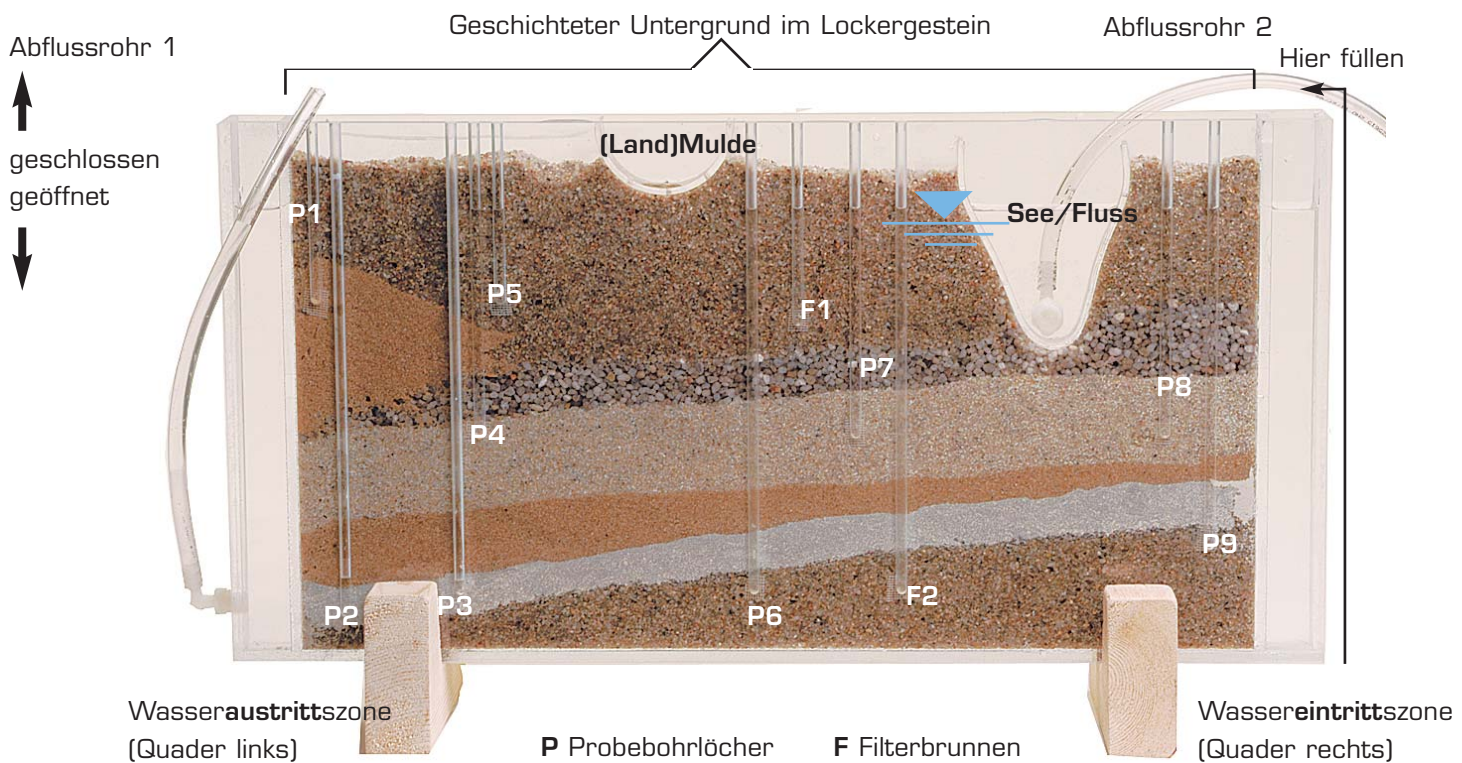
3 Das Modell

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 in der MIGROS 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 aus dem Plexiglas weggewischt 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.



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
- Graphissimospielkarten 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.

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.



4 Anleitung zum Grundwassermodell

4.1 Einleitung

Grundwasser kommt sowohl im **Karst** des Juras als auch im **Kluftgestein** der Alpen vor (zum Beispiel Granit, Gneis, Sandstein). Die grössten und für die Trinkwasserversorgung wichtigsten Grundwasservorkommen der Schweiz erstrecken sich jedoch in den mit **Lockergestein** gefüllten eiszeitlichen Tälern wie dem Aaretal zwischen Thun und Bern, dem Rhonetal, dem Rheintal sowie in zahlreichen kleineren Flusstälern des Mittellandes und des Tessins. Diese Täler sind in den Eiszeiten durch die Gletscher zum Teil sehr tief in den Fels eingekerbt worden und im Zuge der verschiedenen Eiszeiten und Zwischeneiszeiten mit einer wechselhaften Abfolge von Lockergesteinen wie Schotter, Kies und Sand gefüllt worden.

Das Modell stellt einen vertikalen Ausschnitt aus einem solchen **Lockergesteinsuntergrund** dar. Die Schichtung verschiedener Gesteinsablagerungen ist 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 der Schweiz 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.

