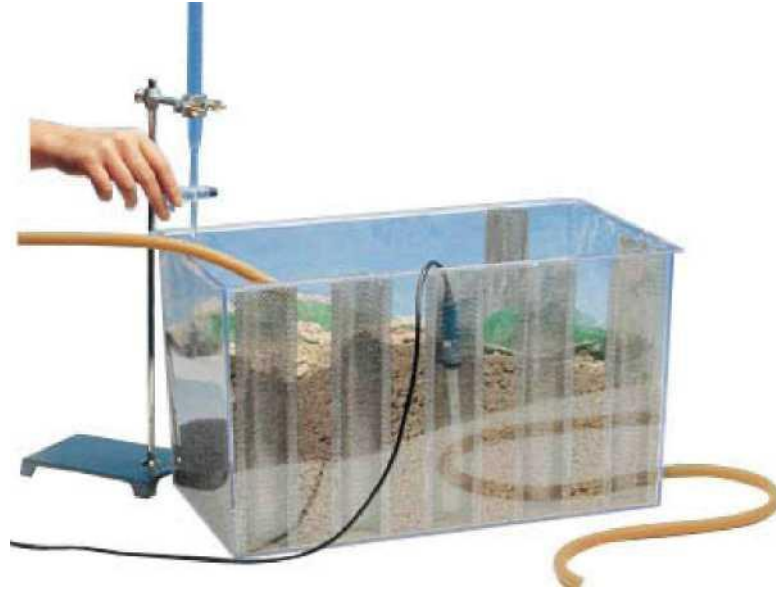


Modell zum Grundwasserspiegel



Beschreibung

1. Einleitung

Mit Versuchen lassen sich mit dem Grundwasserspiegel zusammenhängende Phänomene eindrucksvoll verdeutlichen.

2. Lieferumfang

- ein rechteckiger transparenter Behälter aus Kunststoff mit den Maßen (LxBxH) 45x25x25 cm
- 5 halbrunde, an eine der Wände geklebte „Brunnenschächte“, mit denen der Wasserstand sichtbar gemacht wird
- ein weiterer Brunnen schacht an einer der Kopfseiten, der einen Wasserspeicher darstellt, in dessen Höhe sich ein Ableitungsrohr befindet
- 1 Mohrklemme und 1 Schlauch für den Anschluss an das Ableitungsrohr des Behälters, wodurch der Wasserpegel reguliert werden kann
- 1 durchgebohrtes Rohr, das einen Brunnen schacht symbolisiert und an jeder beliebigen Stelle im Behälter platziert werden kann
- 1 Netz aus Kunststoff, mit dem ein Flusslauf nachgebildet werden kann
- 1 Gummischlauch für die Wasserzufuhr; anzuschließen an einen Wasserhahn, um die zugeführte Wassermenge zu regulieren.
- Bedienungsanleitung

Einsatz in der Praxis

1. Installation und Vorbereitung

Stellen Sie das Modell in der Nähe eines Wasseranschlusses auf.

Füllen Sie den Wasserbehälter zu 2/3 mit Sand oder anderem Gesteinsmaterial.

Bilden Sie die Topographie nach, indem Sie ein leichtes Gefälle schaffen.

2. Einsatzbereich

Die Probleme, die mit der Süßwasserversorgung ganzer Bevölkerungsgruppen einhergehen, unterstreichen die Bedeutung des Grundwassers und des Umgangs mit dem Grundwasser.

Einige Schüler haben sich im Unterricht bereits mit der Wasserproblematik auseinandergesetzt, und die meisten haben vor allem in Dürreperioden bereits den Begriff Grundwasserspiegel gehört. Ein Großteil der Schüler weiß, dass es im Boden Wasser gibt, welches vom Menschen genutzt wird (Brunnenschächte, Wasserquellen, Wasserentnahmestellen usw.)

Daraus ergeben sich folgende Fragestellungen:

- In welcher Form ist Wasser im Boden vorhanden?
- Woher kommt dieses Wasser?

Mit dem Versuchsaufbau lassen sich Verhalte simulieren, die unter natürlichen Bedingungen nur unzureichend oder gar nicht zu beobachten sind. Um z. B. das Wasser im Boden an einem bestimmten Punkt der Erde hervortreten zu lassen, müsste man mehrere Meter tief bohren, und um die Schwankungen des Grundwasserspiegels entsprechend der Wasserzuführung und der Wassernutzung untersuchen zu können, benötigt man eine Datenbank, die oftmals lokal nicht vorhanden ist.

Man kann das Modell an einen computergestützten Versuchsaufbau anschließen, womit sich die Schwankung des pH-Werts bei einer simulierten Verschmutzung mit Natron laufend verfolgen lässt.

3. Funktionsweise

Der Wasserbehälter ist mit Sand gefüllt, und die Topographie wird durch die Ausbildung eines leichten Gefälles simuliert. Von oben her wird ständig Wasser zugeführt, und durch die Wasserableitung auf der anderen Seite werden die Pegel mit einem Gefälle und Wasserbewegungen von oben nach unten erkennbar.

Dabei stellt man Folgendes fest:

Wasser tritt zutage, wenn man an einem beliebigen Punkt im Sediment bohrt; dadurch bestimmt sich der piezometrische Wasserspiegel an dieser Stelle.

Im Allgemeinen verläuft der piezometrische Wasserspiegel nicht waagrecht, sondern mehr oder weniger parallel zur Höhentopographie, insoweit die Wasserzufuhr topografisch am oberen Punkt erfolgt und die Wasserableitung am unteren Punkt (man kann auch ein piezometrisches Schema für den Wasserbehälter erstellen, indem an verschiedenen Stellen

die Höhe des zutage tretenden Wassers berechnet wird, wozu die Wassertiefe in Bezug zu einem allgemeinen Höhenbezugspunkt gemessen wird).

Das Wasser fließt von oben nach unten. Je nach dem Wissensstand der Klasse oder der Schüler kann man dies noch weiter vertiefen: Ein im Sediment ausgebildeter Entwässerungskanal, mit dem der Grundwasserspiegel erreicht wird, führt dazu, dass das austretende Wasser nach unten zum Hang hin abläuft, wenn der Entwässerungskanal in einem Winkel zu den isopiezometrischen Linien (ableitender Flusslauf) verläuft.

Wenn das topografische Niveau wieder ansteigt, versickert der ableitende Flusslauf (er verschwindet) und speist den Grundwasserpegel.

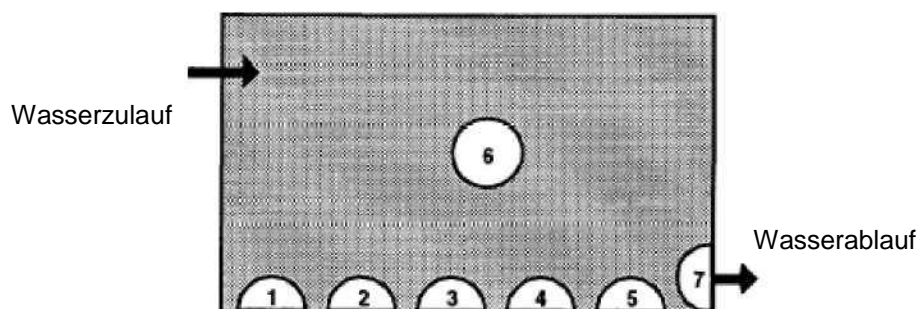
Der piezometrische Wasserstand schwankt mit der zugeführten Wassermenge und folglich ist auch die Wassermenge im ableitenden Flusslauf Schwankungen unterworfen. Wenn die Zufuhr zum Grundwasserspiegel aufhört, fließen die Flüsse weiter, wodurch sich der piezometrische Wasserstand ebenso wie der der ableitenden Flussläufe absenkt. Wenn der Grundwasserspiegel absinkt, versiegt der Fluss (Versickerung und Gefahr der Verschmutzung des Grundwassers durch das Flusswasser).

Wenn zuviel Wasser zugeführt wird, versickert es nicht mehr, sondern rinnt weiter und speist so durch Zulauf den Fluss dessen Wasser sich dadurch eintrübt (bei Regen nimmt der Trübungsgrad des Flusswassers zu).

Beispiele für die praktische Anwendung

1. Anwendungsmöglichkeiten

Jeder Gruppe aus 4 Schülern steht ein Modell für den Grundwasserspiegel in einem Glasbehälter zur Verfügung. Dieses Modell umfasst 7 Brunnenschächte, die entsprechend dem dargestellten Schaubild von 1 bis 7 nummeriert werden.



Skizzierter Versuchsaufbau (Draufsicht)

Anmerkungen:

Das Hauptproblem besteht darin, den Wasserdurchsatz zu berechnen oder zu messen. Für dieses Problem gibt es zwei Lösungsansätze. Der erste besteht darin, nur mit zwei sehr unterschiedlichen Wasserdurchsatzmengen zu arbeiten: einem großen Wasserdurchsatz und einem geringen Wasserdurchsatz, wobei dann die Bewertung nach empirischen

Maßstäben erfolgt. Dies erscheint für die meisten 10. Klassen ausreichend. Bei besonders naturwissenschaftlich interessierten Schulklassen kann der zweite Lösungsansatz gewählt werden, der darin besteht, die Schüler den Durchsatz in Litern pro Minute messen zu lassen. Man benötigt dazu einen Wasserbehälter in Höhe des Zulaufs zum Grundwasser, bei dem man das über die Zeit gemessene Verschwinden einer Flüssigkeitsmenge beobachtet.

1.1 Wasserzuführung zum Grundwasser

Öffnen Sie den Wasserhahn, um einen Wasserdurchsatz zu erzeugen, der das Grundwasser speist. Verfolgen Sie den Pegelanstieg insbesondere an den externen Brunnenschächten. Warten Sie solange, bis das Wasser in den Überlauf läuft und sich ein Gleichgewichtszustand einstellt.

- Messen Sie die piezometrischen Wasserpegel in den Brunnenschächten 1 bis 5.

1.2 Simulation einer Dürre

Verringern Sie die Menge des zugeführten Wassers und warten Sie solange, bis sich erneut ein Gleichgewichtszustand einstellt.

- Messen Sie die piezometrischen Wasserpegel in den Brunnenschächten 1 bis 5.
- Ziehen Sie entsprechende Schlussfolgerungen.

1.3 Simulation einer Regenzeit

Erhöhen Sie die Menge des zugeführten Wassers und warten Sie solange, bis sich erneut ein Gleichgewichtszustand einstellt.

- Messen Sie die piezometrischen Wasserpegel in den Brunnenschächten 1 bis 5.
- Ziehen Sie entsprechende Schlussfolgerungen.

1.4 Simulation einer Pumpstation

Stellen Sie wieder einen ausreichenden Wasserzulauf her und warten Sie solange, bis sich erneut ein Gleichgewichtszustand einstellt. Nehmen Sie den Einbau einer Pumpstation durch einen Siphon in Höhe des Brunnenschachts 6 mit einem Endrohr vor.

- Messen Sie die piezometrischen Wasserpegel in den Brunnenschächten 1 bis 5.
- Ziehen Sie entsprechende Schlussfolgerungen.

Ergebnisse: Die piezometrischen Wasserpegel in Abhängigkeit vom Gefälle der Sandfläche lassen sich leicht beobachten. Durch die Trockenheit sinken die Wasserstände insgesamt ab, wohingegen die Regenzeit eine gegenteilige Wirkung zeigt. Die Pumpstation veranschaulicht, dass um die Wasserentnahmestelle der Grundwasserpegel trichterförmig absinkt. Dies wird am Wasserstand der äußeren Brunnenschächte sichtbar.

1.5 Mechanische Phänomene im Zusammenhang mit der Grundwassernutzung

Die Nutzung des Grundwassers wird durch das Absaugen eines beliebigen Brunnenschachts mit Hilfe eines kleinen wassergefüllten Schlauchs simuliert, der in den Brunnenschacht

eingetaucht und mit einer Mohrklemme geschlossen wird, um ein permanentes Absaugen zu verhindern. Mit dem Abpumpen geht eine Absenkung des lokalen Wasserpegels einher (trichterförmiges Absinken des Grundwasserpegels rund um die Entnahmestelle), wohingegen jedoch ein übermäßiges Abpumpen zu einer allgemeinen Absenkung des Grundwasserpegels führt, die im gesamten Wasserbehälter auftritt.

1.6 Nutzung und Verschmutzung des Grundwassers

Das Phänomen der mechanischen Selbstreinigung durch Filtrierung lässt sich durch das Modell veranschaulichen, wenn das hinabrinnde Wasser versickert und dabei Tonteilchen an der Stelle hinterlässt, an der es versickert ist. Es genügt, nur ein wenig Ton am Wasserzulauf zu zerbröseln und dafür zu sorgen, dass er auf die topografische Oberfläche mitgeführt wird. In jedem Fall lässt sich dabei feststellen, dass das abgeleitete Wasser klar bleibt.

1.7 Simulation einer Verschmutzung

An beliebiger Stelle im Wasserbehälter vergießt man einige cm³ 10-molares Natron und misst (z. B. mit einem computergestützten Messsystem) das Auftreten von Natron an beliebigen Stellen im Zeitablauf. Die Messung kann in einem kleinen Brunnenschacht erfolgen, den man beliebig verlagern kann. Ganz allgemein lässt sich feststellen, dass die Verschmutzung immer unterhalb der Schmutzeinbringungsstelle in Fließrichtung des Wassers auftritt, und zwar mit einer mehr oder weniger langen Latenzzeit, die abhängig ist von der Entfernung der Schmutzeinbringungsstelle zum Messpunkt sowie von der Durchlässigkeit der wasserführenden Schicht und der Stärke des Zulaufs zum Grundwasser. Man stellt ebenfalls fest, dass die Verschmutzung schneller auftritt als sie wieder verschwindet. Je nach der Einbringungsstelle (an der Oberfläche, im Grundwasser) lassen sich unterschiedliche Ergebnisse erzielen: Eine Verschmutzung an der Oberfläche, die nicht das Grundwasser erreicht, macht sich unterstromig nur bemerkbar, wenn der Wasserspiegel steigt und das Grundwasser das verschmutzte Substrat auswäscht. Eine direkt in das Grundwasser eingebrachte Verschmutzung hingegen wird schnell erkannt und wirkt sich bei einem Anstieg des Wasserstands nicht mehr aus. Man kann auch die zurückgelegte Höhendifferenz des Schadstoffes bewerten, indem der pH-Wert oberhalb und unterhalb des Messpunktes gemessen wird; genauso kann man sich eine Vorstellung von der Geschwindigkeit der Entwässerung verschaffen, die je nach Messtiefe unterschiedlich ist. Wird der pH-Wert-Messer in der Höhe verlagert, so ergeben sich hierdurch vielfach unterschiedliche pH-Werte.

1.8 Schneller Durchsatz in Karstlandschaften

Der Durchsatz der Schadstoffe lässt sich in Karstlandschaften auch dadurch veranschaulichen, dass Kunststoffleitungen verlegt werden, die vom Bereich des Einbringens des Schadstoffes (einer Doline, in der sich bei Regen häufig ein Rinnsal bildet) zu dem Brunnenschacht führen, an dem die Messung erfolgt. Dabei stellt man fest, dass weniger Zeit vergeht, bis die Verschmutzung erkennbar wird, und dass diese außerdem wesentlich ausgeprägter ist. Man kann die Schüler des Weiteren auf die Gefahren

aufmerksam machen, die sich durch die gängige Praxis in einigen Karstregionen ergeben, Abfälle in Bodensenken zu entsorgen.

1.9 Verschmutzung einer Entnahmestelle

Eine chemische Verschmutzung oberhalb der Entnahmestelle wird dadurch simuliert, dass man in den Flusslauf oder direkt in das Grundwasser kontinuierlich (tröpfchenweise) 10-molares Natron einbringt. Dann misst man den pH-Wert im oberstromig gelegenen Brunnenschacht vor dem Absaugen und nach dem Absaugen. Der Brunnenschacht erweist sich nach dem Absaugen durch die durch den Absenktrichter hervorgerufene Umkehrung der Fließrichtung des Wassers als kontaminiert, vorausgesetzt, die oberstromige Einbringung bleibt unterhalb der Spitze des Absenktrichters. Dadurch erklärt sich anschaulich die Notwendigkeit, einen Schutzbereich um die Entnahmestelle in stromabwärts führender Richtung vorzusehen.

1.10 Verschmutzung und Trockenheit

Eine in einem ableitenden Flusslauf darstellenden Entwässerungskanal ausgebrachte Verschmutzung verunreinigt das Grundwasser nicht, denn das Grundwasser fließt in den ableitenden Flusslauf. Die gleiche Verschmutzung verunreinigt aber den neben dem ableitenden Flusslauf gelegenen Brunnenschacht insbesondere bei ansteigendem Wasserpegel, wenn das Grundwasser das verschmutzte Sediment auswäscht.

2. Experimente

Experiment Nr. 1: Verschmutzungskontrolle (klassische pH-Wert-Messung)

2.1 Grundprinzip

Bei diesem Experiment wird eine Verschmutzung mit Natron mit Hilfe von pH-Wert-Messern untersucht, wobei die Elektroden in den Brunnenschächten 1, 3 und 5 platziert werden.

2.2 Notwendiges Material

- Mohrbürette im Ständer
- 10-molares Natron
- pH-Wert-Messer

2.3 Versuchsprotokoll

Bringen Sie zunächst 50 ml Natron N in Höhe des Brunnenschachts 2 bei geringem Wasserdurchsatz ein.

- Messen Sie 12 Minuten lang alle 15 Sekunden den pH-Wert in den 3 Brunnenschächten.
Tragen Sie die Werte in einer Tabelle ein.
- Erstellen Sie in derselben Grafik die drei zeitabhängigen Kurven, wozu Sie z. B. ein Tabellenkalkulationsprogramm verwenden können.
- Nutzen Sie die Grafik und leiten Sie Schlussfolgerungen ab.

Bringen Sie danach 50 ml Natron N in Höhe des Brunnenschachts 2 ein, allerdings bei beträchtlichem Wasserdurchsatz.

- Messen Sie 12 Minuten lang alle 15 Sekunden den pH-Wert in den 3 Brunnenschächten.
- Erstellen Sie in derselben Grafik die drei zeitabhängigen Kurven.
- Nutzen Sie die Grafik und leiten Sie Schlussfolgerungen ab.

2.4 Ergebnisse

Vergleichen Sie die Ergebnisse der 4 Grundwasserspiegel und ziehen Sie Schlussfolgerungen hinsichtlich der Auswirkungen einer Verschmutzung oder eines Abpumpens in Abhängigkeit vom im Gestein gespeicherten Grundwasser.

Anmerkungen:

Hierbei geht es lediglich um eine abschließende Zusammenfassung der Definition des Grundwasserspiegels und darum, die mit einer Verschmutzung verbundenen Probleme aufzuzeigen. Den Schülern kann dann weiterführend die Aufgabe gestellt werden, in den Tageszeitungen der letzten Monate nach Beispielen für Verschmutzungen zu suchen, die zu Problemen bei der grundwasserbasierten Trinkwasserversorgung geführt haben.

Modell zum Grundwasserspiegel - Best.- Nr. 2015470

Grundwasserspiegel – geringer Wasserdurchsatz
Nummer Zeit in Sek. Zeit in Sek. Brunnen 1 / 2 / 5

Grundwasserspiegel – großer Wasserdurchsatz
Nummer Zeit in Sek. Zeit in Sek. Brunnen 1 / 2 / 5

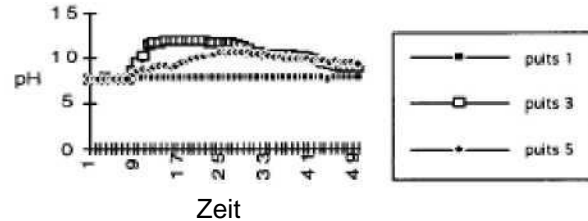
| Grundwasserspiegel – geringer Wasserdurchsatz | | | | | | Grundwasserspiegel – großer Wasserdurchsatz | | | | | |
|---|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|---|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Nummer | Zeit in Sek. | Zeit in Sek. | Brunnen 1 | Brunnen 2 | Brunnen 5 | Nummer | Zeit in Sek. | Zeit in Sek. | Brunnen 1 | Brunnen 2 | Brunnen 5 |
| 1 | | 0 | 7,65 | 7,66 | 7,54 | 1 | | 0 | 7,64 | 7,6 | 7,59 |
| 2 | 0,25 | 15 | 7,65 | 8,67 | 7,58 | 2 | 0,25 | 15 | 7,64 | 7,61 | 7,6 |
| 3 | 0,5 | 30 | 7,64 | 9,6 | 8,8 | 3 | 0,5 | 30 | 7,64 | 7,61 | 7,6 |
| 4 | 0,75 | 45 | 7,65 | 9,54 | 9,11 | 4 | 0,75 | 45 | 7,64 | 7,66 | 7,6 |
| 5 | 1 | 60 | 7,65 | 9,18 | 9,18 | 5 | 1 | 60 | 7,64 | 7,63 | 7,59 |
| 6 | 1,25 | 75 | 7,65 | 8,81 | 9,03 | 6 | 1,25 | 75 | 7,64 | 7,6 | 7,59 |
| 7 | 1,5 | 90 | 7,65 | 8,63 | 8,79 | 7 | 1,5 | 90 | 7,64 | 7,59 | 7,6 |
| 8 | 1,75 | 105 | 7,65 | 8,5 | 8,41 | 8 | 1,75 | 105 | 7,65 | 7,59 | 7,6 |
| 9 | 2 | 120 | 7,65 | 8,33 | 8,13 | 9 | 2 | 120 | 7,65 | 8,5 | 8,14 |
| 10 | 2,25 | 135 | 7,65 | 8,2 | 7,96 | 10 | 2,25 | 135 | 7,65 | 9,36 | 8,46 |
| 11 | 2,5 | 150 | 7,65 | 7,98 | 7,85 | 11 | 2,5 | 150 | 7,66 | 10,13 | 8,62 |
| 12 | 2,75 | 165 | 7,65 | 7,83 | 7,77 | 12 | 2,75 | 165 | 7,66 | 11,43 | 8,73 |
| 13 | 3 | 180 | 7,65 | 7,78 | 7,72 | 13 | 3 | 180 | 7,66 | 11,65 | 8,96 |
| 14 | 3,25 | 195 | 7,65 | 7,93 | 7,68 | 14 | 3,25 | 195 | 7,66 | 11,74 | 9,07 |
| 15 | 3,5 | 210 | 7,65 | 9,47 | 7,66 | 15 | 3,5 | 210 | 7,66 | 11,79 | 9,01 |
| 16 | 3,75 | 225 | 7,65 | 10,3 | 7,63 | 16 | 3,75 | 225 | 7,66 | 11,82 | 8,93 |
| 17 | 4 | 240 | 7,65 | 10,95 | 7,62 | 17 | 4 | 240 | 7,66 | 11,84 | 9,12 |
| 18 | 4,25 | 255 | 7,65 | 11,32 | 7,61 | 18 | 4,25 | 255 | 7,66 | 11,85 | 9,43 |
| 19 | 4,5 | 270 | 7,65 | 11,49 | 7,61 | 19 | 4,5 | 270 | 7,66 | 11,85 | 9,61 |
| 20 | 4,75 | 285 | 7,64 | 11,55 | 7,6 | 20 | 4,75 | 285 | 7,66 | 11,84 | 9,74 |
| 21 | 5 | 300 | 7,64 | 11,63 | 7,6 | 21 | 5 | 300 | 7,66 | 11,83 | 9,93 |
| 22 | 5,25 | 315 | 7,65 | 11,68 | 7,59 | 22 | 5,25 | 315 | 7,66 | 11,8 | 10,14 |
| 23 | 5,5 | 330 | 7,64 | 11,72 | 7,59 | 23 | 5,5 | 330 | 7,65 | 11,77 | 10,34 |
| 24 | 5,75 | 345 | 7,65 | 11,75 | 7,58 | 24 | 5,75 | 345 | 7,65 | 11,73 | 10,4 |
| 25 | 6 | 360 | 7,64 | 11,78 | 7,58 | 25 | 6 | 360 | 7,65 | 11,71 | 10,48 |
| 26 | 6,25 | 375 | 7,64 | 11,8 | 7,57 | 26 | 6,25 | 375 | 7,65 | 11,68 | 10,56 |
| 27 | 6,5 | 390 | 7,64 | 11,83 | 7,57 | 27 | 6,5 | 390 | 7,65 | 11,65 | 10,57 |
| 28 | 6,75 | 405 | 7,64 | 11,85 | 7,57 | 28 | 6,75 | 405 | 7,65 | 11,57 | 10,5 |
| 29 | 7 | 420 | 7,64 | 11,87 | 7,56 | 29 | 7 | 420 | 7,65 | 11,28 | 10,5 |
| 30 | 7,25 | 435 | 7,64 | 11,89 | 7,56 | 30 | 7,25 | 435 | 7,65 | 10,87 | 10,48 |
| 31 | 7,5 | 450 | 7,65 | 11,88 | 7,56 | 31 | 7,5 | 450 | 7,65 | 10,65 | 10,41 |
| 32 | 7,75 | 465 | 7,65 | 11,9 | 7,55 | 32 | 7,75 | 465 | 7,65 | 10,54 | 10,36 |
| 33 | 8 | 480 | 7,65 | 11,9 | 7,55 | 33 | 8 | 480 | 7,65 | 10,44 | 10,32 |
| 34 | 8,25 | 495 | 7,64 | 11,9 | 7,55 | 34 | 8,25 | 495 | 7,65 | 10,38 | 10,12 |
| 35 | 8,5 | 510 | 7,64 | 11,9 | 7,55 | 35 | 8,5 | 510 | 7,65 | 10,36 | 10,03 |
| 36 | 8,75 | 525 | 7,64 | 11,89 | 7,55 | 36 | 8,75 | 525 | 7,65 | 10,36 | 9,93 |
| 37 | 9 | 540 | 7,65 | 11,89 | 7,55 | 37 | 9 | 540 | 7,65 | 10,35 | 9,84 |
| 38 | 9,25 | 555 | 7,65 | 11,9 | 7,55 | 38 | 9,25 | 555 | 7,65 | 10,3 | 9,78 |
| 39 | 9,5 | 570 | 7,65 | 11,9 | 7,54 | 39 | 9,5 | 570 | 7,65 | 10,22 | 9,75 |
| 40 | 9,75 | 585 | 7,65 | 11,9 | 7,54 | 40 | 9,75 | 585 | 7,65 | 10,1 | 9,78 |
| 41 | 10 | 600 | 7,65 | 11,9 | 7,54 | 41 | 10 | 600 | 7,65 | 9,95 | 9,72 |
| 42 | 10,25 | 615 | 7,65 | 11,89 | 7,54 | 42 | 10,25 | 615 | 7,65 | 9,78 | 9,65 |
| 43 | 10,5 | 630 | 7,65 | 11,88 | 7,54 | 43 | 10,5 | 630 | 7,65 | 9,59 | 9,59 |
| 44 | 10,75 | 645 | 7,65 | 11,9 | 7,54 | 44 | 10,75 | 645 | 7,65 | 9,39 | 9,55 |
| 45 | 11 | 660 | 7,65 | 11,93 | 7,54 | 45 | 11 | 660 | 7,64 | 9,2 | 9,52 |
| 46 | 11,25 | 675 | 7,65 | 11,96 | 7,54 | 46 | 11,25 | 675 | 7,65 | 9,05 | 9,53 |
| 47 | 11,5 | 690 | 7,65 | 11,98 | 7,54 | 47 | 11,5 | 690 | 7,65 | 8,96 | 9,52 |
| 48 | 11,75 | 705 | 7,65 | 11,99 | 7,54 | 48 | 11,75 | 705 | 7,65 | 8,96 | 9,46 |
| 49 | 12 | 720 | 7,65 | 12 | 7,54 | 49 | 12 | 720 | 7,65 | 8,94 | 9,41 |
| 50 | 12,25 | 735 | 7,65 | 11,99 | 7,54 | 50 | 12,25 | 735 | 7,65 | 8,86 | 9,34 |

Modell zum Grundwasserspiegel - Best.- Nr. 2015470

Untersuchung einer Natronverschmutzung im Grundwasser bei geringem Wasserdurchsatz



Untersuchung einer Natronverschmutzung im Grundwasser bei großem Wasserdurchsatz



2.5 Fazit

Man kann die von einer Schülergruppe erzielten Ergebnisse betrachten. In jedem Fall wird man feststellen, dass die Verschmutzung sich über das Grundwasser ausbreitet und dass sie viel schneller erkennbar ist als dass sie wieder verschwindet. Betrachtet man alle Ergebnisse der Schüler, wird sich insbesondere insofern eine gewisse Heterogenität feststellen lassen, als das Natron auf ganz verschiedene Art und Weise zugeführt wurde. In diesem Zusammenhang kann man die praktischen Aspekte der Umsetzung eines Versuchs ansprechen: wo muss die Einbringung erfolgen, wie muss sie erfolgen und wie oft usw.

3. Experiment Nr. 2: Verschmutzungskontrolle (computergestützter Versuchsaufbau)

3.1 Grundprinzip

Bei diesem Experiment wird eine Verschmutzung mit Natron mit Hilfe einer pH-Wert-Elektrode untersucht, die anhand einer pH-Wert-Funktion einer Software gesteuert wird.

3.2 Notwendiges Material

- Mohrbürette im Ständer
- 10-molares Natron
- Computerschnittstelle mit pH-Wert-Messer

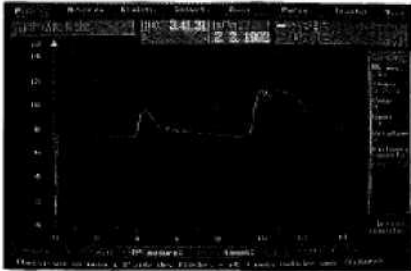
3.3 Versuchsprotokoll

Mit dem als Schadstoff eingesetzten 10-molaren Natron wird das Phänomen der Verschmutzung mit Hilfe der pH-Wert-Elektrode untersucht, die über die pH-Wert-Funktion der EXABIO-Software gesteuert wird.

Diese Funktion ermöglicht die Aufzeichnung der pH-Wert-Kurve (0 bis 14) in Abhängigkeit von der Zeit. Die Zeitskala kann zwischen einer Minute und 5 Stunden eingestellt werden, aber die Mehrzahl der Experimente dauern ca. 15 Minuten. Das Natron wird mittels einer Bürette an einer mehr oder weniger weit entfernt liegenden Stelle ober- oder unterhalb des Entnahmebereichs zugeführt. Mit den Messungen wird begonnen, sobald das Natron zugeführt wurde. Das Erfassen und der Verlauf der Messdatenkurve erfolgen in Echtzeit; die im jeweiligen Augenblick gemessenen Werte liegen durchweg über der Kurve. Es besteht die Möglichkeit, dass sich Kurven überlagern.

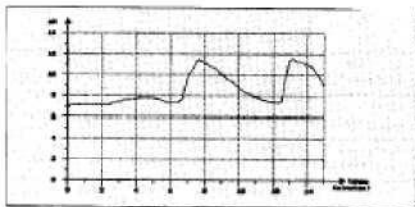
Sprechen Sie uns an, wenn Sie mehr über computergestützte Versuche erfahren möchten.

3.4 Ergebnisse

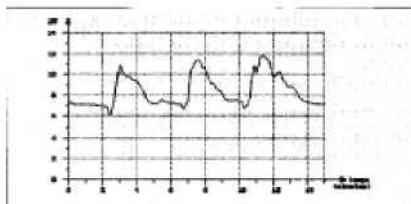


Die Kurve der über die Zeit gemessenen pH-Werte wird gleichzeitig auf dem Bildschirm angezeigt.

Eine Tabelle mit den im jeweiligen Augenblick gemessenen Werten kann wiederhergestellt werden.



Simulation einer Verschmutzung in einem Flusslauf neben einer Entnahmestelle und Messung des Auftretens der Verschmutzung während einer Trockenheit, die dadurch hervorgerufen wurde, dass die Zufuhr von Wasser zunächst gestoppt wurde, bis dann schließlich wieder Wasser zugeführt wird.



Simulation der Kontamination einer Entnahmestelle durch eine unterhalb der Entnahmestelle oder seitlich von ihr befindliche Verschmutzung.