

Wie entsteht das Aachener Thermalwasser?

LEHRER-INFO

Bezug: App 72°, Station 3

Mögliche Einstiege:

- **Thermalwasser vom Elisenbrunnen, in Thermoskannen abgefüllt**
- **Aussagen sammeln: Was weißt du über das Aachener Thermalwasser?**

Die Aachener Thermalquellen sind ein sehr besonderes, in unseren Gegenden seltenes Naturphänomen, dessen Erklärung u.a. in der speziellen Morphologie und Geologie des Aachener Talkessels begründet liegt. Die Kinder sollen begreifen, wie es zu diesem Phänomen kommen kann und zugleich Begriffe wie „Grundwasser“, „Tiefengrundwasser“, „Quellvorbruch“, „Thermalwasser“, „Mineralwasser“ kennenlernen.

Anhand der Schemazeichnung vom Weg des Thermalwassers mit den Stationen 1 bis 6 (AKTIVBLATT Entstehung Aachener Thermalwasser) wird die Entstehung des Wassers näher beleuchtet und hinterfragt.

Dazu dienen folgende **LEITFRAGEN**:

- 1) Warum ist das Wasser heiß?
- 2) Wo kommt das Wasser her?
- 3) Wieso kommt das Wasser nach oben?
- 4) Wie kommen die Mineralien ins Wasser?

1: Warum ist das Thermalwasser heiß?

„Thermal“ kommt von griechisch „thermós“ = heiß. In der Natur kommt nirgends oberhalb der Erde einfach so heißes Wasser vor. Die Sonne kann Seen oder Flüsse auf der Erde nicht sehr stark erhitzen. Nur ganz tief im Innern der Erde ist dies möglich. Das Innerste der Erde ist sehr heiß, so heiß, dass sogar Steine flüssig werden. Je tiefer man in die Erde kommt, desto heißer wird es (3 °C pro 100 m Tiefe). Das Thermalwasser kommt aus der Erde und es muss tief unten im Erdinnern erhitzt worden sein. Die Forscher vermuten anhand der im Wasser gelösten Stoffe, dass es aus ca. 3.500 m Tiefe stammt.

Material:

AKTIVBLATT: Entstehung Aachener Thermalwasser

→ Das Thermalwasser wird im Erdinnern aufgeheizt.

2: Wo kommt das Wasser her?

Gibt es unterirdische Seen? Das Thermalwasser entsteht aus dem Regen, der auf die Erde fällt und teilweise im Boden versickert. Wo die Bodenschichten gut wasserdurchlässig sind, versickert das Wasser noch tiefer in den Untergrund, nämlich bis in die Gesteinsschichten. Manche Tropfen sickern dann noch tiefer, denn einige Gesteine lassen Wasser durch, andere weniger, einige gar nicht.

Trifft das versickernde Wasser auf eine undurchlässige Gesteinsschicht, kann es nicht mehr weiter nach unten sickern. Es fließt zur Seite ab (EXPERIMENT 1). Versickertes Regenwasser, das sich in den Hohlräumen mancher Gesteinsschichten unter der Erde sammelt und dort ganz langsam weiterfließt, heißt **Grundwasser**. Sehr tief liegendes Grundwasser heißt **Tiefengrundwasser**. Das Tiefengrundwasser ist heiß, das höher in der Erde gelegene Grundwasser dagegen kühl.

Das Einzugsgebiet wird durch viele Messungen der Grundwasserhöhen (hydrostatischer Druck), der Wegsamkeiten geologischer Strukturen (Störungen), Gesteine (Wege) sowie durch die Messung der Wassermengen bestimmt, die durch die verschiedenen geologischen Schichten fließen.

Material:

EXPERIMENT 1: Versickerung von Wasser

- Das Aachener Thermalwasser entsteht aus Regen, der tief in den Untergrund versickert und zu Tiefengrundwasser geworden ist.
- Begriffe Grundwasser, Tiefengrundwasser
- Wasser fließt immer der Schwerkraft nach, auch unter der Erde.

3: Wieso kommt das Wasser nach oben?

Wenn Wasser immer der Schwerkraft folgt, wie kann es dann von selber nach oben kommen, ohne dass man es mit Pumpen heraufholt? Dass Tiefengrundwasser von selbst an die Erdoberfläche aufsteigt, ist erst recht selten. Das passiert nur unter ganz bestimmten Bedingungen:

a) **Wasserdruck**

Das Wasser steigt nur hoch, wenn es unter Druck steht. Einerseits übt fließendes Wasser in die Richtung, in die es fließt, immer einen Druck aus und das von oben nachsickernde Wasser drückt auf das untere (Eigengewicht, EXPERIMENT 2). Deutlich höher wird der Druck aber, wenn es einen Höhenunterschied gibt: Ist der Wasserstand auf der einen Seite höher als auf der anderen, dann führt dies dazu, dass ein Teil des Wassers auf die andere Seite gedrückt wird - so lange, bis der Wasserdruck auf beiden Seiten identisch ist (EXPERIMENT 3).

Material:

EXPERIMENT 2: Wasserdruck

EXPERIMENT 3: Wie kann Wasser hochfließen?

AKTIVBLATT: Entstehung Aachener Thermalwasser

Der Höhenunterschied ist in der Morphologie des Aachener Talkessels und seiner Randgebiete gegeben. Aachen liegt in einem Talkessel. Sobald man die Stadt verlässt, geht es aufwärts. Auf der Zeichnung vom Weg des Aachener Thermalwassers kann man sehen, dass die Stellen, an denen das Thermalwasser an die Erdoberfläche kommt, tiefer liegen als das Entstehungsgebiet des Wassers.

Der hohe Druck führt außerdem dazu, dass das heiße Tiefengrundwasser beim Aufstieg nicht verdampft, sondern flüssig und heiß bleibt.

b) **Besondere Geologie des Untergrundes von Aachen**

Das Wasser kann nur nach oben steigen, wenn es freie Bahn hat. Die Gesteinsschichten unter dem Aachener Talkessel liegen nicht waagrecht übereinander, sondern sind ungewöhnlich stark aufgefaltet, manchmal sogar übereinander geschoben. Es gibt zahlreiche Verwerfungen, Brüche und Störungen.

Einige schräg stehende, bis zur Erdoberfläche reichende Kalksteinbänke (devonischer Kalkstein, Frasn) bilden wasserdurchlässige Aufstiegsbahnen. Kalkstein ist ein Gestein, das im Lauf der Zeit durch Lösungsprozesse größere Klüfte und Hohlräume bilden kann.

Die Besonderheit der Aachener und Burtscheider Quellenzüge ist also ihre geologische Situation: In den **devonischen Massenkalken** kann das Grundwasser relativ schnell fließen. Für das Thermalwasser heißt das: Der Druck, der aufgrund der Differenz der Höhenlagen des Wiederergänzungsgebietes (Schmithof, Breinig 350 m+NN) und Aachen (ca. 200 m+NN) von 20 bar (ca. 200 m Wassersäule) entsteht, reicht aus, um das Wasser gegen den Widerstand des Gesteins in eine Tiefe von über 3.000 m zu drücken und in Aachen artesisch als Thermalquellen ausfließen zu lassen.

Artesische Quellen gibt es nicht nur in Aachen. Das besondere an Aachen ist jedoch, dass das Wasser in so große Tiefen gelangen kann und gleichzeitig die Wegsamkeiten der geologischen Gesteine und Strukturen es erlauben, dass das Wasser auch wieder an die Erdoberfläche aufsteigen kann.

Material:

AKTIVBLATT: Die Geologie von Aachen

- Ob ein Regentropfen zu Thermalwasser wird, hängt davon ab, auf welchen Untergrund er trifft.
- Artesische Quellen entstehen, wenn der hydrostatische Druck des Wassers größer ist als die geographische Höhe der Erdoberfläche und es Wegsamkeiten gibt, die es zulassen, dass das Wasser in Quellen austreten kann.
- Das Wasser bleibt nur deswegen flüssig und heiß, weil es aufgrund der Bedingungen ziemlich schnell aufsteigen kann.

4: Wie kommen die Mineralien ins Wasser?

Warum stinkt das Wasser so? Der Geruch nach faulen Eiern kommt von einem Gas, das „Schwefelwasserstoff“ heißt. Es bildet sich in manchen Thermalquellen durch eine chemische Reaktion:

Bei Wassertemperaturen unter 65 °C läuft eine bakterielle Sulfatreduktion ab. Das im Mineralwasser enthaltene Sulfat wird zu anderen Schwefelverbindungen, u.a. zu 2-wertigem Schwefel reduziert, der sich dann mit Wasserstoff zu Schwefelwasserstoff verbindet. Schwefelwasserstoff ist ein stark nach faulen Eiern riechendes Gas. Das Methan im Quellgas dient als Kohlenstofflieferant für die Bakterien. Methan wird zu Kohlendioxid oxidiert.

Aber in dem Wasser sind noch viel mehr Stoffe gelöst. Es sind **Mineralien und Gase**. Das Wasser schmeckt ein wenig salzig und nicht wie „normales“ Wasser.

Durch chemische Experimente kann man herausfinden, welche Stoffe in dem Wasser gelöst sind. Die Stoffkonzentrationen können je nach Quellvorbruch sehr unterschiedlich sein, insbesondere der Schwefelgehalt.

	Einheit	Mittelwert
pH		6,70
spez. el. Leitfähigkeit	µS/cm	6,410
Lithium	mg/L	2,65
Natrium	mg/L	1.270
Kalium	mg/L	71,7
Magnesium	mg/L	7,93
Calcium	mg/L	58,7
Strontium	mg/L	2,52
Fluorid	mg/L	6,69
Chlorid	mg/L	1.510
Bromid	mg/L	2,21
Sulfat	mg/L	277
Hydrogencarbonat	mg/L	856
Kieselsäure	mg/L	89,5
Borsäure	mg/L	5,47

Mittelwerte aus allen Aachener und Burtscheider Thermalwässern

Wie sind die Mineralien und Gase in das Wasser gekommen? Auf seinem Weg durch die Gesteinsschichten löst das Wasser Stoffe aus den verschiedensten Gesteinen, die es durchfließt. Es reichert sich an mit Mineralien. Die Stoffe im Wasser sind wie ein „Fußabdruck“ der Geologie im Untergrund von Aachen.

Sie sind für die Forscher außerdem ein wichtiges Indiz dafür, aus welcher Tiefe das Wasser stammt. Das Thermalwasser wird auf eine überkritische Temperatur erhitzt, die bewirkt, dass sich bestimmte Mineralien lösen können (Lösungsgleichgewicht). Diese Mineralien werden im Thermalwasser nachgewiesen und daher kann auf die max. Temperatur rückgeschlossen werden.

Mineralien werden aus dem Gestein gelöst, wenn das sog. Lösungsgleichgewicht nicht ausgeglichen bzw. das Wasser nicht gesättigt ist. Das Lösungsgleichgewicht ist von der Temperatur und von anderen gelösten Stoffen abhängig. Wenn eine Lösung übersättigt ist, können Salze auch wieder ausgefällt werden.

Material:

Glas gefüllt mit Thermalwasser vom Elisenbrunnen

Film „Reise des Wassertropfens“ aus der App

AKTIVBLATT Chemie Thermalwasser

- Das Aachener Thermalwasser ist ein heißes Mineralwasser.
- Die Mineralien entstammen dem Gestein, das das Wasser auf seinem Entstehungsweg durchfließt.