

Grundwasser

GRUNDWASSER ist unsichtbar. Diese Broschüre soll allen Interessierten das Unsichtbare sichtbar machen und einen Blick in den Untergrund ermöglichen. Wer hinein sieht, entdeckt den «Schatz» Grundwasser – unseren wichtigsten Trinkwasserlieferanten – und seine Verletzlichkeit. Wer den Schatz entdeckt, wird erkennen, welcher Anstrengungen es bedarf ihn zu bewahren, damit auch zukünftig immer einwandfreies Trinkwasser aus dem Wasserhahn sprudelt.

Inhalt

4 Grundwasser ist ...
6 Grundwasserströme der Schweiz
8 Grundwasser suchen und finden
10 Grundwasserkarten machen Unsichtbares sichtbar
12 Grundwasser wird gefasst
14 Grundwasser bekommt seine Qualität
17 Leben im Grundwasser
18 Grundwasser nutzen und aufbereiten
20 Chemisch-biologische Grundwassergefährdungen
23 Grundwasser ist auch mechanisch verletzbar
24 Grundwasser braucht Schutz
27 Grundwasserschutz beginnt bei Ihnen
28 Grundwasser überwachen und beobachten
29 Merkwürdiges
30 Glossar
31 Impressum

GRUNDWASSER ist eine BUWAL-Broschüre, erarbeitet in Zusammenhang mit der Wanderausstellung «Grundwasser – ein Schatz auf Reisen» anlässlich des UNO-Jahres des Wassers 2003.

WASSERKREISLAUF – ein Ausschnitt daraus

oberirdisch

NIEDERSCHLAG
Wasserdampf ist Wasser in gasförmigem Zustand. Er ist Teil der Atmosphäre. Wenn die Luft mit Wasserdampf übersättigt ist, beginnt es zu regnen, schneien oder hageln.

VERDUNSTUNG
Ein Teil des gefallenen Regens wird wieder zu Wasserdampf. Er verdunstet schon auf dem Weg von der Wolke zur Erde sowie ab dem Boden und aus den obersten Bodenschichten allmählich zurück in die Atmosphäre (Evaporation).
Zudem nehmen die Pflanzen mit den Wurzeln Wasser aus dem Boden auf und geben es durch die Blätter oberirdisch in die Luft ab (Transpiration).

OBERFLÄCHLICHER ABFLUSS
Ein Teil des Regens, der zu Boden fällt, fliesst oberflächlich ab: in einen Bach, See, Tümpel, Weiher, Fluss.

BODENOBERFLÄCHE
Es gibt ganz verschiedene Bodenoberflächen. Einige – z.B. Asphalt – versiegeln den Boden vollständig. Andere sind für Wasser durchlässig. Dort versickert der Regen in den Boden.

unterirdisch

BELEBTE OBERSTE BODENSCHICHT
Hier leben zahlreiche Kleinstlebewesen (Mikroorganismen). Sie helfen mit, das versickernde Wasser zu reinigen. Zudem verankern Pflanzen ihre Wurzeln in dieser Bodenschicht und nehmen Wasser und Nährstoffe auf.

NATÜRLICHER UNTERGRUND
Unter dem belebten Bereich schliesst der natürliche Untergrund an. Er enthält kaum mehr organisches Material, sondern besteht je nach Ort aus unterschiedlichen Gesteinsarten.

GRUNDWASSERLEITER
Im Untergrund gibt es Poren (Hohlräume). Lockeres (z.B. Kies, Sand) oder festes Gestein, dessen Poren zusammenhängend und gross genug sind, dass Wasser leicht hindurchfliessen kann, nennt man Grundwasserleiter.

GRUNDWASSER
Wenn Wasser die Hohlräume im Untergrund zusammenhängend und vollständig ausfüllt, heisst es Grundwasser.

GRUNDWASSERSTAUER
Im Untergrund gibt es für Wasser undurchlässige Schichten – sogenannte Grundwasserstauer. Es sind Gesteine mit sehr kleinen oder kaum zusammenhängenden Poren (z.B. Ton). Grundwasserstauer hindern das Wasser daran, tiefer zu versickern – es fliesst dann oberhalb der stauenden Schichten.

NIEDERSCHLAG
REGEN, SCHNEE ODER HAGEL

LANDSCHAFT DES SCHWEIZERISCHEN
MITTELLANDES MIT SICHT
IN DIE BERGE

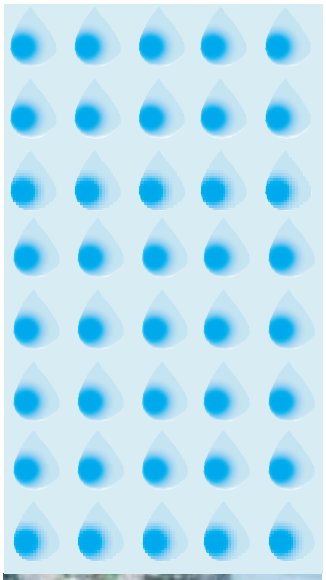
BODENOBERFLÄCHE

BELEBTE OBERSTE
BODENSCHICHT

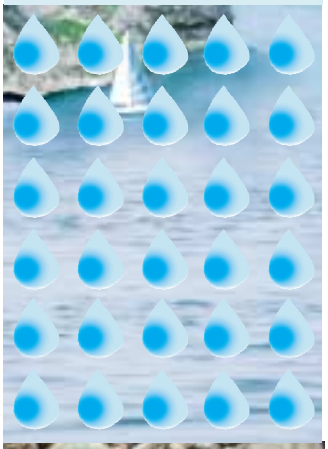
NATÜRLICHER UNTERGRUND
GRUNDWASSERLEITER
GESÄTTIGT UNGESÄTTIGT

GRUND-
WASSER-
STAUER

Grundwasser ist ...



In unseren Gegenden verdunsten von 100 Tropfen Regenwasser ca. 40 wieder zurück in die Atmosphäre (Evaporation). Ein Teil wird von den Pflanzen aus dem Boden aufgenommen und wieder in die Luft abgegeben (Transpiration).



Zirka 30 Tropfen fliessen in Bäche, Flüsse und Seen ab.



Nochmals ungefähr 30 Tropfen versickern im Boden und werden zu Grundwasser. Beachte: Das Grundwasser wird zusätzlich durch versickerndes Flusswasser (Infiltration) und Hangwasser angereichert.

NIEDERSCHLÄGE IN DER SCHWEIZ

Am meisten Niederschläge (Schnee und Regen) fallen in den Alpen, auf die Jungfrau beispielsweise über 4000 Liter pro Quadratmeter (l/m^2) pro Jahr.

Im Jura und in den Voralpen sind es im gleichen Zeitraum um die 1700 l/m^2.

Im Schweizer Mittelland misst man durchschnittlich 1200 l/m^2 Niederschlag pro Jahr.

Am wenigsten Niederschläge hat das Walliser Rhonetal. Hier fallen im Jahr zum Teil weniger als 600 l/m^2.

VERSCHIEDENE GRUNDWASSERLEITER

Der Untergrund ist ganz unterschiedlich beschaffen – mal ist er kiesig, mal sandig, mal tonig, mal felsig. Entsprechend viele Formen haben die Hohlräume: von der kleinsten Pore über Risse und Klüfte bis hin zu grossen Höhlen gibt es alles. Gesteinsformationen, deren Hohlräume Grundwasser führen können, nennt man **Grundwasserleiter**. Wir kennen davon drei Haupttypen.

... das Wasser, das die Hohlräume im Untergrund zusammenhängend ausfüllt.



Die Schweiz ist reich an Wasser. Das hat ihr den Titel «Wasserschloss Europas» eingetragen. Das Grundwasser macht schätzungsweise einen Fünftel der Wasservorräte in der Schweiz aus.

Vorräte in	Millionen m^3	%
Natürlichen Seen	134 000	51.1
Gletschern	67 500	25.8
Grundwasser	**56 000**	**21.4**
Stauseen	4 000	1.5
Bächen und Flüssen	500	0.2
Total	262 000	100

Quelle: Arealstatistik Schweiz

Dieses Wasser nimmt am Wasserkreislauf von «regnen – versickern – in der Quelle aufstossen – im Bach abfliessen – verdunsten – regnen usw.» teil.

LOCKERGESTEINS-GRUNDWASSERLEITER



Zwischen den Sandkörnern und Kiesgeröllen eines Schotters (Bild) – eines so genannten Lockergesteins – gibt's viele kleine Poren, etwa so, wie in einem Badeschwamm. Die Poren machen bis zu einem Fünftel des Schotters aus. Darin können riesige Mengen Grundwasser gespeichert werden. Während der letzten Eiszeiten hobelten Gletscher die Täler tief aus. Als die wärmeren Zwischeneiszeiten die Gletscher schmelzen liessen, führten die Schmelzwasserbäche und -flüsse viel Sand und Kies zu Tal, wo sie abgelagert wurden. Bei jedem neuen Gletschervorstoss wurden Ablagerungen früherer Eiszeiten zum Teil wieder ausgeräumt und an anderen Orten neu abgelagert. So entstanden in den grossen Flusstälern mit der Zeit kompliziert aufgebaute Schotterablagerungen. Die mächtigsten liegen im Schweizer Mittelland, im Rhein- und Rhonetal – zum grössten Teil unter und neben den heutigen Flüssen verborgen.

KLUFT-GRUNDWASSERLEITER



Vor vielen Millionen Jahren begann sich der afrikanische Kontinent gegen Europa hin zu bewegen. Dabei wurden die Alpen langsam in die Höhe gedrückt: Bis dahin flach liegende Gesteinsschichten wurden mit gewaltigen Kräften aufeinander geschoben, verfaltet und zu Bergen aufgetürmt. Unter dem Druck dieser Kräfte öffneten sich zahllose kleine und grosse Risse (Klüfte) im Gestein (Bild: Felswand mit Klüften). Ein Teil dieser Klüfte wurde seither wieder gefüllt, wenn Wasser mit gelösten Mineralstoffen durch sie floss. Je nach Gestein bildeten sich z.B. Bergkristalle oder Kalzite. In den noch offenen Klüften kann das Regenwasser in den Berg eindringen und tief versickern. Wenn solche Klüfte Grundwasser führen, bilden sie einen Kluft-Grundwasserleiter.

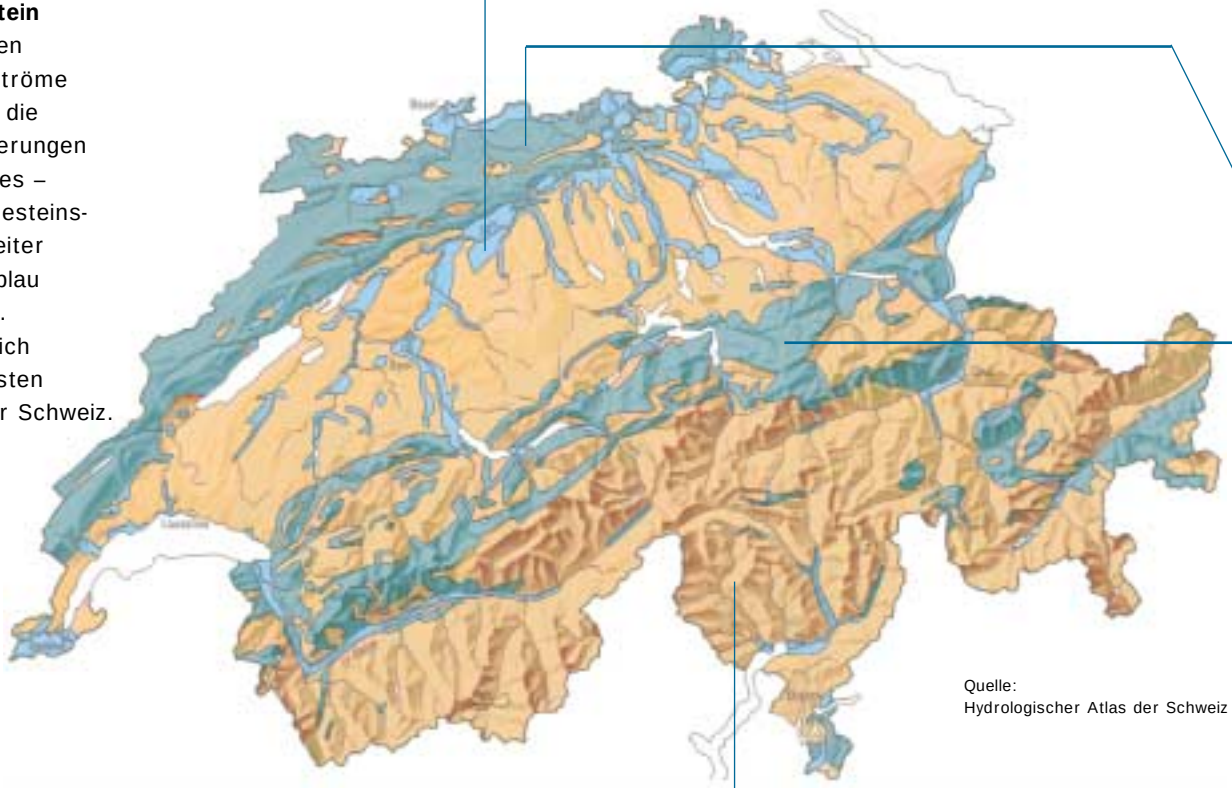
KARST-GRUNDWASSERLEITER



Wasser löst Kohlendioxid und bildet daraus Kohlensäure (siehe S. 14). Mit Hilfe dieser Säure kann es Kalkgesteine lösen. Seit Jahrtausenden bearbeitet Wasser so die Kalkgesteine im Jura und in den Voralpen. Herausgekommen sind teilweise bizarre Formen: Oberirdisch (Bild) hat der Regen an einigen Orten scharfkantige Schratten herausgewaschen wie die Schrattenfluh LU. Unterirdisch hat das versickernde Wasser unglaublich verästelte Höhlensysteme ins Gestein gefressen – vom kleinsten Gänglein bis hin zu riesigen Hohlräumen. Die so entstandenen Formen nennt man Karst. Das Grundwasser wird hier in sogenannten Karst-Grundwasserleitern transportiert. Die stellen zwar die grössten unterirdischen Hohlräume dar, haben aber nur wenig Speicherkapazität, weil das Wasser sehr rasch abfliessen kann.

Grundwasserströme in der Schweiz

Im Lockergestein
Die mächtigsten Grundwasserströme fliessen durch die Schotterablagerungen des Mittellandes – durch Lockergesteins-Grundwasserleiter (in der Karte blau eingezeichnet). Sie befinden sich in den wichtigsten Flusstälern der Schweiz.



Quelle:
Hydrologischer Atlas der Schweiz

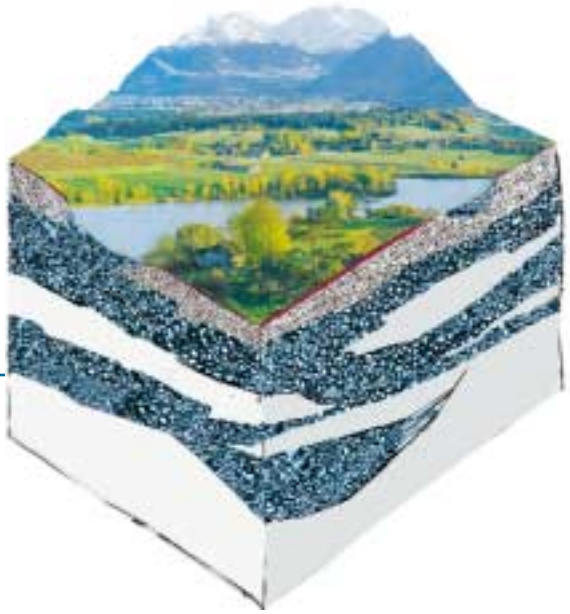
Schotter ist aus Sand und verschieden grossen Geröllen zusammengesetzt. Somit sind auch die Poren dazwischen unterschiedlich gross, z.B.:

Grob / Feinkies



Sand





Im Kluftgestein
Im Hügelgebiet des Mittellandes und in den Alpen fliesst das Wasser durch Spalten und Klüfte im Fels. Solche Kluft-Grundwasserleiter gibt es überall in den Schweizer Alpen (gelblich), welche aus verschiedenen Gesteinen aufgebaut sind. z.B.:

Granit



Schiefer



Gneiss



Sandstein





GESTAUT wird das Grundwasser durch undurchlässige Schichten wie Ton oder nicht zerklüftete Gesteine.

VON LANGSAM BIS GANZ SCHNELL

Bis Ende des 19. Jahrhunderts glaubte man, das Grundwasser ruhe im Boden, wie in einem natürlichen Reservoir. Heute weiss man, dass Grundwasser dynamisch ist und am Wasserkreislauf teilnimmt: Der Regen fällt zu Boden und ein Teil versickert ins Grundwasser. Im Untergrund strömt das Grundwasser über wasserundurchlässigen Schichten, bis der Wasserstauer auf die Geländeoberfläche trifft. Es entsteht eine Quelle. Von der Quelle fliesst das Wasser den Bach hinunter in den Fluss, in den See, ins Meer. Aus all diesen Gewässern verdunstet Wasser in die Atmosphäre. Irgendwann fällt dieser Wasserdampf wieder als Regen zu Boden – und schliesst den Wasserkreislauf.

Grundwasser steht auch in ständigem Austausch mit den oberirdischen Gewässern. Wenn der Flusspegel höher steht als der Grundwasserspiegel, dann sickert Flusswasser ins Grundwasser (das Flusswasser «infiltriert» ins Grundwasser). Ist es umgekehrt – steht der Grundwasserspiegel über dem Flusspegel – sickert Grundwasser in den Fluss.

Das Grundwasser ist in ständiger Bewegung – wenn auch meist nur ganz langsam.

In breiten Bahnen zwängen sich die Grundwasserströme im **Lockergesteins-Grundwasserleiter** neben und unter den oberirdischen Flüssen und Seen durch die kleinen Hohlräume im Untergrund. Sind die Poren eng, schafft das Grundwasser nur einige Zentimeter im Tag. Hat es mehr Platz zum Fliessen, kann **es bis ein paar Meter pro Tag** zurücklegen. Im Tösstal ZH hat man Fliessgeschwindigkeiten von 100 Meter pro Tag gemessen. Das ist ausserordentlich schnell für Grundwasser im Lockergesteins-Grundwasserleiter, aber noch nicht einmal Schneckentempo – Weinbergschnecken wurden mit 200 Meter pro Tag gestoppt!

In den anderen Grundwasserleitern geht es flüssiger zu: Durch die Risse und Spalten im Festgestein der Alpen – im **Kluft-Grundwasserleiter** – legt das Wasser **bis zu mehrere hundert Meter pro Tag** zurück.

Spitzen-Fliessgeschwindigkeiten von mehreren Kilometern im Tag erreicht Grundwasser in den unterirdischen Gängen und Höhlen der **Karst-Grundwasserleiter** im Jura und in den Voralpen. Bei Gewitter schwellen die Karst-Grundwasserströme innert Kürze stark an (Gefahr für Höhlenforscherinnen) und fliessen noch schneller.

Im Karst
Im Jura und
in den Voralpen
ist der Untergrund,
der das Wasser leitet,
vorwiegend verkarstet.
Gesteine,
die verkarsten und
Karst-Grundwasserleiter
bilden,
sind u.a.:

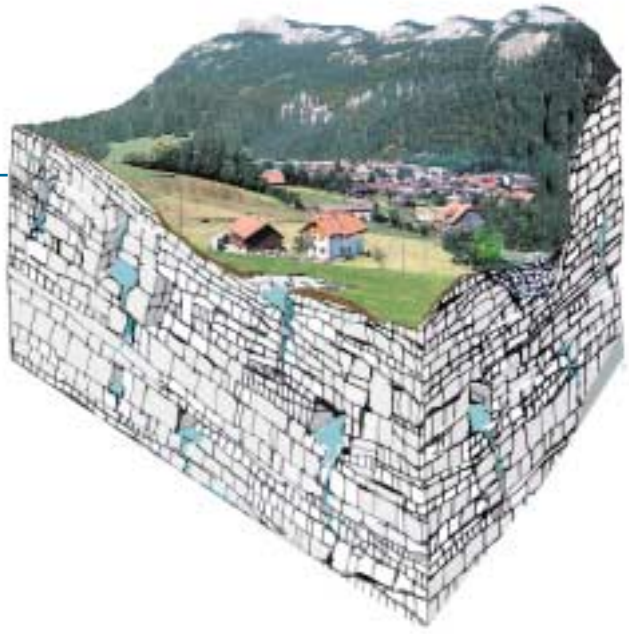
Kalkstein



Gips







Grundwasser suchen und finden

Grundwasser ist verborgen im Untergrund. Man kann es nicht leicht finden. Seine Verbreitung lässt sich nicht einfach vermessen. Darum haben Fachleute verschiedene Methoden entwickelt, es indirekt zu beobachten und kennen zu lernen.



Probebohrungen zur Abklärung von Grundwasservorkommen

BOHREN UND PUMPEN:

Bei der Suche nach Grundwasser für die Wasser- und Wärmenutzung werden Probelöcher in den Untergrund gebohrt und Bodenproben entnommen. Der Bohrkern (das herausgeholte Material) zeigt, wie der Boden aufgebaut ist. Weist er gut durchlässige Schichten wie Kies und Sand auf? Wo liegt der Grundwasserspiegel? In welcher Tiefe trifft man auf schlecht durchlässige Schichten wie Feinsand oder Ton? Wie ist das unterschiedliche Material übereinander geschichtet? Der Aufbau des Untergrundes gibt Auskunft darüber, ob Grundwasser zusammenhängend vorkommt, oder ob es auf mehrere Stockwerke verteilt ist.

Mit Hilfe von Pumpversuchen berechnen die Fachleute, wie gross und ergiebig das angebohrte Grundwasservorkommen ist: Ein kleines Grundwasservorkommen zeigt sich, indem der Wasserspiegel rasch absinkt, wenn Wasser abgepumpt wird. Der Wasserspiegel eines grossen Vorkommens reagiert viel langsamer.

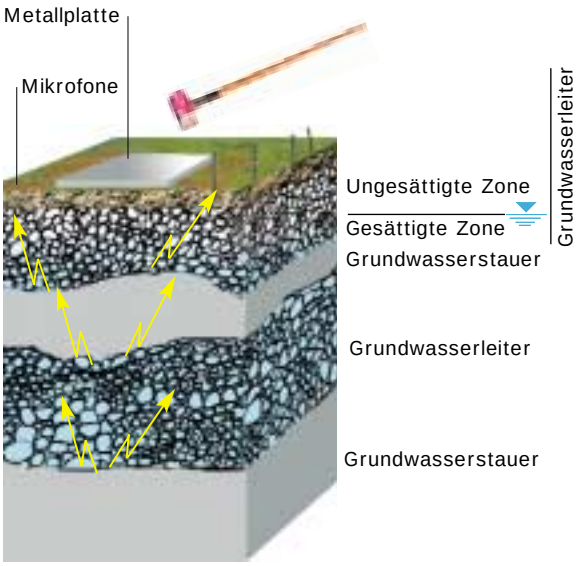
Es ist auch wichtig herauszufinden, wie durchlässig der Untergrund ist und wie schnell neues Grundwasser nachfliesst.

Im Labor wird dann die Wasserqualität bestimmt.

Erst auf Grund all dieser Tests wird entschieden, ob das gefundene Grundwasser genutzt wird oder nicht.



Die Bohrkerne zeigen, wo der Boden durchlässig ist und wo nicht



GEOPHYSIK (Seismik, Geoelektrik, Georadar usw.)

... und das Echo aus der Tiefe

Z.B.: Hammerschläge auf die Eisenplatte senden Signale in die Tiefe. Die Schichtgrenzen im Untergrund senden Echos zurück an die Bodenoberfläche, wo spezielle Mikrophone (Geophone) die zurückgeworfenen Signale aufzeichnen. Diese Signale geben der Spezialistin Auskunft darüber, wie der Untergrund aufgebaut ist. Die Seismik wird begleitend zu anderen geophysikalischen Methoden und Bohrungen eingesetzt. Mit ihrer Hilfe kann man überprüfen, in welchem Umkreis einer Bohrung der Aufbau des Untergrundes derselbe ist: Das ist so lange der Fall, wie sich die Muster der Echos aus der Tiefe in etwa gleich bleiben. Treten Änderungen auf, kann man auf Änderungen im Untergrund schliessen.

Grundwasseruntersuchungen liefern riesige Datenmengen. Damit die Planerinnen, Ingenieure und Behörden mit diesen Zahlen auch praktisch arbeiten können, werden die Informationen ausgewertet und in verschiedenen Grundwasserkarten dargestellt – so gibt es z.B. Karten über die Strömungsverhältnisse, zur Tiefe des Grundwassers, zu den Schwankungen der Grundwasserspiegel (Hoch-, Mittel- und Tiefstand) und über die Bodendurchlässigkeiten. Es gibt aber auch solche über Gefahrenstellen, die das Grundwasser bedrohen: z.B. Altlasten (Deponien, Industriestandorte), Transportwege von gefährlichen Gütern usw.

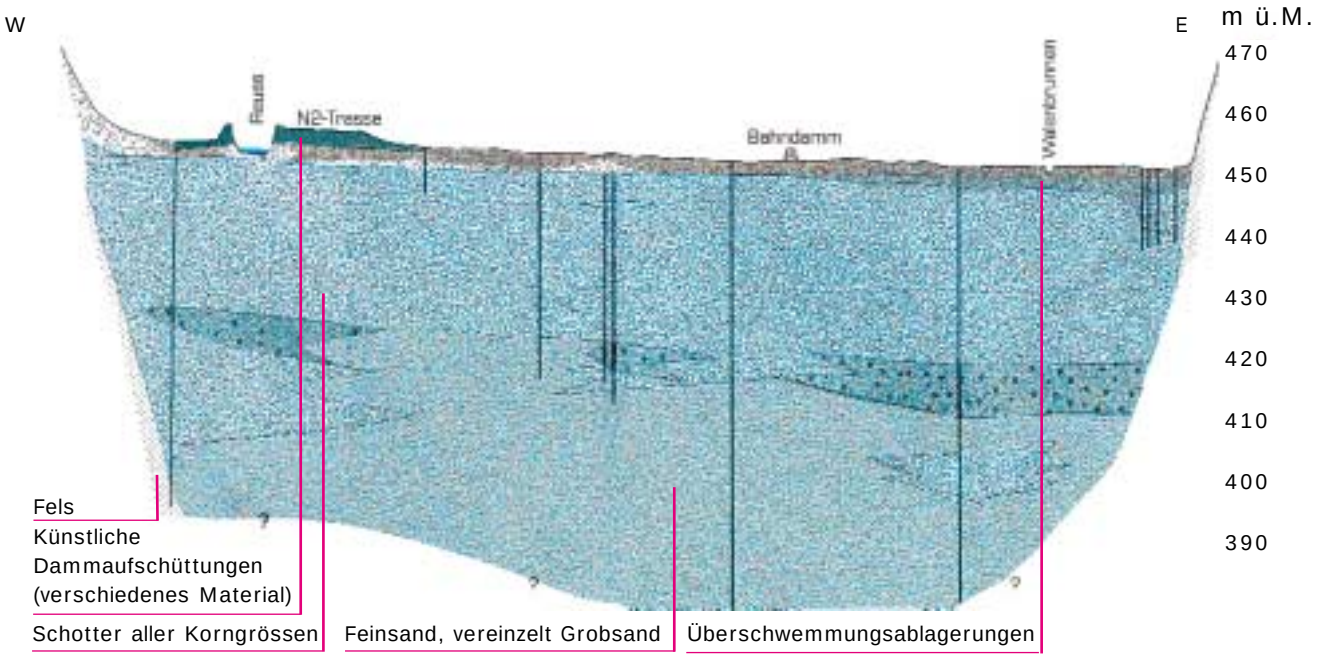
Dieser Kartenausschnitt gibt Auskunft über die Härte des Wassers (siehe S. 17).

Diese Detailkarte zeigt Fliessrichtung und Fliessgeschwindigkeit des Grundwassers (in Meter pro Tag).

Hier werden mögliche Verschmutzungsherde gezeigt, die das Grundwasser belasten können.

Hier sind verschiedenste Aussagen übers Grundwasser zusammengenommen: Die Farben z.B. zeigen, wie gross die Durchlässigkeit des Grundwasserleiters ist: hellblau bedeutet grösste Durchlässigkeit. Ebenfalls zu sehen sind die Höchst- und Tiefststände des Grundwassers, dargestellt mit den roten (hoch) und den blauen (tief) Linien. Die roten Pfeile, die vom Fluss wegweisen, bedeuten, dass an diesen Stellen Flusswasser ins Grundwasser versickert (Infiltration). Und die roten Kreise mit Punkt zeigen Grundwasserfassungen an.

Das Detailprofil unten stellt einen Schnitt quer durchs Urner Reusstal im seenahen Bereich dar. Es zeigt, wo sich Messstellen befinden und wie tief gebohrt wurde. Es gibt Aufschluss über die Beschaffenheit des Untergrunds und die Tiefe des Grundwasservorkommens. An einigen Stellen ist die Tiefe mit Fragezeichen versehen: Weil nicht bis zum Stauer gebohrt wurde, bleibt unklar, wie die tiefsten wasserführenden Schichten genau beschaffen sind. Gut ersichtlich ist, dass unter der Bodenoberfläche ein mächtiges Grundwasservorkommen verborgen liegt.



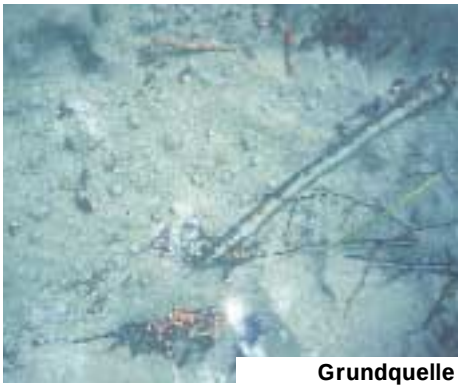
Grundwasser wird gefasst



Karstquelle



Tümpelquelle



Grundquelle



Kalk-Sinter-Quelle



Wo das Grundwasser von selber an die Oberfläche kommt, entstehen QUELLEN.

Natürliche Quellen findet man wohl am ehesten in den Alpen, in Wäldern und auf Weiden im Jura.

Aus manchen Quellen gluckst nur wenig Wasser, andere schütten 1000 und mehr Liter pro Minute. Je nachdem, wie das Wasser aus dem Boden quillt und aus welchem Gestein es kommt, heissen die Quellen anders.

Im Flachen oder in einer Mulde bildet aufstossendes Grundwasser **Giessen** (fliessend) oder **Tümpelquellen** (stehend). So stösst Grundwasser manchmal fast unsichtbar auf (Grundquelle).

Wenn Grundwasser viel Kalk enthält, überzieht das Quellwasser alles, was sich ihm in den Weg stellt mit einer Kalkkruste. Diese Krusten heissen **Sinter** und können mit der Zeit zu fantastischen Skulpturen anwachsen: zu grossen Sinterterrassen und oft meterhohen Sintertreppen.

Karstquellen, deren Grundwasser aus (teilweise riesigen) Höhlensystemen stammt, führen ganz unterschiedlich Wasser. Ein Gewitter im Einzugsgebiet kann innert Kürze aus einer kaum bemerkbaren eine mächtig schüttende Quelle machen.

← Hier wird eine Quelle gefasst! In der Schweiz sind 30 000 Quellen gefasst!

Ist die Quelle gefasst, wird das Wasser in die Brunnenstube und dann Richtung Reservoir geleitet.



IM WASSERRESERVOIR

wird das Wasser gespeichert. Der Wasserverbrauch schwankt innerhalb eines Tages ganz beträchtlich. Das Reservoir sorgt dafür, dass immer genügend Wasser und Druck vorhanden sind. Die Hälfte des Schweizer Grundwassers ist von so guter Qualität, dass es so, wie es aus dem Untergrund kommt, als Trinkwasser gebraucht werden kann. Die andere Hälfte muss behandelt werden, bevor das Wasser ins Leitungsnetz zum Verbrauchen verteilt wird (siehe S. 18).





… und von da ins Reservoir geleitet.

Für die öffentliche Wasserversorgung werden in der Schweiz jährlich ca. 1 Milliarde m^3 Trinkwasser gefördert. Das ist der Inhalt des Bielersees.



Im Schnitt setzt sich Schweizer Trinkwasser aus + 80% Grundwasser (40% aus Quellen, 40% aus Filter-Brunnen) + 20% Seewasser zusammen.

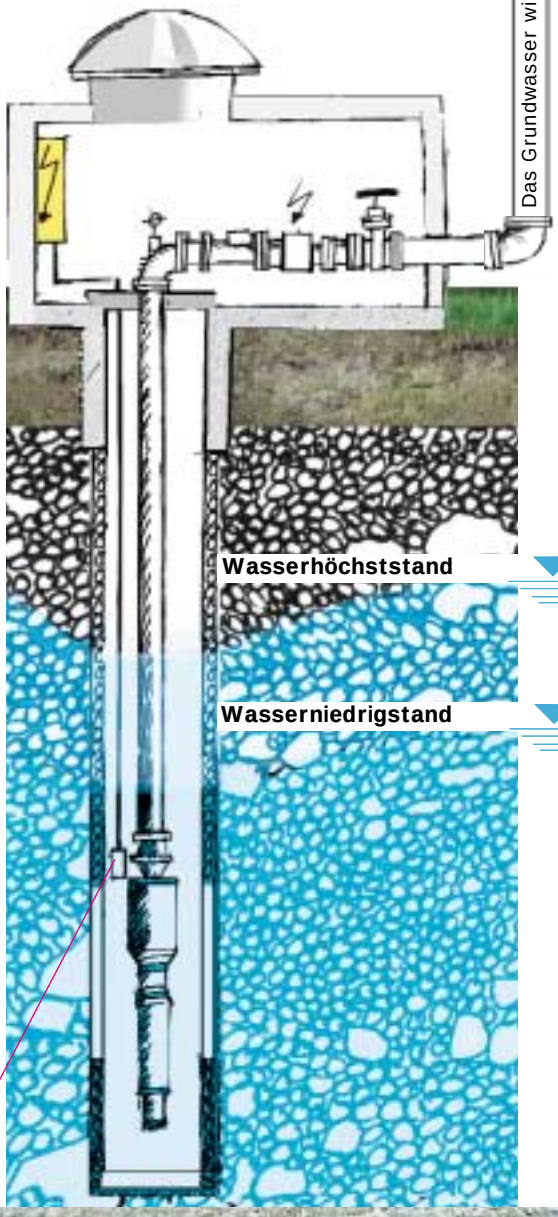
Was aus Schweizer Wasserhähnen sprudelt, ist Wasser aus ganz unterschiedlichen Tiefen und von ganz unterschiedlichem Alter.

Im Aaretal zwischen Thun und Bern liegt der Grundwasserspiegel nur wenige Meter unter Boden. Das Grundwasser wird in der Belpau nahe an der Bodenoberfläche gefasst – für die Wasserversorgung der Stadt Bern. Nachschub erhält das Grundwasser aus der Aare, dem nahen Fluss: sein Wasser sickert langsam durch die Flusssohle und reichert so das Grundwasser an. Wenn es gefasst wird, ist es wenige Stunden bis ein paar Tage alt. Für die Reise von der Pumpstation zum Wasserhahn in einer Berner Wohnung ist es nochmals einen ganzen Tag unterwegs.

Anders das Grundwasservorkommen im Glattal zwischen Uster und Dübendorf ZH. Es dehnt sich 10 km lang aus und liegt 100 m tief. Als es Anfang der 1990er-Jahre bei Uster zur Trinkwassergewinnung angezapft wurde, haben Forscherinnen festgestellt, dass das Grundwasser noch aus der letzten Eiszeit stammt und sage und schreibe 30 000 Jahre alt ist!

Wenn Grundwasser nicht von selber in einer Quelle an die Oberfläche kommt, bohrt man **BRUNNENSCHÄCHTE** und pumpt es hoch. Hier ein Blick durch den offenen Deckel eines Schachtes:

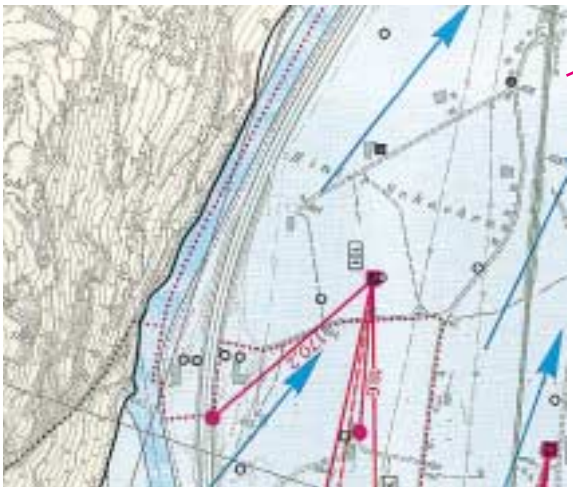


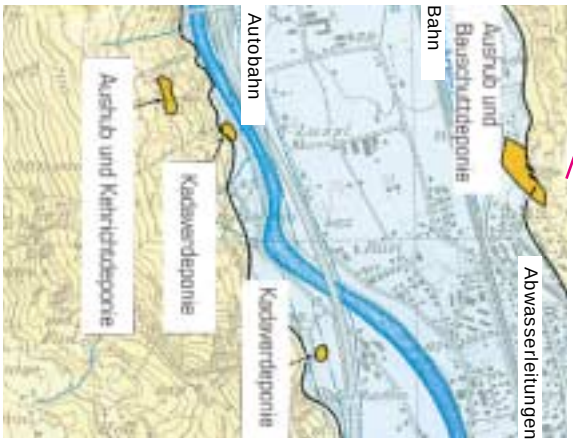


FILTER-BRUNNEN
Die Grundwasserpumpe steckt in einem Filterrohr, das teilweise geschlitzt ist, damit das Wasser in den Schacht laufen kann.
Beim Pumpen von Wasser an die Oberfläche senkt sich der Grundwasserspiegel **trichterförmig** ab (siehe Zeichnung). Wenn der Grundwasserspiegel zu stark absinkt, stellt die Pumpe mittels einer Kontaktelektrode automatisch ab.

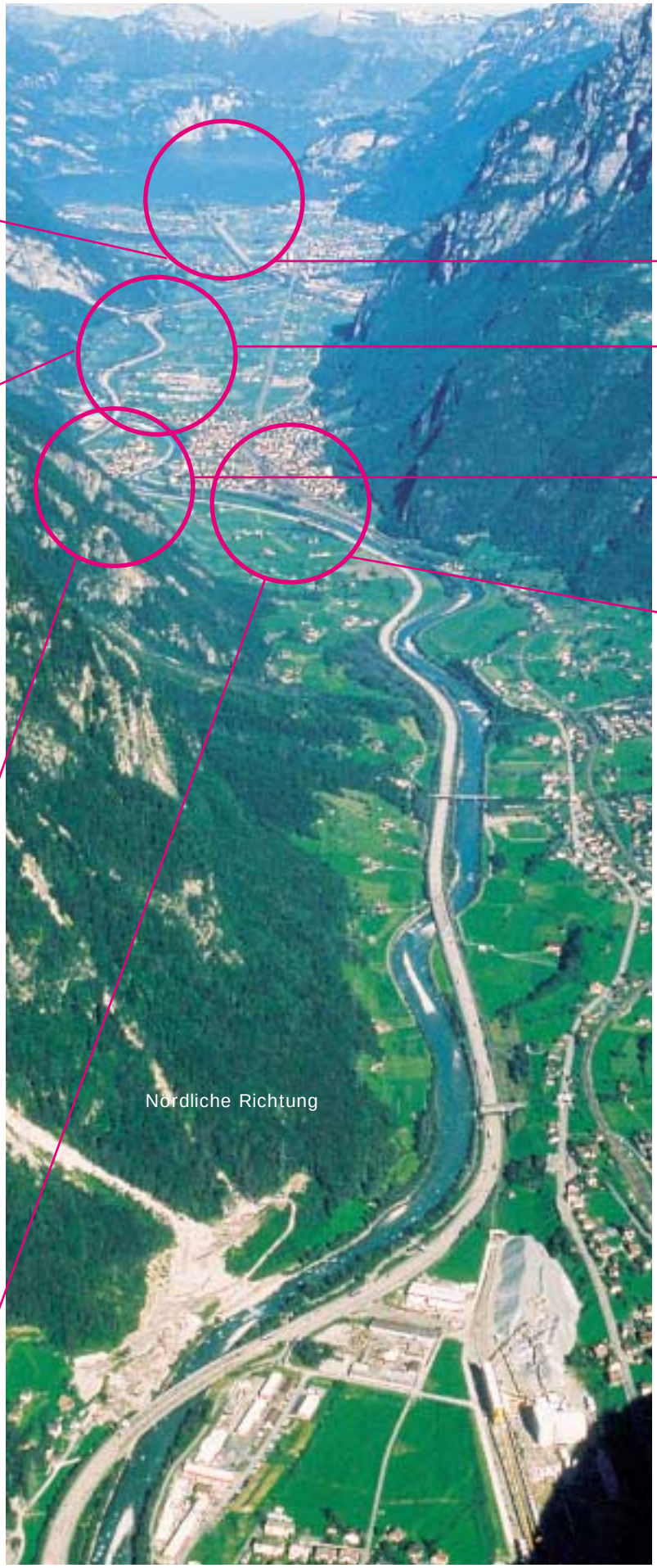
Grundwasserkarten machen Unsichtbares sichtbar









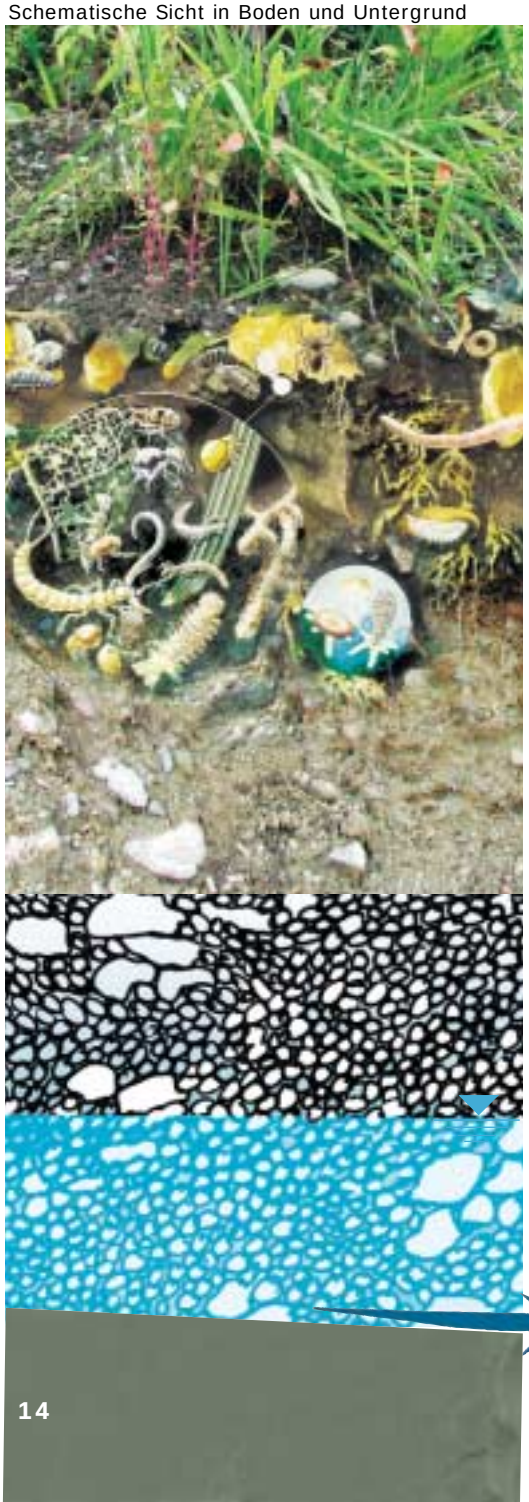


Quelle: Grundwasserkarten Kanton Uri

Grundwasser bekommt seine Qualität



Schematische Sicht in Boden und Untergrund



STOFFE AUFNEHMEN

Ein Regentropfen, der auf die Erde fällt, nimmt in der Atmosphäre Gase wie Stick- und Sauerstoff, aber auch Schadstoffe aus Autoabgasen usw. auf.

Ist der Regentropfen gelandet, wäscht er Russ von den Dächern, Pneuabrieb von der Strasse, Pollenkörner von den Bäumen, Dünger vom Feld, Gülle von der Wiese, Öltropfen vom Parkplatz ...

Dann versickert das Wasser in den Boden.
Es durchläuft verschiedene Schichten und wird dabei verändert.

REINIGEN UND ANREICHERN

Der Boden reinigt das versickernde Wasser auf drei Arten:
Er reinigt es **physikalisch**. Wie ein Sieb hält er den Schmutz zurück. Von der Grösse der Bodenporen hängt ab, wie gut er es filtert und wie wasserdurchlässig er ist.
Das Wasser wird auch **chemisch** und **biologisch** verändert: Das organische Material (Humus) und die feinen Tonplättchen in der obersten Bodenschicht tun sich zusammen und bilden die sogenannten Ton-Humus-Komplexe. Diese können Stoffe – auch unerwünschte – chemisch aus dem Wasser ziehen und an sich binden.

In den obersten Bodenschichten leben zahlreiche Kleinstlebewesen: Bodenbakterien bauen unerwünschte Stoffe ab und wandeln sie in unschädliche um. Grössere Bodentierchen halten durch ihre Bewegungen die Bodenporen frei. So kann das Wasser versickern und der Boden als Filter funktionieren. Am meisten Bodentierchen leben in den obersten 35 Zentimeter.

Auch Pflanzen machen mit bei der Wasserreinigung. Sie nehmen durch ihre Wurzeln im Boden und Wasser gelöste Nährstoffe auf.

Die Bodenlebewesen atmen Sauerstoff ein und Kohlendioxid (CO_2) aus. Das CO_2 löst sich im herabsickernden Wasser. Dabei entsteht Kohlensäure (H_2CO_3) und macht das Wasser **sauer** (siehe S.16). Ab einer gewissen Konzentration reicht die Kraft der Säure aus, um Mineralstoffe aus der Umgebung herauszulösen. So wird Wasser mit **Mineralstoffen** (vor allem **Kalk,** siehe S.16) angereichert.

Unter den belebten Bodenschichten folgt der **natürliche Untergrund**. Er enthält praktisch kein organisches Material mehr, sondern nur noch ein Gemisch aus verschiedenen Gesteinsstücken ganz unterschiedlicher Grösse. Die kleinsten sind die Tonteilchen (weniger als 0.002 Millimeter gross), die nächst grösseren Teilchen werden als Silt bezeichnet (bis 0.06 Millimeter gross), dann als Sand (bis 2 Millimeter gross), als Kies (bis 6 cm gross), als Steine (bis 20 cm) und schliesslich als Blöcke (grösser als 20 cm). Das Mischverhältnis dieser Gesteinsstücke gibt den Ausschlag, wie gut der Untergrund (physikalisch) filtert. Die chemische Reinigungsarbeit am Wasser ist hier unten allein Sache der kleinen Tonplättchen (ohne Humus-Partner).

Irgendwann stösst das Wasser auf eine **undurchlässige Schicht** aus Lehm oder dichtem Fels und wird gestaut. Hier sammeln sich auch Schadstoffe, die schwerer sind als Wasser.

SPUREN LESEN

Wer es versteht, die Spuren im Grundwasser zu lesen, erhält vielerlei Auskünfte. Allerdings sind dazu aufwändige und komplizierte Methoden nötig. Wenn Forscher das Alter von Grundwasser bestimmen wollen, können sie das z.B. mit der Tritium-Helium-Methode tun. Stark vereinfacht gesagt geht das so: Tritium (^3H) ist radioaktiv und zerfällt zu Helium (^3He). Diese beiden Atomkerne kommen in Regen vor – Wasser, das mit der Atmosphäre Gase austauscht. Dort kennt man ihre Konzentrationen und damit ihr Verhältnis zueinander (^3H:^3He). Wenn Wasser versickert, wird der Gasaustausch mit der Atmosphäre unterbrochen. Das Helium kann nicht mehr aus dem Wasser entweichen und sammelt sich dort an: Je älter Grundwasser ist, umso mehr Helium bzw. weniger Tritium enthält es. Da man auch weiss, wie schnell Tritium zerfällt, lässt sich aus all diesen Angaben die Zeit berechnen, die seit dem letzten Kontakt des Wassers mit der Atmosphäre verstrichen ist (Wasseralter). Daraus folgt: Je weniger Tritium gefunden wird, desto weniger junges Wasser ist dem untersuchten Grundwasser beigemischt und umso besser ist es gegen oberflächliche Verschmutzung geschützt.

Nebst Tritium und Helium gibt es viele weitere Spurenstoffe oder Tracer-Messgrössen, die in der Umweltforschung Vorgänge sichtbar machen.

Tracer-Methoden helfen u.a. verstehen, wie rasch sich Grundwasser neu bildet. Dieses Wissen ist wichtig für den nachhaltigen Umgang mit Wasser.

Die Wasserreserven nachhaltig nutzen heisst, nur soviel verbrauchen, wie sich wieder neu bilden kann.

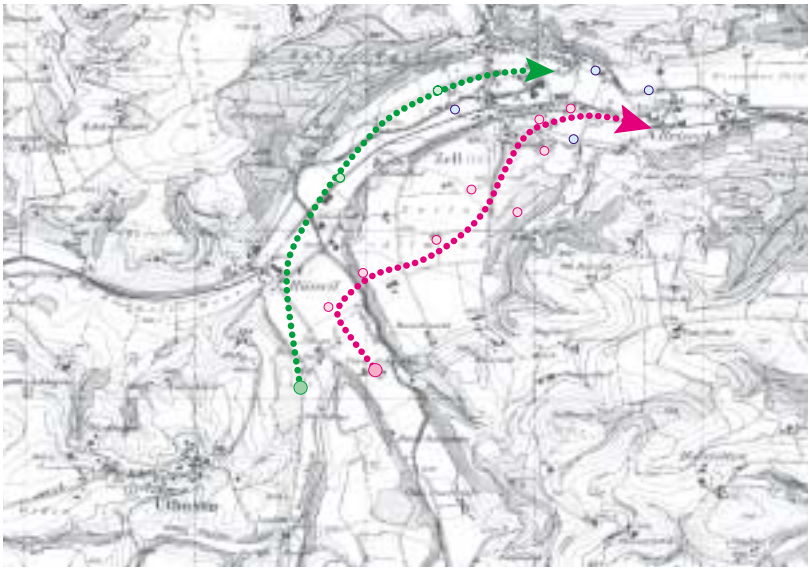
... UND SPUREN LEGEN:

Wasser markieren



Eine Methode zum Bestimmen der Grundwasserwege und -geschwindigkeiten sind die Markierversuche. Man markiert Wasser mit ungefährlichen Spezialfarben oder Salzen. Dann schüttet man das markierte Wasser ins Bohrloch (Impfstelle) und beobachtet, an welchen Stellen es wieder auftaucht. Schliesslich wird auch gemessen, wie lange es dauert, bis das markierte Wasser erscheint.

Markierversuche werden aber auch zum Finden von Verschmutzungsherden eingesetzt: Man will z.B. wissen, ob es die Sickerwässer einer bestimmten Fabrik (oder einer Deponie oder einer Altlast) sind, die die Grundwasserfassung verschmutzen. Dazu lässt man markiertes Wasser beim vermuteten Verschmutzungsherd versickern und schaut, ob es in der Fassung auftaucht. Wenn ja, ist dies ein Beweis dafür, dass die Fabrik als Verschmutzerin in Frage kommt. Wenn kein markiertes Wasser in der Fassung auftaucht, muss die Spezialistin weiter suchen.



Quelle: Brigitta M. Amrein

- Grüner Farbstoff, Impfstelle und Beobachtungsstellen
- Roter Farbstoff, Impfstelle und Beobachtungsstellen
- Beobachtungsstellen: kein Farbstoff gefunden
- Fliessrichtungen des Wassers

VOM PENDELN UND DEN WÜNSCHELRUTEN

Während die einen mit wissenschaftlichen Methoden nach Wasser suchen, nehmen andere Wünschelruten und Pendel zu Hilfe.

Es ist gut vorstellbar, dass besonders sensible Lebewesen starke Unterschiede im Untergrund spüren. Manche Menschen sind überzeugt davon, dass sie Erdstrahlen oder Wasseradern wahrnehmen können. Oft dienen ihnen Ruten und Pendel unterschiedlichster Bau- und Materialart bei ihren Untersuchungen. Vergleichende Versuche haben allerdings gezeigt, dass mehrere Rutengänger im selbem Testgebiet unterschiedliche Resultate erzielten. Das zeigt einmal mehr, dass Wasser suchen und finden nicht einfach ist.





Auf geteertem und betoniertem Boden kann das Wasser nicht versickern. Solche Flächen bezeichnet man als «versiegelt». Das Wasser wird gesammelt, und oft ...

... direkt in die Abwasserreinigungsanlage (ARA) geleitet. Dieser Regen reichert kein Grundwasser an ...



IM LOCKERGESTEINS-GRUNDWASSERLEITER

In den mit Schotter gefüllten Flusstälern wird das versickernde Wasser am besten gereinigt. Erstens ist hier die Humusschicht am mächtigsten. Zweitens wird das Wasser in den darunter liegenden Schichten aus Kies und Sand mit Tonplättchen weiter gereinigt. Mit Abstand am meisten Schweizer Trinkwasser – etwa 40% – wird aus dem oberflächennahen Grundwasser in den **Flussschottern** gewonnen. Feines Ablagerungsmaterial aus früheren Flussüberschwemmungen deckt die Flussschotter in der Regel schützend zu. So ist Grundwasser auch nahe an der Oberfläche gut gegen Verschmutzung abgeschirmt.

Tieferliegendes Grundwasser ist noch besser gefiltert und geschützt. Da aber tiefe Bohrungen und Fassungen viel kosten, und das Wasser oft zu stark mineralisiert ist, (siehe S. 16), wird es weniger häufig für die Trinkwasserversorgung erschlossen.



IM KARST-GRUNDWASSERLEITER

Die Humusauflage ist in den Karstgebieten des Juras und der Voralpen dünner als in den Flusstälern. Im Karst können zudem Hohlräume nahe an der Oberfläche einstürzen. Es entstehen Senken (Dolinen). In den mit ihnen verbundenen Gängen ist das Grundwasser nicht mehr zuverlässig vor Verschmutzung geschützt. Die Karsthohlräume sind gross und filtern das schnell fliessende Wasser kaum. Deshalb ist es häufig trüb und verschmutzt. Wenn man Karstwasser als Trinkwasser nutzen will (ca. 15% des Trinkwassers), muss es in der Regel zuerst gefiltert und desinfiziert werden. Oder aber man bohrt in grosse Tiefen, wo das Wasser besser geschützt ist.



IM KLUFT-GRUNDWASSERLEITER

Wie im Karst ist die belebte Bodenschicht in den Alpen meist dünn oder fehlt ganz. Zudem ist sie oft die einzige Schicht, die das Wasser reinigt und filtert. Schotterschichten fehlen häufig und die belebte Bodenschicht liegt oft direkt auf dem Fels. Die obersten Meter der Gesteinsunterlage sind stark zerklüftet, tiefer im Berginnern gibt es aber immer weniger Risse und Spalten. Solche Kluftsysteme haben keine grosse Filter- und Reinigungswirkung auf das versickernde Wasser. Etwa ein Viertel des Schweizer Trinkwassers stammt aus Kluftgrundwasserleitern. Vor dem Verbrauch muss es zum Teil aufbereitet werden.

Zählt man in der Schweiz die versiegelten Flächen zusammen, so ergibt dies die Grösse des Kantons Luzern (3.5% der Gesamtfläche).



ARA

MINERALISATION

Wieviel und welche Mineralstoffe das Grundwasser im Untergrund aufnimmt, wird bestimmt durch die Art der Mineralien im Boden und im Grundwasserleiter und ihre Wasserlöslichkeit. Wichtig ist auch der Kohlensäuregehalt des versickernden Wassers – je mehr Kohlensäure im Wasser ist, umso stärker ist seine Lösungskraft. Wenn das Klima warm ist und die Böden fruchtbar sind, wird besonders viel CO_2 gebildet und im Wasser gelöst.

Die Kalkgesteine im Jura und in den Voralpen sind in kohlensaurem Wasser löslich. Im Laufe der Zeit sind sie deshalb sehr stark verwittert. In den dünnen Böden und dem rauhen Klima der Berge wird aber relativ wenig CO_2 gebildet. Und weil das Wasser sehr schnell abfliesst, hat es nur wenig Zeit, Kalk zu lösen. Trotz des löslichen Gesteins nimmt das Karstwasser daher nicht allzuviel Mineralien auf.

Das Wasser von St. Sulpice im Neuenburger Jura enthält z.B. rund 300 Milligramm Mineralstoffe pro Liter (mg/l). Mit nur 13,5 französischen Härtegraden (°fH) gilt es als weich (Härtegrade siehe S. 17).

In den Lockergesteinen der Schotterebenen fliesst das versickernde Wasser viel langsamer und nimmt in den fruchtbaren Böden mehr CO_2 auf als im Karst. Deshalb kann es aus den Kalkgeröllen auch mehr Mineralstoffe lösen. Bei Oberriet SG ist das Grundwasser daher mit rund 500 mg/l stärker mineralisiert als jenes aus dem Jura. Mit 30°fH gilt es als hart.

Wenn das versickernde Wasser mit Substanzen verschmutzt ist, die im Wasser Säure bilden («saurer Regen»), vermag es noch mehr Mineralstoffe, im schlimmsten Fall auch Schwermetalle zu lösen. Aber auch natürlicherweise gibt es stark saures Wasser, z.B. solches, das durch ein Moor geflossen ist.

Ein Teil der Alpen besteht aus Silikatgesteinen (z.B. Granit, Gneiss, Amphibolit). Silikate sind kaum wasserlöslich. Das Wasser findet hier fast keine lösbaren Mineralien, vor allem kaum Kalk. Es enthält daher nur sehr wenig Mineralstoffe und ist oft leicht sauer.

Das Wasser aus der Quelle von Cima del Bosco bei Airolo TI fliesst durch die Gneisse, Schiefer und Amphibolite des Gotthardgebiets. Es enthält lediglich rund 120 mg/l Mineralstoffe und ist mit 6°fH sehr weich.

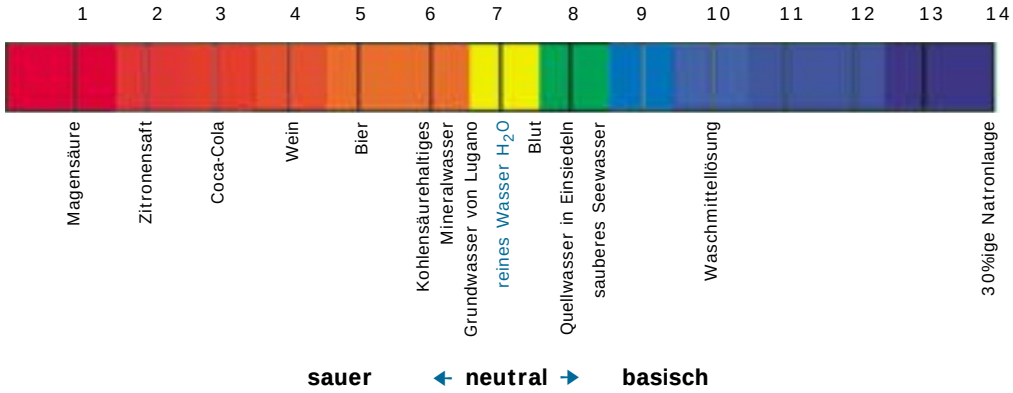
Im Wasser gelöste Mineralstoffe sind hauptsächlich: Kalzium, Magnesium, Natrium, Kalium (positiv geladene Ionen = Kationen) sowie Hydrogenkarbonat, Sulfat, Chlorid und Nitrat (negativ geladene Ionen = Anionen).

In der Schweiz sind Kalzium-Magnesium-Hydrogenkarbonat- und Kalzium-Hydrogenkarbonat-Wässer mit Abstand am bedeutsamsten für die Trinkwassergewinnung.

Viel seltener sind Wässer, die auf ihrem Weg z.B. Gips- oder Steinsalzvorkommen angetroffen haben (Kalzium-Sulfat- und Natrium-Chlorid-Wässer), oder die so lange im Untergrund waren, dass sie auch Mineralien lösen konnten, die sich nur langsam im Wasser auflösen (z.B. Natrium-Hydrogenkarbonat-Wässer).

DIE ZWEI WICHTIGSTEN KENNGRÖSSEN

1. Der **pH-WERT** ist ein Mass dafür, wie **sauer** oder basisch (nicht sauer) eine Flüssigkeit ist. Extrem sauer ist z.B. Magensäure mit pH = 1, reines Wasser (H_2O) hingegen ist neutral – weder sauer noch basisch – und hat den pH-Wert von 7. Natronlauge (30%) ist extrem basisch und hat einen pH-Wert von 14.
Natürliches Wasser kann leicht sauer oder leicht basisch sein: Kohlensäurehaltiges Mineralwasser mit pH = 6 ist sauer. Seewasser mit pH = 8.3 ist basisch.



Eine Flüssigkeit nennt man sauer, wenn sie einen pH-Wert unter 7 hat. Wie sauer Wasser ist, kann mit Hilfe von pH-Messpapier bestimmt werden. Auf ihm ist eine Anzeige angebracht. Je saurer das Wasser ist, desto mehr nach Rot verfärbt sich das Papier. Saures Wasser ist nicht erwünscht. Es greift z.B. die Wasserleitungen an und muss deshalb vor der Verteilung im Versorgungsnetz «entsäuert» werden.

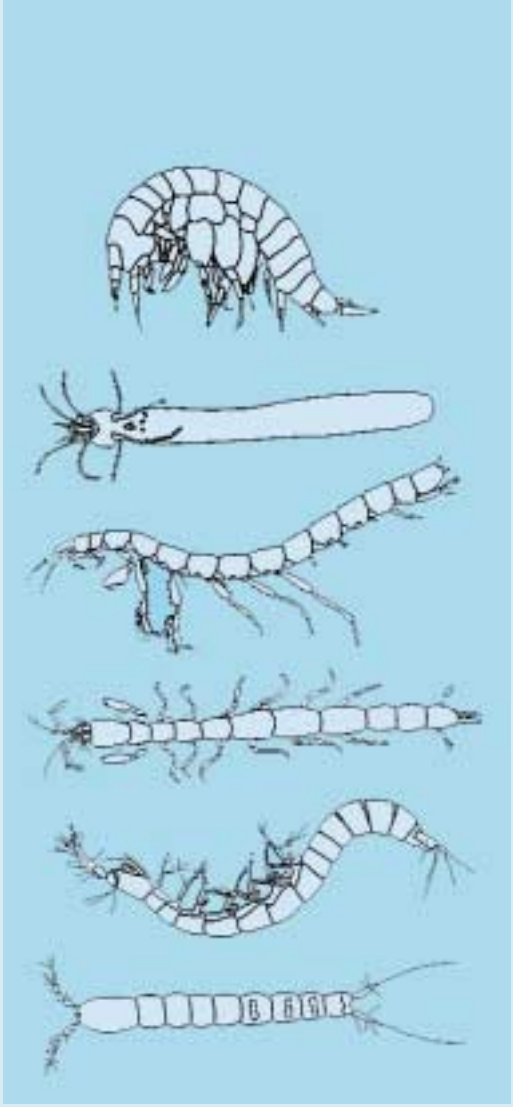
Leben im Grundwasser

Früher hatte man geglaubt, dass es im Untergrund kein Leben gebe. 1689 machten slowenische Bauern Forscher auf den Grottenolm aufmerksam, eine Salamanderart, die manchmal aus einer Karsthöhle herausgespült wurde. Es war aber kein gewöhnlicher Salamander. Ihm fehlen die Augen und eine Körperfärbung. Beides sind Anpassungen an ein Leben im Grundwasser – ein Leben in ständiger Dunkelheit.

Mittlerweilen kennt man weitere Lebewesen im Grundwasser, nicht nur im Karst, sondern auch solche, die in den kleinen Schotterporen leben. Auch sie sind augen- und farblos. Daneben haben sie weitere Gemeinsamkeiten: Sie sind klein, langgestreckt, kurzbeinig, sie bewegen sich schlängelnd und kommen selten vor. Ingolfiella, Microcerbus und andere mehr sind solche harmlose Grundwasserbewohner. Die allermeisten sind kleiner als 1mm.

Da es im Grundwasser nur wenig Nahrung und Sauerstoff gibt, ist der Stoffwechsel der Tierchen sehr langsam. Als Folge werden sie fünfzehn mal älter als ihre Verwandten in den Oberflächengewässern (Bach, Fluss, See) mit dem schnelleren Stoffwechsel.

In den Karsthöhlen haben Lebewesen mehr Platz. Sie sind grösser als die Bewohner der kleinen Lücken. Nebst dem Grottenolm, den man bisher nur in den Karstgebieten zwischen Italien und Bosnien-Herzegowina gefunden hat, kennt man dort u.a. auch Schneckenarten.



a) Salentinella
b) Wandesia
c) Ingolfiella
d) Microcerbus
e) Leptobathynella
f) Parastenocaris

Niphargus



Proasellus



Schneckenart aus dem Karstwasser



2. Die **WASSERHÄRTE** gibt an, wieviel **Kalzium** und **Magnesium** im Wasser gelöst sind. In der Schweiz bestimmt zum grössten Teil der Kalkgehalt die Wasserhärte. Sie wird in französischen Härtegraden (°fH) angegeben: je grösser der Kalkgehalt, umso grösser die Wasserhärte.

	Kalziumkarbonat (Kalk) in Milligramm pro Liter	franz. Härtegrad
Weiches Wasser	0 – 150	0 – 15
mittelhartes Wasser	150 – 250	15 – 25
hartes Wasser	mehr als 250	ab 25

Wie man den Härtegrad von Wasser im Alltag sieht und spürt? Hartes Wasser verstopft z.B. die Löcher der Duschdüsen mit Ablagerungen oder hinterlässt Spuren im Kochtopf. Aber gerade diese in der Duschdüse unerwünschten Mineralien machen ein Mineralwasser wertvoll! Weiches Wasser hinterlässt keine derartigen Spuren.

Grundwasser nutzen und aufbereiten

Die Hälfte der genutzen Grundwassermenge hat keine Aufbereitung nötig: Das Schweizer Trinkwasser wird aus 80% Grundwasser (40% aus Quellen, 40% aus Filter-Brunnen) und 20% Seewasser gewonnen. Seewasser muss immer aufwändig und mehrstufig aufbereitet werden, bis es die für Trinkwasser geforderte Qualität hat. Grundwasser hingegen kann zur Hälfte so, wie es aus dem Boden kommt, als Trinkwasser gebraucht werden. Es hat somit die gleich gute Qualität wie das Mineralwasser aus der Flasche. Die andere Hälfte des Grundwassers muss behandelt werden. Die Aufbereitung kann einstufig oder mehrstufig sein.

Hier wird das Wasser mit UV Licht bestrahlt



Filtern: Man filtert das Wasser, um es von störenden Trüb- und Schwebstoffen zu befreien.

Desinfizieren: Wenn Mikroorganismen aus Gülle, Mist oder lecken Abwasserleitungen das Grundwasser belasten, muss es desinfiziert werden. Beigaben von Javelle, Chlor oder Chlordioxid desinfizieren das Wasser langanhaltend. Bei hoher Dosierung verursachen sie aber einen störenden Nebengeschmack. Wenn man das Wasser mit ultraviolettem Licht (UV) bestrahlt, desinfiziert dies ohne Nebengeschmack. Die Behandlung hat aber keine vorbeugende Wirkung wie jene mit Chlor. Dasselbe gilt für die Aufbereitung mit Ozon.

EINSTUFIGE AUFBEREITUNG ←

Mischen: Wenn das Wasser zu viel Schadstoffe enthält, kann es mit weniger belastetem Wasser aus einer anderen Fassung gemischt werden.
Damit ist aber das Problem nur in der Trinkwasserleitung gelöst. Das Grundwasservorkommen selber ist immer noch verschmutzt. Die schweizerische Gewässerschutzverordnung verlangt, die Verschmutzung am Entstehungsort zu bekämpfen. Deshalb finanziert der Bund z.B. Projekte zur Nitratreduktion (Aktion N – weniger Nitrat im Wasser).

Entsäuern:
An einigen wenigen Orten in der Schweiz ist das Grundwasser sauer und muss behandelt werden. Sonst würde es die Leitungen angreifen. Die Wasserversorgung Lugano leitet z.B. ihr saures und sehr weiches Wasser durch Dolomitsteine. Dabei kann das Wasser Kalk aufnehmen – und zwar solange, bis Kohlensäure und Kalk im Gleichgewicht sind. Das Wasser wird so «entsäuert».
In der Schweiz ist das nur im Tessin nötig.

→ MEHRSTUFIGE AUFBEREITUNG

Nur ein kleiner Teil des Wassers muss mehrstufig behandelt werden, damit es Trinkwasserqualität erreicht. Beim gepumpten Grundwasser ist das etwa ein Fünftel, bei den Quellen ein Zehntel. Das Wasser wird mit einer Kombination von Methoden behandelt (z.B. Filtrieren, Ausflocken (siehe Belüften) usw.).
In der Regel wird es mindestens mechanisch gefiltert und desinfiziert. Seltener wird es noch mit Aktivkohle gefiltert oder speziell belüftet. Immer mehr wird aber die moderne Membranfiltration eingesetzt. Sie kann sogar Bakterien oder gelöste Stoffe ausfiltern.

Belüften: Belüften muss man sauerstoffarmes Wasser. Es kann viel Eisen oder Mangan (Metalle) enthalten. Wenn solches Wasser in Kontakt mit Luft kommt, reagiert das gelöste Eisen mit dem Sauerstoff. Es bilden sich kleine Flocken, die das Wasser trüben (Ausflocken).
Darum wird solch sauerstoffarmes Wasser künstlich belüftet und anschliessend werden die Schwebstoffe herausgefiltert. Dies ist in der Schweiz sehr selten nötig.

WÄRME NUTZEN

Je tiefer aus der Erde Grundwasser kommt, desto wärmer ist es – pro 100 Meter Tiefe nimmt die Wassertemperatur durchschnittlich um ca. 3 Grad Celsius (°C) zu.

Diese Tatsache nutzt die Aargauer Gemeinde Seon. Für ihre Wasserversorgung hat sie in rund 300 Meter Tiefe 19,5°C warmes Grundwasser erschlossen. An die Haushaltungen verteilt wird das Wasser aber nur noch 10°C warm. Die Wärmeenergie, die die Seoner so gewinnen, reicht aus fürs Heizen von Hallenbad, Sauna, FC-Klubhaus, 30 Einfamilienhäusern und 6 Mehrfamilienhäusern mit 61 Wohnungen. Seon ist nicht allein. Im Kanton Aargau sind weitere 270 Anlagen zur Erdwärmenutzung mit Hilfe von Grundwasser in Betrieb, im Kanton Bern mehr als 870.



Punkto Erdwärmenutzung liegt die Schweiz weit vorn: Mit 70 Watt / Kopf Erdwärmenutzung liegt sie hinter Island und Neuseeland auf Platz 3! Die Hälfte der genutzten Erdwärme stammt aus Grundwasser (Thermalbäder, Grundwasserbrunnen und Tunnelwasser).

Thermalwasser lässt sich aber direkter und genüsslicher nutzen: beim Baden. In 15 Schweizer Orten werden Thermalquellen genutzt. Schon zur Römerzeit gab es in den Thermen von Baden AG, Lostorf SO und Yverdon-les-Bains VD regelrechte Badekulturen. Es folgten weitere Blüten des Thermalbadens in der Schweiz: Wer es sich leisten konnte, suchte im 15. Jahrhundert die Bäder auf, um der Geselligkeit zu frönen. Im 19. Jahrhundert wurden Thermalbäder zur Förderung der Gesundheit besucht – für fast jede Krankheit gab es eine eigene Badekur.

Die heute florierende Wellness-Bewegung nimmt diese Traditionen auf und bringt wieder Leben in die Badeorte.



Im Haushalt verbrauchen jede Schweizerin und jeder Schweizer pro Tag 162 l Wasser! Das sind:

Toilettenspülung	**47.7 l**	**oder 29.5%**
Baden und Duschen	**31.7 l**	**oder 19.6%**
Waschmaschine	**30.2 l**	**oder 18.6%**
Kochen, Trinken, Geschirrspülen von Hand	**24.3 l**	**oder 15.0%**
Körperpflege und Wäsche von Hand	**20.7 l**	**oder 12.8%**
Sonstiges	**3.8 l**	**oder 2.3%**
Geschirrspüler	**3.6 l**	**oder 2.2%**

Quelle: SVGW













Noch mehr Wasser ...

Zählt man das Wasser dazu, das in Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe verbraucht wird, schätzt man, dass weltweit 2700 Liter pro Kopf verbraucht werden – und das jeden Tag! Auf ein ganzes Jahr gerechnet sind das 1 Million Liter Wasser pro Kopf.

Verborgenes Wasser:

Wer in der Stube um sich schaut, ahnt nicht, wie viel Wasser in der trockenen Umgebung steckt: Bis z.B. das 600-grämmige Baumwollkissen auf dem Sofa fertiggestellt ist, werden 60 Liter Wasser verbraucht. Für einen Fernseher braucht man schätzungsweise 1000 Liter.

Auch mit dem Import von Früchten und Gemüse «verbrauchen» die SchweizerInnen grosse Mengen Wasser.

Chemisch-biologische Grundwassergefährdungen







Deponien und Altlasten
Bis vor wenigen Jahren wurde kaum darauf geachtet, wie umweltverträglich unsere Konsumgüter produziert und entsorgt wurden. Über Tropfverluste und Lecks in Leitungen gelangten viele Verunreinigungen in den Boden. Man hoffte auf die Reinigungsleistung der Böden und hielt das Grundwasser für geschützt. Noch heute stecken vielerorts schädliche Stoffe in den Böden und bedrohen als Altlasten das Grundwasser. Auch Abfallhalden gehören dazu, wo wahllos Müll ohne Abdichtung gegen das Grundwasser hin abgelagert wurde.
In der Schweiz gibt es ca. 50 000 belastete Standorte.
4000 davon sind Altlasten und müssen in den nächsten 20 Jahren saniert werden.

Neue Deponien werden heute so angelegt und abgedichtet, dass keine Schadstoffe ins Grundwasser gelangen können.

Abwasser, Lecks, Unfälle
Undichte Abwasserleitungen sind eine Gefahr fürs Grundwasser. Darum sind regelmässige Kontrollen und Unterhalt der Leitungen äusserst wichtig. Abwasserleitungen dürfen nur ausnahmsweise – und dann nur mit strengen Auflagen (z.B. doppelwandigen Röhren) durch Grundwasserschutzzonen verlegt werden (siehe S. 26).

Wenn aus Zapfsäulen und Tankanlagen Benzin oder Diesel entweichen, können diese Stoffe das Grundwasser schädigen (siehe S. 22). Deshalb müssen Tankstellen strenge Sicherheitsstandards erfüllen. Schäden für Boden und Grundwasser drohen auch bei Unfällen: während des Transports von wassergefährdenden Stoffen oder bei deren Produktion. In der Schweiz regeln v.a. die «Störfallverordnung» und die «Verordnung über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten» den Umgang mit gefährlichen Stoffen.

Luftschadstoffe
Abgase aus Verkehr, Industrie, Gewerbe und privaten Heizungen, aber auch Ammoniak aus der Landwirtschaft belasten die Luft. So gelangen über den Luftweg grosse Mengen von Stickstoffverbindungen auch in den Wald – durchschnittlich 30 Kilo pro Hektare und Jahr. Das ist deutlich über der kritischen Grenze von 20 Kilo.

Über den Regen werden die Schadstoffe in die Böden verfrachtet. Schweizer Böden (mit genügend Kalk) puffern den sauren Regen aber gut ab. Dies im Gegensatz zu Regionen in Kanada oder Skandinavien, wo Böden und Gewässer übersauern.
Hiesigem Grundwasser droht keine Versauerungsgefahr.

Saures Wasser (pH kleiner als ca. 6.5) muss für die Trinkwasserversorgung aufbereitet werden, sonst greift es die Leitungsrohre an (siehe S. 18).

Landwirtschaft: Hofdünger und Pflanzenschutzmittel
Gülle, Mist und Silagesickersaft können die Böden und das Wasser stark belasten. Besonders bei gut durchlässigen Böden können Verunreinigungen direkt ins Grundwasser gelangen.
Gülle und Mist bringen organischen Stickstoff als Dünger in den Boden, wo er von Bakterien in leicht lösliches Nitrat umgewandelt wird. Entsteht dabei mehr Nitrat als die Pflanzen brauchen, gelangt der Überschuss mit dem Sickerwasser ins Grundwasser. Ein Nitratgehalt von 1–6 mg/l ist normal. Wo viel Acker- und Gemüsebau betrieben wird, kann der Nitratgehalt 40 mg/l und mehr erreichen (siehe S. 21).
Pflanzenschutzmittel vernichten nicht nur Schädlinge und Unkraut, sondern lassen z.T. problematische Rückstände im Grundwasser zurück, die mehrere Jahrzehnte dort verweilen können. In Schutzzonen ist ihr Gebrauch darum besonders kritisch (siehe S. 26).

Medikamente, hormonaktive Substanzen
Medikamente, Hormone und hormonähnliche Stoffe gelangen ins Abwasser. Über lecke Leitungen und die Infiltration von Oberflächenwasser können sie auch im Grundwasser landen. Zusammen mit Hofdünger werden auch grössere Mengen Hormone und Antibiotika aus Tiermedikamenten auf die Felder ausgebracht und können ins Grundwasser gelangen.

Zahllose Chemikalien werden täglich verbraucht und gelangen in die Umwelt. Selbst in Kläranlagen wird das Wasser nur teilweise von ihnen gereinigt. Viele Chemikalien gelangen deshalb in die Gewässer. Die Auswirkungen solcher Substanzen auf Menschen und Tiere werden noch erforscht. In der Schweiz befassen sich verschiedene Forschungsprogramme mit den Fragen rund um die hormonell aktiven Stoffe.

WIE SICH GEWISSE WASSER GEFÄHRDENDE STOFFE IM UNTERGRUND VERHALTEN

Pflanzenschutzmittel (PSM)

PSM bewahren Nutzpflanzen vor Krankheit und «Schädlingen» und schalten Konkurrenz-Pflanzen um Licht und Nährstoffe aus. Das Aufgabenfeld ist also breit, entsprechend vielfältig sind die eingesetzten Substanzen.

Ein Teil der PSM bleibt an den Bodenteilchen hängen, ein anderer wird im Bodenwasser gelöst. Vor allem beim gelösten Teil besteht für das Grundwasser eine Gefahr. Glücklicherweise gibt es zwei weitere Mechanismen, die eine Auswaschung bremsen. Zum einen nehmen Pflanzenwurzeln PSM mit dem Wasser auf (bei einigen PSM ist dies der eigentliche Mechanismus, auf dem ihre Wirkung basiert). Zum andern können Bodenlebewesen im Wasser gelöste PSM zum Teil zersetzen.

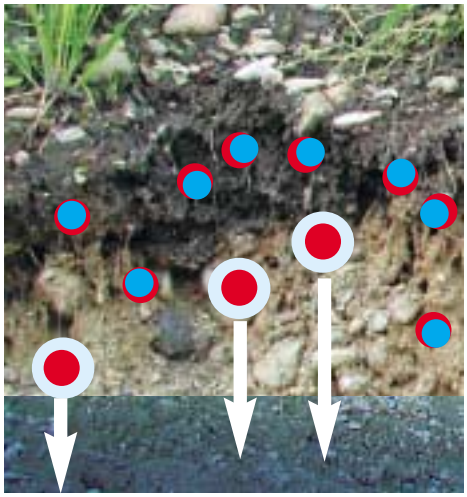
Dennoch: PSM sind ein Problem und haben im Grundwasser nichts zu suchen. In der Schweiz sind derzeit etwa 400 Wirkstoffe zugelassen. Bei einem Drittel davon weiss man nicht, wie sie sich im Boden verhalten, weil man nicht über einfache und günstige Analyseverfahren verfügt. Man weiss auch noch sehr wenig über die Wirkung, die Gemische aus verschiedensten PSM-Rückständen im Wasser auf Umwelt und menschliche Gesundheit haben können. Darum dürfen im Grundwasser höchstens sehr geringe Mengen vorhanden sein.

Abwasser

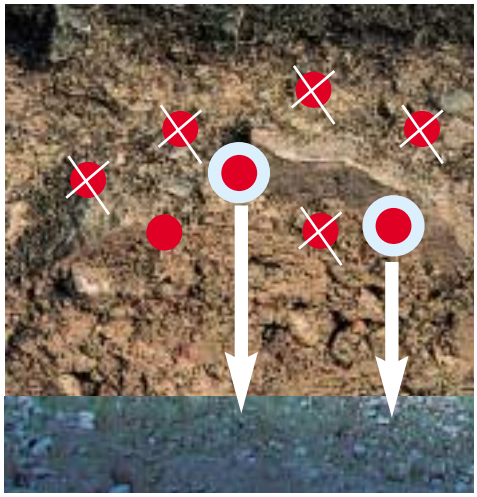
Eine lecke Abwasserleitung im Boden ist für das Grundwasser doppelt gefährlich: Einerseits wird das Abwasser direkt in den Untergrund eingetragen und somit der humushaltige Oberboden mit seiner guten Filterwirkung übersprungen. Andererseits ist das Abwasser ein kunterbunter Cocktail aus Substanzen, der mit Mikroorganismen – unter ihnen Krankheitserreger – belastet ist. Allerdings fühlen sich Krankheitserreger nur unter Bedingungen wohl, wie sie im Körperinnern herrschen. Die Verhältnisse im Untergrund passen ihnen glücklicherweise nicht, und so sterben die meisten Krankheitserreger nach relativ kurzer Zeit ab. Kommt dazu, dass die Transportfähigkeit von Bakterien, Viren und Einzellern im Boden eingeschränkt ist, sie bleiben immer wieder an Bodenteilchen hängen oder werden von anderen Mikroorganismen gefressen. Die Gefahr der Grundwasserverunreinigung mit Krankheitserregern ist deshalb nicht sehr gross, wenn das Grundwasser von einer unverletzten und genügend dicken Bodenschicht geschützt ist. Bei der im Boden verlegten Abwasserleitung ist dies aber nicht der Fall! Deshalb dürfen in einer Schutzzone S2 keine Abwasserleitungen gebaut werden (siehe S. 26).

Dünger

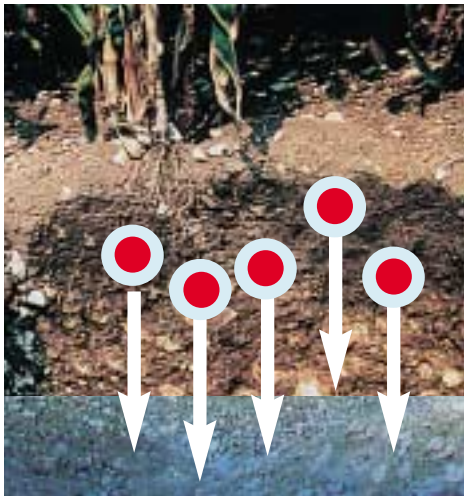
Stickstoff, Phosphor und Kalium sind mengenmässig die wichtigsten Düngersubstanzen. Für das Grundwasser stellt vor allem der Stickstoff in Form von **Nitrat** ein Problem dar. Im Gegensatz zu Phosphat fühlt sich Nitrat im Wasser ausgesprochen wohl und zeigt keine Neigung, sich an Bodenteilchen zu binden. Deshalb wird es auch leicht ins Grundwasser ausgewaschen. Vor allem in den Ackerbaugebieten im Mittelland ist das Grundwasser mit erhöhten Nitratwerten belastet. Hohe Nitratwerte im Grundwasser zeigen, dass bei der landwirtschaftlichen Nutzung zu wenig Rücksicht auf die Standortverhältnisse genommen wird, oder ganz einfach zuviel und zum falschen Zeitpunkt gedüngt wird. Wo viel Nitrat ins Grundwasser gelangt, besteht immer auch die Gefahr, dass andere, viel gefährlichere Stoffe wie Pflanzenschutzmittel ins Grundwasser gelangen. Nitrat im Grundwasser ist Dünger am falschen Ort. Er trägt zur Überdüngung unserer natürlichen Umwelt bei.



Im Wasser gelöste PSM werden – sofern sie nicht im Boden zersetzt oder zurückgehalten werden (rot / blaue Kreise) – ins Grundwasser ausgewaschen.



Wenn das Leck nicht allzu nahe an der Grundwasserfassung ist, sterben die meisten Krankheitserreger, bevor das Wasser die Fassung erreicht.



Nitrat bindet sich nicht an Bodenpartikel. Überschüssiges Nitrat löst sich gut im Wasser und gelangt mit Sickerwasser ins Grundwasser.

MTBE

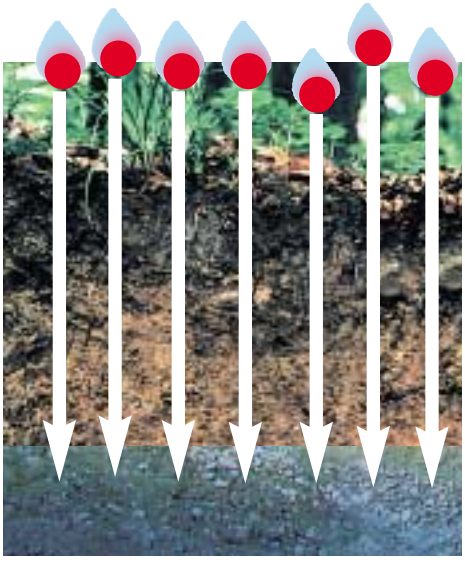
Methyl-tert-buthylether (MTBE) gehört mengenmässig zu den wichtigsten künstlich hergestellten Substanzen. Es dient als Treibstoffzusatz: Im Benzin löste MTBE das Blei als Anti-Klopfmittel ab. In der Schweiz enthält Superbenzin rund 8, Normalbenzin weniger als 2 Prozent dieser Chemikalie. Weil in der Schweiz aber soviel Auto gefahren wird, werden jedes Jahr fast 100 000 Tonnen MTBE verbraucht.

Das meiste MTBE gelangt durch die Verdunstung (beim Tanken und aus dem Autotank) in die Atmosphäre. Dort wird es unter der Einwirkung von Licht innert weniger Tage abgebaut. Allerdings wird ein Teil vom Regen aus der Luft aufgenommen und in den Boden eingeschwemmt. Oder es gelangt durch Lecks und Unfälle in den Boden.

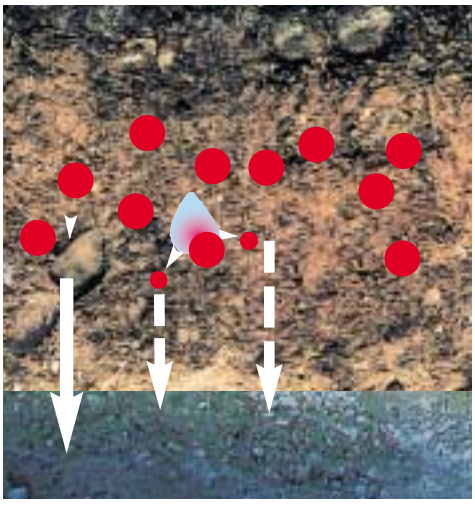
Im Boden widersetzt sich MTBE dem Abbau erfolgreich. Weder Humus noch Tonplättchen können MTBE aufhalten, und so kann es mit dem Wasser in die Tiefe versickern. Während sich in einigen Regionen in bis zu einem Viertel der Grundwasserproben kleinste Spuren von MTBE finden, sind andere Regionen noch kaum davon betroffen. Die hierzulande gefundenen kleinen Konzentrationen sind nach heutigen Kenntnissen nicht gefährlich. Die weitere Entwicklung wird aber sehr aufmerksam verfolgt.

Kupfer

Kupfer ist ein Schwermetall und für alle Lebewesen in kleiner Dosis unentbehrlich. Zuviel Kupfer ist hingegen Gift. Als solches wird es vor allem im Rebbau zum Schutz gegen Pilzkrankheiten eingesetzt. Kupfer bindet sich stark an Bodenteilchen und gelangt kaum ins Grundwasser. Dies ist auch bei den anderen Schwermetallen so. Allerdings: Wird der Boden sauer, werden die Schwermetalle im Boden beweglicher und können sogar ins Grundwasser ausgewaschen werden. Vor allem dank dem Humus bleibt das Kupfer aber weitgehend im Oberboden. Kupfer im Grundwasser ist deshalb eine grosse Ausnahme.

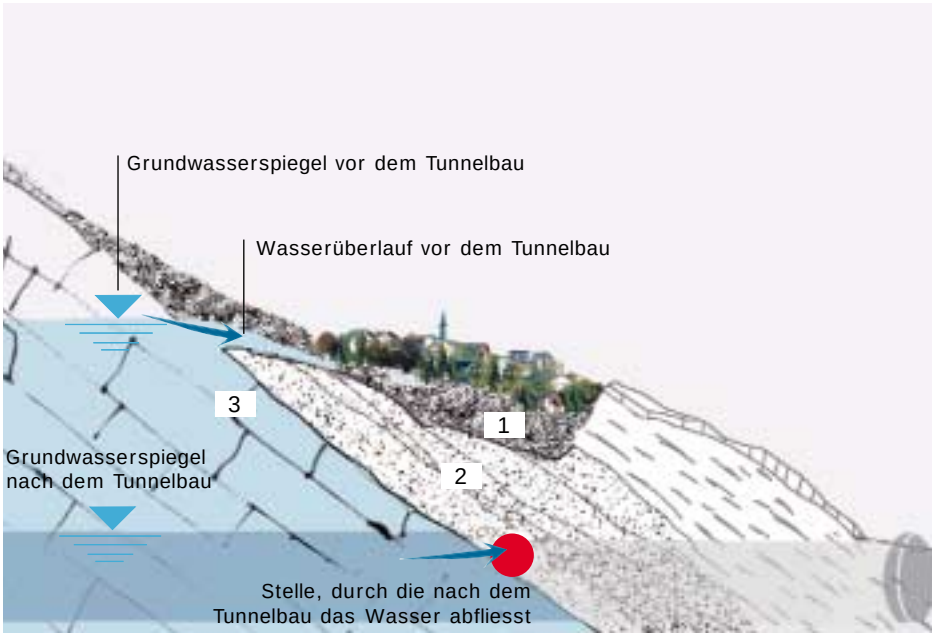


MTBE «saust» ungehindert in die Tiefe.



Kupfer (rot) bleibt vorwiegend im Boden, ausser wenn zuviel Säure Schwermetalle freisetzt.

Grundwasser ist auch mechanisch verletzbar







ST. GERMAN UND DER GRUNDWASSERSPIEGEL

November 2001: Alarmstimmung in St. German, dem kleinen Winzerdorf oberhalb von Raron VS. Innert weniger Tage hat sich der Boden um bis zu 6 Zentimeter gesenkt und in den Hausmauern sind neue Risse entstanden und alte Risse plötzlich gewachsen. Was ist los? Um das zu verstehen, braucht es einen Blick auf die lokale Geologie (Abbildung oben). Das Dorf liegt auf einer mit Bergschutt gefüllten Mulde (1) auf wasserundurchlässigen Mergeln (Mergel = toniges Gestein) (2). Darunter wiederum befindet sich in den verkarsteten Kalken ein Grundwasservorkommen (3). Dieses Grundwasser staut sich hinter den undurchlässigen Mergeln. Oberhalb des Dorfes, wo die Mergel aufhören, läuft das Grundwasser wie über einen Überlauf aus, und fliesst unterirdisch in das Bergschuttmaterial, auf welchem das Dorf gebaut wurde. So war es auf jeden Fall bis zum Herbst 2001.

Seit damals wird von Raron her in Richtung Frutigen der Lötschberg-Basistunnel gebaut. Als die Tunnelbauer die Mergel durchquert hatten und in die Kalke bohrten, war das, als hätte man den Stöpsel einer Badewanne gezogen: Das in den Kalken aufgestaute Wasser lief durch den Tunnel ab, und es floss kein Grundwasser mehr in das Bergschuttmaterial. Damit hatten die Fachleute zwar gerechnet, nicht aber damit, dass sich im Bergschuttmaterial auch Schichten aus Torf (Überreste ehemaliger Moore) befanden. Torf saugt Wasser auf, wie ein Schwamm. Ohne Grundwasser sind diese Torfschichten ausgetrocknet, der Schwamm wurde geleert, der nun trockene Torf zusammengedrückt und die darüber gebauten Häuser sanken ein.

Bis zum Herbst 2002 hat sich der Boden weiter gesenkt, stellenweise bis zu 20 Zentimeter. Zum Glück hat die Senkung nun praktisch aufgehört und die Fachleute glauben, dass sich der Boden nicht weiter senken werde. Die Leute in St. German fangen jetzt damit an, ihre Häuser zu reparieren.



BAUEN IM GRUNDWASSER

Weil Bauland in der Schweiz knapp ist, wird zunehmend tiefer gebaut – immer öfter bis ins Grundwasser hinein. Dabei können Fundamente das Durchflussvermögen und damit den Wasserhaushalt im Untergrund nachhaltig verändern. Oder dem Grundwasser droht Verschmutzung: Während der Bauarbeiten ist es, als ob es «mit offenem Bauch» daliegen würde. Eingriffe unter dem mittleren Grundwasserspiegel sind nur ausnahmsweise erlaubt. Sie brauchen eine Gewässerschutzbewilligung und sind erst nach gründlichen Vorabklärungen, mit strengen Schutzmassnahmen und Auflagen erlaubt. Je näher an einer Wasserfassung, umso strenger die Auflagen.



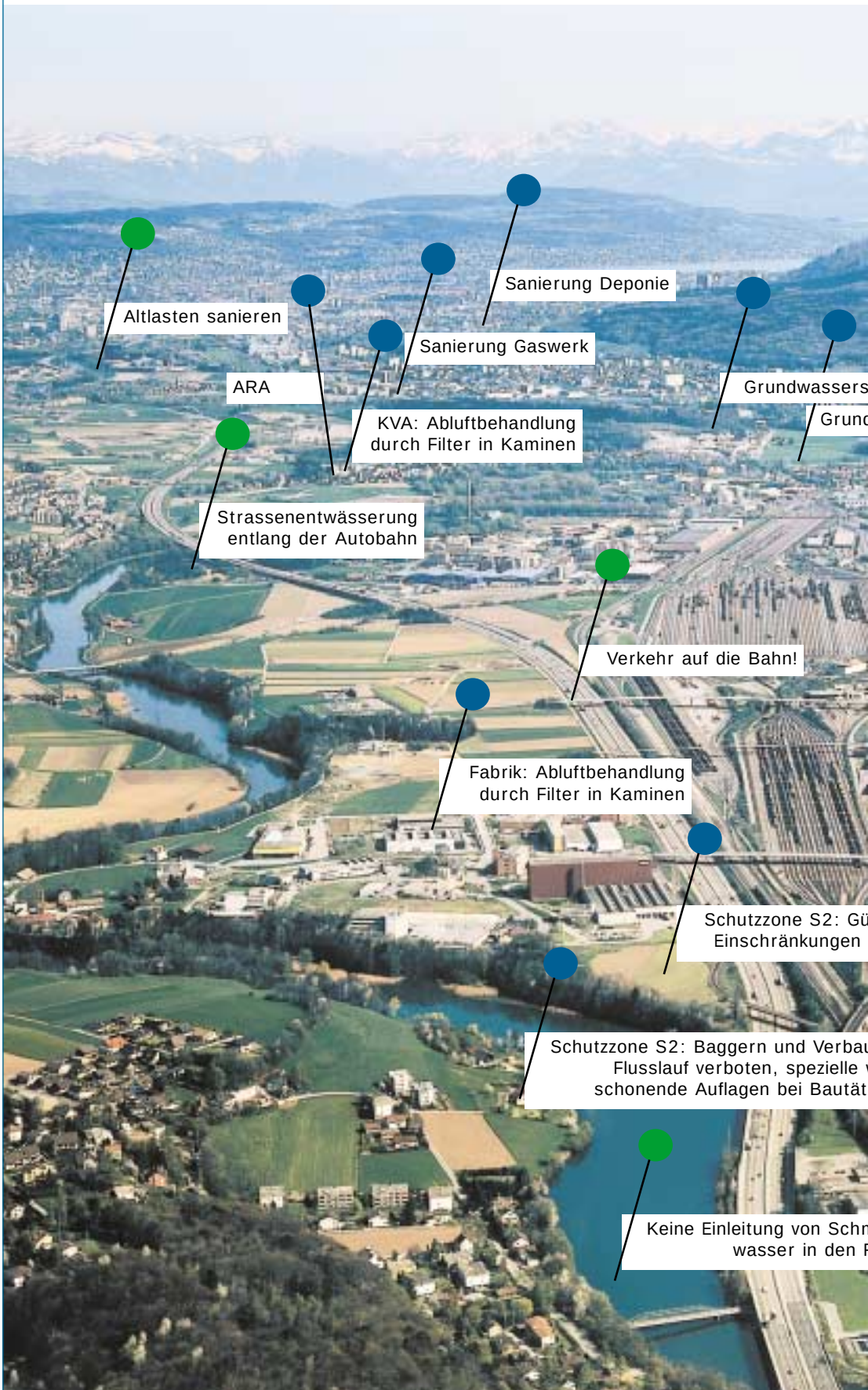
Grundwasser braucht Schutz

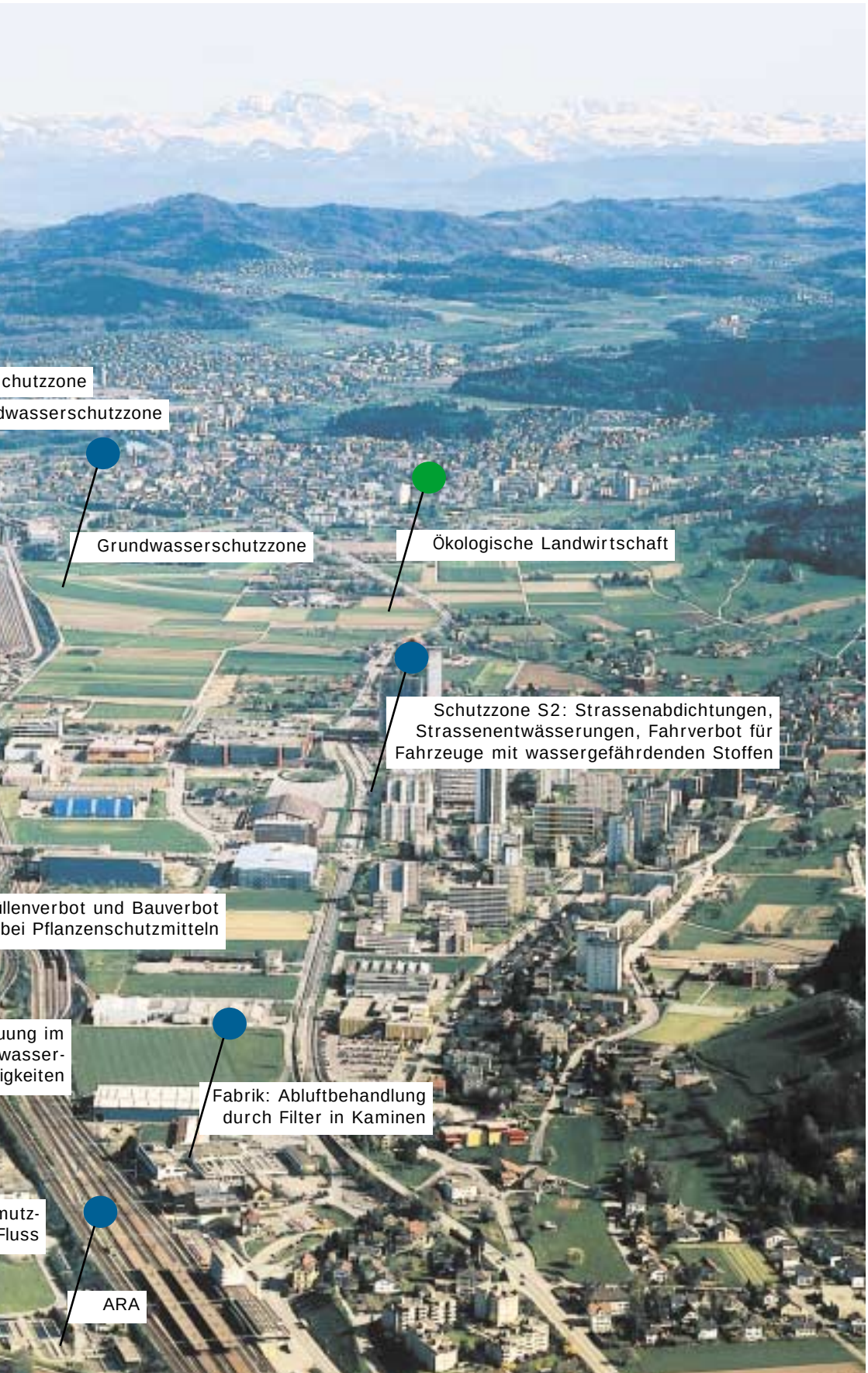
In der dichtbesiedelten Schweiz prallen viele unterschiedliche Interessen aufeinander. Vieles muss in der Landschaft neben-, über- und untereinander Platz finden: Wohnen, Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft, Entsorgen, Lagern, Verkehr, Transport. Deshalb braucht Grundwasser Schutz. Im Bild sind einige Massnahmen markiert, die zum Schutze des Grundwassers ergriffen werden.

KIESABBAU

Die grossen Kiesvorkommen in den Talebenen sind nicht nur wichtig für die Trinkwassergewinnung. Kies ist auch ein wertvoller Baustoff. Seit etwa 1950 wird er industriell und in grossem Ausmass abgebaut. Die für die Bauindustrie wertvollsten Kiesvorkommen speichern gleichzeitig auch Grundwasser, das für die Trinkwassergewinnung wichtig ist.

Damit prallen unterschiedliche Interessen aufeinander. Wenn nämlich die natürlichen Bodenschichten und der Kies mit ihrer natürlichen Filterwirkung entfernt werden, ist das Grundwasser den oberflächlichen Einwirkungen schutzlos ausgeliefert und seine Qualität und Menge gefährdet. Das Gesetz sorgt für einen minimalen Schutz: Wenn sich das darunterliegende Grundwasser zur Nutzung eignet, muss beim Kiesabbau eine schützende Materialschicht von einigen Metern über dem Grundwasser-Höchststand belassen werden. Die Schutz- und Filterwirkung dieser Schicht ist allerdings stark geschwächt. Und selbst wenn die Kiesgrube nach ihrer Ausbeutung wieder sorgfältig und mit sauberem Material aufgefüllt wird, bleibt die Schutzwirkung der ursprünglichen Kies- und Bodenschichten unerreicht. Deshalb ist es wichtig, Kies und Grundwasser künftig nebeneinander zu nutzen – und nicht mehr übereinander, wie dies heute oft üblich ist. Den Nutzungskonflikt kann man weiter entschärfen, wenn man Kies durch andere Materialien ersetzt: durch Moränenmaterial (von den Talrändern), Aushub- oder Tunnelausbruchmaterial oder aufbereiteten Bauschutt. Etwa ein Drittel des Kiesbedarfs kann in Zukunft so gedeckt werden.





WALD

Ein grosser Teil des naturreinen Wassers, das ohne jegliche Aufbereitung nutzbar ist, stammt aus Fassungen mit bewaldetem Einzugsgebiet. Im Vergleich zu Wasser aus Landwirtschaftsgebieten oder Siedlungen enthält es fast überall deutlich weniger Nitrat, Chlorid, Pestizide und andere Schadstoffe.

Dies hat verschiedene Gründe: Im Gegensatz zu Landwirtschaftsflächen gibt es im Wald praktisch keinen direkten Eintrag von unerwünschten Stoffen in den Boden. Die Waldwirtschaft setzt weder Düngemittel wie Kompost, Gülle oder Mist noch Kunstdünger oder Klärschlamm ein. Auch das Ausbringen von chemischen Hilfsstoffen ist nur in wenigen Ausnahmefällen erlaubt. Zudem schützt das Rodungsverbot die Grundwasserschutzzonen (siehe S. 26) im Wald sehr wirksam und langfristig. Andere Raumnutzungen sind fast ganz ausgeschlossen. Damit ist das Risiko, dass eine Trinkwasserfassungen im Wald verschmutzt wird, sehr klein.

Blaue Nadeln zeigen erfolgte Schutzmassnahmen an

Grüne Nadeln zeigen gewünschte Entwicklungen an

Grundwasser braucht Schutz

Gesetze, die zum Schutz des Wassers erlassen sind:

Bundesverfassung
Die Bundesverfassung gibt dem Bund den Auftrag, dafür zu sorgen, dass die Wasservorkommen geschützt und haushälterisch genutzt werden.

Gewässerschutzgesetz (GSchG) vom 24.1.91
Das Gesetz schreibt einen umfassenden Schutz der Gewässer vor.
Das Gesetz dient u.a.

- der Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen;
- der Sicherstellung und haushälterischen Nutzung des Trink- und Brauchwassers;
- der Erhaltung natürlicher Lebensräume für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt;
- der Sicherung der natürlichen Funktion des Wasserkreislaufs.

Das Gesetz gilt für alle ober- und unterirdischen Gewässer. Mit unterirdischen Gewässern meint man hier Grundwasser (inklusive Quellwasser), Grundwasserleiter, -stauer und Deckschicht. Das Gesetz schreibt den Kantonen vor, Grundwasser in ihrem Kantonsgebiet planerisch zu schützen.
D.h. die Kantone müssen Gewässerschutzbereiche, Grundwasserschutzzonen und Grundwasserschutzareale ausscheiden.

Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28.10.98
Die Verordnung schreibt vor, wie die Zonen, Bereiche und Areale festzulegen und welche speziellen Schutzmassnahmen umzusetzen sind.



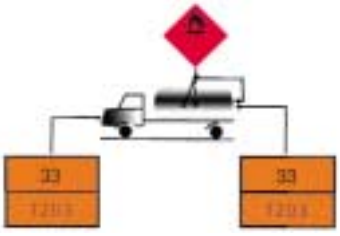
Achtung Wasserschutzgebiet!



Das Verbot gilt für Fahrzeuge mit wassergefährdender Ladung.

Gefährliche Transporte auf Strasse und Bahn müssen speziell gekennzeichnet sein. Die Codes geben Auskunft über das Ladegut und seine Gefährlichkeit.





GRUNDWASSERSCHUTZZONEN

Zum Schutz von Trinkwasserfassungen, die im öffentlichen Interesse liegen, scheiden die Kantone Grundwasserschutzzonen aus. Diese umschliessen die Fassungen wie Zwiebelschalen, wobei von aussen nach innen immer strengere Schutzvorschriften gelten:

Zone S3 (Weitere Schutzzone) schützt die Trinkwasserfassung vor Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen. Sie soll sicherstellen, dass bei einem Unfall genügend Zeit und Platz für Rettungsmassnahmen bleibt. Darum sind in **S3** Betriebe verboten, die eine Gefahr für das Grundwasser bedeuten (z.B.Tankstelle). Es darf auch kein Abwasser versickern oder Kies abgebaut werden.

Zone S2 (Engere Schutzzone) soll zusätzlich dafür sorgen, dass keine Krankheitserreger (Bakterien, Viren usw.) ins Trinkwasser gelangen. Solche Krankheitserreger können im Grundwasser nur beschränkte Zeit überleben. Darum legt man **S2** so an, dass das Grundwasser mindestens 10 Tage braucht, um sie zu durchfliessen. In den allermeisten Fällen erreicht man damit, dass die Krankheitserreger ausgefiltert werden oder absterben, bevor sie ins Trinkwasser gelangen. In **S2** ist alles verboten, was das Trinkwasser beeinträchtigen könnte, wie z.B. Häuser- oder Strassenbau oder Güllen.

Zone S1 (Fassungsbereich) hat den Zweck, die Trinkwasserfassung vor Beschädigung und Verschmutzung zu schützen. Deshalb sind hier nur Eingriffe erlaubt, die für die Trinkwasserversorgung nötig sind. Die Schutzzone **S1** ist eng um die Fassungsanlage gelegt.

Zuströmbereich Z_u wird ausgeschieden, wenn die Schutzzonen nicht ausreichen, um die Wasserqualität einer Grundwasserfassung zu garantieren – wenn z.B. schlecht abbaubare Stoffe aus Düngern oder Pflanzenschutzmitteln das Wasser verunreinigen. Z_u umfasst diejenigen Teile des Einzugsgebietes, aus denen der überwiegende Teil des gefassten Grundwassers stammt. Für jeden Z_u werden genau abgestimmte Schutz- und Sanierungsmassnahmen festgelegt (z.B. Grünland statt Ackerbau, andere Fruchtfolge, usw.).

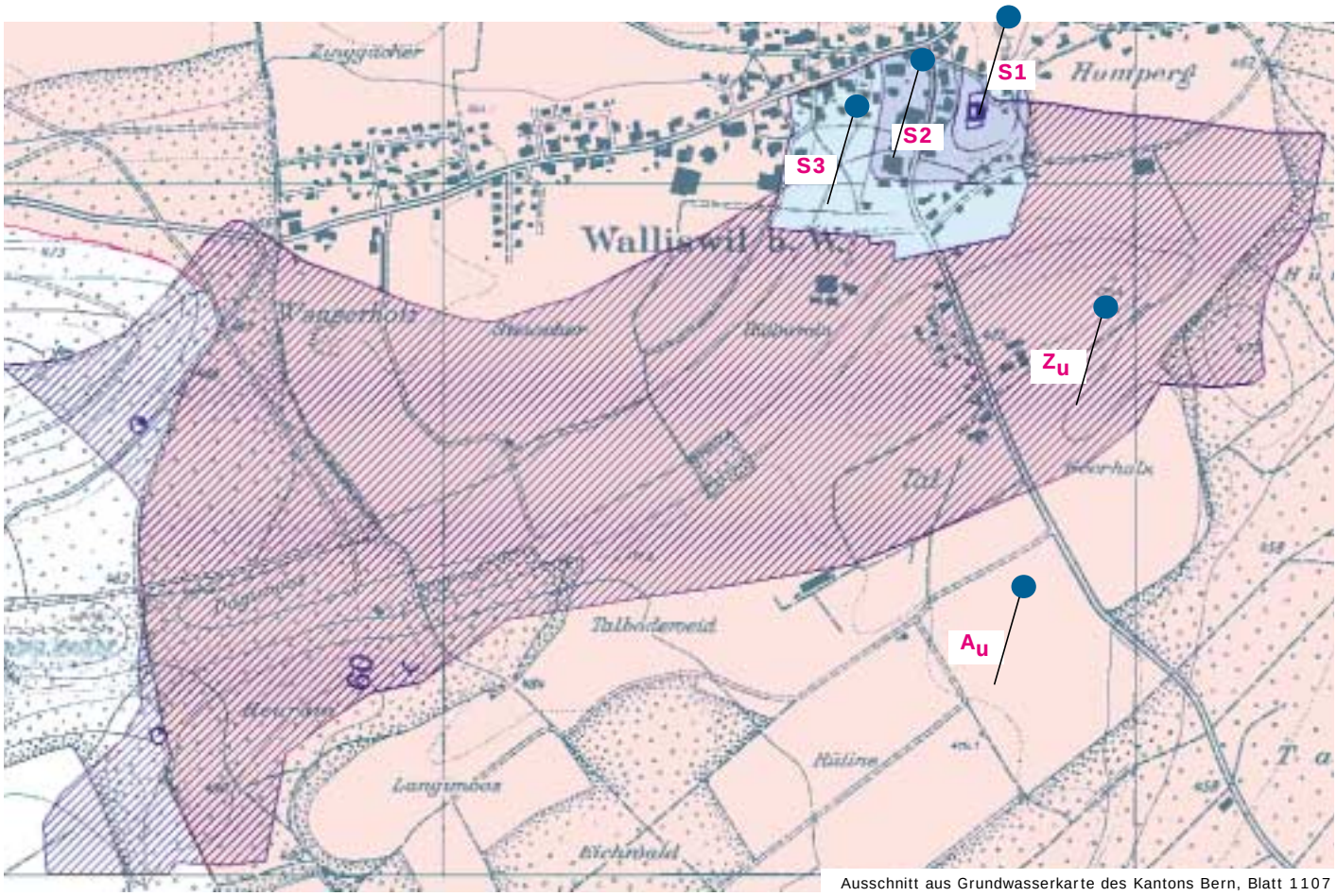
Gewässerschutzbereich A_u schützt alle Gebiete, die sich grundsätzlich zur Wassergewinnung eignen. Zum A_u gehören auch die zum Schutz des Grundwasservorkommens nötigen Randgebiete.

Grundwasserschutzareale werden angelegt für die Trinkwasserversorgung von morgen, damit auch künftige Generationen neue Trinkwasserfassungen mit sauberem Wasser bauen können. Sie werden in nicht überbauten Gebieten – häufig im Wald – ausgeschieden. Es gelten die gleichen Bestimmungen wie in einer Zone S2.

Noch nicht alle Trinkwasserfassungen haben rechtskräftige Schutzzonen.

Grundwasserschutz beginnt bei Ihnen

Wissen Sie, aus welchen Quellen und Brunnen IHR TRINKWASSER kommt? Kennen Sie die Qualität und den Mineralgehalt IHRES TRINKWASSERS? Wissen Sie, wo die Grundwasserschutzzonen liegen, und welche Bestimmungen (z.B. Gülleverbot) zum Schutz IHRES TRINKWASSERS gelten?



Ausschnitt aus Grundwasserkarte des Kantons Bern, Blatt 1107

Man kann im Alltag Grundwasser schützen, indem man:

- vor Gewitter, auf Schnee und Eis nicht güllt
- weniger Benzin, Diesel und Heizöl verbraucht
- Produkte aus ökologischer Landwirtschaft kauft
- im Garten kein Pestizid einsetzt
- den Abfall sachgerecht entsorgt
- verschmutzte Flüssigkeiten fachgerecht entsorgt
- Grundwasserschutzzonen kennt und respektiert
- die Abwasserleitungen kontrolliert und in Stand hält

Grundwasser überwachen und beobachten



Hydrogeologe beim Messen des Grundwasserspiegels

Die **Wasserversorgung** (Betreiberin von Trinkwasseranlagen) ist für die einwandfreie Qualität des Trinkwassers verantwortlich. Darum hat sie grosses Interesse daran, dass ihre Grundwasserfassungen genügend geschützt sind. Sie überwacht die Qualität des «Rohstoffs» Grundwasser und des daraus gewonnenen Trinkwassers. Sie sammelt auch Daten über die Wassergewinnung und den Wasserverbrauch in ihrem Versorgungsgebiet.

Die **Kantone** sind verantwortlich dafür, dass der Grundwasserschutz vollzogen wird. Mehrere Stellen arbeiten bei der Grundwasserüberwachung mit:

Die **kantonalen Gewässerschutzfachstellen** haben die Aufgabe, das Grundwasser zu schützen und für eine ausgewogene Nutzung zu sorgen. Dafür müssen sie Bescheid wissen, wo wie viel Grundwasser in welcher Qualität vorhanden ist. Also messen sie die Grundwasserstände (im Solothurnischen werden z.B. 50, im Kanton St. Gallen rund 60 Messstellen unterhalten), ermitteln Ausdehnung und Mächtigkeit der Grundwasservorkommen und berechnen die Menge Grundwasser, die jedes Jahr neu gebildet wird. Aus diesen Untersuchungen ergibt sich, wie man die Grundwasservorkommen nachhaltig bewirtschaften kann. Der Kanton erteilt Konzessionen: Darin wird festgelegt, wer wo wie viel Wasser zu welchem Zweck entnehmen darf. Die Kantone überwachen die Qualität ihrer Grundwasservorkommen (Wasserhärte, Gehalt an Sauerstoff, Nitrat, Pflanzenschutzmitteln usw.). Über die Jahre hinweg lassen sich mit diesen Daten Entwicklungen erkennen. Man sieht, welche Substanzen aufgrund von menschlichem Tun (wie z.B. Verkehr, Industrie, Landwirtschaft, Pflanzgärten usw.) im Grundwasser zunehmen und welche dank des Grundwasserschutzes zurückgehen.

Damit man den Zustand und die Entwicklung der Grundwasserqualität auch gesamtschweizerisch beurteilen kann, haben die beiden Bundesämter **BUWAL** (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) und **BWG** (Bundesamt für Wasser und Geologie) zusammen mit den Kantonen ein Beobachtungsnetz aufgebaut (NAQUA). Das **Programm NAQUA** umfasst rund 550 Messstellen in der ganzen Schweiz. Einerseits werden damit Langzeitbeobachtungen, andererseits auch Spezialuntersuchungen durchgeführt: Als erstes werden Problemstoffe aus der Landwirtschaft (Nitrat, Pflanzenschutzmittel) und dem Verkehr (Treibstoffbestandteile) untersucht. Diese Untersuchungen werden regelmässig wiederholt und geben eine gute Übersicht, wie sich die Problemstoffe in den Grundwasservorkommen entwickeln. Sie sind wichtig für die Erfolgskontrolle der gesetzgeberischen Massnahmen im Gewässerschutz, aber auch bei der Ökologisierung der Landwirtschaft.

SPITZENQUALITÄT ZU TIEFSTPREISEN

Über 3000 öffentliche Wasserversorgungen beliefern in der Schweiz Bevölkerung, Industrie und Gewerbe zuverlässig mit einwandfreiem Trinkwasser. Die 5 grössten Wasserversorgungen der Schweiz beliefern jeweils mehr als 100 000 Menschen (Genf, Zürich, Basel, Lausanne und Bern), die anderen Wasserversorgungen sind wesentlich kleiner. Mehr als 5000 Leute arbeiten voll- oder teilzeitlich in der Wasserversorgung. Hierzulande stehen ca. 50 000 km Leitungsrohre zur Verfügung, die das Wasser in die Haushalte verteilen. Insgesamt fallen Kosten in der Höhe von schätzungsweise 1.4 Milliarden Franken pro Jahr für die Trinkwassergewinnung, -aufbereitung und -versorgung an. Und dennoch ist das Wasser sehr günstig: 1000 Liter kosten im Schnitt nur 1.60 Fr. (zwischen 50 Rappen und 3.50 Fr. – je nachdem, ob und wie aufwändig es aufbereitet wird).

Da zunehmend Unterhaltsarbeiten und Erneuerungen in der Wasserversorgung fällig werden, ist künftig mit höheren Preisen zu rechnen. Verglichen mit anderen Orten auf der Erde wird das Schweizer Trinkwasser aber selbst dann noch ausserordentlich günstig sein.

Merkwürdiges

WHO IS WHO IM GRUNDWASSER?

Natürliches Mineralwasser darf man nur einwandfreies Grundwasser nennen, das ohne Desinfektion und Zusätze Trinkwasserqualität aufweist. Man kennt es abgefüllt in Flaschen. Als sehr gering mineralhaltig bezeichnet man ein Mineralwasser, das weniger als 50 mg gelöste Mineralien enthält. Mehr als 1500 mg/l gelten als hoher Mineralgehalt.

Medizinalwasser nennt der Volksmund ein Mineralwasser, das von einem bestimmten Mineral so viel enthält, dass es Auswirkungen auf den menschlichen Körper hat. Wasser mit mehr als 2000 mg/l Sulfat darf beispielsweise mit dem Hinweis verkauft werden: «kann abführend wirken».

Säuerling heisst Mineralwasser, das von Natur aus mehr als 250 mg freie Kohlensäure pro Liter enthält.

Thermalwasser ist Grundwasser, das im Erdinnern erwärmt wurde (pro hundert Meter Tiefe durchschnittlich um 3°C) und mindestens 20°C warm ist. Natürlicherweise tritt es in Thermalquellen an den Tag. Immer mehr wird aber auch nach Thermalwasser zur Wärmenutzung gebohrt.

Juveniles Wasser stammt aus der glutflüssigen Masse im Innern der Erde (Magma), und es hat noch nie am irdischen Wasserkreislauf von «verdunsten – regnen – versickern – verdunsten etc.» teilgenommen. Erst bei Vulkanausbrüchen gelangt es an die Erdoberfläche und nimmt fortan am Wasserkreislauf teil.

Fossiles Wasser ist sehr altes Grundwasser, das schon lange nicht mehr am Wasserkreislauf teilgenommen hat. Dieses Grundwasser wird oft nicht mehr erneuert, einmal abgepumpt, ist es verschwunden.

Totwasser ist so stark an die kleinen Bodenteilchen gebunden, dass nicht einmal die Saugkraft der Pflanzenwurzeln ausreicht es herauszulösen.

Trinkwasser heisst das Wasser, das ins öffentliche Trinkwassernetz eingespeist wird und direkt ab Wasserhahn getrunken werden kann. Die Hälfte des Schweizer Grundwassers kommt in so guter Qualität zum Boden heraus, dass es überhaupt nicht behandelt werden muss.

Reinstwasser ist absolut frei von Inhaltsstoffen. Es wird für technische und medizinische Zwecke gebraucht und speziell dazu aufbereitet.

Rohwasser heisst alles Wasser, das vom Wasserwerk für die Trinkwassernutzung aus einem Wasservorkommen – Grundwasser, Fluss oder See – entnommen wird. Wenn keine Aufbereitung nötig ist, sind Roh- und Trinkwasser identisch.

Tierisch Seltsames im Grundwasser. Wenn Hochwasser augen- und farblose Grottenolme aus den Karsthöhlen ans Tageslicht spülte, glaubten die Bauern, es handle sich um junge Höhlendrachen. Bis der Grottenolm 1689 erstmals von einem Wissenschaftler beschrieben wurde.

Ausserhalb vom Wasserschloss. In trockenen Gebieten Afrikas wie der Sahelzone versickern von 100 Regentropfen nur 7 oder weniger ins Grundwasser. 80 Tropfen verdunsten in die Atmosphäre, 13 laufen oberflächlich in Gewässer ab. In der Schweiz hingegen regnet es doppelt so viel, und von den 200 Tropfen, die im gleichen Zeitraum fallen, reichern 60 Tropfen Grundwasser an.

QUALITÄTS-TESTER

Mit Bierhefe-Pilzen kann man die Qualität von Wasser testen. Bierbrauer wissen schon lange: nur mit sauberem Wasser lässt sich gutes Bier brauen. Dieses Wissen nutzten auch die Münchner Stadtväter Mitte des 19. Jahrhunderts. Damals suchten sie nach gutem Wasser für die neue Wasserversorgung der Stadt. Die alte Wasserversorgung war in schlechtem Zustand und war oft Herd von Seuchen gewesen. So z.B. 1854 bei der schweren Cholera-Epidemie.



Mehrere Quellen wurden gründlich getestet. Warum die Wahl auf die Quelle fiel, die am weitesten weg lag – 40 Kilometer vor der Stadt? Weil sich aus ihrem Wasser ein süffiges, ausgezeichnetes Bier brauen liess. Das hatte ein Brauversuch der Franziskanermönche gezeigt. Und so hat man 1880 die Quelle für die Stadt erschlossen – ein teures und riesiges Unternehmen für die damalige Zeit.

Grundwasser Glossar

GRUNDWASSER ist Wasser, das die Hohlräume im Untergrund (Poren, Klüfte und ähnliches) zusammenhängend ausfüllt.

GRUNDWASSERLEITER bestehen aus Lockergesteinen (wie Kies und Sand) oder Festgesteinen (wie Kalk oder Sandstein), deren Hohlräume (Poren und Klüfte) zusammenhängend und gross genug sind, so dass Wasser durchfliessen kann.

GRUNDWASSERNEUBILDUNG nennt man den Vorgang, wenn durch das Versickern von Niederschlägen, durch den Zufluss von Hangwasser oder die Infiltration von Oberflächenwasser neues Grundwasser entsteht.

GRUNDWASSERSTAUER sind Gesteine mit sehr kleinen oder nicht zusammenhängenden Poren und Klüften, die kein oder ganz wenig Wasser durchfliessen lassen.

GRUNDWASSERSPIEGEL ist die Oberfläche des Grundwasservorkommens.

GRUNDWASSERÜBERDECKUNG sind die Boden- und Gesteinsschichten über dem Grundwasserspiegel. Sie schützen das Grundwasser. Die Schutzwirkung hängt nicht allein von der Mächtigkeit der Schichten ab, sondern auch von deren Zusammensetzung: feinkörniges Material schützt besser als grobes. Kaum Schutz bieten zerklüftete oder verkarstete Festgesteine. Den besten Schutz bietet die belebte Bodenschicht.

GRUNDWASSERSCHUTZZONE dient dem Schutz von Trinkwasserfassungen. Sie ist in drei Teilzonen S1–S3 aufgeteilt, welche die Fassung wie Zwiebelschalen umhüllen und in denen von aussen nach innen immer strengere Schutzbestimmungen gelten. Die Grundwasserschutzzone schützt nicht nur das Grundwasser vor Verschmutzung, sondern auch den Grundwasserleiter, den darunter liegenden Grundwasserstauer und die schützende Überdeckung vor baulichen Eingriffen, damit das Grundwasser weiterhin ungehindert fliessen und neu gebildet werden kann.

HYDROGEOLOGIE ist der Spezialbereich der Geologie, der sich mit dem Grundwasser befasst.

INFILTRATION nennt man das Einsickern von Bach- oder Flusswasser in den Grundwasserleiter.

KARST nennt man Landschaften, die durch die Auflösung von wasserlöslichem Gestein (Kalk, Gips) entstanden sind. Hier gibt es kaum Flüsse und Bäche, das Wasser verschwindet rasch in Schratten und Schlucklöchern (Ponoren) und fliesst in oft weit verzweigten Höhlensystemen unterirdisch ab. Oft tritt es in grossen Quellen praktisch ungereinigt wieder an die Oberfläche.

KLÜFTE sind Risse und Spalten im Festgestein.

LUFTSCHADSTOFFE entstehen meist durch menschliche Tätigkeiten. Beispiele sind Schwefeldioxid aus der Verbrennung von Kohle und Erdöl, Stickoxid aus dem Verkehr oder Ammoniak aus der Landwirtschaft. Sie führen zu saurem Regen, überdüngen Böden und natürliche Lebensräume und können auch ins Grundwasser gelangen.

SCHOTTERABLAGERUNGEN blieben nach der letzten Eiszeit in den Tälern liegen. Sie wurden von reissenden Schmelzwasserflüssen abgelagert, die in der damals fast vegetationslosen Landschaft grosse Mengen an Gestein abtragen und zu Kies und Sand zerkleinern konnten. Durch die Kraft des Wassers wurden die Ablagerungen abgerundet, gut gewaschen, nach Grösse sortiert und schliesslich als sehr wasserdurchlässige Lockergesteine abgelagert. Damit sind die Schotter heute hervorragende Grundwasserleiter.

SILIKATGESTEINE sind bei grosser Hitze und Druck entstanden und sind kaum wasserlöslich. Dazu gehören Granit, Gneiss, Amphibolit und Glimmerschiefer. Aus ihnen setzen sich die Walliser, Tessiner und Rhätischen Alpen und das Gotthardmassiv grösstenteils zusammen.

SPEICHERFÄHIGKEIT ist die Eigenschaft eines Gesteins Grundwasser aufzunehmen und zu speichern. Sie hängt vom Anteil der Hohlräume am Gesteinskörper, deren durchschnittlicher Grösse und den Verbindungen zwischen den Hohlräumen ab. Die besten Speichereigenschaften haben grobkörnige und gut sortierte Lockergesteine wie Kies und Sand. Bei Festgesteinen (Kalke, Sandsteine, Granite etc.) nehmen die Klüfte, Spalten oder Höhlensysteme einen viel kleineren Teil am Gesamtvolumen ein.

TON ist einerseits die Bezeichnung für ein mikroskopisch kleines Gesteinspartikel (unabhängig von der mineralogischen Zusammensetzung) und für ein Ablagerungsgestein, das hauptsächlich aus Tonpartikeln aufgebaut ist. Andererseits ist Ton auch die Bezeichnung für eine bestimmte Art von Mineralien, die feinste Plättchen bilden (Tonmineralien).

TRINKWASSERAUFBEREITUNG nennt man die Behandlung von Rohwasser, damit es die vorgeschriebene Trinkwasserqualität erreicht. Wasser wird aber nicht nur aus gesundheitlichen Gründen aufbereitet, manchmal sind es auch technische. So schadet z.B. Wasser mit überschüssiger Kohlensäure nicht der Gesundheit, sondern den Rohrleitungen.

VERSIEGELUNG: Teile der Erdoberfläche werden bebaut (Gebäude, Strassen, Parkplätze etc.) und werden für Niederschläge undurchlässig. Sie hindern Regen am Versickern. Das stört die natürlichen Abflussverhältnisse und die Grundwasserneubildung.

UFERFILTRAT: Grundwasser, das durch Versickern von Bach- und Flusswasser gebildet wird.

WASSERGEFÄHRDUNGSKLASSEN: Wenn Flüssigkeiten Wasser physikalisch, chemisch oder biologisch nachteilig verändern können, nennt man sie wassergefährdende Flüssigkeit. In der Schweiz teilt man sie in zwei Klassen:
In Klasse 1 gehören die Schadstoffe, von denen kleine Mengen ausreichen, grosse Wassermengen nachteilig zu verändern, also stark wassergefährdende Stoffe. Das sind z.B.: Heizöl, Dieselöl, Benzin, Schmieröl, Halogenkohlenwasserstoffe, Lösungen von Schwermetallsalzen.
Klasse 2 umfasst die wenig wassergefährdenden Stoffe; Schadstoffe, von denen grosse Mengen nötig sind, um das Wasser zu schädigen. Das sind z.B.: Ethylalkohol, Glyzerin, Aceton, Salzsäure, Schwefelsäure, Lösungen von Alkali- und Erdalkalisalzen sowie Kali- und Natronlauge.

WASSERVERSORGER betreiben die Anlagen, die Trinkwasser gewinnen und verteilen. In der Schweiz sind es Gemeinden, Gemeindeverbände, öffentlich- und privatrechtliche Unternehmen und Private.

WASSERWERK ist der Ort, an dem Trinkwasser gefördert und falls nötig aufbereitet (behandelt) wird.

Impressum

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL
Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP
Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio UFAFP
Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape SAEFL

2003

Herausgeber: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, CH-3003 Bern; www.umwelt-schweiz.ch.
Das BUWAL ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)
Konzept, Text und Redaktion:
Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid (ZfaÖ), Steinhuserberg LU, Daniela Jost, jost@schattweid.ch; Ruth Schürmann, Luzern
Umsetzung visuell: Atelier Ruth Schürmann, Luzern, rschuer@kat.ch
Begleitung BUWAL: Daniel Hartmann, Reto Muralt (Sektion Grundwasserschutz), Sylvain Affolter (Kommunikation)
Fachliche Begleitung: Emil Greber (magma AG, Zürich)
Fachliche Beratung: Werner Blüm (AWEL ZH), Michael Fuchs (CSD Altdorf), Tom Gonser (EAWAG), Ronni Hilfiker (AfU AG), Alfred Isler (BLS Alptransit AG), Urs Kamm (svgw), Rolf Kipfer (EAWAG), Ronald Kozel (BWG), Edi Schilter (AfU UR), Bernhard Schudel (WEA BE), Gianni della Valle (Stettlen)
Fotos: Comet Photos S. 3, 14, 24, 25; Ruth Schürmann S. 3, 6, 7, 13, 15, 19, 20, 23, 29; Fredy Vetter (ZfaÖ) S. 3, 5; Stefan Wicky S. 5; Biosphärenreservat Entlebuch S. 5; Adrian Pfiffner S.6; Michael Fuchs S. 8; Kellerhals + Häfeli AG S. 8; naturaqua HYDROTRACE S. 9; Baumann und Fryberg S. 10, 27; Oskar Ogi S. 12; Gerhard Ammann S. 12; Jens Zollhöfer S. 12; WEA Bern S. 12, 26; AURA Luzern S. 12; Tom Gonser S. 17; Peter Ferlin S. 17; BUWAL / AURA S. 18; Tourismus Leukerbad S. 19; Franz Mayr S. 23; BLS Alptransit AG S. 23; magma AG S. 28; Titelbild: BUWAL / AURA
Internet: Der Inhalt ist als pfd-file abrufbar unter www.buwalshop.ch
Papier: Cyclus Print, 100 % Altpapier
aus sortierten Druckerei- und Büroabfällen
Auflage: 50 000 deutsch, 10 000 französisch, 3000 italienisch

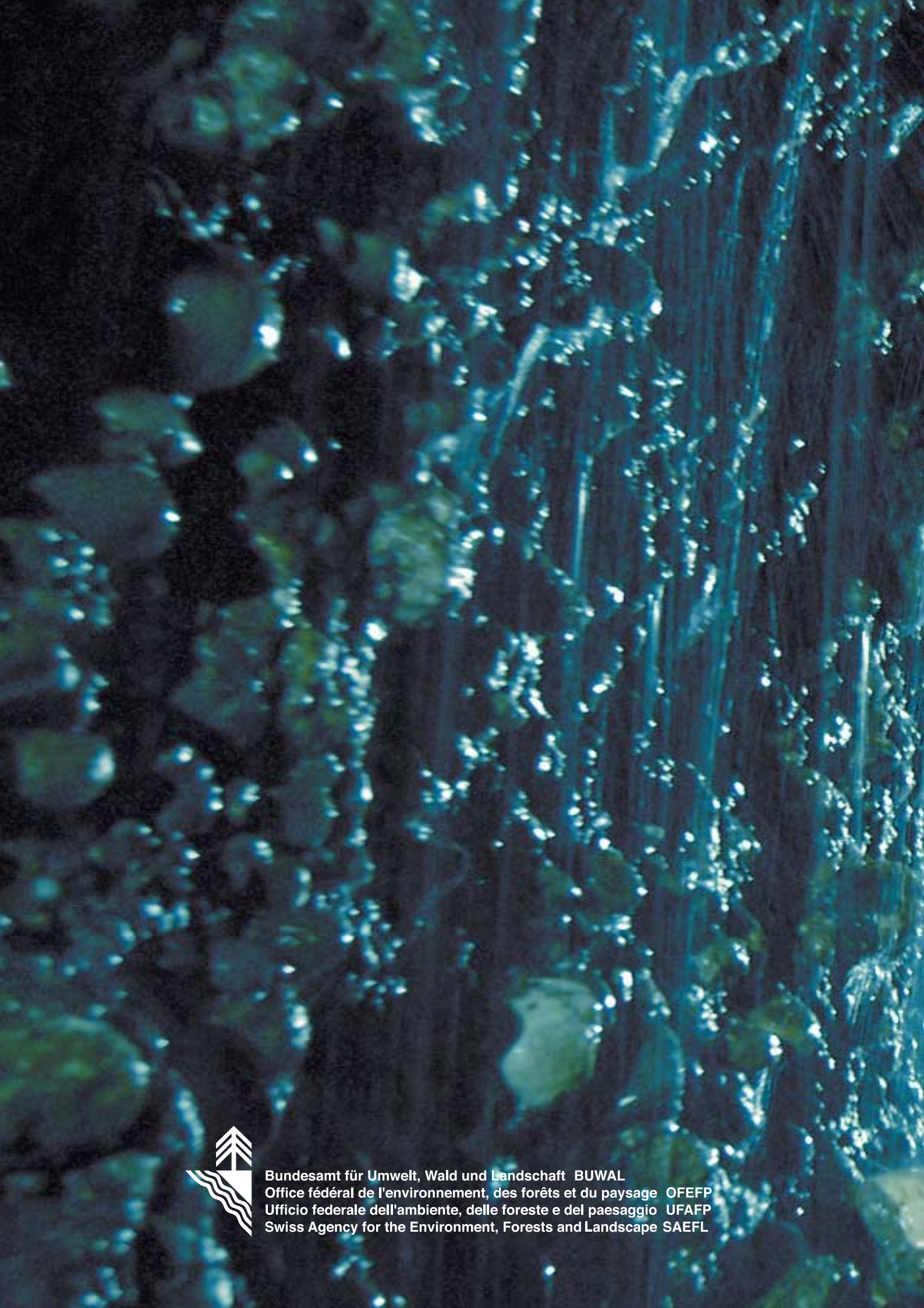
Copyright: © BUWAL, Nachdruck erwünscht
mit Quellenangabe und Belegexemplar

Bezug: BBL, Vertrieb Publikationen, CH-3003 Bern,
Tel. +41 (0)31 325 50 50, Fax +41 (0)31 325 50 58
verkauf.zivil@bbl.admin.ch, Internet: www.bbl.admin.ch / bundespublikationen
Bestellnummern: 319.002d (deutsch),
319.002f (französisch), 319.002i (italienisch)

Hinweis: Die Broschüre wurde in Zusammenhang mit der Wanderausstellung «Grundwasser – ein Schatz auf Reisen» erarbeitet.
Sie steht unter dem Patronat des SVGW und wird getragen von BUWAL, SVGW, VSA, SGH und den Kantonen AG, BE, BL, BS, GL, GR, LU, NW, SG, SO, SZ, TG, UR, ZH und Liechtenstein.

SVGW SSIGE

Tourneeplan und weitere Informationen zur Ausstellung siehe **www.grundwasser.ch**



Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL
Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP
Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio UFAFP
Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape SAEFL