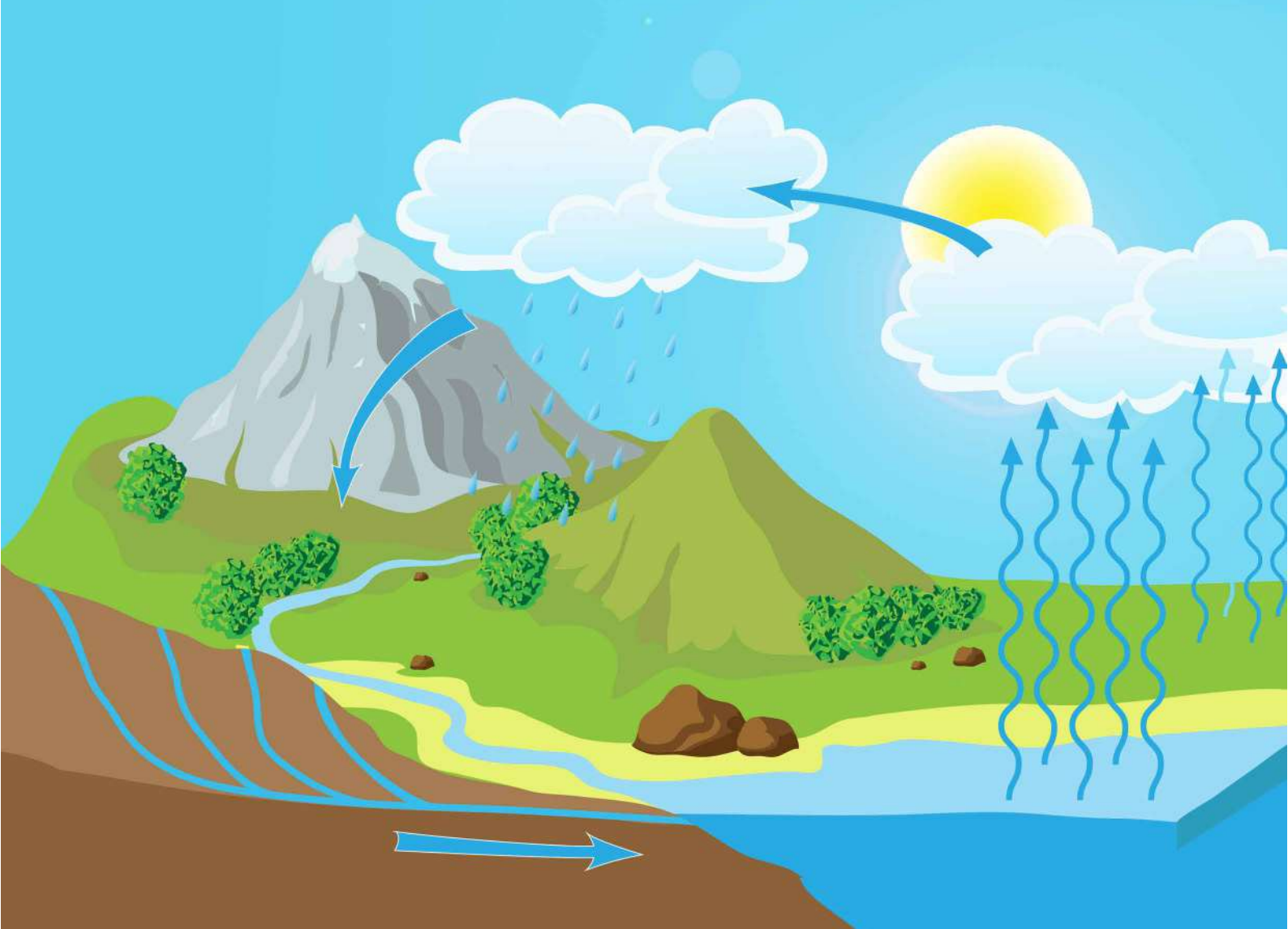

Der Wasserkreislauf

Unterrichtsmappe für alle Schulstufen mit Praxisteil für Lehrende



Impressum:

Der Wasserkreislauf

Unterrichtsmappe für alle Schulstufen mit Praxisteil für Lehrende

Eigentümer, Herausgeber, Verleger:

Umwelt-Bildungs-Zentrum Steiermark - UBZ

A-8010 Graz, Brockmanngasse 53

E-Mail: office@ubz-stmk.at

Web: www.ubz-stmk.at

Redaktion:

Dipl.-Päd.ⁱⁿ Mag.^a Martina Krobath, BEd; Mag. Michael Krobath; Dr. Otmar Winder, Mag.^a Pauline Jöbstl

Layout:

Nicole Dreißig

Titelbild: Grafik Wasserkreislauf: Merkushev Vasilii/shutterstock.com

Bild Kopfzeile und Zwischenblätter: Grafik Wasserkreislauf: Naschy/shutterstock.com

Bildkarten: pixabay.com (S. 48-50, S. 77-81, S. 109-113)

Bildnachweise: sofern nicht anders angegeben © UBZ Steiermark

Erstellt im Rahmen des Projektes „Wasserland Steiermark“

Fördergeber: Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 14 Wasserwirtschaft, Ressourcen und Nachhaltigkeit

© UBZ, Graz 2021





Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1. Basiswissen

1.1	Wasservorkommen	
1.1.1	Allgemein	13
1.1.2	Woher kommt das Wasser	14
1.1.3	Salzwasser - Süßwasser	14
1.1.4	Aggregatzustände von Wasser	17
1.1.5	Wasser und Klima	18
1.2	Wasserkreislauf	
1.2.1	Allgemein und Begriffsklärung	20
1.2.2	Globaler Wasserkreislauf	27
1.2.3	Wasserkreislauf in Österreich	28
1.3	Wasserversorgung	
1.3.1	Allgemein	29
1.3.2	Global	29
1.3.3	Österreich	30
1.4	Wasserentsorgung	
1.4.1	Allgemein	33
1.4.2	Global	33
1.4.3	Österreich	35
1.4.4	Kläranlagen	35
1.5	Wasserschutz	
1.5.1	Allgemein	36
1.5.2	Der Wald als Wasserspeicher	38
1.5.3	Plastik im Wasserkreislauf	38
1.5.4	Wasser als globales Nachhaltigkeitsziel	40

2. Praxisteil für Lehrende

2.1	Wasservorkommen	
2.1.1	Salz- oder Süßwasser - Bildkarten	47
2.1.2	Der Plaque Planet - Demonstration	51
2.1.3	Keimversuch Kresse - Experiment	53
2.1.4	Meeresspiegelanstieg - Experiment	55
2.2	Wasserkreislauf	
2.2.1	Was hat das Wasser schon alles erlebt? - Schreibenanlass	57
2.2.2	Wasserkreislauf - Schaubild	58
2.2.3	Wasserkreislauf - Arbeitsblatt	59
2.2.4	Wasserkreislauf in Bildern - Kreative Übung	60
2.2.5	Verdunstung - Experiment	73
2.2.6	Wolke in der Flasche - Experiment	74
2.2.7	Wokenträumerei - Kreative Übung	76



2.2.8	Wolkenarten - Infoblatt	82
2.2.9	Was Wolken erzählen - Arbeitsblatt	84
2.2.10	Regen machen - Experiment	85
2.2.11	Regenstab - Werkstück	86
2.2.12	Regentrommel - Werkstück	87
2.2.13	Tropfenbilder - Stilleübung	88
2.2.14	Niederschlagsmengen in der Steiermark - Arbeitsblatt	92
2.2.15	Niederschlagsprofil - Geografische Fachmethode	93
2.2.16	Niederschlagsprofil - Arbeitsblatt	94
2.2.17	Niederschlagsmengen der Steiermark - Karte	98
2.2.18	Regen versickert im Boden 1 - Experiment	99
2.2.19	Regen versickert im Boden 2 - Experiment	100
2.2.20	Regen versickert im Boden - Protokoll	102
2.2.21	Bau einer Wasserquelle - Experiment	103
2.2.22	Wasserkreislauf in der Pizzaschachtel - Kreative Übung	105
2.2.23	Wasserkreislauf im Glas - Experiment	106
2.2.24	Wasserkreislauf-Wörter - Wortschatzübung	108
2.2.25	Wasser-ABC - Kreativer Schreibanlass	114
2.2.26	Elfchen - Kreativer Schreibanlass	115
2.2.27	Akrostichon - Kreativer Schreibanlass	116
2.2.28	Gedicht mit allen Sinnen - Kreativer Schreibanlass	117
2.2.29	Klanggeschichte - Sprachlich-rhythmische Übung	118
2.2.30	Stop Motion - Präsentationsform	119
2.2.31	Lapbook - Präsentationsform	121
2.2.32	Der Wasserkreislauf - Karteikarten	123
2.2.33	Wasser läuft im Kreis - Massage	131
2.2.34	Der kleine Wassertropfen - Fantasiereise	133
2.3	Wasserversorgung	
2.3.1	Wie das Wasser ins Haus kommt - Experiment	135
2.3.2	Wasserversorgung - Landschaftsmodell	136
2.3.3	Die Wasserversorgung - Karteikarten	137
2.3.4	Wasserverbrauch - Legeübung	139
2.3.5	So viel Wasser brauche ich - Arbeitsblatt	145
2.3.6	Wasserdetektive unterwegs - Dokumentation	146
2.3.7	Dem Wasser auf der Spur - Fotoreportage	147
2.3.8	3D-Karte: Wasser in meinem Bezirk - Kreative Übung	148
2.4	Wasserentsorgung	
2.4.1	Bau einer Minikläranlage - Experiment	150
2.4.2	Das WC ist kein Mistkübel - Sortierübung	151
2.4.3	Das WC ist kein Mistkübel - Infoblatt	152
2.4.4	Das WC ist kein Fetty - Infoblatt	153
2.4.5	Kein Öl in das WC - Infoblatt	154



2.5 Wasserschutz

2.5.1	Waschpulver selbst gemacht - Rezept	155
2.5.2	Waschmittel aus Rosskastanien - Rezepte	157
2.5.3	Virtuelles Wasser in Produkten - Gespräch mit Impulskarten	159
2.5.4	Verstecktes Wasser in Lebensmitteln - Recherche	162
2.5.5	Verstecktes Wasser in Lebensmitteln - Arbeitsblatt	163
2.5.6	Niederschlagsmengen weltweit - Recherche	166
2.5.7	Niederschlagsmengen weltweit - Arbeitsblatt	167
2.5.8	Klassenjause - Praktische Übung	169
2.5.9	Klassenjause - Arbeitsblatt	174
2.5.10	Boden als Wasserfilter - Experiment	175
2.5.11	Trockenheit - Experiment	176
2.5.12	Wasserabfluss und Bodenbedeckung - Landschaftsmodell	177
2.5.13	Versauerung der Meere - Experiment	178

3. Literatur- und Quellenverzeichnis

3.1	Literatur	180
3.2	Links	180

Das Wasser

Vom Himmel fällt der Regen
und macht die Erde nass,
die Steine auf den Wegen,
die Blumen und das Gras.

Die Sonne macht die Runde
in altgewohntem Lauf
und saugt mit ihrem Munde
das Wasser wieder auf.

Das Wasser steigt zum Himmel
und wallt dort hin und her,
da gibt es ein Gewimmel
von Wolken grau und schwer.

Die Wolken werden nasser
und brechen auseinander
und wieder fällt das Wasser
als Regen auf das Land.

Der Regen fällt ins Freie
und wieder saugt das Licht,
die Wolke wächst aufs Neue,
bis dass sie wieder bricht.

So geht des Wassers Weise:
Es fällt, es steigt, es sinkt
in ewig gleichem Kreise
und alles, alles trinkt.

James Krüss

Vorwort



Wasser ist ein ganz besonderer Stoff. Seit es auf der Erde existiert, ist es einem permanenten Wandel unterworfen und dennoch haben wir es mit demselben Element zu tun, das schon vor 100 Millionen Jahren den Durst der Dinosaurier löschte. Wasser geht auf unserer Welt nicht verloren, es ändert nur laufend seinen Zustand und Ort. Mal ist es in der Luft, dann wieder Jahrtausende im Boden, bis es irgendwann als Grundwasser aus der Erde sprudelt.

Das Erkennen der unterschiedlichen Aggregatzustände von Wasser ist eine der ersten naturwissenschaftlichen Erkenntnisse von Kindern. Sie spüren schon vor der Geburt flüssiges Wasser, baden nach der Geburt darin, nehmen im ersten Lebensjahr oft schon Schnee wahr und später lernen sie das Verdunsten von Wasser kennen. Dass es einen großen Zusammenhang zwischen den Wolken, dem Regen und dem Fließen von Gewässern gibt, erfahren sie beim Erlernen des Wasserkreislaufs.

Tipps dazu und eine Fülle an Vorschlägen für die praktische Umsetzung im Unterricht, aber auch die notwendigen Hintergrundinformationen liefert die Neuauflage unserer Unterrichtsmappe „Der Wasserkreislauf“.

Im fachwissenschaftlichen Teil der Mappe – dem „Basiswissen“ – wird nicht nur auf den natürlichen Wasserkreislauf eingegangen, sondern auch auf das Wasservorkommen, die Wasserversorgung und die Abwasserentsorgung.

Es wird ebenso ein Blick über die Grenzen des wasserreichen Österreichs geworfen, um zu erkennen, wie wertvoll unser Wasser ist und dass in anderen Erdregionen frei verfügbares Wasser keine Selbstverständlichkeit ist. Aus diesem Grund hat die Weltgemeinschaft dem Thema Wasser im Rahmen der SDGs ein eigenes Nachhaltigkeitsziel, das SDG 6 – Sauberes Wasser und Sanitätsversorgung – gewidmet.

In den Mittelpunkt gestellt wird aber auch, dass das nasse Element Spaß macht, zum Spielen und Forschen einlädt bzw. als wichtigstes Lebensmittel und unverzichtbare Ressource gesehen wird. Hierfür findet sich im „Praxisteil“ eine Fülle an Vorschlägen für die Umsetzung im Unterricht.

Anleitungen, Übungen und Experimente, Karteikarten, Impulsbilder und Grafiken liegen der Mappe als Kopiervorlage bei. Alternative Präsentationsformen wie zB die Ausarbeitung eines Lapbooks, die Darstellung des Wasserkreislaufes in der Pizzaschachtel oder das Drehen eines Trickfilms mit der Stop-Motion-Technik bringen Abwechslung für einen fächerübergreifenden Projektunterricht.

Wir wünschen Ihnen und Ihren SchülerInnen für die Arbeit mit der vorliegenden Unterrichtsmappe vielfältige Lernerfahrungen und viel Begeisterung bei der Umsetzung!

Ihr UBZ-Team

Kontakt:
Umwelt-Bildungs-Zentrum Steiermark
A-8010 Graz, Brockmannngasse 53
www.ubz-stmk.at | office@ubz-stmk.at



Der Wasserkreislauf

1. Basiswissen

1. Basiswissen



1.1 Wasservorkommen

1.1.1 Allgemein

Seit Jahrmilliarden existiert auf der Erde ein Stoff, der unseren Heimatplaneten zu etwas ganz Besonderem macht. Nirgendwo in unserem Sonnensystem gibt es Wasser in solcher Fülle, dass sogar das gesamte Erscheinungsbild des Planeten davon geprägt ist. Das Wasser macht unsere Erde zu einem wahrhaft blauen Planeten.

Rund 70 % der Erdoberfläche sind von Wasser bedeckt, allerdings sehr ungleich verteilt. Das meiste Wasser befindet sich auf der Südhalbkugel, da die großen kontinentalen Landmassen v. a. auf der Nordhalbkugel liegen. Würde man das gesamte Wasservorkommen (rund 1,4 Milliarden Kubikkilometer) auf der Erde in einen Würfel zusammenfassen, so hätte dieser eine Kantenlänge von gut 1 120 km.

Zurzeit liegen 98,233 % des Wassers auf der Erde in flüssigem, 1,766 % in festem und nur 0,001 % in gasförmigem Zustand vor. Diese Werte haben sich im Laufe der Erd- und Klimageschichte ständig geändert. Gerade jetzt im Anthropozän – das ist das Zeitalter, in dem der Mensch zu einem der wichtigsten Einflussfaktoren auf der Erde geworden ist – sind wir gleichermaßen Verursacher und Zeugen einer sich beständig ändernden Verteilung der Süßwasservorräte, weg vom festen und hin zum flüssigen und gasförmigen Aggregatzustand.

Wasser gilt als Quelle des Lebens. Aber ist Wasser wirklich eine der Voraussetzungen für die Entstehung von Leben? Für Lebensformen, wie wir sie hier auf der Erde kennen, muss man es mit „Ja“ beantworten. Man kann aber nicht ausschließen, dass sich Leben anderswo im Universum auf Basis einer anderen Flüssigkeit, zB flüssigem Methan entwickelt hat. Beweise dafür fehlen allerdings noch.

Wasser ist quantitativ gesehen der wichtigste Bestandteil des Körpers. Wie hoch der Wasseranteil im Körper ist, hängt von drei Faktoren ab:

1. dem Alter
2. dem Anteil an Muskelmasse
(besteht zu ca. zwei Drittel aus Wasser)
3. dem Anteil an Fettgewebe
(besteht zu ca. einem Viertel aus Wasser)

Bei einem Neugeborenen ist der Wassergehalt mit 85 % am größten, Kinder weisen einen durchschnittlichen Wassergehalt von 60-70 % auf, während dieser bei sehr alten Menschen unter 50 % sinken kann. Frauen weisen naturgemäß einen höheren Fettanteil und damit einen geringeren Wassergehalt (50-55 %) als Männer (60-65 %) auf. Mit zunehmendem Alter nimmt das Bindegewebe weniger Wasser auf und der Fettanteil ist oft höher als bei jungen Menschen.

Immens hoch ist der Wasseranteil zB bei Quallen mit 98-99 % des Körpergewichts. Das andere Extrem zeigt sich bei zahlreichen primitiven Lebensformen, wo so genannte Dauerstadien gebildet werden können, wie zB das Bärtierchen. Diese Winzlinge haben die Fähigkeit, extreme Umweltbedingungen in einem todesähnlichen Zustand (Kryptobiose) zu überleben, wobei der Körper fast vollständig austrocknet und so jahrzehntelang auf extremer Sparflamme überleben kann.

Chemisch betrachtet ist Wasser (H_2O) eine Verbindung aus den Elementen Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O). Durch den Dipolcharakter seiner Moleküle ist Wasser ein gutes polares Lösungsmittel für die meisten Stoffe.

Was ist ein Dipol?

In einem Wassermolekül sind zwei Wasserstoffatome an ein Sauerstoffatom gebunden.

Da sich auf der Seite des Sauerstoffatoms ein negativer Ladungsschwerpunkt und auf der Seite der beiden Wasserstoffatome ein positiver Ladungsschwerpunkt ergibt, spricht man von einem Dipolmolekül (Zweifachpol).

Dieses permanente Dipolmoment macht Wasser zu einem polaren Stoff, in diesem Fall zu einem polaren Lösungsmittel für viele andere polare Substanzen wie zB Salze.

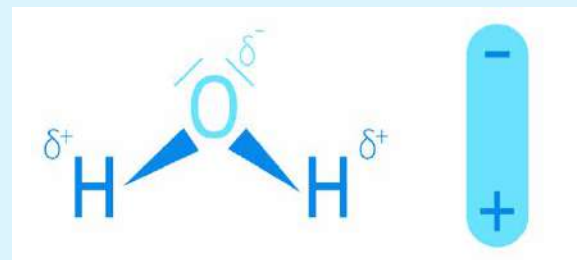


Abb. 1: Winkelstruktur des Wassermoleküls und Dipolmolekül-Darstellung (Zweifachpol)

1. Basiswissen



Erwähnenswert scheint die Tatsache, dass Wasser hier auf der Erde die einzige chemische Verbindung darstellt, die in der Natur als Flüssigkeit, als Festkörper und als Gas vorkommt.

1.1.2 Woher kommt das Wasser

Ein nicht genau zu quantifizierender Teil des irdischen Wassers stammt wohl von der Erde selbst. Durch Ausgasungsprozesse der sich abkühlenden Ur-Erde bildete sich eine frühe, wasserdampfreiche Ur-Atmosphäre. Man geht davon aus, dass diese durch heftigen Sonnenwind, wie er in der Frühphase der Erde auftrat, weggerissen wurde und so in den Weltraum entwich. Als Ergebnis von starkem Vulkanismus wurde erneut eine wasserdampfreiche Atmosphäre gebildet, aus der im Zuge der Abkühlung des Planeten durch Kondensation Wasser ausregnete und sich Ozeane bilden konnten.

Wie kam das Wasser auf die Erde?

Ein Teil, wenn nicht sogar der größte Teil des heute auf der Erde befindlichen Wassers könnte aus dem äußeren Bereich des Asteroidengürtels (Bereich zwischen Mars

und Jupiter) stammen. Chemische Analysen des Wassers in Chondriten (Steinmeteoriten) und Kometen aus diesem Bereich des Sonnensystems zeigen erstaunliche Übereinstimmungen mit Messergebnissen von irdischem Wasser. Als möglicher „Wasserspender“ könnte auch „Theia“ fungiert haben, das ist jener hypothetische marsgroße Protoplanet, der vor ca. 4,5 Milliarden Jahren mit der Erde kollidiert ist und woraus letztlich unser Mond hervorging.

Dass sich Wasser bilden und erhalten konnte, liegt am optimalen Abstand der Erde zur Sonne. Während es zB auf der Venus immer so heiß ist, dass alles Wasser sofort verdampfen würde und am Mars Wasser aufgrund der dort vorherrschenden Kälte nur als Eis existieren kann, liegt die mittlere Erdtemperatur über dem Gefrierpunkt von Wasser und unter seinem Verdampfungspunkt.

1.1.3 Salzwasser – Süßwasser

Wer sich dem großen Thema Wasser eingehend widmen möchte, der muss sich zunächst einige grundlegende Fragen stellen: Warum gibt es Süß- und Salzwasser auf der Erde und worin unterscheiden sie sich grundsätzlich von-

Wasserverteilung auf der Erde

Globales Wasservorkommen

Salzwasser (Ozeane)	97 %
Süßwasser	3 %

Süßwasser

Eiskappen und Gletscher	68,7 %
Grundwasser	30,1 %
Andere	0,9 %
Oberflächenwasser	0,3 %

Oberflächenwasser

Seen	87 %
Sümpfe	11 %
Flüsse	2 %

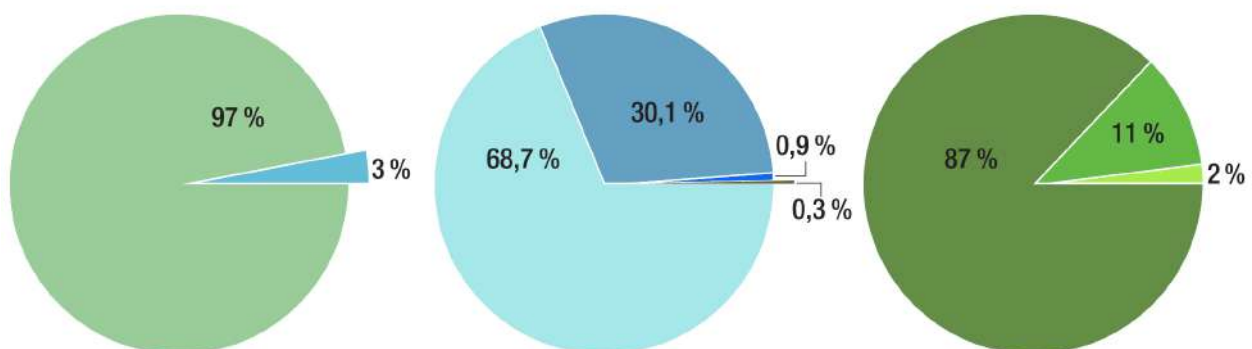


Abb. 2: Wasserverteilung auf der Erde; UBZ Steiermark

1. Basiswissen



einander? Die Demonstration > [Der blaue Planet](#) (S. 51) kann einen Überblick über die ungleiche Verteilung von Salz- und Süßwasser geben.

Der überwiegende Teil des Wassers auf der Erde (ca. 97 %) liegt als Salzwasser vor, die restlichen rund 3 % sind Süßwasservorkommen, wovon mehr als die Hälfte in den Eiskappen der Pole, in Gletschern und im Dauerfrostboden als Eis gebunden ist. Rund ein Drittel des gesamten Süßwassers steht als Grundwasser zur Verfügung. Verschwindend klein ist jener Wasseranteil, der auf Fließgewässer, Seen, Wasser in der Atmosphäre, im Boden und in Lebewesen entfällt.

Wie entsteht Süßwasser und woher stammt die hohe Salzkonzentration in den Ozeanen?

Die Entstehung beider Formen des Wassers ist gesamtheitlich zu betrachten. Süßwasser entsteht im Wesentlichen durch die Verdunstung des Salzwassers der Meere. Im aufsteigenden Wasserdampf lassen sich Mineralien kaum nachweisen. Der noch über dem Meer oder Hunderte oder Tausende Kilometer entfernt fallende Niederschlag ist extrem mineralienarm. Trifft er auf die Bodenoberfläche, so kommt es dort zu Auswaschungsprozessen. Auf seinem Weg durch Boden und Gestein kommt das Wasser in

Kontakt mit löslichen Mineralen. Es nimmt diese, je nach Verfügbarkeit und Löslichkeit in unterschiedlichen Anteilen als Salze auf. Mit den Fließgewässern gelangt diese Salzfracht zu den Ozeanen, wo sie sich durch Verdunstung und ständigem neuen Eintrag immer mehr anreichert. Der Grad der Versalzung eines Meeres im Laufe der Erdgeschichte hängt davon ab, wie viel Wasser aus ihm verdunstet und wie viel des daraus resultierenden Niederschlags direkt wieder auf die eigene Gewässeroberfläche fällt bzw. über Flüsse zugeführt wird.

Wann spricht man von Süßwasser und wann von Salzwasser?

Grundsätzlich unterscheiden sich Süß- und Salzwasser durch die Konzentration der in ihnen gelösten Salze, zB Natrium, Kalzium, Magnesium, Chlorid, Sulfat und Hydrogencarbonat. Liegt der Salzgehalt bei weniger als 0,1 % (1 Gramm pro Liter), so spricht man von **Süßwasser**. Wasser mit einer Salzkonzentration von 0,1 % bis unter 1 % wird als **Brackwasser** bezeichnet. Alle Wasser mit einem Salzgehalt von 1 % und höher gelten als **Salzwasser**. Das weltweit größte Vorkommen an Salzwasser befindet sich in den Weltmeeren.

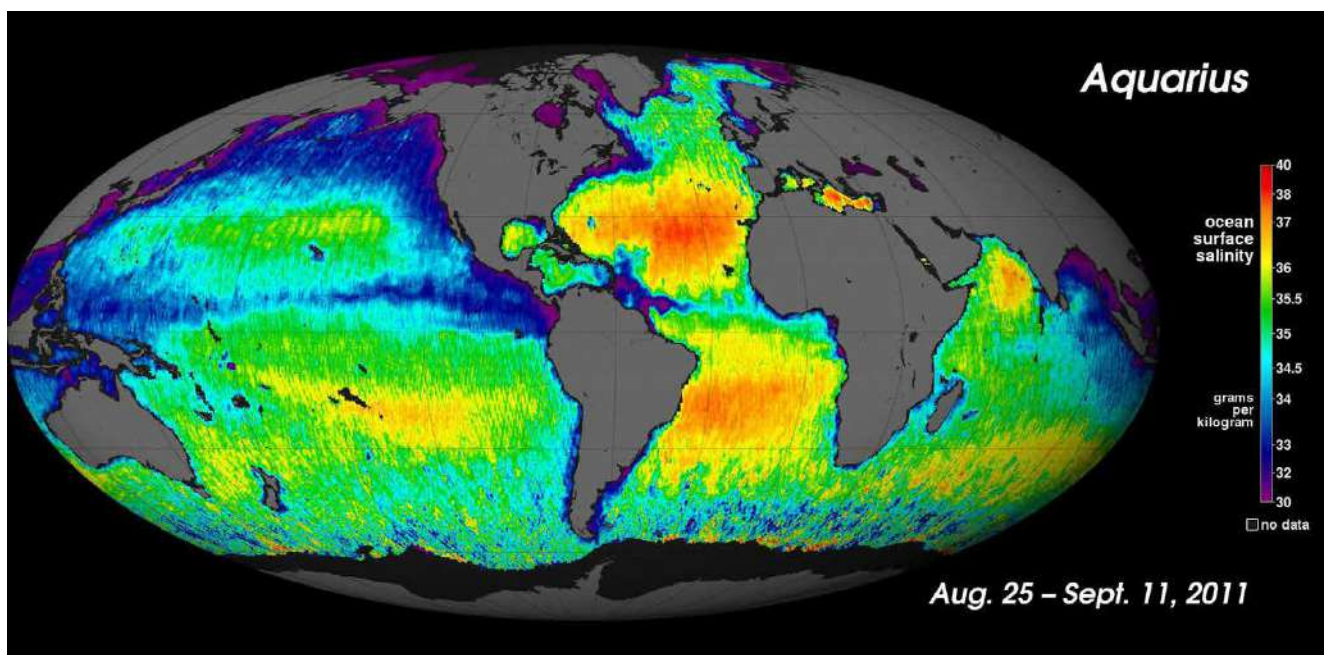


Abb. 3: Übersicht über den Salzgehalt der Meere: Violette Regionen zeigen Wasser mit weniger als drei Prozent Salz, rote Areale sind mit rund vier Prozent am salzhaltigsten. (Wikimedia/NASA/GSFC/JPL-Caltech)

1. Basiswissen



Wie aus der Karte (Abb. 3) ersichtlich gibt es große Unterschiede, was den Salzgehalt der verschiedenen Meere betrifft. So ist der Atlantik deutlich salziger als der Pazifik, der östliche Indische Ozean ist auffallend weniger salzhaltig als der westliche Teil, gleiches gilt im Vergleich Mittelmeer zu Ostsee. Warum ist das so? Erklären lassen sich diese Unterschiede im Wesentlichen durch Einwirkungen von Niederschlägen, Hitze und den Einfluss von Flüssen.

Meeresregionen mit viel Regen sind deutlich süßer. Regenwasser und Hunderte Zuflüsse sorgen in der Ostsee für einen Salzgehalt von nur knapp einem Prozent. Ganz anders das Mittelmeer. Die subtropische Hitze lässt viel Meerwasser verdunsten bei gleichzeitig nur geringem Eintrag von Süßwasser über Flüsse. Das Mittelmeer zählt so zu den salzigsten Großgewässern der Erde, der Salzgehalt liegt im östlichen Mittelmeer bei rund vier Prozent. Welchen Einfluss das über die Flüsse eingebrachte Süßwasser auf die Salinität bestimmter Meeresregionen hat, zeigt die Betrachtung der Amazonas-mündung und des östlichen Indischen Ozeans. Über Tausende Kilometer hinweg ist das Meer in diesen Regionen weniger salzhaltig als der Rest des Ozeans. Unterschiede lassen sich auch beim Vergleich von Atlantik und Pazifik erkennen. Eine mögliche Erklärung dafür sind die nach Westen gerichteten Passatwinde, die das im Atlantik verdunstete Wasser in die Pazifikregion transportieren, wo sie als Niederschläge den dortigen Salzgehalt messbar minimieren.

Interessant und erwähnenswert erscheint in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass trotz der auffallend unterschiedlichen Salzkonzentrationen der Weltmeere die Anteile der wichtigsten gelösten Salzionen zueinander weitgehend gleich bleiben.

Beispiele für Gewässer und deren unterschiedliche Salinität:

- Ozeane (gesamt): durchschnittlicher Salzgehalt bei ca. 3,5 % (35 g/l)
- Atlantik: 3,54 %
- Indischer Ozean: 3,48 %
- Pazifik: 3,45 %
- Mittelmeer: 3,74 %

- Nordsee: 3,5 %
 - Flussmündungen: 1,5–2,5 %
 - Nördliche Nordsee: 3,2–3,5 %
- Schwarzes Meer: 1,7–1,8 %
- Rotes Meer: 4 %
- Kaspisches Meer: 1,3 %
- Totes Meer: 28 % (Durchschnitt)
- Aralsee*: ca. 11 %
- Trinkwasser genießbar für Menschen: bis 0,3 %
- Trinkwasser empfohlen für Menschen: 0,02 %
- Bewässerungswasser
 - Keine Gefahr der Versalzung: bis 0,075 %
 - Geringe Erträge bei empfindlichen Pflanzen: 0,075–0,15 %
 - Geringe Erträge bei vielen Pflanzen: 0,15–0,35 %
 - Nur salzverträgliche Pflanzen: 0,35–0,65 %
 - Geringe Erträge bei salztoleranten Pflanzen: 0,65–0,8 %

*der ursprünglich viertgrößte See der Erde (68 000 km²) schrumpfte aufgrund von exzessiver Wasserentnahme an seinen beiden Zuflüssen seit 1960 auf mehrere kleinere Restseen zusammen. Ihre Gesamtfläche beträgt rund 7 000 km² (2018).

Welche Folgen die Bewässerung durch verunreinigtes Süßwasser auf das Wachstum von Pflanzen hat, wird beim Experiment > [Keimversuch Kresse](#) (S. 53) sichtbar.

Im Vergleich dazu enthält eine isotonische Kochsalzlösung (Blutplasma) 0,9 % (9 g/l) Kochsalz und eine gesättigte Kochsalzlösung 359 g/l Kochsalz bei 25 °C.

Selbst im Binnenland Österreich finden sich zahlreiche salzhaltige Gewässer. Kleinere Salzlebensräume existieren im nördlichen Weinviertel sowie bei Baumgarten an der March, die größten und bekanntesten befinden sich



Abb. 4: Salzlacke im Nationalpark Neusiedler See-Seewinkel; O. Winder

1. Basiswissen



im Nationalpark Neusiedler See-Seewinkel im Burgenland. Auf einer Fläche von ca. 25 km² zählt man rund 40 kleinere salzhaltige Seen, die so genannten Salzlacken des Seewinkels. Am größten und bekanntesten ist die Lange Lacke. Weitere Salzbiotope sind die Birnbaumlacke, die Fuchslacke und der Darscho.

Der zur Langen Lacke angrenzende Hauptsee, der Neusiedler See, gilt streng genommen nicht als Süßwassersee. Sein Salzgehalt beträgt etwa ein Zwanzigstel von jenem des Meerwassers, also rund 0,2 %. Die Salzwerte der übrigen Seen in Österreich liegen allesamt eindeutig im Bereich des Süßwassers, also unter 0,1 %.

1.1.4 Die Aggregatzustände von Wasser

In Abhängigkeit von Temperatur und Druck können Stoffe in verschiedenen Aggregatzuständen (Phasen) vorliegen. Als die drei klassischen Aggregatzustände gelten fest, flüssig und gasförmig. Werden Wärme und Druck verändert, so kann sich folglich der Aggregatzustand eines Stoffes ändern. Die speziellen Bezeichnungen für die verschiedenen Aggregatzustandsänderungen lauten: Schmelzen, Erstarren (= Frieren), Verdunsten (unterhalb des Siedepunkts) und Verdampfen (oberhalb des Siede-

punkts), Kondensieren, Sublimieren und Resublimieren (siehe Abb. 5).

fest:	Festkörper behalten in der Regel Form und Volumen bei.
flüssig:	Flüssigkeiten sind volumsbeständig, ändern aber ihre Form je nach zur Verfügung stehenden Raum.
gasförmig:	Gase sind weder form- noch volumsbeständig.

Wasser gilt auch deshalb als ein ganz besonderer Stoff, da er es uns erlaubt, die Übergänge zwischen den einzelnen Aggregatzuständen in unserem normalen Alltagsleben leicht zu beobachten. Übergänge von einer Phase in eine andere sind stets mit einer Energieänderung verbunden, d. h. es wird entweder Energie aufgewendet oder aber Energie wird freigesetzt. Geht Wasser vom festen in den flüssigen bzw. vom flüssigen in den gasförmigen Zustand über, so ist zum einen Schmelzenergie und im anderen Fall Verdunstungs- bzw. Verdampfungsenergie erforderlich. Bei den umgekehrten Prozessen, beim Übergang von gasförmig zu flüssig bzw. flüssig zu fest, werden die ursprünglich aufgewendeten Energien wieder frei.

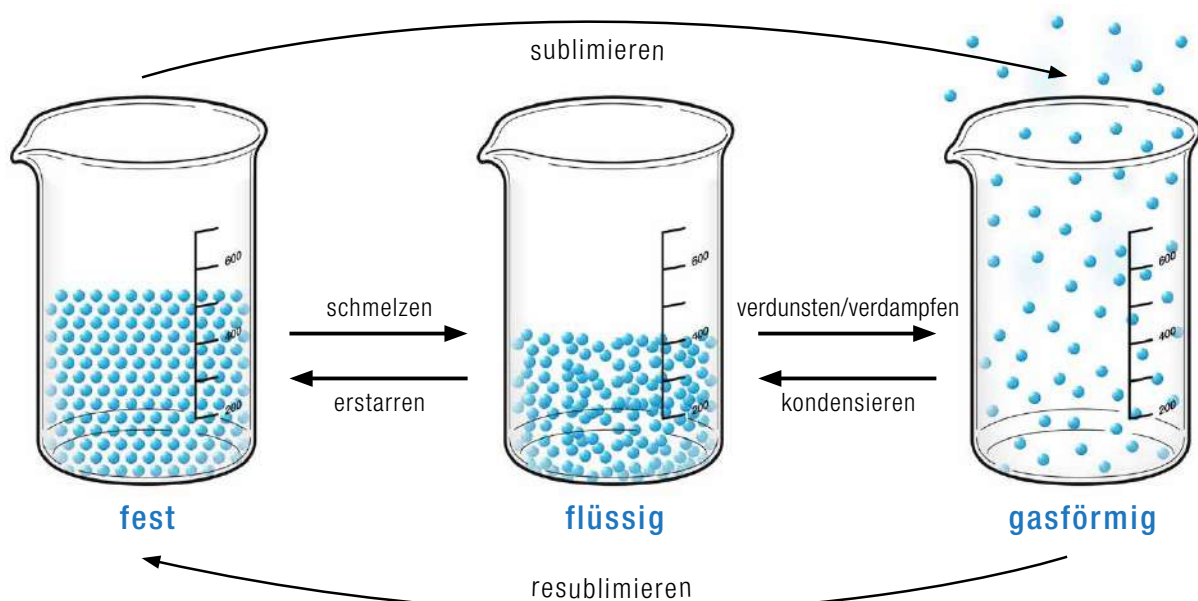


Abb. 5: Aggregatzustände von Wasser; UBZ Steiermark

1. Basiswissen



Die wichtigsten physikalischen Kennzahlen zu Wasser

Formel: H_2O

Gefrierpunkt: $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Schmelzpunkt: $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Siedepunkt: $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ bei Normaldruck von $1\,013,25\text{ hPa}^*$

Dichte: 997 kg/m^3 bei $3,98\text{ }^{\circ}\text{C}$

Oberflächenspannung: Mit $72,75\text{ mN/m}^{**}$ bei $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hat Wasser nach Quecksilber die zweitgrößte Oberflächenspannung aller Flüssigkeiten.

* Hektopascal [hPa]; ** Millinewton pro Meter [mN/m]

1.1.5 Wasser und Klima

Das Klima, so wie wir es auf der Erde beobachten können, ist ohne das Vorhandensein von Wasser nicht denkbar. Wasser und die Energie der Sonne sind die Voraussetzungen für die Entwicklung von Leben auf unserer Erde, gleichzeitig sind sie aber auch die Grundlage bzw. der Motor für das Klima.

Wasser und Klima früherer Erdperioden

Erdgeschichtlich betrachtet sind Klima und Wasserverteilung auf der Erde einem ständigen Wandel unterworfen. Unvorstellbar aus heutiger Sicht, aber vor rund 50 Millionen Jahren gab es auf der Erde kein Eis und die Temperaturen lagen um gut $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ über den heutigen Werten. Die Folgen waren ein rund 70 Meter höherer Meeresspiegel, eine deutlich höhere Wasserverdunstung und daraus ableitbar intensivere Niederschläge.

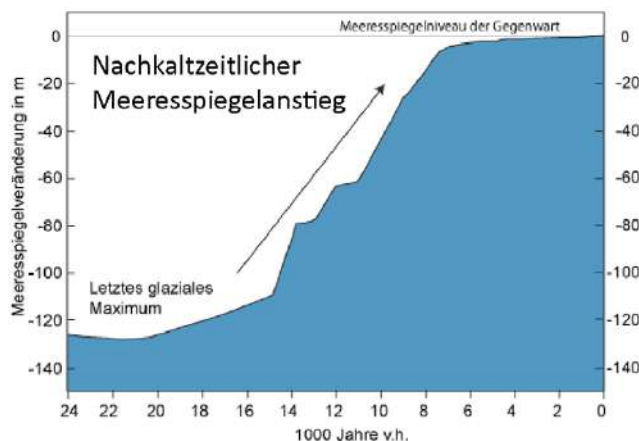


Abb. 6: Veränderung des globalen Meeresspiegelanstiegs in den letzten 24 000 Jahren; D. Kasang/Klimawandel-Wiki

Zeiten, in denen es auf der Erde große Eisflächen gibt (so wie auch heute an den Polen), nennt man Eiszeiten. Wir leben heute also in einer Eiszeit (Pleistozän), allerdings in einer Warmzeit innerhalb dieser Eiszeit. Erdzeitgeschichtlich noch relativ nahe liegt uns die letzte Kaltzeit (Würm-Kaltzeit) innerhalb des Pleistozäns, die vor rund 10 000 Jahren zu Ende ging. Die mittleren globalen Temperaturen lagen um gut 5 bis $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ unter den heutigen Werten. Bis zu 32% der Erdoberfläche waren zum Höhepunkt der Kaltzeit vor 21 000 Jahren (letztes glaziales Maximum) eisbedeckt und der Meeresspiegel lag um etwa 130 Meter tiefer als heute (s. Abb. 6). Weniger Wasserdampf in der Atmosphäre und weniger Niederschläge als heute waren die Folgen.

Auch in der jüngsten erdgeschichtlichen Vergangenheit lassen sich etliche Klimaschwankungen nachweisen, die immer auch eine Auswirkung auf das Wasser hatten. Betrachtet man die letzten 1 200 Jahre, so lassen sich für die Nordhalbkugel drei klimatisch unterschiedliche Epochen erkennen:

- die „Mittelalterliche Warmzeit“ zwischen dem 9. und 11. Jahrhundert
- die so genannte „Kleine Eiszeit“ (keine echte Eiszeit!) zwischen dem 14. und 19. Jahrhundert
- die warme Phase ab dem 20. Jahrhundert

Markante Temperaturänderungen haben in den vergangenen Jahrhunderten oftmals nur einzelne Kontinente oder Regionen betroffen, so etwa die langfristige Erwärmung vom 17. bis zum 20. Jahrhundert in Westeuropa, Nordamerika und großen Teilen Mittel- und Ostasiens, nicht aber auf Grönland, in Osteuropa und Nordwestasien. Nordeuropa erlebte das 19. Jahrhundert sogar als das kälteste im Verlauf der letzten 1 200 Jahre.

Wasser und Klima heute

Analysiert man das Klima der vergangenen 1 000 Jahre, dann fällt besonders der Temperaturanstieg am Ende des 20. Jahrhunderts und in geradezu dramatischer Weise jener der ersten 20 Jahre dieses Jahrhunderts auf. Man ist

1. Basiswissen



sich heute sicher, dass hier der Mensch seine Hand im Spiel hat. Die Ursache des Klimawandels ist die anthropogene Freisetzung von großen Mengen von Treibhausgasen, allen voran das Kohlenstoffdioxid. Aber welche Rolle spielt dabei das Wasser?

Eine Temperaturerhöhung an der Erdoberfläche um 1 °C erhöht die Wasserdampfkapazität der Atmosphäre um 7 %, d. h. die Atmosphäre kann 7 % mehr Feuchtigkeit aufnehmen. Es kommt zu verstärkter Verdunstung über den Ozeanen wie auch über dem Land und das führt zu einer Erhöhung der Niederschläge um 2 bis 3 %.

Global betrachtet bedeutet dies für den Bereich der tropischen Ozeane sowie für die höheren Breiten eine Zunahme der jährlichen Niederschläge, teilweise bis über 20 %. In den mittleren Breiten, wozu auch Österreich zu zählen ist, können Niederschläge teils auch in der Jahressumme zunehmen, insbesondere im Sommer aber regional abnehmen. In der Steiermark bekommen dies LandwirtInnen und WaldbesitzerInnen in Form von Trockenheit bereits nachteilig zu spüren. Weitau düsterer sind die Prognosen für subtropische Gebiete wie den Mittelmeerraum oder die Karibik, wo Niederschlagsrückgänge bis zu 20 % vorhergesagt werden.

Ein Phänomen in Zusammenhang mit dem Klimawandel, das Österreich zwar nicht direkt, aber dennoch indirekt betrifft, ist der Anstieg des Meeresspiegels. Wassermassen werden durch die Schmelze der Gletscher, im Besonderen aber durch das Schwinden der riesigen Eisflächen auf Grönland und in Teilen der Antarktis freigesetzt.

Welche Folgen das Schmelzen der weltweiten Eisflächen für die gesamte Erde hat, insbesondere die Unterscheidung schmelzendes Meereis und schmelzendes Eis vom Festland, kann im Experiment > [Meeresspiegelanstieg](#) (S. 55) eindrucksvoll demonstriert werden.

Nach Berechnungen des Weltklimarates der Vereinten Nationen kommt es bis ins Jahr 2100 zu einem Anstieg des Meeresspiegels um gut einen Meter. Nicht wenige KlimawissenschaftlerInnen halten diesen Wert für eher zu gering bemessen. Verheerende Folgen für tiefgelegene küstenna-

he Landstriche weltweit sind prognostiziert. Riesenstädte wie Jakarta, Lagos oder auch New York sind unmittelbar betroffen und sehen einer unsicheren Zukunft entgegen. Die wirtschaftlichen Schäden werden astronomische Größen erreichen. Ein Beispiel: Alleine die Zerstörungen durch die beiden Hurrikans Katrina (2005) und Sandy (2012) in den USA beliefen sich auf 160 Milliarden Dollar bzw. 90 Milliarden Dollar.

Aus heutiger Sicht beängstigend erscheinen die Schäden, die bei der prognostizierten Zunahme der Hurrikans was Anzahl und Stärke betrifft sowie auf Basis eines gut ein Meter höheren Meeresspiegels für die Zeit nach 2100 zu erwarten sind. Es handelt sich hier um Geldsummen, die bis zu einem gewissen Maß verkraftbar für reiche Industrienationen, aber schlicht unbezahlbar für die armen Länder des Südens sind. Noch dramatischer ist diese Situation für kleine, flache Inselstaaten (Malediven und einzelne Inselnationen des Pazifiks), die einfach von der Landkarte verschwinden werden, und das innerhalb der Lebensspanne unserer heutigen Kinder und Enkelkinder.



Abb. 7: Hurrikan Sandy 2012 an der Ostküste der USA; Wikimedia/NASA

1. Basiswissen



1.2 Wasserkreislauf

1.2.1 Allgemein und Begriffsklärung

Wie aus den bisherigen Ausführungen hervorgeht, ist Wasser ein ganz besonderer Stoff. Seit es auf der Erde existiert, ist es einem permanenten Wandel unterworfen. Und dennoch haben wir es heute mit demselben Wasser zu tun, das schon vor 100 Millionen Jahren den Durst der Dinosaurier löschte. Nur die verfügbare Menge an Wasser hat sich im Verlauf der Milliarden Jahre etwas verändert. Ein Teil ging verloren, etwa durch Verdampfung ins Weltall oder durch die Einbindung in Minerale im Erdinneren. Geschätzt wird, dass es heute ca. ein Viertel weniger Wasser auf der Erde gibt als in der Frühphase der Erde.

In welcher Form zB das Leitungswasser der Schule bereits Teil des Wasserkreislaufes gewesen sein könnte, kann mit dem Schreibanlass [> Was hat das Wasser schon alles erlebt?](#) (S. 57) angeregt werden.

Die Erscheinungsform des Wassers ist einem ständigen Wandel unterzogen. Hauptverantwortlich dafür ist die auf die Erde einwirkende Sonnenstrahlung. Je nach der Menge von eingestrahelter Sonnenenergie verändert Wasser seine Erscheinungsform. Man spricht in diesem Zusammenhang

vom Wasserkreislauf, also dem ständigen Zirkulieren des Wassers zwischen den einzelnen Sphären wie Hydrosphäre, Lithosphäre, Biosphäre und Atmosphäre bei mehrmaligem Wechsel seines Aggregatzustandes.

Eine gute Übersicht über die unterschiedlichen Phasen im Wasserkreislauf erhalten die SchülerInnen durch das Schaubild [> Wasserkreislauf](#) (S. 58). bzw. durch Zeichnen zu vorgegebenen Impulssätzen bei der kreativen Übung [> Wasserkreislauf in Bildern](#) (S. 60).

Beim selbstständigen Erarbeiten des Sachthemas helfen die Karteikarten [> Der Wasserkreislauf](#) (S. 123), aber auch Sachbücher und Recherchen in altersgemäßen Online-Suchmaschinen.

Die individuellen Lernergebnisse zum Thema „Wasserkreislauf“ können auch kreativ zB mit der Präsentationsform [> Lapbook](#) (S. 121) oder in Form einer Geschichte in der Klasse vorgestellt werden.

Verdunstung

Voraussetzung für die Wasserverdunstung ist eine nicht wassergesättigte Luft, was in der Regel der Fall ist. Außerdem erfordert es den Einsatz von Energie, weltweit betrachtet von sehr viel Energie. Als treibende Kraft und Energielieferant von solchem Ausmaß kann nur die Sonne fungieren.

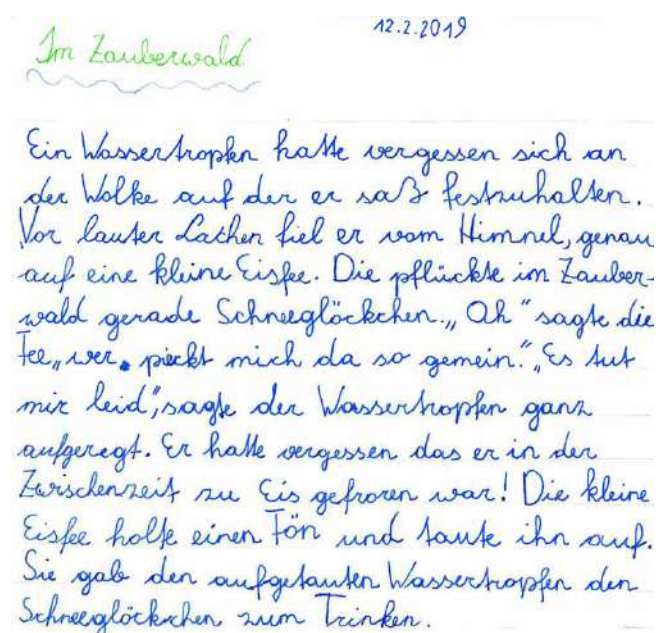


Abb. 8: Das Thema „Wasserkreislauf“ wurde von einer Schülerin in einer Geschichte verpackt.

1. Basiswissen



Ihre Strahlung erwärmt Boden- wie Wasseroberflächen und führt zur Verdunstung – es entsteht Luftfeuchtigkeit. Abhängig von Druck und Temperatur kann ein bestimmtes Luftvolumen jedoch nur eine gewisse Höchstmenge Wasserdampf enthalten. Bei warmer Luft ist diese höher als bei kalter Luft.

Beim Experiment > **Verdunstung** (S. 73) wird am Beispiel feuchter Tücher sichtbar, wie der Einfluss von Wärme und Wind auf die Verdunstung wirkt.

Wolkenbildung

Wolken sind ein Teil des weltweiten Wasserkreislaufes, sie spielen in unserem Klimasystem eine bedeutende Rolle, ohne sie gäbe es keinen Regen, keinen Schnee und die Erde wäre ein nicht wiederzuerkennender Ort.

Erwärmte Luft steigt auf und nimmt sozusagen als Gepäck die in ihr gespeicherte Feuchtigkeit mit nach oben. Da die Temperatur nach oben hin abnimmt, kommt es in der nunmehr mit Feuchtigkeit gesättigten Luft dazu, dass sich das in der Luft befindliche überschüssige Wasser als Tröpfchen auf winzigen Staub- oder Rußteilchen (Aerosole) niederschlägt, es kondensiert.

Die Wassertröpfchen sind allerdings noch so winzig, dass sie in der Luft schweben können. Eine Wolke ist entstanden. Wolken bestehen demnach nicht aus Wasserdampf, wie vielfach geglaubt, sie bestehen aus flüssigem Wasser und Eiskristallen.

Dass Tröpfchen nur an ganz kleinen schwebenden Teilen in der Luft kondensieren können, wird beim dazu passenden Experiment > **Wolke in der Flasche** (S. 74) mit einfachsten Materialien nachgestellt.



Abb. 9: Cumuluswolken; O. Winder

Grundsätzlich sind zwei Formen der Wolkenbildung zu unterscheiden. Steigt Warmluft vertikal nach oben und führt zur Ausbildung von Wolken, so spricht man von Konvektion. Als Ergebnis dieser Form der Wolkenbildung lassen sich hoch auftürmende, scharf begrenzte **Cumuluswolken** (Haufenwolken) beobachten. Entstehen Wolken durch das horizontale Aufgleiten von Warmluft über kältere Luft, so spricht man von Advektion. Aus ihr gehen einheitliche und nicht abgegrenzte schichtförmige Wolken hervor, oder eine Wolkendecke, so genannte **Stratuswolken** (Schichtwolken). Als dritte große Wolkengruppe seien hier noch die **Cirruswolken** (Federwolken) erwähnt, die nur in sehr großen Höhen auftreten und aus Eiskristallen bestehen.

Doch das Vorhandensein von Wolken führt nicht automatisch zu Niederschlag. Erst wenn sich genug kleine Wassertröpfchen zu größeren Tropfen vereinigen und schwer genug werden, können sie als Niederschlag auf die Erde fallen. Bei Temperaturen unter 0 °C gefrieren die Tropfen zu Eiskristallen. Abhängig von weiteren Faktoren fällt der Niederschlag dann als Schnee, Graupel oder Hagel zu Boden.

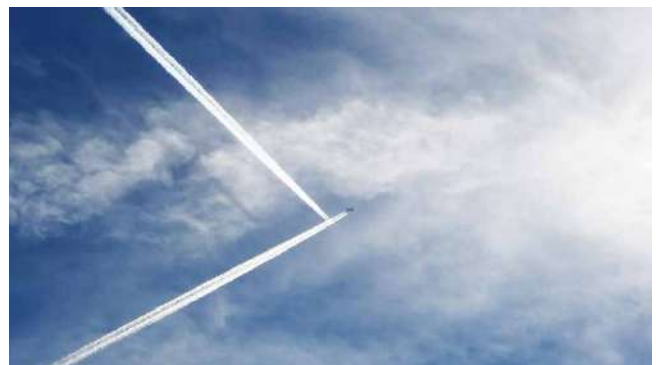


Abb. 10: Stratuswolken; O. Winder



Abb. 11: Virga-Wolken über Nordspanien; Harry Schiffer

1. Basiswissen



Eine ganz besondere und seltene Form von Wolken sind so genannte **Virga-Wolken**. Der Niederschlag verlässt zwar die Wolke und bildet dabei eindrucksvolle, fahnenförmige, nach unten gerichtete Schleppen. Der Regen erreicht die Bodenoberfläche aber nicht, da er im Fallen wieder verdunstet.

Wolkenbildung ist aber keineswegs nur auf die luftigen Höhen beschränkt. Auch in Form von Boden- oder Hochnebel ist Wolkennbildung möglich. Insbesondere im Herbst, wenn die Luft in Bodennähe stärker abkühlt und es dabei zur Kondensation der in der Luft vorhandenen Feuchtigkeit kommt. Nebel legen sich dann über die Landschaft am Boden oder knapp darüber. Von Nebel spricht man dann, wenn man durch den weißen Dunst weniger als einen Kilometer sehen kann.

Wolken sind nicht nur deshalb von Bedeutung, weil sie potenziellen Niederschlag mit sich führen, sie ermöglichen auch Aussagen über den Zustand der Atmosphäre und gegebenenfalls über die weitere Wetterentwicklung. Der Blick in den Himmel ist oft verlässlicher als die Wettervorhersage diverser Apps.



Abb. 12: Hochnebel über Graz; O. Winder



Abb. 13: Bodennebel; O. Winder

Das Beobachten und die Klassifizierung unterschiedlicher Wolkenarten kann mit dem Infoblatt > [Wolkenarten](#) (S. 82) in der Schule geübt und mit dem Arbeitsblatt > [Was Wolken erzählen](#) (S. 84) auch schriftlich festgehalten werden.

Des Weiteren spielen Wolken auch im globalen Wärmehaushalt eine wichtige Rolle, da sie einen Teil der auf die Erde gerichteten Sonnenstrahlung direkt wieder ins Weltall reflektieren. Insgesamt wird etwa ein Drittel der Sonnenenergie durch Wolken, Eisflächen, Böden und Gewässeroberflächen direkt wieder an den Weltraum abgegeben.

Seit jeher regen Wolken die Fantasie der Menschen an. In den Himmel zu schauen und dort Formen oder Wesen zu erkennen, machen Kinder schon früh von ganz alleine und in einer Wiese zu liegen und zuzusehen, wie sich die Wolken verändern, neu bilden und wie sie wieder verschwinden, ist Entspannung pur. Beschäftigt man sich im Rahmen eines Projektes näher mit Wolken, ist die kreative Übung > [Wolkenträumerei](#) (S. 76) eine gute Ergänzung zum fachwissenschaftlichen Unterricht. Am Himmel ist fast ständig etwas los. Egal wie eine Wolke aussieht, man kann darin alles erkennen, was die eigene Fantasie zulässt, und daraus auch ein Kunstwerk gestalten.

Wind

Wind ist definiert als eine gerichtete, stärkere Luftbewegung in der Atmosphäre. Die Hauptrolle spielt dabei die Sonne. Treffen Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche, so heizt sich diese auf, folglich erwärmt sich auch die darüber befindliche Luft. Da sich warme Luft ausdehnt und damit leichter wird, steigt sie nach oben, wodurch am Boden ein Tiefdruckgebiet entsteht. Umgekehrt, wo es kalte Luft gibt, sinkt sie zu Boden und bildet dort ein Hochdruckgebiet. Der Druckunterschied, der zwischen dem Hoch- und Tiefdruckgebiet herrscht, wird durch strömende Luftmassen, und zwar vom Hoch- hin zum Tiefdruckgebiet ausgeglichen. Es weht ein mehr oder weniger starker Wind, je nachdem, wie groß der Unterschied zwischen den Luftdrücken ist. Man bezeichnet große Windsysteme in Nord- und Südrichtung als **meridionale Winde**, solche in Ost- und Westrichtung als **zonale Winde**.

Wie stark die Temperatur das Wetter- und Windsystem beeinflusst, zeigt sich am besten bei der Entstehung von

1. Basiswissen



Hurrikans. Voraussetzung für die Entstehung solcher Monsterstürme ist eine Wassertemperatur von mindestens 27 °C und die sog. Corioliskraft (durch die Erdrotation), die die Drehung der Luftmassen verursacht. Windgeschwindigkeiten von 300 km/h und mehr werden in Hurrikans dabei gemessen.

Derartige Windgeschwindigkeiten sind in unseren Breiten aufgrund der hier herrschenden Temperaturen nicht möglich. Wir haben es zumeist mit Westwinden zu tun und unsere sprichwörtlich bekannte Wetterküche ist der Atlantik. Dennoch, Windgeschwindigkeiten um die 200 km/h werden bei Orkanereignissen auch in Europa gemessen. In Österreich führen derartige Stürme manchmal zu großen Schäden, vor allem im Bereich von Bergwäldern.

Die Angabe der Windstärke erfolgt mittels einer Skala von 0 bis 12. Benannt ist sie nach dem Briten Sir Francis Beaufort, der sie vor rund 200 Jahren entwickelte. Nach diese „Beaufort-Skala“ entspricht die Windstärke 0 einer völligen Flaute und die Windstärke 12 einem Orkan. Im Jahr 1935 wurde die Beaufort-Skala noch einmal um 5 weitere auf insgesamt 18 Stufen (inkl. 0) erweitert:

Windstärke	Windgeschwindigkeit in Knoten bzw. Kilometer pro Stunde	
12	64-71 kn	118-133 km/h statt bisher >117 km/h
13	72-80 kn	134-149 km/h
14	81-89 kn	150-166 km/h
15	90-99 kn	167-183 km/h
16	100-108 kn	184-202 km/h
17	≥109 kn	≥ 203 km/h

Übrigens, der stärkste jemals auf der Erde gemessene Wind erreichte im April 1996 über der Barrow Insel in Westaustralien 408 Stundenkilometer. Kaum ein Baum und menschliches Bauwerk ist so einer zerstörerischen Kraft gewachsen.

Um Wasserkreislauf und Wettergeschehen auf der Welt besser zu verstehen, ist ein Blick auf die **globalen Windsysteme** hilfreich.

Eine Schlüsselrolle hierbei spielt neben der Sonneneinstrahlung die Corioliskraft. Diese in Zusammenhang mit der Erdrotation wirkende Kraft beeinflusst die Richtung sowohl von Windsystemen wie Passatwinden oder Jet-streams als auch jene von Meeresströmungen.



Abb. 14: Sturmschäden 2018 in Osttirol; E. Lenhard

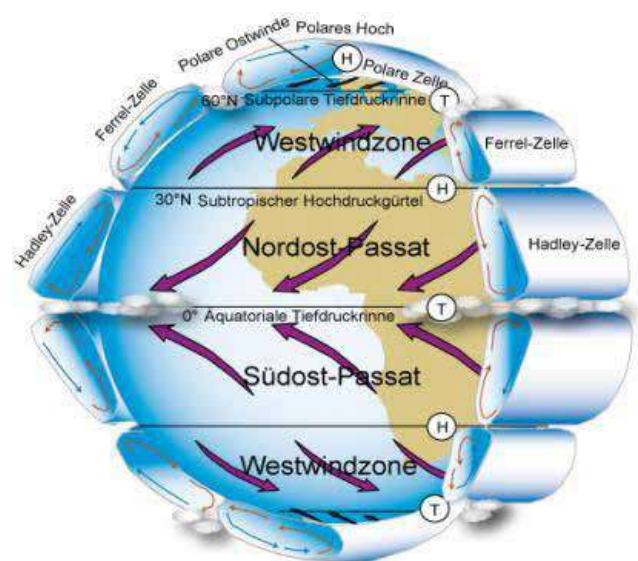


Abb. 15: Globale Windzirkulation; Dieter Kasang/Klimawandel-Wiki

1. Basiswissen



Die entstehende Zirkulation der Atmosphäre ist hochkomplex und die Grafik zeigt nur ein vereinfachtes Schema. Jedenfalls entstehen auf diese Weise auf der gesamten Erde Windsysteme, die für das Wetter und den Wasserkreislauf in den einzelnen Erdregionen von großer Bedeutung sind (zB Passatwinde, Monsun, Westwindzone ...).

Niederschläge

Erreichen die im Zuge des Kondensationsprozesses gebildeten Wassertropfchen durch Anlagerung an Aerosole eine bestimmte Größe und ein bestimmtes Gewicht, so verlassen sie die Wolke in Form von Niederschlag. Das kann als Regen, Schnee, Graupel oder Hagel geschehen. Entscheidend dafür ist die Temperatur.

Die Niederschlagsmenge wird in Liter pro Quadratmeter (l/m^2) gemessen und in Millimeter (mm) angegeben. Dabei entspricht 1 mm Niederschlag ...

- der Wasserhöhe von 1 mm auf einer Fläche von 1 m^2 oder anders ausgedrückt
- einem Liter pro Quadratmeter.

Gerade für das vertiefende Arbeiten im fächerübergreifenden Projektunterricht eignet sich das Thema „Niederschlag“ sehr gut: Zur Veranschaulichung der Aggregatzustände kann das Experiment [> Regen machen](#) (S. 85) durchgeführt werden, für das praktische Arbeiten im technischen Werkunterricht und für die rhythmische Umsetzung im Musikunterricht dienen die Werkstücke [> Regentab](#) (S. 86) und [> Regentrommel](#) (S. 87), im Deutschunterricht bieten kreative Schreibansätze wie zB [> Gedicht mit allen Sinnen](#) (S. 117) die Möglichkeit, das Thema zu behandeln, und um ruhigere Unterrichtseinheiten anzuleiten, aber auch zur Entspannung ist die Stilleübung [> Tropfenbilder](#) (S. 88) eine perfekte Ergänzung.

Auf Klimakarten dargestellt zeigt sich für die Erde eine sehr ungleiche Verteilung der Niederschläge. Sie reicht von nahezu 0 mm in Wüstengebieten bis mehr als 12 000 mm pro Jahr in Nordostindien – das entspricht einer Wasserhöhe von 12 Metern, wenn das Wasser nicht abfließen, versickern oder verdunsten würde.

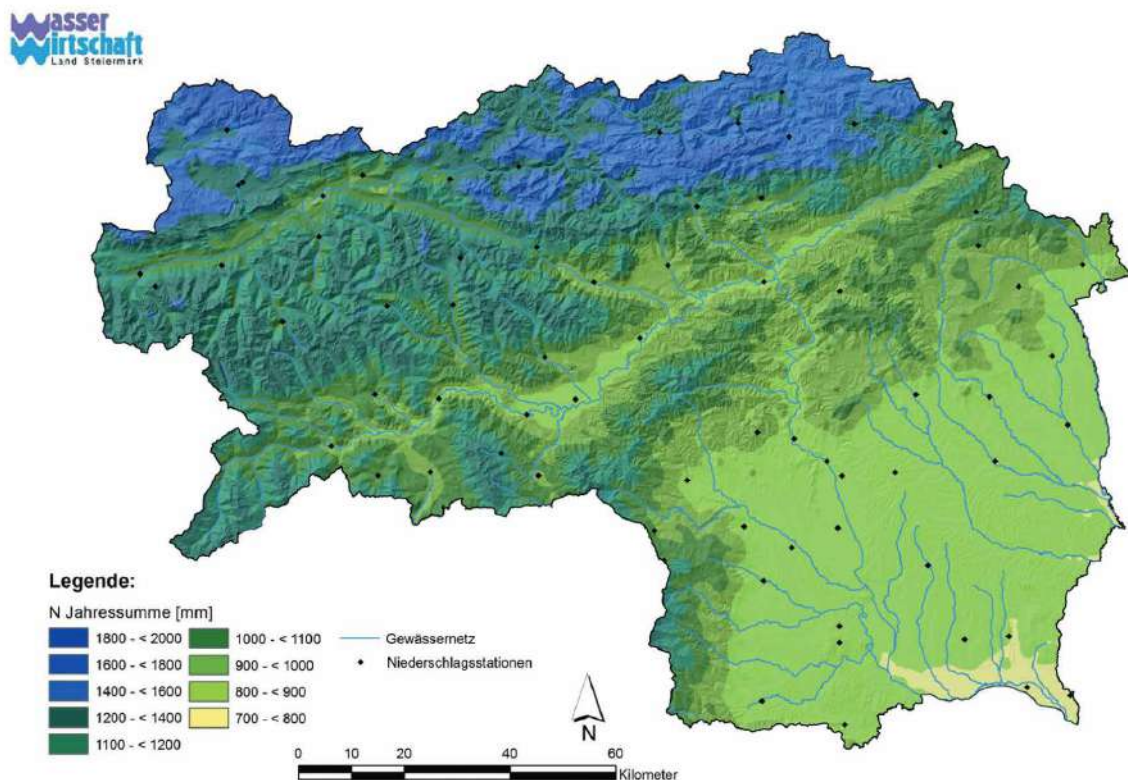


Abb. 16: Verteilung der mittleren Jahresniederschlagssumme der Steiermark (1987-2012); Wasserwirtschaft Land Steiermark

1. Basiswissen



Betrachtet man nur die Niederschlagssituation in Österreich bzw. in der Steiermark, so lassen sich auch hier deutliche Unterschiede erkennen. Grob gesagt ist es im Westen feuchter als im Osten. Die Karte in Abb. 16 zeigt das deutlich: Im gebirgigen Norden und Westen sind die Niederschlagssummen höher als im flacheren Süden und Osten.

Genauere Recherchen zur Niederschlagssituation in der Steiermark können von den SchülerInnen mithilfe des Arbeitsblattes [> Niederschlagsmengen in der Steiermark](#) (S. 92) durchgeführt werden. Eine besonders anschauliche Darstellung der räumlichen Abwandlung der Niederschlagsverhältnisse bietet die geografische Fachmethode [> Niederschlagsprofil](#) (S. 93).

Grundwasser

Grundwasser ist jene Ansammlung von Wasser im Boden, die entsteht, wenn Wasser aus Niederschlägen, Schmelzwasser, Bächen, Flüssen oder Seen durch ein System von Poren und Felsklüften in den Untergrund abfließt und sich

dort sammelt. Das grundwasserführende Gestein wird als Grundwasserleiter oder „Aquifer“ bezeichnet. Die sich mit Fragen des Grundwassers beschäftigenden Fachgebiete sind die Hydrogeologie und die Grundwasserhydraulik.

Je nach Beschaffenheit des Bodens gelangt das Wasser langsamer oder schneller nach unten, diese Erfahrungen lassen sich auch durch genaues Beobachten im Rahmen der Experimente [> Regen versickert im Boden 1](#) (S. 99) und [> Regen versickert im Boden 2](#) (S. 100) machen.

Gestoppt wird der Versickerungsprozess erst, wenn das Wasser auf eine wasserundurchlässige Gesteinsschicht wie zB Ton trifft. In den Hohlräumen darüber erfolgt dann die Speicherung des Grundwassers. Ist die wasserundurchlässige Schicht geneigt, so fließt das Grundwasser hangabwärts Flüssen und Bächen entgegen. Auf seinem Weg durch die verschiedenen Erdschichten wird das Wasser gefiltert und gereinigt, wodurch der Mensch das Grundwasser als erstklassiges Trinkwasser nutzen kann.

Das Grundwasser ist Teil des Wasserkreislaufs. Die Ge-

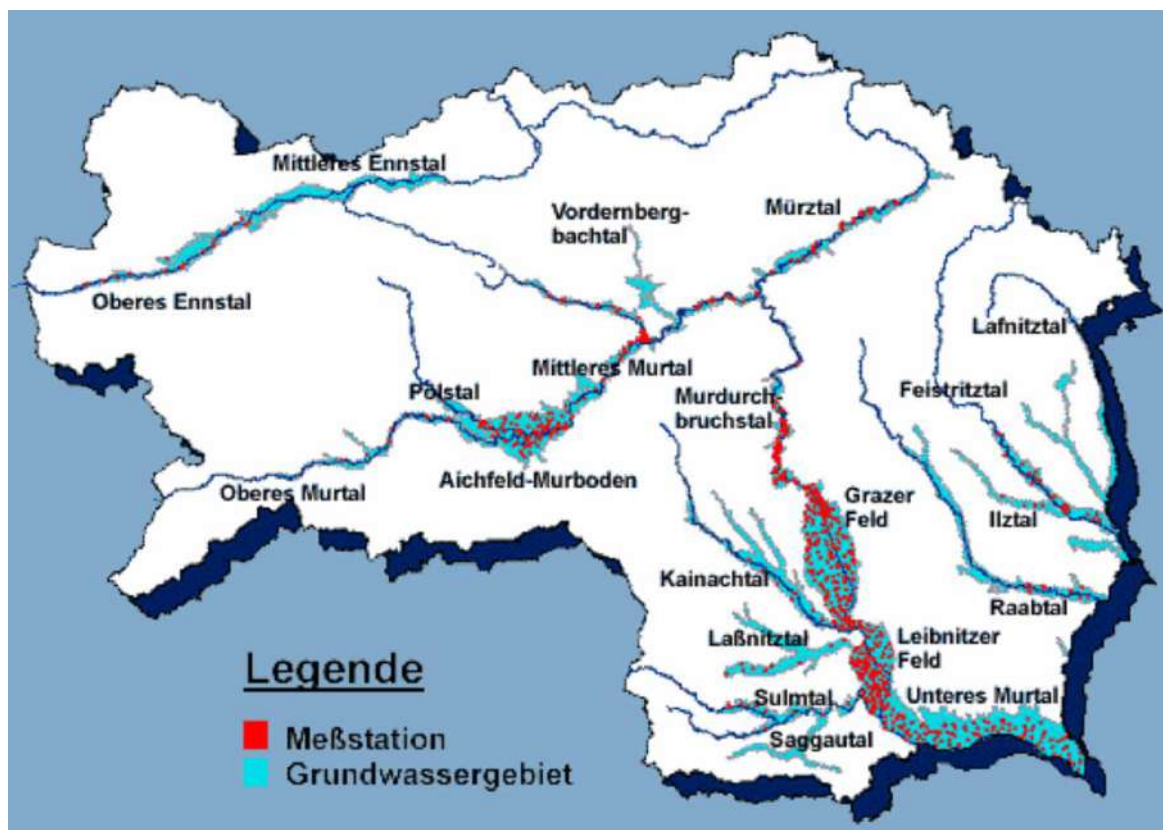


Abb. 17: Grundwasservorkommen der Steiermark; Wasserwirtschaft Land Steiermark

1. Basiswissen



schwindigkeit, mit der das Wasser im Boden fließt, ist unterschiedlich hoch. Noch viel größere Unterschiede gibt es, was die Verweildauer des Wassers im Boden betrifft. Dies können wenige Jahre sein, es können aber auch Jahrtausende sein. Das „Alter“ des Wassers unter der Sahara wird auf mehrere Tausend Jahre geschätzt. Einmal vom Menschen entdeckt, werden solche Vorkommen oft rücksichtslos angezapft und ausgebeutet. Nicht nur der Grundwasserspiegel des Saharawassers ist bereits deutlich zurückgegangen, auch die Grundwasservorkommen Südspaniens, die für die Bewässerung von Obst- und Gemüseanbauflächen intensiv genutzt werden, sind besorgniserregend geschrumpft. Stellenweise ist dort der Grundwasserspiegel bereits auf 500 Meter Tiefe abgesunken. Eine ähnliche Situation herrscht in Ägypten, und der voranschreitende Klimawandel verschärft die Lage noch weiter.

In Österreich wurde mit der systematischen Beobachtung des Grundwassers um 1930, in der Steiermark 1947 begonnen. Mit der Errichtung von damals 15 Schachtbrunnen in Graz und im Grazer Feld begann der „Hydrografische Dienst“ mit der systematischen Grundwasserbeobachtung. Seit damals werden die Daten im „Hydrografischen Jahrbuch“ von Österreich veröffentlicht. Mit Stand 2020 umfasst das Grundwassermessstellennetz der Steiermark 626 Beobachtungsstellen, womit praktisch alle wichtigen Grundwasserfelder des Landes kontrolliert werden.

Die wichtigsten und ergiebigsten Grundwasservorkommen in der Steiermark befinden sich im Lockersedimentbereich der Täler, etwa in den Talweitungen entlang der Mur im Judenburg-Knittelfelder Becken, im Gratkorner Becken, im Grazer und Leibnitzer Feld und im Bereich des unteren Murtales. Kleinere Grundwasservorkommen finden sich ebenfalls in den dazwischenliegenden, engeren Talbereichen von Mürz, Lassnitz, Sulm und Kainach. Von großem Interesse sind darüber hinaus die Vorkommen von artesischem Tiefengrundwasser in Becken der Ost- und Weststeiermark.

Quellen

Das Grundwasser gelangt entweder auf natürliche Weise in Form von Quellen an die Oberfläche oder es wird technisch

heraufgeholt, beispielsweise durch Tiefenbohrungen oder die Errichtung von Brunnen. Als Quellwasser gilt im strengen Sinne nur jenes Wasser, das direkt aus einer Quelle kommt. Sobald das Quellwasser dem Wetter ausgesetzt ist und somit auch schon Niederschlag mitführt, wird es bereits als Oberflächenwasser bezeichnet.

Eine eindrucksvolle Demonstration der Filterwirkung unterschiedlicher Bodenschichten bekommt man durch das Experiment > [Bau einer Wasserquelle](#) (S. 103).

Quellen lassen sich nach unterschiedlichen Kriterien klassifizieren ...

... nach dem hydrostatischen Druck:

Tritt das Wasser unspektakulär aus der Austrittsstelle an die Oberfläche, so spricht man vom Austritt „freien Grundwassers“ bzw. von absteigenden Quellen.

Erreicht das Wasser die Oberfläche hingegen in Form einer „Springquelle“, so handelt es sich um den Austritt von „gespanntem Grundwasser“ aus einer aufsteigenden Quelle. Man spricht auch von einer artesischen Quelle (s. Abb. 18). Der Wasserdruck an der Austrittsstelle übertrifft in diesem Fall den atmosphärischen Druck. Voraussetzung für eine derartige Quelle ist, dass Grundwasser in einer Senke zwischen zwei nicht wasserleitenden Gesteinsschichten unter Druck eingestaut wird. An bestimmten löchrigen Stellen der oberen Schicht kann das Wasser an die Oberfläche gepresst werden.

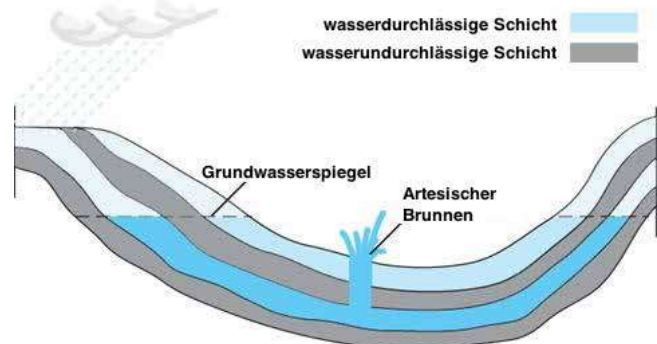


Abb. 18: Darstellung eines artesischen Brunnens; Wikipedia/A. Dunn

1. Basiswissen



... nach dem zeitlichen Verlauf der Quellschüttung:

Die Menge der Schüttung ist nicht immer gleich. Entscheidend ist, ob die Quelle beständig fließt oder ob sie zeitweise trockenfällt. Fließt sie ständig, so spricht man von einer perennierenden Quelle, trocknet sie zeitweise aus, so handelt es sich um eine intermittierende Quelle, wie sie häufig in Karstgebieten zu beobachten ist.

... nach der Quelltemperatur:

Auch die Wassertemperatur bildet ein Einteilungsmerkmal. Wer bei einer Wanderung schon einmal austreten des Quellwasser getrunken hat, weiß, dass das Wasser für ein rasches Trinken oft zu kalt ist. Das ist dadurch zu erklären, dass die Quellwassertemperatur im Wesentlichen der örtlichen mittleren Jahrestemperatur der Luft entspricht – im Gebirge ist das dann natürlich noch deutlich kälter.

1.2.2 Globaler Wasserkreislauf

Wäre die gesamte Erde nur mit Ozeanen bedeckt, wäre die Beschreibung des Wasserkreislaufs ein Einfaches. Allerdings zeigt sich auf der Erdoberfläche eine Verteilung von ca. 70 % Wasserfläche und rund 30 % Landmasse. Das Vorhandensein von Land macht die Beschreibung des globalen Wasserkreislaufs daher zu einer komplexen Aufgabe.

Auf der Erde verdunsten jede Sekunde etwa eine Milliarde Liter Wasser. Das klingt nach einer unvorstellbar großen Wassermenge. Und dennoch entspricht dies nicht einmal 0,8 % des Gesamtwassers der Erde.

Die drei entscheidenden Prozesse des Wasserkreislaufs auf der Erde, nämlich Verdunstung, Niederschlag und Abfluss, sind letztlich das Resultat der Einwirkung von Sonne und Schwerkraft. Am schnellsten finden die Umwandlungsprozesse und der Transport des Wassers in der Atmosphäre statt, während die Meere und das Eis deutlich langsamer reagieren. Die geschätzte Gesamtmenge des Wassers in der Atmosphäre beträgt etwa 13 000 km³ (entspricht einem flüssigen Würfel von ca. 23,5 km Kantenlänge), rund 36-mal im Jahr wird sie durch die Prozesse des Wasserkreislaufs ausgetauscht.

Obwohl der Wasseranteil in der Atmosphäre nur 0,001 % des auf der Erde vorhandenen Wassers ausmacht, spielt dieser bei der Umverteilung des Wassers zwischen den Reservoirs in Wirklichkeit eine zentrale Rolle. Das Wasser in der Atmosphäre stammt zum größten Teil aus den Ozeanen. Doch nur ein Teil davon kehrt als Niederschlag wiederum direkt in die Meere zurück. Der fehlende Anteil, also jener Anteil, der über dem Land als Niederschlag fällt, kehrt über die Zuflüsse vom Land und durch das Abschmelzen von Eis in den Ozean zurück.

Die Erde ist immer zu rund 60 % von Wolken bedeckt. Dennoch macht der Anteil des atmosphärischen Wassergehalts in flüssiger oder fester Form (Regentropfen und Eispartikel) nur rund 0,3 % des Gesamtwassergehalts der Atmosphäre aus. Zu mehr als 99 % liegt das Wasser in der Luft demnach gasförmig als Wasserdampf vor. Etwa die Hälfte davon befindet sich in den untersten 1,5 Kilometern der Erdatmosphäre.

Die Verdunstung über Land macht einen Anteil von etwa einem Fünftel der globalen Verdunstung aus. Was den Niederschlag über dem Land betrifft, stammen nur etwa 35 % davon aus verdunstetem Ozeanwasser. Im Bereich des Wasserkreislaufs an der Erdoberfläche spielen Wälder in den mittleren Breiten eine bedeutende Rolle. Sie füh-



Abb. 19: Stimmung nach einem Gewitter über Graz; O.Winder

1. Basiswissen



ren 70 % des Niederschlags der Atmosphäre wieder durch Verdunstung zu, bedeutend weniger geschieht dies bei Ackerland mit ca. 50 %.

1.2.3 Wasserkreislauf in Österreich

Wolken und Flüsse machen vor Österreichs Grenzen nicht plötzlich Halt. Wie jedes andere Land der Welt ist auch unser Land eingebettet in den großen globalen Wasserkreislauf. Gleich vorweg lässt sich behaupten, dass Österreich in wasserwirtschaftlichem Sinne, verglichen mit den meisten Ländern der Erde, eine hervorragende Stellung einnimmt.

Betrachtet man die Verteilung der Niederschläge in Österreich, so zeigen sich geografisch sehr große Unterschiede. Während die Niederschlagssumme im Nordosten nur rund 600 mm pro Jahr erreicht, kann es in Teilen Westösterreichs und in besonderen Nordstaulagen gut das Vierfache sein. Im langjährigen Mittel beträgt die durchschnittliche Niederschlagsmenge 1 170 mm (1 mm $\hat{=}$ 1 Liter pro Quadratmeter). Umgerechnet in ein Wasservolumen wären das für ganz Österreich 98 Milliarden m³ Wasser – aufgeteilt auf alle EinwohnerInnen rund 11 000 m³ Wasser/Person. Tatsächlich verbraucht ein/e ÖsterreicherIn nicht einmal 50 m³ im Jahr, nämlich 130 Liter/Tag (siehe Kap. 1.3.3).

Im Vergleich zum Gesamtwasserdargebot von 78,5 Milliarden m³ pro Jahr beträgt die Gesamtwassernutzung der österreichischen Bevölkerung bescheidene 2,2 Milliarden m³ pro Jahr. Dies entspricht nicht einmal 3 % des verfügbaren Wassers. Aus solchen Berechnungen geht hervor, dass Österreich Hunderte Millionen von Menschen mit Trinkwasser versorgen könnte.

Wie man ganz einfach den Wasserkreislauf der Erde ins Zimmer holt und zeigt, dass Wasser niemals verloren geht, sondern sich im ewigen Kreislauf ohne Anfang und Ende befindet, kann man beim Experiment [> Wasserkreislauf im Glas](#) (S. 106) gut beobachten. Für kreativ und handwerklich begabte SchülerInnen kann es auch eine hochmotivierende Aufgabe sein, einen [> Wasserkreislauf in der Pizzaschachtel](#) (S. 105) zu gestalten. Die Reise der Wassertropfen kann auch gut in ein Trickfilm-Drehbuch für die Präsentationsform [> Stop-Motion](#) (S. 119) verpackt werden, wo durch Aufnahme mehrerer Einzelaufnahmen von Zeichnungen, plastischen Hintergründen und Figuren ein Film entsteht. Eine Wiederholung des Wasserkreislaufs kann mithilfe des Arbeitsblattes [> Wasserkreislauf](#) (S. 59), bei der Durchführung der Massage [> Wasser läuft im Kreis](#) (S. 131) oder durch Vorlesen der Fantasiereise [> Der kleine Wassertropfen](#) (S. 133) angeboten werden.



Abb. 20: Wasser im Hochschwabgebiet - Grüner See; O.Winder



Abb. 21: den Wasserkreislauf zeichnen; UBZ Steiermark

1. Basiswissen



1.3 Wasserversorgung

1.3.1 Allgemein

Unser Leben und die täglichen Abläufe sind ohne das Vorhandensein und die Bereitstellung von Wasser nicht denkbar. Schon vor Tausenden von Jahren schufen die Menschen Einrichtungen zur Gewinnung und Verteilung von Wasser zu Trinkwasser- und Bewässerungszwecken. Eindrucksvolle Beispiele dafür sind die schon zu vorchristlicher Zeit erbauten Wasserschöpfträder im Vorderen Orient und die Aquädukte aus der Römerzeit. Heutzutage ist in manchen Regionen die Wasserversorgung schon hochtechnisiert. Das beginnt mit der Gewinnung des Rohwassers, setzt sich fort mit der Aufbereitung und Speicherung und endet schließlich mit der Verteilung des Wassers. Verbraucht wird das Wasser schlussendlich als Trinkwasser, Brauchwasser (Industrie/Landwirtschaft), als Löschwasser oder zu Zwecken des Wärmetransports (Fernwärme).

1.3.2 Global

Der Mensch beeinflusst den globalen Wasserkreislauf in den letzten Jahrzehnten zunehmend als Störfaktor. Der Klimawandel und die ständig ansteigenden Wasserentnahmen, gegenwärtig 4000 km³ jährlich, hinterlassen auf dem Planeten sichtbare Spuren.

Laut dem aktuellen UN-Weltwasserbericht 2019 haben 2,1 Milliarden Menschen keinen Zugang zu trinkbarem und permanent verfügbarem Trinkwasser, 844 Millionen müssen mindestens eine halbe Stunde täglich für die Wasserbeschaffung aufwenden oder sie haben gar keinen Zugang. Die Hälfte dieser Menschen lebt in Afrika. Wie aus dem Bericht ebenfalls hervorgeht, ist die Wasserversorgung nicht nur ein Problem des globalen Südens, auch in Europa und Nordamerika verfügen 57 Millionen Menschen in ihren Häusern nicht über Wasserleitungen.

In den vergangenen 300 Jahren erhöhte sich der Wasserbedarf der Menschheit um mehr als das 35-Fache. Erklären lässt sich dies durch die drastisch gestiegene Anzahl von Menschen (von 1 auf nahezu 8 Milliarden) und deren

ebenfalls zunehmenden Wasserbedarf. Der Pro-Kopf-Tagesverbrauch von Trinkwasser beträgt weltweit betrachtet durchschnittlich 180 Liter. So liegt er in vielen afrikanischen Ländern bei nur rund 20 Litern, in Österreich bei etwa 130 Litern, in den USA bei rund 300 Litern und bei sagenhaften 550 Litern in den Vereinigten Arabischen Emiraten (VAE), und das auch noch gratis für die dort heimischen StaatsbürgerInnen. Dieser im Vergleich mit den dürstenden Ländern der Sahelzone geradezu perverse Umgang mit der Ressource Wasser in den VAE hat seine Ursache im immens hohen Wasserbedarf für die rund 20 Wüsten-Golfplätze sowie etliche Abenteuerschwimmbäder und Schihallen. Das Trinkwasser dafür stammt zu gut 20 % aus heraufgepumptem Grundwasser und der Rest aus der energieintensiven Entsalzung von Meerwasser.

Die exzessive Entnahme von Grundwasser, wie sie in vielen Ländern des Südens und der Tropen praktiziert wird, hat – abgesehen von den schwindenden Grundwasservorräten – noch ganz andere schwerwiegende Folgen. Weil das Wasser nach dem Abpumpen im Boden fehlt, die oberen Erdschichten mit ihrem Gewicht aber weiterhin nach unten drücken, sinkt der Boden ein. In den Millionenmetropolen Bangkok (Thailand) und Jakarta (Indonesien) beobachtet man Bodenabsenkungen von bis 10 cm pro



Abb. 22: Dorfbrunnen in Tansania; O.Winder

1. Basiswissen



Jahr. Da große Teile dieser Städte auf Meeresniveau liegen und zudem der Meeresspiegel jährlich um rund 4 mm ansteigt, ist die Katastrophe in den kommenden Jahrzehnten unausweichlich.

Gibt es überhaupt ein Rezept, wie man die Wasserversorgung von nahezu 10 Milliarden Menschen im Jahr 2050 auch nur annähernd sicherstellen könnte? Wohl nicht, aber man könnte dafür sorgen, dass mit Wasser, auch in den wasserreichen Ländern, allgemein sparsamer als heute umgegangen wird, dass im Bereich der Landwirtschaft wasserschonender produziert wird, dass die enormen

Wasserverluste durch Schäden an Wasserleitungen, speziell in Ländern des Südens, vermieden werden und dass die Methode der teuren Meerwasserentsalzung auch für nicht wohlhabende Länder erschwinglich wird. Bislang stammt nur etwa ein Prozent des weltweit verbrauchten Süßwassers aus Entsalzungsanlagen. Dabei sollte bedacht werden, dass die Rückführung der im Zuge der Entsalzung entstehenden hochkonzentrierten Solelösung in das Meer nur auf hoher See und nicht ufernah zu erfolgen hat, da ansonsten erhebliche ökologischen Schäden entstehen könnten.

Viele Hilfsprojekte, die schon seit Jahren erfolgreich laufen, können als Vorbilder dienen, so wie das folgende Beispiel aus Mosambik (Abb. 23-24). Durch die Errichtung von Brunnen, neuerdings auch Solarbrunnen, ermöglicht die Schweizer Entwicklungsorganisation Helvetas Millionen von AfrikanerInnen den Zugang zu sauberem Trinkwasser und öffentlichen Toilettenanlagen. Vor 2010 erfolgte die Wasserversorgung dieses Dorfes im Norden von Mozambik ausschließlich über verschmutzte Wasserstellen oft weit abseits der Siedlung.

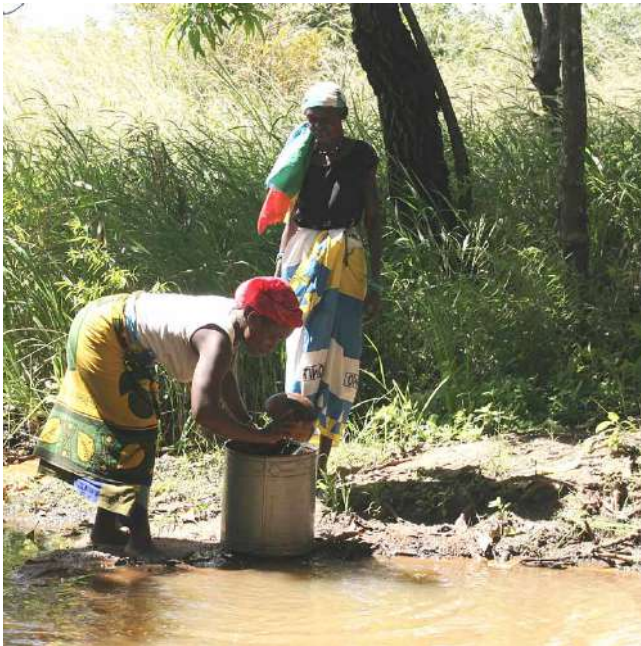


Abb. 23: Trinkwasserstelle in einem Dorf in Nordmosambik; O. Winder



Abb. 24: Projekt zur Errichtung von öffentlichen Toilettenanlagen in Mosambik; O. Winder

1.3.3 Österreich

Das Wasservorkommen in Österreich und somit auch in der Steiermark wird von den geologischen und meteorologischen Gegebenheiten des Landes bestimmt. Ablagerungen von Lockermaterialien (Schotter) in den Tälern und Becken stellen wichtige Grundwasserspeicher dar. In den Kalkalpen sind große unterirdische Areale als Wasserspeicher ausgebildet, da sich hier seit Beginn der Alpenbildung weitreichende Karstsysteme gebildet haben (Klüfte, Höhlen). Aus ihnen wird zum Beispiel die II. Wiener Hochquellenleitung gespeist (Hochschwab). Ebenfalls wird ein Teil der Grazer Wasserversorgung aus dem Hochschwabgebiet abgedeckt, wobei dieses Wasser aber nicht direkt aus einer Karstquelle kommt, sondern als Tiefenwasser in Lockermaterialien auf der Südseite des Hochschwabs zwischengespeichert wird, bevor es von dort seine Reise nach Graz antritt.

In kristallinen Gesteinen (also keine Kalke) findet man selten eine tiefergehende Wasserzirkulation, hier handelt es sich meist um weniger überdeckte Wasservorkommen. Die Vielfalt an kleinen oberflächlichen Gerinnen täuscht zwar

1. Basiswissen



einen Wasserreichtum vor, der jedoch bei längeren Trockenzeiten schnell erschöpft sein kann.

Um die Bevölkerung ständig und ausreichend mit Wasser von bester Qualität zu versorgen, bedarf es einer entsprechenden Infrastruktur. Etwa 5 500 Wasserversorgungseinrichtungen in Österreich sorgen für die Wassergewinnung (Quellenfassung), die Speicherung (zB in Hochbehältern), den Transport und die Verteilung des benötigten Wassers unter den Abnehmern. In den Städten und größeren ländlichen Kommunen geschieht dies durch zentrale Trinkwassernetze. Der Rest der Bevölkerung bezieht sein Trinkwasser aus privaten Brunnen und Quellen. Alle österreichischen Wasserversorgungsunternehmen zusammen betreiben ein Leitungsnetz von 77 000 km Länge, 2 900 Trinkwasserbehälter, mehr als eine Million Hausanschlüsse sowie 2 600 Quellfassungen und 1 000 Brunnen (Stand 2020).

Österreich ist reich an Wasser. Das meiste des von uns jährlich genutzten Wassers im Ausmaß von 2,2 Milliarden m³ wird zu gut 60 % von der Industrie beansprucht, etwa 35 % fließen in die Trinkwasserversorgung und lediglich 5 % werden von der Landwirtschaft genutzt. Bei einem Pro-Kopf-Tagesverbrauch von gut 130 Litern benötigt ein durchschnittlicher 4-Personen-Haushalt in Österreich rund 200 m³ (200 000 Liter) Wasser pro Jahr.



Abb. 25: Hochbehälter bei Leoben; U. Kozina

Trinkwasserversorgung in der Steiermark

Wie im österreichischen Schnitt wird auch in der Steiermark 99 % des Trinkwassers durch Grund- und Quellwasser abgedeckt.

Etwa 10 % der Bevölkerung bezieht ihr Trinkwasser nicht aus öffentlichen Wasserversorgungsanlagen, sondern aus privaten Hausbrunnen und Quellen. Das sind ca. 120 000 SteirerInnen, die von der Qualität von Einzelwasserversorgungsanlagen abhängig sind.

Die Verteilung des kostbaren Gutes Wasser ist hier jedoch nicht überall gleich. So ist die Oststeiermark besonders in trockenen heißen Sommern von Wasserknappheit bedroht. Um hier die Wasserversorgung der Bevölkerung sicherzustellen, wurde eine 60 km lange Transportleitung in die Oststeiermark gebaut, durch die zusätzlich Wasser in den Wasserverband eingespeist werden kann. Die Transportleitung wurde als Notversorgungsleitung gebaut, ist aber vor allem in den Sommermonaten bereits unverzichtbar für die sichere Wasserversorgung der Region. Langfristige Sicherheit könne aber nur ein neuer Lebensstil bringen, sind die örtlichen Wasserversorger überzeugt. Ökologische, humusaufbauende Landbewirtschaftung sowie Zisternen und Brauchwasserspeicher seien in Zukunft unerlässlich.

Die größte Herausforderung für die nächsten Jahre und Jahrzehnte liegt in der Bewältigung der bereits erkennbaren Auswirkungen des Klimawandels. In Verbindung mit dem Klimawandel werden vor allem längere niederschlagsarme Perioden, gekoppelt mit einer größeren Anzahl an Hitzetagen, als problematisch angesehen. Vor allem im Süden und Südosten der Steiermark wird aufgrund geringerer Niederschläge und höherer Temperaturen ein Absinken der Grundwasserstände erwartet. Hier werden die Versorgungssysteme auf die Sicherstellung der Verfügbarkeit und des Wassertransportes für einen innersteirischen Ausgleich auszulegen sein.

Einen guten Einstieg in ein fächerübergreifendes Wasserprojekt ermöglicht die Fotoreportage [> Dem Wasser auf der Spur](#) (S. 147), wo SchülerInnen mit den Fragen „Wo kommt in meiner näheren Umgebung Wasser vor?“ bzw. „Wofür brauche ich zu Hause Wasser?“ auf Wasserfotosuche geschickt werden. Das Legen von Wasserflaschen

1. Basiswissen



bei der Lerneinheit > **Wasserverbrauch** (S. 139) zeigt auf, wofür und in welcher Menge Wasser in steirischen Haushalten verbraucht wird. Die Dokumentation > **Wasserdekultive unterwegs** (S. 146) soll zeigen, dass auch in der Schule Wasser unabdingbar ist und in vielen Bereichen benötigt wird. Um das Bewusstsein für die Notwendigkeit von verfügbarem Wasser zu schärfen, kann den Schülerinnen auch die Aufgabe gestellt werden, eine Geschichte mit dem Titel „Mein Tag ohne Wasser“ zu verfassen.

Ergänzend zum Unterricht in der Schule bietet es sich auch an, an einer Führung beispielsweise in einem Hochbehälter teilzunehmen, um von fachkundigen Mitarbeiten-

den der Gemeinde Einblicke in die vielfältigen Aufgaben der regionalen Wasserversorgung zu erlangen.

Ein Verständnis für eine funktionierende Wasserversorgung gewinnt man durch das Experiment > **Wie das Wasser ins Haus kommt** (S. 135), wo die Funktionsweise eines Hochbehälters nachgestellt wird. Will man die Erkenntnisse dazu in die Realität umsetzen, kann man auch ein passendes Landschaftsmodell > **Wasserversorgung** (S. 136) im Sand bauen. Um ein Bewusstsein für das vielfältige Vorhandensein von Wasser zu bekommen und dieses auch topografisch zu verorten, ist die kreative Übung > **3D-Karte: Wasser in meinem Bezirk** (S. 148) gut geeignet.



Abb. 26 bis 29: Schulausflug zu einem Hochbehälter; M. Krobath

1. Basiswissen



1.4 Wasserentsorgung

1.4.1 Allgemein

Allgemein versteht man unter dem Begriff der Wasserentsorgung die Ableitung des in Siedlungen und Städten anfallenden Wassers. Synonym spricht man auch von Stadtentwässerung oder Kanalisation. Im Wesentlichen werden zwei Wasserfraktionen unterschieden, und zwar:

- **Schmutzwasser:** Dazu zählen häusliche Abwässer aus Küchen, Toiletten und Bädern sowie Abwässer aus Industrie- und Gewerbebetrieben, aus öffentlichen Einrichtungen wie Ämtern, Theatern, Museen, Schulen, Kindergärten usw.
- **Niederschlagswasser:** Abwasser in Form von Regen- und Schmelzwasser, welches aufgrund von Bebauung und Bodenversiegelung nicht versickert, sondern von befestigten Verkehrsflächen und Dächern abgeleitet wird.

Die Art der Verschmutzung von Niederschlags- bzw. Schmutzwasser kann vielfältig sein und es muss dementsprechend behandelt werden.

Abfließendes Regenwasser wird grundsätzlich als relativ sauberes Oberflächenwasser betrachtet und in das nächstgelegene größere Fließgewässer eingeleitet. Werden darin größere Mengen an Sand, Blättern oder gar Ölreste mitgeführt, sind diese zu entfernen, etwa mittels Sandfängen oder Ölsperren.

Abwässer aus Haushalten oder Betrieben gelten von vornherein als Schmutzwasser. Die Art der Verschmutzung reicht von organischen und mineralischen Stoffen als Schwebteilchen über Fäkalien und Krankheitserreger in gelöster Form bis hin zu säure- oder laugenartigen Verunreinigungen. Derart verschmutzte Abwässer haben in der Natur nichts zu suchen, sie müssen möglichst am Ort des Entstehens abgeleitet und in irgendeiner Form gereinigt werden.

In Zusammenhang mit der Planung und Errichtung von Abwasser-Entsorgungseinrichtungen ist die Kenntnis der anfallenden Wassermengen aus Privathaushalten und Betrieben notwendig. Nur so lassen sich die Dimensionen von Rohrleitungen und Klärwerk verlässlich errechnen.

1.4.2 Global

Wenn allgemein von einer globalen Wasserkrise gesprochen wird, so steht nach Meinung vieler ExpertInnen gar nicht so die Trinkwasserversorgung im Vordergrund, vielmehr handelt es sich um eine Abwasserkrise, bedingt durch die Verschmutzung von Wasser infolge von Verstädterung sowie durch industrielle Abwässer und Abfälle. Daraus resultierende Umweltschäden sind vielfach irreversibel und gefährden die immer knapper werdenden Trinkwasservorräte.

So wurden im Norden Chinas Flüsse und Seen durch unkontrolliertes industrielles Wachstum jahrzehntelang derart verschmutzt, dass heutzutage rund 100 Millionen Menschen keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser haben. In Entwicklungsländern werden aufgrund mangelnder Entsorgungsinfrastruktur oftmals der gesamte Hausmüll sowie mehr als 90 % des Abwassers und gut 70 % des Industrieabfalls unmittelbar in Gewässer eingeleitet und gefährden dadurch wertvolle Trinkwasserreservoirs.

Aber man muss gar nicht erst über die Grenzen Europas hinausblicken, auch das Mittelmeer, eines der weltweit am stärksten belasteten Meere, wird von seinen Anrainerstaaten jährlich mit zwei Millionen Tonnen Öl, 800 000 Tonnen Nitraten und rund 60 000 Tonnen Tensiden verschmutzt.



Abb. 30: Slum von Jakarta; R. Pressl

1. Basiswissen



Als ganz besonders kritisch gelten die Abwässer aus dem Bereich der Chemie- und Pharmaindustrie, und zwar weniger hier in Europa, wo die strengen Umweltauflagen größtenteils erfüllt werden, sondern vielmehr in den Entwicklungs- und Schwellenländern. Denn dorthin haben die großen Multis dieser Branchen ihre Produktion ausgelagert. Geringe Lohnkosten, bescheidene Umweltauflagen und korrupte politische Systeme führen zu wiederholten Katastrophen in gesundheitlicher und hygienischer Hinsicht unter der dort ansässigen Bevölkerung und zu einer enormen Belastung der Umwelt. Mit Antibiotikarückständen hoch angereicherte Abwässer aus Pharmabetrieben in indischen Großstädten, die unbehandelt in die lokalen Flüsse oder Rinnsale eingeleitet werden, tragen nachweislich zur Bildung von antibiotikaresistenten Keimen bei, die sich letztlich auf die gesamte Welt ausbreiten.

1.4.3 Österreich

Die Abwasserentsorgung und Aufbereitung geschieht in Österreich nach dem Vorsorgeprinzip und gilt als zentraler Punkt der österreichischen Gewässerschutzpolitik.

Der gesamte Kanalbestand Österreichs misst im Jahr 2020 etwa eine Länge von 91 600 km und ist im vergangenen Jahrzehnt aufgrund vermehrter Anschlüsse in ländlichen Gebieten, verbesserter technischer Möglichkeiten und der wachsenden Verstädterung leicht angestiegen. Die Abwasserentsorgung der restlichen Bevölkerung aus zB Streusiedlungen erfolgt über Senkgruben und Hauskläranlagen.

Die Einleitung von Abwässern in ein Gewässer ist in Österreich behördlich nur gestattet, wenn festgelegte Emissionsgrenzwerte, die dem Stand der Technik entsprechen, nicht überschritten werden. Kommt es zu Überschreitungen, so müssen zusätzliche Behandlungsschritte in der Kläranlage oder bei den Vermeidungsmaßnahmen unternommen werden.

Im Verlauf der vergangenen 30 Jahre konnten in Österreich Verunreinigungen von Grund- und Oberflächengewässern stark verringert werden. Die wesentlichen Gründe dafür sind:

- Einführung von Emissionsgrenzwerten für kommunale Kläranlagen, Industrie- und Gewerbebetriebe
- Schutz von Wasserressourcen bereits bei der Planung von Industrieanlagen
- Ausbau und Instandhaltung von Kanalnetzen und Kläranlagen
- Maßnahmen zur Altlastensanierung – die Behandlung und Entsorgung von Abfällen ist streng geregelt
- Reduzierter Einsatz von Düngemitteln
- Rückführung von behandeltem Abwasser in den Wasserkreislauf erst nach einer mechanischen und biologischen Reinigung inklusive einer Nährstoffreduktion

1.4.4 Kläranlagen

Im Zusammenhang mit der Planung, Dimensionierung und Errichtung von Kläranlagen sind Kenntnisse vom Grad der Verschmutzung und der Wassermenge fundamental. Die Abwässer von gut 95 % der österreichischen Bevölkerung werden von rund 1 840 größeren Kläranlagen gereinigt. Neben diesen existieren ca. 27 500 Kleinkläranlagen mit geringerer Kapazität (Stand 2018). Von all diesen entsprechen rund 6 000 nicht mehr dem Stand der Technik.

Die in Österreich üblichen Typen von Kläranlagen sind die so genannten **Belebtschlammanlagen**, wie zB die Belebungsanlage mit Durchlaufbetrieb. Das über die Kanalisation zur Kläranlage gelangte Schmutzwasser wird zunächst mechanisch vorgereinigt. Dies geschieht durch eine Rechenanlage, einen Fett- und Sandfang sowie durch das Vorklärbecken. Erst dann gelangt das Abwasser in das Belebungsbecken, wo es durch frei im Abwasser schwimmende Bakterienflocken gereinigt wird. Hier geschieht im Prinzip nichts anderes als bei der natürlichen Selbstreinigung des Gewässers. Bakterien „fressen“ den Schmutz und bauen ihn zu Kohlendioxid, Wasser und verbleibender Biomasse um. Der von den Bakterien benötigte Sauerstoff wird durch das Einblasen von Luft über ein Gebläse in das Wasser eingebracht. Gleichzeitig kommt es dadurch zu einer Durchmischung des Beckeninhaltes. Der im darauffolgenden Nachklärbecken entstehende Schlamm wird vom Abwasser abgetrennt und größtenteils in das Belebungs-

1. Basiswissen



becken zurückgeführt. Überschüssiger Schlamm gelangt auf Deponien, wird verbrannt, landwirtschaftlich genutzt oder in den Faulurm eingeleitet, wo Bakterien in einem diesmal anaeroben Prozess Methan erzeugen. Dieses kann zur Stromerzeugung genutzt werden. Das gereinigte Abwasser kann frei in ein nahegelegenes Fließgewässer abgeleitet werden.

Ebenfalls im Belebtschlammverfahren, aber in einer anderen Betriebsweise, arbeiten **SBR-Kläranlagen** (Sequentielle Biologische Reinigung). Seit gut 20 Jahren spielen sie speziell im Bereich der dezentralen Abwasserentsorgung eine bedeutende Rolle. Vom Einfamilienhaus über Hotelanlagen bis hin zu Großanlagen mit mehreren Tausend EinwohnerInnenwerten wird die SBR-Technik genutzt. Das zufließende Abwasser wird in mehreren Zyklen gereinigt. Die Reinigungsleistung beträgt bis zu 99 %.

Eine beliebte und ebenfalls häufig in Österreich eingesetzte Reinigungstechnologie (20 % der Kleinkläranlagen) ist die **Pflanzenkläranlage**. Mit dieser Methode ist es möglich, die allermeisten Wasserinhaltsstoffe auf natürliche Weise mit Hilfe von Pflanzen abzubauen. Ermöglicht wird dies durch das Zusammenwirken von Filtermaterialien, durch die Aufnahme und das Abbauen der Wasserinhaltsstoffe durch Bakterien, durch die Aufnahme bestimmter Wasserinhaltsstoffe durch Pflanzen in Form von Nährstoffen,

durch die Adsorption von Inhaltsstoffen an Bodenteilchen sowie durch Fällungsreaktionen zwischen den Wurzeln.

Dabei durchströmt das Abwasser die Pflanzenkläranlage entweder horizontal oder vertikal. Im Boden verlegte Drainagerohre fangen das gereinigte Abwasser auf und leiten es in einen Kontrollschacht. Hier kann die Qualität des Wassers kontrolliert werden, bevor es versickert, in ein Gewässer eingeleitet oder zur Weiternutzung gespeichert wird.

Die Pflanzenkläranlagen gelten als gute Alternative zu Kleinkläranlagen nach dem Belebtschlammverfahren. Sie werden hauptsächlich in nicht erschlossenen Gebieten eingesetzt, sie können jedoch auch zur Entsorgung der Abwässer kleiner Ortschaften dienen und dabei andere Klärverfahren ersetzen. Viele Pflanzenkläranlagen wurden bereits in den 1980er-Jahren errichtet und sind noch immer betriebsfähig. Verbesserung der Filterleistung erreicht man durch Neubepflanzung, durch eine Erneuerung des Filtermaterials und eine Auflockerung des Bodens.

Eine einfache Methode, das Prinzip der Reinigungsleistung durch verschiedene Filterstufen zu demonstrieren, wird im Experiment > **Bau einer Minikläranlage** (S. 150) veranschaulicht. Zusätzlich ist der Besuch des außerschulischen Lernortes Kläranlage sehr zu empfehlen.



Abb. 31: Abwasserreinigungsanlage Grazerfeld; AWV Grazerfeld



Abb. 32: Pflanzenkläranlage; E. Lenhard

1. Basiswissen



1.5 Wasserschutz

1.5.1 Allgemein

Wasser gilt zweifellos als die kostbarste Ressource, die wir auf der Erde haben. Alle Lebewesen sind auf Wasser angewiesen. Während Pflanzen, Pilze und Tiere das Wasser nur in der Menge nutzen, wie es die Aufrechterhaltung ihres Lebens gerademal erfordert, nutzt der Mensch das Wasser in vielfacher Menge dessen, wie er es zur reinen Abdeckung seiner Lebensprozesse benötigt.

Wenn man bedenkt, dass der Mensch in seinem ganzen Leben bei einer angenommenen Lebenserwartung von 80 Jahren und einer durchschnittlichen täglichen Wasserzufuhr von 3 Litern rund 88 m³ (88 000 Liter) Wasser zu sich nimmt, wäre es wünschenswert, wenn jede Person Zugang zu Wasser bester Qualität hätte. Denn alles, was in dieser riesigen Menge Wasser gelöst ist oder ungelöst mittransportiert wird, gelangt auch in unseren Körper, Harmloses wie Giftiges.

Da Wasser so existenziell wichtig ist, sollten wir besonders gut darauf achten. Jeder kann dazu einen Beitrag leisten: Wasserschutz geht uns alle an!

Dieser Schutz beginnt schon bei der Entnahme unseres Trinkwassers. Dort wo Quellen austreten oder wo Grundwasser aus dem Boden gepumpt wird, gibt es Quell- und Wasserschutzgebiete. In diesen Regionen gelten besondere Vorschriften, insbesondere beim Umgang mit giftigen Chemikalien. Flächen in unmittelbarer Nähe dürfen gar nicht genutzt werden.

Zum Schutz der Wasservorkommen und somit der Trinkwasserversorgung der Bevölkerung hat das **Land Steiermark** 5 200 Wasserschutzgebiete und 21 Wasserschongebiete (Stand 2017) verordnet.

Die Bevölkerung der Landeshauptstadt Graz bezieht ihr Wasser zu einem Großteil aus den Wasserwerken Andritz, Friesach und Feldkirchen und zu 30 % aus dem südlichen Hochschwabgebiet, allesamt durch Wasserschutz- und -schongebiete abgesichert.

Ebenso gelten für Talsperren, die für die Trinkwassergewinnung genutzt werden, spezielle Vorschriften. Baden ist in der Regel nicht gestattet und Motorboote dürfen dort nicht fahren.

Was für die Wasserschutzgebiete gilt, sollte eigentlich für die restlichen Wasserkörper ebenso gelten, zum Schutz der dort lebenden Pflanzen- und Tierwelt.

Für den Erhalt unseres kostbaren Wassers sollte allgemein Folgendes beachtet werden:

- Keinen Müll in Bäche, Flüsse und Seen werfen.
- Sparsame Verwendung von Duschgel und Seife und Einsatz von umweltfreundlichen Wasch- und Putzmitteln.
- Das WC nicht als Mülleimer betrachten, denn Speisereste, Altöl, Katzenstreu oder alte Medikamente haben im Abwasser nichts verloren!

Bewusstsein für eine richtige Entsorgung schafft die Sortierübung **> Das WC ist kein Mistkübel** (S. 151) mit den dazu passenden Infoblättern. Mit den Rezepten **> Waschpulver selbst gemacht** (S. 155) und **> Waschmittel aus Rosskastanien** (S. 157) können umweltfreundliche Waschmittel selbst hergestellt werden - diese sind eine gute Alternative zu konventionellen Waschmitteln.



Abb. 33: erstarrtes Fett an Rohrleitungen; AWW Grazerfeld

1. Basiswissen



Wasser zu schützen heißt aber auch, Wasser nicht zu verschwenden, sondern vernünftig damit hauszuhalten. Wasser lässt sich bei vielen Gelegenheiten im Alltag leicht einsparen:

- Wasser nicht länger als unbedingt nötig laufen lassen, egal ob unter der Dusche oder beim Zähneputzen. Übrigens, beim Duschen braucht man nur ein Drittel der Wassermenge, die beim Baden verbraucht wird.
- Tropfende Wasserhähne umgehend reparieren lassen.
- Geschirrspülmaschine und Waschmaschine nur möglichst voll in Betrieb nehmen.
- Fahrradputzen oder Blumengießen könnte auch mit gesammeltem Regenwasser erfolgen.

Jeder noch so kleine Beitrag hilft, das Wasser zu schützen, denn je weniger Wasser gebraucht wird, desto weniger Wasser muss mit mehr oder weniger starkem Aufwand gereinigt werden.

Die Beispiele für potenzielles Wassersparen beziehen sich leider oft nur auf den direkten Wasserverbrauch, der indirekte bzw. virtuelle Wasserverbrauch wird gerne außer Acht gelassen. Es ist jedoch wesentlich, sich dem virtuellen Wasserverbrauch bewusst zu werden, da wir gerade hier einen wirksamen „Wasserbeitrag“ leisten können, indem wir nicht unnötig durch unseren Konsum Wasser aus Ländern verbrauchen, wo es ohnehin schon wenig bis gar kein sauberes Wasser gibt.

Bewusstsein, wie viel virtuelles Wasser in unseren Produkten steckt, schaffen das Gespräch mit Impulskarten [> Virtuelles Wasser in Produkten](#) (S. 159) sowie die Recherche [> Verstecktes Wasser in Lebensmitteln](#) (S. 162). Die regionalen Unterschiede in Hinblick auf die Ressource Wasser wird bei der Recherche [> Niederschlagsmengen weltweit](#) (S. 166) deutlich und bei einer gemeinsamen [> Klassenjause](#) (S. 169) wird berechnet, wie viel virtuelles Wasser in der Jause steckt.

Virtuelles Wasser

In den frühen 90er-Jahren prägte der britische Geograf John Anthony Allan den Begriff des „virtuellen Wassers“. Darunter ist jener Verbrauch einer bestimmten Wassermenge zu verstehen, die benötigt wird, um Nahrung und Konsumgüter zu erzeugen bzw. die in einer Dienstleistung enthalten ist. Dieser „versteckte“ (indirekte) Wasserverbrauch steht dem „sichtbaren“ (direkten) gegenüber. Die Komponenten, aus denen sich virtuelles Wasser zusammensetzt, sind: grünes Wasser, blaues Wasser, graues Wasser.

Grünes Wasser: Damit gemeint sind natürliche Niederschläge wie Regen oder Schnee, die der Boden speichert. Dieses Wasser wird von der Pflanze für ihr Wachstum aufgenommen und auf natürlichem Weg nachgeliefert. Die Menge ist je nach Klimazone unterschiedlich. Je höher der Anteil des grünen Wassers am Gesamtwasserverbrauch ist, desto günstiger ist auch die Wasserbilanz.

Blaues Wasser: Das ist Wasser, das in der Landwirtschaft oder Industrie zur künstlichen Bewässerung oder zur Herstellung von Produkten benötigt wird. Es wird Bächen, Flüssen, Seen oder dem Grundwasser entnommen. Daher ist die Verwendung dieses Wassers immer ein Eingriff in das natürliche Ökosystem.

Graues Wasser: Das ist die Menge an Wasser, die während der Produktion oder durch Dünge- und Pflanzenschutzmittel stark verunreinigt wird bzw. die Menge Wasser, die notwendig ist, das verschmutzte Wasser so weit zu verdünnen, dass es wieder den Qualitätsstandards entspricht.

Je nach Klimazone unterscheiden sich die Mengen an grünem Wasser (natürliche Niederschläge). Im Gegensatz zu vielen anderen Ländern herrschen bei uns für die Landwirtschaft günstige klimatische Bedingungen mit ausreichend Niederschlag (durchschnittliche Regenmenge in Österreich 1 100 l/m²), so dass verhältnismäßig wenig Bewässerung notwendig ist. Durch den Klimawandel wird jedoch auch bei uns die künstliche Bewässerung zunehmen. Global sieht die Situation bereits jetzt anders aus. In Europa gehen lt. Europäischer Umweltagentur 24 Prozent der Wasserentnahmen auf das Konto der Landwirtschaft. Weltweit sind es sogar 70 Prozent.

1. Basiswissen



1.5.2 Der Wald als Wasserspeicher

Ein Boden mit Waldbedeckung gilt gemeinhin als gut geschützt. Für ein Waldland wie Österreich ist dies von großer Bedeutung. Wasser, das in Form von Niederschlägen auf den Wald und den Waldboden trifft, gelangt nur zu etwa 30 % in Form von Tiefensickerung in den Boden bzw. fließt als geringer Teil als Oberflächenwasser ab. Die restlichen 70 % gehen über Interzeption und Transpiration in die Atmosphäre zurück. Das bedeutet für einen Jahresniederschlag von beispielsweise 1 000 mm, wie er auf viele Waldregionen in Österreich zutrifft, dass lediglich 300 mm des Niederschlags als Tiefensickerung wirksam werden.

Unter **Interzeption** versteht man das Abfangen bzw. Zurückhalten von Niederschlägen auf der „Oberfläche“ der Vegetation. Sind die Blätter oder Nadeln einmal vollständig benetzt, so gelangt der weitere Niederschlag als **Stammabfluss** oder als **Kronendurchlass** zum Waldboden. Jener Teil des Niederschlagswassers, der von den Blättern oder Nadeln direkt wieder an die Atmosphäre verdunstet, wird als **Interzeptionsverlust** bezeichnet. Dieser kann bei Nadelwäldern gut 30 bis 40 % des jährlichen Gesamt-Niederschlags ausmachen, bei Laubwäldern immerhin noch etwa 15 bis 25 %.

Was hier kompliziert klingen mag, hat jeder wahrscheinlich schon einmal erlebt: Wenn es zu regnen beginnt und man sich unter einen Baum stellt, bleibt man vorerst trocken. Das ist die Interzeption, da die ersten Tropfen von den Blättern oder Nadeln zurückgehalten werden. Irgendwann beginnt es aber doch auf den Kopf zu tropfen (das ist der Kronendurchlass) und man kann Wasser beobachten, das über den Stamm herabrinnt (das ist der Stammabfluss). Wenn nach dem Regen das Wasser auf den Blattoberflächen wieder verdunstet, ist das der Interzeptionsverlust.

Speicherpotenzial des Waldbodens

Wenn man bedenkt, dass der Boden nur zu etwa 50 % aus festem Material besteht und die restlichen 50 % seines Volumens aus Hohlräumen gebildet werden, so wird sofort verständlich, dass darin neben Luft auch enorme Mengen an Wasser gespeichert werden können. So konnte nachgewiesen werden, dass in den obersten zehn Zentimetern eines Waldbodens bis zu 30 l Niederschlagswasser pro

Quadratmeter zurückgehalten werden. Somit ist der Waldboden ein wertvoller Wasserspeicher, er trägt dazu bei, dass Hochwässer gemildert und die Bäume kontinuierlich mit Wasser versorgt werden. Darüber hinaus schützt die Durchwurzelung des Bodens diesen vor Erosion, speziell in Hanglagen.

Entscheidend für das Speichervermögen des Bodens sind dessen Poren. Je nach Größe der Poren spricht man von Feinporen (Durchmesser $< 2 \mu\text{m}$ = 2 Tausendstel Millimeter), von Mittelporen ($\varnothing 2\text{-}10 \mu\text{m}$) und von Grobporen ($\varnothing 10\text{-}50 \mu\text{m}$). Poren $> 50 \mu\text{m}$ Durchmesser werden als Gröbstoporen bezeichnet. Das Wasser in den Feinporen steht aufgrund der starken Bindungskräfte, die zwischen den Wassermolekülen und der Oberfläche der Bodenpartikeln bestehen, den Pflanzen kaum zur Verfügung, es wird als Totwasser bezeichnet. Pflanzenverfügbar ist lediglich das Wasser in den Mittel- und Grobporen.

Wird der Wald großflächig abgeholzt, kann das Regenwasser kaum zurückgehalten werden. Es fließt nicht nur schnell ab, es schwemmt auch den wertvollen und fruchtbaren Boden fort. Waldabholzungen sind demnach mitverantwortlich für die immer häufiger auftretenden Hochwasser- und Flutkatastrophen.

Über das Jahr gesehen sind es nicht so sehr die Starkregenereignisse, die den Wald schädigen, vielmehr ist es der Wassermangel. Die Hitzesommer der Jahre 2018 und 2019 haben in weiten Teilen Mitteleuropas den Wäldern schwer zugesetzt. Geringere Zuwächse, sinkende Vitalität, reduzierte Abwehrkraft der Bäume und die Massenvermehrung von Borkenkäfern sind die Folgen von Trockenstress. Somit entwickelt sich der Klimawandel und seine Folgen zur größten Herausforderung für die gegenwärtige und zukünftige heimische Waldwirtschaft aus ökonomischer wie auch aus ökologischer Sicht. Das Langzeitexperiment [> Trockenheit](#) (S. 176) und das Landschaftsmodell [> Wasserabfluss und Bodenbedeckung](#) (S. 177) veranschaulichen diese Prozesse.

1.5.3 Plastik im Wasserkreislauf

Kunststoffe sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Zunehmend zeigen sich aber Folgen des intensiven

1. Basiswissen



Einsatzes von Plastik auf unsere Umwelt und damit auch auf unsere Gesundheit.

Der Begriff **Mikroplastik** beschreibt Kunststoffpartikel, die kleiner als 5 mm sind.

Primäres Mikroplastik

Hierbei handelt es sich um Kunststoffgranulate, die als Produktzusatzstoffe (zB in Kosmetikprodukten, Waschmitteln) oder direkt als Produkt (zB als Strahlungsmittel zum Reinigen, Aufrauen oder Veredeln von Oberflächen) benutzt werden.

Sekundäres Mikroplastik

Hier sind sämtliche Partikel gemeint, die durch die Zerkleinerung von größeren Kunststoffteilen – in der Regel Abfällen – entstehen.

In **Betrieben**, wo Kunststoff erzeugt bzw. verarbeitet wird, bleiben Reste liegen, die beim Reinigen der Anlage teilweise direkt ins Kanalsystem geleitet werden. Ein anderer Teil wird auf offenem Gelände durch den Wind vertragen oder mit dem Regen in die Kanalisation geschwemmt.

Auch im **Straßenverkehr** entsteht durch den Abrieb von Kfz-Reifen Mikroplastik, welcher nach Regen wieder ins Abwassersystem eingebracht wird.

In der **Kosmetik** wird Mikroplastik eingesetzt, damit sich zB ein Shampoo oder eine Creme seidig anfühlt oder die Fließfähigkeit und Stabilität von Produkten verbessert wird. Nach Verwendung des Produktes gelangt das Mikroplastik über den Abfluss im Badezimmer in die Kanalisation.

In der **Kleidungsproduktion** kommen neben natürlichen Fasern wie Baumwolle oder Seide zunehmend Kunstfasern wie Polyacryl oder Elastan zum Einsatz. Bei jedem Waschgang gelangen jedoch Fasern der Kleidungsstücke mit ins Abwassersystem. Auch manche Waschmittel enthalten Mikroplastik, welches wiederum in das Abwasser gelangt.

Über die **Toilette** werden ebenfalls Kunststoffe in das Abwasser geleitet. Hierbei handelt es sich meist um Folien, zB Hygieneartikel wie die Verpackung von einzelnen Tampons.

Mikroplastik gelangt also über unterschiedliche Wege in den Wasserkreislauf der Erde und kann über das Wasser weite Strecken zurücklegen: Vom Abwasser hin zur Kläranlage, über Bäche, Flüsse und Seen gelangt es weiter ins Meer. Im Meer landet neben dem über das Abwasser eingebrachte Mikroplastik zusätzlich auch ein großer Anteil des Plastikmülls, der in der Umwelt vorkommt. Einerseits kommt es im Pazifischen Ozean aufgrund bestimmter Meeresströmungen zu einer Ansammlung von Plastikmüll, welche ineinander verflochten eine riesige Fläche bildet. Man spricht bereits von einem weiteren Kontinent! Andererseits wird der Plastikmüll durch das Salzwasser, den Wind und die Sonneneinstrahlung zügig verkleinert, es entsteht hier also sekundäres Mikroplastik, welches von Meeresorganismen aufgenommen wird und somit in der Nahrungskette landet.

Wasser ist für alle Lebewesen eine notwendige Grundlage. Umso wichtiger ist es, es zu schützen und sauber zu halten, vor allem auch, weil wir Menschen die Auswirkungen des im Moment eingebrachten Mikroplastiks nicht abschätzen können. Letztendlich sind wir in der Nahrungskette die Endverbrauchenden.

Mikroplastik wurde auch bereits im Leitungswasser gefunden. Zurzeit scheint es eher unwahrscheinlich, dass es über den natürlichen Wasserkreislauf, also über das Abregnen dorthin gelangt. Es ist anzunehmen, dass über Wäschetrockner Kunststofffasern in die Luft geblasen werden und der Wind für eine Verbreitung sorgt. Eine andere Ursache für Mikroplastik im Leitungswasser könnte sein, dass verbaute Materialien in unserem Wassersystem, wie beispielsweise Leitungen, aus Kunststoff sind und diese mit der Zeit spröde werden.

Doch nicht nur Plastik ist eine Bedrohung für unsere Meere: Der Kohlendioxid (CO_2) in der Luft ist nicht nur für den Klimawandel verantwortlich, sondern lässt auch das Meerwasser sauer werden. Dass zwischen Wasser und Luft ein CO_2 -Austausch stattfindet, kann man mit dem Experiment [> Versauerung der Meere](#) (S. 178) belegen, das auch außerhalb des Chemieunterrichts und ohne Laborausstattung mit einfachen Mitteln durchgeführt werden kann.

1. Basiswissen



1.5.4 Wasser als globales Nachhaltigkeitsziel

Am 25. September 2015 wurde von den Vereinten Nationen auf dem Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung die Agenda 2030 verabschiedet. In dieser Resolution wurden 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung aufgeführt, die **Sustainable Development Goals (SDGs)**. Diese politischen Zielsetzungen sollen eine nachhaltige Entwicklung auf sozialer, ökologischer und ökonomischer Ebene sichern. Wasser ist in den SDGs allgegenwärtig: „*Egal wer du bist, egal wo du bist: Du hast ein Recht auf Wasser!*“. Die 17 globalen Nachhaltigkeitsziele, die bis 2030 verwirklicht werden sollen, gelten für alle Staaten der Welt und sollen allen Menschen dieser Erde gerecht werden. Österreich hat die Agenda 2030 unterzeichnet und sich damit verpflichtet, an der Zielerreichung mitzuwirken.

Da es bei den SDGs auch um die gerechte Verteilung von Ressourcen geht, wird dem Themenbereich Wasser naturgemäß breiter Raum gewidmet. Zu Recht, denn das auf der Erde für den Menschen verfügbare Süßwasser ist eine knappe Ressource, nur ein minimaler Teil der globalen Wasservorkommen sind für den Menschen direkt als Trinkwas-



Abb. 34: nicht alle Menschen haben Zugang zu sauberem Trinkwasser; Roger Brown Photography/shutterstock.com

ser nutzbar und darüber hinaus extrem ungleich verteilt. Schätzungen zufolge haben mehr als 1 Milliarde Menschen keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser und etwa ein Drittel der Weltbevölkerung hat keinen Zugang zu hygienischen Sanitäranlagen. Angesichts von Klimawandel, steigender Weltbevölkerung und steigendem Lebensstandard ist der Druck auf das Wasser umso höher und ein Schutz dieser Ressource dementsprechend wichtig und vorrangig.

Aus diesem Grund hat die Weltgemeinschaft dem Thema Wasser im Rahmen der SDGs auch ein eigenes Nachhaltigkeitsziel gewidmet.

SDG 6 - Sauberes Wasser und Sanitärversorgung

Das SDG 6 gliedert sich in acht Zielvorgaben bzw. Unterziele. Diese fordern u. a. allgemeinen und gerechten Zugang zu einwandfreiem und bezahlbarem Trinkwasser, den Zugang zu einer angemessenen und gerechten Sanitärversorgung, die Verbesserung der Wasserqualität, die Steigerung der Effizienz der Wassernutzung, den Schutz von wasserverbundenen Ökosystemen, internationale Zusammenarbeit und Unterstützung der Entwicklungsländer im Bereich der Wasser- und Sanitärversorgung und die Mitwirkung lokaler Gemeinwesen an der Verbesserung der Wasserbewirtschaftung und der Sanitärversorgung.

Hier stehen alle AkteurInnen vor einer großen Herausforderung, um einen gemeinsamen Nenner für die Erfüllung dieser Zielvorgaben zu finden, denn das notwendige Nebeneinander von Wasser und eng damit verbundenen Bereichen wie Energie und Landwirtschaft führt natürlich auch zu konkurrierenden Positionen um die Ressource Wasser.

Auch in der Steiermark sind diesbezüglich Interessenskonflikte zu behandeln. Ein hohes Ziel ist es hierbei, einen optimalen Ausgleich dieser Interessen bei der Ressourcennutzung zu ermöglichen.

Die offensichtliche große Relevanz des Wassers durchzieht alle SDGs und legt es nahe, dass sich hier zahlreiche Wechselwirkungen zwischen einzelnen Zielen ergeben, so auch in der Steiermark.

1. Basiswissen



Ziel 1 - Keine Armut

Die Anfälligkeit von Armen und Menschen in prekären Situationen gegenüber klimabedingten Extremereignissen soll verringert werden. Solche klimabedingten Extremereignisse stehen häufig mit Wasser oder Wassermangel in Zusammenhang (Überflutungen, Dürren).



Ziel 2 - Kein Hunger

Die landwirtschaftliche Produktivität von kleinen Nahrungsmittelproduzenten soll erhöht werden, unter anderem durch den sicheren und gleichberechtigten Zugang zu Grund und Boden, anderen Produktionsressourcen und Betriebsmitteln. Wasser ist hier eine dieser Produktionsressourcen. Außerdem soll die Anpassungsfähigkeit der Nahrungsmittelproduzenten gegenüber extremen Wetterereignissen, Dürren und Überschwemmungen erhöht werden.



Ziel 3 - Gesundheit und Wohlergehen

Durch Wasser übertragene Krankheiten sollen bekämpft werden und die Zahl der Todesfälle und Erkrankungen aufgrund der Verschmutzung und Verunreinigung von Wasser soll verringert werden.



Ziel 4 - Hochwertige Bildung

Alle Lernenden sollen die notwendigen Kenntnisse und Qualifikationen zur Förderung nachhaltiger Entwicklung erwerben, unter anderem durch nachhaltige Lebensweisen. Dazu zählt auch der nachhaltige Umgang mit Wasser.



Ziel 5 - Geschlechtergleichstellung

Es sollen Reformen durchgeführt werden, um Frauen Zugang zu natürlichen Ressourcen zu verschaffen, zu denen auch Wasser zählt.



Ziel 7 - Bezahlbare und saubere Energie

Der Anteil erneuerbarer Energie (u. a. Wasserkraft) soll erhöht und der Zugang zu dahingehender Forschung und Technologie erleichtert werden.



Ziel 8 - Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum

Die weltweite Ressourceneffizienz soll verbessert und die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltzerstörung angestrebt werden. Auch bei der Umsetzung dieses Punktes (Umweltzerstörung) kommt man am Thema Wasser nicht vorbei.



Ziel 9 - Industrie, Innovation und Infrastruktur

Infrastruktur soll modernisiert und Industrien sollen nachgerüstet werden, um sie nachhaltig zu machen, unter vermehrter Nutzung sauberer und umweltverträglicher Technologien und Industrieprozesse. Ebenso ein Punkt, der nicht ohne Berührung des Themas Wasser möglich ist, denn der Einsatz von Wasser in der Industrie ist ein bedeutender Faktor.



Ziel 10 - Weniger Ungleichheiten

Bei diesem Ziel geht es um die Ungleichheit innerhalb und zwischen den Staaten in Bezug auf materielle und immaterielle Ressourcen, somit letztlich auch um die Ressource Wasser.



Ziel 11 - Nachhaltige Städte und Gemeinden

Die Anfälligkeit für Katastrophen, einschließlich Wasserkatastrophen, soll reduziert und die von den Städten ausgehende Umweltbelastung (dazu zählen auch Abwässer) soll gesenkt werden.



Ziel 12 - Verantwortungskonsum- und Produktionsmuster

Eine nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen soll erreicht und die Freisetzung von Chemikalien und allen Abfällen in das Wasser soll verringert werden. Außerdem sollen die Menschen über Informationen und das Bewusstsein für nachhaltige Entwicklung und eine Lebensweise in Harmonie mit der Natur verfügen.



Ziel 13 - Maßnahmen zum Klimaschutz

Die Zusammenhänge zwischen Wasser und Klima sind allgegenwärtig. Erwähnt sei hier nur die Formulierung, dass die Widerstandskraft und die Anpassungsfähigkeit gegenüber klimabedingten Gefahren und Naturkatastrophen, die wiederum oft mit Wasser oder Wassermangel in Zusammenhang stehen, in allen Ländern gestärkt werden soll.



Ziel 14 - Leben unter Wasser

Neben dem Ziel 6 ist dies das zweite, in dem „Wasser“ schon im Titel vorkommt. Es bezieht sich v. a. auf alle Arten der Meeresverschmutzung, die verringert werden sollen. Meeres- und Küstenökosysteme sollen nachhaltig bewirtschaftet und geschützt werden und die Versauerung der Ozeane reduziert werden. Ebenso werden die Themen Fischerei, Tourismus, biologische Vielfalt und Forschung angesprochen.



Ziel 15 - Leben an Land

Hier findet man diverse Bezüge zum Wasser wie die Forderungen, dass Binnensüßwasser-Ökosysteme erhalten oder wiederhergestellt werden sollen, dass die Auswirkungen invasiver gebietsfremder Arten auf die Wasserökosysteme reduziert oder dass Flächen und Böden, die von Dürre und Überschwemmungen geschädigt wurden, saniert werden sollen.



Ziel 16 - Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen

Friedliche, inklusive Gesellschaften bedürfen einer Befriedigung der Grundbedürfnisse, zu denen Wasser zählt. Nicht umsonst hört man oft, dass Kriege um Wasser geführt werden.



Ziel 17 - Partnerschaften zur Erreichung der Ziele

Die globale Partnerschaft soll ausgebaut werden, um die Erreichung der Ziele für nachhaltige Entwicklung zu unterstützen. Auch bei dieser sehr allgemeinen Kurzfassung hat „Wasser“ naturgemäß einen Platz.

1. Basiswissen



Wechselwirkungen, Zielkonflikte und Herausforderungen im Bereich Wasser in der Steiermark

Auch wenn wir in Österreich und der Steiermark in der glücklichen Lage sind, ausreichend hochqualitatives Trinkwasser zu haben und über eine hochwertige sanitäre Versorgung verfügen, besteht selbstverständlich auch bei uns die Notwendigkeit, die wasserbezogenen Ziele der SDGs zu verfolgen und dahingehende Maßnahmen ständig zu optimieren.

Beim Thema Wasser setzt der Geschäftsbereich „Wasserwirtschaft“ der Abteilung 14 des Landes Steiermark in vielen Bereichen Maßnahmen zur Erreichung von SDGs mit Wasserbezug, v. a. natürlich beim Ziel 6 „Sauberes Wasser und Sanitärversorgung“. Aber auch die anderen Geschäftsbereiche „Ressourcenwirtschaft und Nachhaltigkeit“ wirken auf die meisten Ziele, besonders stark beim Ziel 11 „Nachhaltige Städte und Gemeinden“, beim Ziel 12 „Verantwortungsvoller Konsum- und Produktionsmuster“, beim Ziel 15 „Leben an Land“ oder beim Ziel 17 „Partnerschaften zur Erreichung der Ziele“.

Das Projekt „Wasserland Steiermark“ lässt sich v. a. dem Ziel 4 „Hochwertige Bildung“ zuordnen, da mit den beiden

Projektsäulen „WasserInformation“ und „WasserBildung“ Kenntnisse und Qualifikationen zur Förderung nachhaltiger Entwicklung im Bereich Wasser vermittelt werden.

Trotz dieser bisherigen Aktivitäten steht auch die Steiermark vor etlichen Herausforderungen, die auf Zielkonflikten zwischen einzelnen oder mehreren SDGs basieren. Manche davon sind in den Medien stark präsent, andere erschließen sich u. U. erst bei genauerem Hinsehen dem/der BeobachterIn.

Beispiel 1: Energiegewinnung

Dazu zählen etwa medial teils umfangreich transportierte Debatten rund um die Energiegewinnung aus Wasserkraft. Erwähnt seien hier beispielsweise Bauvorhaben wie das neue Grazer Murkraftwerk und die geplanten Kraftwerke auf der Koralm (Pumpspeicherkraftwerk im Bereich Glitzalm/Glitzkar, Abb. 36) oder an der Schwarzen Sulm. Diese und andere Beispiele erfahren immer wieder großes öffentliches Interesse, die jeweils auf Zielkonflikten zwischen SDG 7 (Bezahlbare und saubere Energie) und anderen Zielen wie etwa SDG 6 basieren, in dem der „Schutz von wasserverbundenen Ökosystemen“ genannt wird oder auch SDG 15, in dem u. a. auf den Erhalt der Bin-



Abb. 36: Blick ins Glitzkar und zum Hauptkamm der Koralm; Land Steiermark/Fachgutachten zur UVP „PSW Koralm“

1. Basiswissen



nensüßwasser-Ökosysteme und der Ökosysteme der Berge eingegangen wird. Letztere gelten hier als besonderer Rückzugsraum etlicher Tier- und Pflanzenarten, weshalb Gebirgslagen als ökologisch sensible Regionen eine besondere Herausforderung für die Raumplanung darstellen, durchaus auch in Hinblick auf deren Funktion als Erholungsräume für den Menschen.

Aus SDG 13 lässt sich wiederum die Nutzung von Wasserkraft als Klimaschutzmaßnahme herauslesen. Wie wichtig hier der in den SDGs geforderte integrative Ansatz ist, liegt also auf der Hand.

Beispiel 2: Landwirtschaft

Ein anderes Beispiel von Wechselwirkungen zwischen einzelnen SDGs oder Zielkonflikten zeigt sich im Bereich Landwirtschaft. Die Produktionsressource Wasser soll den Nahrungsmittelproduzenten zur Verfügung stehen (SDG 2), der Konsum (und damit auch die Produktion) von regionalen und saisonalen Lebensmitteln gilt als wichtige Klimaschutzmaßnahme (SDG 13) und dabei muss laut SDG 6 das Trinkwasser (Grundwasser) in einem einwandfreien Zustand sein (Thema Ausbringung von Gülle, Jauche und Mineraldüngern). Ebenso kann das SDG 1 in diesem Bei-

spiel genannt werden, denn auch bei uns gibt es bereits reale klimabedingte Extremereignisse wie Hochwässer oder Trockenperioden, welche für LandwirtInnen existenzbedrohend sein können.

In den letzten Jahren immer stärker ins Bewusstsein der Bevölkerung und der KonsumentInnen gekommen sind auch die Themen Nahrungsmittelverschwendung oder Massentierhaltung, die sich etwa im SDG 12 aufgreifen lassen, in dem die nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen gefordert wird. Die dazu nötigen „verantwortungsvollen Konsum- und Produktionsmuster“ sind natürlich auch für die Landwirtschaft eine Zielvorgabe.

Um dieses komplexe Wirkungsgefüge auch zukunftsweisend betrachten zu können, und ein Nebeneinander (Abb. 37) zu ermöglichen, sind wiederum bei den Betroffenen notwendige Kenntnisse und Qualifikationen rund um nachhaltige Entwicklung nötig (SDG 4).

Beispiel 3: Tourismus

Als letztes Beispiel sei der Bereich Wintertourismus genannt, bei dem ebenso etliche Wechselwirkungen zwischen globalen Nachhaltigkeitszielen und Wasser zu finden sind.



Abb. 37: Nebeneinander von Landwirtschaft und Wasserschongebiet; Land Steiermark

1. Basiswissen



Die massiven Schneefälle zu Beginn des Jahres 2019 täuschen natürlich nicht darüber hinweg, dass allen Prognosen nach die Zahl der jährlichen Tage mit natürlicher Schneedecke in der Steiermark weiterhin klimawandelinduziert zurückgehen und damit die Notwendigkeit einer künstlichen Beschneigung zur Aufrechterhaltung eines wirtschaftlich gesicherten Schibetriebs in den steirischen Wintersportregionen zunehmen wird. Dadurch steigender Wasserverbrauch für die Kunstschneegewinnung überlagert sich mit steigenden Gästezahlen und dadurch auch steigendem Wasserverbrauch im Beherbergungsbereich in den großen Schigebieten. Hier kommt natürlich v. a. das Subziel 6.4 zum Tragen, laut dem die Effizienz der Wassernutzung wesentlich gesteigert und eine nachhaltige Entnahme und Bereitstellung von Wasser gewährleistet werden soll, um Wasserknappheit zu begegnen.

Auch die nötige Infrastruktur zum Betrieb eines Schigebietes soll so gestaltet sein, dass sie nachhaltig ist (SDG 9), wobei vermehrt saubere und umweltverträgliche Technologien genutzt werden sollen. Hier muss auch die „Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltzerstörung“ bedacht werden, wie man im SDG 8 lesen kann. Wirtschaftliches Wachstum in Schigebieten wird aber viel-

fach mit Zunahme an Pistenkilometern und Ausweitung der dafür nötigen Infrastruktur gleichgesetzt. Dabei ist auch in der Steiermark diese geforderte Entkopplung oft nicht gegeben. So können im hier behandelten Bereich zB wassergebundene Ökosysteme wie Moore durch den Bau neuer Schipisten gefährdet oder gänzlich zerstört werden (Abb. 38). Hand in Hand gehen hierbei also auch Zielkonflikte zum SDG 15 „Leben an Land“.

Bei allen drei genannten Beispielen ließen sich noch etliche weitere Wechselwirkungen und Zielkonflikte aufzeigen, aber auch die Möglichkeiten, die die 17 Nachhaltigkeitsziele bieten, um anstehende Herausforderungen zu meistern. So zeigen sich bei der Umsetzung der SDGs auch auf Gemeindeebene noch große Potenziale, denn obwohl die steirischen Gemeinden und Städte in vielen Bereichen sehr nachhaltig agieren, tun sie dies noch weitgehend sektorspezifisch. Mit den globalen Nachhaltigkeitszielen der Agenda 2030 können diese vielen wertvollen Initiativen gebündelt und zielgerichtet sichtbar gemacht werden und es lassen sich auch jene Schritte besser planen, die notwendig sind, um das steirische Wasser auch zukünftig als eine unserer bedeutenden Ressourcen zu bewahren.



Abb. 38: Anlage einer neuen Schipiste in einem Moor auf der Turrach im Jahr 2016; J. Gepp



Der Wasserkreislauf

2. Praxisteil für Lehrende

Salz- oder Süßwasser?

ab 1. Schulstufe | 10-20 Min.



Benötigtes Material

- 💧 Bildkarten „Salz- oder Süßwasser?“ (S. 48-50)
- 💧 evtl. Globus

Vorbereitung

Die Bildkarten werden kopiert und geschnitten.
Der Globus wird in die Mitte des Sesselkreises gestellt.

Durchführung

Der Einsatz der Bildkarten eignet sich besonders gut für den Einstieg in das Thema „globale Wasserverteilung“.

Die Bildkarten werden an die Kinder ausgeteilt. Es wird gefragt, ob es sich beim jeweiligen Bild um Süß- oder Salzwasser handelt und die Karten werden in die Mitte des Sesselkreises getrennt voneinander abgelegt.

Der Blick auf den Globus zeigt deutlich, dass es sich beim größten Anteil – nämlich 97 % des gesamten Wasservorkommens der Erde – um Salzwasser handelt und nicht als Trinkwasser geeignet ist.

Zusatzinformation

Je nachdem wie hoch der Anteil von gelöstem Salz im Wasser ist, spricht man von Salzwasser (Salzgehalt $> 1\%$), Brackwasser ($0,1\%-1\%$) oder Süßwasser ($< 0,1\%$). Der durchschnittliche Salzgehalt von Meeren liegt bei $3,5\%$.

Verdunstet Meerwasser steigt nur der Wasserdampf auf. Das Salz bleibt in den Meeren zurück. Bei gefrorenem Meerwasser wird das Salz zwar nicht ins Kristallgitter des Eises eingebaut, lagert sich aber teilweise dazwischen ab. Je nachdem wo und wie alt das Meereis ist, weist es einen Salzgehalt von rund $0,3-3\%$ auf und wird beim Schmelzen zu Salzwasser. Achtung, beim Eis am Südpol handelt es sich um gefrorenes Landwasser und es zählt somit zum Süßwasser!

Es gibt auch Salzwasserseen. Bei diesen können die im Wasser gelösten Salze nicht ins Meer geschwemmt werden, da sie keinen Abfluss ins Meer haben. Das bekannteste Beispiel dafür ist das Tote Meer mit einem Salzgehalt von durchschnittlich 28% .

Lediglich 3% des Wasservorkommens der Erde sind Süßwasser. Von diesem Süßwasser ist aber nur ein kleiner Teil tatsächlich als Trinkwasser nutzbar. Der größte Teil ($68,7\%$) davon ist als Eis in den Polkappen und Gletschern gebunden.

Lösung

Süßwasser:

Hagel, Reif, Nebel, Bach, Fluss, Schneemann, Eiskratzen, Gletschereis, Wolken, See, Eis am Südpol (Landwasser), Tautropfen, Wasserdampf, Tümpel, Regen

Salzwasser:

Eis am Nordpol (Meerwasser), Totes Meer, Schwarzes Meer, Meer in der Karibik, Atlantischer Ozean, Arktischer Ozean, Pazifischer Ozean, Indischer Ozean, Mittelmeer





Hagel



Reif



Nebel



Bach



Fluss



Schneemann



Eiskratzen



Gletschereis



Wolken



See



Eis am Südpol



Tautropfen



Wasserdampf



Tümpel



Regen



Eis am Nordpol



Totes Meer



Schwarzes Meer



Meer in der Karibik



Atlantischer Ozean



Arktischer Ozean



Pazifischer Ozean



Indischer Ozean



Mittelmeer

Der blaue Planet

ab 1. Schulstufe | 10-20 Min.



Benötigtes Material

- Eimer (10 Liter)
- Trinkglas
- Stamperl
- Wasser
- evtl. Globus
- evtl. Bildkarten „Salz- oder Süßwasser?“ (S. 48-50)
- gefrorenes Wasser/Eiswürfel (für Variante)

Vorbereitung

Um das Wasservorkommen auf der Erde zu demonstrieren, muss der 10-Liter-Eimer voll mit Wasser gefüllt werden.

Für die Variante wird zusätzlich ein Glas Wasser eingefroren oder es werden Eiswürfel verwendet.

Durchführung

Der voll mit Wasser gefüllte Eimer wird für alle gut sichtbar in die Mitte des Sesselkreises gestellt. Die leeren Gefäße (Trinkglas und Stamperl) werden daneben platziert. Besonders bei jüngeren SchülernInnen hilft ein Globus für ein besseres Verständnis des weltweiten Wasservorkommens (71 % der Erdoberfläche).

Das Wasser im Eimer steht für das gesamte Wasser auf der Erde: Salzwasser und Süßwasser. Gemeinsam werden Beispiele für Salz- und Süßwasservorkommen genannt. Unterstützend können dabei der Globus und die Bildkarten „Salz- oder Süßwasser?“ eingesetzt werden.

Um die Mengenverteilung des globalen Wasservorkommens zu verdeutlichen, werden folgende Schritte durchgeführt:

1. Als erstes wird mit dem Trinkglas Wasser aus dem Eimer entnommen und daneben abgestellt.
Das Wasser im Eimer stellt nun das Salzwasser auf der Erde dar (97 %), das Wasser im Trinkglas die gesamte Süßwassermenge (3 %).
2. Anschließend wird mit dem Stamperl Wasser aus dem Trinkglas entnommen und daneben abgestellt.
Im Trinkglas verbleibt das Wasser, das an den Polen und in Gletschern als Eis gebunden ist (68,7 % des Süßwassers) und somit nicht als Trinkwasser nutzbar ist.



2.1.2 Der blaue Planet I Demonstration

Im Stamperl befindet sich nun die Menge, die dem nicht im Eis gebundenen Süßwasser entspricht und den Menschen als Trinkwasser zur Verfügung steht.

Dazu zählen Grundwasser, Oberflächenwasser, Bodenfeuchte und Luftfeuchte.

Variante: Um optisch zu verdeutlichen, dass 68,7 % des Süßwassers als Eis gebunden sind, kann statt dem Trinkglas ein Glas mit gefrorenem Wasser platziert werden. Alternativ können auch nur Eiswürfel vor das Trinkglas gestellt werden.

können zusätzlich Eiswürfel vor das Trinkglas gestellt werden oder es wird ein im Glas gefrorenes Wasser.

Zusatzinformation

Diese Demonstration verdeutlicht gut, dass trotz der gewaltigen Wassermenge auf der Erde nur ein geringer Teil als Trinkwasser nutzbar ist.

Da diese bescheidene Menge verfügbaren Trinkwassers zusätzlich auch noch topografisch und klimatisch bedingt ungleich auf der Erde verteilt ist, haben viele Menschen keinen oder einen nicht ausreichenden Zugang zu sauberem Trinkwasser. Die „Sustainable Development Goals“ (17 Ziele für eine bessere Welt) der UN haben im Rahmen der Agenda 2030 als Ziel Nr. 6 „Sauberes Wasser und Sanitärversorgung“ festgelegt, mit der Forderung nach „Verfügbarkeit und nachhaltigem Management von Wasser“ sowie der „Sicherung von sanitären Einrichtungen und Abwassersystemen“.



Keimversuch Kresse

ab 1. Schulstufe | 3-5 Tage



Benötigtes Material

- Kressesamen
- 3 kleine Teller
- 3 Watte pads
- 3 kleine Kannchen oder Gläser
- Wasser, Essig, Salz
- Esslöffel
- etwas zum Beschriften

Vorbereitung

Zuvor müssen die Teller und Kannchen für das Gießwasser mit den Begriffen „Wasser“, „Essigwasser“ und „Salzwasser“ beschriftet werden, damit es bei der Durchführung zu keiner Verwechslung und Verfälschung des Ergebnisses kommt.

Für die Herstellung des Gießwassers wird das Wasser-Kännchen mit reinem Leitungswasser befüllt, das Essigwasser-Kännchen mit halb Wasser und halb Essig und ins Salzwasser-Kännchen wird Wasser gefüllt und 1 Löffel Salz zugeführt, das durch Rühren vollständig aufgelöst wird.

Durchführung

Zu Beginn des Versuches wird auf jeden Teller ein Wattepad gelegt und mit ca. 1 EL Kressesamen bedeckt.

Nun werden die Samen mit Wasser, Essigwasser und Salzwasser vorsichtig gegossen. Wichtig ist, dass immer der richtige Teller mit der richtigen Flüssigkeit gegossen wird. Auf die Beschriftung achten!

Die Teller mit den Kressesamen werden zum Keimen an einen hellen, warmen Platz gestellt und müssen feucht, aber nicht zu nass gehalten werden. Nach ca. vier Tagen kann man erkennen, welche Flüssigkeit(en) die Kressesamen zum Auskeimen gebracht haben und welche nicht.

Zusatzinformation

Pflanzen bilden Samen, damit daraus wieder viele neue Pflanzen wachsen. So können sie sich schnell und auch über weite Strecken ausbreiten. Samen brauchen zum Auskeimen Wärme, Luft und Wasser!



2.1.3 Keimversuch Kresse I Experiment

Bekommen die Kressesamen aber Salz und Essig „mitgeliefert“, tut ihnen das nicht gut – Essig zerstört sogar die Schale der Samen. Die „Ernte“ fällt hier aus.

Was hier im Kleinen als Experiment abläuft, hat im Großen für Millionen Menschen weltweit massive Auswirkungen. Durch das Ansteigen des Meeresspiegels gelangt durch wiederkehrende Überflutungen immer wieder Meerwasser auf landwirtschaftliche Flächen, v. a. in ärmeren Ländern, wo Küstenschutzmaßnahmen fehlen. Die Folge ist eine Versalzung der dortigen Böden, die so für eine weitere Nutzung unbrauchbar werden.

Bei uns gelangen Auftausalze in die Umwelt und stellen für Bäume eine Belastung dar. Auch Düngersalze in Düngemitteln können bei zu hoher Konzentration das Auskeimen von Samen verhindern.

Böden können auch versauern, zB durch Säureeintrag über Dünger, CO₂, sauren Regen oder nicht standortgerechte Aufforstung. In Folge dessen werden Pflanzen geschwächt und können sogar absterben.



Meeresspiegelanstieg

ab 3. Schulstufe | 10-20 Minuten



Benötigtes Material

- 2 Glasschüsseln
- Wasser
- 3 große, eckige Steine
- kleine Spielhäuser (zB von Monopoly)
- Klebeband (nicht durchsichtig)
- 2 flache Behälter zum Einfrieren des Wassers (zB Frischhaltebox)
- evtl. blaue Farbe (Wasserfarbe, Lebensmittelfarbe)
- evtl. Eisbär- und Pinguinfigur

Vorbereitung

Für die Beobachtung, was passiert, wenn Meereis bzw. Landeis schmelzen, muss bereits am Vortag Wasser (evtl. blau gefärbt) im Gefrierschrank eingefroren werden. Es sollen ca. 3 cm dicke Eisschollen entstehen. Blau gefärbte Eisschollen kommen beim anschließenden Experiment besonders gut zur Geltung.

Durchführung

Um das Schmelzen der weltweiten Eismassen und das Ansteigen des Meeresspiegels nachzustellen, braucht man zwei Glasschüsseln.

Die erste Schüssel stellt den Nordpol dar. In diese Schüssel legt man rechts einen Stein. Dieser stellt eine beliebige Insel dar, zB Island.

Die andere Schüssel ist der Südpol. In diese legt man links einen Stein, das ist auch eine Insel, zB Tuvalu. Rechts legt man noch einen Stein in die Südpol-Schüssel, das ist der Kontinent Antarktis.

Nun werden die beiden Schüsseln so weit mit Wasser gefüllt, bis von allen Steinen noch ca. 1 cm aus dem Wasser herausragt. Die Eisschollen aus dem Gefrierschrank werden so zerkleinert, dass sie in die Schüsseln passen.

Eine Eisscholle lässt man nun in der Nordpol-Schüssel im Wasser treiben – das ist das Meereis der Arktis. Wenn man eine kleine Eisbärfigur hat, kann man diese auf das Eis stellen.

Ein anderes Stück Eis kommt in der Südpol-Schüssel oben auf den rechten Stein – das ist das Eis des Kontinents Antarktis. Hier könnte man eine kleine Pinguinfigur auf das Eis stellen.



2.1.4 Meeresspiegelanstieg | Experiment

Nun werden beide Wasserstände mit Klebeband außen an der Schüssel markiert – der obere Rand des Klebebandes kennzeichnet genau die Höhe des Wasserspiegels.

Auf beiden Inseln in den zwei Schüsseln werden genau an der Wassergrenze – also an der Küste – die Häuser aufgestellt.

Jetzt muss man warten. Das Meereis am Nordpol schmilzt im Wasser relativ schnell. Je mehr abschmilzt, desto blauer wird das Wasser in der Schüssel (sofern gefärbtes Wasser eingefroren wurde). In der Antarktis dauert es recht lange, bis das Eis am Kontinent geschmolzen ist.

Was ist mit dem Meeresspiegel geschehen, wenn in beiden Schüsseln das Eis geschmolzen ist?

Zusatzinformation

An den Polen der Erde befinden sich die größten Eismassen der Erde.

Auf der Nordhalbkugel sind die größten Eismassen in Grönland. Am **Nordpol** selbst findet man zwar auch Eis (v. a. im Winter), dabei handelt es sich aber um Meereis – also gefrorenes Meerwasser. Wenn dieses Meerwasser friert oder schmilzt, ändert sich der weltweite Meeresspiegel nicht, da dieses Eis genauso viel Wasservolumen verdrängt, wie es im flüssigen Zustand selber einnehmen würde.

Die Häuser in der Nordpol-Schüssel werden nicht überflutet und das Klebeband zeigt an, dass der Meeresspiegel nach dem Schmelzen gleichgeblieben ist. Allerdings ist mit dem Verschwinden des Eises der Lebensraum der Eisbären verloren gegangen. Nur am Eis kann er nämlich Robben jagen, indem er ihnen an Luftlöchern im Eis auflauert. An Land hat der Eisbär keinen Jagderfolg.

Der allergrößte Teil des Eises ist am **Südpol** (Antarktis) zu finden – rund 90 % des gesamten Süßwasserbestandes der Erde ist dort in Form von Landeis gespeichert. Wenn jedoch Landeis schmilzt, fließt das Schmelzwasser ins Meer und führt zu einem Ansteigen des Meeresspiegels.

Die Häuser in der Südpol-Schüssel werden überflutet und beim Klebeband kann man den Meeresspiegelanstieg gut erkennen. Das zeigt deutlich, was das für küstennahe Regionen bedeutet – viele Millionen Menschen verlieren ihren Lebensraum und ihre Heimat. Dass ein Binnenland wie Österreich davon unberührt bleiben würde, ist ein Irrglaube, denn Fluchtbewegungen (Umweltmigration) sind die Folge.

Seit der Industrialisierung, also seit Beginn der menschlich verursachten globalen Erwärmung, hat sich der Anstieg des Meeresspiegels deutlich beschleunigt. Im gesamten 18. Jahrhundert erhöhte er sich nur um 2 cm, im 19. Jahrhundert um 6 cm und im 20. Jahrhundert um 19 cm. Die weitere Erhöhung bis ins Jahr 2100 hängt von der Entwicklung des Treibhausgas-Ausstoßes ab – ein halber bis sogar 2 Meter sind möglich.



Was hat das Wasser schon alles erlebt?

ab 3. Schulstufe | 30-60 Minuten



Benötigtes Material

- 1 Karaffe mit Leitungswasser
- Papierstreifen und Stifte

Vorbereitung

Papierstreifen in Klassenstärke werden zugeschnitten.

Durchführung

Die SchülerInnen sitzen im Sesselkreis. Die Lehrperson füllt Leitungswasser in die Karaffe und stellt diese in die Mitte des Kreises.

Folgende Fragen können zu Beginn als Gesprächsimpuls dienen:

- Wie kommt das Wasser in die Leitung?
- Wo geht es hin?
- Was kann ich mit dem Wasser alles machen?
- Kann Wasser verschwinden?
- Wie alt ist das Wasser in der Karaffe?
- Schaut Wasser immer gleich aus?
- Wie riecht es?
- Wie schmeckt es?

Im Anschluss wird die Karaffe im Kreis herumgereicht und jedes Kind überlegt sich, was das Wasser schon alles erlebt hat (Träne eines Dinosauriers, Nemo schwimmt darin, Pfützenwasser ...) bzw. wo der Wassertropfen auf seiner Reise im Wasserkreislauf schon überall Station gemacht hat.

Die Ideen werden aufgeschrieben und in die Mitte des Kreises gelegt.

Als Abschluss bekommen die SchülerInnen den Auftrag, sich ein Erlebnis eines Wassertropfens auszusuchen und darüber eine Geschichte zu schreiben.

Variante: Weiterführend kann auch jedem Kind ein wenig Leitungswasser aus der Karaffe in einem kleinen Schraubglas oder in einer Flasche mit nach Hause gegeben werden mit dem Auftrag, die Wassertropfen auf ein neues Abenteuer zu schicken: in den Hundenapf, auf eine Pflanze, ins Klo, in die Nudelsuppe ...

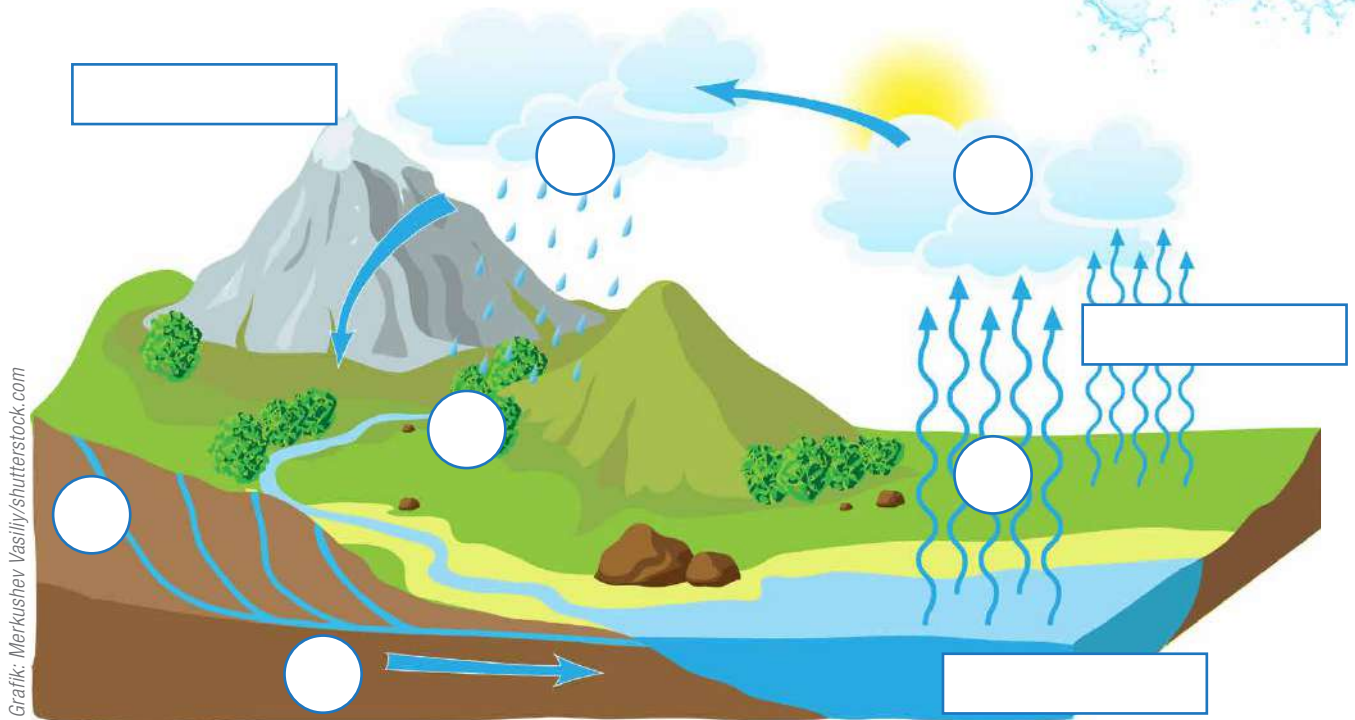


Wasserkreislauf



Grafik: Merkushev Vasily/shutterstock.com

Wasserkreislauf



► Trag die Nummern passend in das Bild ein!

- 1 Bei Sonne und Wärme verdunstet Wasser aus Bächen, Flüssen, Seen, in Meeren und am Land. Der Wasserdampf steigt mit der Luft nach oben.
- 2 Dort oben ist es kälter. Der Wasserdampf kondensiert zu winzig kleinen Wassertröpfchen. Viele solcher Wassertröpfchen bilden eine Wolken.
- 3 Wenn die Wassertröpfchen eng aneinanderrücken, werden aus kleinen Tröpfchen große Tropfen und es beginnt zu regnen.
- 4 Ein Teil des Regenwassers versickert in der Erde. Dabei sickert es durch verschiedene Erdschichten.
- 5 Manchmal ist eine Erdschicht wasserdicht. Das Wasser kann nicht weiter versickern und sammelt sich über dieser Erdschicht. Dieses Wasser wird als Grundwasser bezeichnet.
- 6 Jener Ort, wo Wasser an bestimmten Stellen wieder aus der Erde fließt, wird Quelle genannt. Von dort fließt das Wasser zuerst als Bach, dann als Fluss wieder in Richtung Meer.

► Schreibe die passenden Aggregatzustände ins Bild!

flüssig	gasförmig	fest
---------	-----------	------

Wasserkreislauf in Bildern

ab 3. Schulstufe / 60 Minuten und mehr



Benötigtes Material

- 💧 Impulssätze (S. 61-72)
- 💧 Bildkarten (für Variante; S. 61-72)
- 💧 Zeichenpapier
- 💧 Stifte (Farbstifte, Filzstift, Ölkreiden, Wasserfarben ...)

Vorbereitung

Kopieren und Zuschneiden der Impulssätze bzw. Bildkarten.

Durchführung

Die Klasse wird in 12 Gruppen aufgeteilt. Jede Gruppe bekommt einen Impulssatz ausgeteilt. Der Inhalt des Satzes beschreibt eine Phase des Wasserkreislaufes. Die Kinder werden aufgefordert, das Geschehen großflächig auf das Papier zu zeichnen.

Wenn alle SchülerInnen die Zeichnungen fertiggestellt haben, werden diese in die Mitte des Sesselkreises gelegt und es wird versucht, gemeinsam die Stationen des Wasserkreislaufes zu legen.

Folgende Fragen können als Wiederholung und Festigung gestellt werden:

- Stimmt es, dass Wasser im Kreis läuft?
- Gibt es einen Anfang?
- Wie nennt man Wasser, das sich unter der Erde sammelt?
- ...

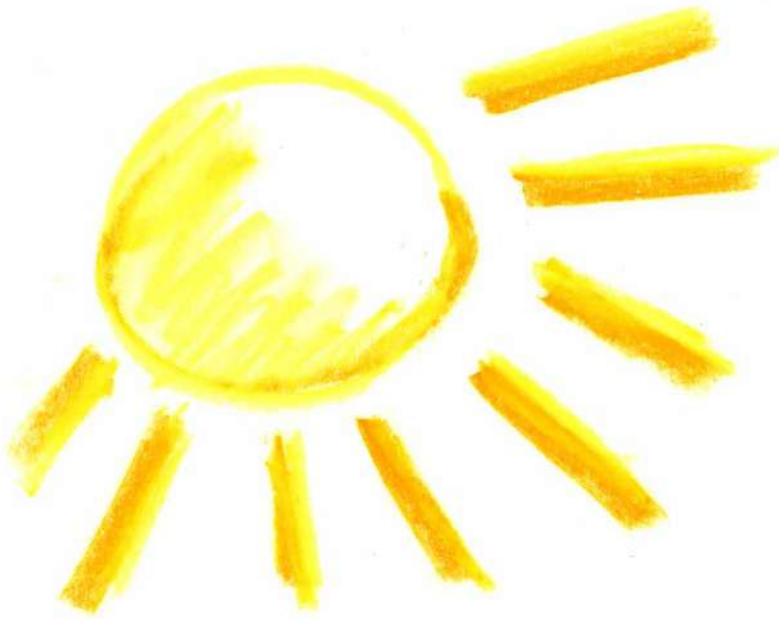
Variante: Die Kinder ordnen in Einzel- oder Gruppenarbeit den Impulssätzen die passenden Bildkarten zu und versuchen den Wasserkreislauf in der richtigen Reihenfolge zu legen.

Zusatzinformation

Die Impulssätze und Bildkarten eignen sich auch gut als Grundlage für die Gestaltung des „Wasserkreislaufes“ in Form eines Lapbooks bzw. für eine rhythmische Umsetzung, bei der die einzelnen Stationen des Wasserkreislaufes mit unterschiedlichen Musikinstrumenten begleitet werden.

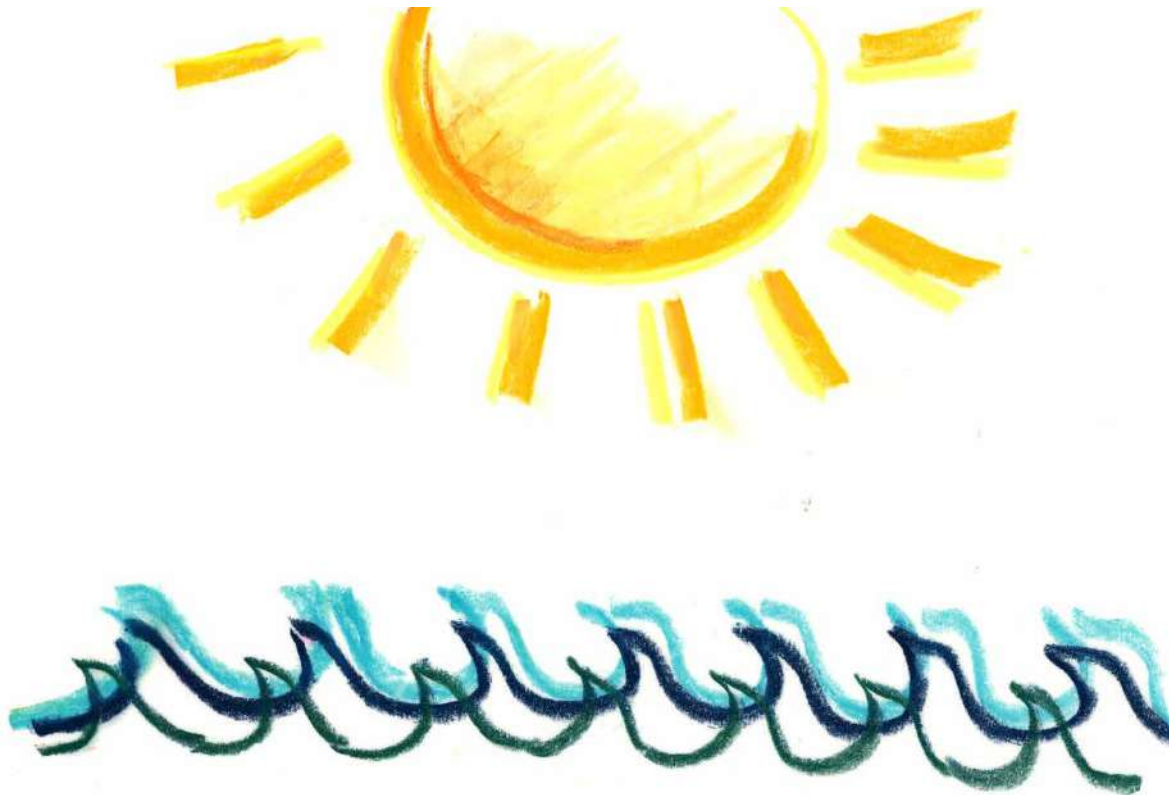
Der Einsatz der Bilder kann auch zum Schreiben von Regentropfengeschichten anregen, da die Bilder spontane Assoziationen, Fantasie und Imagination provozieren und der sprachlich-kreativen Umsetzung keine Grenzen gesetzt werden.





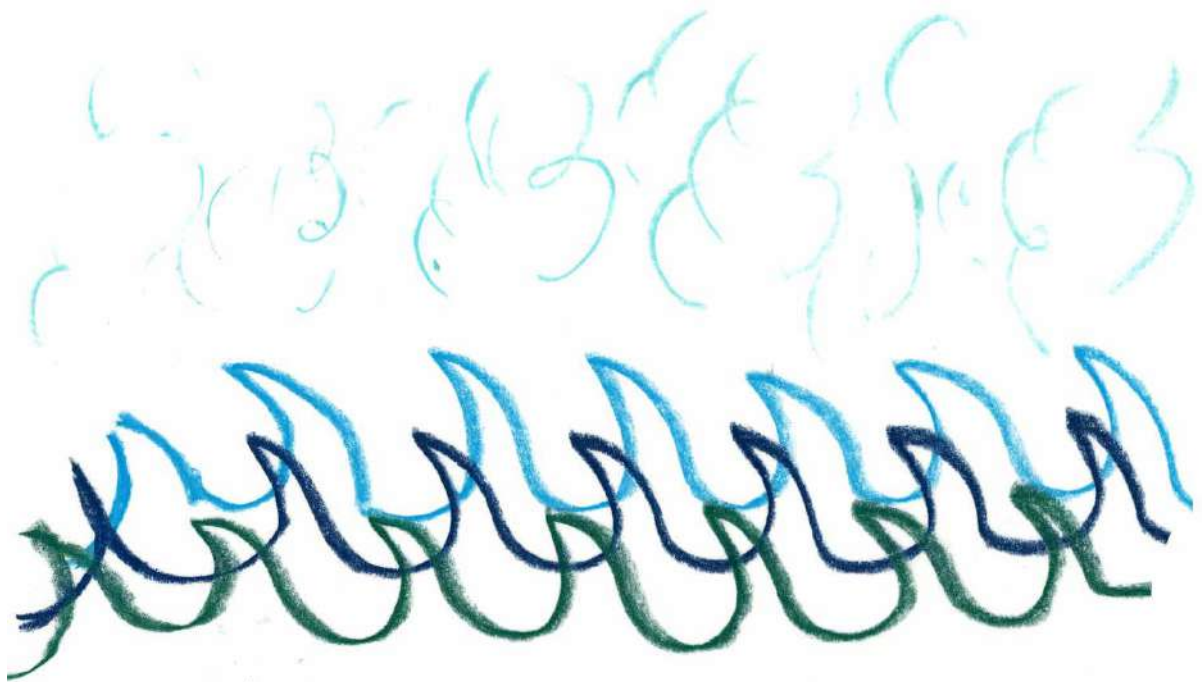
Die Sonne scheint.
Das flüssige Wasser verwandelt sich in unsichtbaren Dampf.
Das nennt man Verdunstung.





Jeden Tag verdunstet Wasser aus Bächen,
Flüssen und Strömen, Teichen, Tümpeln, Seen und am Land.
Am meisten Wasser verdunstet aus den Meeren.





Wst UBZ

Warme Luft steigt auf und nimmt den
Wasserdampf mit nach oben.
Dort ist es kälter als auf der Erdoberfläche.

Wst UBZ



Der aufsteigende Wasserdampf kühlt ab,
es entstehen winzig kleine Wasserteilchen,
die sich zu Wassertropfen sammeln.
Viele solcher Wassertröpfchen bilden eine Wolke.





Wst UBZ

Auch wenn es an der Erdoberfläche windstill ist,
weht in der Höhe trotzdem Wind.
Der Wind treibt die Wolken übers Land.

Wst UBZ



Die Wassertröpfchen werden größer und schwerer.
Irgendwann fallen sie herunter: Es regnet.





Wst UBZ

Es regnet auf Wälder, Wiesen, Straßen und Häuser.

Wst UBZ



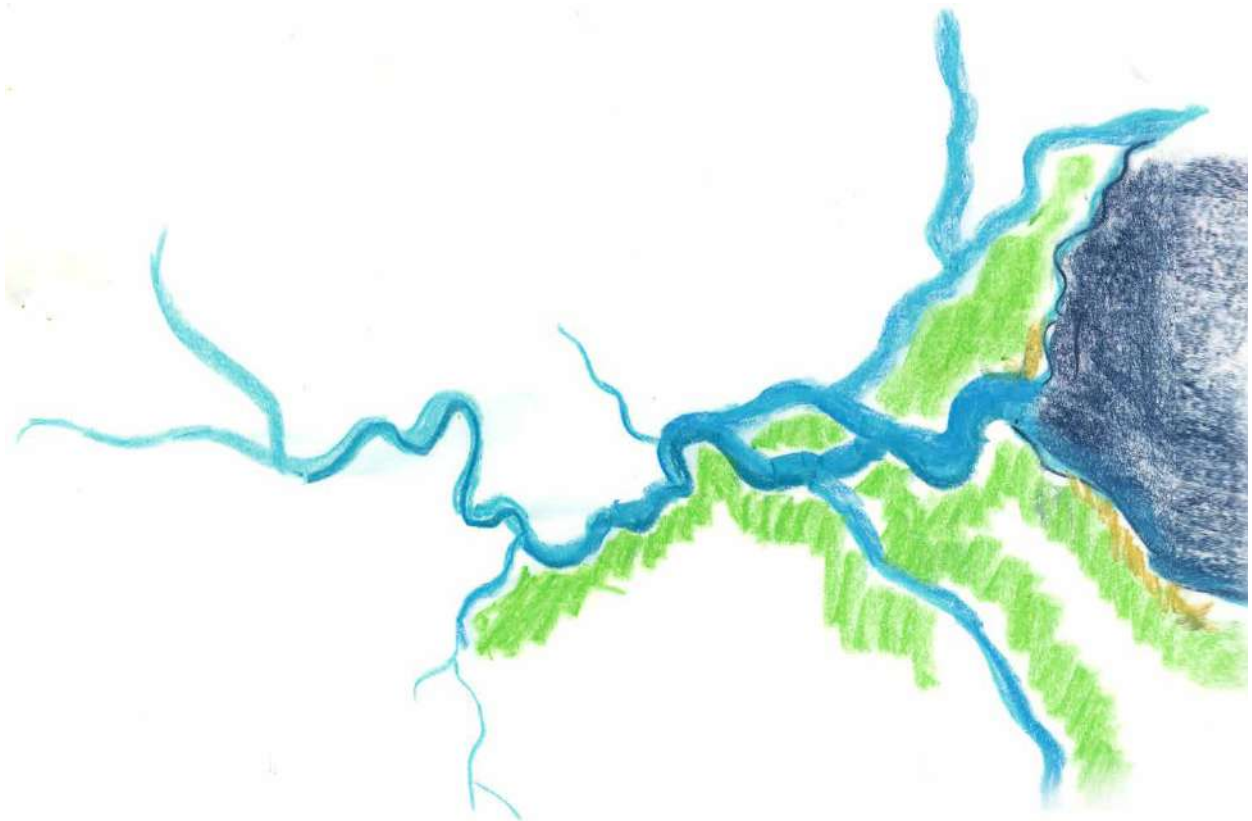
Ein Teil des Regenwassers versickert in der Erde.
Dabei sickert es durch viele Erd- und Gesteinsschichten.
Manchmal ist eine Schicht wasserdicht.
Das Wasser kann nicht weiter versickern
und es bildet sich Grundwasser.



Wst UBZ

Manchmal schafft es das Grundwasser
aus der Erde zu fließen.
Eine Stelle, an der Wasser aus dem Boden rinnt,
nennt man Quelle.

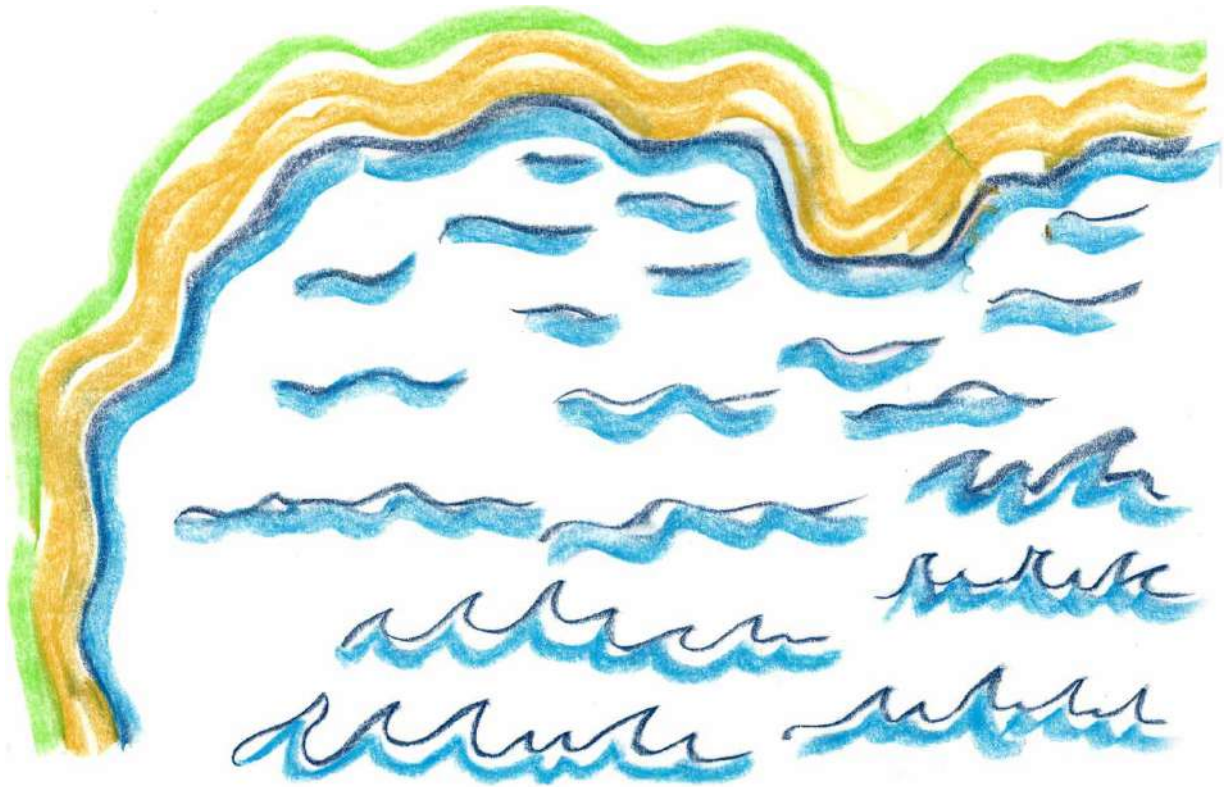
Wst UBZ



WS UBZ

Das Wasser der Quelle macht sich auf seinen langen Weg zum Meer: Aus kleinen Bächen entstehen größere Bäche, die weiter unten im Tal zu einem Fluss werden. Wenn ein Fluss sehr breit ist und viel Wasser mit sich führt, wird er Strom genannt.

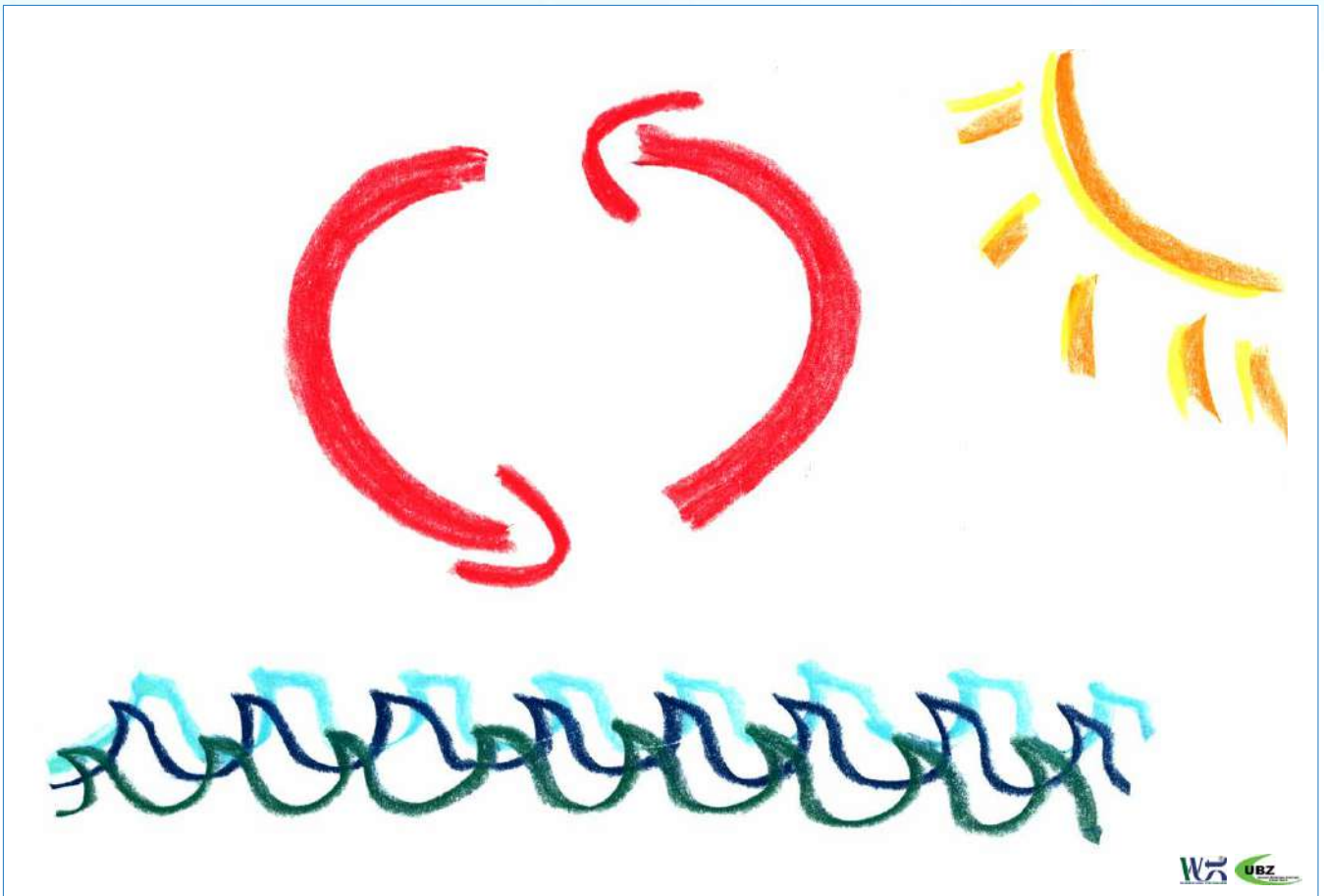
WS UBZ



Wst UBZ

Fast alle Flüsse münden in ein Meer.

Wst UBZ



Der Wasserkreislauf kann von vorne beginnen.

Verdunstung

ab 1. Schulstufe | 10-20 Minuten



Benötigtes Material

- 5 kleine Tücher aus Seide
- Föhn
- Wäscheleine
- 2 Wäscheklammern
- Wasser

Vorbereitung

keine

Durchführung

Nasse Seidentücher sollen zeigen, wovon es abhängt, wie lange ein Stoff nass bleibt. Was unterstützt das schnelle bzw. langsame Verdunsten von Wasser aus dem Tuch?

Zuerst müssen alle Seidentücher unter der Wasserleitung feucht gemacht werden. Die SchülerInnen werden aufgefordert Vermutungen anzustellen, in welcher Reihenfolge die Tücher unter folgenden Bedingungen trocknen:

- Das erste Tuch wird zusammengeknüllt in der Hand gehalten.
- Das zweite Tuch wird auf einen warmen Heizkörper gelegt.
- Das dritte Tuch wird auf eine Wäscheleine gehängt.
- Das vierte Tuch wird mit beiden Händen geschüttelt.
- Das fünfte Tuch wird geföhnt.

Zusatzinformation

Am schnellsten trocknet das Tuch, wenn es mit dem Föhn angeblasen wird. Man braucht Wind und Wärme, um Wasser schnell verdunsten zu lassen. Wird das Tuch zusammengeknüllt, kann weder kalte noch warme Luft den Verdunstungsvorgang unterstützen und das Tuch bleibt feucht.



Wolke in der Flasche

ab 3. Schulstufe / 10 Minuten



Benötigtes Material

- 1 durchsichtige PET-Flasche mit Schraubverschluss
- Zündholz
- Wasser

Vorbereitung

Das Etikett der PET-Flasche wird entfernt.

Durchführung

Zuerst wird etwas Wasser in die Flasche gefüllt, geschwenkt und wieder ausgeleert. Die Flasche ist innen nun feucht.

Als nächstes wird ein Zündholz angezündet und ausgelöscht und der dabei entstehende Rauch mit der Öffnung der Flasche aufgefangen. Ein bisschen Rauch reicht schon aus.

Im Anschluss wird die Flasche fest mit dem Verschluss zugeschraubt. Der Rauch des Zündholzes sollte sich schnell in der Flasche verteilen, so dass er nicht mehr sichtbar ist.

Nun muss die Flasche mit beiden Händen fest zusammengedrückt und dann ruckartig wieder losgelassen werden. Beim Auslassen bildet sich nun kurz ein Nebel in der Flasche. Das ist bereits eine Wolke. Wenn die Flasche wieder zusammengedrückt wird, verschwindet der Nebel wieder. Wird das mehrmals hintereinander durchgeführt, erkennt man „Wolke da“ und „Wolke weg“ noch besser.

Bei der Wolke handelt es sich nicht um den Rauch des Zündholzes, da dieser ja immer sichtbar sein müsste, sondern um kondensierten Wasserdampf. Eine Wolke am Himmel entsteht genau nach dem gleichen Prinzip.

Zusatzinformation

Wolken entstehen, wenn Luft aufsteigt, in höheren Schichten der Atmosphäre abkühlt und der gasförmige Wasserdampf in dieser Luft sich dadurch in kleine Wassertröpfchen umwandelt. Das nennt man „Kondensation“. Die vielen Wassertröpfchen sind so fein, dass sie nicht nach unten fallen und in großer Zahl die sichtbare Wolke bilden.

Allerdings braucht es für diese Kondensation noch was: Die Wassertröpfchen benötigen etwas, an dem sie sich „niederschlagen“ können, also einen Körper, an dem sich diese Tröpfchen bilden können.



2.2.6 Wolke in der Flasche | Experiment

Diesen Effekt erkennt man zB, wenn ein kaltes Glas beschlägt – auch hier kondensiert abkühlender Wasserdampf an einem Gegenstand.

In der Luft existieren solche Gegenstände in Form von mikroskopisch kleinen Körnchen, sog. Aerosolen oder Kondensations-Kernen. Das können Blütenpollen sein, feinste Sandkörnchen, Ruß, Salzkristalle usw. Ohne diese Aerosole gäbe es keine Wolken.

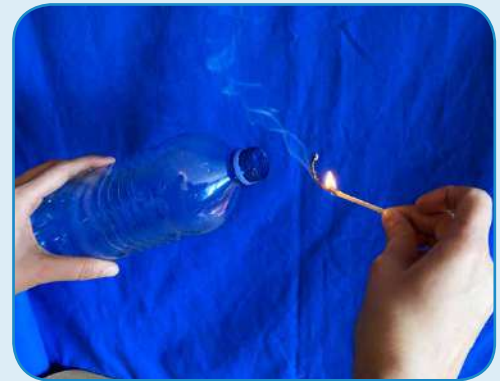
Wenn die drei Voraussetzungen „ausreichend Luftfeuchtigkeit“, „Abkühlung“ und „vorhandene Aerosole“ gegeben sind, können Wolken übrigens auch in Bodennähe entstehen – das ist dann Nebel.

Im Versuch mit der Flasche werden diese drei Voraussetzungen folgendermaßen erzeugt:

1. Das nasse Innere der Flasche sorgt für ausreichend Luftfeuchtigkeit.
2. Der Rauch des Zündholzes hat ausreichend Aerosole in die Flasche gebracht.
3. Die Abkühlung wurde mit einem „Trick“ erreicht, da es im Versuch ja keine nach oben kühler werdende Atmosphäre gibt: Das Auslassen der zusammengedrückten Flasche gibt der Luft darin wieder mehr Platz. Bei diesem Ausdehnen der Luft – wenn sich die Gasmoleküle wieder voneinander entfernen – kommt es zu einer Abkühlung.

Diesen Abkühlungseffekt nennt man den „Joule-Thomson-Effekt“. Er bezeichnet die Temperaturänderung eines Gases bei einer Druckminderung, d. h. die Temperatur des Gases sinkt bei der Entspannung. Das erkennt man im Alltag zB auch bei der Benützung einer Sodawasser- oder Schlagobersflasche, wenn das komprimierte Gas der Patrone in die Flasche strömt. Die Flasche wird dann ganz kalt.

Wenn man die Flasche wieder zusammendrückt, passiert das Gegenteil – die Luft darin wird komprimiert und erwärmt sich dabei, die feinen Wassertröpfchen verdunsten wieder und die Wolke verschwindet.



Wolkenträumerei

ab 1. Schulstufe | 15-60 Minuten



Benötigtes Material

- Wolkenfotos (S. 77-81 bzw. selbst gemachte oder aus dem Internet)
- Drucker
- Stifte

Vorbereitung

Optimalerweise beobachtet man mit den Kindern im Freien, wie sich Wolken bilden und wieder vergehen – beim Wandertag, bei einer Unterrichtsstunde im Schulhof oder im Park ... Besonders ansprechende Wolken werden fotografiert und ausgedruckt. Alternativ können Wolkenbilder der Kopiervorlage oder aus dem Internet verwendet werden.

Durchführung

Die SchülerInnen wählen ein Wolkenbild, das sie besonders anspricht. Sie bekommen den Auftrag, das zu zeichnen, was sie in der Wolke sehen – einfärbig, mehrfärbig, dicke Striche, dünne Striche, ganz egal!

Manchmal braucht es ein wenig Zeit oder einen anderen Blickwinkel, der durch Drehen des Bildes ermöglicht wird. Welche Formen, Gestalten oder Muster sind in der Wolke erkennbar? Eine Wolkenhexe? Ein Wolkenschiff? Einen Wolkenbaum? Alles ist möglich – der Fantasie sind keine Grenzen gesetzt!

Im Anschluss kann in der Schule eine Wolkenträumerei-Ausstellung gestaltet werden bzw. Eltern und Geschwister können zu einem Wolkenmuseums-Rundgang eingeladen werden.

Variante: Zu den individuellen Wolkenkunstwerken kann auch eine Geschichte geschrieben werden. Was erlebt deine Figur gerade? Woher kommt dein Wolkenschiff? Wo fährt es hin? Wer wohnt im Wolkenbaum? ...

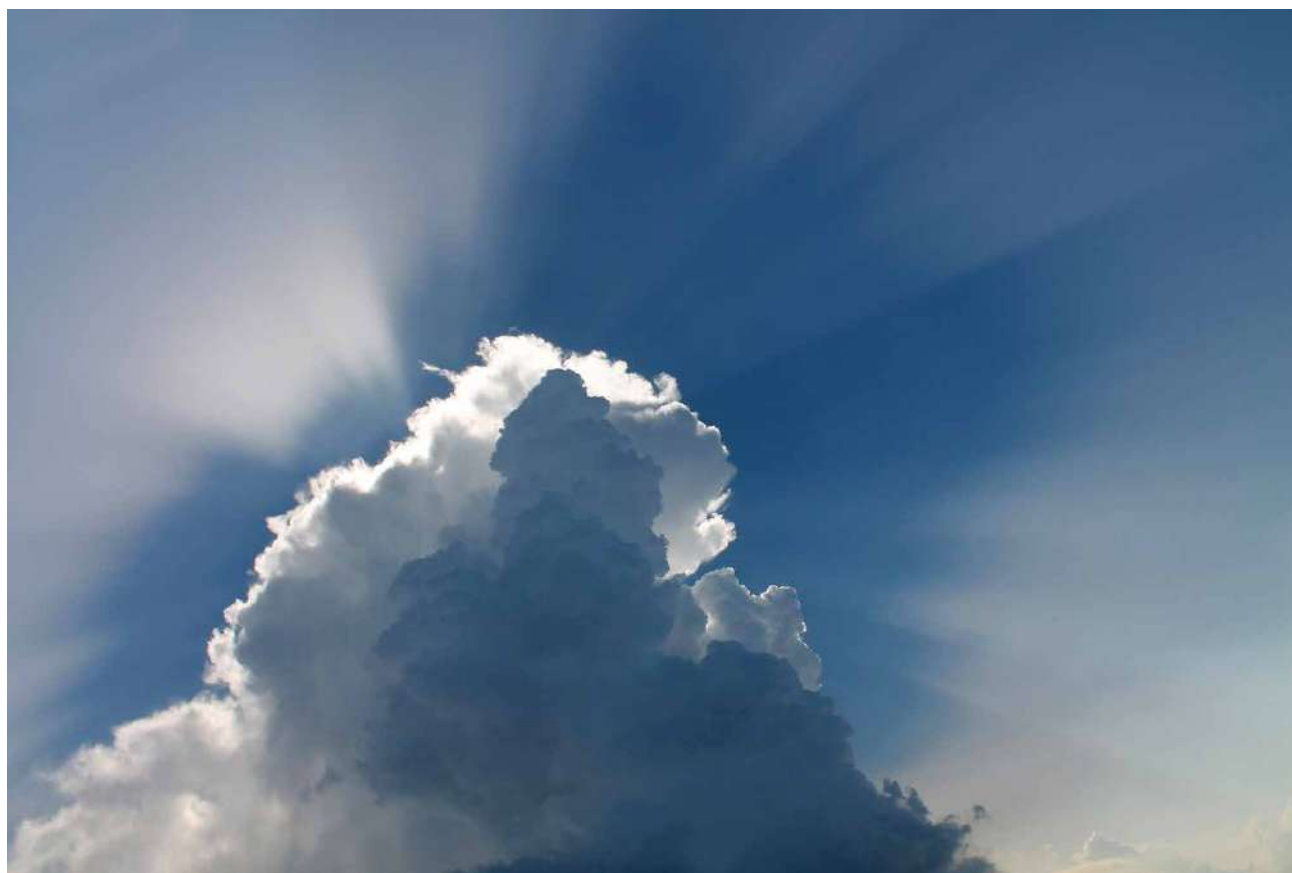
Zusatzinformation

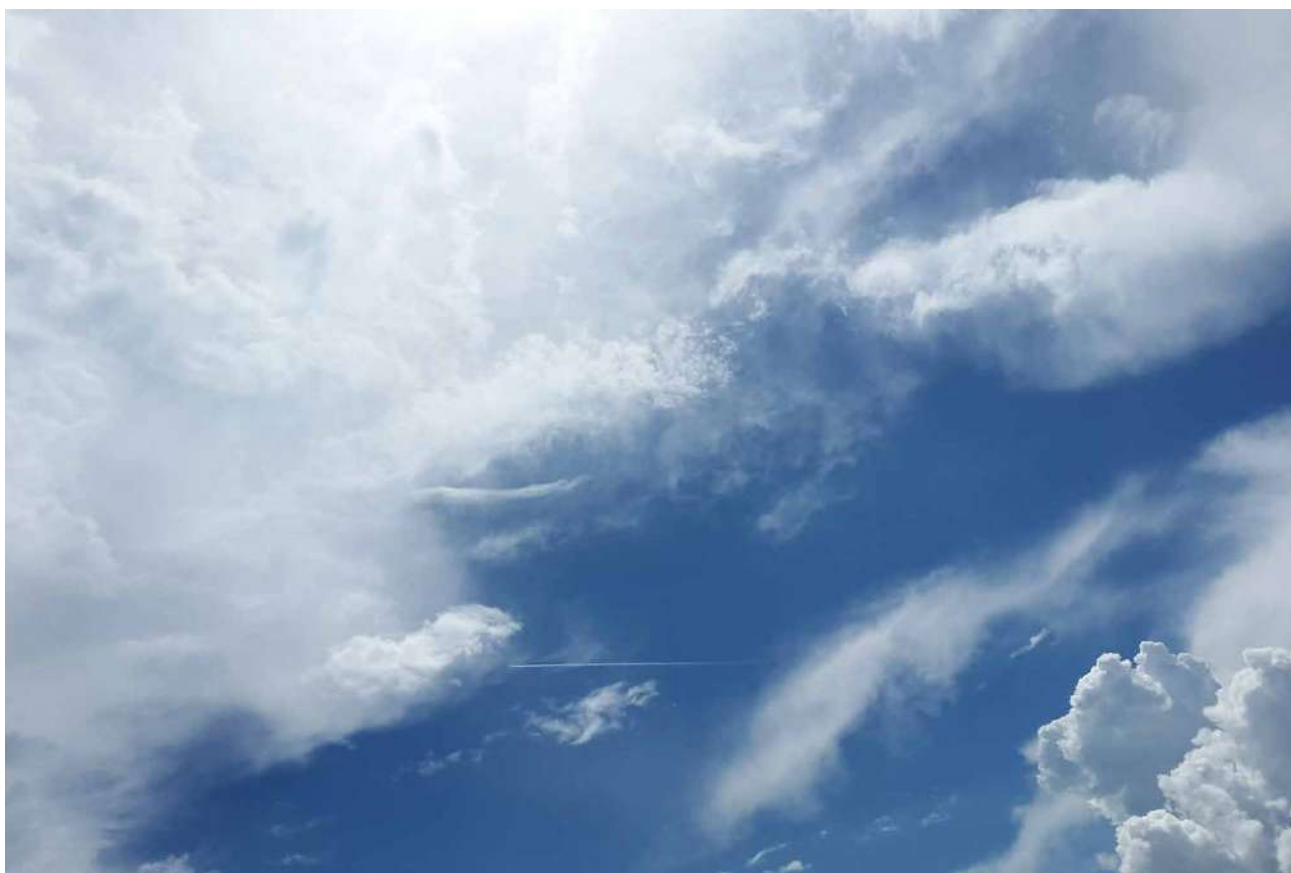
Vor allem wenn Kinder im Freien selbst auf Wolkensuche gehen, lassen sich Naturerfahrung und Naturerkenntnisse mit dieser bildnerischen Tätigkeit verbinden, da beobachtet wird, wie dynamisch Prozesse in der Atmosphäre sind. Bezüge zum Wetter und zum Wasserkreislauf können hergestellt werden.

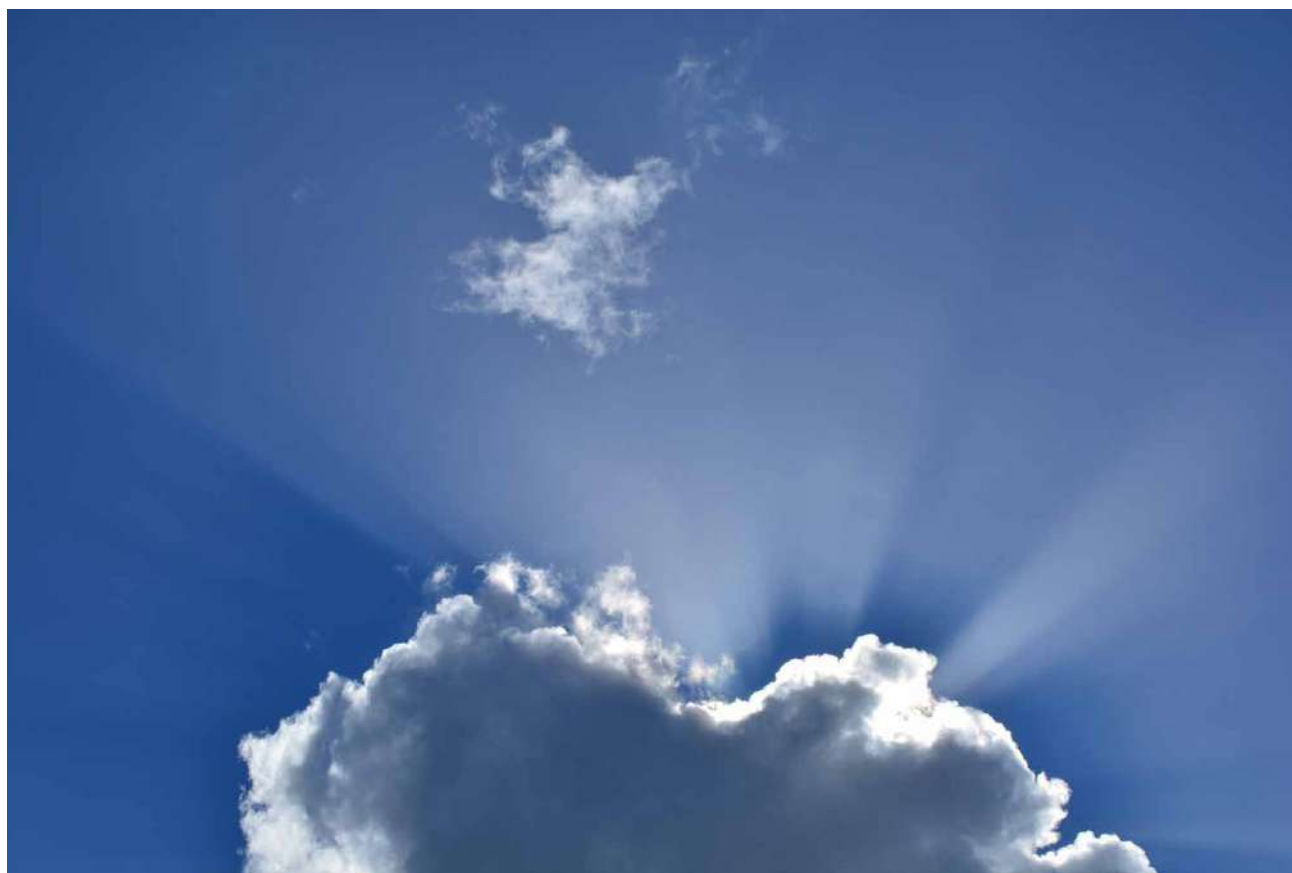
Der Blick in den Himmel gibt Anregungen für selbstständige Bildlösungen, fördert die Anwendung von Kreativstrategien und lässt uns Gewohntes verwerfen und Neues zulassen.













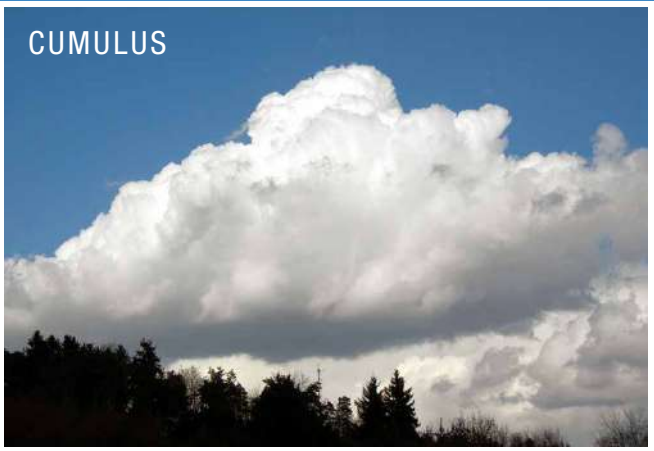
Wolkenarten



Wolken entstehen, wenn Wasser verdunstet und dann wieder zu ganz feinen Wassertröpfchen wird. Wir kennen sie in unterschiedlichen Farben und Formen. Wolkenart und Farbe können uns viel erzählen.

Beim Beobachten von Wolken kann man nicht nur Figuren, Gesichter oder Kunstwerke erkennen, ihre Farbe und Form verraten dir auch, wie das Wetter wird.

Wolken sind in unterschiedlichen Höhen der Atmosphäre zu finden, wir sprechen von tiefen Wolken (bis 2 000 m Höhe), mittelhohen (bis 7 000 m Höhe) und hohen Wolken (bis 12 000 m Höhe).

Haufenwolken, Quellwolken tiefe bis mittelhohe Wolken aus Wassertröpfchen, haben eine glatte dunkle Unterseite und eine helle bauschige Oberseite, entstehen während des Tages und können Regen oder Gewitter bringen	CUMULUS 
Haufenschichtwolken tiefe Wolken aus Wassertröpfchen mit grauer Unterseite, häufigste Wolkenart in Mitteleuropa, gibt es bei allen Wetterlagen, häufigste Morgen- und Abendrotwolken	STRATOCUMULUS 
Wolkendecke in mittleren Höhen, blaugraue Färbung, bestehen aus Regentropfen sowie Schnee- und Eiskristallen, sind typische Regenwolken	NIMBOSTRATUS 

Gewitterwolken reichen von bodennahen bis in hohe Luftschichten, sind Wasserwolken in unterschiedlichen Farben, bringen Gewitterregen sowie Hagel und evtl. auch Schnee	CUMULONIMBUS 
Schäfchenwolken mittelhohe Wolken, bestehen aus Eiskristallen und Wassertröpfchen, kleine Schäfchen kündigen Regen an, große langgezogene Schafe eher schönes Wetter	ALTOCUMULUS 
Schleierwolken hohe weiße Wolken, durchscheinende Wolkenschleier aus Eiskristallen, kündigen Wetterverschlechterung an, zeichnen oftmals einen „Ring“ um Mond oder Sonne	CIRROSTRATUS 
Federwolken hohe zerfaserte Wolken aus Eiskristallen, kündigen bei schnellem Erscheinen eine Regenfront an, können aber auch bei lang andauerndem Schönwetter zu sehen sein	CIRRUS 

Was Wolken erzählen



Betrachte mehrmals täglich den Himmel und vergleiche die Wolken mit den Fotos auf dem Infoblatt „Wolkenarten“. Schreibe auf, welche Wolke du siehst!

Beobachte, wie das Wetter sich in den Stunden darauf verändert.

So kannst du in Zukunft deine eigene Wettervorhersage machen.

Uhrzeit	Wolkenart	Wetter

Für die Beschreibung des Wetters kannst du folgende Begriffe verwenden:

Wind		Wolken		Schnee
windig	Reif	wolkig	Regen	kalt
Sturm	Gewitter	bewölkt	regnerisch	eisig
stürmisch	gewittrig	bedeckt	Regenbogen	heiß
Sonne	sonnig	trocken	Hagel	neblig

Regen machen

ab 1. Schulstufe / 10 Minuten



Benötigtes Material

- ☑ Kochtopf oder Teekessel
- ☑ Deckel
- ☑ Wasser

Vorbereitung

keine

Durchführung

Wasser wird zum Kochen gebracht. Die SchülerInnen sollen dabei beobachten, dass beim Erwärmen von Wasser Wasserdampf entsteht und dass Wasser bei 100 °C zu kochen beginnt.

Der aufsteigende Wasserdampf wird vom kalten Topfdeckel abgefangen. Dort kühlt er ab und wird wieder flüssig – er kondensiert. Es entstehen kleine Tropfen und es beginnt zu regnen.

Zusatzinformation

Wasser ist ständig in Bewegung und kommt auf der Erde in den drei unterschiedlichen Aggregatzuständen flüssig, fest und gasförmig vor.

Die Sonne erwärmt die Erdoberfläche und durch die Wärme verdunstet Wasser über Seen, den Bächen, den Flüssen, am Land und über dem Meer. Der unsichtbare Wasserdampf steigt in den Himmel, wird dort abgekühlt und verwandelt sich in Form vieler kleiner Wassertröpfchen zu Wolken. Dieser Vorgang wird als Kondensation bezeichnet. Sind die Tropfen der Wolke schwer genug geworden, fallen sie als Niederschlag in Form von Regen, Schnee oder Hagel zu Boden.

Der Topfdeckel dient bei diesem Versuch als Kondensationskörper.



Regenstab

ab 1. Schulstufe / 30-60 Minuten



Benötigtes Material

- 1 Kartonrolle mit 2 Deckeln
- ca. 150 g Füllmaterial
(Kirschkerne, Reis, getrocknete Erbsen/Bohnen, Kieselsteine ...)
- ca. 300 g Nägel (2,2 x 50 mm)
- Hammer, Schere, Klebstoff
- Farben und Bastelmaterial nach Bedarf

Vorbereitung

keine

Durchführung

Als erstes werden die Nägel mit einem Hammer dicht nebeneinander im Abstand von ca. 2-3 cm in die Kartonrolle eingeschlagen. Die besten Klangergebnisse werden erzielt, wenn dies in einer spiralförmigen Anordnung der Nägel geschieht.

Anschließend wird das Füllmaterial in die Kartonrolle gegeben. Hierfür muss zunächst ein Ende der Kartonrolle mit einem Deckel verschlossen werden. Je nach gewünschtem Klang wird ein Füllmaterial ausgewählt und vorsichtig in die Kartonrolle geleert. Danach wird der Regenstab mit dem 2. Deckel gut verschlossen.

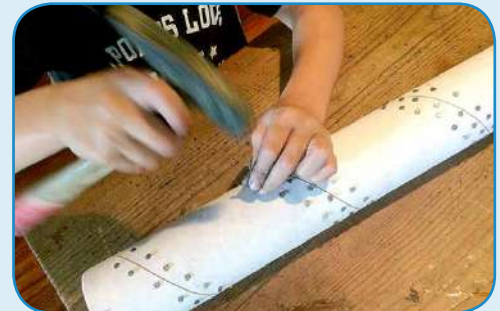
Wird die Kartonrolle nun umgedreht, fällt das Füllmaterial nach unten. Wenn es dabei auf die Nägel trifft, entsteht ein Geräusch, welches sich wie Regentropfen oder fließendes Wasser anhört. Der Klang kann jederzeit durch Verändern der Füllmenge und des Füllmaterials modifiziert werden.

Zum Abschluss wird der Regenstab mit unterschiedlichem Bastelmaterial (Federn, Lederbänder, Perlen ...) verziert oder mit Farben bemalt.

Zusatzinformation

Seinen Ursprung hat der Regenstab in Chile, wo er als Rhythmusinstrument eingesetzt wird. Hergestellt wird er dort aus einem abgestorbenen Kaktusstamm, welcher innen hohl ist.

Das Schreiben von Regentropfengeschichten und das anschließende Begleiten mit den selbst gebastelten Regenstäben fördert fantasievolles Arbeiten. Sie können auch gut bei Stilleübungen eingesetzt werden.



Regentrommel

ab 1. Schulstufe | 30-60 Minuten



Benötigtes Material

- Runde Schachtel mit Deckel
- 4 Holzperlen mit Loch
- dünner Holzstab
- Handbohrer, Schere, Schnur
- Farben, Klebeband, Klebstoff

Vorbereitung

keine

Durchführung

In die Schachtel werden an der schmalen Seite links und rechts jeweils 2 Löcher gebohrt.

Die Löcher müssen so groß sein, dass durch diese jeweils ein Stück Schnur gefädelt werden kann. An jedem Schnurende wird eine Holzperle verknüpft.

Die Schachtel wird mit Klebstoff oder einem Klebeband zugeklebt.

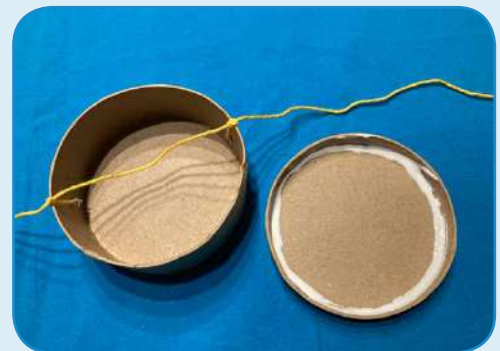
Am oberen und unteren Seitenrand wird in der Mitte mit einem Handbohrer ein Loch gebohrt, welches so groß ist, dass der Stab gerade hindurchpasst. Der Stab soll gut Halt haben und nicht hin- und herrutschen. Sollte das Loch zu groß geraten sein, kann der Stab mit Klebstoff fixiert werden.

Die Regentrommel beginnt zu klingen, wenn der Holzstab zwischen den Fingern gedreht wird. Das Drehen lässt die Holzperlen an der Schnur tanzen und auf den hohlen Klangkörper trommeln.

Als Abschluss kann die Regentrommel noch mit Farbe bemalt werden.

Zusatzinformation

Sollte kein prasselnder Regenklang ertönen, kann die Länge der Schnur noch nachkorrigiert werden, damit die Holzkugeln wirklich gut auf die Trommelfläche treffen.



Tropfenbilder

ab 1. Schulstufe | 15 Minuten



Benötigtes Material

- Pipetten
- Wasser, evtl. Lebensmittelfarben
- Gläser, Küchenpapier
- Papier oder Tropfenbildvorlagen (S. 89-91)
- Klarsichthüllen oder Laminierfolien

Vorbereitung

Das Papier wird bzw. die Tropfenbildvorlagen werden zuvor laminiert oder in Klarsichthüllen gegeben.

Für bunte Tropfenbilder muss das Wasser mit Lebensmittelfarbe nach Verpackungsanleitung hergestellt werden.

Durchführung

Mit der Pipette werden Buchstaben oder Bilder auf die Unterlage getropft.

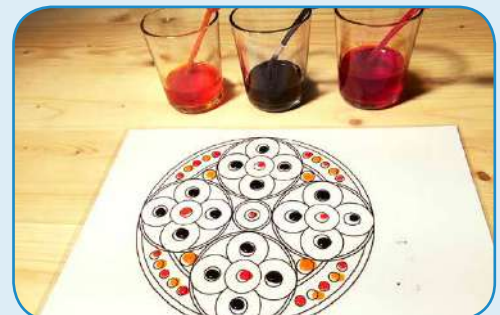
Für ein buntes Tropfenbild wird verschieden gefärbtes Wasser auf die glatte Oberfläche pipettiert. Im Anschluss wird ein Stück Küchenpapier auf das Tropfenbild gelegt – schon ist das Kunstwerk fertig.

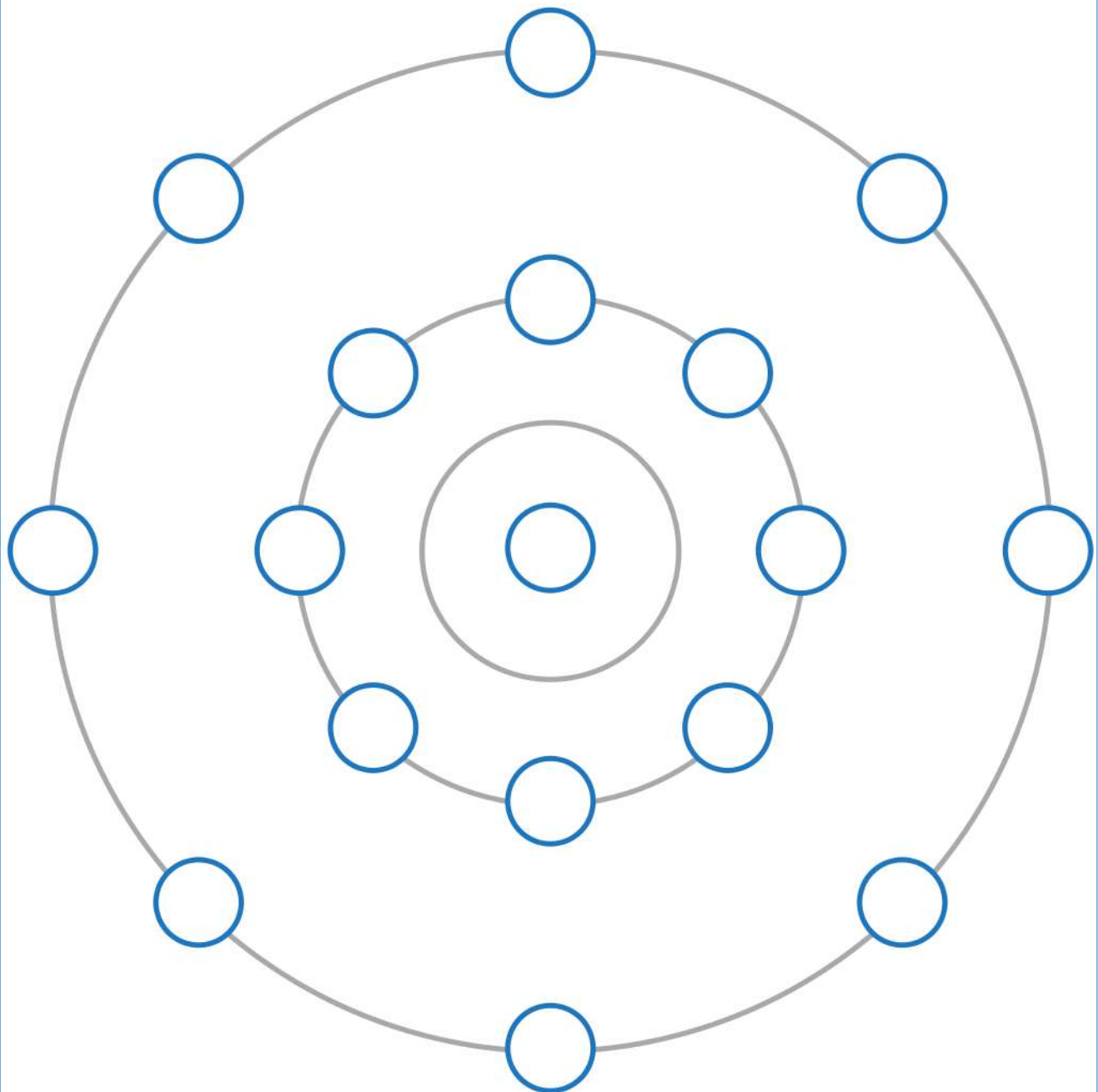
Zusatzinformation

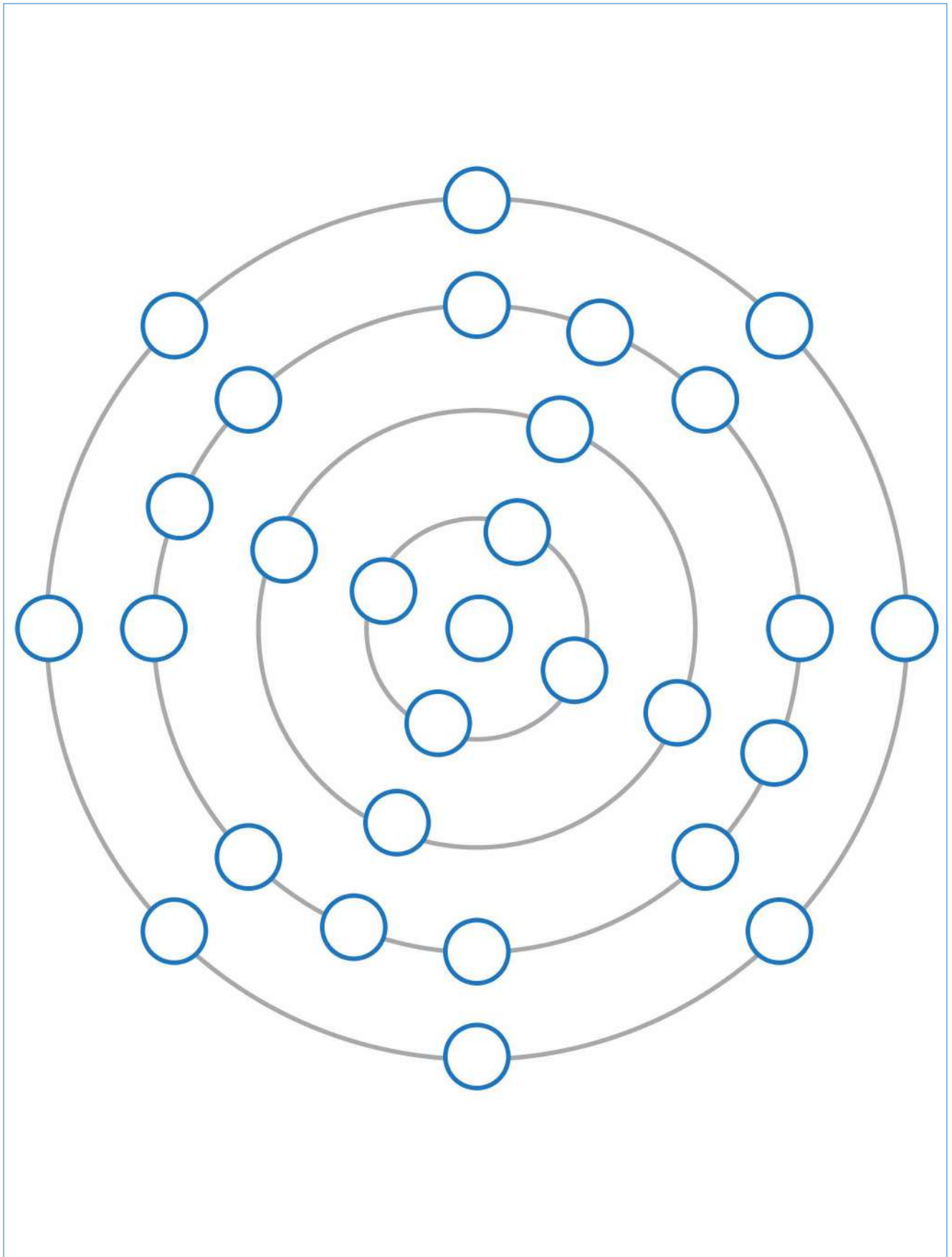
Wassermoleküle ziehen sich gegenseitig an und sind bestrebt, eine möglichst kleine Oberfläche zu bilden. Daher bildet Wasser, wenn möglich, eine Kugelform aus.

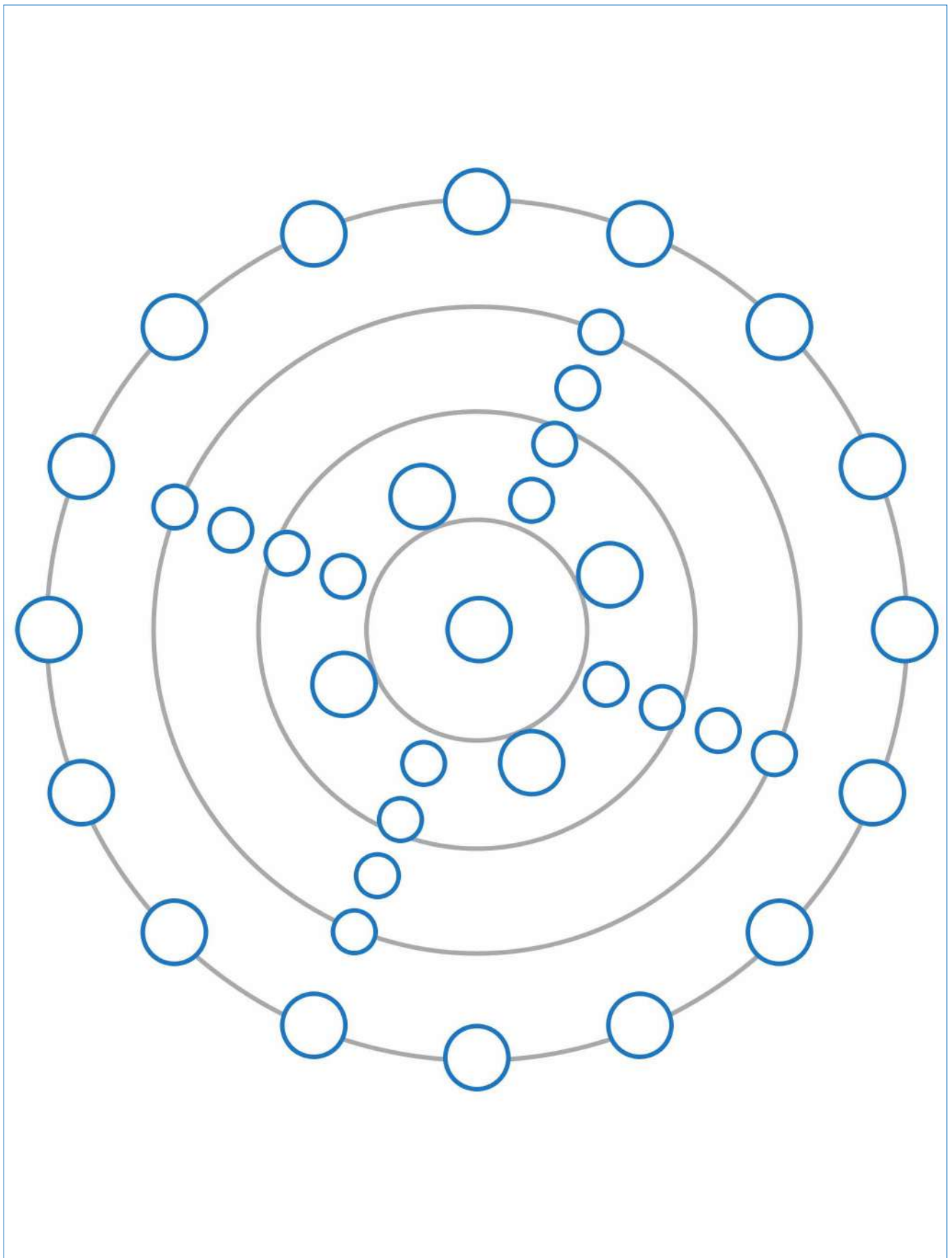
Trifft Wasser nun auf Luft oder eine Oberfläche, wirken Kräfte, die es dem Wasser nicht mehr ermöglichen, eine perfekte Kugel zu formen. Besonders gut kann man das beim Beobachten von Regentropfen erkennen. Diese würden immer in Form von perfekten, kleinen kugeligen Tropfen vom Himmel fallen, wäre da nicht die Luft, die den Tropfen Widerstand leistet. Ein fallender Wassertropfen wird also durch den Luftwiderstand von einer runden Kugel zur typischen Tropfenform verformt – unten rund und oben spitz zulaufend.

Liegt ein Wassertropfen auf einem festen, glatten Untergrund, kann er ebenso keine runde Kugel formen, sondern bildet die typisch eingedellte Tropfenform.









Niederschlagsmengen in der Steiermark



Die Tabelle zeigt, wie viel Niederschläge in einem Jahr an einigen Orten der Steiermark fallen. Diese Menge wird in Millimeter (mm) angegeben.

Würde also der gesamte Jahresniederschlag in zB Lassnitzhöhe am Boden verbleiben und nicht abfließen oder verdunsten, würde das Wasser zu Jahresende dort fast 1 Meter hoch stehen (907 mm).

Messstation	Jahresniederschlag in Millimeter (mm)	Jahresniederschlag in Meter (m)	Würdest du hier ganz im Wasser versinken? ja/nein
Altaussee	2 166		
Bad Aussee	1 494		
Irdning	1 034		
Planneralm	1 428		
Oberzeiring	896		
Zeltweg	842		
Gleinalpe	1 309		
Graz/Universität	872		
Lassnitzhöhe	907		
Gleisdorf	843		
Fürstenfeld	797		
Deine Körpergröße in Meter:			

- Rechne den Jahresniederschlag der einzelnen Messstellen in Meter um und runde auf zwei Kommastellen.
- Vergleiche mit deiner Körpergröße! An welchen Orten würdest du am Ende eines Jahres ganz im Wasser versinken, wenn die Niederschläge nicht abfließen oder verdunsten würden. Suche diese Orte auf einer Steiermarkkarte.

Niederschlagsprofil

ab 6. Schulstufe | 45 Minuten



Benötigtes Material

- 💧 Arbeitsblatt „Niederschlagsprofil“ (S. 94-97) inkl. Lösung
- 💧 Karte „Niederschlagsmengen der Steiermark“ (S. 98)
- 💧 Lineal
- 💧 brauner Stift
- 💧 blauer Stift
- 💧 evtl. Beamer

Vorbereitung

Das Arbeitsblatt wird für jede/n SchülerIn kopiert. Es kann auch nur das leere Koordinatennetz ausgeteilt und die weiteren Angaben, Karten sowie die Lösung eingescannt und mittels Beamer projiziert werden.

Durchführung

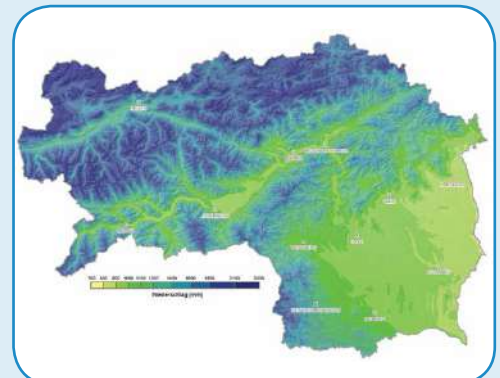
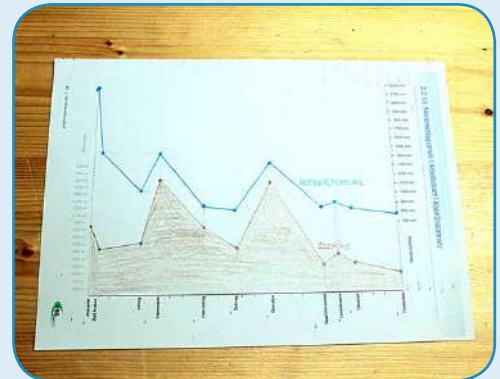
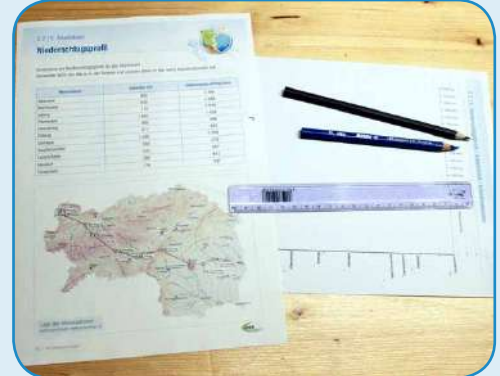
Die Konstruktion des Niederschlagsprofils erfolgt nach der Anleitung des Arbeitsblattes „Niederschlagsprofil“. Den darin enthaltenen Angaben kann auch gemeinsam Schritt für Schritt gefolgt werden.

Zusatzinformation

Die Konstruktion von Profilen stellt eine wichtige geografische Fachmethode dar, weshalb die Aufgabenstellung neben der im Lehrplan geforderten Umwelt- auch die Methodenkompetenz der SchülerInnen fördert. Zusätzlich ist die Erstellung eines Niederschlagsprofils auch eine produktorientierte Vertiefung der Beschäftigung mit der Niederschlagsverteilung in der Steiermark.

Die Karte „Niederschlagsmengen der Steiermark“ zeigt die räumliche Abwandlung der Niederschlagsverhältnisse in einer anderen Form: Es ist erkennbar, dass der Niederschlag von Nordwesten (Blautöne) nach Südosten (Grüntöne) abnimmt. Das liegt daran, dass niederschlagsbringende Fronten häufig aus Norden bzw. Nordwesten kommen und im Norden der Steiermark abregnen (= Nordstau).

Das Profil zeigt zudem, dass in den einzelnen Regionen die Niederschläge jeweils mit steigender Seehöhe zunehmen – ein für Gebirge typisches Phänomen.



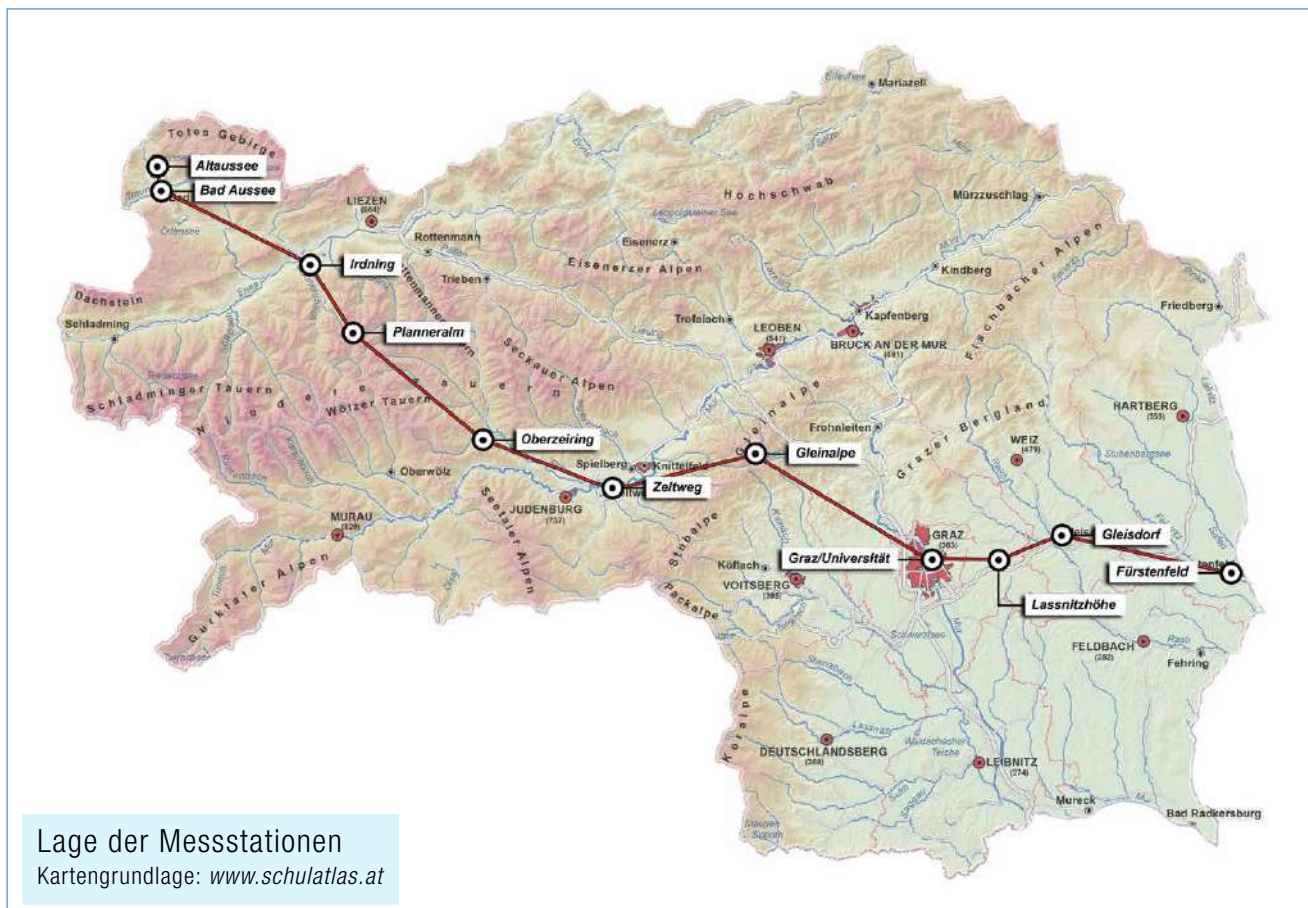
Niederschlagsprofil



Konstruiere ein Niederschlagsprofil für die Steiermark.

Verwende dafür die Werte in der Tabelle und zeichne diese in das leere Koordinatennetz ein.

Messstation	Seehöhe (m)	Jahresniederschlag (mm)
Altaussee	950	2 166
Bad Aussee	640	1 494
Irdning	710	1 034
Planneralm	1 600	1 428
Oberzeiring	930	896
Zeltweg	677	842
Gleinalpe	1 590	1 309
Graz/Universität	369	872
Lassnitzhöhe	535	907
Gleisdorf	380	843
Fürstenfeld	276	797



2.2.16 Niederschlagsprofil | Arbeitsblatt

► Schritt 1

Die **Tabelle** liefert dir die Niederschlagswerte unterschiedlicher Messstationen und ihre Seehöhe.

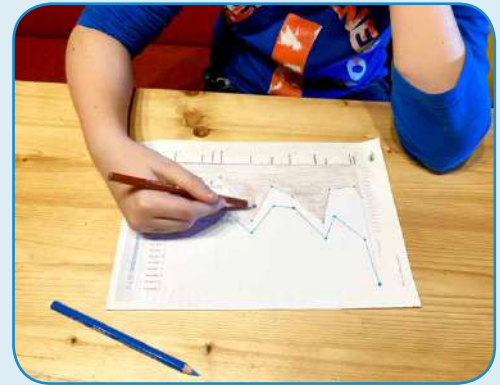
Die Niederschlagswerte werden in Millimeter (mm) angegeben und beschreiben die Menge, die bei der Station in einem Jahr im Mittel fällt. Das bedeutet, dass in einem Jahr das Wasser zB in Altaussee 2,166 Meter hoch stehen würde, wenn der Niederschlag nicht abfließen, versickern oder verdunsten würde.

► Schritt 2

Sieh dir das **leere Koordinatennetz** auf der nächsten Seite an.

Auf der **X-Achse** sind die Messstationen eingetragen. Die Entfernungen zwischen ihnen entsprechen den realen Distanzen zwischen den Messstationen (rote Linien Karte „Lage der Messstationen“).

Auf der **linken Y-Achse** ist die Seehöhe eingetragen, auf der **rechten Y-Achse** finden sich die Niederschlagswerte.



► Schritt 3

Trage zuerst mit Hilfe des Lineals die **Seehöhen** (linke Y-Achse) zu den entsprechenden Stationen ein. Verbinde dann die Punkte mit einem braunen Stift geradlinig miteinander.

Auf diese Weise entsteht ein vereinfachtes Höhenprofil entlang der roten Linien in der Karte „Lage der Messstationen“ durch die Steiermark von Nordwesten nach Südosten.

Du kannst die Fläche unterhalb dieses Profils färben oder schraffieren.

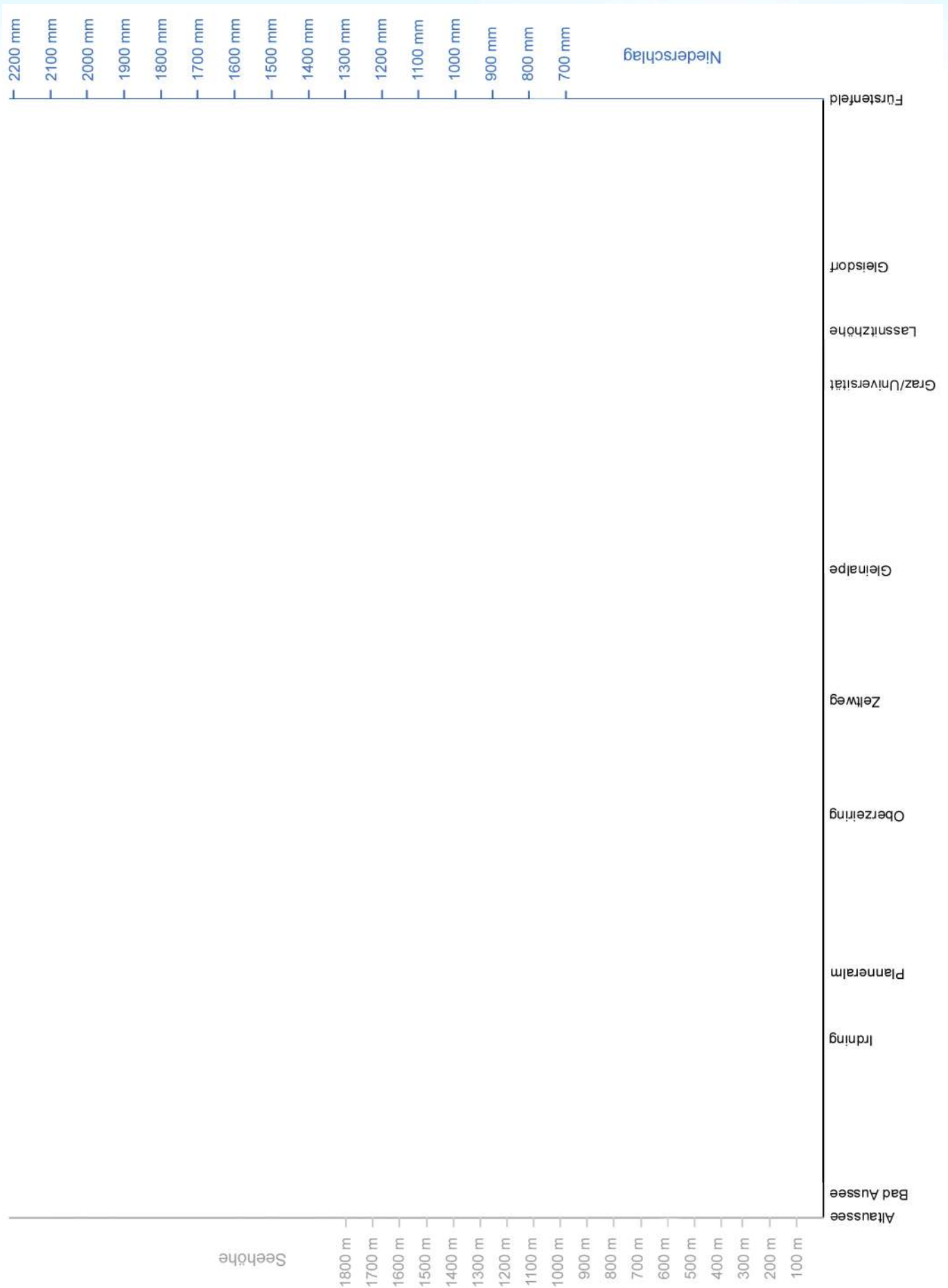
► Schritt 4

Trage nun mit Hilfe des Lineals die **Niederschlagswerte** (rechte Y-Achse) zu den entsprechenden Stationen ein. Verbinde dann diese Punkte mit einem blauen Stift geradlinig miteinander.

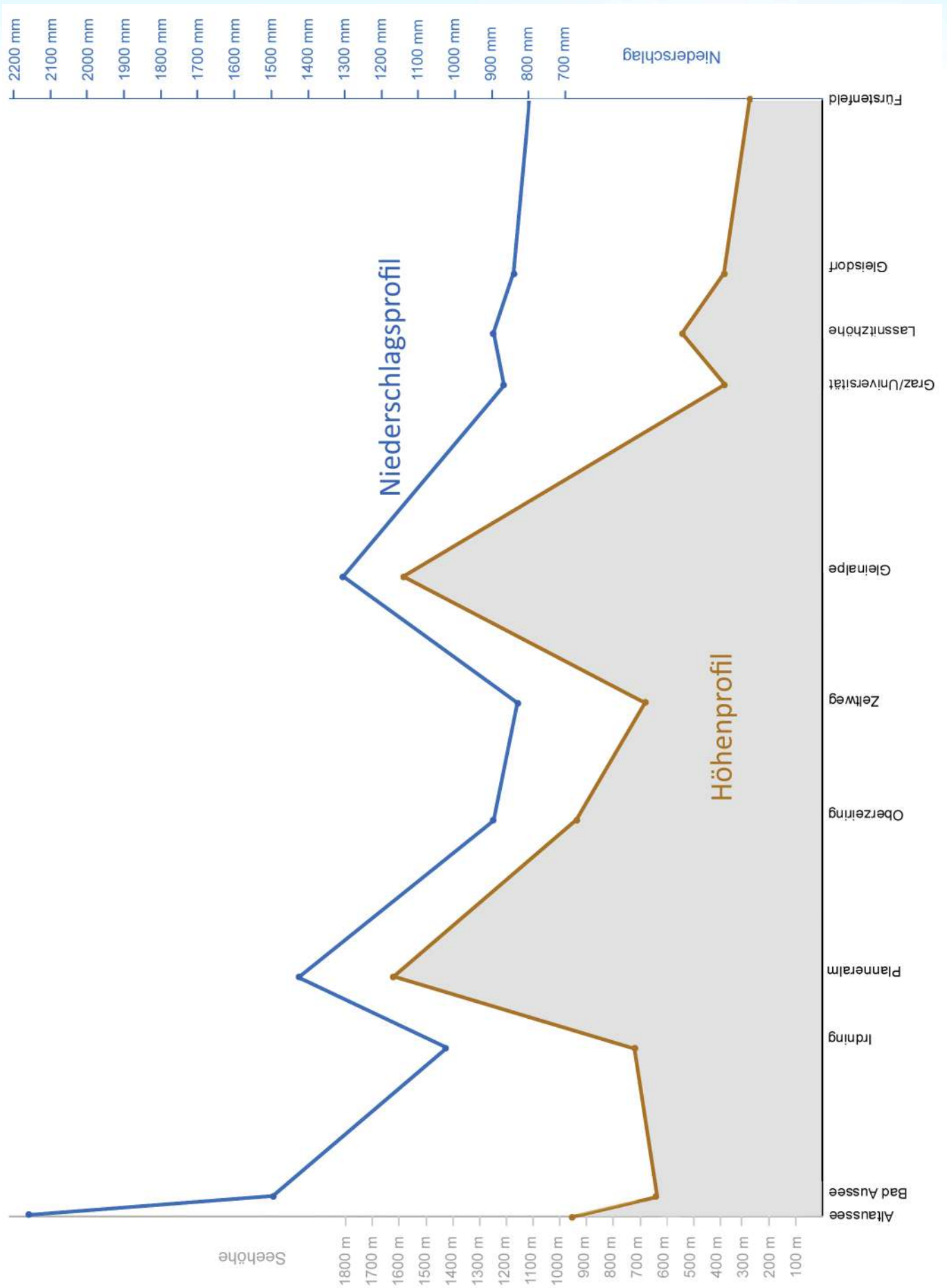
Damit ist schon das Endergebnis erreicht. Du hast ein Niederschlagsprofil für die Steiermark erstellt!

► Was sagt das Niederschlagsprofil aus? Was kannst du daraus ablesen?

2.2.16 Niederschlagsprofil | Arbeitsblatt | Koordinatennetz

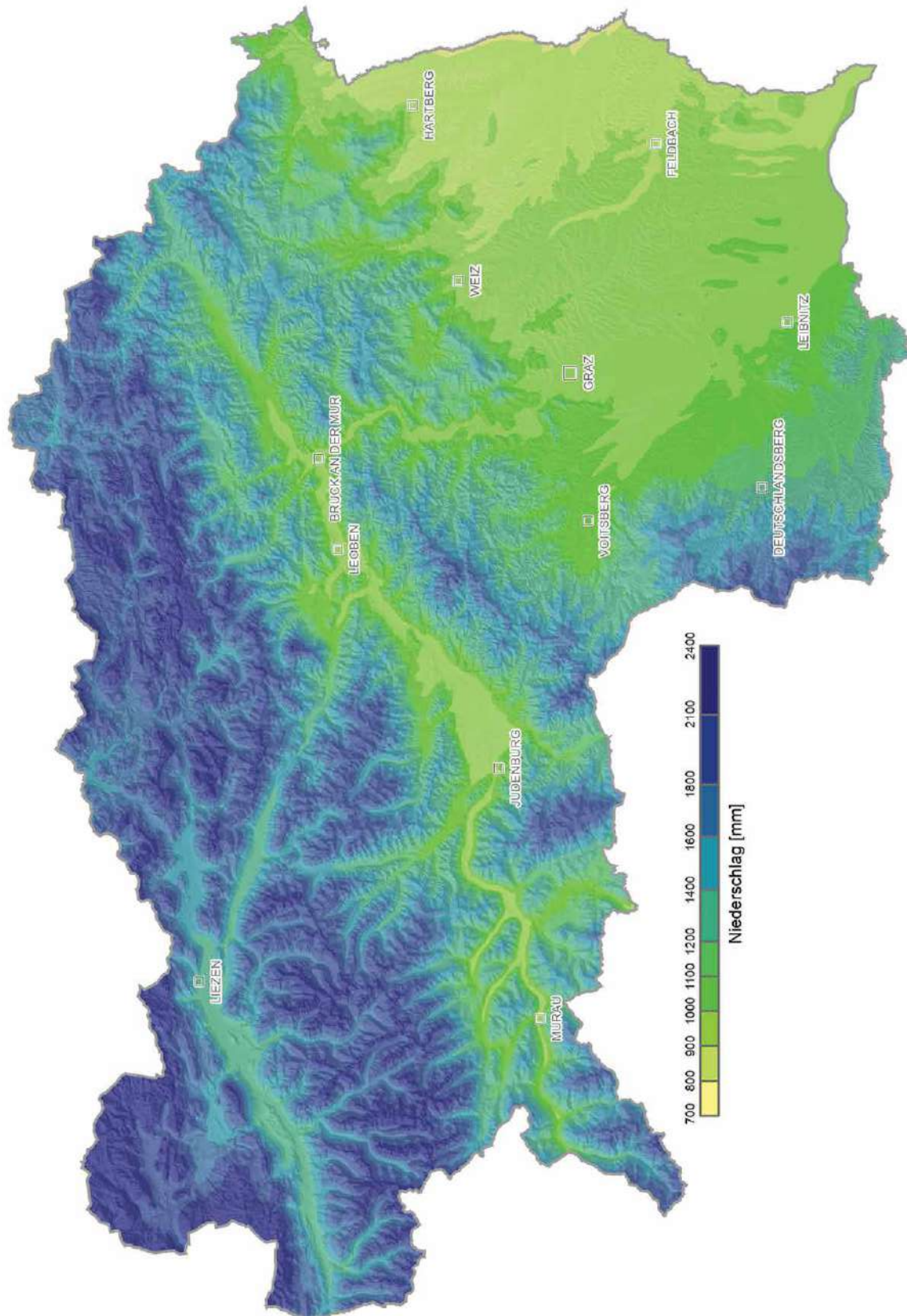


2.2.16 Niederschlagsprofil | Arbeitsblatt | Lösung



Niederschlagsmengen der Steiermark

Mittlere Jahressummen der Niederschläge in mm
(für den Zeitraum 1971-2000; Quelle: Klimaatlas Steiermark)



Regen versickert im Boden 1

ab 1. Schulstufe | 10 Minuten



Benötigtes Material

- 4 gleich große Blumentöpfe mit Loch
- 4 Untersetzer
- 4 Becher
- 4 Schüsseln
- 3 Schaufeln/Löffel
- 1 Messer
- Kies, Sand, Erde, Lehm (Ton), Wasser

Vorbereitung

Die Untersetzer werden nebeneinander auf einen Tisch platziert und auf jeden Untersetzer wird ein Blumentopf mit Loch gestellt.

Zu jedem Untersetzer wird ein mit Wasser gefüllter Becher und je ein Füllmaterial (Kies, Sand, Erde, Ton) gestellt.

Durchführung

Zuvor werden Vermutungen abgegeben, bei welchem Füllmaterial das Wasser am schnellsten und bei welchem am langsamsten versickert.

4 SchülerInnen übernehmen die Durchführung. Sie befüllen die Töpfe gleich hoch mit je einem Material. Danach leeren sie die gleiche Menge an Wasser – gleichzeitig und im selben Tempo – in die Blumentöpfe hinein.

Die restlichen SchülerInnen beobachten, bei welchem Blumentopf das Wasser am schnellsten versickert und wieder herauskommt.

Zusatzinformation

Es hängt von der Durchlässigkeit des Bodens ab, wie schnell die Niederschläge nach unten sickern und wie viel Wasser in der Tiefe gespeichert werden kann. Je nachdem, wie viel Platz zwischen den einzelnen Kies- und Sandteilchen ist, versickert Wasser schneller oder langsamer.

Am schnellsten ist das Wasser im Kies, gefolgt von Erde oder Sand. Im Lehm kann Wasser gar nicht versickern, da dieser keine Hohlräume hat und „wasserdicht“ ist.

Besonderes Augenmerk muss auf die Wasserdurchlässigkeit von Sand und Erde gelegt werden, da je nach Konsistenz dieser beiden Materialien das Wasser im Sand auch schneller versickern kann als in der Erde.

Diese einfache Beobachtungsaufgabe ermöglicht es schon SchülerInnen ab der 1. Schulstufe, ein Gefühl für die Bodendurchlässigkeit zu erlangen. Mehr ins Detail geht das Experiment „Regen versickert im Boden 2“. Bei diesem wird die Beobachtung differenzierter durchgeführt und in einem Protokoll festgehalten.



Regen versickert im Boden 2

ab 4. Schulstufe | 30-60 Minuten



Benötigtes Material

- 4 gleich große Blumentöpfe mit Loch
- 4 gleich große Gläser, auf die die Blumentöpfe gestellt werden (Weckgläser)
- Tonscherben
- Kies, Erde, Lehm (Ton), Sand, Wasser
- Messbecher
- Stoppuhr
- Klebeetikett, Stift
- Protokoll „Regen versickert im Boden“ (S. 102)

Vorbereitung

Auf die Löcher in den Blumentöpfen kommt je eine Tonscherbe, damit das Material (zB Sand) nicht durchfällt, Wasser aber abfließen kann. Ein Topf wird mit Lehm/Ton gefüllt, einer mit Kies, einer mit Sand, einer mit Humus/Blumenerde – jeweils bis ca. 2 cm unter den Topfrand. Die Töpfe werden beschriftet. Jeder Topf kommt auf ein Glas.

Durchführung

Vor der Durchführung sollen SchülerInnen ihre Vermutungen abgeben und im Protokoll eintragen. In welchem Topf versickert das Wasser am schnellsten und wo wird am meisten Wasser durchsickern?

Mit einem Messbecher werden 200 ml Wasser abgemessen und langsam in den Topf mit Kies geschüttet. Das gleiche wird beim Humus, beim Lehm und beim Sand gemacht.

Nach 2 Minuten wird verglichen:

- Wo ist am meisten Wasser bis ins Glas durchgesickert?
- Wo ging das am schnellsten?
- Wie viel ist von den 200 ml durchgekommen?

Um festzustellen, wie viel Wasser durchgesickert ist, wird das Wasser aus dem Glas in den Messbecher zurückgeschüttet, der Wert abgelesen und das Ergebnis ins Protokoll eingetragen. Dieser Vorgang wird für alle Gläser wiederholt.



2.2.19 Regen versickert im Boden 2 | Experiment

Variante: Langzeitbeobachtung

Die Versuchsanordnung bleibt genauso aufgebaut und zu den angegebenen Zeiten werden jeweils weitere 200 ml Wasser auf die unterschiedlichen Bodenproben gegossen:

- sofort im Anschluss
- nach einer Stunde
- nach einem Tag
- nach einer Woche

Was passiert, wenn man gleich im Anschluss weitere 200 ml Wasser auf die unterschiedlichen Bodenproben gießt? Was, wenn man den Versuch nach 1 Tag bzw. 1 Woche wiederholt?

Welchen Unterschied macht es, ob die Bodenprobe im Topf nass oder trocken ist?

Die Beobachtungen werden im Protokoll beim Auftrag 3 eingetragen.



Zusatzinformation

Der Versuch zeigt, welche Bodenarten Wasser am besten speichern können. Trifft Regen auf einen guten Boden (zB Humus), kann das Wasser darin gut gespeichert werden und die Wurzeln der Pflanzen können es nutzen.

Bei Sand und v. a. Kies fließt das Wasser schnell durch. Hier können dann kaum Pflanzen wachsen.

Beim Lehm staut sich das Wasser oben und es entsteht eher ein Sumpf, der für viele Pflanzen auch nicht geeignet ist.

Ein guter, wertvoller Boden ist also sehr wichtig, zB für die Landwirtschaft.

Es gibt aber große Unterschiede je nach Feuchtigkeit des Bodens. Im trockenen Sand zB verteilt sich das Wasser in den Hohlräumen zwischen den Sandkörnern und es sickert kaum und langsamer Wasser ins Glas durch. Ist der Sand schon nass, sind diese Hohlräume besetzt, es sickert mehr und schneller Wasser ins Glas durch.

Regen versickert im Boden



Verschiedene Bodensorten haben Einfluss darauf, wie schnell Wasser versickert bzw. wie viel Wasser im Boden gespeichert werden kann.

Protokolliere deine Vermutungen und Ergebnisse zu den verschiedenen Aufgaben.

► Auftrag 1

Wo wird das Wasser am schnellsten versickern? Schreibe deine Vermutung auf und vergleiche mit dem Ergebnis. Verwende die Zahlen 1, 2, 3, 4 – 1 für am schnellsten und 4 für am langsamsten.

Bodenart	Vermutung	Ergebnis
Kies		
Lehm		
Humus		
Sand		

► Auftrag 2

Fülle in jeden Blumentopf 200 ml Wasser. Wo ist wie viel Wasser durchgesickert? Was fällt dir auf?

Bodenart	ml Wasser	das ist mir aufgefallen
Kies		
Lehm		
Humus		
Sand		

► Auftrag 3

Fülle zu den angegebenen Zeiten immer wieder 200 ml Wasser in die Blumentöpfe. Was fällt dir auf? Schreibe deine Erkenntnisse in die Spalte!

Bodenart	im Anschluss	nach 1 Stunde	nach 1 Tag	nach 1 Woche
Kies				
Lehm				
Humus				
Sand				

Bau einer Wasserquelle

ab 3. Schulstufe | 30 Minuten



Benötigtes Material

- durchsichtige PET-Flasche
- Material für die verschiedenen Bodenschichten:
Sand, Kies, Erde, Lehm (Ton)
- Gießkanne mit Wasser
- Trinkhalm, Schere, Holzstäbchen, Feuerzeug

Vorbereitung

Der obere Teil der PET-Flasche wird abgeschnitten und ca. 10-15 cm vom Bodenrand aus ein Loch mit einem glühenden Holzstäbchen in die Flaschenwand gebrannt. Das Loch wird der Quellaustritt und soll genau so groß sein, dass der Trinkhalm gerade noch durchpasst. Der Trinkhalm wird auf eine Länge von 10 cm zugeschnitten.

Durchführung

Um den Erdaufbau nachzubilden werden verschiedene Materialien wie zB Erde, Sand, Kies ... übereinandergeschichtet. 5 cm unter dem Loch (Quellaustritt) muss eine wasserundurchlässige Schicht aus Lehm oder Ton geschaffen werden.

Der Trinkhalm wird schräg durch das Loch gesteckt, so dass der innere Teil des Trinkhalms höher liegt als der äußere. Ist das der Fall, muss so viel Kies dazugegeben werden, bis der Trinkhalm gut von den Steinchen bedeckt ist.

Zum Schluss kommen noch 2 cm Sand und 2 cm Erde in die Flasche. Optional kann als oberste Schicht auch ein Stück Wiese verwendet werden. Die Wasserquelle ist nun bereit für ihren Einsatz.

Der Einsatz der Quelle findet am besten im Freien oder über dem Waschbecken statt. Mit der Gießkanne wird ganz langsam und vorsichtig Wasser auf die oberste Erdschicht gegossen. Das Wasser versickert durch die Schichten und bald darauf beginnt die Quelle zu fließen.

Zusatzinformation

Regenwasser, welches in der Erde versickert und nach längerer Zeit wieder an der Erdoberfläche austritt, ist klar, sauber, frisch und ohne weitere Aufbereitung zum Trinken bestens geeignet.



2.2.21 Bau einer Wasserquelle | Experiment

Ein Teil des Niederschlagswassers versickert in der Erde und sammelt sich über einer wasserundurchlässigen Schicht. Dieses Wasser wird auch Grundwasser genannt und steht uns als wichtiges gespeichertes Trinkwasser bei Bedarf zur Verfügung.

Im Gebirge kann Wasser auch aus Quellen direkt aus Felsklüften austreten, wo es dann bergab ins Tal fließt, einen Bach bildet oder zu einem größeren Fluss heranwächst, welcher als breiter Strom schließlich Richtung Meer fließt.

Sauberes Trinkwasser ist in vielen Teilen der Erde keine Selbstverständlichkeit. Österreich ist hingegen in der besonderen Lage, seinen Trinkwasserbedarf fast gänzlich aus geschützten Grund- und Quellwasservorkommen decken zu können.



Wasserkreislauf in der Pizzaschachtel

ab 3. Schulstufe | 2-3 Stunden



Benötigtes Material

- Pizzaschachtel oder andere Schachtel, zB Schuhkarton
- Folie zum Abdecken der Arbeitsfläche
- Wasser- oder Acrylfarben, Pinsel, Wasserbecher
- unterschiedliche Bastelmaterialien, zB Stifte, Schere, Bastelkleber, Wollreste, Filz, verschiedene Papierarten, Draht, Watte, Styroporkugeln, Pfeifenputzer, Perlen, Korken, Muggelsteine, Holzstäbchen, Knetmasse, Sand, Erde, Naturmaterialien, Alltagskrimskrums ...

Vorbereitung

Es empfiehlt sich, bereits im Vorfeld mit den Kindern gemeinsam Alltagsmaterial zu sammeln und dies dann für alle in Form eines Materialbuffets zur Verfügung zu stellen.

Das zur Verfügung gestellte Material wird auf Tischen am Gang oder am Rand des Klassenzimmers verteilt. Gemeinsam mit den SchülerInnen werden Arbeitsbereiche (Tische, Boden, Gang) mit Papier und Folien abgedeckt.

Durchführung

Die Kinder sehen sich das Material genau an und überlegen, welche Wertstoffe sie für welche Station im Wasserkreislauf verwenden wollen. Die Umsetzungswünsche werden schriftlich festgehalten und der Lehrperson gezeigt. Im Anschluss bekommt jedes Kind eine Pizzaschachtel und das gewünschte Material und kann mit der Gestaltung des Wasserkreislaufs beginnen.

Zusatzinformation

Erste Erkenntnisse über das Vorkommen von Wasser und die Reise der Wassertropfen erwerben Kinder schon in jungen Jahren oft ganz nebenbei. Eine kreative Auseinandersetzung mit dem Wasserkreislauf ist bestens geeignet, um sich dem Vorkommen von Wasser und seiner stofflichen Veränderungen innerhalb des Wasserkreislaufes bewusst zu werden.



Wasserkreislauf im Glas

ab 3. Schulstufe | 60 Minuten



Benötigtes Material

- großes Einmachglas mit Deckel (mind. 2-3 Liter)
- Holzkohle, Kies/Tonkugeln, Erde
- kleine Pflanzen (Efeu, Farn, Grünsilber, Kräuter, Erdbeerpflanze ...)
- Schere, Esslöffel, Papierrolle, Wasser, evtl. Knetmasse

Vorbereitung

keine

Durchführung

Um die Glaswand nicht zu beschmutzen kann das Material mithilfe einer Papierrolle eingefüllt werden.

Als unterste Schicht wird eine ca. 1 cm hohe Schicht mit Holzkohle ins Glas gegeben. Diese verhindert, dass die Erde zu schimmeln beginnt. Als Drainageschicht folgen nun 2 bis 3 cm Kies oder Tongranulat. Zum Schluss wird das Glas zu $\frac{2}{3}$ mit Erde befüllt.

Nun können passende Pflanzen eingesetzt und Steine, Tannenzapfen, leere Schneckenhäusern etc. als Dekoration verwendet werden.

Dann wird so viel Wasser hineingegossen, dass die Erde zwar gut feucht ist, aber die Pflanzen nicht im Wasser stehen.

Das Glas wird mit einem Deckel oder einer Frischhaltefolie verschlossen und an einen hellen, nicht zu sonnigen Platz ans Fenster gestellt. Nun kann der Kreislauf des Wassers in einem geschlossenen System beobachtet werden.

Eventuell muss der Wasserkreislauf im Glas ein wenig angepasst werden:

- Beschlägt sich das Glas sehr stark, wurde zu viel Wasser hinzugefügt. Das Glas muss einige Stunden offen stehen, damit Wasser verdunsten kann.
- Ist kein Tropfen am Glas zu sehen, braucht der Wasserkreislauf etwas mehr Wasser.
- Sollte der Verschluss nicht gut abschließen, kann dieser mit Knetmasse zusätzlich abgedichtet werden.



2.2.23 Wasserkreislauf im Glas | Experiment

Zusatzinformation

Die Pflanzen wachsen dank des Wasserkreislaufs im Glas, ohne dass man sie gießen muss.

Die „kleine Welt“ im Glas erhält, so wie unsere Erde auch, Licht und Wärme von außen. Durch die Zimmertemperatur verdunstet das Wasser aus der Erde. Ebenso wird Wasserdampf durch die Transpiration der Pflanzen an die Luft abgegeben, die Pflanzen beginnen zu „schwitzen“. Sobald die Zimmertemperatur sinkt, kondensiert der Wasserdampf und es bilden sich an der Glaswand kleine Wassertropfen, die als „Regen“ zum Glasboden fließen und wiederum von der Erde und den Pflanzen aufgenommen werden. Am nächsten Tag beginnt dieser Kreislauf wieder von neuem. Wasser geht auf der Erde und im Glas nicht verloren, sondern es wird ständig umgewälzt. Die Pflanzen im Glas wachsen, ohne dass man sie gießen muss.

Mit der Erde (hier aus einem Fichtenwald) wird eine große Zahl von Bakterien, Pilzen und winzig kleinen Bodentieren in die „kleine Welt“ eingebracht, die den Kreislauf des Lebens jahrelang aufrechterhalten können.

Beim Kauf der Erde sollte beachtet werden, dass diese keinen Torf enthält. Torf besteht aus unvollständig zersetzten und konservierten Pflanzenresten, vor allem aus Torfmoosen (Sphagnum). Beim Abbau des Torfes werden Moore zerstört, die faszinierende Lebensräume darstellen, in denen spezialisierte Tiere (zB Hochmoor-Mosaikjungfer) und Pflanzen (zB Sonnentau) beheimatet sind, die nur dort vorkommen und dementsprechend selten sind. Die Torfschicht wächst nur sehr langsam nach: Durchschnittlich lagert sich nur 1 mm Torf im Jahr ab! Die Entstehung eines Moores braucht ca. 8 000 Jahre. Moore speichern sehr viel Wasser und auch das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid ist im pflanzlichen Material gebunden. Bei der Nutzung von Torf wird dieses wieder freigesetzt und verstärkt den Treibhauseffekt.



Wasserkreislauf-Wörter

ab 2. Schulstufe | 15-30 Minuten



Benötigtes Material

- 💧 Impulsbilder (S. 109-113)
- 💧 Papier, Stifte
- 💧 evtl. Wassermusik

Vorbereitung

Die Impulsbilder werden kreisförmig in der Mitte eines freien Platzes aufgelegt. Statt der Impulsbilder können auch A4-Blätter genommen werden, auf denen die Begriffe (Sonne, Meer, Quelle ...) geschrieben werden.

Durchführung

Es wird vereinbart, dass während des Schreibens nicht gesprochen wird. Manche Kinder empfinden leise „Wassermusik“ als sehr angenehm.

Die Begriffe werden einmal laut vorgelesen und die Kinder aufgefordert, weitere dazu passende Wörter zu finden.

Im Anschluss begeben sich die SchülerInnen auf Wörtersuche. Wann immer jemandem ein passendes Wort einfällt, wird dieses auf ein eigenes Stück Papier geschrieben und unter den Hauptbegriff gelegt.

Im Laufe der Zeit entstehen strahlenförmige Wortschlangen aus Nomen, Verben und Adjektiven. Oft ergibt das Lesen eines Wortes ein neues.

Zusatzinformation

Diese Methode ist eine Möglichkeit, den Wortschatz zum Wasser und Wasserkreislauf zu festigen und zu erweitern.

Zusätzlich hilft dieses assoziative Verfahren in der Großgruppe Ideen, Gedanken, Vorstellungen, Erinnerungen, Gefühle ... zu vernetzen und niederzuschreiben – eine ideale Vorübung, um schnell ins Schreiben zu kommen bzw. sich auf kreative Schreibanlässe einzulassen. Insbesondere sprachschwächeren Kindern ermöglicht das Vorhandensein von mehreren Wörtern kreativ tätig zu werden.

Für sprachbegabte Kinder kann es herausfordernd sein, die Wörter ziehen zu lassen, welche in der Geschichte vorkommen müssen.

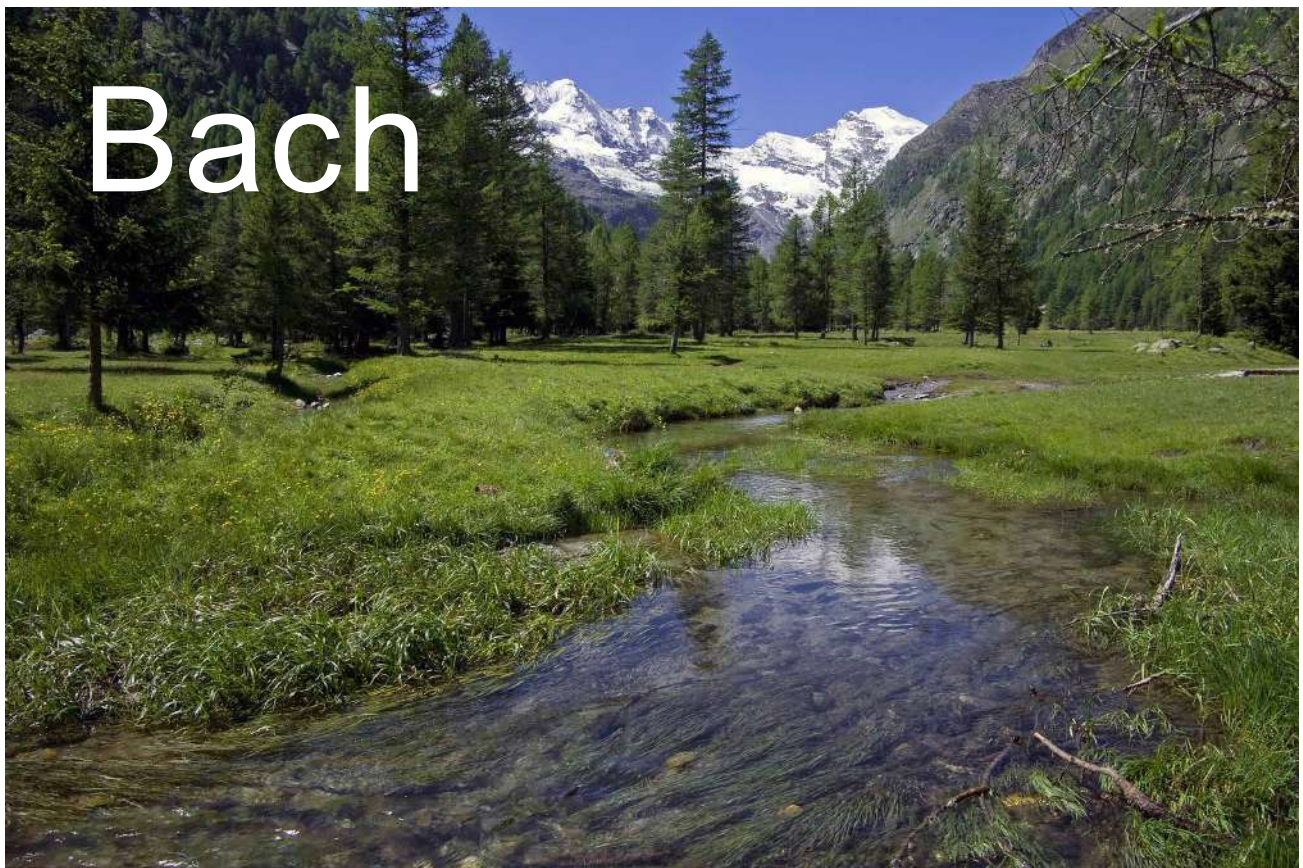


Sonne



Meer





Fluss



Wolken



Tropfen



Wasser



Quelle



Schnee



Wasser-ABC

ab 2. Schulstufe | 15-30 Minuten



Benötigtes Material

- Alphabet ausgedruckt auf A4- oder A5-Papier
- dicke Stifte

Vorbereitung

Jeder Buchstabe (A-Z) wird auf ein Blatt ausgedruckt und in alphabetischer Reihenfolge im Gang oder im Sesselkreis am Boden aufgelegt.

Durchführung

Jedes Kind bekommt einen Stift und den Auftrag Wörter zu sammeln, welche zum Thema „Wasser“ passen.

Die gefundenen Wörter werden dem passenden Buchstaben im Alphabet zugeordnet und direkt auf die Vorlage geschrieben. Alle Kinder schreiben gleichzeitig.

Im Anschluss werden die gesammelten Wörter im Kreis vorgelesen und besprochen.

Zusatzinformation

Das Wasser-ABC ist eine einfache und gut einsetzbare Methode, um herauszufinden, welches Vorwissen zum Thema Wasser bei den SchülerInnen vorhanden ist. Um einen ungebremsen Schreibfluss zu ermöglichen, wäre es wichtig die Kinder darauf hinzuweisen, dass es kein Problem ist, wenn Wörter falsch geschrieben werden.



Elfchen

Ein Elfchen besteht aus elf Wörtern, die auf fünf Zeilen verteilt sind.

Die Zeilen müssen sich nicht reimen.

Schreibe ein modernes Elfer-Gedicht zum Thema „Wasser“!



Mein Elfchen



nass
es regnet
Tropfen fallen herab
ich hüpfе in Pfützen
pitzschnass

Akrostichon

Ein Akrostichon ist ein Gedicht, bei dem ein Begriff von oben nach unten geschrieben wird. Mit jedem Buchstaben des Begriffes wird ein dazu passendes Wort in die Zeile geschrieben.

Finde für jeden Buchstaben ein Wort, das zu „Wasser“ passt!

Mein Akrostichon

W

A

S

S

E

R



Gedicht mit allen Sinnen



Schreibe ein Gedicht zum Thema „Wasser“!

Beschreibe, wie Wasser aussieht, wie es schmeckt, wie es riecht, wie es sich anhört und wie es sich anfühlt.

Mein Wasser-Gedicht

Wasser **ist**

Wasser **schmeckt nach**

Wasser **riecht nach**

Wasser **sieht aus wie**

Wasser **klingt nach**

Wasser **fühlt sich** **an.**



Klanggeschichte

ab 3. Schulstufe / 30-60 Minuten



Benötigtes Material

- rhythmische Instrumente
- Papier, Stifte

Vorbereitung

Eine Auswahl an passenden Klanginstrumenten wird in einem separaten Raum zu Verfügung gestellt.

Durchführung

Die Kinder bekommen den Auftrag, in Einzel- oder PartnerInnenarbeit eine Geschichte oder ein Gedicht zum Wasserkreislauf zu schreiben, welches im Anschluss mit diversen rhythmischen Instrumenten vertont wird.

Das Schreiben der Geschichte kann im Klassenzimmer, aber auch im Rahmen der Freiarbeit oder als Hausübung zuhause erfolgen. Das Aussuchen der passenden Instrumente findet in einem separaten Raum statt, damit das Arbeiten der anderen Kinder in der Klasse nicht gestört wird. Für das Vertonen ist es hilfreich, wenn eine Person den Text vorliest und eine zweite Person passende Geräusche dazu spielt.

Im Anschluss werden die Instrumente in die Klasse geholt und im Sitzkreis die einzelnen Klanggeschichten präsentiert.

Zusatzinformation

Bei Klanggeschichten werden Texte mit unterschiedlichen Instrumenten klanglich begleitet.

Sprachlich weniger begabte SchülerInnen sind durch den Einsatz von Rhythmusinstrumenten oft stärker motiviert, einen Text zu verfassen. Das Spielen und Erklären unterschiedlicher Geräusche ist im Gegensatz zum Verfassen eines Textes sehr einfach und meist gleich ausdrucksstark. Die dabei empfundene Freude und Begeisterung gibt innerlichen Antrieb, sich mit der Sprache an sich (Worten) bzw. Sachinhalten (Wasserkreislauf) auseinanderzusetzen.

Eine Klanggeschichte zur Reise der Wassertropfen durch die Lehrperson kann auch ein guter Einstieg ins Thema sein.



Stop Motion

ab 3. Schulstufe | 2-3 Stunden



Benötigtes Material

- Smartphones oder Tablets (je eines pro Kind/Gruppe)
- Halterungen/Stative oder andere Materialien, um die Geräte wackelfrei zu fixieren
- eine Stop-Motion-App
- Materialien für die Gestaltung der Filme nach Bedarf, zB Papier, Farben, Stifte, Lego, Plastilin, Naturmaterialien ...
- Instrumente oder Materialien für die Vertonung

Vorbereitung

Zuvor muss auf allen Geräten über den jeweiligen App-Store eine Stop-Motion-App installiert werden. Diese reihen Fotos aneinander und lassen daraus einen Film entstehen.

In unserem Fall haben wir uns für die App „Stop Motion Studio“ entschieden, da die kostenlose Grundversion, trotz eingeschränkter Möglichkeiten, völlig ausreichend ist und gute Ergebnisse liefert.

Je nach Zeitbudget werden Materialien vorbereitet und zur Verfügung gestellt, mit denen die SchülerInnen ihre Stop-Motion-Filme gestalten können. Die Kinder können auch Materialien von zu Hause mitbringen.

Ein erstes Testen der App zu Hause mit den Eltern ist möglich, ansonsten geschieht dies gemeinsam in der Klasse. Jedenfalls sollte die Lehrperson die App schon gründlich getestet haben, um Fragen dazu beantworten zu können. Die diversen Apps lassen sich meist intuitiv bedienen, es gibt dazu aber auch Tutorials online zu finden.

Durchführung

Die App wird gemeinsam ausprobiert und das Stop-Motion-Prinzip erklärt. Die Grundfunktionen der Apps basieren immer auf dem gleichen Prinzip. Es wird ein Foto einer Szene gemacht, diese Szene wird leicht verändert, es wird ein Foto gemacht, die Szene wird wieder leicht verändert usw. Je kleiner die Veränderungen in der Szene, desto feiner werden dann im Film die Bewegungen. Sind die Veränderungen groß, ruckelt der Film im Endprodukt stark. Die App spielt am Schluss alle Fotos der Reihe nach ab und es entsteht ein kurzer Film.

Für den Film wird zuerst ein Drehbuch erstellt, bei dem die Kinder eine Idee erarbeiten und besprechen, was sie darstellen möchten – zB den Wasserkreislauf oder die Bewegung von Wolken oder einen Fisch im Bach ...



2.2.30 Stop Motion | Präsentationsform

Hier sollte man sich nicht zu viel vornehmen, denn der Entstehungsprozess würde sonst zu lange dauern. Eine kurze Szene reicht aus.

Ist die Idee geboren, werden Materialien gewählt, die verwendet werden sollen. Es kann eine reine Zeichnung sein, die Schritt für Schritt entsteht und abfotografiert wird, oder eine Modellierung aus Plastilin oder eine Lego-Szene usw.

Dann wird eine Bühne gebaut. Auch hier gibt es zahlreiche Möglichkeiten: Man kann die Szene in einer Schuhschachtel nachstellen, vor einem einfärbigen Papierhintergrund, im Freien, mit/ohne Beleuchtung ...

In jedem Fall ist wichtig: Sowohl die Kamera (Smartphone/Tablet) als auch die Bühne/Szene dürfen nicht wackeln oder sich verschieben und sollten gut fixiert werden, zB mit Klebeband.

Nun kann die Filmproduktion starten. Am besten bewegt ein Kind immer die Szene ein kleines Stück weiter und ein anderes Kind drückt auf den Auslöser. Um eine kleine bewegte Szene zu erhalten, sind viele Einzelfotos nötig. Um das Ergebnis zu kontrollieren, kann man zwischendurch den Film immer wieder abspielen und die Szenen eventuell entsprechend anpassen.

Ist der Film fertig, können in der Nachbearbeitung noch Toneffekte/Geräusche/Stimmen hinzugefügt werden.

Die Kinder stellen dann ihre Filme einander vor. Diese können auch bei Projektpräsentationen oder online einem größeren Publikum gezeigt werden.

Zusatzinformation

Zahlreiche Ideen und Tipps zur Gestaltung von Stop-Motion-Filmen findet man online (zB Youtube). Wichtig ist es, klein zu beginnen, um im Rahmen der Unterrichtseinheit ein fertiges Produkt schaffen zu können.



Lapbook

ab 3. Schulstufe / 3-4 Stunden



Benötigtes Material

- Tonpapier je nach Größe des Lapbooks (DIN A3, A2 od. A1)
- Papier (80 g und 160 g), weiß und färbig
- div. Bastelmaterial wie Schere, Cutter, Schneidunterlage, Klebstoff, Tixo, Lineal, verschiedene Stifte, Klammermaschine, Locher und Klettverschlüsse ...
- Bildkarten und Impulssätze „Wasserkreislauf in Bildern“ (S. 61-72)
- Medien zur selbstständigen Informationsbeschaffung: Schulbücher, Sachbücher, Karteikarten „Der Wasserkreislauf“ (S. 123-130), Zeitschriften, kindgerechte Onlinesuchmaschinen ...
- PC/Tablet, Drucker, Internetzugang
- Blankovorlagen für das Innenleben der Lapbooks

Vorbereitung

Ein Lapbook ist ein Faltbuch, das sich mehrfach ausklappen lässt. In diesem können die erarbeiteten Inhalte des gewählten Themas in vielen weiteren Minibüchern, faltbaren Formen, Taschen, Umschlägen ... verpackt, gegliedert und hineingeklebt werden.

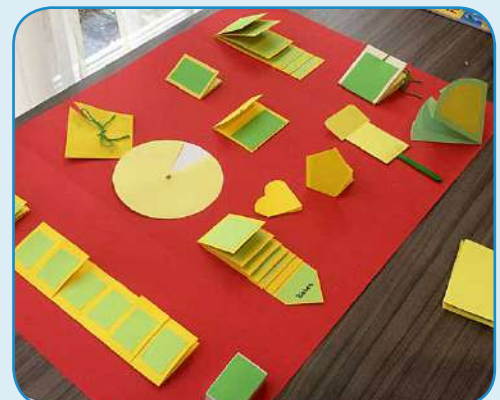
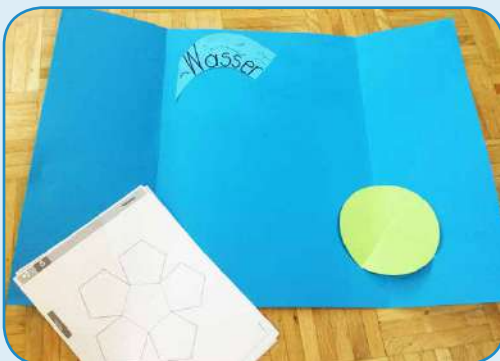
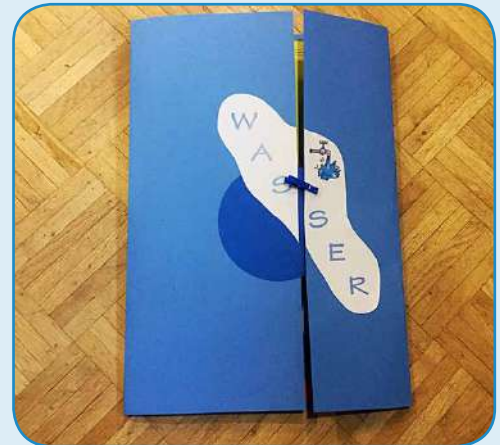
Für das Innenleben der Lapbooks, wie zB ein faltbares Sechseck, eine Drehscheibe oder ein Leporello, gibt es eine Vielzahl an Blankovorlagen im Internet, die schon im Vorfeld auf buntem Papier ausgedruckt werden.

Auch die Medien zur Informationsbeschaffung werden bereitgelegt und kindgerechte Onlinesuchmaschinen (zB Blinde Kuh, fragFINN, Helles Köpfchen) auf die Tafel geschrieben bzw. auf den Endgeräten geöffnet.

Durchführung

Zum Einstieg werden die Bildkarten „Wasserkreislauf in Bildern“ am Boden aufgelegt. Es wird erklärt, dass der Wasserkreislauf den Transport und die Speicherung von Wasser beschreibt und gefragt, ob jemand von den SchülerInnen über die Reise der Wassertropfen berichten möchte.

Nach der Einführung wählen die SchülerInnen ein Thema zum Wasserkreislauf, das sie behandeln und in Form eines Lapbooks präsentieren möchten. Themenmöglichkeiten bieten sich viele, zB der Wasserkreislauf, Aggregatzustände, Salz- und Süßwasser, Wasserverteilung auf der Erde, Wasserversorgung ...



2.2.31 Lapbook | Präsentationsform

Die Erstellung des Lapbooks gliedert sich in 4 Phasen:

Die Einführungsphase

Einführend ist es hilfreich, den SchülerInnen ein fertiges Lapbook zu zeigen und die verschiedenen Falt- und Klappmöglichkeiten gemeinsam auszuprobieren. Es wird die Wahl der Sozialform getroffen, die geplante Arbeitszeit, die inhaltlichen Anforderungen und die geltenden Arbeitsregeln werden festgesetzt.

Die Planungsphase

Während dieser Phase sammeln die SchülerInnen mithilfe unterschiedlicher Medien selbstständig die notwendigen Informationen zum Thema. Zur Planung und Strukturierung der Inhalte werden zuerst Mindmaps und Skizzen angefertigt. Folgende Fragen können dabei helfen: Was weiß ich schon? Was will ich wissen? Was finde ich besonders spannend? Wie komme ich zu Informationen? Wie könnte mein Lapbook aussehen?

Die Durchführungs- und Gestaltungsphase

Bei der Durchführung werden die Ergebnisse in Form eines Lapbooks dokumentiert. Es werden geeignete Vorlagen ausgewählt und passendes Bildmaterial wird ausgedruckt oder kopiert. Innerhalb dieser Phase wird wechselseitig prozessorientiert an den individuellen Inhalten (Informationsbeschaffung, Erarbeitung von Lerninhalten) und produktorientiert an der Gestaltung und Präsentation des Lapbooks gearbeitet. Es empfiehlt sich zuerst die einzelnen Elemente zu gestalten und diese erst zum Schluss ins Lapbook einzukleben.

Die Präsentationsphase

Die Lapbooks werden den MitschülerInnen präsentiert. Für die Präsentation ist es hilfreich, den Kindern einen Leitfaden zu geben:

- Welchen Titel habe ich für mein Lapbook gewählt?
- Welche Unterthemen habe ich behandelt?
- Wie lautet meine ForscherInnenfrage?
- Welche Antworten habe ich gefunden?
- Was war neu für mich?
- Was ist mir besonders gut gelungen?

Im Anschluss an die Präsentation ist es notwendig, den ZuhörerInnen auch Zeit für auftretende Fragen und für ein Feedback zu geben.

Zusatzinformation

Mit dieser abwechslungsreichen Präsentationsform ist es möglich, sich kreativ und interessenbezogen mit einem Sachthema zu beschäftigen und individuelle Lernergebnisse zu präsentieren.

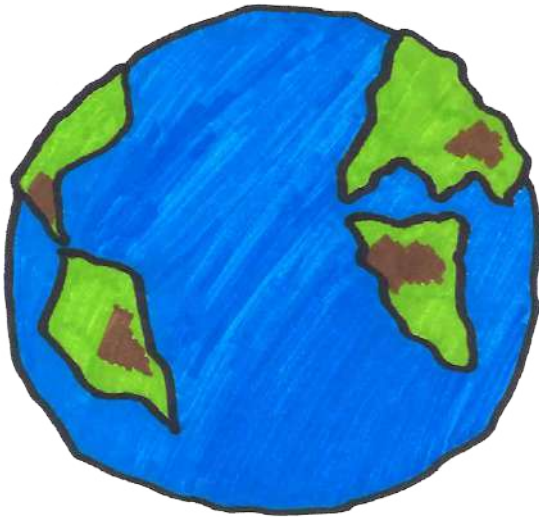
Durch das selbstständige Erarbeiten, beginnend mit der Themenfindung über Recherche, freies Schreiben, kreative Umsetzung bis hin zur Präsentation ist nicht nur der Lerneffekt, sondern auch der emotionale Wert bezogen auf das fertige Produkt von großer Bedeutung.



Wasserkreislauf



Blauer Planet



Der Großteil der Erdoberfläche ist mit Wasser bedeckt. Vom Weltall aus sieht unsere Erde ganz blau aus.

Darum wird sie auch der blaue Planet genannt.



Wasserkreislauf



Verwandlungskünstler Wasser



Wasser ist ein Verwandlungskünstler. Es kann unterschiedliche Zustände annehmen. Wasser kann fest, flüssig oder gasförmig sein.

Wenn die Temperatur unter 0 °C sinkt, gefriert Wasser zu Eis und ist fest. Im Schwimmbad baden wir in flüssigem Wasser. Wenn es warm ist, wird Wasser zu Wasserdampf. Es ist dann gasförmig.



Wasserkreislauf



Wasserdampf



Durch **Verdampfen** oder **Verdunsten** wird flüssiges Wasser zu Wasserdampf.

- 💧 Wasser verdampft, wenn es über 100 °C erhitzt wird. Im Kochtopf kann man den Wasserdampf aufsteigen sehen.
- 💧 Durch Verdunstung wird Wasser auch unter 100 °C gasförmig. Das geschieht viel langsamer und der entstehende Wasserdampf ist unsichtbar. So wird die Wäsche auf der Leine trocken.



Wasserkreislauf



Wasser ist ein Molekül



Alles um uns herum besteht aus Atomen, auch wir selbst. Sie sind die kleinsten Bausteine der Materie. Atome können sich auch verbinden und größere Bausteine bilden. Sie werden dann Moleküle genannt.

Hast du schon mal von H_2O gehört?
 H_2O ist die chemische Formel für Wasser.

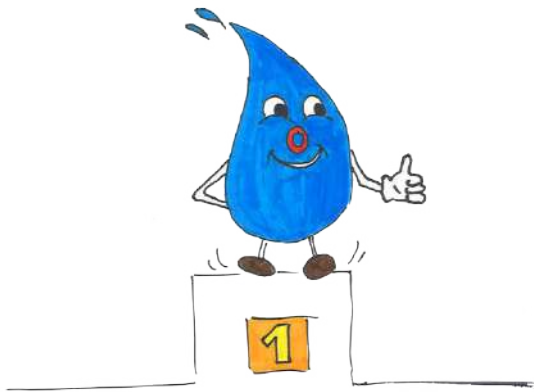
Wasser ist ein Molekül, das aus zwei Wasserstoffatomen (H_2) und einem Sauerstoffatom (O) besteht.



Wasserkreislauf



Wasser ist einzigartig



Wasser ist der einzige Stoff auf unserem Planeten, der in allen drei Aggregatzuständen vorkommt. Fest, flüssig und gasförmig.

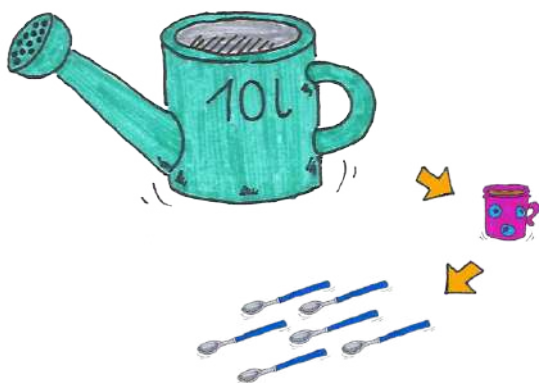
Wasser ist lebensnotwendig.
Alle Lebewesen brauchen Wasser.



Wasserkreislauf



Salzwasser und Süßwasser



Der Großteil des Wassers auf unserer Erde ist das Salzwasser der Meere.

Das Wasser, das wir trinken, nennt man Süßwasser. Das meiste Süßwasser ist im Eis der Pole und der Gletscher gespeichert. Ein kleiner Teil befindet sich im Grundwasser. Auch in Bächen und Flüssen fließt Süßwasser.

Wenn das gesamte Wasser der Erde in eine 10 l-Gießkanne passen würde, so wäre nur eine Kaffeetasse Süßwasser darin enthalten. Von dieser Tasse wären sechs Esslöffel Trinkwasser. Die restliche Gießkanne ist mit Meerwasser gefüllt.



Wasserkreislauf



Wasser im Alltag



Wir Menschen brauchen jeden Tag Wasser.

Nach dem Aufstehen sind wir durstig. Wir putzen uns die Zähne. Wir ziehen uns frische Wäsche an, die mit Wasser gewaschen wurde. Wir bereiten Mahlzeiten mit Wasser zu. Wir baden oder duschen uns und betätigen die Klospülung.

Wasser umgibt uns den ganzen Tag. Jede Person verbraucht jeden Tag eine knappe Badewanne voll Wasser.



Wasserkreislauf



Wassertropfen auf Reise



Das Wasser auf unserem Planeten wird nie weniger. Aber es ändert seinen Zustand und wechselt seinen Ort.

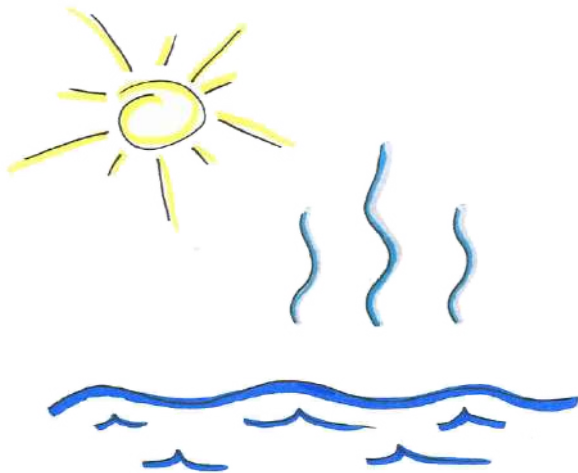
Es macht eine Reise rund um die Welt.



Wasserkreislauf



Wasser verdunstet



Die Sonnenstrahlen erwärmen die Erdoberfläche. Dadurch wird das flüssige Wasser zu unsichtbarem Wasserdampf. Das nennt man verdunsten.

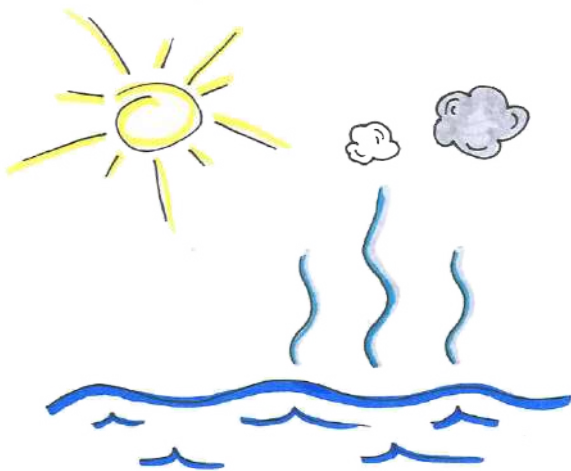
Der Wasserdampf steigt mit der warmen Luft auf.



Wasserkreislauf



Wasser kondensiert

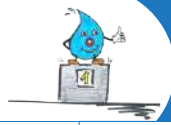


Hoch oben in der Luft ist es kühler als am Boden. Deshalb bilden sich aus dem Wasserdampf wieder winzig kleine Wassertropfen. Das nennt man kondensieren.

Die Wassertropfen sammeln sich und es entstehen Wolken.



Wasserkreislauf



Wasser wechselt den Ort



Auch wenn es an der Erdoberfläche still ist, weht in der Höhe trotzdem Wind.

Der Wind bläst die Wolken über das Meer und übers Land.

Ohne Wind würde es über Land kaum regnen.



Wasserkreislauf



Wasser fällt herab

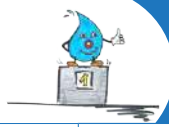


Die Wassertropfen in der Wolke werden immer größer und schwerer. Irgendwann beginnt es zu regnen.

So kommt das Wasser aus der Luft wieder zurück auf die Erde.



Wasserkreislauf



Wasser versickert



Es regnet auf Wälder, Wiesen, Straßen und Häuser.

Ein Teil des Regenwassers sickert tief in den Boden. Dabei durchdringt es viele Erd- und Gesteinsschichten.

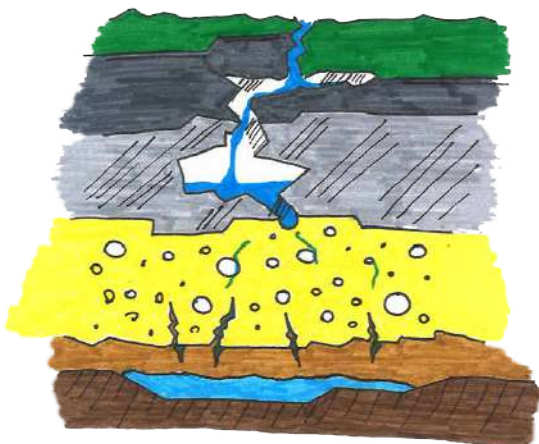
Manchmal ist eine Schicht wasserdicht. Das Wasser kann nicht weiter versickern. Über dieser Schicht bildet sich Grundwasser.



Wasserkreislauf



Wasser ist im Boden



Auf dem Weg nach unten wandert das Regenwasser durch verschiedene Erdschichten und wird gefiltert und gereinigt. Das Grundwasser hat dadurch besonders gute Trinkwasserqualität.

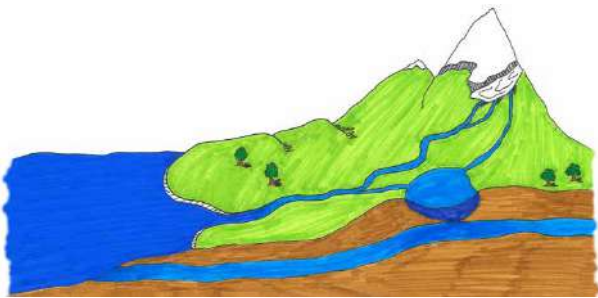
Stellen, an denen das Grundwasser wieder an die Oberfläche tritt, heißen Quellen.



Wasserkreislauf



Wasser fließt zurück ins Meer



Ein Teil des Regenwassers fließt auf der Erdoberfläche ab. Es gelangt über Bäche, Flüsse und Ströme wieder zurück ins Meer.

Auch das Grundwasser kann unterirdisch, wie ein Bach, ins Meer zurückfließen.

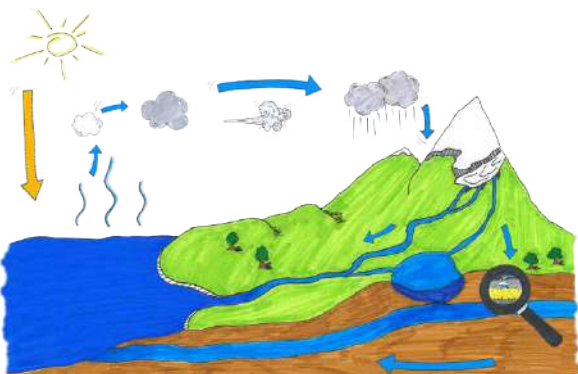
So schließt sich der Wasserkreislauf und kann von vorne beginnen.



Wasserkreislauf



Wasser im Kreislauf



Menschen, Tiere und Pflanzen brauchen Wasser. Ohne Wasser gibt es kein Leben auf unserem Planeten.

Durch den Wasserkreislauf werden die Süßwasservorräte immer wieder aufgefüllt. Das Wasser bewegt sich in einem ewigen Kreislauf.



Wasser läuft im Kreis

ab 1. Schulstufe | 15 Minuten



Benötigtes Material

keines

Vorbereitung

keine

Durchführung

Die Massage wird in PartnerarInnenbeit am Bauch liegend mit anschließendem Wechsel durchgeführt.

Es folgt eine Erzählung über unterschiedliche Stationen im Wasserkreislauf, welche von dazu passenden Massagetechniken begleitet werden.

Die Sonne scheint.

Hände fest aneinanderreiben, damit sie ganz heiß werden, und sanft auf den Rücken drücken.

Aus Bächen, Flüssen, Seen und in Meeren verdunstet Wasser.

Mit allen Fingerspitzen sanft vom Steißbein ausgehend über den gesamten Rücken in Richtung Schulter stupsen.

Dort oben ist es kälter. Deshalb entstehen aus dem Wasserdampf Wolken.

Die flachen Hände an verschiedenen Stellen des Rückens mit leichtem Druck aufsetzen und einige Male hochnehmen.

Der Wind treibt die Wolken übers Land.

Mit beiden Händen über den Rücken streichen und auf den Rücken pusten.

Wolken bestehen aus winzig kleinen Wassertröpfchen. Wenn die Wassertröpfchen eng aneinanderrücken, werden aus kleinen Tröpfchen große Tropfen und es kann regnen.

Mit den Fingerspitzen zuerst ganz leicht und dann immer fester auf den Rücken klopfen.

Der Regen wird stärker. Es regnet auf Pflanzen, auf Dächer und auf Menschen. Der Regen prasselt auf deinen Rücken und es beginnt zu hageln.

Zuerst mit den Fingerkuppen und im Anschluss mit den Fäusten auf den Rücken trommeln.



2.2.33 Wasser läuft im Kreis | Massage

Der Regen lässt nach und es fallen nur mehr vereinzelt ein paar kleine Regentropfen auf deinen Kopf.

Mit den Fingerspitzen sanft den Rücken und als Abschluss sanft den Kopf berühren.

Ein Teil des Regenwassers versickert in der Erde. Dabei sickert es durch verschiedene Erdschichten.

Vorsichtig mit beiden Händen vom Kopf über den Rücken, über den Po und über die Beine in Richtung Füße streichen.

Manchmal ist eine Erdschicht wasserdicht. Das bedeutet, sie lässt kein Wasser durch. Das Wasser, das sich in der Erde gesammelt hat, nennt man Grundwasser.

Kräftigeres Streichen von den Schulterblättern bis zum Steißbein.

Manchmal schafft es das Grundwasser, aus der Erde zu fließen. Dann entsteht eine Quelle.

Mit den Zeigefingern in Wellenbewegungen über den Rücken streichen.

Das Wasser der Quelle macht sich auf seinen langen Weg zum Meer. Der Wasserkreislauf kann von vorne beginnen.

Den Körper mit beiden Händen zuerst in eine leichte Schaukelbewegung bringen und dann langsam ausschaukeln lassen.

Die Sonne scheint.

Hände fest aneinanderreiben, damit sie ganz heiß werden, und sanft auf den Rücken drücken.

Zusatzinformation

Es besteht auch die Möglichkeit, dass Kinder selbst kleine Regentropfengeschichten erfinden und die Massage anleiten.

Auch die Verwendung ausgewählter Fantasiereisen in Verbindung mit einer Massage trägt sowohl zur Tiefenentspannung wie auch durch die Fokussierung auf Vorstellungsbilder zur Wissensvermittlung bei.



Der kleine Wassertropfen



Der kleine Wassertropfen (*Name des Wassertropfens*) ließ es sich gut gehen. Er trieb mit geschlossenen Augen am Rücken im Meer und die warme Sonne schien auf seinen Bauch. Leichte Wellen schaukelten in sanft hin und her.

Plötzlich begann es an seinen Armen und Beinen zu zerren, als ob ihn jemand mit Schnüren nach oben ziehen würde. Ist er in einem Fischernetz hängengeblieben? Er machte die Augen auf. Nein! Kein Netz in Sicht! Aber was war denn das? Arme und Beine des Wassertropfens waren gar nicht mehr zu sehen und auch der Bauch und der Rücken von schienen sich gerade in Luft aufzulösen. Der kleine Wassertropfen fühlte sich immer leichter und leichter, als ob er schweben würde. Und wirklich – da war er schon in der Luft und sah von oben auf das Meer hinab. „Das ist lustig“, sagte er, „ich kann fliegen!“ Wie von selbst schien das zu gehen. „Was passiert da?“, fragte der kleine, noch unerfahrene Wassertropfen. „Wir verdunsten gerade, was sonst?“, antworteten plötzlich ein paar andere Wassertropfen rund um, denen es scheinbar gleich ergangen war. Das gefiel dem kleinen Tropfen und er war schon gespannt, was weiter passieren würde.

Je weiter er nach oben aufstieg, desto kälter wurde es aber und der Tropfen verlor langsam seine neue Leichtigkeit. Seine Arme und Beine wurden nun wieder sichtbar und alles fühlte sich plötzlich wieder feuchter an. Je weiter es ging, desto näher kamen ihm nun auch all die anderen Tropfen und manche gaben ihm sogar die Hand und ließen nicht mehr los. „Warum halten wir uns jetzt an der Hand?“, fragte „Wir sind jetzt wieder flüssig geworden, da es hier oben kälter ist. Je höher wir steigen, desto mehr von uns werden nun wieder sichtbar. Dadurch ist die Luft hier jetzt gar nicht mehr durchsichtig, sondern es wird neblig. Von unten sehen die anderen uns jetzt als Wolke. Damit wir uns hier im Nebel nicht verlieren, halten wir einander fest.“

Immer enger wurde es und der Wind blies die Wassertropfen-Wolke in Richtung der Berge. Dort hielten sich noch mehr Tropfen am kleinen Wassertropfen fest – er konnte das Gewicht der anderen fast nicht mehr tragen. Schließlich hatten sich aus den vielen kleinen Tropfen so große Tropfen gebildet, dass es ihnen allen in der Luft zu schwer wurde. Es schien, als würde jemand an den Füßen und Beinen des Wassertropfens ziehen und es war kalt, so kalt, dass manche der Tropfen sogar zu Eis wurden. Dann begann es auch noch zu blitzen und zu donnern.

Das reichte und er ließ sich fallen. Immer schneller ging es bergab, die Luft sauste an seinen Ohren vorbei und bald schon konnte er weit unter sich wieder die Erde erkennen. Aber da war kein Meer – er sah Berge, Wälder und Felder. Ein grüner Hügel gefiel ihm besonders gut, weshalb er versuchte, mit seinen Armen wie ein Flugzeug dorthin zu steuern. Um nicht zu hart zu landen, suchte er sich ein Blatt eines Baumes als Landeplatz aus. Dort landete er wie auf einem Trampolin, hüpfte auf und ab und ließ sich dann über Äste und den Stamm nach unten rinnen.

2.2.34 Der kleine Wassertropfen I Fantasiereise

„Puh, das war aufregend. Jetzt brauche ich ein kleines Schläfchen.“ Das war gerade der richtige Zeitpunkt dafür, denn der Tropfen versickerte im dunklen Erdboden und es wurde für ihn Nacht. Im Schlaf floss er durch den Boden, an Regenwürmern vorbei, durch Felsspalten und Felsritzen drängte er sich immer noch schlafend durch und träumte dabei vom Meer.

Er wachte auf, als es gerade wieder hell zu werden schien. Der Wassertropfen sah einen Lichtschein vor sich, der immer größer wurde und plötzlich schoss er gemeinsam mit vielen anderen Tropfen bei einer Quelle aus dem Boden heraus ans Tageslicht.

Rasend schnell ging es nun in einem Bach bergab, über Wasserfälle, durch enge Schluchten und schließlich landete er in einem weiten Tal, wo er in einem breiten Fluss gemächlich dahintrieb.

Nach vielen weiteren Tagen, in denen der kleine Wassertropfen Tausende neue Freundinnen und Freunde getroffen und viel Neues gesehen hatte, tat sich vor ihm ein vertrauter Blick auf – das Meer.

Und wieder ließ der kleine Wassertropfen es sich gut gehen. Er trieb mit geschlossenen Augen am Rücken, ließ sich die Sonne auf den Bauch scheinen und freute sich schon auf die nächste Runde.

Zusatzinformation

Der Name des Wassertropfens kann individuell gewählt werden.

Wie das Wasser ins Haus kommt

ab 3. Schulstufe | 15 Minuten



Benötigtes Material

- durchsichtiger Schlauch
- Trichter, Eimer, Wasser

Vorbereitung

Der Trichter wird zuvor in den Schlauch gesteckt.

Durchführung

Es empfiehlt sich bei diesem Versuch zu zweit zu arbeiten.

Die erste Person hält den Schlauch an beiden Enden wie ein „U“.

Die zweite Person schüttet langsam Wasser in den Trichter, bis der Schlauch zu ca. 2/3 mit Wasser gefüllt ist.

Beide Schlauchenden werden auf der gleichen Höhe gehalten und der Wasserstand auf beiden Seiten beobachtet.

Nun wird das Schlauchende ohne Trichter in einer fixen Höhe gehalten und die Höhe der Trichterseite immer ein klein wenig verändert.

Was passiert, wenn das Schlauchende ohne Trichter höher als das andere Schlauchende gehalten wird?

Was passiert, wenn das „Trichter-Ende“ höher gehalten wird?

Zusatzinformation

Der Wasserstand in verbundenen Gefäßen pendelt sich immer auf dem gleichen Niveau ein. Das liegt am Schweredruck des Wassers. Ist der Wasserstand auf einer Seite höher, ist auch der Wasserdruck höher. Dieser erhöhte Druck wirkt auf das Wasser so lange ein, bis der Wasserdruck auf beiden Seiten wieder identisch ist. Das ist genau dann der Fall, wenn der Wasserstand gleich hoch ist.

Bei einem Hochbehälter kommt das gleiche Prinzip zur Anwendung. Dieser muss eine erhöhte Position haben. Die Höhenlage garantiert den notwendigen Wasserdruck, damit das Wasser in den Leitungen der Häuser „hochsteigen“ kann.



Wasserversorgung

ab 3. Schulstufe / 30-60 Minuten



Benötigtes Material

- Sandhaufen
- Behälter mit Schlauchanschluss als Hochbehälter
- Schlauch (Länge je nach geplanter Modellgröße)
- Schaufeln, Spielhäuser, Gießkanne o. Ä., Wasser
- evtl. rote Lebensmittelfarbe

Vorbereitung

Für den Hochbehälter benötigt man ein Behälter, das man oben mit Wasser befüllen kann und in das sich ein Loch bohren lässt, an dem man den Schlauch anschließen kann.

Zuvor sollte das Experiment „Wie das Wasser ins Haus kommt“ (S. 135) durchgeführt werden.

Durchführung

Um die Erkenntnisse aus dem Experiment „Wie das Wasser ins Haus kommt“ in die Realität umzusetzen, kann man dazu ein Landschaftsmodell im Sand bauen.

In einem Sandhaufen wird eine einfache Landschaft mit einem Berg und einem Tal gebaut. Die Größe des Modells hängt von der zur Verfügung stehenden Zeit ab. Am Berg wird ein Hochbehälter eingegraben, im Tal ein Ort mit Spielhäusern gebaut.

Von diesem Hochbehälter führt der Schlauch bis ins Tal zu den dort aufgestellten Häusern. Der Schlauch sollte dabei auch Gegensteigungen überwinden, um zu zeigen, dass Wasser so auch bergauf fließen kann. Bis auf das Schlauchende wird der gesamte Schlauchverlauf in Sand eingegraben.

Nun wird oben Wasser in den Hochbehälter gefüllt. Schon bald fließt unten im Tal Wasser aus der Leitung.

Variante: Um zu zeigen, warum Hochbehälter streng geschützt sind (zB durch Zäune, Kameras ...), kann nun nochmals Wasser in den Hochbehälter geschüttet werden, diesmal aber mit roter Lebensmittelfarbe versetzt.

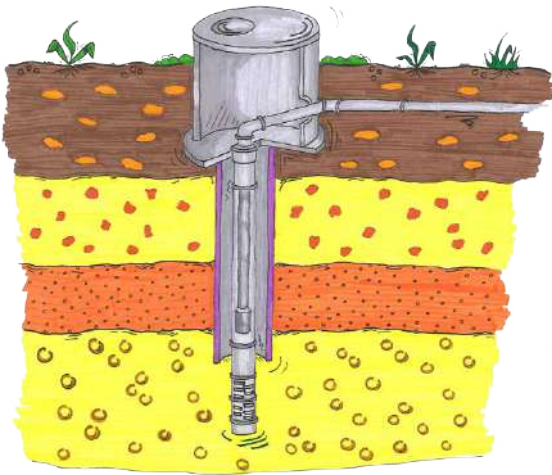
Das verschmutzte Wasser kommt nun unten aus der Leitung und zeigt eindrucksvoll, warum man das Wasser in Hochbehältern vor möglichen Einträgen schützen muss.



Wasserversorgung



Vertikalfilterbrunnen



Woher kommt das Wasser aus der Leitung?

Sauberes Trinkwasser wird gewonnen, gesammelt und über Rohrleitungen von Haus zu Haus verteilt.

Unser Trinkwasser wird aus Grundwasser oder Quellwasser gewonnen.

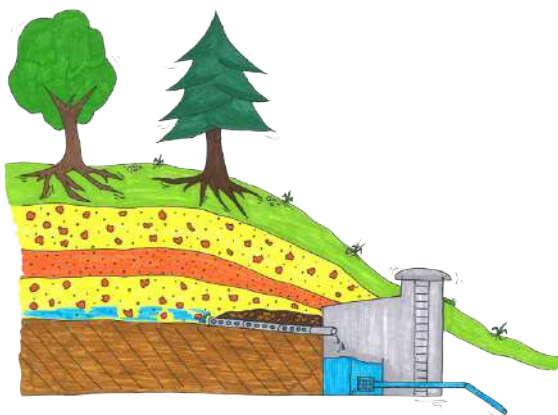
Damit das Grundwasser befördert werden kann, wird ein Brunnen gebaut. Das Brunnenrohr ragt tief in die Erde, bis es zum Grundwasser gelangt. Am unteren Ende hat es Löcher, durch die das Wasser in das Rohr gelangt. Es wird dann nach oben gepumpt.



Wasserversorgung



Quellfassung



Damit Quellwasser befördert werden kann, wird es noch in der Erde abgefangen.

Unter der Erde sammelt ein gelochtes Rohr das Wasser.

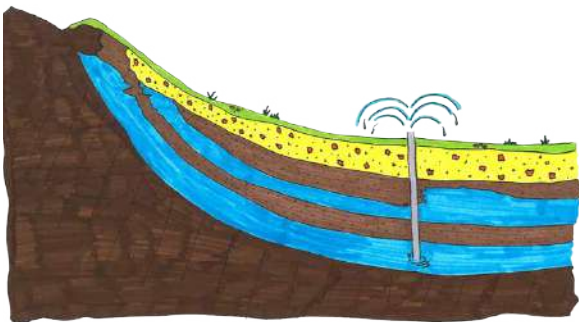
So bleibt es sauber, bis es in unsere Häuser weitergeleitet wird.



Wasserversorgung



Artesischer Brunnen



Wenn das Grundwasser zwischen zwei wasserundurchlässigen Schichten liegt, steht es unter Druck.

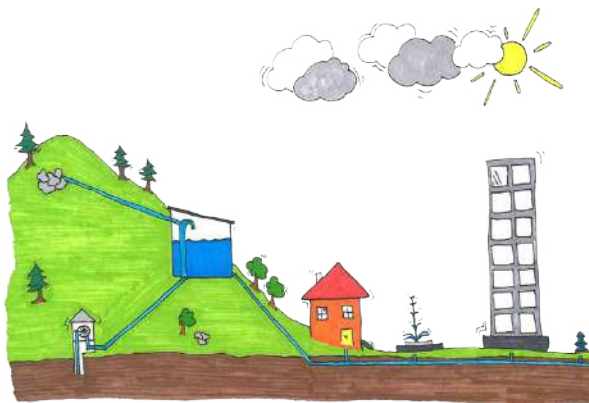
Legt man ein Rohr in diesen Grundwasserbereich, steigt es im Rohr nach oben.



Wasserversorgung



Wasser speichern und verteilen



Über Rohrleitungen gelangt das Wasser in einen Hochbehälter, dort wird es gespeichert.

Es rinnt über Rohre weiter zu den Haushalten.

Unterirdische Pumpen unterstützen den Transport des Wassers.

Diese Leitungen versorgen uns Menschen überall mit frischem Trinkwasser.



Wasserverbrauch

ab 3. Schulstufe | 30-60 Minuten



Benötigtes Material

- 💧 Legekarten „Wasserverbrauch“ (S. 140-143)
- 💧 Kopiervorlage „Wasserflaschen“ (S. 144)
- 💧 Arbeitsblatt „So viel Wasser brauche ich“ (S. 145)

Vorbereitung

Die Kopiervorlage „Wasserflaschen“ wird 65-mal kopiert, um 130 Flaschen zu erhalten. Ebenso werden die Legekarten „Wasserverbrauch“ kopiert und geschnitten. Zur Selbstkontrolle kann die Lösung auf die Rückseite der Legekarten geschrieben werden.

Durchführung

Die SchülerInnen sitzen im Sesselkreis. Die ausgeschnittenen Wasserflaschen liegen in der Mitte des Sitzkreises und dienen als Gesprächsimpuls zum Thema „Wasserverbrauch in Österreich“.

Im gemeinsamen Gespräch erläutern die Kinder, wofür sie selbst zu Hause Wasser verbrauchen. Um ein Gefühl für die unterschiedlichen Mengen an Wasser zu bekommen, wird geschätzt, für welche Tätigkeiten wie viel Wasser verwendet wird. Die Ergebnisse werden schriftlich auf dem Arbeitsblatt festgehalten.

Im Anschluss versuchen die Kinder gemeinsam die Wasserflaschen einzelnen Verwendungszwecken (Duschen, Kochen, WC ...) zuzuordnen. Nach der Auflösung durch die Lehrperson werden am Arbeitsblatt die tatsächlichen Mengen in den dafür vorgesehenen Spalten auch schriftlich festgehalten.

Aufbauend auf die Erkenntnisse kann über die Möglichkeit, Wasser zu sparen, näher eingegangen werden.

Zusatzinformation

Der durchschnittliche Wasserverbrauch in Österreich (ohne Gewerbe, Industrie, öffentlichen Bedarf oder Großverbraucher) liegt bei rund 130 Liter pro Tag und Person.

Diese 130 Liter gliedern sich wie folgt:

44 l für **Duschen und Baden**, 9 l für **Körperpflege**, 3 l für **Trinken und Kochen**, 8 l für **Wohnungsreinigung**, 6 l für **Geschirrspülen**, 5 l für **Gartenbewässerung**, 40 l für **WC** und 15 l für **Wäschewaschen**.

Ein durchschnittlicher österreichischer Vier-Personen-Haushalt benötigt etwa 200 Kubikmeter Wasser pro Jahr.



Duschen und Baden



Körperpflege



Trinken und Kochen



Wohnungsreinigung



Geschirrspülen



Gartenbewässerung



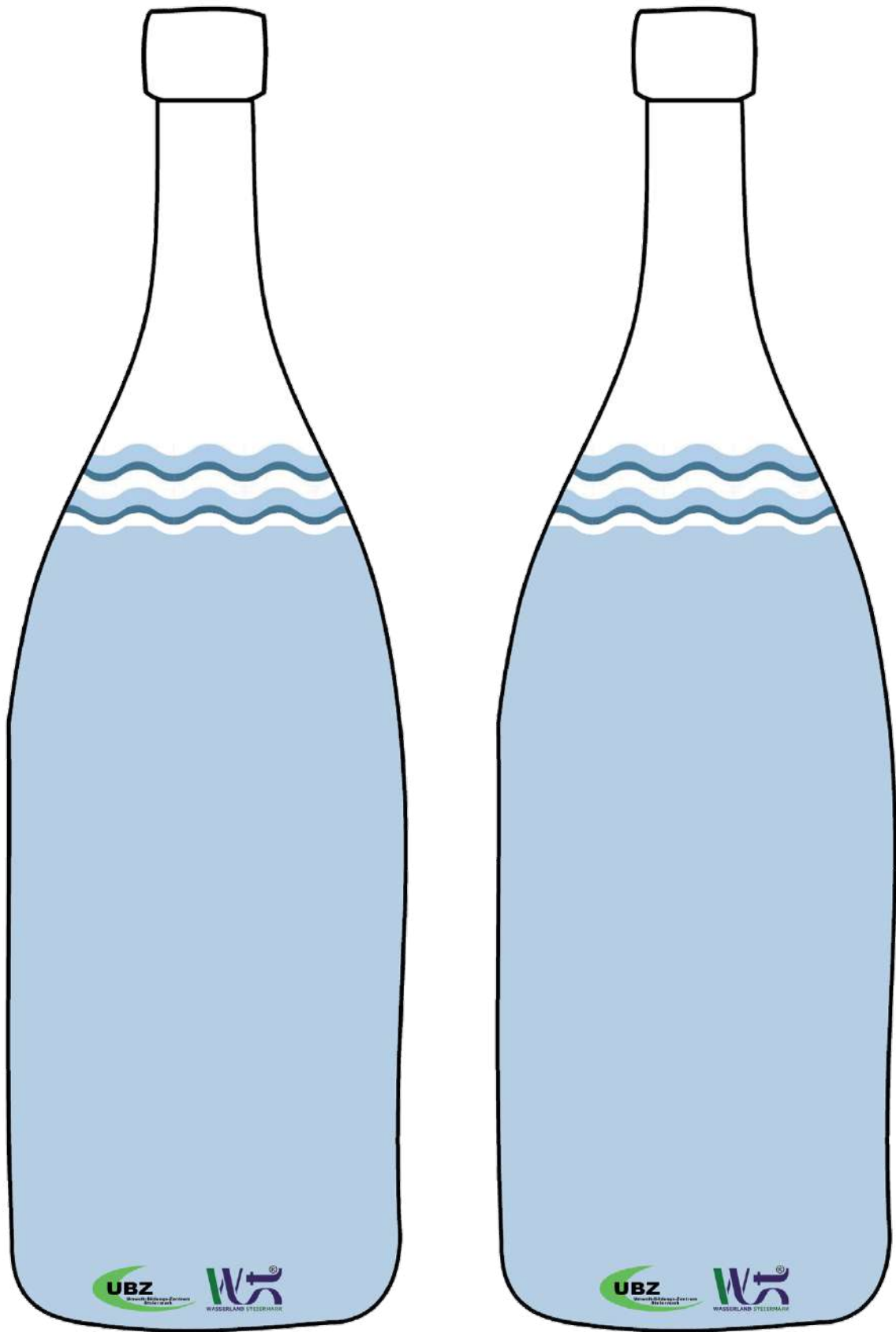
WC



Wäschewaschen



2.3.4 Wasserverbrauch | Kopiervorlage: Wasserflaschen



So viel Wasser brauche ich



In Österreich verbraucht jede Person durchschnittlich 130 Liter Wasser pro Tag.

Was glaubst du, wie sich die 130 Liter auf die einzelnen Bereiche aufteilen?

Wie viel Wasser brauchst du täglich für die einzelnen Bereiche?

Schätze zuerst und trage dann die tatsächlichen Werte ein!

	geschätzt	tatsächlich
Duschen und Baden		
Körperpflege		
Trinken und Kochen		
Wohnungsreinigung		
Geschirrspülen		
Gartenbewässerung		
WC		
Wäschewaschen		
gesamt		130 Liter Wasser

Wasserdetektive unterwegs

ab 1. Schulstufe | 30-60 Minuten



Benötigtes Material

- 💧 Papier und Stifte

Vorbereitung

keine

Durchführung

Im gemeinsamen Gespräch wird erörtert, wofür an der Schule Wasser gebraucht wird, zB: Trinken, Tafellöschen, Klospülung, Aquarium ...

Im Anschluss werden die SchülerInnen in Kleingruppen losgeschickt, um sämtliche Wasseranschlüsse der Schule zu finden.

- Wie viele Wasserhähne sind im Schulhaus vorhanden?
- Wie viele Klopülungen werden verwendet?
- Gibt es eine Waschmaschine oder einen Schlauchanschluss?

Wenn alle Wasserdetektivinnen und -detektive wieder im Klassenraum sind, werden die Ergebnisse vorgestellt und miteinander verglichen.

Variante: Zur Vertiefung ins Thema kann eine Geschichte geschrieben werden, die aufzeigen soll, dass ohne Wasser normale Alltagshandlungen nicht mehr möglich sind.

- Das Zähneputzen fällt aus ...
- Zum Frühstück wird ein lauwarmer Saft getrunken, da der nicht mehr funktionierende Kühlschrank die Milch sauer hat werden lassen ...
- Im Klo beginnt es zu stinken ...
- Hoffentlich brennt es nicht ...

Im Abschlusskreis werden die Texte vorgelesen und die Kinder erzählen, in welchen Momenten sie persönlich Wasser am meisten vermischen würden.

Zusatzinformation

In Österreich verbraucht jede/r im Schnitt 130 Liter Wasser täglich. Dabei wird das meiste Wasser für Duschen, Baden und fürs WC verwendet. Zahlreiche Wasserversorgungsunternehmen sorgen für die tägliche Versorgung mit Wasser. Der Bedarf kann zu 100 % aus Grund- und Quellwasser gedeckt werden. Der Zugang zu sauberem Wasser ist keine Selbstverständlichkeit. Zum Weltwassertag am 22. März wird von verschiedenen Organisationen jedes Jahr auf die ungleiche Verfügbarkeit von reinem Wasser, das wichtig für Hygiene und Gesundheit ist, hingewiesen. Weltweit leiden Millionen Menschen unter Wasserknappheit und mangelnder Hygiene, was durch die Klimakrise noch dramatisch verschärft wird. Auch in der Steiermark gibt es Regionen und Perioden, in denen es zu Wasserknappheit kommen kann. Gründe für die Wasserknappheit bei uns sind meist ein Mix aus Bevölkerungsstruktur, steigendem Verbrauch und Niederschlagsgeschehen im Lauf des Jahres. Immer stärker sind hier auch die Folgen des Klimawandels zu spüren, wenn es durch vermehrte und längere Trocken- und Hitzeperioden zu Engpässen kommt



Dem Wasser auf der Spur

ab 1. Schulstufe | 30-60 Minuten



Benötigtes Material

- Fotoapparat, Tablet, Smartphone
- Drucker oder Fotoservice

Vorbereitung

Die SchülerInnen bekommen den Arbeitsauftrag, selbst aufgenommene Fotos mitzubringen, die Bereiche zeigen, wo in der näheren Umgebung Wasser vorkommt bzw. zu welchen Zwecken zu Hause Wasser verwendet wird.

Beispiele für passende Motive: der Wasserhahn der Badewanne, ein Schwimmbecken, ein naher Bach, ein Teich, der Gartenschlauch, ein Brunnen, Wasser im Topf in der Küche, ein Eiswürfel ...

Durchführung

Die ausgedruckten Fotos liegen in der Mitte eines Sitzkreises oder gut einsehbar am Rand eines Raumes. Im gemeinsamen Gespräch überlegen die SchülerInnen, wofür Wasser verwendet wird bzw. an welchen Orten sie in der näheren Umgebung auf Wasser treffen.

- Welche Motive sind oft auf den Bildern zu sehen?
Ist es möglich, die Bilder in Themenbereiche (Körperpflege, Kochen, Bewässerung, Freizeit ...) zu clustern?
- Welche Aggregatzustände sind auf den Bildern zu erkennen?
- Welche Aufnahmen von Wasser würde ich noch gerne machen?
- Wie würden Fotos von Kindern aus anderen Ländern aussehen?

Bei aufkommenden Fragen können die SchülerInnen selbst in Büchern oder in kindgerechten Online-Suchmaschinen (zB Blinde Kuh, fragFINN, Helles Köpfchen) nachlesen.

Zusatzinformation

Selbst aufgenommene Wassermotive von persönlichen Orten, Tätigkeiten oder Bedürfnissen schaffen eine stärkere Sensibilisierung für das oft als Selbstverständlichkeit angesehene Element Wasser. Die unterschiedlichen Bilder zeigen auch deutlich die vielfältigen Erscheinungsformen und Anwendungsbereiche von Wasser in der Umwelt, Natur und Technik.



3D-Karte: Wasser in meinem Bezirk

ab 3. Schulstufe / 3-4 Stunden
zuzüglich aufwendiger Vorbereitungszeit



Benötigtes Material

- Karte des Bezirks in Größe der geplanten 3D-Karte
- Sperrholz (5-6 mm) in Größe der geplanten 3D-Karte
- Stich- oder Laubsäge
- Schleifpapier
- Materialien für die Gestaltung der 3D-Karte nach Bedarf, zB Papier, Farben, Stifte, Klebstoff, Plastilin, Naturmaterialien, Watte, Wolle, Perlen, Pfeifenputzer, div. Holzstückchen, Draht, Moosgummi, Klebepunkte, Büroklammern ...
- Scheren, Werkzeuge, Heißklebepistole

Vorbereitung

Zuvor wird eine Karte des Bezirks, in der Flüsse, Bäche, Seen, Teiche, Hochbehälter, Quellen ... eingetragen sind, kopiert und evtl. vergrößert. Dazu eignet sich die amtliche österreichische Karte (ÖK 50).

Der Umriss des Bezirks wird ausgeschnitten und der Grenzverlauf auf das Sperrholz übertragen.

Nun wird der übertragene Bezirk mit der Laubsäge (falls die Kinder selbst die Arbeit machen) oder – wenn es schneller gehen soll – mit der Stichsäge ausgeschnitten und die Kanten werden mit Schleifpapier geglättet.

Bei großen Gruppen können auch 2-3 solcher Holzbezirke erstellt werden, damit alle Kinder Platz und Möglichkeit haben, an einer 3D-Karte zu arbeiten. Das erhöht den Arbeitsaufwand für die Vorbereitung dementsprechend.

Das Bestelmaterial wird zur freien Entnahme auf Materialtischen platziert und es werden Tischgruppen für das Arbeiten an der/den 3D-Karte/n zusammengestellt.

Durchführung

Bei dieser Arbeit geht es darum, Orte im Bezirk, an denen Wasser vorkommt, in eine dreidimensionale Karte umzusetzen.

Durch die dazu notwendige Beschäftigung mit dem Bezirk und den zu behandelnden Objekten verinnerlichen Kinder diese Karteninhalte optimal und können die Vielfalt von Wasser in ihrer Umgebung auch optisch und haptisch wahrnehmen.



2.3.8 3D-Karte: Wasser in meinem Bezirk | Kreative Übung

Gemeinsam orientieren sich die SchülerInnen zunächst auf der amtlichen Karte der des Bezirks. Zur besseren Identifizierung empfiehlt es sich, zuerst die Wohnorte der Kinder auf der Karte zu lokalisieren. Danach wird geschaut, wo es Flüsse, Bäche und Seen gibt und wo Quellen oder Hochbehälter (meist nur kleine blaue Signaturen in den Karten) zu finden sind.

Dann wird der Holzbezirk präsentiert, dessen Größe und Umriss der Karte gleichen. Die Karte wird deckungsgleich auf die noch „nackte“ Holzplatte gelegt.

Nun bekommen die Kinder die Aufgabe, Inhalte der Karte auf die Holzplatte zu übertragen. Linienhafte Objekte werden mit Bleistift durchgepaust und punktförmige Objekte mit Nadeln genau am Holz markiert. Zuvor wird festgelegt, welche Inhalte auf die Holzkarte kommen sollen (zB die Wohnorte der Kinder, alle Hochbehälter, alle Quellen, alle Bäche oder auch Straßen, Wälder, wichtige Gebäude/Orte in der Gemeinde/im Bezirk).

Die SchülerInnen besichtigen anschließend in Kleingruppen die Materialtische, um auf Ideen zu kommen, was sie womit bauen können. Mit der Holzplatte darf alles gemacht werden. Sie darf bemalt werden, es dürfen Nägel eingeschlagen und Objekte aufgeklebt werden usw. Das Arbeiten kann beginnen.

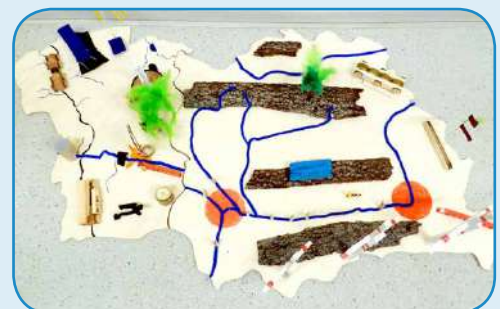
Ziel ist eine dauerhafte dreidimensionale Karte mit dem Titel „Das Wasser in unserem Bezirk“, welche auch in der Schule ausgestellt werden kann.

Zusatzinformation

Für die 3D-Karte kann anstatt des Bezirkes auch die Gemeinde dargestellt werden.

Erfahrungsgemäß sind die Kinder bei der Gestaltung der 3D-Karte in den ersten 20 Minuten noch sehr verhalten und wissen noch nicht so recht, was sie bauen sollen. Danach beginnen aber die Ideen zu sprießen und es wird gebaut und kreativ gearbeitet. Dafür sollten auf jeden Fall mindestens 2 Stunden eingeplant werden.

Die Bilder zeigen einige Beispiele von so entstandenen sogenannten „subjektiven Karten“ von SchülerInnen der Primarstufe.



Bau einer Minikläranlage

ab 3. Schulstufe | 15-30 Minuten



Benötigtes Material

- 4 gleich große Blumentöpfe mit Loch
- Tonscherben
- Kies, Sand, Aktivkohle, Kaffeefilter
- weißer Suppenteller
- Esslöffel
- Karaffe mit schmutzigem Wasser

Vorbereitung

Das schmutzige Wasser soll das Abwasser darstellen. Es kann bei Bedarf schon vor dem Experiment hergestellt werden, indem Abfälle, Tee- oder Kaffeesud, Papierschnipsel, Erde, Kreide ... mit Wasser vermischt werden.

Die Löcher der Blumentöpfe werden mit Tonscherben abgedeckt, damit das Material nicht durchfällt.

Durchführung

Das Experiment stellt die mechanische Vorreinigung einer Kläranlage dar.

Die Filterstufen werden wie folgt aufgebaut:

Auf den weißen Suppenteller wird der erste Blumentopf gestellt. In diesen wird der Kaffeefilter gesteckt. Der zweite Blumentopf wird in den ersten gestellt und mit 2 Esslöffel Aktivkohle gefüllt. In den dritten Topf kommen 3 Esslöffel Sand und der vierte und letzte wird bis zur Hälfte mit Kies gefüllt. Auch diese Töpfe werden in die anderen gestellt.

Das schmutzige Wasser wird vorsichtig über den Kies gegossen. Zu schnelles Schütten kann den Filter im untersten Topf zum Reißen bringen. Bereits nach kurzer Zeit ist das schmutzige Wasser durch alle Schichten versickert und rinnt als sauberes, aber noch nicht trinkbares Wasser in den Teller.

Zusatzinformation

Das über die Kanalisation zur Kläranlage gelangte Schmutzwasser wird zunächst mechanisch vorgereinigt. Genau diese Vorreinigung wird mit dem Versuch nachgestellt. Der Kies filtert den groben Schmutz und ist vergleichbar mit dem Rechen einer Kläranlage. Sand, Kaffeefilter und Aktivkohle filtern die kleineren Schmutzteilechen im Wasser. Das Wasser ist danach zwar noch nicht trinkbar, aber schon viel sauberer.

In einer Belebtschlammanlage wird dieses vorgereinigte Wasser noch durch zusätzliche Verfahren, größtenteils mithilfe von Bakterien, weiter gereinigt. Das gereinigte Abwasser kann anschließend in Fließgewässer abgeleitet werden.



Das WC ist kein Mistkübel

ab 3. Schulstufe | 15-30 Minuten



Benötigtes Material

- Plastiktopf als Toilette (oder Schüssel)
- Schüssel als Abfluss
- Abfallkübel
- Gegenstände zum Sortieren: feuchtes Klopapier, Speiseöl, Windel, Klopapierrolle, Gemüsereste, Shampoo, Tampons, Kaugummi, Klopapier, Spülmittel, Katzenstreu, Zigarettenstummel, Pflaster, feuchte Putztücher, Medikamente, Wattestäbchen ...

Vorbereitung

Zusammenstellen passender Gegenstände. Statt der Gegenstände können auch Bilder der Gegenstände verwendet werden.

Durchführung

Die Gegenstände werden in die Mitte eines Sesselkreises gelegt und „Toilette“, „Abfluss“ sowie „Abfallkübel“ daneben aufgestellt.

Ziel ist herauszufinden, welche Gegenstände bzw. Inhalte über die Toilette bzw. den Abfluss in den Kanal gespült werden dürfen und welche Stoffe anderwärtig entsorgt werden müssen.

Die SchülerInnen geben nacheinander eine Vermutung ab und legen den Gegenstand entweder in die „Toilette“, den „Abfluss“ oder in den passenden „Abfallkübel“ (sagen dazu, in welcher Mülltonne sie den Gegenstand entsorgen würden). Besonderes Augenmerk muss auf die richtige Entsorgung von Feuchttüchern gelegt werden, da ausschließlich ausgewiesenes feuchtes Toilettenpapier in Maßen über die Toilette entsorgt werden darf.

Zusatzinformation

In unserem Alltag kann das Entsorgen von Speiseöl über den Kanal zu Problemen führen. Abflussrohre im Haus verkleben dadurch (man braucht zusätzliche Tenside, um sie wieder sauber zu bekommen), im Kanalsystem kann es zu Verstopfungen kommen und in den Kläranlagen führen Öle und Fette u. a. zu Geruchsbelästigungen, verklebenden Pumpanlagen, zuwachsenden Rohrleitungen und vermehrter Schwimm- und Blähschlamm Bildung.

Auch Hygieneartikel, Windeltücher und feuchte Reinigungstücher dürfen nicht über die Toilette entsorgt werden, da dies zu einer starken Belastung und zum Verschleiß der Pumpen im Abwassersystem führt: Gewisse Feuchttücher lösen sich im Abwasser nicht auf, wickeln sich um die Pumpen und zerstören diese. Die anfallenden Kosten sind enorm und müssen über steigende Kanalnutzungsgebühren abgedeckt werden.



DAS WC IST KEIN MISTKÜBEL

Diese Stoffe gehören nicht ins WC:	Mögliche Schäden:	Wohin damit?
 Hygieneartikel: • Binden/Tampons/Windeln • Wattestäbchen • Stüpeinlagen • Präservative • Pflaster	• Verstopfen die Kanäle • Führen zu unangenehmen Gerüchen • Verstopfen Pumpen und beschädigen Maschinen in der Kläranlage • Verursachen Mehrkosten	Restmülltonne
 Kosmetikartikel: • Kosmetik-, Feuchttücher	• Verstopfen Pumpen und beschädigen Maschinen in der Kläranlage • Verursachen Mehrkosten	Restmülltonne
 Textilien: • Strumpfhosen • Unterwäsche • Schuhe etc.	• Verstopfen Pumpen und beschädigen Maschinen in der Kläranlage	Nicht tragbar: Restmülltonne Tragbar: Altkleidersammlung
 Problemstoffe und Gifte: • Medikamente • Pflanzenschutzmittel • Pestizide • Desinfektionsmittel • Abflussreiniger	• Verschlechtern die Reinigungsleistung der Kläranlage • Schadstoffe gelangen ungeklärt in die Gewässer • Belasten die Umwelt	Alt- und Problemstoffsammelzentrum (ASZ)
 Stör- und Zehrstoffe: • Farben/Lacke • Zement/Mörtel/Bauschutt • Mineralöle • Säuren und Laugen • Chemikalien • Akkus/Batterien • Lösungsmittel • Wasch- & Reinigungsmittel	• Bilden hartnäckige Ablagerungen • Stören die Abwasserreinigung • Werden nur schwer abgebaut • Belasten die Umwelt TIPP: Bei Waschmittel darauf achten, dass diese biologisch abbaubar sind!	Alt- und Problemstoffsammelzentrum (ASZ)
 Speisereste: • Essensreste • Speiseöle, Frittierfett • Verdorbene Lebensmittel	• Geben Ratten zusätzlich Nahrung • Verkleben und verstopfen die Kanäle	Essensreste: Biotonne, Kompost Speiseöle/-fette: FETTY / ÖLI
 Scharfe Gegenstände: • Rasierklingen • Spritzen	• Gefährden die Mitarbeiter von Kläranlagen und Kanalbetrieb	Alt- und Problemstoffsammelzentrum (ASZ)
 Sonstiges: • Katzenstreu • Zigarettenkippen • Verpackung • Kleintiermist • Tierkadaver	• Verstopfen Kanäle • Führen zu unangenehmen Gerüchen • Aufwändige Entfernung in der Kläranlage • Verursachen Mehrkosten	Restmülltonne Tierkadaver: Tierkörperverwertung

DAS WC IST KEIN FETTY



Altspeiseöl verklumpt, verstopft die Kanalisation und verursacht auf diese Weise hohe Kanalreinigungskosten. Kosten, die sich in steigenden Kanalbenützungsgebühren für uns alle niederschlagen. Deshalb: Altes Frittieröl, Bratfett, abgelaufene Speiseöle und Schmalz mit Fetty, dem speziellen Sammelkübel für Altpeiseöl, entsorgen. So schonen Sie ganz einfach Ihre Kanalisation, die Geldbörse und auch die Umwelt!

Weitere Informationen finden Sie unter www.klobal.at.

KEIN ÖL IN DAS WC



ALTSPEISEÖLE UND -FETTE VERKLUMPEN UND VERSTOPFEN ABWASSERROHRE.

DIE FOLGEN:

- Rückstau und Geruchsbelästigung
- Schäden an Kanalisation und Pumpwerken
- Hohe Kosten für Kanalreinigung und -reparatur
- Steigende Kanalgebühren für alle Haushalte!



ALTSPEISEÖL RICHTIG ENTSORGEN: MIT FETTY/ÖLI, DEM ALTSPEISEÖL- SAMMELKÜBEL!

Denn Altspeiseöl ist ein wertvoller Sekundärrohstoff, der u. a. zu Biodiesel weiterverarbeitet werden kann. Aus einem Liter Altspeiseöl lassen sich 0,8 Liter Biodiesel gewinnen! Und Biodiesel ist die nachhaltige Alternative zu Mineralöl – es verursacht z. B. keine direkten CO₂-Emissionen.

Das gehört in den Fetty bzw. Öli	Das gehört nicht in den Fetty bzw. Öli	Wohin damit?
 • Speiseöle und -fette • Tierische und pflanzliche Fette • Öle von eingelegten Speisen • Butter und Schweineschmalz • Abgelaufene Speiseöle und -fette	 • Mineralöle • Speiseabfälle • Motor- und Schmieröle • Mayonnaisen, Saucen und Dressings	Speiseabfälle, Mayonnaisen, Saucen und Dressings in Kleinmengen: Biotonne, Kompost Mineralöle, Motor- und Schmieröle: Altstoffsammelzentrum bzw. Problemstoffsammlung

Schonen Sie die Umwelt, die Kanalisation und Ihre Geldbörse.
Fetty bzw. Öli sind kostenlos in allen Altstoffsammelzentren erhältlich!



Waschpulver selbst gemacht

ab 5. Schulstufe | 15-30 Minuten



Benötigtes Material

- 2 EL Natron
- 1 EL Waschsoda (kein Kristallsoda!)
- 2 EL fein geriebene Kernseife
- 5 Tropfen ätherisches Bio-Lavendelöl
- Küchenreibe, Schale, Esslöffel
- 100 ml-Behälter zum Verschließen
- evtl. Zitronensäure

Vorbereitung

keine

Durchführung

Die Seife mit der Küchenreibe fein verreiben, mit dem Waschsoda vermischen und mit dem ätherischen Öl beduften. Das Pulver in einem luftdichten Behälter aufbewahren.

Bei normal verschmutzter Wäsche 1 EL des Pulvers zum Waschgang geben. Bei weißer Wäsche können dem Rezept 2 EL Zitronensäure hinzugefügt werden.

Zusatzinformation

Selbst gemachtes Waschmittel schont nicht nur Umwelt und Gesundheit, sondern auch die Brieftasche. Neben zahlreichen Füllstoffen enthalten viele handelsübliche Waschmittel eine Reihe an nicht immer sinnvollen Waschmittelzusätzen, darunter auch Mikroplastik.

Die Füllstoffe sind meist Natriumsulfate, die zu einer Übersalzung führen oder schwer abbaubare Silikate, die dafür sorgen, dass das Pulver nicht verklumpt.

Natron, Soda und Zitronensäure sind natürlich vorkommende Stoffe, die natürlich abbaubar sind, auch wenn sie großindustriell hergestellt werden!

Soda

Natriumcarbonat: Na_2CO_3

Soda ist ein natürlich vorkommendes Salz der Kohlensäure, das mit Wasser gemischt eine alkalische (basische) Lösung ergibt. Durch den hohen pH-Wert eignet sich diese gut zum Putzen und Waschen. Soda löst Flecken und Fette und macht die Wäsche weich (Entkalkungsmittel, da es ganz natürlich mit den Härtebildnern im Wasser reagiert).



2.5.1 Waschpulver selbst gemacht | Rezept

Achtung! Fasern aus Wolle und Seide sollten nicht mit Soda gewaschen werden, da diese aus Kohlenstoffverbindungen bestehen, welche gerne mit den gelösten Carbonationen reagieren. Dadurch quellen die Fasern auf und das Gewebe wird zerstört.

Das im Handel auch erhältliche Kristallsoda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) enthält gebundenes Wasser und ist für Waschmittel nicht geeignet.

Natron

Natriumhydrogencarbonat: NaHCO_3

Natron kann ebenfalls zur Reinigung eingesetzt werden. Es wirkt auch desinfizierend, kalk- und fettlösend.

Eine Natronlösung ist aufgrund ihrer Zusammensetzung etwas weniger basisch als eine Sodalösung, hat also einen nicht so hohen pH-Wert und ist somit auch für feinere Gewebe geeigneter.

Bei Natron – auch als Backpulver bekannt – reines Natron verwenden, denn in den kleinen Backpulversäckchen, die es zu kaufen gibt, ist auch noch Stärke enthalten.

Zitronensäure

Citronensäuremonohydrat, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (pro Molekül Citronensäure ein Molekül Kristallwasser)

Zitronensäure kann als Bleichmittel dem Waschpulver zugesetzt werden, um weiße Wäsche zu reinigen. Dunkle Wäsche sollte nicht mit Zitronensäure gewaschen werden, da sie dadurch an Farbe verliert.

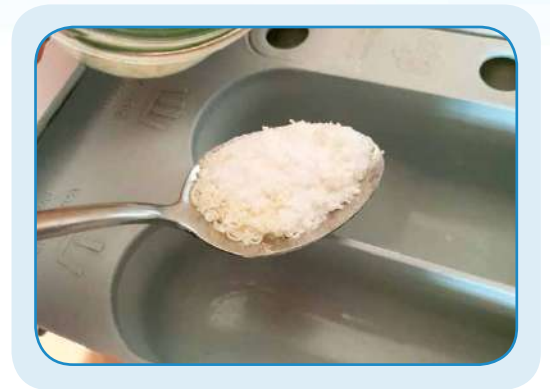
Ätherisches Öl

Als Duft wurde bei diesem Rezept bewusst ätherisches Lavendelöl eingesetzt, da dieses (auch unverdünnt) auf die Haut gelangen kann. Ätherische Öle können ganz individuell Hautreizungen und auch Allergien auslösen, daher bitte vorsichtig einsetzen.

Tipps:

Flecken können vor dem Waschgang mit zB Gallseife, Bio-Spülmittel, Stärkemehl oder anderen Hausmitteln behandelt werden.

Als Weichspüler eignet sich 5 %iger Apfelessig.



Waschmittel aus Rosskastanien

ab 5. Schulstufe | 15-30 Minuten



Benötigtes Material

- 💧 Zutaten je nach Rezept
- 💧 scharfes Messer, Schneidbrett, Mixer, Behälter zum Aufbewahren, Esslöffel

Vorbereitung

Die Rosskastanien werden an einem trockenen Tag und fernab von Straßen gesammelt. Vor der Verwendung werden die Früchte gewaschen und bis zur Weiterverarbeitung luftig aufbewahrt. Die Früchte sollten frisch geschnitten werden, da die Verarbeitung der getrockneten Früchte erheblich schwerer ist.

Durchführung

Direkte Verwendung zum Waschen

pro Waschgang: 7-10 Rosskastanien, Stoffsack

Die Rosskastanien werden in Stücke geschnitten, in einen Stoffsack gegeben und direkt in die Waschtrommel gelegt.

Nach dem Waschgang werden Rosskastanienstücke getrocknet und können bis zu 3-mal wiederverwendet werden.

Rosskastanienpulver

Rosskastanien in gewünschter Menge

Die Rosskastanien werden in Stücke geschnitten und mit einem starken Mixer zerkleinert. Die Masse wird entweder dünn aufgelegt an der Luft oder im Backofen für 2-3 Stunden bei 50 °C Umluft getrocknet. Sowohl beim Lufttrocknen als auch beim Trocknen im Backofen die Masse immer wieder wenden.

Das trockene Pulver in ein Gefäß abfüllen und das ganze Jahr über bei Bedarf verwenden.

Rosskastanien-Flüssigwaschmittel

*7-10 frische Rosskastanien in Stücke geschnitten oder
3-5 EL Rosskastanienpulver, 1 l Wasser, 2 EL Apfelessig, Sieb*

Die Rosskastanienstücke werden mit dem Wasser übergossen und mit einem starken Mixer gut zerkleinert. Nachdem der Schaum sich wieder gesetzt hat, wird die Lauge durch ein Sieb gefiltert, mit dem Apfelessig vermischt und als Flüssigwaschmittel sofort verwendet.



2.5.2 Waschmittel aus Rosskastanien | Rezepte

Bei der Verwendung von Rosskastanienpulver dieses einfach mit Wasser und Essig mischen, gut umrühren, etwas stehen lassen, filtern und sofort verwenden

Der feuchte Rosskastanienrückstand kann erneut mit 1 l Wasser aufgossen werden. Danach gut umrühren, 1-2 Stunden stehen lassen und wieder filtern.

Das Waschmittel eignet sich nicht nur zum Wäschewaschen, sondern auch als Geschirrspülmittel und Putzmittel für Fenster, Boden, Bad oder Fliesen.



Zusatzinformation

Die Anzahl der verwendeten Rosskastanien und die Dosierung des Flüssigwaschmittels hängt vom Verschmutzungsgrad und der Wasserhärte ab. Die Waschkraft wird durch Zugabe von 1-2 EL Apfelessig verstärkt.

Roskastanien sind eine günstige, umweltschonende Alternative zu herkömmlichen Waschmitteln. Sie können kostenfrei im Herbst gesammelt und gegebenenfalls zu Rosskastanienpulver verarbeitet werden. Nach mehrmaliger Verwendung werden die Kastanien über den Biomüll oder den Kompost entsorgt. Die Roskastanie ist sehr gut hautverträglich und ihre Verwendung als Waschmittel trägt zur Entlastung von Kläranlagen bei.

Die Roskastanie übertrifft in Waschkraft und Öko-Bilanz die weitgereiste indische Waschnuss, die ca. 10 000 Kilometer zurücklegt, um nach Europa zu gelangen, um ein Vielfaches. Durch die hohe Nachfrage steigen die Preise für die Waschnüsse in Indien an und sind für die heimische Bevölkerung nicht mehr leistbar. Sie verwenden daher billigeres, industrielles Waschmittel, das ungeklärt in die Flüsse gelangt und das Leben darin vernichtet.

Tipp: Roskastanienpulver kann auch käuflich erworben werden.

Virtuelles Wasser in Produkten

ab 5. Schulstufe | 20-30 Minuten



Benötigtes Material

- 💧 Impulskarten „Virtuelles Wasser in Produkten“ (S. 160-161)
- 💧 1 kg Zucker
- 💧 1 kg Reis
- 💧 1 Jeans
- 💧 1 Kaffeetasse
- 💧 1 A4-Blatt Papier
- 💧 1 Spielzeugauto

Vorbereitung

Die Impulskarten werden zuvor kopiert und zugeschnitten.

Durchführung

Als Einführung in das Thema „virtuelles Wasser“ schätzen die SchülerInnen ihren täglichen Wasserbedarf.

Die abgegebenen Schätzungen werden auf der Tafel gesammelt und dann der tatsächliche Wert, nämlich 130 Liter, notiert.

Nach Auflösung des täglichen Wasserverbrauchs stellt die Lehrperson nun die Behauptung auf, dass statt der durchschnittlichen 130 Liter Wasser im Schnitt 4 000 bis 5 000 Liter verbraucht werden.

Im Gespräch werden Argumente für diese Behauptung gesammelt.

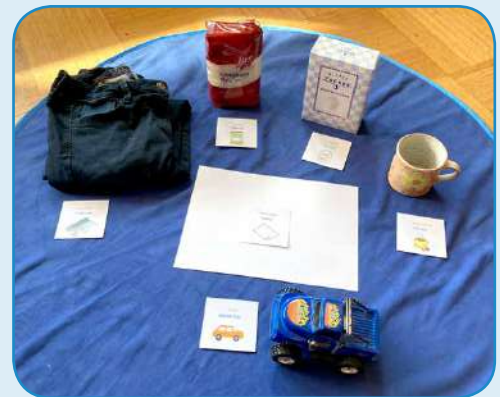
Um zu verdeutlichen, dass in sämtlichen von uns verwendeten Produkten Wasser versteckt ist, werden unterschiedliche Gegenstände in die Kreismitte gelegt. Anhand der gelegten Produkte wird überlegt, wie dieser Wasserverbrauch zustande kommt und wo sich der „virtuelle“ bzw. indirekte Wasserverbrauch verbergen könnte.

Anschließend werden die Impulskarten den Dingen zugeordnet.

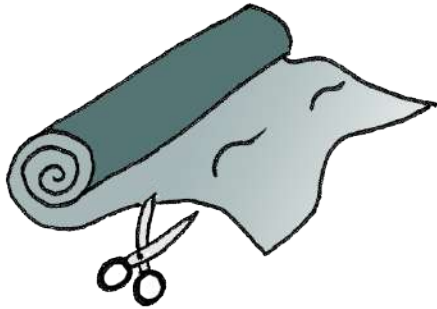
Optional können auch nur die Impulskarten verwendet werden.

Zusatzinformation

Durch den Konsum von Gütern aller Art liegt unser tatsächlicher Wasserverbrauch nicht bei 130 Litern pro Person und Tag, sondern weit höher. Der Großteil des Wassers, das wir verbrauchen, wurde für die Erzeugung von Lebensmitteln und Produkten benötigt und stammt aus importierten Waren.



1 kg Stoff
11 000 Liter



1 kg Stoff 💧 11 000 Liter virtuelles Wasser

Die Herstellung von Kleidung aus Baumwolle schlägt mit weltweit durchschnittlich 11 000 l/kg an virtuellem Wasser zu Buche. Das heißt, dass für eine Jeans mit 800 g Gewicht ca. 8 800 Liter Wasser benötigt werden. 85 % der Wassermenge ist für die Herstellung der Baumwolle erforderlich und davon weit mehr als die Hälfte für die Bewässerung der Felder. Die restlichen 15 % sind für alle weiteren Verarbeitungsschritte notwendig.

Hauptanbaugebiete sind Indien, China, USA und Pakistan. 75 % des weltweiten Baumwollanbaus erfolgen auf künstlich bewässerten Feldern. In diesem Zusammenhang steht das fast vollständige Verschwinden des Aralsees in Zentralasien, des einst viertgrößten Sees der Erde.



1 kg Zucker
1 500 Liter



1 kg Zucker 💧 1 500 Liter virtuelles Wasser

Die Zahl für den Wasserverbrauch bei der Zuckerproduktion bezieht sich auf Zuckerrohr, weil es international eine wichtige Rolle für die Treibstoffherstellung (Bioethanol) spielt.

Der Anbau von 1 kg Zuckerrohr benötigt 175 l Wasser. Für den Zuckerrohranbau werden jährlich weltweit 220 Mrd. m³ Wasser verbraucht, was einen Anteil von ca. 3,5 % des für den Feldbau benötigten Wassers ausmacht. Die Beregnung von Zuckerrohrfeldern ist heute schon vielfach notwendig und wird mit dem Klimawandel zunehmen, da sich die Anbaugebiete häufig in künftigen Wassermangelgebieten befinden.



1 kg Reis
3 400 Liter



1 kg Reis 💧 3 400 Liter virtuelles Wasser

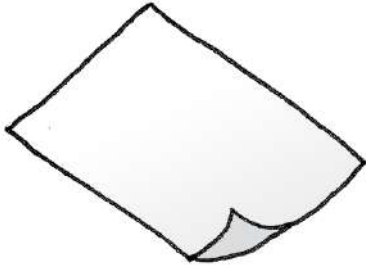
Die Reisproduktion benötigt weltweit jährlich 1 350 Mrd. m³ Wasser und damit 21 % des für Feldfrüchte aufgewendeten Wassers.

Hinter 1 kg ungeschältem Reis verbergen sich zwar nur 2 300 l. Wird der Reis geschält, erhöht sich der Wasseranteil pro kg durch den Gewichtsverlust auf 3 400 l. In China ist der Anteil künstlich bewässerter Reisfelder relativ hoch, während in Indien der Reis überwiegend dort angebaut wird, wo genügend Wasser vorhanden ist.



1 Blatt Papier

10 Liter



1 DIN-A4-Blatt Papier ♦ 10 Liter virtuelles Wasser

Hinter einem DIN-A4-Blatt Papier à 80 g/m² stecken rund 10 l Wasser. Für 1 kg Papier sind es 2000 l Wasser. Dieser Wert gilt für Papier, welches aus Holz als Faserrohstoff hergestellt wurde.

Für die Aufbereitung von Altpapier zu Recyclingpapier werden dagegen nur etwa 20 l Wasser pro kg benötigt. Das sind 0,1 l pro Blatt.



1 Tasse Kaffee

140 Liter



1 Tasse Kaffee ♦ 140 Liter virtuelles Wasser

Der weltweite Kaffeekonsum erfordert jährlich 120 Mrd. m³ Wasser, das sind 2 % des Wasserbedarfs für Feldfrüchte. Diese Menge entspricht dem 1,5-fachen jährlichen Rheinabfluss. Kaffee steht mit 6 % Anteil mit an der Spitze derjenigen Güter, die den globalen Wasserhandel ausmachen.

Die Herstellung von 1 kg Röstkaffee erfordert 21 000 l Wasser. Bei 7 g pro Tasse ergeben sich rund 140 l für eine fertige Tasse Kaffee. Diese Menge übersteigt bereits unseren durchschnittlichen täglichen Trinkwassergebrauch von 130 l pro Person.



1 Auto

400 000 Liter



1 Auto ♦ 400 000 Liter virtuelles Wasser

Von der Rohstoffgewinnung bis zur Endmontage werden ungeheure Wassermengen benötigt. Der Einsatz von Aluminium, hochwertigen Kunststoffen, immer umfangreicherer Elektronik – auch zur Kraftstoffeinsparung – ist nur ein Teil der Erklärung. Natürlich gibt es hier große Schwankungen je nach Fahrzeuggröße und Ausstattung.



Verstecktes Wasser in Lebensmitteln

ab 5. Schulstufe | 30-60 Minuten



Benötigtes Material

- 💧 Arbeitsblatt „Verstecktes Wasser in Lebensmitteln“ inkl. Lösung (S. 163-165)
- 💧 Internet

Vorbereitung

keine

Durchführung

Die SchülerInnen recherchieren online in PartnerInnenarbeit, wie viel Wasser sich in einem selbst gewählten Lebensmittel versteckt.

- Woher kommt das Produkt?
- Wo verbirgt sich Wasser in diesem Produkt?
- Wie viel virtuelles Wasser wird für die Herstellung benötigt?

Abschließend werden die Ergebnisse der eigenen Überlegungen und Recherchen vorgestellt und besprochen und die wichtigsten Informationen zum virtuellen Wasser gemeinsam zusammengefasst.

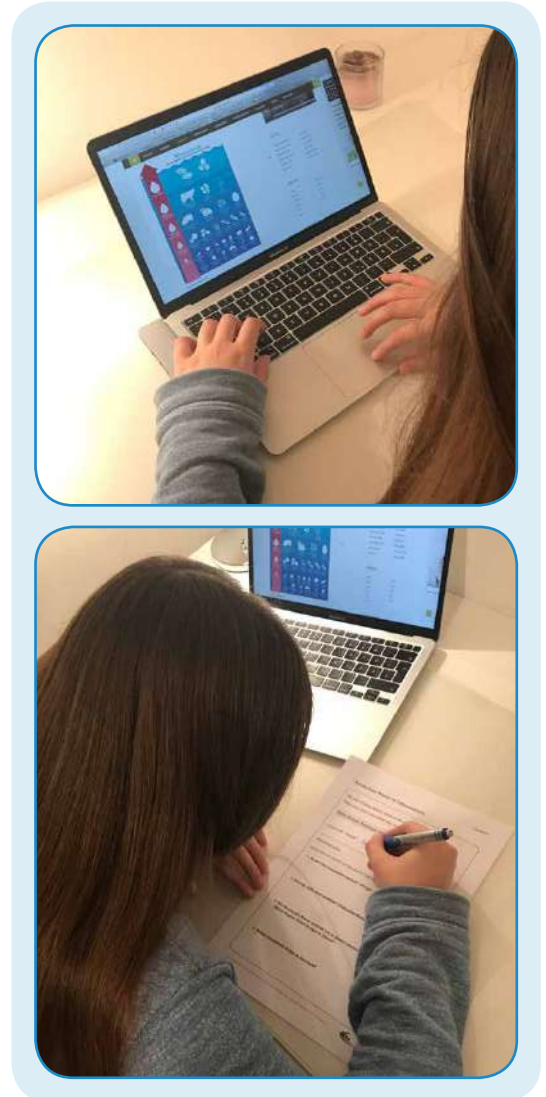
Dieser Arbeitsauftrag ist auch gut als Hausübung geeignet und kann in der folgenden Fachstunde präsentiert und reflektiert werden.

Zusatzinformation

Obwohl wir in einem wasserreichen Land leben, importieren wir Wasser!

Durch einen bewussten Einkauf von Lebensmitteln, die gerade Saison haben oder einen kurzen Transportweg benötigen, helfen wir in anderen Ländern Wasser zu sparen.

Stammen die Produkte aus biologischem Anbau, schneiden sie in der Wasserbilanz besser ab, da hier das Grundwasser weniger durch Dünge- und Pflanzenschutzmittel belastet wird.



Verstecktes Wasser in Lebensmitteln



Wie viel virtuelles Wasser steckt in den Lebensmitteln?

Wähle eines dieser Lebensmittel oder ein anderes deiner Wahl.

Kaffee, Avocado, Rindfleisch, Schokolade, Erdbeeren, Weizen

Lebensmittel / Rohstoff:

Internetrecherche

Recherchiere im Internet und beantworte folgende Fragen:

1. Wo wird das Lebensmittel angebaut bzw. erzeugt? Nenne einige Länder.
2. Überlege, wofür beim gewählten Lebensmittel Wasser gebraucht werden könnte.
3. Wie viel virtuelles Wasser versteckt sich in diesem Lebensmittel?
Welche Angaben findest du dazu im Internet?
4. Welche Informationen findest du dazu noch?

Verstecktes Wasser in Lebensmitteln



Kaffee

Anbau: Brasilien, Vietnam, Costa Rica, Kolumbien, Mexiko, Indonesien, Äthiopien ...

Durchschnittlicher virtueller Wasserverbrauch: Für 1kg Röstkaffee werden 21 000 l Wasser benötigt, das sind für eine Tasse ca. 140 l Wasser.

Weitere Informationen:

Kaffee benötigt für das Wachstum sehr viel Wasser. Der hohe Wasserverbrauch bedeutet aber nicht zwangsläufig, dass hier sehr verschwenderisch mit Wasser umgegangen wird. Kaffee wächst in tropischen Regionen, wo das Wasserangebot oft im Überfluss vorhanden ist. In den meisten Anbauregionen kommt der Anbau mit Niederschlagswasser aus. Der Großteil ist also „grünes Wasser“. Werden Kaffeeplantagen jedoch in Gebieten mit Trockenwäldern oder Savannen angelegt, wie das in Teilen Brasiliens geschieht, ist der große Wasserbedarf der Pflanzen problematisch und kommt nicht ohne zentrale Bewässerungssysteme aus.

Avocado

Anbau: Ursprung in den tropischen Ländern Südamerikas

Anbau in Mexiko, Chile, Peru, Brasilien, Südafrika, Israel, Spanien, Türkei ...

Durchschnittlicher virtueller Wasserverbrauch: 1 000 l pro kg (das sind ca. 2 ½ Avocados)

Weitere Informationen:

Avocados, die ursprünglich aus den tropischen Regionen kommen, werden heute oft in trockenen Ländern angebaut. Daher ist der Bewässerungsbedarf enorm. Neben der Wasserverschmutzung durch die eingesetzten Pestizide und Düngemittel fehlt das Wasser häufig der Bevölkerung vor Ort. Avocados sollten daher von uns als das gesehen werden, was sie eigentlich aufgrund des Ressourceneinsatzes sind: ein nicht alltägliches Luxusgut.

Rindfleisch

Haltung und Anbau der Futtermittel: nahezu überall - Österreich, Deutschland ...

Durchschnittlicher virtueller Wasserverbrauch: 15 500 l pro kg Rindfleisch aus Intensivtierhaltung

Weitere Informationen:

Rinder aus Intensivhaltung bekommen im Gegensatz zu Weiderind sehr energiereiche Futtermittel wie Weizen, Soja und Mais, um das Wachstum zu beschleunigen. Dadurch wird aber der Wasserverbrauch tierischer Lebensmittel erhöht.

Die Berechnung des virtuellen Wassers geht von der Intensivhaltung von Rindern aus, die nach drei Jahren ihr Schlachtgewicht erreicht haben. Bis dahin hat ein Tier etwa 1 300 kg Kraftfutter aus verschiedenen Getreiden und Soja, 7 200 kg Raufutter (Weidefutter, Heu, Silage) und 24 000 l Wasser zum Trinken gebraucht. 1 kg Rindfleisch ohne Knochen steht für rund 15 500 l virtuelles Wasser, von dem allein 15 300 l für das Futter aufgewendet wurden. Generell ist es daher wichtig, den Fleischkonsum zu reduzieren, um den Wasserverbrauch zu verringern, und zu Fleisch aus extensiver Haltung zu greifen.

Schokolade

Anbau der Kakaobohne: Elfenbeinküste, Ghana, Nigeria, Kamerun, Indonesien, Brasilien, Dominikanische Republik, Ecuador, Mexiko, Peru, Bolivien ...

Durchschnittlicher Wasserverbrauch: 1 700 l pro 100 g, also 17 000 l pro kg

Weitere Informationen:

Eine Schokolade, bestehend aus 40 % Kakaopaste (24 000 l/kg), 20 % Kakaobutter (34 000 l/kg) und 40 % Rohrzucker (1 800 l/kg), hat einen durchschnittlichen Wasserverbrauch von 17 000 l/kg.

Eine Tafel Schokolade mit einem Gewicht von 100 g hat somit einen virtuellen Wasserverbrauch von etwa 1 700 Litern; das sind etwa elf Badewannen voller Wasser. Etwa 98 Prozent dieser Wassermenge ist allerdings Regenwasser (grünes Wasser).

Erdbeeren

Anbau: Österreich, Spanien ...

Durchschnittlicher Wasserverbrauch: 276 l pro kg

Weitere Informationen:

Die meisten Erdbeeren, die in Europa konsumiert werden, kommen aus Südspanien. Schon im Januar gibt es bei uns die ersten von dort importierten Erdbeeren. Der hohe Wasserbedarf der Pflanzen macht im trockenen Süden Spaniens eine intensive Bewässerung erforderlich. Die teilweise illegale Wasserförderung gefährdet auch den Nationalpark Coto de Doñana, einen der größten Feuchtgebiete Europas und Lebensraum für Millionen von Zugvögeln.

Weizen

Anbau: Weltgrößtes Weizenanbaugebiet ist China, gefolgt von Indien. Österreich liegt auf Platz 40.

Durchschnittlicher Wasserverbrauch: 1 300 l pro kg

Weitere Informationen:

Der Weizenanbau benötigt weltweit 790 Mrd. m³ Wasser pro Jahr, was einem Anteil von 12 % des Wasserbedarfs für Feldfrüchte entspricht. Weizen wird mit einem Aufwand von 465 l in der Slowakei am effizientesten und in Somalia mit 18 000 l pro kg am aufwendigsten produziert. Mit rund 21 Mio. Tonnen ist Deutschland weltweit der neuntgrößte Produzent von Weizen. Weizenexporte in trockene Länder könnten dort dringend für andere Zwecke benötigtes Wasser verfügbar machen.

Niederschlagsmengen weltweit

ab 5. Schulstufe | 15-30 Minuten



Benötigtes Material

- Arbeitsblatt „Niederschlagsmengen weltweit“ (S. 167)
- Weltkarte in A3 ausgedruckt (S. 168)
- Wolle, Metermaß

Vorbereitung

keine

Durchführung

Jedes Kind erhält das Arbeitsblatt, auf dem Niederschlagsmengen auf einer Weltkarte zugeordnet werden sollen.

Zur Verdeutlichung von Niederschlagsmengen wird auf dem Boden ein Quadrat mit der Seitenlänge von 1 x 1 Meter mit einem Wollfaden aufgelegt. 1 000 mm (1 000 Liter/m²) entsprechen einer Wasserhöhe von 1 m, 200 mm (200 Liter/m²) 20 cm Wasserhöhe. Das Metermaß wird für die Veranschaulichung der Wasserhöhe verwendet.

Im Sesselkreis wird gemeinsam besprochen, welche Nahrungsmittel aus den angegebenen Gebieten importiert werden.

Tomaten, Avocados, Paprika, Gurken, Getreide, Kaffee, Kakao, Zitrusfrüchte, Erdbeeren ...

Die Lehrperson erklärt, dass Lebensmittel aus eher trockenen und warmen Regionen bewässert werden müssen, da das Regenwasser nicht für das Wachstum ausreicht. Zusätzlich ist die Verdunstung aufgrund des warmen Klimas höher. Importieren wir diese Produkte, importieren wir zugleich das Wasser aus diesen Gebieten.

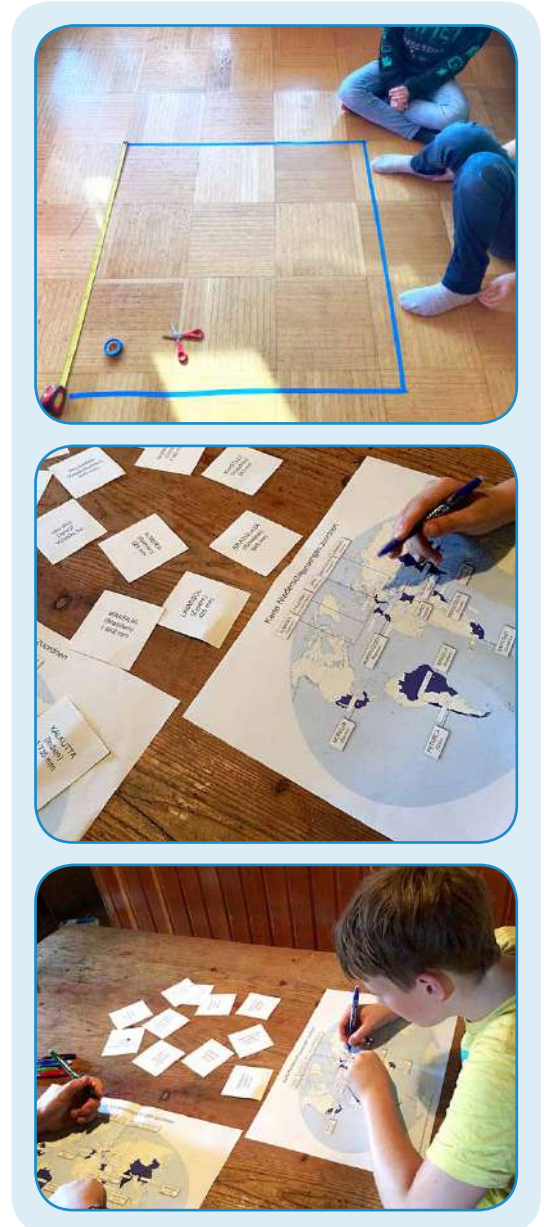
Gemeinsam wird überlegt, welche Probleme dadurch entstehen.

Verschärfung von Wassermangel und daraus entstehende Konflikte, Verschmutzung von Wasser durch Dünge- und Spritzmittel, Absenkung des Grundwassers ...

Zusatzinformation

Das ganze Jahr über gibt es sämtliche Obst- und Gemüsesorten im Supermarktregal und wie selbstverständlich greifen wir zu Gurken aus Süditalien, Erdäpfeln aus Ägypten und Tomaten und Avocados aus Spanien. Dass wir damit den Wasserhaushalt ganzer Regionen beeinflussen, ist uns wenig bewusst.

Beim Zuordnen der Niederschlagsmengen werden die regionalen Unterschiede in Hinblick auf die Ressource Wasser deutlich. Der Zusammenhang mit dem virtuellen Wasser kann hergestellt und der Standort als wesentlicher Faktor für die virtuelle Wassermenge von Produkten damit bewusst gemacht werden.



Niederschlagsmengen weltweit



Wie viel Niederschlag gibt es in anderen Ländern?

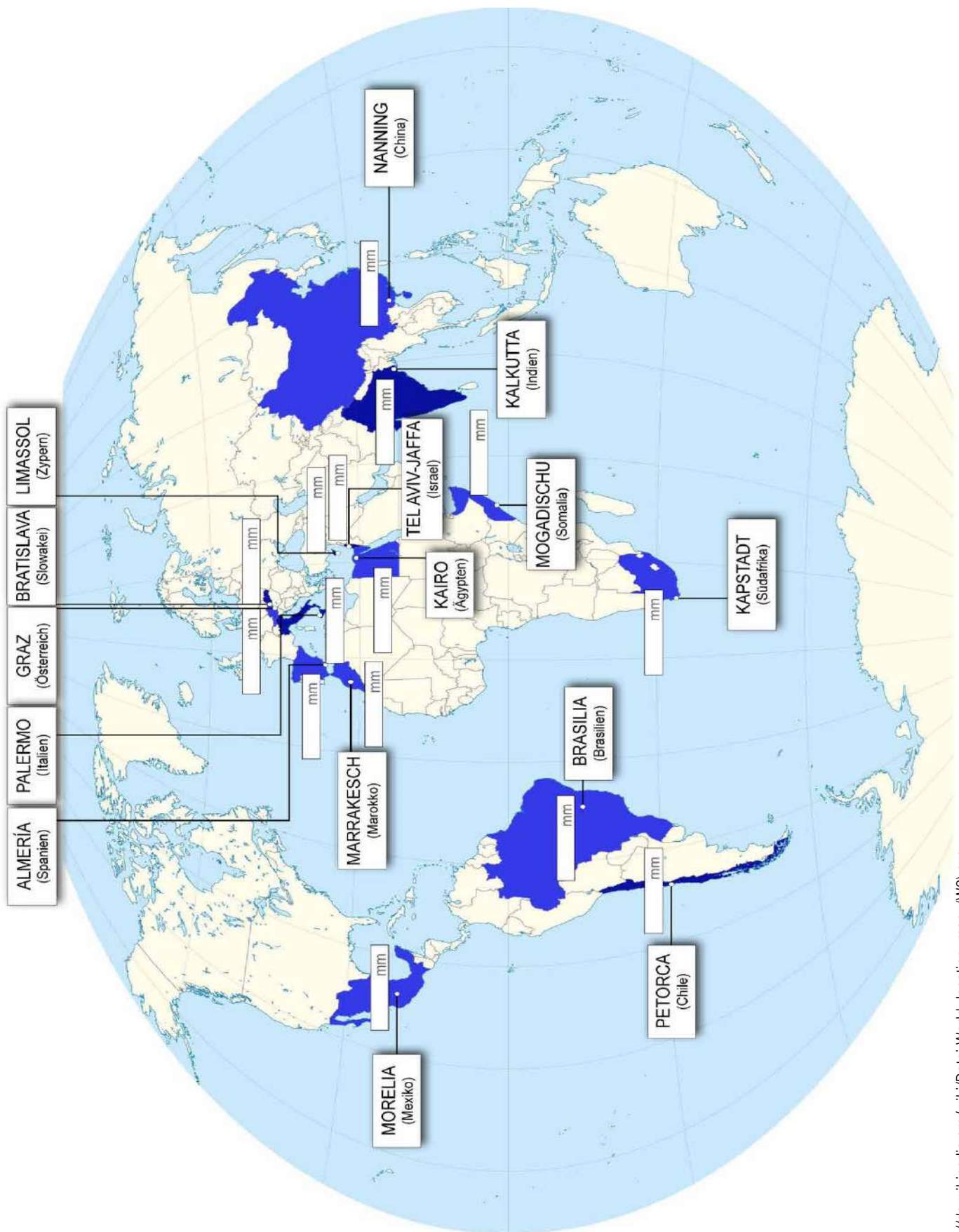
Trage die angegebenen Orte und Niederschlagsmengen in die Weltkarte ein.

Graz (Österreich) 885 mm	Almería (Spanien) 228 mm	Marrakesch (Marokko) 250 mm
Bratislava (Slowakei) 649 mm	Palermo (Italien) 605 mm	Tel Aviv-Jaffa (Israel) 562 mm
Petorca (Chile) 209 mm	Kairo (Ägypten) 18 mm	Limassol (Zypern) 425 mm
Nanning (China) 1 363 mm	Kalkutta (Indien) 1 735 mm	Brasilia (Brasilien) 1 668 mm
Morelia (Mexiko) 786 mm	Kapstadt (Südafrika) 853 mm	Mogadischu (Somalia) 466 mm

Beantwortet diese Fragen gemeinsam in der Gruppe:

- Welche Produkte importieren wir aus diesen Ländern?
- Welche Probleme entstehen dadurch, dass wir virtuelles Wasser aus anderen Ländern importieren?

2.5.7 Niederschlagsmengen weltweit | Weltkarte



[https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:World_location_map_\(W3\).svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:World_location_map_(W3).svg)

Klassenjause

ab 3. Schulstufe / 30-60 Minuten



Benötigtes Material

- Kärtchen „Klassenjause“ (S. 170-173)
- Arbeitsblatt „Klassenjause“ (S. 174)
- Teller, Messer, Servietten
- Zutaten für die Klassenjause:
1 kg Brot, 1 kg Äpfel, 500 g Käse, 450 g Karotten,
400 g Tomaten, 400 g Salatgurken, 250 g Butter

Vorbereitung

Die Kärtchen „Klassenjause“ werden kopiert und zugeschnitten.

Durchführung

Die Jause wird gemeinsam vorbereitet und die Kärtchen mit den virtuellen Wassermengen werden den einzelnen Lebensmitteln zugeordnet.

Die SchülerInnen nehmen sich Brot, Gemüse und Obst nach Bedarf und errechnen mithilfe des Arbeitsblattes ihren eigenen virtuellen Wasserverbrauch bei dieser Jause.

Wenn das Essen und die Berechnungen abgeschlossen sind, werden im Kreis die Ergebnisse vorgestellt und diskutiert.

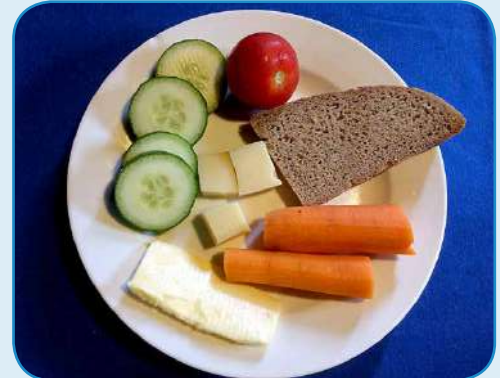
Abschließend wird überlegt, was jede/r tun kann, um den virtuellen Wasserverbrauch der Jause zu verringern.

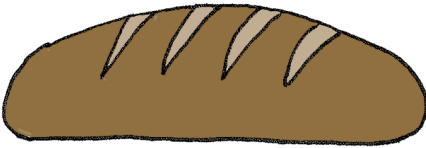
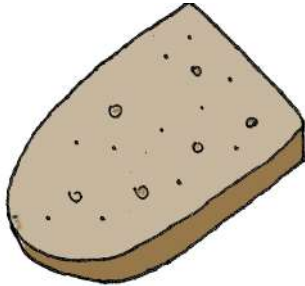
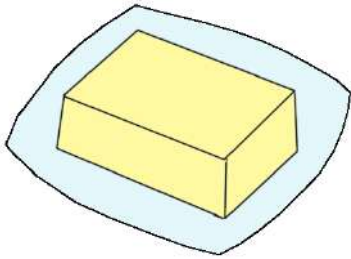
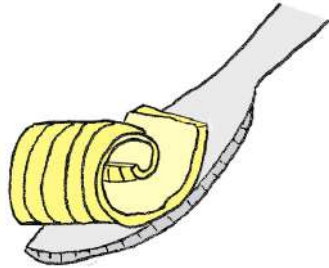
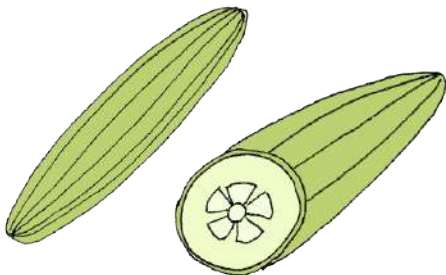
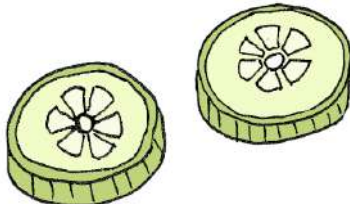
Zusatzinformation

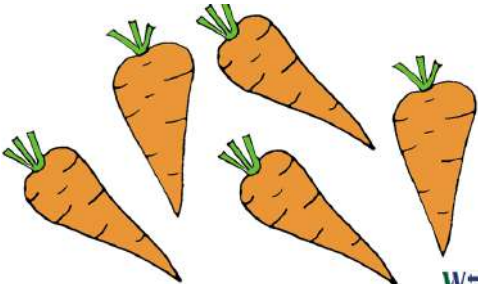
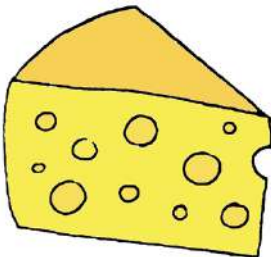
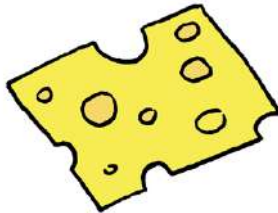
Die Zutaten für die Klassenjause sind nur ein Vorschlag. Natürlich können die Produkte variieren. Zu diesem Zweck gibt es bei den Kärtchen „Klassenjause“ leere Produktkarten, die Mengen müssen dann selber berechnet und eingetragen werden. Auf den vorgegebenen Kärtchen werden die Durchschnittswerte für den virtuellen Wasserverbrauch angegeben.

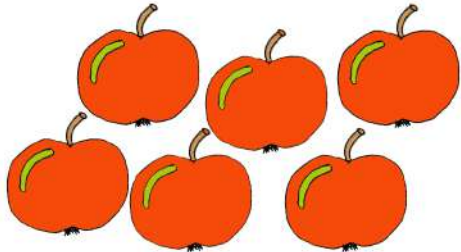
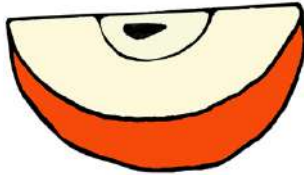
Für eigene Berechnungen kann die Produktgalerie von Water Footprint Network auf der Website der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e. V. herangezogen werden:

Virtuelles Wasser versteckt im Einkaufskorb - Produktgalerie
<http://vdg.durstige-gueter.de/produktgalerie.html>



1 kg Brot 1 330 Liter  	1 Scheibe Brot (30 g) 40 Liter  
250 g Butter (1 kg ... 4 800 l) 1 200 Liter  	Butter für ein Brot (5 g) 24 Liter  
400 g Gurken (1 kg ... 350 l) 140 Liter 	2 Gurkenscheiben (8 g) 3 Liter 

400 g Tomaten (1 kg ... 184 l) 74 Liter  	1 kleine Tomate (15 g) 3 Liter  
450 g Karotten (1 kg ... 130 l) 59 Liter  	1 Karottenstück (8 g) 1 Liter  
500 g Käse (1 kg ... 5 000 l) 2 500 Liter 	1 Scheibe Käse (10 g) 50 Liter 

1 kg Äpfel 700 Liter	1/4 Stück Apfel (30 g) 21 Liter
 	 
Gesamte Jause für die Klasse 6 003 Liter virtuelles Wasser	

..... Liter

..... Liter



Gesamte Jause für die Klasse

..... Liter
virtuelles Wasser

Klassenjause



Wie viel virtuelles Wasser steckt in deiner Jause?

Stell dir deine Jause auf einem Teller zusammen. Schau auf die Kärtchen, wie viel virtuelles Wasser in den einzelnen Produkten steckt und trage alles in die Tabelle ein.

Zum Schluss berechne die Gesamtsumme an virtuellem Wasser in deiner Jause.

Das habe ich gegessen		virtuelles Wasser
Menge	Produkt	in Liter (l)
Gesamtsumme virtuelles Wasser		

Beantwortet diese Frage gemeinsam in der Gruppe:

- Wie kannst du den virtuellen Wasserverbrauch verringern?

Der Boden als Wasserfilter

ab 4. Schulstufe | 15-30 Minuten



Benötigtes Material

- 2 durchsichtige PET-Flaschen
- 2 Einmachgläser
- 2 Trinkgläser
- Watte, Sand, Wasser, Schmutz (zB Staub, Kehrlicht, Kaffeesatz ...)

Vorbereitung

Von den zwei PET-Flaschen wird der Boden abgeschnitten.

In jeden Flaschenhals kommt etwas Watte. Die Flaschen werden mit dem Hals nach unten auf die offenen Einmachgläser gestellt.

In eine Flasche kommt nun wenig Sand über die Watte (ca. 3 cm), in die andere Flasche mehr Sand (ca. 15 cm).

Durchführung

Die beiden Trinkgläser werden mit gleich viel Wasser befüllt. Dieses Wasser wird mit derselben Menge an Schmutz (Staub, Kaffeesatz ...) vermischt. Pro Flasche wird nun langsam ein Glas dieser Mischung auf den Sand geschüttet.

Nun kann beobachtet werden, wann und wie das Wasser unten in das Einmachglas rinnt.

- Wie sauber kommt das Wasser heraus?
- Gibt es Unterschiede zwischen den beiden Flaschen?
- In welcher Flasche wurde der Schmutz im Wasser besser herausgefiltert?

Anmerkung: Wenn der Sand am Anfang noch ganz trocken war, kann es sein, dass noch gar kein Wasser durchkommt. Dann wiederholt man den Versuch, bis Wasser durchfließt.

Der Versuch kann beliebig mit anderen Füllmaterialien variiert werden, zB in einer Flasche Sand, während die zweite Flasche mit Kies befüllt wurde.

Zusatzinformation

Wenn Regenwasser im Boden versickert, wird es mechanisch und biologisch gefiltert. Zum einen bleiben Stoffe an Bodenpartikeln hängen, zum anderen bauen Mikroorganismen in den belebten Bodenschichten Verunreinigungen ab. Die Filterwirkung ist umso besser, je feinkörniger und dicker diese Bodenschichten sind. Bei dünnen und durchlässigen Schichten können Verschmutzungen wie Pflanzenschutzmittel, Nitrat oder Bakterien leicht ins Grundwasser gelangen.



Trockenheit

ab 3. Schulstufe / 30 Minuten



Benötigtes Material

- 3 Töpfe mit Erde
- Pflanzen oder Gras
- Gießkanne, Wasser
- ein Heizkörper während der Heizperiode

Vorbereitung

In die drei Töpfe kommt gleich viel Erde und in jeden Topf werden dieselben Pflanzen gesetzt. Für diese Versuchsanleitung wurde Gras aus einer Wiese ausgestochen und eingepflanzt.

Die Töpfe werden wie folgt beschriftet:

Topf 1: „Test 1: Genügend Feuchtigkeit“

Topf 2: „Test 2: Weniger Feuchtigkeit, gleiche Temperatur“

Topf 3: „Test 3: Weniger Feuchtigkeit und wärmer“

Durchführung

Dieser einfache Versuch wird über einige Tage hinweg in der Klasse durchgeführt. Möglich ist der Versuch nur in der Heizperiode, da man einen warmen Heizkörper benötigt. Die Durchführung zeigt das Zusammenwirken von zunehmender Temperatur und zunehmender Trockenheit und die Folgen für die Vegetation.

Alle 3 Töpfe werden mit derselben Menge Wasser gegossen. Die drei Töpfe werden nebeneinander aufgestellt, wobei Topf 3 aber auf oder vor dem Heizkörper positioniert wird.

In den folgenden Tagen wird Topf 1 so gegossen, dass die Erde immer leicht feucht bleibt, aber nicht zu nass wird. Topf 2 und Topf 3 werden mit der Hälfte der Menge Wasser von Topf 1 gegossen.

Die Entwicklung der Pflanzen wird über mehrere Tage dokumentiert. Was passiert? Was könnte das für die Landwirtschaft bedeuten?

Zusatzinformation

Die Niederschlagsmengen in Österreich werden im Jahresdurchschnitt im Zuge des Klimawandels zunehmen. Das bedeutet aber nicht zwangsläufig, dass dadurch der Vegetation mehr Feuchtigkeit zur Verfügung stehen wird, denn die Zunahme basiert auf häufigeren Starkniederschlägen, also großen Regenmengen in kurzem Zeitraum. Dazwischen sind v. a. im Alpenvorland längere Trockenperioden - wie bereits jetzt zu beobachten - zu erwarten. Da diese Regionen für die Landwirtschaft aber die Hauptanbauggebiete sind, ergeben sich hier zwangsläufig Probleme.



Wasserabfluss und Bodenbedeckung

ab 4. Schulstufe | 30 Minuten



Benötigtes Material

- Erdhügel oder Sandhaufen
- Rasenziegel
- Schaufeln, Gießkanne, Wasser

Vorbereitung

keine

Durchführung

Ein Erdhügel bzw. Sandhaufen wird aufgeschüttet.

Aus einer Wiese wird ein Rasenziegel ausgestochen und in einen Hang des Haufens „eingepflanzt“. Dieses Wiesenstück kann als „Bewaldung“ im Modell angesehen werden.

Nun schüttet man langsam und gleichmäßig mit der Gießkanne Wasser über den Hang. Dabei soll zur Hälfte der „bewachsene“ Teil und zur Hälfte der „unbewachsene“ Teil beregnet werden. Das Wasser fließt nach unten ab.

Der Vorgang kann wiederholt werden. Danach wird das Ergebnis betrachtet.

- Was ist im unbewachsenen Bereich passiert und was im Wiesenteil? Wurde Boden abgetragen?
- Wie könnte man die Erkenntnisse in die Realität umlegen?
- Gibt es noch andere Klimawandelfolgen in der Land- und Forstwirtschaft, die mit Wasser zu tun haben?

Zusatzinformation

Wenn Regen auf den Boden fällt, versickert ein Teil davon und ein Teil fließt oberflächlich ab. Dieses abfließende Wasser hat eine Erosionskraft, d. h. es kann Boden oder Gestein abtragen. Je steiler das Gelände, desto höher ist diese Kraft.

Aber auch die Vegetation hat einen Einfluss darauf, wie viel Boden abgetragen werden kann. Eine intakte Vegetation (v. a. Wald) schützt vor Bodenabtrag. Stark genutzte Böden sind anfälliger, wenn es zu Starkniederschlägen kommt, insbesondere wenn sie sehr trocken sind. Wasser kann dann kaum versickern und fließt rasch an der Oberfläche ab. Der Klimawandel begünstigt das noch: Trockenere Böden und zunehmende Starkniederschläge nach Trockenphasen sind zu erwarten. Bodenmaterial kann dann vom Wasser leichter weggeschwemmt werden.

Im Gebirge kann das zu Murenabgängen führen, in landwirtschaftlichen Gebieten zum Verlust wertvoller Ackererde.



Versauerung der Meere

ab 9. Schulstufe | 20 Minuten



Benötigtes Material

- CO₂-Schnelltest aus dem Aquarienbedarf (er soll nur CO₂ und nicht andere Säuren im Wasser messen können)
- ein verschraubbares Glas
- Backpulver/Natron, Essig, Leitungswasser
- Spritze, kleines Kännchen, Teelöffel

Vorbereitung

keine

Durchführung

Das verschraubbare Glas wird bis zur Hälfte mit Leitungswasser gefüllt.

Mittels der Spritze wird 20 ml des Leitungswassers in eine Messküvette des CO₂-Schnelltests gegeben und die CO₂-Konzentration (mg/l) laut Anleitung des Tests ermittelt, da die Durchführung des CO₂-Schnelltests je nach Marke und Typ unterschiedlich ist.

Nun wird dem Wasser im verschraubbaren Glas CO₂ hinzugefügt, um die CO₂-Zunahme in der Atmosphäre zu simulieren.

Für die Erzeugung von CO₂ wird ein halber Teelöffel Natron in das Kännchen gegeben und langsam ein Schuss Essig hinzugefügt: Es beginnt sofort zu schäumen. Die Essigzugabe so langsam durchführen, dass das Kännchen nicht übergeht. Durch die Reaktion ist CO₂ im Kännchen entstanden, das im Kännchen bleibt, da es schwerer als die umgebende Luft ist.

Kurz abwarten, bis sich der Schaum wieder gelegt hat. Danach wird das unsichtbare CO₂ aus dem Kännchen in das verschraubbare Glas „gekipp“. Das muss sehr vorsichtig geschehen, damit kein Tropfen Essig, sondern nur das schwere Gas ins Glas strömt. Da man das Gas nicht sieht, ist dieser Vorgang gewöhnungsbedürftig. Nach ca. 10 Sekunden kann man den „unsichtbaren“ Umleervorgang beenden.

Das Glas wird mit dem Schraubverschluss fest verschlossen und für 10 Sekunden geschüttelt, so dass sich Gas und Wasser im Glas gut vermengen können (wie bei der Wellenbewegung der Ozeane) und das CO₂ sich im Wasser lösen kann. Von diesem Wasser werden 20 ml in die 2. Messküvette gefüllt.



2.5.13 Versauerung der Meere | Experiment

Nun wird in der zweiten Messküvette die CO_2 -Konzentration laut Anleitung ermittelt.

Alternativ kann man in die zweite Messküvette gleich viele Tropfen der Reagenz geben wie in die erste Messküvette und dann die Wasserfärbung vergleichen. Gibt es einen Farbumschlag? Nein, denn nun ist mehr CO_2 im Wasser gelöst. Man tropft nun noch weitere Tropfen der Reagenz in die zweite Messküvette und zählt die Anzahl bis zu einem Farbumschlag mit. Man kann das Experiment aber auch früher beenden, damit nicht die ganze Reagenz verbraucht wird.

Man sieht aber in jedem Fall: Das Wasser hat CO_2 aufgenommen und enthält nun wesentlich mehr mg CO_2 pro Liter als zuvor.

Zusatzinformation

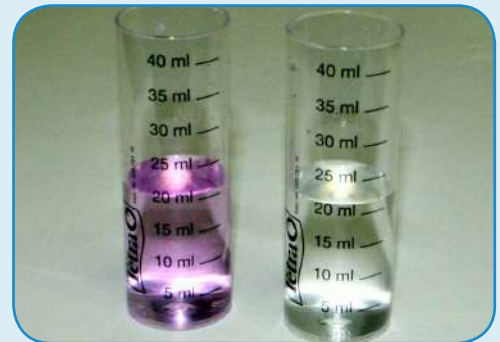
Die Meere und Ozeane sind sog. „ CO_2 -Senken“, d. h. sie speichern viel Kohlendioxid. Ohne diese Speicherung wäre der Treibhauseffekt noch viel stärker. Die gesamte im Ozean gelöste Menge an CO_2 ist sogar 50-mal größer als der atmosphärische Kohlendioxidgehalt und 20-mal größer als das an Land (Vegetation und Böden) gespeicherte Kohlendioxid.

Der Ozean tauscht aber auch ständig CO_2 mit der Atmosphäre aus. Dieser Austausch zwischen Ozean und Atmosphäre umfasst gegenwärtig über 90 Gigatonnen CO_2 pro Jahr, wobei durch die menschliche Störung des atmosphärischen Kohlendioxidgehalts 2,2 Gigatonnen CO_2 mehr vom Ozean aufgenommen als abgegeben werden (bezogen auf die 1990er Jahre). Dieser Austausch ist regional sehr unterschiedlich.

Die für den Austausch zwischen Atmosphäre und Ozean entscheidenden Eigenschaften von Kohlendioxid sind seine leichte Löslichkeit und seine chemische Reaktivität im Wasser.

Ein steigender CO_2 -Gehalt der Atmosphäre erhöht auch die Aufnahme von Kohlendioxid im Ozean. Durch die Aufnahme von Kohlenstoffdioxid nimmt der pH-Wert des Meerwassers ab, man bezeichnet dies auch als „Versauerung der Meere“. Da das Meerwasser aber leicht basisch ist, wird es durch die Versauerung nicht sauer, sondern weniger basisch.

Dieser Vorgang zählt neben der globalen Erwärmung zu den Hauptfolgen der menschlichen Emissionen von Kohlenstoffdioxid und hat teils sehr komplexe negative ökologische Auswirkungen auf Meereslebewesen. Er kann zu Schäden an Korallen oder Kleinstlebewesen wie winzigen Meeresschnecken und Zooplankton führen, aber auch größere Meerestiere schädigen, da er den Laich und die Larven beeinflusst.



3. Literatur- und Quellenverzeichnis



3.1 Literatur

- Blumhagen, L. (2018). Lapbooks im Grundschulunterricht. Mülheim an der Ruhr: Verlag an der Ruhr.
- Eisenberg, C. (2019). Gewässer. Bäche, Flüsse, Seen. Kerpen: Kohl Verlag.
- Fuchs, M. (2017). Lapbooks in der Grundschule. Hamburg: AOL.
- Grisseemann, G. (1991). Die Wassertropfenreise. 3. Auflage. Wien: Jugend und Volk.
- Jöbstl, P. & Krobath, M. (2020). Stundenbild Virtuelles Wasser in der Schulausgabe. Umwelt-Bildungs-Zentrum Steiermark (Hrsg.). Graz: Eigenverlag. Verfügbar unter: <https://www.ubz-stmk.at/stundenbilder> [09.02.2021]
- Katzmann, K. (2007). Schwarzbuch Wasser. Verschwendung, Verschmutzung, bedrohte Zukunft. Wien: Molden Verlag.
- Kreusch-Jakob, D. (2005). Klangwerkstatt für Kinder. Miteinander Instrumente bauen und Musik machen. München: Don Bosco Verlag.
- Land Steiermark, Abteilung 14 - Wasserwirtschaft. Wasserversorgungsplan Steiermark 2015. Verfügbar unter: wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10188852_4660005/d9ec8c61/WVPL.2015.TeilA.Kap.3.Niederschlag.pdf [11.05.2020].
- Land Steiermark, Abteilung 15 - Fachabteilung Energie und Wohnbau. (Hrsg.) (2015). Unterrichtsmaterialien KlimAhaa! Fachinformationen, Arbeitsblätter, Spiele und Experimente. Graz: Eigenverlag.
- Langergraber, G. et al. (2018). Kleinkläranlagen in Österreich – Entwicklung, Bestand und Management. In: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Volume 70, S. 560-569. Cham: Springer Nature Switzerland. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00506-018-0519-z> [12.05.2020].
- Pohlmann, S. (2019). Wasser im Sachunterricht der Grundschule. Augsburg: Auer.
- Schuh, B. (2012). Wasser. Der wichtigste Rohstoff der Erde. Hildesheim: Gerstenberg.
- Steinlein, A. & Scheier, M. (2020). Ohne Wasser geht nichts. Alles über den wichtigsten Stoff der Welt. Weinheim: Beltz & Gelberg.
- StWV Aqua Styria (Hrsg.). WASSER WISSEN. Informationsbroschüre des Steirischen Wasserversorgungsverbands. Hartberg. Verfügbar unter: https://www.wv-stainz.at/fileadmin/user_upload/Broschueren_etc/Broschuere_Wasser_Wissen.pdf [11.01.2021].
- Umwelt-Bildungs-Zentrum Steiermark (Hrsg.) (2019). Trinken & Gesundheit. Unterrichtsmappe für alle Schulstufen. Graz: Eigenverlag.

Umwelt-Bildungs-Zentrum Steiermark (Hrsg.) (2017). Experimentierwerkstatt Wasser. Das Wassermolekül und seine Eigenschaften. Basiswissen und Praxismaterialien für Lehrende. Graz: Eigenverlag.

3.2 Links

- Baars, C. et al. (2017). Video: Der unsichtbare Feind – Tödliche Supererreger aus Pharmafabriken. Bayerischer Rundfunk (Hrsg.). München. Verfügbar unter: <https://www.daserste.de/information/reportage-dokumentation/dokus/videos/der-unsichtbare-feind-video-102.html> [12.05.2020].
- Basche, M. F. (2014). Golf in der Wüste: Prasserei mit Wasser ist nur der Anfang. Golf Post AG (Hrsg.). Köln. Verfügbar unter: <https://www.golfpost.de/golf-der-wueste-mehr-als-nur-prasserei-mit-kostbarem-nass-777780662/> [12.05.2020].
- Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.) (2016). Waldboden. Bern. Verfügbar unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wald/fachinformationen/waldzustand-und-waldfunktionen/waldboden.html> [12.05.2020].
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (Hrsg.). Wasserfußabdruck: Wie viel Wasser steckt in landwirtschaftlichen Produkten? Bonn. Verfügbar unter: <https://www.land-wirtschaft.de/diskussion-und-dialog/umwelt/wie-viel-wasser-steckt-in-landwirtschaftlichen-produkten> [17.03.2020].
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus. Abwasser in Österreich. Wien. Verfügbar unter: <https://www.bmlrt.gv.at/wasser/wasserqualitaet/abwasserreinigung/allgemeines.html> [12.05.2020].
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus. Abwasserentsorgung. Wien. Verfügbar unter: <https://www.bmlrt.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/zahlen/Abwasserentsorgung.html> [12.05.2020].
- Deutsche UNESCO-Kommission (Hrsg.). UN-Weltwasserbericht 2019. Bonn. Verfügbar unter: <https://www.unesco.de/presse/pressematerial/un-weltwasserbericht-2019> [11.05.2020].
- FORUM Umweltbildung (Hrsg.). Wasser zum Frühstück!?! Ein Umsetzungsvorschlag zum Begriff „Virtuelles Wasser“. Wien. Verfügbar unter: <https://www.umweltbildung.at/praxismaterial/wasser-zum-fruehstueck/> [12.01.2021].
- Hanano, R. (2019). Mangelware Wasser. Reset - Digital for good (Hrsg.). Artikel aktualisiert 2019. Verfügbar unter: <https://reset.org/knowledge/mangelware-wasser> [11.05.2020].
- Infoportal Trinkwasser. Österreichische Trinkwasserdatenbank. Wien. Versorgungsstruktur in Österreich. Verfügbar unter: <https://www.trinkwasserinfo.at/datenbank/versorgungsstruktur/> [11.05.2020].



Kasang, D. Der globale Wasserkreislauf. Hamburger Bildungsserver. Verfügbar unter: <https://bildungsserver.hamburg.de/wasser-ressourcen-nav/2182190/wasserkreislauf-global/> [11.05.2020].

klimawiki.org. Meeresspiegeländerungen. Verfügbar unter: <http://klimawiki.org/klimawandel/index.php/Meeresspiegel%C3%A4nderungen> [11.05.2020].

Land Steiermark, Abteilung 14 - Wasserwirtschaft. Grundwassermessstellennetz Steiermark. Verfügbar unter: <https://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/ziel/4652675/DE/> [29.05.2020].

Land Steiermark, Abteilung 14 - Wasserwirtschaft. Grundwasservorkommen Steiermark. Verfügbar unter: <https://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/ziel/4652599/DE/> [11.05.2020].

Markart, G. & Kohl, B. (2019). Wie viel Wasser speichert der Boden? Bundesforschungszentrum für Wald (Hrsg.). Innsbruck. Verfügbar unter: https://www.waldwissen.net/wald/schutzfunktion/wasser/bfw_wasserspeicher_boden/index_DE [12.05.2020].

Naturfreunde Deutschlands e.V. Verband für Umweltschutz, sanften Tourismus, Sport und Kultur (Hrsg.) (2016). Grünes, blaues und graues Wasser. Berlin. Verfügbar unter: <https://www.naturfreunde.de/gruenes-blaues-und-graues-wasser> [17.03.2020].

Österreichische Wasserwerke. Wasserkreislauf. Verfügbar unter: <http://www.wasserwerk.at/home/alles-ueber-wasser/wasserkreislauf> [11.05.2020].

Paal, G. (2019). Gibt es immer gleich viel Wasser auf der Erde? SWR Wissen. Stuttgart. Verfügbar unter: <https://www.swr.de/wissen/1000-antworten/wissenschaft-und-forschung/1000-antworten-2604.html> [11.05.2020].

Planet Schule. Südwestrundfunk (Hrsg.). Windstärke und Windgeschwindigkeit. Verfügbar unter: https://www.planet-schule.de/mm/die-erde/Barrierefrei/pages/Windstaerke_und_Windgeschwindigkeit.html [11.05.2020].

Rios, A. (2019). Wasserversorgung in Deutschland. Das „virtuelle Wasser“ oder „versteckte Wasser“. Westdeutscher Rundfunk (Hrsg.). Köln. Verfügbar unter: https://www.planet-wissen.de/natur/umwelt/wasserversorgung_in_deutschland/pwiedasvirtuellewasseroderversteckteswasser100.html [17.03.2020].

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft (Hrsg.) (1999). Lexikon der Biologie. Bodenwasser. Heidelberg. Verfügbar unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/bodenwasser/9886> [12.05.2020].

Sprenger, S. & Kremer, K. (bearbeitet von Imwalle, C.) (2019). Virtuelles Wasser - ein Thema für den Geographieunterricht! Friedrich Verlag GmbH (Hrsg.). Hannover. Verfügbar unter: <https://www.geographie-heute.de/blog/wasser/post/virtuelles-wasser-unterricht/> [17.03.2020].

Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V. (Hrsg.). Virtuelles Wasser versteckt im Einkaufskorb. Produktgalerie. Verfügbar unter: <http://vdg.durstige-gueter.de/produktgalerie.html> [17.03.2020].

wiki.bildungsserver.de. Globale Zirkulation. Verfügbar unter: http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Datei:Globale_zirkulation.jpg [11.05.2020].

wiki.bildungsserver.de. Wasserkreislauf und Klima. Verfügbar unter: https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Wasserkreislauf_und_Klima [11.05.2020].

wikipedia.org. Beaufortskala. Verfügbar unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Beaufortskala> [11.5.2020].

wikimedia.org. Darstellung einer artesischen Quelle. Verfügbar unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Artesian_aquifer?uselang=de#/media/File:Artesian_Spring_DE.pngs [11.05.2020].

wikimedia.org. Salinität der Weltmeere. Verfügbar unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aquarius_spacecraft_first_global_salinity_map_Aug-Sep_2011.jpg [11.05.2020].

wikipedia.org. Die Aggregatzustände des Wassers. Verfügbar unter: https://de.wikipedia.org/wiki/Aggregatzustand#/media/Datei:Aggregate_phase_water_de.svg [11.05.2020].

wikipedia.org. Interzeption (Hydrologie). Verfügbar unter: [https://de.wikipedia.org/wiki/Interzeption_\(Hydrologie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Interzeption_(Hydrologie)) [12.05.2020].

wikipedia.org. Oberflächenspannung. Verfügbar unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Oberflächenspannung> [11.05.2020].

wikipedia.org. Salinität. Verfügbar unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Salinit%C3%A4t> [11.05.2020].

wikipedia.org. Salzwasser. Verfügbar unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Salzwasser> [11.05.2020].

wikipedia.org. Sandy. Verfügbar unter: https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Sandy_Oct_29_2012_1815Z.jpg [11.05.2020].

wikipedia.org. Wasser. Verfügbar unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Wasser> [11.05.2020].

wikipedia.org. Wasserverteilung auf der Erde. Verfügbar unter: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Wasserverteilung_auf_der_Erde.png [11.05.2020].