

Besseres Verständnis über unseren Heimatplaneten



Quelle: www.wasistwas.de

Mein Name ist Guido Hilden, ich wurde 1970 geboren, habe für mein Abitur die Leistungskurse Mathe, Physik und Erdkunde gewählt und anschließend Verfahrenstechnik mit dem Schwerpunkt Umwelttechnik studiert. Ich beschäftige mich seit fast 30 Jahren mit den Themen Wasser, Luft und Hygiene, vor allem in den verschiedenen Gewerken der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA).

Durch meine langjährige Schulungstätigkeit im Bereich Wasser und Hygiene habe ich festgestellt, dass das Wissen über Wasser und die grundlegenden physikalischen und chemischen Zusammenhänge auf unserer Erde nicht durchgängig bekannt ist. - Ich bin davon überzeugt, dass dieses Wissen wichtig ist, um sich unserem großen Glück bewusst zu werden, auf diesem unserem Planeten leben zu dürfen.

Ein besseres Verständnis sollte gesellschaftspolitisch dazu führen, dass unsere Umwelt- und Klimaziele aus Eigeninteresse schneller und effektiver umgesetzt werden. Das ist unsere einzige Chance! Wir haben nur diesen einen Planeten und wenn es so weiter geht, wird die Menschheit nicht mehr lange auf dem Planeten in der uns bekannten Weise überleben können.

Diese Datei darf und soll nur im vollen Gesamttext weitergegeben werden. Die Datei steht frei auf meiner Homepage zur Verfügung. Mein Ziel ist es, zu einem besseren Verständnis und dadurch zu einer Minimierung der Auswirkungen des Klimawandels beizutragen; stoppen können wir ihn nicht mehr!

Zu Beginn ist der Text einfach und allgemein, ich gehe jedoch auch auf grundlegende physikalische und chemische Zusammenhänge konkreter ein, um das Verständnis für den Klimawandel aber auch das Allgemeinwissen zu verbessern.

Ich freue mich immer über Feedback und gerne auch auf weitere Anregungen oder auch andere Perspektiven unter info@ghwh.de mit weiteren Infos auf meiner Homepage: www.ghwh.de

Inhaltsangabe: Unsere Welt – Grundlagen unserer einzigartigen Wasserwelt

1. Unsere Erde - Perfekte Rahmenbedingungen
2. Atmosphäre – Stickstoff, Sauerstoff, Argon, Kohlenstoffdioxid und Wasser
3. Wasser – Lösungsmittel und ständig in Bewegung
4. Wasser – Energieträger
5. Wasserkreislauf
6. Löslichkeit von Salzen
7. Rheinwasser - von der Quelle bis zur Mündung
8. Eindickung durch Verdunstung
9. Salzwasser und Süßwasser
10. Nordsee und Ostsee - Salzwasser und Brackwasser
11. Klimazonen – Temperaturschwankungen - Vegetation
12. Lebensgrundlage Wasser
13. Wasserhygiene – Risiken durch Legionellen – Gesetze und Technisches Regelwerk
14. CO₂ und Temperaturentwicklung
15. Unsere Erde – begrenzte Ressourcen
16. Mein persönlicher Abschluss

Unsere Erde – Grundlagen unserer einzigartigen Wasserwelt

1. Unsere Erde - Perfekte Rahmenbedingungen

Unsere Erde bietet uns ein wahrscheinlich einmaliges Zuhause, weil hier ideale Voraussetzungen für Leben herrschen. Unsere Erde existiert seit über 4,5 Milliarden Jahren und hat Leben in vielfältigster Art und Weise hervorgebracht. Die einzelnen Ursachen und Zusammenhänge für dieses Leben sind uns meist nicht bewusst, jedoch stellen diese im Zusammenspiel einen wirklich sehr, sehr glücklichen ‚Zufall‘ dar.



Quelle: www.wasistwas.de

Die Erde hat einen günstigen Abstand zur energispendenden Sonne (Habitable Zone). Die permanente Bahnbewegung der Erde um die Sonne herum und vor allem Ihre tägliche Eigenrotation schaffen trotz Dauereinstrahlung der Sonne einen lebensfreundlichen Raum auf der Erde.

Durch Metalle im Erdinneren und durch die Rotation der Erde bildet sich das Magnetfeld der Erde stabil aus, welches die Erde effektiv vor unterschiedlichen Strahlungen und Angriffen aus dem Weltall schützt.

Die große Masse der Erde verursacht eine ausreichend große Schwerkraft, die nicht nur unseren Mond in seiner Bahn hält, sondern vor allem die lebensnotwendige Atmosphäre an unseren Planeten bindet. Diese Atmosphäre ermöglicht unter dem Schutz des Magnetfeldes die Entwicklung des Lebens und der Arten. In dieser Atmosphäre ist die Biosphäre speziell mit ihrem Wasservorkommen entscheidend für das Leben auf unserem Planeten.



Quelle: NASA/Reuters

Würden Teile dieser Voraussetzungen fehlen, hätte sich das Leben auf unserem Planeten nicht in der uns bekannten Art entwickeln können. Wäre beispielsweise die Rotation der Erde um sich selbst nicht vorhanden, so gäbe es kein schützendes Magnetfeld. Die sonnenabgewandte Seite des Planeten wäre extrem kalt und die sonnenzugewandte Seite extrem heiß.

2 – Atmosphäre – Stickstoff, Sauerstoff, Argon, CO₂ und Wasser

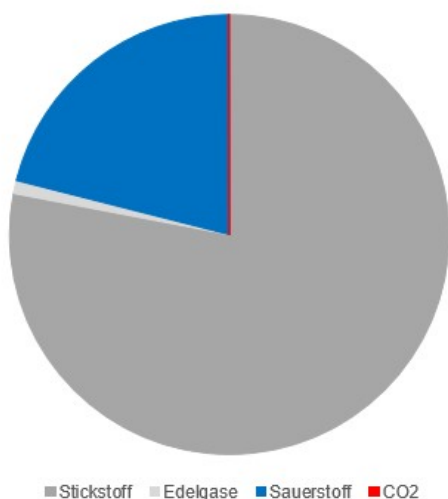
Die Luft der Atmosphäre besteht vor allem aus Stickstoff (N₂ mit 78%) und Sauerstoff (O₂ mit 21%). Sauerstoff ist ein reaktionsfreudiges Gas und beteiligt sich an Reaktionen. Weitere Bestandteile der Luft sind vor allem Edelgase (Argon mit 0,9 %), die nicht an Reaktionen beteiligt sind.

Kohlenstoffdioxid (CO₂), ein weiterer Bestandteil der Luft, ist trotz seines geringen Anteils in der Atmosphäre (derzeit etwas über 0,04 % - 400 ppm) von erheblicher Bedeutung.

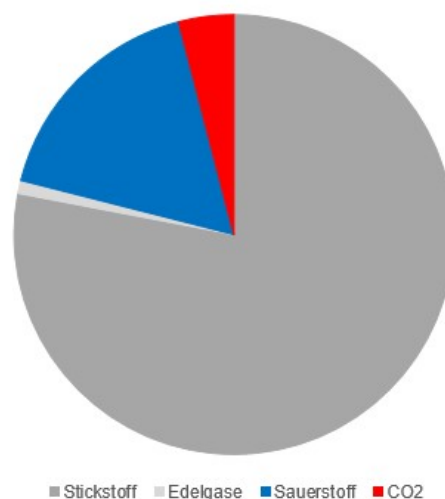
Luft ist zugleich Reaktionsmedium als auch Verteilungsmedium. Der Sauerstoff der Luft wird für Verbrennungsreaktionen benötigt und im menschlichen Körper findet eine Art Verbrennung statt. So wie viele andere Lebewesen nutzen wir den Luftsauerstoff zur Verbrennung und geben dafür (über unsere Lugen) wieder Kohlenstoffdioxid ab.

Jeder Mensch tut dies und atmet einen deutlich höheren Gehalt an Kohlenstoffdioxid aus, als er eingeatmet hat. Die Ausatemluft eines Menschen hat ca. 4 % CO₂ (4 % entsprechen 40.000 ppm); der Sauerstoffgehalt in der Ausatemluft sinkt dabei von 21 % auf nur noch 17 %:

Außenluft zum Einatmen



entstehende Ausatemluft



Beim Ausatmen wird zudem meist Wärme und auch Feuchtigkeit abgegeben. Dadurch werden in von Menschen genutzten Räumen fortlaufend Lasten eingetragen (neben Kohlenstoffdioxid noch Wärme, Feuchte und Gerüche...) und die Luft wird dadurch regelrecht ‚verbraucht‘.

Ein Mensch gibt durchschnittlich (je nach Tätigkeit) folgende Lasten ab:

- 10 – 20 l/h CO₂ (ca. 0,5 m³/h Atmung)
- 35 – 100 g/h Feuchtigkeit
- 70 – 300 W Wärme
- sowie Gerüche



Bei kleinem Raumvolumen sowie hoher Personenzahl und hoher Aktivität führen Belastungen schnell zu einer schlechten Luftqualität.

Mittels Lüftungsanlagen können diese Lasten aus genutzten Räumen abgeführt werden.

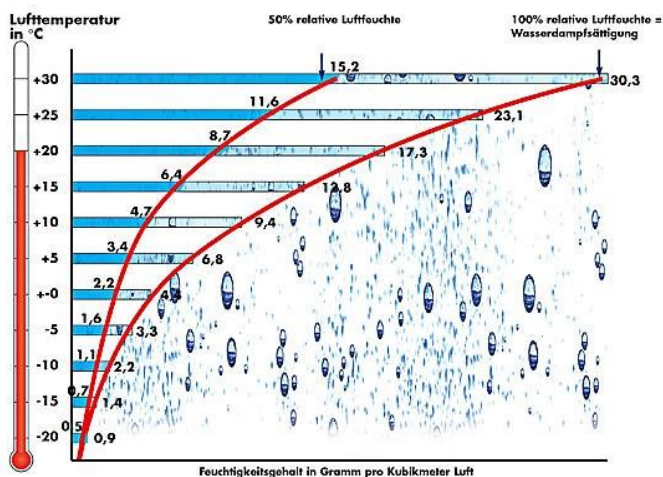
Nicht nur die Atmung der Lebewesen führt zu einem Anstieg des Gehaltes an Kohlenstoffdioxid vor allem Verbrennungsprozesse fossiler Brennstoffe führen zu erheblichem Anstieg und die immer weiter reduzierte Anzahl an Pflanzen und Bäumen. So steigt der Gehalt an Kohlenstoffdioxid fortlaufend an und das hat gravierende Folgen für unser Klima.

Das in der Atmosphäre enthaltene CO₂ besitzt die besondere Eigenschaft, infrarote Strahlung (Wärmestrahlung) zu reflektieren. Mit steigendem CO₂ Gehalt wird mehr Wärme zur Erdoberfläche zurückgeworfen. Dadurch liegt die durchschnittliche Temperatur der Atmosphäre mit steigendem CO₂ Gehalt höher. Neben CO₂ tragen auch Methan und Lachgas (CH₄ und N₂O) zu diesem Treibhauseffekt bei.

Eine wichtige Fähigkeit der Luft ist die temperaturabhängige Fähigkeit, Wasserdampf aufzunehmen. Dies wird mit den Zustandsgrößen der absoluten und relativen Feuchtigkeit beschrieben.

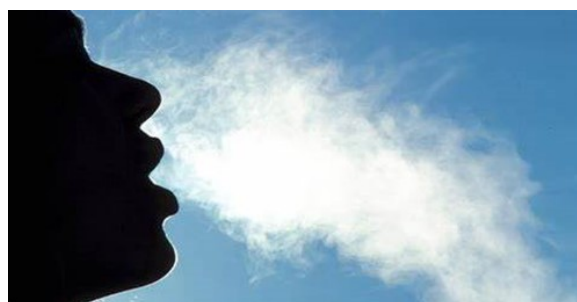
Die absolute Feuchtigkeit ist die Menge Wasser pro Menge Luft, die tatsächlich in der Luft enthalten ist, die Einheit ist g Wasser pro kg trockene Luft.

Die relative Feuchte in % (Wert liegt zwischen 0 und 100 %) ist der Anteil des aktuellen Wassergehaltes in Relation zum maximal möglichen Wassergehalt bei einer bestimmten Temperatur. Je höher die Temperatur der Luft, umso mehr Wasserdampf kann die Luft aufnehmen. Wenn die maximal mögliche Wasseraufnahmemenge in der Luft noch nicht überschritten wird, kann die Luft weiter Wasser aufnehmen. Kühlt mit Wasser gesättigte Luft ab, wird die 100 % relative Feuchtigkeit überschritten und die Luft muss das aufgenommene Wasser wieder abgeben, es kommt zur Kondensation und das Wasser wird in der Luft als Tropfen oder Nebel sichtbar.



Quelle: EA NRW

In kalter Außenluft wird der Feuchtigkeitsgehalt der Ausatemluft kurzzeitig sichtbar, bevor sich die Feuchtigkeit in der Luft verdünnt:

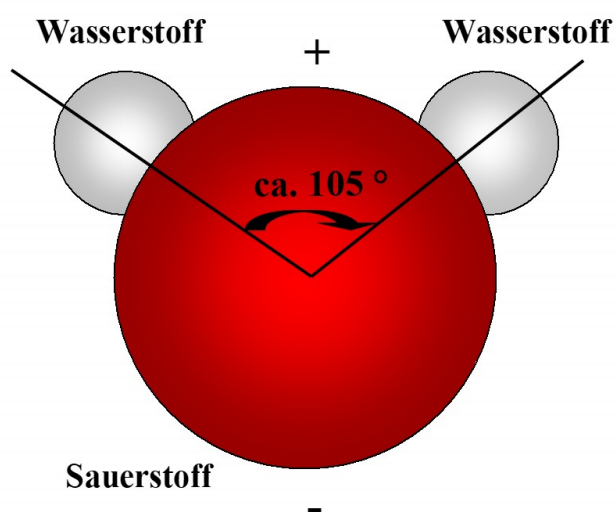


Quelle: Tageschau.de

Mit steigender Feuchtigkeit und mit steigender Temperatur steigt auch der Energiegehalt der Luft. Dies wird im sogenannten Mollier-h,x-Diagramm (früher i-x-Diagramm) dargestellt. Beim genaueren Betrachten des h,x-Diagramms fällt auf, dass die Dichte der Luft bei konstanter Temperatur mit steigendem Wasserdampfgehalt etwas geringer wird. Dies führt dazu, dass feuchtere Luft leichter ist als trockenere Luft (bei gleicher Temperatur) und dadurch aufsteigt. Das ist der eigentliche Antriebsmotor des Wasserkreislaufes, der durch die Energie der Sonne am Laufen gehalten wird.

3. Wasser – Lösungsmittel und ständig in Bewegung

Der Aufbau des Wassermoleküls (H_2O) ist der Grund für besondere Fähigkeiten von Wasser:

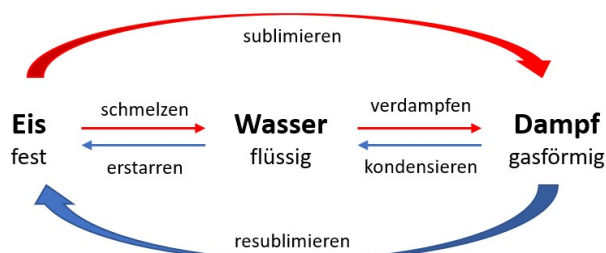


Aufgrund unterschiedlicher Elektronegativitäten bilden die beiden Wasserstoffatome vom Sauerstoffatom aus betrachtet beim Wassermolekül stets einen Winkel von ca. 105° aus.

Diese Struktur ist die Ursache dafür, dass das Molekül ein Dipolmoment, einen "Minimagnet" ausbildet. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassermoleküls sind auf Wechselwirkungen der Moleküle untereinander durch die Dipolbildung und Wasserstoffbrückenbindungen zurückzuführen. Hierzu gehören beispielsweise die Wärmekapazität, die Aggregatzustände, die Oberflächenspannung, die Dichteanomalie und die Fähigkeit, Salze zu lösen.

In der flüssigen Phase bilden die Wassermoleküle über Wasserstoffbrückenbindungen einen engen und stabilen Verband. Dies ist der Grund, warum Wasser unter Normalbedingungen flüssig ist und nicht dampfförmig, wie ähnliche andere Verbindungen. Die Dichteanomalie von Wasser, dass bei 4°C die höchste Dichte vorliegt, ist mit entscheidend für die Entwicklung des Lebens. Dies führt dazu, dass Seen von oben nach unten frieren und so unter dem Eis noch ein gewisser frostfreier Lebensraum bleibt.

Wasser kommt auf der Erde unter den möglichen natürlichen Bedingungen (Temperatur und Druck) tatsächlich in allen 3 Aggregatzuständen vor; es finden häufige Wechsel dieser Zustände statt:



Die Bilder zeigen flüssiges Wasser im kleinen See und darauf und darum festes Wasser als Eis und Schnee, als auch dampfförmiges Wasser in der Luft (das dampfförmige Wasser in der Luft ist nicht sichtbar, die Wolken bestehen als Kondensat aus feinsten Wassertröpfchen) sowie die jeweiligen Übergänge (Aggregatzustandswechsel) mit deren Bezeichnungen.

Die rot dargestellten Wechsel benötigen Energie und die blau dargestellten Wechsel geben Energie ab.

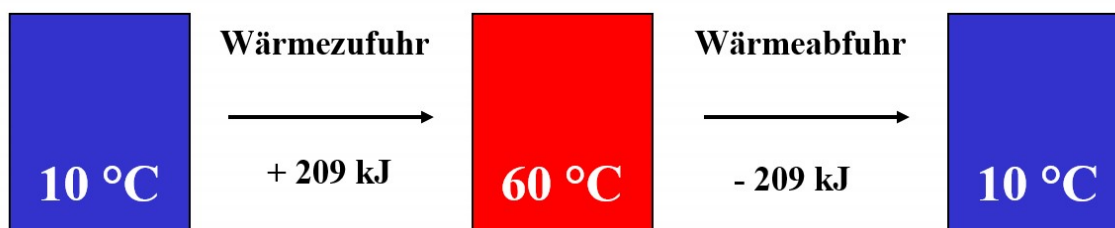
Wird Wasser zwischen der Wärmeaufnahme und der Wärmeabfuhr transportiert, ist es in der Lage Wärme von einem Ort an einen anderen Ort zu tragen. In sehr vielen Anwendungen wird Wasser daher als Wärmeträger oder Energieträger genutzt. Wasser transportiert Energie in Heizungssystemen vom Kessel zu den Verbrauchern und in Kühlanlagen von den Verbrauchern zum Kühler.

4. Wasser – Energieträger

Das Verhältnis von zugeführter Wärme zu der dadurch verursachten Temperaturerhöhung wird als spezifische Wärmekapazität bezeichnet. Wasser weist hier einen sehr hohen Wert von $4,18 \text{ kJ} / (\text{kg} \times \text{K})$ (bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$ und Normaldruck) auf; dieser Wert entspricht $1,16 \text{ Wh}/(\text{kg} \times \text{K})$, da $1 \text{ W}=1 \text{ J/s}$ ist.

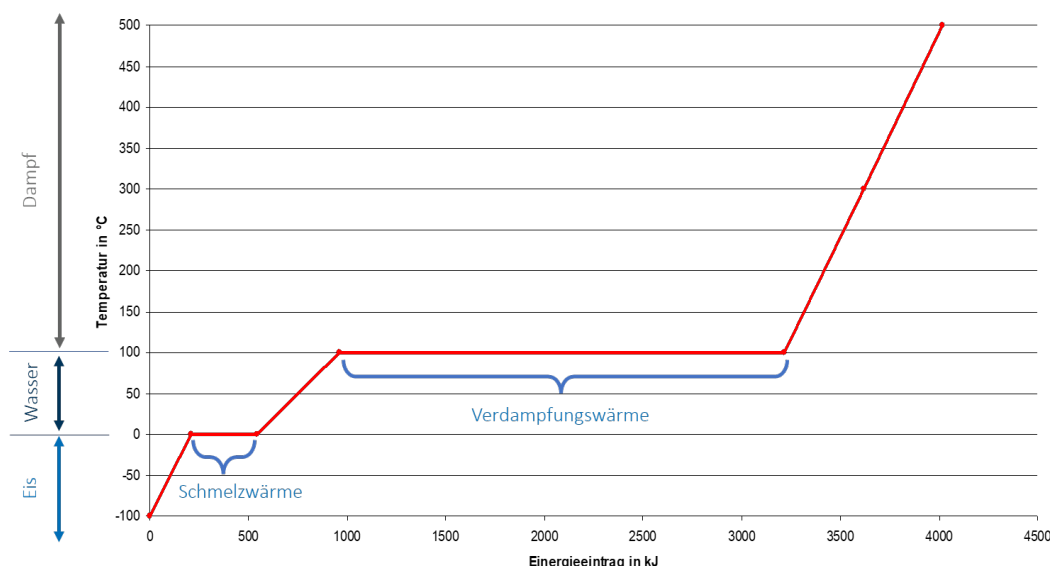
Kaum ein anderer Stoff ist in der Lage so viel Wärme aufzunehmen, zu speichern und zu transportieren. [Die spezifische Wärmekapazität von technisch genutztem Ammoniak liegt mit ca. $4,7 \text{ kJ}/(\text{kg} \times \text{K})$ etwas höher. Helium ($5,19 \text{ kJ}/(\text{kg} \times \text{K})$) und Wasserstoff ($14,3 \text{ kJ}/(\text{kg} \times \text{K})$) haben noch höhere Werte; jedoch liegen diese Stoffe bei Normalbedingungen als Gase vor.]

Beispiel der Wärmespeicherkapazität von 1 kg Wasser:



Statt der bezifferten 209 kJ als Wärmezufuhr, könnte die gleiche Energiemenge auch mit 58 Wh angegeben werden. Ein Heißwasserkocher mit einer Leistung von 1.160 W würde dann ca. 3 Minuten benötigen, um diese Temperaturänderung bei 1 kg Wasser zu erreichen.

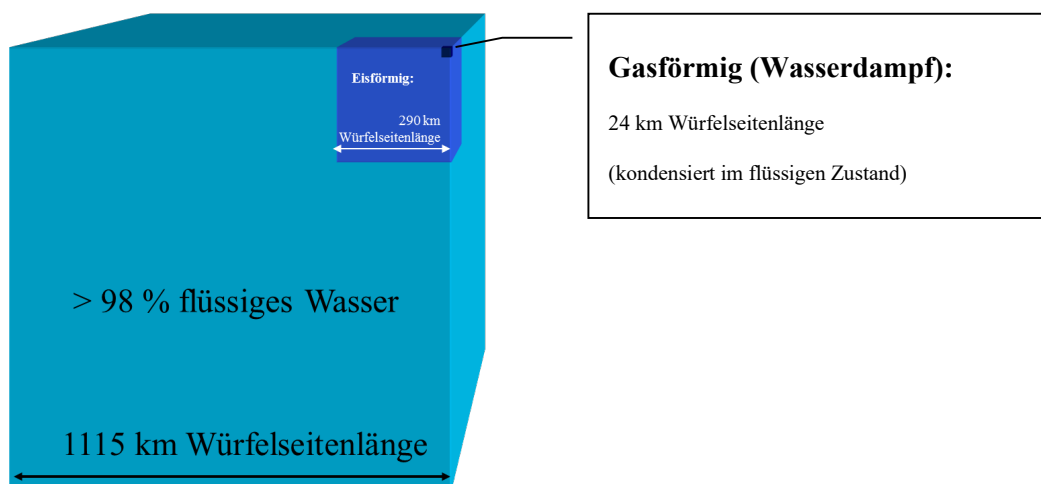
Erwärmt man 1 kg Eis unter Normaldruck und konstanter Wärmezufuhr so stellt sich bei einem ideal vermischen System ein Temperaturverlauf ein, der prinzipiell folgenden Verlauf nimmt:



Schmelzwärme und Verdunstungswärme liegen auf sehr hohem Niveau und zeigen auf, wie groß der Energiebedarf bei Aggregatzustandswechseln ist. In Dampfkesselsystemen und auch in Verdunstungskühlanlagen wird die Verdampfungswärme technisch genutzt, um große Energiemengen zu bewegen. In Wärmepumpenprozessen wird Wasser auch als Kältemittel verwendet. In Eisspeichern wird die Schmelzwärme technisch genutzt und rundet den technischen Einsatz von Wasser über ein sehr breites Temperaturspektrum ab.

5. Wasserkreislauf

Die gesamte Wassermasse der Erde wird auf ca. $1,4 \times 10^{18}$ kg geschätzt. Eine enorme Masse, aber gegenüber der gesamten Erdmasse ($5,97 \times 10^{24}$ kg) ist der Anteil kleiner als 1: 1.000.000. Da sich dieser Anteil aber hauptsächlich auf der Oberfläche und in der Atmosphäre unseres Planeten befindet, bedecken die Weltmeere über 70 % der Erdoberfläche und machen unsere Erde zum blauen Planeten. Die durchschnittliche Tiefe der Weltmeere liegt mit mehreren 1.000 m sehr hoch und so ummantelt eine enorme Wassermasse unseren Planeten. Der größte Teil des Wassers befindet sich somit in flüssiger Form (> 98 %), nur ein kleiner Teil ist eisförmig und ein ganz kleiner Teil ist gasförmig. – Mengenverhältnisse:



Diese Wassermassen sind ständig in Bewegung. Der Antrieb für den Wasserkreislauf ist die Energie der Sonne; aber auch ohne Sonneneinstrahlung verdunstet Wasser bei Luftkontakt. Feuchte Luft steigt wegen der geringeren Dichte gegenüber trockener und gleichwarmer Luft in der Atmosphäre auf. Beim Aufstieg in höhere Luftschichten kühlt sich die Luft ab und kann dadurch weniger Wasser aufnehmen. Dadurch steigt die relative Feuchtigkeit immer weiter an. Bei Überschreitung von 100 % relativer Feuchtigkeit kommt es zur Kondensation des Wassers (Kondensat), so bilden sich Wolken oder Nebel aus. - Jeder kennt den Wasserkreislauf:



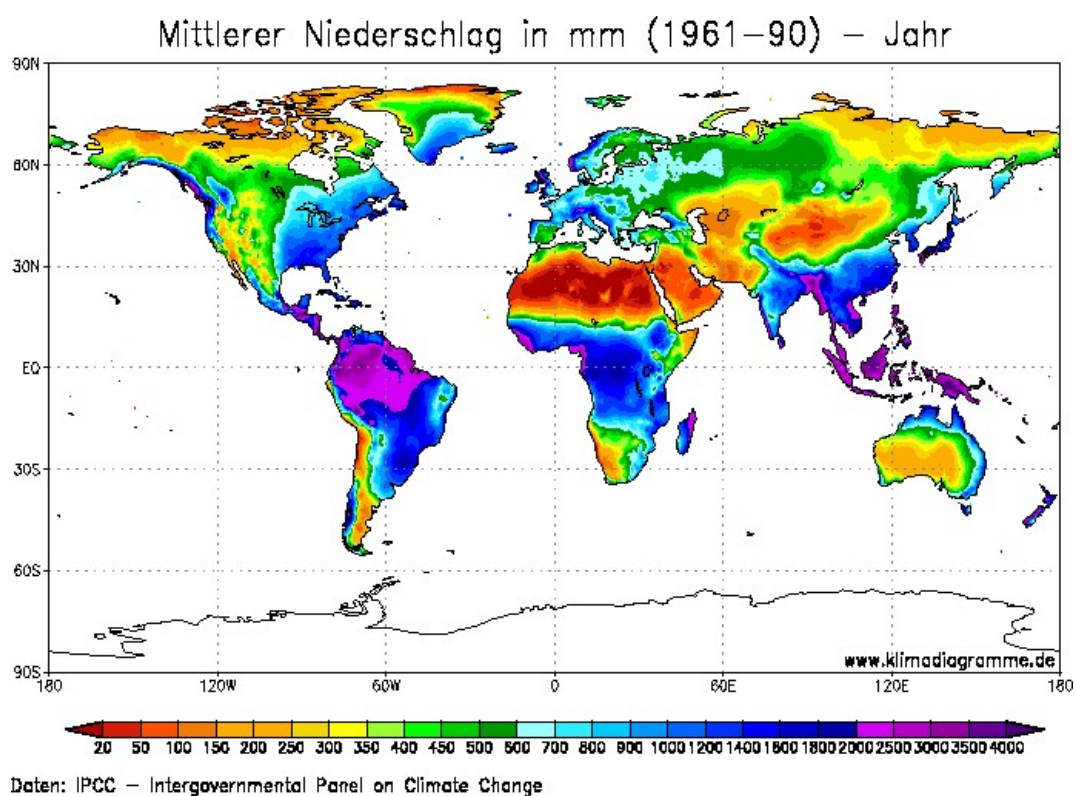
Quelle: Internet

Eine enorme Menge an Wasser nimmt an diesem Kreislauf teil, verdunstet und kondensiert weltweit fortlaufend.

Die durchschnittliche ‚Umwälzmenge‘ des weltweiten Wasserkreislaufes liegt berechnet mit ca. 15.000.000 m³/s unvorstellbar hoch. Die durchschnittliche Verweilzeit eines einzelnen Wassermoleküls in der Atmosphäre wird dabei auf ca. 10 Tage geschätzt, der Weg über Bäche und Flüsse zurück ins Meer dauert mehrere Wochen und im Meer verbleibt ein Wassermolekül rechnerisch über 2.000 Jahre. Im ewigen Eis in den Polarregionen ist die Verweilzeit noch viel länger.

Einige wenige Wassermoleküle durchlaufen auch besondere Bereiche. Wasser, welches wir Menschen trinken, wird temporär Teil unseres Körpers. Wo die einzelnen Wassermoleküle in der langen Erdgeschichte schon überall gewesen sind, werden wir nie erfahren, denn Wassermoleküle bleiben letztendlich meist ausschließlich Wassermoleküle und werden auch aus unserem Körper irgendwann wieder ausgeschieden und setzen die Reise fort.

Die räumliche und zeitliche Verteilung der Verdunstung und der des Niederschlages ist stark schwankend. Ein Großteil des Niederschlagswassers regnet über den Weltmeeren wieder ab. Eine große Wassermenge regnet auf dem Festland ab, dort können die Niederschlagsmengen erfasst werden. Eine folgende Karte zeigt die weltweite Niederschlagsmenge in mm/Jahr:

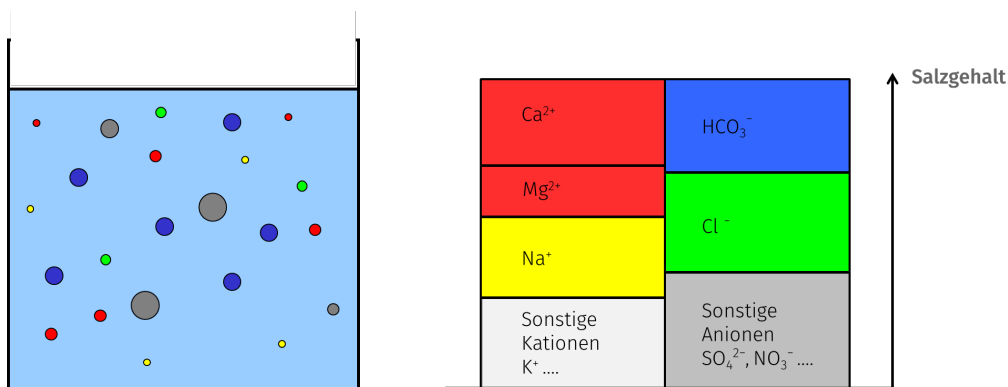


Es gibt Regionen, in denen es fast nie regnet (Wüsten) und andere Regionen, in denen es nahezu unaufhörlich regnet (Regenwald). Durch die globale Erwärmung der Atmosphäre kann immer mehr Wasser aufgenommen werden und dadurch steigt die Umwälzrate des Wassers immer weiter. Wenn mehr Wasser verdunstet, kommt es folglich auch zu mehr Niederschlägen.

Diese Entwicklung hat der Mensch durch die Klimaerwärmung mit verursacht und die Menge wird bei weiterem Temperaturanstieg noch weiter steigen. Kommt es zu stationären und langanhaltenden Wetterverhältnissen mit Niederschlag sind erhebliche Starkregenereignisse mit einer zerstörenden Kraft zukünftig noch intensiver und häufiger.

6. Löslichkeit von Salzen

Die Dipolstruktur von Wasser verursacht nicht nur die energetisch guten Eigenschaften von Wasser. Die Dipolstruktur ist die Voraussetzung dafür, dass Wasser ein sehr gutes Lösungsmittel ist; vor allem für Salze, Säuren und Laugen. Regenwasser löst nach dem Niederschlag über den Kontakt mit dem Untergrund auf seinen Weg über Bäche und Flüsse permanent Salze aus dem Erdreich auf und reichert sich so mit Salzen an. Die Art und Menge der aufgenommenen Salze hängen vom Weg des Wassers, der Art des Bodens und von der Kontaktzeit mit dem Wasser ab. Im Wasser lösen sich die Salze (z.B. NaCl) in die jeweiligen Ionen auf (positiv und negativ geladene Ionen):

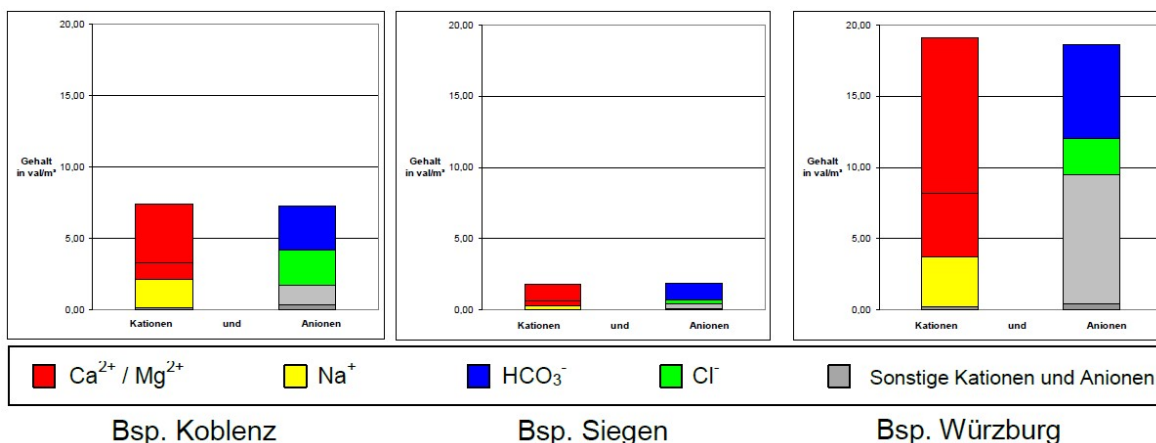


Die im Wasser gelösten Ionen werden links im Becherglas einzeln dargestellt und rechts als Säulendarstellung visualisiert. Je höher die Säule, umso mehr Salze (Ladungsträger) sind im Wasser gelöst. Die farblich dargestellten Flächen entsprechenden dem Gehalt der jeweiligen Ionen; die unterschiedlichen Ionenwertigkeiten wurden dabei berücksichtigt.

Die vorhandener Bodenstruktur und Zusammensetzung der Mineralien spiegeln sich in der sich einstellenden Wasserqualität wider, so bilden sich unterschiedliche Salzzusammensetzungen und Salzniveaus aus, das Wasser bildet ein entsprechendes Mineralienprofil aus.

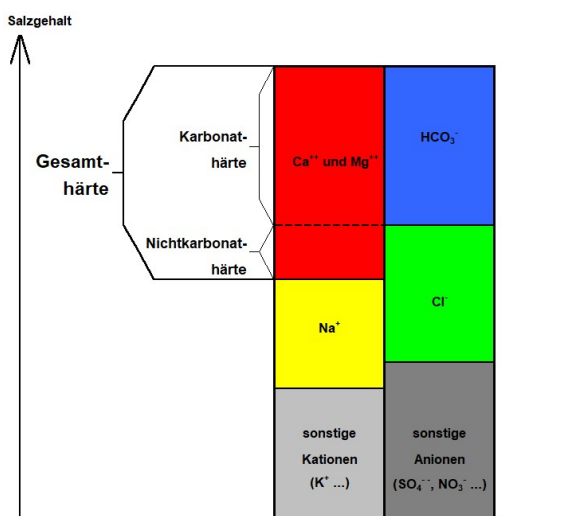
Ein über Talsperren gesammeltes Wasser hat meist wenig Salze aufnehmen können, ein Brunnenwasser aus einem tiefen Brunnen kann durch die längere Kontaktzeit meist viel mehr Salze aufnehmen und ist somit oft salzreicher und damit mineralhaltiger.

Hier sind beispielhaft drei unterschiedliche Wasserqualitäten optisch aufgezeigt:



In Koblenz wird beispielsweise ein Rheinuferfiltrat zur Trinkwasserversorgung gewonnen, mit einem mittleren Salzgehalt. In Siegen wird das Trinkwasser aus Talsperren gewonnen, welches sehr salzarm ist. In Würzburg wird überwiegend Quell- und Grundwasser verwendet, welches sehr mineralreich ist.

Die Art und Menge der aufgenommenen Salze verändern die Eigenschaften des Wassers. Hohe Gehalte an Chlorid oder Sulfat können die Korrosionsgeschwindigkeit in metallischen Rohrleitungen anheben. Die Menge an Kalzium und Magnesium im Wasser wird als Gesamthärte bezeichnet (in der Säule rot dargestellt) und ist als Summenparameter relativ einfach analytisch mit Tropfentests zu bestimmen. Die Gesamthärte-Ionen können mit Hydrogenkarbonat im Wasser zum unlöslichen Kalk reagieren. Die Hydrogenkarbonate, die mit der Gesamthärte reagieren können, werden als Karbonathärte bezeichnet. So neigt ein Wasser mit einer hohen Karbonathärte (Rot-blauer Säulenbereich) dazu, dass beim Erwärmen des Wassers Kalk ausfällt. - Dies wird über das Kalk-Kohlensäuregleichgewicht beschrieben. Neben der Temperatur spielt der pH-Wert im Wasser bei dieser Reaktion eine wichtige Rolle.



Kalk-Kohlensäuregleichgewicht:



Dieser Vorgang der mineralischen Ablagerung spielt in Trinkwasser-Installationen vor allem in Warmwassererzeugern eine verbreitete Problematik, wenn das Trinkwasser eine hohe Karbonathärte aufweist. Auch in weiteren technischen Systemen der TGA können bei höheren Härtegraden Störungen durch mineralische Ablagerungen entstehen. - Dann sollten Maßnahmen ergriffen werden, um diese Problematik zu reduzieren.

Wasser ist nicht nur Energieträger sondern vor allem auch unser wichtigstes Lebensmittel und Trinkwasser hat hohe hygienische Anforderungen. Die Trinkwassergewinnung bedient sich der unterschiedlichen Wasserquellen und die Wasserversorger sichern bei der Gewinnung und Verteilung hohe Hygienestandards ab, die in den Trinkwasser-Installationen in den Gebäuden fortgesetzt wird. Alles unter den Anforderungen der Trinkwasserverordnung und des technischen Regelwerkes. Seit 2023 gibt es den ‚Tag der Trinkwasserhygiene‘: www.kuriose-feiertage.de/tag-der-trinkwasserhygiene/

Trinkwasser wird in vielen Anwendungen der TGA technisch genutzt, wo weitergehende hygienische Anforderungen gestellt werden, die ich auf meiner Homepage ausführlich als Technische Hygiene beschreibe. Neben der Trinkwasser-Installation sind auch für Raumluftechnische Anlagen, Verdunstungskühlanlagen und Nassabscheider die jeweiligen Gesetze und technische Regeln einzuhalten. Der VDI bietet zu allen Bereichen entsprechende Regeln und Schulungsmöglichkeiten an.

7. Rheinwasser - von der Quelle bis zur Mündung

Der Rhein ist nicht nur Europas wichtigste Wasserstraße, er ist ein wichtiger Lieferant für viele Wasserversorger. Nicht nur die Bodenseewasserversorgung bedient sich beim Rhein, es werden auch viele weitere Anlagen zur Trinkwassergewinnung über Rheinuferfiltrate betrieben.

Auf seinem über 1.200 km langen Weg von der Rheinquelle am Toma See in der Schweiz bis zu seiner Mündung in die Nordsee nimmt der Rhein fortlaufend Salze auf und erhält auch weitere Salzfrachten über Nebenflüsse oder andere Einleitungen. Der Rhein nimmt auf dem Weg von der Quelle bis zur Mündung durchschnittlich mehr als 500 g Salze pro m³ Wasser auf!

Datenauszug gemessener Wasserwerte vom Rhein aus dem Jahr 2014:

Entnahmestelle			Wasserwerte					
Ort - Bereich	Höhe über NN	Fluss-Km	Temperatur in °C	pH-Wert	elektr. Leitfähigkeit (25°) in mS/m	Gesamthärte in °d	Karbonathärte in °d	Chloridgehalt in g/m ³
Quelle – Tomasee (CH)	2345	-221	4,0	6,9	4,9	1,0	1,0	1,5
Vorderrhein in Sedrun	1364	-210	8,0	8,2	8,9	2,3	2,3	2,0
Vorderrhein in Ilanz	696	-160	9,0	8,2	12,4	3,5	2,3	2,5
Vorderrhein in Reichenau	594	-140	11,0	8,1	16,3	4,5	3,5	2,5
Bodenseezulauf in Fußsach	400	-50	14,0	8,2	23,4	5,5	4,5	2,5
Bodensee in Konstanz	399	0	22,0	8,6	32,2	8,0	6,0	7,5
Rheinfall – Schaffhausen	364	55	21,8	8,5	32,6	8,5	6,3	7,5
Rhein in Kilstett – (F)	127	313	22,0	8,6	35,5	8,0	6,5	10,0
Rhein in Mannheim	90	430	21,5	8,0	37,3	8,5	7,5	15,0
Rhein in Mainz	82	510	21,7	8,2	44,8	8,0	7,5	22,5
Rhein bei Niederwerth	64	594	21,3	8,2	47,4	10,0	7,0	35,0
Rhein in Duisburg	21	750	20,7	8,1	55,3	10,0	7,0	52,5
Rheindelta in Nijmegen	11	939	20,4	8,2	68,9	11,0	7,0	90,0

Diese Werte wurden in einer praktischen Schülerarbeit im Bereich ‚Schüler experimentieren‘ (Vorstufe von ‚Jugend forscht‘) im Juni 2014 durch Nico Hilden analytisch ermittelt.

Eine wirklich tolle Schülerarbeit und ein großartiges Erlebnis!

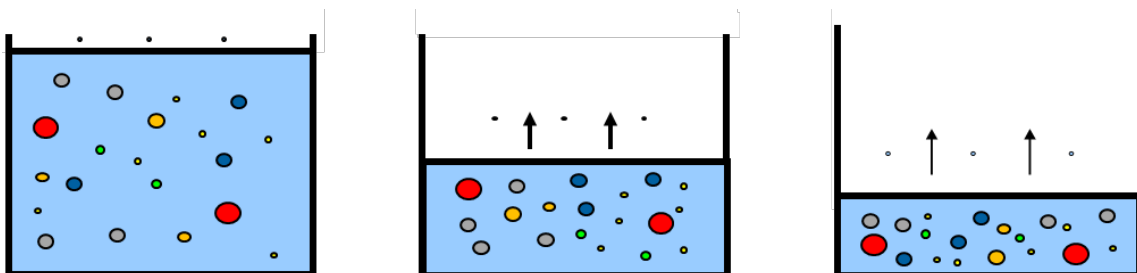


Bei einem durchschnittlichen Volumenstrom vom Rhein im Mündungsbereich von ca. 2.000 m³/s ergibt sich mit dem Salzgehalt von ca. 0,5 kg/m³ eine durchschnittliche Salzfracht von ca. 1.000 kg/s, die der Rhein in die Nordsee fortlaufend transportiert. - Das entspricht einer Tonne Salz pro Sekunde (1 t/s)!

Kein Wunder also, dass Meerwasser salzig ist, weil alle Flüsse der Welt einen gewissen Salzeintrag in die Meere zur Salzanreicherung beisteuern.

8. Eindickung durch Verdunstung

Da beim Verdampfen nur reines Wasser den Aggregatzustand wechseln kann, bleiben die im Wasser gelösten Salze bei der Verdunstung im Restwasser zurück. Ein mit salzhaltigem Wasser gefüllter Kochtopf dickt bei zunehmender Verdunstung des Wassers ein, die Salzkonzentration steigt dadurch an.

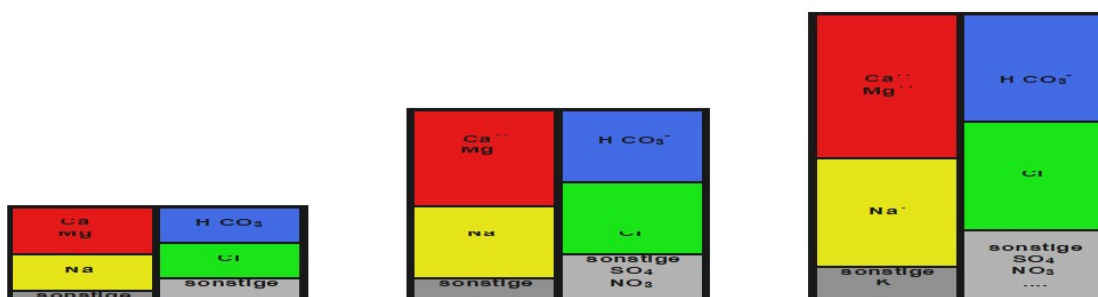


Das Bild zeigt die im Wasser gelösten Ionen, die durch Verdunstung in immer weniger Wasser gelöst eindicken. Das Verhältnis der Salzkonzentration zum Ausgangswasser wird mit der Eindickungszahl EZ beschrieben. $EZ = 2$ bedeutet eine doppelt so hohe Salzkonzentration wie im Ausgangswasser.

Ausgangswasser →

$EZ = 2$

$EZ = 3$



Wird dieser Eindickungsprozess immer weiter voran getrieben, steigt die Eindickung immer weiter an, bis es zum Ausfall erster Salze kommt, weil Löslichkeitsgrenzen überschritten werden. Verdunstet das Restwasser vollständig, trocknen die Salze letztendlich vollständig auf und bleiben als Mineralische Ablagerung auf dem Boden des Kochtopfes zurück.

Wird der Topf regelmäßig wieder aufgefüllt, so werden durch das zusätzliche Wasser auch zusätzliche Salze in den Topf eingetragen. Dann steigt bei gleicher Wassermenge dennoch die Eindickung durch den zusätzlichen Salzeintrag über das nachgefüllte Wasser an.

Diese Verdunstungsprozesse finden forlaufend in der Natur und auch in technischen Anwendungen statt und dies verändert die Wasserqualität entscheidend.

Die Verdunstung von Wasser in der Atmosphäre und der darauffolgende Niederschlag entsprechen dem physikalischen Vorgang der Destillation. Wenn das verdunstete Wasser wieder kondensiert, ist es nahezu reines Wasser, welches dann zur Aufnahme neuer Salze bereit ist. Der in der Atmosphäre permanent arbeitende Wasserkreislauf schafft daher verschiedene Wasserqualitäten und damit auch unterschiedliche Lebensräume.

9. Salzwasser und Süßwasser

Der Wasserkreislauf und die Eindickung schaffen regional verschiedene Wasserqualitäten und neben großen Bereichen an Salzwasser (Meere) auch einige wenige Bereiche mit Süßwasser, welche durch Niederschläge wieder aufgefüllt werden oder neu entstehen.

Wasser mit einem Salzgehalt von mehr als 1 % wird als Salzwasser bezeichnet.

Wasser mit einem Salzgehalt von weniger als 0,1 % wird als Süßwasser bezeichnet.

Wasser mit einem Salzgehalt dazwischen wird als Brackwasser bezeichnet.

Über weltweit alle Flüsse werden fortlaufend Salze ins Meer eingetragen und diese Salze bleiben letztendlich im Meer zurück, wenn Wasser beim nächsten Verdunsten wieder auf seine Reise geht. Dadurch entsteht der Unterschied zwischen Süßwasser und Salzwasser. Süßwasser befindet sich im Fluss, in einem durchströmten See, im Grundwasser, in Schnee- und Eisbereichen und endet letztendlich immer im salzwasserhaltigen Meerwasser.

Im Mündungsgebiet der Flüsse kommt es bei Ebbe und Flut zu einer Vermischung von Süßwasser und Salzwasser, die einer Art Tauziehen entspricht. Bei Ebbe strömt das Süßwasser weit über die Mündung hinaus ins offene Meer und verdünnt das Meerwasser im Mündungsbereich. Bei Flut drückt Meerwasser in den Mündungsbereich des Flusses und sorgt für deutlich höhere Salzgehalte im Mündungsbereich bis mehrere km landeinwärts. Beim Rhein ist bei Flut noch in Emmerich ein höherer Salzgehalt festzustellen.

So schwankt im Wechsel von Ebbe und Flut der Salzgehalt in den Mündungsgebieten von Flüssen meist erheblich. Dies stellt hohe Anforderungen an die Lebewesen in diesem Gebiet, die sowohl mit Süßwasser, als auch mit Salzwasser zurecht kommen müssen. Gegenüber der enormen Menge an Salzwasser im Meer ist das über die Flüsse eingetragene Süßwasser normalerweise nicht dominant genug, um den Salzgehalt dauerhaft zu senken. Werden jedoch sehr große Mengen an Süßwasser (z.B. über Gletscher) in kurzer Zeit eingetragen, kann dies regional zu deutlichen Änderungen führen, was auch Auswirkungen auf die Meeresströmungen haben können.

Die Vermischung der Weltmeere ist über die zahlreichen Meeresströmungen tatsächlich recht gut und daher ist der Salzgehalt der Meere weltweit relativ gleich verteilt. Über Jahrmillionen hinweg hat sich der Salzgehalt (ca. 3,5 %) in den Weltmeeren entwickelt. Lokale Meere können durch hohe Verdunstungsraten jedoch sehr hohe Salzgehalte erreichen.

Das Mittelmeer ist aus diesem Grund etwas salziger als der Atlantik. Das Tote Meer erreicht als lokales Meer sogar einen Salzgehalt weit über 20 %. Trocknen derartige Gebiete vollständig aus, entstehen große Salzablagerungen oder Salzwüsten.

Der permanente Salzeintrag der süßwasserführenden Flüsse in die Weltmeere ist über die Jahrtausende hinweg für die Entwicklung des hohen Salzgehaltes der Weltmeere mit verantwortlich. Im Mündungsgebiet zum salzhaltigen Meerwasser kommt es zu Brackwasserbereichen durch Verdünnung.

Diese Zusammenhänge sind zwar bekannt, aber nicht ganz verstanden, weil der Wasserkreislauf oft isoliert ohne den dabei stattfindenden Salztransport betrachtet wird.

10. Nordsee und Ostsee - Salzwasser und Brackwasser

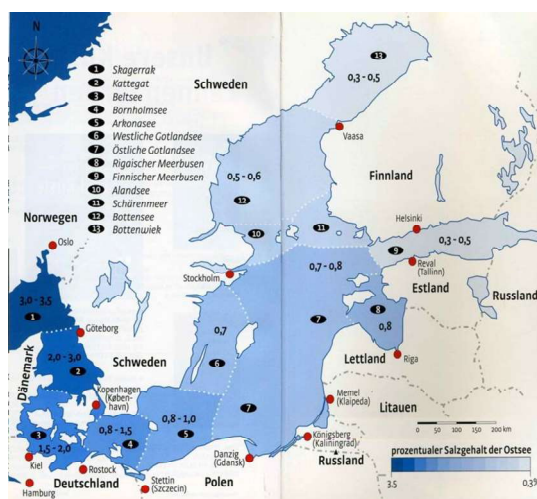
Die Nordsee steht in direktem Austausch zum Atlantik und hat dadurch den Salzgehalt des Atlantiks angenommen. Hier kommt es in den Mündungsgebieten der Flüsse zu dem beschriebenen Tauziehen zwischen Salz und Süßwasser bedingt durch Ebbe und Flut.

Die Ostsee hat aufgrund ihrer geringen Oberfläche keine nennenswerte Ebbe und Flut und ist nur über eine Meerenge bei Dänemark in Kontakt mit der Nordsee verbunden. Durch die ausgeprägte Ebbe und Flut in der Nordsee erfährt die Ostsee jedoch auch eine geringe Ebbe- und Flutbewegung.

Das von den Flüssen bekannte Tauziehen zwischen Ebbe und Flut im direkten Mündungsbereich wird in der Ostsee als ein riesiges Mündungsgebiet aller in die Ostsee mündenden Flüsse räumlich enorm vergrößert und gestreckt.

Über die Verbindung der Meerenge um Dänemark immer bei Flut wieder Salz in die Ostsee gedrückt (meist im Bodenbereich wegen der höheren Dichte) und bei Ebbe in der Nordsee strömt das salzhaltige Wasser je nach Vermischung wieder zurück in die Nordsee. Dadurch sinkt der Salzgehalt in der Ostsee nach Osten und Norden hin immer weiter. Die Ostsee ist ein riesiges Brackwassermeer.

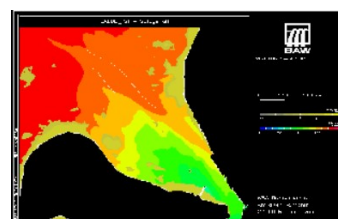
Im Bereich der Verbindung zur Nordsee erreicht die Ostsee nahezu 3 % Salzgehalt, welcher nach Osten und hin dann schnell unter 1 % sinkt und im Durchschnitt bei nur 0,7- 0,8 % liegt.



Quelle: MS Wissenschaft – Darstellung aus 2016 www.ostsee-der-zukunft.experience-science.de

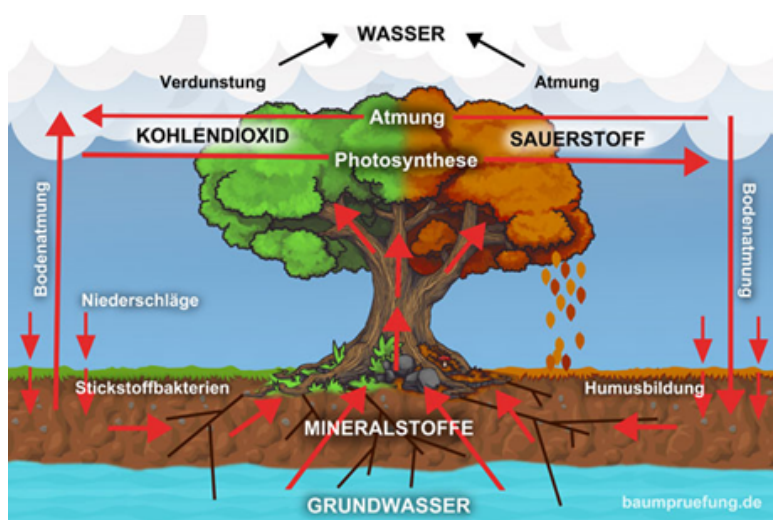
Diese unterschiedliche Salzkonzentration führt zu unterschiedlichen Dichten, die wiederum einen unterschiedlichen Auftrieb für Schiffe verursachen. Wenn ein Schiff in Kiel maximal beladen wird und das Schiff nach St. Petersburg fährt, kann es sein, dass es durch den geringeren Auftrieb zu sinken droht. Dies wird über die sogenannte Plimsoll Linie an Schiffen genau betrachtet, um Unfälle zu verhindern.

Im Internet steht eine interessante Farbanimation zur Verfügung, die den zeitlichen Verlauf der Salzgehalte der Weser aufzeigt: (<https://wiki.baw.de/de/index.php/Datei:Salz.gif>)



11. Klimazonen – Temperaturschwankungen - Vegetation

Durch die schräggestellte Erdachse entstehen beim Umlauf der Erde um die Sonne unterschiedliche Winkel der Sonneneinstrahlung. Daraus resultieren verschiedene Klimazonen, die im Jahresverlauf Schwankungen unterliegen. Die unterschiedlichen Zonen bieten unterschiedliche Lebensräume und die Vegetation ist eine entscheidende Größe im sich einstellenden Klima. Gerade Wälder stellen einen enormen Wasserspeicher dar, die den Wasserkreislauf sozusagen puffern und unterstützen. Die Wasserspeicherfähigkeit im Boden spielt eine wichtige Rolle, Humus kann beispielsweise das 7 fache seines Trockengewichtes an Wasser aufnehmen und ist damit ein idealer Wasserspeicher. Ausreichende Waldflächen sichern neben der Sauerstoffproduktion somit auch eine ausreichende Menge an Wasser im Boden und sorgen für ein kühleres Klima als in waldarmen Gebieten.



Neben den regionalen Schwankungen der unterschiedlichen Klimazonen gibt es auch tages- und jahreszeitliche Schwankungen. Bei der Verdunstung und dem Niederschlag von Wasser werden hohe Energiemengen benötigt, so dass Wasserdampf in der Atmosphäre eine puffernde Wirkung auf das Temperaturniveau haben, die tägliche Temperaturspanne der Atmosphäre ist in feuchten Räumen daher deutlich geringer als in trockenen Räumen. In sehr trockenen Wüsten liegt die Temperaturspanne zwischen Tag und Nacht enorm hoch, weil der Energieeintrag im Tagesverlauf zu entsprechend hohen Temperaturen führt und Energie nicht durch Verdunstungsprozesse gebunden wird. Wasser hat in der Atmosphäre somit eine puffernde Wirkung.

Das Wasser der Weltmeere stellt einen riesigen Wärmespeicher dar und hat eine enorm puffernde Wirkung im globalen Klima unseres Planeten. Die globalen Meeresströmungen wirken zudem wie weltweit arbeitende Heizungsanlagen. Der Golfstrom (50.000.000 m³/s!) verursacht als Wärmestrom in Europa ein milderes und wärmeres Klima. Die Strömungsdynamik der Meeresströmungen ist jedoch labil und hängt unter anderem vom Salzgehalt und Einfluss durch Schmelzwasser ab. Veränderungen der Schmelzwassermengen könne zu Änderungen der Meeresströmungen führen. Diese Veränderungen wirken wiederum auf das Temperaturniveau, auf die Niederschlagsverhältnisse und somit auf das Klima und die Vegetation.

Die Klimazonen verändern sich und in vielen Regionen findet eine Ausbreitung von Wüsten statt. Die Desertifikation ist der schleichende Prozess der Zerstörung der Regenerationsfähigkeit arider und semiarider Gebiete. Das großflächige Roden von Waldgebieten verschlechtert die Fähigkeit der Wasseraufnahme und Grundwasserausbildung in diesen Gebieten.

12. Lebensgrundlage Wasser

Wasser ist die wichtigste Grundlage des Lebens. Nicht nur unser Planet selbst ist mit über 70 % von Wasser bedeckt, auch wir selbst bestehen zum größten Teil aus diesem Molekül, alle Lebewesen tragen es in sich und es ist durch sehr viele Kreisläufe eng mit dem Leben verbunden.

Ohne Wasser kein Leben! - Menschen können nur wenige Tage ohne Wasser überleben.

Wasser ist die Grundlage des Lebens für alle Lebewesen. Auch für das pflanzliche Leben ist es eine grundsätzliche Voraussetzung für die Photosynthese, die aus CO₂ mit Hilfe von Sonnenlicht und Wasser pflanzliche Energie und Sauerstoff bildet. Im Meer wächst dadurch Plankton als Grundlage für die Nahrungskette der Meeresbewohner. Im Bodenbereich ist gerade in Wäldern eine enorme Menge an Wasser gebunden und die Wälder stellen eine riesige Luftbefeuchtungsanlage dar.

In den letzten Millionen Jahren hat sich die Vielfalt auf unserem Planeten enorm entwickelt. Die unterschiedlichen Lebensformen haben sich an die jeweiligen Bedingungen angepasst und so stellt die Erde heute eine Heimat für unzählige Lebensformen dar. Alle Lebewesen benötigen jedoch den Zugang zu Wasser.

Unsere Erde steht dabei in einem labilen Gleichgewicht und die anpassungsfähigeren Spezies überleben. Der Mensch hat sich in den letzten tausenden Jahren an die Spitze der Nahrungskette gearbeitet. Keine andere Art hat sich derart dominant entwickelt. Er nutzt und prägt die Erde auf eine bisher unbekannte Art und Weise unter extremer Nutzung der vorhandenen Rohstoffe.

Dabei verändert er die Erde und greift in das labile Gleichgewicht der Natur ein. Besonders das Verbrennen fossiler Stoffe führt zu extremen Veränderungen mit schwerwiegenden Folgen.

Der Eintrag an Plastik in unsere Umwelt zeigt bereits enorme Auswirkungen, denn diese Plastikteile werden zeitweise Begleiter des Wasserkreislaufes und landen so letztendlich im Meer. Hier sind bereits riesige Müll-Flächen entstanden und die Plastikkomponenten werden dabei immer kleiner und somit auch Teil im Nahrungskreislauf der Meeresbewohner.

Die Meere sind die hydraulische Endstufe von allem, was wir ins Wasser geben. So werden sich auch Arzneimittel, Hormone, Pestizide und andere vom Menschen eingetragene Stoffe (wie das Salz schon über Jahrmillionen) im Meer anreichern, dabei aber zu immer mehr Auswirkungen auf die Meeres-Bewohner führen.

Zumindest einen Teil davon bekommen wir über die Nahrungskette durch Fischfang wieder zurück auf unseren Tisch!

13. Wasserhygiene – Risiken durch Legionellen – Gesetze und Technisches Regelwerk

Wasser enthält meist auch Mikroorganismen, je nach Ort und Anwendung sogar sehr hohe Mengen und eine große Bandbreite an Belastungen. Hygienisch besonders relevant sind Legionellen, die erstmals 1976 bei einem Ausbruch in den USA entdeckt und als Gefahrenquelle erkannt wurden und immer dann zum Hygienierisiko werden, wenn es bei Belastungen zu Aerosolbildung kommt.

Die verschiedenen risikobehafteten Anlagen wurden schon 1987 erkannt und dargestellt:

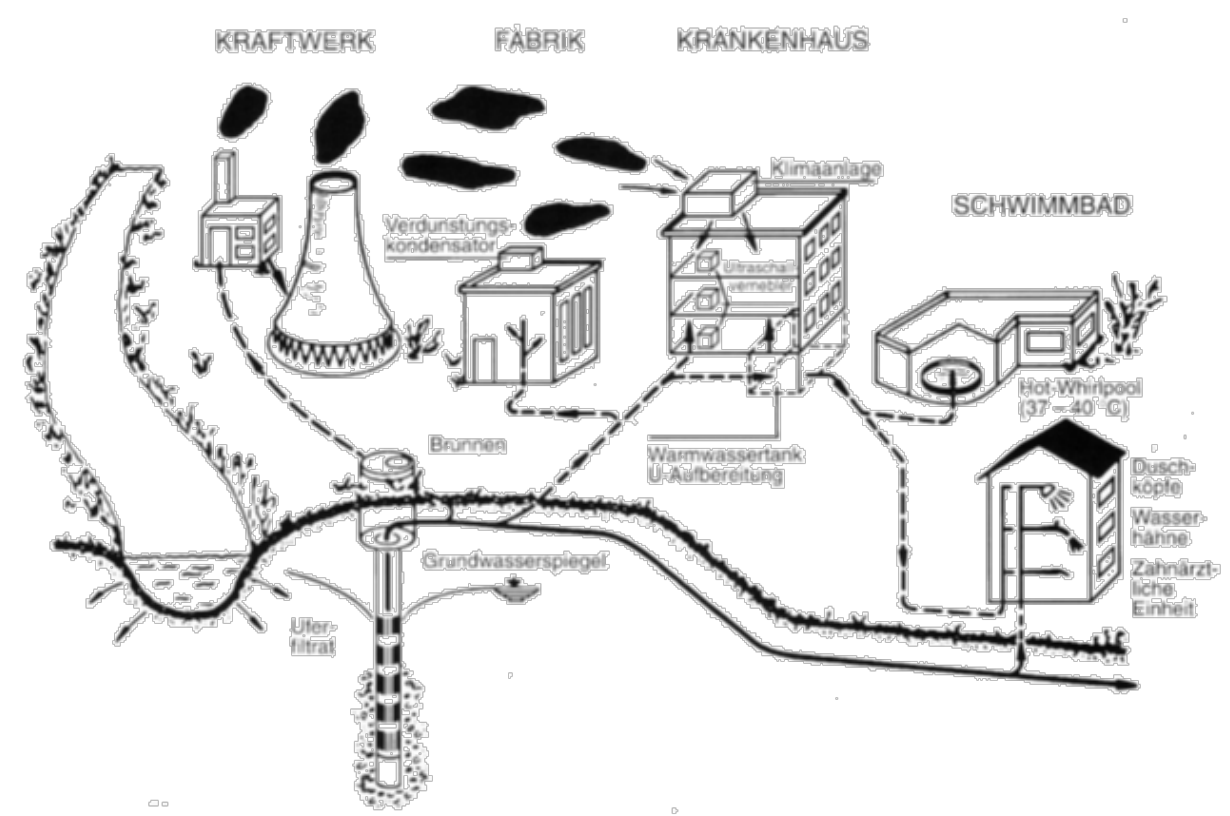


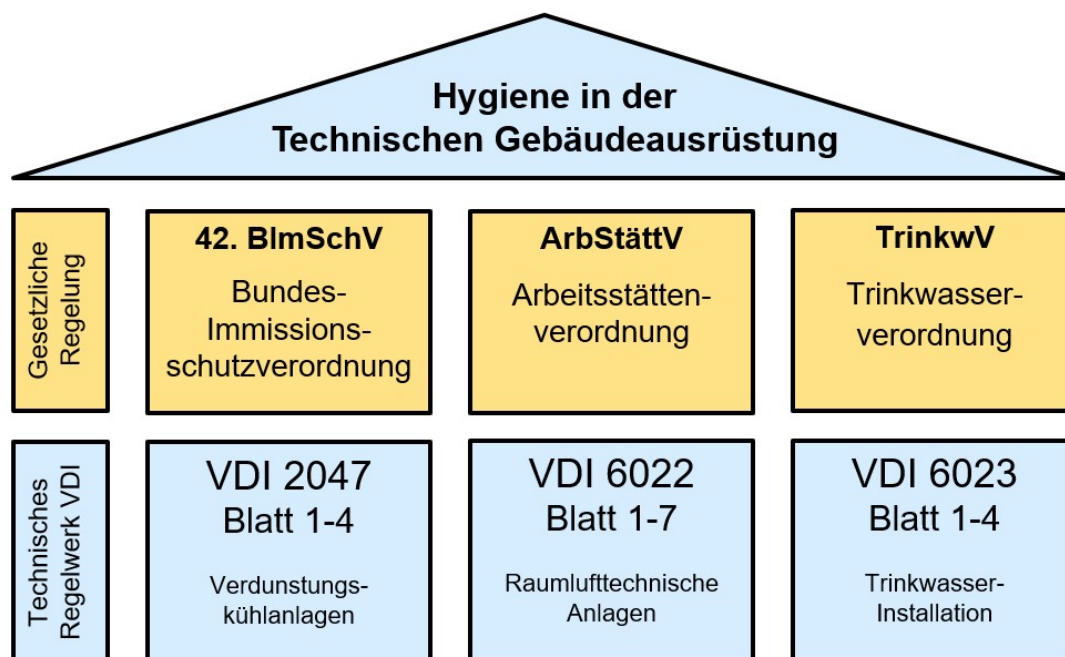
Abbildung: Legionellen in technischen und natürlichen Wassersystemen (Quelle: M. Exner, R. Schulze-Röbbecke, Öff. Gesundh.-Wes. 1987; 49; 90-96)

Die Minimierung des grundsätzlichen Betriebsrisikos wird bei den in der Abbildung gezeigten Anwendungsbereichen (Trinkwasser, Schwimmbadwasser, Befeuchterwasser und Kühlwasser) über Gesetze, Verordnungen, Empfehlungen und technische Regelwerke angestrebt. Auch Trinkwasser ist trotz sorgfältiger Aufbereitung nicht steril, Trinkwasser ist ein verderbliches Lebensmittel ohne ein aufgedrucktes Mindesthaltbarkeitsdatum und muss daher regelmäßig fließen.

Den meisten Nutzern dieser Anlagen sind die Risiken bei der Anlagennutzung nicht bewusst, daher ist es entscheidend, dass der Betreiber einer Anlage seine Verantwortung vollumfänglich übernimmt. Wenn ein Betreiber mit dem Betrieb einer Anlage eine Gefahrenquelle schafft, muss er die entstehenden Risiken minimieren und sich seiner Betreiberverantwortung stellen.

Diese Verantwortung wird über Gesetze und Verordnungen, sowie Technisches Regelwerk geregelt und eingefordert. Die gesetzlichen Regelungen sind verbindlich und auch das technische Regelwerk wird durch Benennung in den jeweiligen Verordnungen mit einer höheren Verbindlichkeit rechtlich angehoben. Dadurch entstehen oft bürokratische Aufwände und Auflagen. Zum Erreichen der jeweiligen Schutzziele sind diese jedoch oft unvermeidbar.

Der VDI e.V. stellt als interessensunabhängiger technischer Regelsetzer viele Technische Regeln zur Hygiene zur Verfügung. Im Bereich der Technischen Gebäudeausrüstung ist der VDI einer der wenigen Regelsetzer, der über die Anwendungsbereiche Trinkwasser, Raumluftechnische Anlagen und Verdunstungskühlanlagen umfangreiche technische Regeln erstellt hat.



Diese drei VDI-Hygiene-Richtlinien der Technischen Gebäudeausrüstung stehen im Schulterschluss der Technischen Hygiene als allgemein anerkannten Regeln der Technik ergänzend zu den gesetzlichen Regelungen zur Verfügung und bieten zudem ein Qualifikationsangebot für Hersteller, Errichter und auch Betreiber. Die Einhaltung und Delegation der Betreiberverantwortung durch Schulungen und Qualifikationen sind in allen Hygienerichtlinien fest verankert. Je besser ein Betreiber die Hintergründe der Hygiene versteht, umso zielgerichteter kann er handeln. Schon seit 2003 wird durch den von der WHO ins Leben gerufene Weltwassertag am 22.03. das Thema Wasser in die öffentliche Wahrnehmung getragen. Seit 2023 gibt es weitere wichtige Tage zur besonderen Sensibilisierung der Öffentlichkeit für das Thema Hygiene:



Der **01.12.** sensibilisiert als ‚**Tag der Trinkwasserhygiene**‘ seit 2023 auf die hygienischen Risiken in Trinkwasserinstallationen. www.kurioese-feiertage.de/tag-der-trinkwasserhygiene/

Der **19.08.** macht als ‚**Tag der Kühlwasser-Legionellen**‘ oder auch als ‚**Tag der Kühlwasserhygiene**‘ schon seit 2023 auf die hygienischen Risiken in Verdunstungskühlanlagen, Kühltürmen und Nassabscheidern aufmerksam. www.kurioese-feiertage.de/tag-der-kuehlwasser-legionellen/

Der **22.03.** ist seit 2003 durch die WHO der bekannte **Weltwassertag** und sensibilisiert für den weltweiten Zugang zu sicherem und sauberem Trinkwasser. www.kurioese-feiertage.de/weltwassertag/

Diese Darstellung als Tropfen der Hygiene wurde von Guido Hilden mit freundlicher Unterstützung und Inspiration von Fabian Raster erarbeitet.

14. CO₂ und Temperaturentwicklung

Viele Lebewesen und alle Säugetiere benötigen Sauerstoff (O₂) zum Atmen, dabei wird Sauerstoff in Kohlendioxid (CO₂) umgewandelt. Ein Mensch gibt durchschnittlich 10 – 20 l/h CO₂ bei seiner Atmung (ca. 0,5 m³ Luft/h) ab und dabei je nach Tätigkeit auch ca. 35 – 100 g/h Feuchtigkeit und 70 – 300 W an Wärme in die ihn umgebende Atmosphäre ab. In von Menschen genutzten Räumen sollte daher regelmäßig gelüftet werden! - Diese direkt vom Menschen erzeugte Menge an CO₂ ist jedoch im Vergleich zu den durch Verbrennung von fossilen Energieträgern erzeugten Mengen an CO₂ gering. Das Verbrennen der über Jahrtausende gespeicherten fossilen Energieträger lässt den CO₂ Gehalt in der Atmosphäre immer weiter steigen. Wir lagen vor der industriellen Revolution unter 300 ppm und inzwischen liegen wir deutlich über 400 ppm.

Bei Pflanzen läuft der Prozess andersherum ab, hier wird durch die Photosynthese CO₂ in Biomasse und Sauerstoff umgesetzt. Auch Algen in den Weltmeeren tragen hierzu erheblich bei. Die Pflanzen nehmen beim Wachstum CO₂ auf und so wird während der Wachstumsphase auf der Nordhalbkugel der Erde die Konzentration an CO₂ sogar kurzzeitig reduziert und Deswegen verläuft der Anstieg der CO₂ Konzentration durch den anthropogenen Eintrag nicht linear. Die Abbildung aus dem Internet zeigt die Entwicklung an unterschiedlichen Orten gut auf. Am Südpol, wo nahezu kein Einfluss durch Vegetation vorhanden ist, verläuft der Anstieg fast linear.

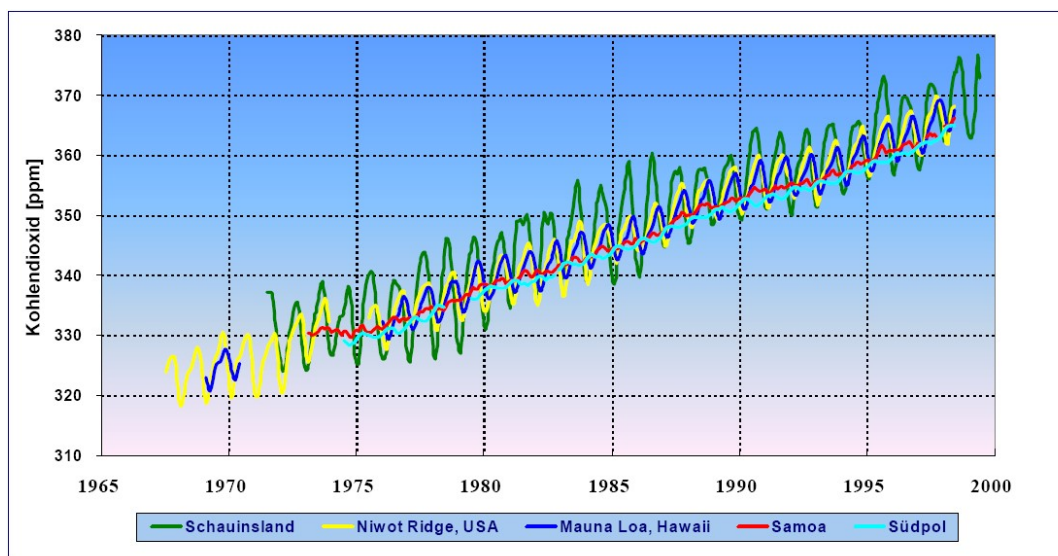


Abbildung 17: Weltweiter Trend der Monatsmittel der Kohlendioxid-Konzentrationen

Der steigende Gehalt an CO₂ führt durch eine geänderte Strahlungsbilanz (Mehr Reflektion) zwangsläufig zu einem weiteren Anstieg der Temperatur in der Atmosphäre und dies verschärft die Situation weiter. Je höher der Eintrag an CO₂ in die Atmosphäre, umso stärker der Anstieg der Temperatur. Es kommt auf die Mengen an CO₂ an, die in die Atmosphäre eingebracht wird. Die Massentierhaltung und der weitere Anstieg der Weltbevölkerung mit zunehmendem Nahrungsmittelbedarf sollen hier nur als Stichpunkte aufgeführt sein, die die Problematik verschärfen.

Höhere Temperaturen führen zudem zum Abschmelzen von Gletschern und vom Polaren Eis. Das Abtauen der Eisflächen verändert die Strahlungsbilanz zusätzlich erheblich, weil weiße Flächen das Sonnenlicht mehr reflektieren. Dadurch verschärft sich die Erwärmung noch weiter, je mehr weiße Flächen sich in grau oder schwarz verwandeln.

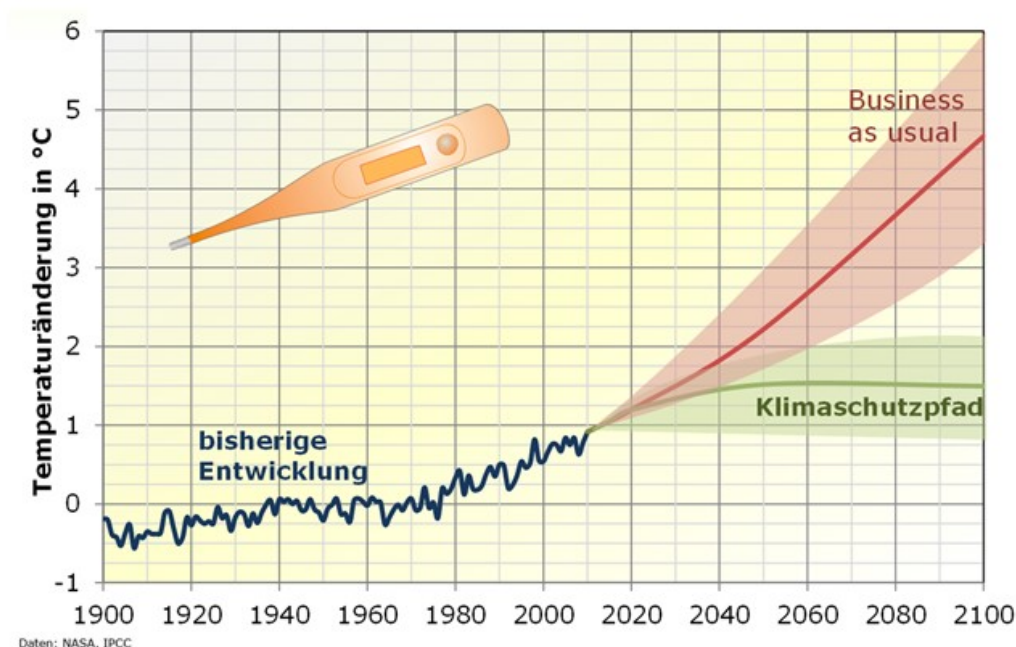
Im Klimawandel spricht man von Kipppunkten, deren Überschreitung weitere Folgen mit sich bringen, die die Situation verschärfen.

Die Gletscher der Alpen sorgen in Deutschland auch dafür, dass selbst bei längerer Trockenheit im Sommer stets noch Wasser aus den Alpen fließen kann und so Flüsse weiterhin noch Wasser führen können. - Weniger Gletscher führen dazu, dass diese Funktion deutlich geringer wird oder in Zukunft nicht mehr vorhanden sein wird.

Durch den Schmelzwassereintrag (vom Festland) findet ein Massenzuwachs der Weltmeere statt. Der Meeresspiegel steigt nicht nur durch die zusätzlich eingetragene Masse an Schmelzwasser, sondern auch durch die Erwärmung des Wassers. Die Dichte vom Meerwasser wird oberhalb von 4 °C mit steigender Temperatur kleiner, so steigt das Volumen bei gleicher Masse an, wenn es durchschnittlich erwärmt wird.

Wie Luft in der Lage ist, Wasser aufzunehmen, ist auch Wasser in der Lage, Gase aufzunehmen. Hier ist das Löslichkeitsverhalten in Abhängigkeit der Temperatur jedoch anders. Die Fähigkeit, Gase im Wasser aufzunehmen, nimmt mit steigender Temperatur ab. Meerwasser nimmt große Mengen an CO₂ auf und puffert damit den Anstieg etwas ab. Durch die Erwärmung des Meerwassers wird diese Aufnahmefähigkeit jedoch geringer werden, was die Situation bei steigenden Temperaturen verschärfen wird.

Steigende Temperaturen in der Atmosphäre ermöglichen höhere Wassergehalte in der Luft, pro 1 °C können durchschnittlich ca. 7 % mehr Feuchtigkeit aufgenommen werden, Dadurch befindet sich immer mehr Wasser in der Atmosphäre und damit gibt es auch immer größere Wassermassen, die umgewälzt werden. Dies führt zu stärkeren Niederschlägen, Starkregenereignissen und Stürmen.



Diese Grafik von der ICCP aus dem Jahr 2010 zeigte die Optionen auf, die die Menschheit hat, je nachdem, wie das Verhalten im Hinblick auf den CO₂ Eintrag in die Atmosphäre verändert wird.

Der rote Bereich zeigte den Weg auf, der uns 2010 bevor gestanden hätte, wenn alles so weiter läuft (Business as usual) und der grüne Bereich einen Weg, wenn wir unser Handeln anpassen. Aus dem Blickwinkel des Jahres 2010 wurde eine maximale Erwärmung von 1,5 °C als noch realistisch angesehen.



Heute wissen wir, dass dieser Weg so nicht mehr möglich sein wird, weil wir schon zu viel CO₂ in die Atmosphäre eingetragen haben.

Jeder einzelne muss sich entscheiden, welchen Weg er geht, den bequemen Weg weiter oder den Weg des Klimaschutzpfades und seinen eigenen CO₂ - Fußabdruck deutlich einzuschränken.

https://uba.co2-rechner.de/de_DE

Unsere Atmosphäre wird grenz- und kontinentübergreifend von allen immer mehr belastet. Der steigende CO₂ Gehalt verursacht ein immer höheres Temperaturniveau und immer mehr Menschen treiben den Gehalt immer höher. Als Resultat zur steigenden Temperatur schmelzen Gletscher und die Einstrahlung wird noch höher, keiner weiß, wie sich das kombiniert weiterentwickelt. Die Erde hat kein Fenster zur Lüftung, wir können das nicht einfach zurückdrehen.

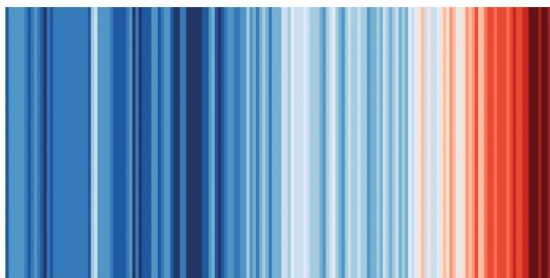
Die tatsächlichen aktuellen Klimadaten überbieten die bisherigen Klimamodelle und es ist inzwischen sehr unwahrscheinlich, dass die Menschheit diese Entwicklung stoppen kann. Nur wenn jetzt sofort alle Anstrengungen zum Klimaschutz unternommen werden, besteht überhaupt noch eine sehr kleine Chance, dass wir unseren Planeten als lebenswerten Raum erhalten.

Auf der Homepage von Klimafakten.de steht dieses Dokument mit klimaspezifischen Informationen kostenlos zur Verfügung ([RL Faktenpapier 220923.indd \(klimafakten.de\)](#))

Was wir heute übers Klima wissen

Basisfakten zum Klimawandel, die in der Wissenschaft unumstritten sind

Stand: September 2022



Die fünf Kerninfos zum Klimawandel in nur 20 Worten¹:

1. Er ist real.
2. Wir sind die Ursache.
3. Er ist gefährlich.
4. Die Fachleute sind sich einig.
5. Wir können noch etwas tun.

15. Unsere Erde – begrenzte Ressourcen

Über Sonne, Wasser, Nährstoffe und CO₂ entwickelten sich Fauna und Flora, die dann später als verdichtete Biomasse in der Erdkruste eingelagert wurde. Die über die Jahrmillionen entstandenen Vorkommen an Kohle, Gas und Öl sind somit letztendlich durch Sonnenenergie entstandene organische Energieträger. Der Mensch nutzt diese vorhandenen Ressourcen, aber es gibt inzwischen kaum noch unberührte Bereiche auf unserem Planeten.

In den letzten 200 Jahren haben wir die in Millionen Jahren entstandenen Ressourcen im hohen Maße verbraucht. Diese industrielle Entwicklung hat uns zwar ungeahnte Möglichkeiten eröffnet und einen entsprechenden Lebensstandard ermöglicht, aber dabei haben wir unseren Lebensraum auch stark verändert. Die Nutzung der Ressourcen ist ausgeföhrt und die Anzahl der Menschen steigt stetig weiter, so dass wir Menschen weit mehr verbrauchen, als uns mittelfristig zur Verfügung steht. Dadurch kommt es zur Verknappung der Ressourcen und auch zu einer enormen Veränderung unserer Erde. Viele andere Arten sind daher bereits ausgestorben und die Erde reagiert immer stärker auf die Veränderung.

Die Klimaveränderung und der CO₂ Anstieg führen zu immer größeren Problemen und rechnerisch benötigen wir inzwischen 7 Erden, um uns auf diesem hohen Lebensstandard zu halten. Wenn wir unsere Nutzung und Verschwendung der Ressourcen nicht deutlich einschränken, wird nicht nur unser Lebensstandard nicht mehr zu halten sein, unseren Lebensraum werden wir damit letztendlich unwiederbringlich zerstören. So richtig bewusst scheint diese Entwicklung dem Menschen nicht zu sein, vielleicht weil die normale Lebensspanne eines Menschen mit inzwischen fast 100 Jahren zwar deutlich gestiegen, aber in Relation zum Alter der Erde nur sehr kurz ist.

Es gibt Aussagen, dass Friedrich Nietzsche der letzte Mensch war, der das gesamte Wissen seiner Zeit in sich vereinen konnte. Das gesamte Wissen der Menschheit hat sich seitdem erheblich entwickelt, die Zusammenhänge werden immer komplexer und der Mensch treibt seine Forschungen und Entwicklungen weiter voran. Heute ist es nur noch möglich, vereinzelt Detailwissen zu beherrschen. Über das Internet sind Informationen zwar jederzeit abrufbar und verfügbar, aber trotz der hohen Verfügbarkeit von Wissen haben wir den Bezug und das Wissen über unsere Natur leider verloren. Wir leben in den Industriestaaten nicht mehr im Gleichgewicht mit der Natur und der Mensch verfolgt seine eigenen Interessen und strebt nach Geld und Wohlstand. Heute kommt der nutzbare Strom scheinbar einfach aus der Steckdose und Trinkwasser kommt in ausreichender Menge und Qualität aus dem Wasserhahn. Der Aufwand dahinter ist unklar, weil alles nur mit Geld beglichen wird. Strom und Wasser sind zwar in den letzten Jahren deutlich teurer geworden, aber dennoch so günstig, dass wir beides verschwenden können.

In den letzten 200 Jahren hat sich die menschliche Gesellschaft stark verändert. Der technische und medizinische Fortschritt lässt die Lebenserwartung immer weiter steigen. Die Entwicklungsländer und Schwellenländer haben einen enormen Nachholbedarf auf ihrem Weg zur Konsumgesellschaft. Die Weltbevölkerung nimmt weiter zu, wir leben alle länger und der Bedarf steigt dadurch immer weiter an. Wir haben jedoch nur diese eine Erde, auf der wir leben.

Die wirtschaftlichen Ziele werden immer wieder in den Vordergrund gestellt, weil unsere Systeme so funktionieren. Aber wir sägen derzeit permanent weiter an dem Ast, auf dem wir sitzen und schauen dabei immer nur nach oben, weil es ja immer weiter gehen soll und jeder immer mehr will.

16. Mein persönlicher Abschluss:

Ich habe mit meiner Frau zusammen 2006 ein sehr energiegedämmtes Haus mit Wärmepumpe und Lüftungstechnik bauen lassen und 2021 haben wir eine Photovoltaik Anlage mit Stromspeicher nachgerüstet und erzeugen in Summe mehr Strom, als wir für unser Haus für Heizung und Haushaltsstrom verbrauchen. Das Nachrüsten von Windkraft scheitert bisher an baurechtlichen Auflagen.

2022 habe ich Herrn Dr. Udo Engelhardt aus Soest kennen gelernt und mehrere Vorträge von ihm gehört. Er untersucht die Zusammenhänge schon sehr lange. Was er beschreibt und schon für die nächsten zwei bis drei Jahre vorhersagt, beunruhigt mich sehr.

Über die Homepage von www.ansvar.com sind Möglichkeiten aufgezeigt, dem entgegenzuwirken und wenn alle mitmachen würden, besteht auch noch eine Chance. Die Vorträge können auf verschiedenen Plattformen auch angesehen werden. Auch die Details auf www.klimafakten.de zeigen die Notwendigkeit von Veränderungen zwingend auf.

Ich hatte schon länger geplant, meine Erkenntnisse zum Thema Wasser zusammen zu stellen und zu veröffentlichen. Ich habe die ungünstigen Vorhersagen von Herrn Engelhardt zum Thema Klima zum Anlass genommen, die Priorität neu zu setzen und dies zusammengestellt und veröffentlicht, da das Thema Klimaerwärmung sehr eng mit dem Thema Wasser gekoppelt ist. Ich hoffe, dass meine Erklärungen dazu beitragen, dass das Verständnis der Zusammenhänge besser wird und ein Handeln aus Einsicht geschieht. Einige Klimaleugner werde ich damit sicher nicht erreichen, vor allem weil es einfacher ist, nichts zu ändern und den Verantwortungsbereich abzulehnen.

Wir stehen jedoch Alle in der Verantwortung jetzt zu reagieren und die Klimaveränderungen auf ein möglichst niedriges Ausmaß zu begrenzen. Es darf sich keiner davor drücken und wir werden uns einschränken müssen, um den zukünftigen Generationen auch noch ein Leben zu ermöglichen.

Ich begrüße und unterstütze die Klimainitiativen, distanzieren mich aber ausdrücklich von den rechtsgefährdenden Aktionen der ‚letzten Generation‘. Es ist jedoch auch erschütternd, dass die Entscheider der Politik ein grob fahrlässiges Verzögern und Aufschieben notwendiger Veränderungen (aus wirtschaftlichen oder politischen Gründen) tolerieren, während die Verzweigung einzelner Menschen aufgrund der zu erwartenden weltweiten Veränderungen immer größer wird.

In Star Trek hat die Menschheit das Streben nach Gewinn und Reichtum aufgegeben und den wahren Wert der Erde und der Natur erkannt. Hier lebt die Menschheit grenzüberschreitend friedlich zusammen und hat sogar Freundschaft mit außerirdischen Spezies geschlossen und dabei die Sternenflotte als ‚Vereinigte Föderation der Planeten‘ gegründet.

Ob die Menschheit diesen Schritt zum Frieden und zur Minimierung der Klimaveränderung tatsächlich schaffen wird? - Dazu würde neben der radikalen Veränderung der Lebensweise der Klimapolitik auch zählen, dass wir den Reichtum auf dem Planeten fairer verteilen; Ressourcenschonung und Postwachstumsökonomie sind notwendig. – Ich glaube, dass Weltfrieden und echte Nachhaltigkeit leider ‚science fiction‘ bleiben werden. Unsere Generation wird in der Zukunft als die Generation betrachtet werden, die trotz ausreichendem Erkenntnisgewinn keine ausreichenden Veränderungen herbeigeführt hat. – aus Bequemlichkeit und einem erworbenen Konsumrauschverhalten.