

Der Wasserkreislauf

Ausarbeitung im Rahmen eines Seminars der Professur
Ernährungsökologie an der Justus-Liebig-Universität Giessen

Simone Kapfer und Alice Lichtenberg

23.07.2004

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung
- 2 Der Wasserkreislauf
 - 2.1 Verdunstung
 - 2.2 Niederschlag
 - 2.3 Grundwasserbildung
- 3 Einflüsse auf den Wasserkreislauf
 - 3.1 Landwirtschaft
 - 3.2 Flüsse
 - 3.3 Waldrodung
- 4 Das Klimasystem als ein System der Rückkopplungen
- 5 Zusammenfassung
- 6 Literaturverzeichnis

1 Einleitung

Im globalen Maßstab sind die wichtigsten Kreisläufe für den Menschen der CO₂- und Wasserkreislauf. Der Mensch beeinflusst beide Zyklen so stark, daß Wetter und Klima verändert werden (Odum 1999).

Der Wasserkreislauf besteht aus verschiedenen Teilvorgängen: Verdunstung, Niederschlag und Grundwasserbildung. Es ist wichtig zu erläutern, wie der Mensch auf diese Vorgänge einwirken kann und welche Folgen daraus entstehen. Durch gezielte Handlungen, die später näher erklärt werden, kann bisher verursachter Schaden verringert oder beseitigt werden. Die Voraussetzung ist, daß jeder Mensch sich als Teil des Wasserkreislaufes sieht, auch wenn im ersten Moment keine Gemeinsamkeiten zu entdecken sind.

2 Der Wasserkreislauf

Der große, globale Wasserkreislauf beginnt mit der Verdunstung von Meerwasser. Er setzt sich mit dem landwärtigen Transport des Wasserdampfes fort und fällt als kondensierter Niederschlag auf das Festland. Von dort aus kehrt er als oberirdischer und unterirdischer Abfluss wieder ins Meer zurück. Neben diesem globalen Kreislauf treten kürzere Kreisläufe auf: Der größte Teil des über dem Meer verdunsteten Wassers fällt gleich wieder als Niederschlag ins Meer. Ein Teil des auf dem Festland verdunsteten Wassers fällt dort als Niederschlag und verdunstet erneut (Bahadir et al. 2000).

2.1 Verdunstung

Allgemein wird unter Verdunstung der Übergang des Wassers vom flüssigen zum gasförmigen Zustand unterhalb des Siedepunktes verstanden. Da Verdunstung nicht nur über offenen Wasserflächen stattfindet, wird zwischen *Evaporation*, d.h. der Verdunstung von Wasserflächen und der unbelebten Landfläche, und der *Transpiration*, d.h. der Verdunstung von Pflanzen und Tieren unterschieden. Beide Prozesse werden zusammen als *Evapotranspiration* bezeichnet (Wetterlexikon 2004).

Die Verdunstung spielt für den Wärmehaushalt der Erdatmosphäre eine erhebliche Rolle. Für den Übergang von flüssigem Wasser zu Wasserdampf wird Energie benötigt (2498kJ/kg bei 0°C). Diese Energie steckt dann in Form von Wärme im Wasserdampf und wird an die Atmosphäre abgegeben, sobald der Wasserdampf auskondensiert (Wetterlexikon 2004). Die Sonne ist die *Antriebsenergie* für den Wasserkreislauf. Sie bewirkt, dass das Wasser verdunsten kann und erwärmt die feuchte Luft. Rund ein Drittel der gesamten Sonnenenergie, die auf die Erde einstrahlt wird bei der Verdunstung von Wasser verbraucht (Bahadir et al. 2000).

Neben der Niederschlagsmenge (s. 2.2) ist die Verdunstungsmenge eine wichtige Größe bei der Bestimmung des lokalen Klimas. Die Verdunstungsmenge wird wie die Niederschlagsmenge in mm (1 mm entspricht einem Liter pro Quadratmeter) angegeben (Wetterlexikon 2004). Die wichtigsten meteorologischen Faktoren, die die Verdunstung beeinflussen, sind Sonneneinstrahlung, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und der Vegetationstyp. Eine Erhöhung der Temperatur bewirkt, dass die Luft mehr Wasserdampf aufnehmen kann und die potentielle Verdunstung (die Verdunstungsmenge bei ausreichend vorhandenem Wasser) gesteigert wird. In feuchten Regionen ist der Feuchtigkeitsgehalt der Luft der begrenzende Faktor für die mögliche Verdunstungsmenge. Je höher die Luftfeuchtigkeit ist, desto weniger verdunstetes Wasser kann noch von der Luft aufgenommen werden. In Trockengebieten wird die Verdunstung durch die Sonneneinstrahlung beeinflusst. Der niedrige Wasserdampfgehalt in der Luft hat hier keine begrenzende Rolle (Kasang 2004).

Einen großen Einfluss auf die Verdunstung hat auch die jeweilige Vegetationsbedeckung. Der Niederschlag wird je nach Vegetationstyp (z.B. Waldflächen, Grasland oder Steppen) unterschiedlich stark von den Pflanzen aufgenommen und verdunstet unterschiedlich stark. Die Verdunstung auf der Blattoberfläche und die Transpiration der Pflanze variiert je nach Pflanzenart (Kasang 2004).

2.2 Niederschlag

Der Wasserkreislauf wird in erster Linie durch den Niederschlag beeinflusst. Die Schwankungen im ober- oder unterirdischen Abfluss des Wassers hängen unmittelbar von den Variationen des Niederschlags ab (Kasang 2004). Die Intensität der Niederschläge ist dabei weltweit unterschiedlich verteilt (Nentwig et al. 2004).

Insgesamt hat der globale Niederschlag im 20. Jahrhundert über Land um 1 % zugenommen. Besonders ausgeprägt ist die Niederschlagszunahme in den mittleren und höheren Breiten der Nordhalbkugel mit 5-10 %. In Europa liegt die Niederschlagszunahme sogar deutlich darüber, bei einem saisonalen Schwerpunkt im Herbst und Winter. Die Niederschläge in den meisten tropischen und subtropischen Ländern haben dagegen deutlich abgenommen (Kasang 2004).

Die Niederschlagsbildung findet innerhalb der Wolken statt. Dabei wird zwischen Wolken, die nur Wassertröpfchen enthalten (warme Wolken) und Wolken, die Eisteilchen enthalten (kalte Wolken) unterschieden. Wenn Wassertröpfchen oder Eisteilchen eine bestimmte Größe erreichen (etwa 0,1 mm bei Wassertröpfchen und 1,5 mm bei Eiskristallen) können sie von

den Aufwinden nicht mehr getragen werden. Sie fallen als Regen, Schnee oder Hagel zur Erde. Diese Niederschlagsform wird als *fallender Niederschlag* bezeichnet. Tau oder Raureif werden als *abgesetzter Niederschlag* bezeichnet und zählen ebenfalls zu den Niederschlagsformen (Wetterlexikon 2004).

Entscheidend für das globale Klima ist das Verhältnis zwischen Niederschlag und Verdunstung. Ist der Jahresniederschlag höher als die jährliche Verdunstung, wird das Klima als *humid* bezeichnet. Ist der Niederschlag doppelt so hoch wie die Verdunstungsmenge spricht man von extrem humidem Klima. Dies trifft auf etwa 3 % der Erdoberfläche zu. Der Regenwald ist eine Region mit extrem humidem Klima. Übertrifft die Verdunstung die Niederschlagsmenge, wird von *aridem* Klima gesprochen. Ist die verdunstete Menge doppelt so hoch wie der Niederschlag, wird von extrem aridem Klima gesprochen. Dies trifft auf etwa 12 % der Erdoberfläche zu. Die großen Wüstengebiete in Afrika sind Regionen mit extrem aridem Klima (Nentwig et al. 2004).

2.3 Grundwasserbildung

Egal in welchem Klima Regen fällt, es versickert im Boden und wird entgegen der Schwerkraft in den Poren festgehalten. Dieses Wasser bildet die Bodenfeuchte. Ein Teil des Wassers kann durch die Wärme der Sonnenstrahlung verdunsten, indem die Sonne das Wasser wie ein Staubsauger aus dem Boden zieht. Der andere Teil versickert in tiefere Schichten des Bodens, wodurch Grundwasser entsteht. Sand hat eine geringe Bodenfeuchte, schnell ist das gespeicherte Wasser (24 % vom Niederschlag) verdunstet. Dagegen speichert Lößboden das Wasser wie ein Schwamm (64 % vom Niederschlag). Aber auch hier versickert Wasser in tiefere Schichten (Heinrich 2002).

Es hängt von einigen Faktoren ab, wieviel Grundwasser sich bilden kann und wie lange es gespeichert wird. Die geologischen Strukturen sind von der Natur vorgegeben und können nicht verändert werden. Ein wichtiger Faktor ist der Bodenbewuchs. Von Ackerland verdunstet weniger Bodenfeuchte als von Waldflächen. Der Wald benötigt riesige Mengen Wasser, damit die Bäume lebensfähig sind, es wird daher weniger Grundwasser gebildet. Wald ist jedoch ein Wasserspeicher. Ackerlandvegetation benötigt ebenfalls Wasser, aber weniger als der Wald, so daß mehr Grundwasser gebildet werden kann (Burghart 1995).

3 Einflüsse auf den Wasserkreislauf

Zur Trinkwasserversorgung der Bevölkerung wird Grundwasser aus tieferen Bodenschichten gepumpt. Andere menschliche Aktivitäten wie Straßen bauen, fossile Rohstoffe (Kohle, Gas, Öl) verbrennen, Wälder abholzen, Flüsse verändern, die Grünflächen im Hochsommer bewässern und bestimmte landwirtschaftliche Praktiken nehmen großen Einfluss auf den Wasserkreislauf.

3.1 Die Landwirtschaft

Schwere Maschinen verdichten den Boden, wenn er bearbeitet wird. Die wichtigen Poren verschwinden, Luft und Wasser können nicht mehr ausgetauscht werden. Die Vielfalt und Anzahl der Organismen im Boden, z.B. die Anzahl der Regenwürmer, die neue Poren und Boden bilden können, gehen zurück. Die Bodenfeuchte kann schlecht oder gar nicht verdunsten. Die Folge: Der Mensch muss den Boden bewässern und düngen. Mehr Grundwasser wird verbraucht und mit Chemie belastet (Burghardt 1995).

3.2 Die Flüsse

Die Struktur vieler Flüsse wurde verändert. Sie wurden begradigt, Überschwemmungsgebiete abgeschafft, Deiche gebaut und Abwasser eingeleitet. Das Wasser aus Überschwemmungs- und Feuchtgebieten floß nun in den Flüssen. Im Sommer erwärmen sich die Flüsse schneller, das Wasser fließt schneller und durch die eingeleiteten Abwässer verschmutzen die Flüsse schneller. Gründe für diese Veränderungen waren der Deichbau aus Beton oder Stahl, der eine Selbstreinigung des Wassers verhinderte. Langsam fließendes Wasser versickert im Boden, wird gefiltert und der Fluß wird gereinigt. Das versickerte Wasser bildet neues Grundwasser – aber nicht in den Flüssen in „Zwangsjacke“ (Umweltbundesamt 2001).

3.3 Die Waldrodung

Bäume nehmen durch ihre Wurzeln Wasser auf und transportieren es durch Leitungsbahnen in die Blätter. Bäume regulieren unser Klima, indem sie langsam, aber stetig Wasserdampf durch die Blätter abgeben (Heinrich 2002).

Der Wasserdampf bildet Wolken und es kann regnen. Werden große Flächen Wald gerodet, fehlt dem Wasserkreislauf das verdunstete Wasser, es kann im schlimmsten Fall eine Wüste entstehen (Heinrich 2002).

Die noch vorhandenen Waldflächen können sich nur begrenzt an Temperatur- und Niederschlagsänderungen sowie Extremereignisse wie Schädlingsbefall oder erhöhtes Waldbrand-Risiko anpassen. Das vermehrte Waldsterben und die Rodung verringern die

Wasserspeicherkapazität der Böden, eine wichtige Süßwasser-Ressource geht verloren (Umweltbundesamt 2004).

4 Das Klimasystem als ein System der Rückkopplungen

Der durch den Menschen verursachte Klimawandel wird als ein weiterer Faktor zu den Problemen der Wassernutzung hinzukommen (Kasang 2004).

Das Klima erscheint uns als eine konstante Größe. Gemessen und beschrieben wird das Klima zwar über konkrete Einzelgrößen wie Temperatur, Niederschlag oder Luftdruck. Es ist aber weitaus komplexer und umfassender als die Summe dieser Einzelteile. Das Klimasystem ist ein Teil vernetzter Kreisläufe und somit eng mit dem Wasserkreislauf verbunden (Geoscience 2001).

Seit Beginn der Diskussionen um den Klimawandel werden die Folgen einer globalen Erwärmung für den Wasserkreislauf zwischen Land, Ozean und Atmosphäre als eines der Kernprobleme diskutiert. Aus einem veränderten Wasserkreislauf werden weitreichende Konsequenzen für viele Bereiche der Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft erwartet.

Durch die Veränderung des Wasserkreislaufes mit Folgen für Wasserressourcen und -qualität, aber auch der negative Einfluss auf den Wasserverbrauch, wird den bereits heute in vielen Regionen herrschenden Wassermangel noch verstärken (Kasang 2004).

Die globale Erwärmung sorgt für eine Verschiebung der Klimazonen in Europa. Die Tier- und Pflanzenwelt wird mit dieser Verschiebung vermutlich nicht Schritt halten können. Im nördlichen Skandinavien und Russland schieben sich die Wälder in die eigentlich baumlose Kältesteppe vor. Permafrost-Gebiete werden reduziert. Die Folgen sind Senkung des Wasserspiegels einerseits und Überflutung andererseits (Hartig 2001).

Insgesamt hat der globale Niederschlag im 20. Jahrhundert über Land um 1 % zugenommen. Besonders ausgeprägt ist diese Zunahme in Nordeuropa (Kasang 2004). Südeuropa wird dagegen mit Wasserknappheit zu kämpfen haben. Bis zum Jahr 2100 könnten 95 % der Alpengletscher geschmolzen sein (Hartig 2001).

5 Zusammenfassung

Angefangen bei der landwirtschaftlichen Produktion und dem Energieverbrauch bis hin zum Hochwasserschutz und der kommunalen und industriellen Wasserversorgung werden Veränderungen des Wasserkreislaufs und somit des Klimas in naher Zukunft wesentliche Grundlagen des menschlichen Lebens berühren. Die tatsächlichen Folgen werden dabei nicht nur vom Klimawandel abhängen, sondern auch von der Reaktion der Gesellschaft auf die Wasserproblematik, sowohl beim Wasserverbrauch als auch beim Wassermanagement (Kasang 2004).

- **Bahadir M, Parlar H, Spittler M (Hrsg.):** Springer Umweltlexikon. Springer Verlag, Berlin, 2. Auflage, 2000
- **Burghardt W:** Wasserkreislauf. In: Kuttler W (Hrsg): Handbuch der Ökologie. Analytica, 2. Auflage, 494-499
- **Geoscience:** Das Klimasystem der Erde. Ein System von Rückkopplungen.
www.g-o.de/inc/artikel_drucken.php?id=482&a_flag=2 (19.05.04)
- **Hartig G:** Szenarien der Klimaforscher.
www.sueddeutsche.de/wissen/artikel/143/3140 (22.05.04)
- **Heinrich D, Hergt M:** dtv-Atlas Ökologie. Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 5. Auflage, 2002
- **Kasang D:** Klimawandel und Wasserkreislauf.
www.hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/klimafolgen/wasser
(12.05.04)
- **Kuttler W (Hrsg):** Handbuch der Ökologie. Analytica, 2. Auflage, 494-499
- **Nentwig W, et al. (Hrsg.):** Ökologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2004
- **Odum E:** Ökologie. Grundlagen, Standorte, Anwendungen. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 3. Auflage, 1999
- **Umweltbundesamt:** Wasser – Oberflächengewässer, Gewässerstruktur,
http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/ow_s4_1.htm
(09.05.2004)
- **Umweltbundesamt:** Globaler Klimawandel, Fachgebiet „Schutz der Erdatmosphäre“, Berlin, 2004
- **Wetterlexikon:** www.wetter-und-klima.de/lexikon.htm (22.05.04)