



Kapitel: Ressourcen

Inhaltsverzeichnis

1	Was sind Ressourcen?	1
1.2	Endliche Ressourcen	1
1.2.1	Rohstoffe, die verbraucht werden	1
1.2.2	Rohstoffe, die wiederverwendet werden können	1
1.3	Nachwachsende Ressourcen	1
2	Warum sind Ressourcen ein Thema im Umweltschutz?	2
2.1	Grundsätzlich	2
2.2	Gegenseitige Beeinflussung	2
2.3	Was können wir dazutun?	3
3	Die Ressource Öl	3
3.1	Öl als Grundstoff	3
3.2	Öl als Energieträger	4
3.2.1	Kann Öl als Energieträger ersetzt werden?	4
3.2.2	Mögliche Alternativen zu Öl als Energieträger	4
	Wasserstoff	4
	Elektrischer Strom	5
	Biokraftstoffe	5
	Gas	5
3.3	Öl in der Umwelt	6
3.4	Die Ressource Öl durch Energiesparen schonen	6



Kapitel: Ressourcen

Inhaltsverzeichnis

4	Die Ressource Wasser	7
4.1	<i>Wasser als Grundlage des Lebens</i>	7
4.2	<i>Wasserkreislauf</i>	7
4.3	<i>Wofür wird Wasser benutzt?</i>	7
4.4	<i>Wasserqualität</i>	7
4.5	<i>Verteilung von trinkbarem Wasser auf der Welt</i>	8
4.6	<i>Virtuelles Wasser entwässert wasserarme Gebiete zusätzlich</i>	8
4.7	<i>Grundrecht auf Trinkwasser</i>	9
4.8	<i>Wasserversorgung – öffentlich oder privat?</i>	10
5	Die Ressource Luft	12
5.1	<i>Die Ressource Luft, fürs Leben unverzichtbar</i>	12
5.2	<i>Luftverschmutzung</i>	12
5.3	<i>Extreme Zunahme der Luftverschmutzung durch die Industrialisierung</i>	12
5.4	<i>Auswirkungen der Luftverschmutzung</i>	13
5.5	<i>Gesetze zur Luftreinhaltung</i>	13
5.6	<i>Erste Luftreinhaltungsstrategien mit problematischen Nebenwirkungen</i>	13
5.7	<i>Die bedeutendsten Schadstoffe in der Luft</i>	14
5.7.1	Partikeln und Staub	14
5.7.2	Kohlenmonoxid (CO)	14
5.7.3	Schwefeldioxid (SO ₂)	14
5.7.4	Stickoxide (NO _x)	14
5.7.5	Kohlenwasserstoffe (HC)	15
5.7.6	Sekundäre Luftschadstoffe	15
5.8	<i>Luftverschmutzung durch Giftstoffe aus industriellen Prozessen</i>	15
5.9	<i>Luftverschmutzung durch den Verkehr</i>	16
5.10	<i>Gesundheitsschäden durch Luftverschmutzung</i>	16

1 Was sind Ressourcen?

Ressourcen sind – ganz allgemein ausgedrückt – Stoffe, die von den Menschen für all ihre Aktivitäten benutzt werden.

Meistens sind damit Rohstoffe wie z. B. Kohle, Eisenerz oder Erdöl gemeint, die die Menschen für die industrielle Produktion von Gütern brauchen.

Ressourcen sind aber auch Stoffe, die die Menschen (und alle anderen Lebewesen) einfach zum Leben brauchen, selbst wenn sie sonst nichts weiter produzieren. Das sind so lebensnotwendige Dinge wie z. B. Luft zum Atmen, Wasser und Nahrungsmittel.

1.2 Endliche Ressourcen

Um Rohstoffe verwenden zu können, muss man sie zunächst gewinnen. Man muss sie aus ihren Lagerstätten in der Erde herausholen und meistens auch aufbereiten, z. B. reinigen. Schon im Wort Lagerstätte wird deutlich, dass die Rohstoffe nicht unendlich vorhanden sind. Sie lagern in der Erde und können gefördert werden, bis das Lager leer ist.

Bei den Rohstoffen kann unterschieden werden zwischen denen, die verbraucht werden, und solchen, die wiederverwendet werden können.

1.2.1 Rohstoffe, die verbraucht werden

Das sind Rohstoffe, die man vernichten muss, wenn man sie benutzen will. So werden z. B. Kohle, Öl und Gas überwiegend verbrannt. Sei es, um Strom herzustellen, die Wohnung zu heizen oder Auto zu fahren. Egal wozu man diese Rohstoffe verbrennt, hinterher sind sie weg. Sie sind verbraucht.

Diese Rohstoffe werden wir nicht mehr benutzen können, wenn alle Lagerstätten geleert und sie alle verbraucht sind.

1.2.2 Rohstoffe, die wiederverwendet werden können

Das sind Rohstoffe, aus denen man etwas herstellen kann, indem die Rohstoffe selbst oder in umgewandelter Form erhalten bleiben. Wenn beispielsweise aus Eisenerz (und vielen anderen Stoffen) Stahl hergestellt wird, bleibt das Eisenerz im Stahl im Großen und Ganzen erhalten. Wird eines Tages das aus dem Stahl hergestellte Produkt, z. B. ein Auto, nicht mehr gebraucht, kann der Stahl wieder eingeschmolzen und ein neues Produkt aus ihm hergestellt werden. Diese Wiederverwendung nennt man auch Recycling.

Die Qualität vieler Stoffe lässt jedoch nach, je öfter sie wiederverwendet und zu neuen Produkten aufbereitet werden. Darum kann man meistens mit Wiederverwendung zwar den Zeitpunkt, zu dem ein endlicher Rohstoff aufgebraucht ist, verzögern, man wird ihn aber trotzdem erreichen.

1.3 Nachwachsende Ressourcen

Nachwachsende oder regenerierbare Ressourcen sind Stoffe, die immer wieder neu entstehen. Unsere Lebensmittel gehören dazu. Die Pflanzen und Tiere deren Früchte bzw. Fleisch wir essen, sie alle wachsen nach. Wir müssen sie nur anbauen oder züchten.

Aber wenn man nicht aufpasst, können auch nachwachsende Ressourcen zu endlichen werden. Man darf zu einem Zeitpunkt nie alles von ihnen verbrauchen, was man ernten und essen könnte.



So muss man z. B. einen Teil der Getreideernte als Saatgut für das nächste Jahr aufheben. Man darf nicht den ganzen Fisch-Schwarm fangen, denn sonst gibt es keine Fische mehr, die sich fortpflanzen und damit den Schwarm wieder wachsen lassen können.

So sind also auch die regenerierbaren Ressourcen (zu einem Zeitpunkt) nicht in unendlicher Menge vorhanden.

2 Warum sind Ressourcen ein Thema im Umweltschutz?

2.1 Grundsätzlich

Eines der wichtigsten Ziele von Umweltschutz ist es, in unserer Umgebung oder auf der ganzen Erde Bedingungen zu schaffen, die es für uns möglich machen, hier gut zu leben.

Mit Umweltschutz wollen wir also mindestens erreichen, dass uns immer ausreichend viele der lebensnotwendigen Ressourcen in so großer Menge zur Verfügung stehen, dass ihr Nachwachsen nicht gefährdet ist. Das sind ausreichend saubere Luft, Trinkwasser und Nahrungsmittel.

Darum müssen wir mit den vorhandenen Ressourcen sinnvoll umgehen. Damit endliche Ressourcen länger genutzt werden können, muss sparsam mit ihnen umgegangen werden.

2.2 Gegenseitige Beeinflussung

Der Verbrauch einer Ressource kann sich auf die zur Verfügung stehende Menge anderer Ressourcen auswirken. Wenn z. B. Öl oder Kohle verbrannt werden, entstehen Abgase, die in die Luft gehen. Dadurch wird die Qualität der Luft schlechter, sie einzuatmen ist ungesünder. So sinkt die Lebensqualität. Je mehr Kohle oder Öl verbrannt werden, desto mehr der Abgase sind weltweit in der Luft und bleiben zum größten Teil auch darin, sodass diese immer mehr aus Abgasen besteht. Das führt zu Problemen, die ernster sind als die bloße Verschlechterung der Luftqualität.

Ein großer Teil davon ist das Gas Kohlendioxid. Die chemische Formel für Kohlendioxid lautet CO_2 . Der immer größere Anteil von Kohlendioxid in der Luft ist die wichtigste Ursache der globalen Erwärmung, auch Treibhauseffekt genannt. Der Treibhauseffekt lässt die Durchschnittstemperatur auf der Erde steigen. Dadurch schmelzen Gletscher in den Bergen und das Eis an Nord- und Südpol. Das Schmelzwasser gelangt früher oder später ins Meer, und der Meeresspiegel steigt an. Ein höherer Wasserstand der Meere führt dazu, dass niedriger liegende Landstücke an den Küsten überschwemmt werden. So geht Platz, auf dem viele Menschen leben und der landwirtschaftlich für den Anbau von Lebensmitteln genutzt wird, verloren.

Ein sinnvoller Umgang mit Ressourcen ist also notwendig, um die betreffenden Ressourcen möglichst lange benutzen zu können. Außerdem kann so verhindert werden, dass die Vorräte anderer Ressourcen oder die Fähigkeit zu ihrer Erneuerung eingeschränkt werden.

2.3 Was können wir dazutun?

Kurz und knapp gesagt, können wir mit den Ressourcen möglichst sparsam umgehen. Da gibt es viele Möglichkeiten, kleine Beiträge zu leisten, denn auch kleine Beiträge



tragen ein großes Stück zu einer sauberen Umwelt bei. Jeder, der Ressourcen schonen will, kann das mit seinem Handeln tun. Wie groß der Beitrag sein kann, muss jeder selbst entscheiden, denn Ressourcen zu sparen bedeutet an vielen Punkten anders zu handeln. Das ist sicher manchmal etwas weniger bequem, da es immer darum geht, weniger von etwas zu benutzen. Wir wollen darum aufzeigen, wie mit Ressourcen schonend umgegangen werden kann, nicht aber ein bestimmtes Verhalten vorschreiben. Die konkreten Beispiele werden in dieser Arbeitshilfe bei den näher untersuchten Ressourcen Öl, Luft und Wasser gemacht.

Manchmal kann eine Ressource auch durch eine etwas weniger knappe oder eine erneuerbare Ressource ersetzt werden. Darauf können wir persönlich indirekt Einfluss nehmen, indem wir nur Produkte kaufen, die mit erneuerbaren Ressourcen hergestellt wurden.

3 Die Ressource Öl

Öl ist eine der wichtigsten Ressourcen überhaupt. Ohne Öl wäre heute eine industrialisierte Welt kaum vorstellbar. Mit Öl lässt sich nämlich eine große Zahl verschiedener Dinge anstellen. Wie wichtig Öl ist, sieht man auch daran, dass regelmäßig darüber berichtet wird, wenn der Ölpreis steigt oder fällt, und dass in diesen Berichten immer dargestellt wird, wie sich das auf die Wirtschaft insgesamt auswirken wird. Seine Wichtigkeit zeigt sich auch darin, wie viel politische Aktivitäten unternommen werden, um den Ölpreis zu beeinflussen und für einzelne Länder den Zugriff auf möglichst große Vorräte von Öl langfristig zu sichern. Dazu wurden in der Vergangenheit nicht selten auch militärische Mittel eingesetzt.

3.1 Öl als Grundstoff

Für sehr viele chemische Produkte und für die Herstellung von Plastik ist Erdöl als Basis notwendig.

Stellt euch mal vor, wie euer Alltag aussähe, wenn all diese Dinge nicht mehr zur Verfügung stünden.

Sicher wird man manches davon auch ohne Plastik herstellen können. Beim augenblicklichen Stand der Technik würde es dann jedoch entweder viel schwerer oder teurer oder beides.

Bei manch anderen dieser Dinge wäre es auch nicht schwer, ganz auf sie zu verzichten. Man könnte sich auch angewöhnen, eine eigene Tasche mitzunehmen, wenn man einkaufen geht, anstatt im Supermarkt eine Plastiktüte zu kaufen.

Bei vielen dieser Produkte würde sich unser Leben jedoch sehr verändern, wenn wir auf sie verzichten müssten.

Wenn Öl als Rohstoff verwendet wird, geht es nicht oder nicht vollständig verloren, wenn aus ihm chemische Produkte hergestellt werden. Das Öl oder Bestandteile des Öls sind in den aus ihm hergestellten Produkten noch enthalten, wenn auch in chemisch veränderter Form. Man kann die endliche Ressource Öl also länger verwenden, wenn man versucht, aus ihr hergestellte Produkte wiederzuverwenden. Dann muss weniger von diesem Produkt ganz neu hergestellt werden, und entsprechend weniger Öl wird benutzt.

Allerdings kann das in vielen Fällen nicht unendlich wiederholt werden. Je öfter ein Produkt chemisch in seine Bestandteile zerlegt und wieder neu zusammengesetzt wird, desto schlechter wird häufig seine Qualität, weil jedes Mal etwas größere Verunreinigungen im Produkt entstehen. Irgendwann ist es dann einfach nicht mehr möglich, das



Produkt noch einmal zu verwenden. Siehe dazu auch unter „Downcycling und Upcycling“ im Kapitel „Müll“.

Es können auch nicht alle aus Öl hergestellten Produkte wiederverwendet werden. In manchen Fällen müsste man für den Recyclingprozess einfach so viel Energie verwenden, dass man dabei mehr Öl als Brennstoff benutzen würde, als man durch die Wiederverwendung des Stoffes an Öl spart.

3.2 Öl als Energieträger

Der allergrößte Teil des weltweit geförderten Erdöls wird zu Benzin und Diesel verarbeitet. Damit werden Autos, Lastwagen, Eisenbahnen, Heizungen, Kraftwerke, Kocher und Herde, Flugzeuge und vieles mehr angetrieben. Die im Öl bzw. Benzin enthaltene Energie wird dabei durch Verbrennung freigesetzt und im Mechanismus des Motors in Bewegung umgewandelt. Außerdem entsteht dabei Hitze. Im Fall der Heizung und des Benzinkochers wird nur die entstehende Hitze verwendet. In jedem Fall jedoch ist das Öl hinterher nicht mehr da. Es wird verbraucht. Damit ist Öl in seiner Verwendung als Energieträger eine endliche Ressource.

Bei der Verbrennung des Benzins entstehen auch Abgase, die die Qualität der Ressource Luft verschlechtern und unser Leben langfristig stärker beeinflussen als durch zunehmende Ölknappheit hervorgerufene steigende Benzinpreise. Man kann zwar durch Katalysatoren die schädlichsten Verbrennungsabgase in harmlosere Gase umwandeln. Das die Erderwärmung auslösende CO₂ kann man jedoch nicht umwandeln.

Erdöl und Benzin als Energieträger sparsam zu benutzen ist daher aus mindestens zwei Gründen sinnvoll:

Erstens steht die Ressource dann länger zur Verfügung, und zweitens ist es möglich, dass im Laufe der Zeit noch bessere Techniken entwickelt werden, mit deren Hilfe die schädlichen Verbrennungsabgase noch besser unschädlich gemacht werden können.

3.2.1 Kann Öl als Energieträger ersetzt werden?

Ja natürlich. Das ist aber nicht in jedem Fall einfach. Öl ist als Energieträger so weit verbreitet, weil

- es in einem relativ kleinen Volumen sehr viel durch Verbrennung freisetzbare Energie enthält. Fachleute sagen, es hat eine hohe Energiedichte
- es normalerweise eine Flüssigkeit ist. Damit kann man es einfach lagern und transportieren oder in Fahrzeugen, Schiffen oder Flugzeugen als kleinen Vorrat zum direkten Verbrauch mitführen
- es ein sehr großes Nutzungsspektrum hat. Öl bzw. daraus gewonnene petrochemische Produkte (Benzin, Kerosin, Diesel etc.) liefern von der Heizung bis zur Flugzeugturbine die Energie

Öl als Energieträger zu ersetzen wird darum vor allem dort, wo mit Öl Bewegung erzeugt wird, schwierig sein. Schließlich müssen Wege oder Stoffe gefunden werden, mit denen ähnlich viel Primärenergie in Autos, Schiffen oder Flugzeugen mitgeführt werden kann.

3.2.2 Mögliche Alternativen zu Öl als Energieträger

Wasserstoff

An Antrieben mit Wasserstoff wird vor allem in der Automobilindustrie geforscht. Wasserstoff hat eine viel höhere Energiedichte als Öl. Er kann gelagert und transportiert werden. Das ist aufgrund seiner chemischen Eigenschaften und der von ihm ausgehenden extrem hohen Explosionsgefahr jedoch viel komplizierter als bei Öl. Darum müssen Sicherheitsvorkehrungen für seine Lagerung und seinen Transport wesentlich



Kapitel: Ressourcen

höher sein. Wasserstoff kann in Wasserstoffexplosionsmotoren oder in sogenannten Brennstoffzellen im Auto verwendet werden.

Der große Vorteil von reinem Wasserstoff ist, dass seine chemische Reaktion mit Sauerstoff emissionsfrei ist. Darin verbinden sich nämlich zwei Atome Wasserstoff mit einem Atom Sauerstoff. In dieser chemischen Reaktion wird sehr viel Energie freigesetzt. Der Nachteil von Wasserstoff ist, dass er in der Natur nicht in Reinform vorkommt.

Wasserstoff muss künstlich hergestellt werden, indem Wasser in seine Bestandteile, zwei Atome Wasserstoff und ein Atom Sauerstoff, aufgeteilt wird. Um Wasser aufzuspalten, muss man genau so viel Energie aufwenden, wie frei wird, wenn der Wasserstoff wieder mit dem Sauerstoff reagiert. Damit ist Wasserstoff anders als Öl kein Primärenergieträger, sondern eine Art, Energie zu speichern und zu transportieren.

Um Wasserstoff herzustellen, muss also ein anderer Primärenergieträger eingesetzt werden. Wenn Öl durch Wasserstoff ersetzt werden soll, ist das nur dann umweltfreundlich, wenn die Energie zur Aufspaltung von Wasser aus einer erneuerbaren Energiequelle stammt. Vor allem Sonnen- oder Windenergie sind dafür geeignet. Allerdings ist dort, wo Sonnenenergie in wirklich großen Mengen zur Verfügung steht, das Süßwasser meist knapp und wird dringender zur Versorgung der dort lebenden Menschen als zur Energieversorgung gebraucht.

Um Wasserstoff als Energieträger im Verkehr verwenden zu können, müssen also noch sehr viele Probleme gelöst werden. Es ist offen, ob sich die Wasserstofftechnik durchsetzen kann.

Mehr zu Wasserstoff unter: <http://www.hydrogeit.de/grundwissen.htm>

Elektrischer Strom

Elektrischer Strom ist bereits eine der wichtigsten Energieformen und für extrem viele Zwecke anwendbar. Elektrischer Strom ist jedoch keine Primärenergie. Er muss erst hergestellt werden. Folglich kann mit elektrischem Strom auch nicht Öl als Primärenergie ersetzt werden. Mehr dazu findet ihr im Kapitel „Energie“ dieser Arbeitshilfe.

Man kann elektrischen Strom zwar als Energieträger in Fahrzeugen verwenden. Aber auch das geht nicht ganz einfach. Ein großer Nachteil von Strom ist, dass er nur mit sehr großem Aufwand und Energieverlust gespeichert werden kann. Bestehende Batterien bzw. Akkumulatoren sind relativ schwer und haben eine geringe Speicherkapazität. Darum haben Elektrofahrzeuge eine geringe Reichweite. Zusätzlich brauchen die Akkus sehr lange, um wieder aufzuladen.

Aus Umweltgesichtspunkten bringt der Ersatz von Öl als Energieträger in Autos nur dann Vorteile, wenn der Strom aus regenerativen Energiequellen gewonnen wurde.

Biokraftstoffe

Biokraftstoffe werden hergestellt, indem energiehaltige Pflanzen wie z. B. Raps in einem chemischen Prozess so umgewandelt werden, dass damit Motoren angetrieben werden können. Sie sind in letzter Zeit stark unter Druck geraten, weil der Anbau von Energiepflanzen Flächen belegt, die gebraucht würden, um Nahrungsmittel anzupflanzen. Außerdem wird daran gezweifelt, ob nicht gleich viel oder sogar mehr Energie in den Anbau von Energiepflanzen gesteckt werden muss, wie aus ihnen am Ende gewonnen werden kann. Sofern Biokraftstoffe nur aus Resten von Pflanzen gewonnen werden, die nicht extra angepflanzt wurden, handelt es sich bei ihnen um eine erneuerbare Energie.

Gas

Gas ist ein Primärenergieträger, der ähnlich wie Öl in der Natur vorkommt und gefördert werden muss. In den meisten Fällen findet sich in Öl-Lagerstätten auch Erdgas. Die Verbrennung von Gas setzt weniger CO₂ frei als die von Öl. Wie Öl auch, ist Gas jedoch nicht unendlich vorhanden. Gas zu lagern und zu transportieren ist etwas

schwieriger als bei Öl. Gewöhnlich macht man sich zunutze, dass Gas unter hohem Druck flüssig wird. Man kann mit Gas alles beheizen oder antreiben, was man auch mit Öl antreiben kann. In beiden Fällen bleibt jedoch das Problem der Endlichkeit des Rohstoffes bestehen.

3.3 Öl in der Umwelt

Erdöl darf nicht in die Umwelt gelangen. Ein Tropfen Öl macht 600 bis 1000 Liter Wasser unbrauchbar als Trinkwasser und für die Landwirtschaft, denn mineralische Öle enthalten im Gegensatz zu pflanzlichen Ölen ein ganzes Cocktail giftiger Stoffe. Das sind vor allem aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol und daraus entstehende ähnliche Substanzen) und chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW). Wenn diese Stoffe ins Wasser gelangen, können sie sich in Spuren darin lösen. Das Gefährliche daran ist, dass diese Stoffe schwer abbaubar sind. Sie schädigen die im Wasser lebenden Mikroben, was die Selbstreinigungskraft des Oberflächenwassers reduziert. Mineralöl kann z. B. die Bakterien einer biologischen Reinigungsstufe einer Kläranlage abtöten und die Kläranlage damit unbrauchbar machen.

Vor allem beim Trinkwasser genügt die geringe Menge des einen Tropfens in den 1000 Litern, weil sich diese giftigen Stoffe im menschlichen Körper ablagern und im Laufe der Zeit ansammeln. Wir haben dann immer mehr Giftstoffe in unserem Körper und es würden sich auch die entsprechenden Vergiftungserscheinungen einstellen.

Um zu verhindern, dass Öl ins Oberflächenwasser oder ins Grundwasser gelangt, sind moderne Tankstellen immer als eine Art Wanne gebaut. Alles in diese Wanne fallende Regenwasser wird in einem Ölabscheider von den Ölresten gereinigt, bevor es in die normale Kanalisation geleitet werden kann. Leider wird damit nicht verhindert, dass Öl aus beschädigten Autos tropft und ins Wasser gelangt.

Beim Transport von Öl aus den Förderländern zu den Verbrauchern besteht ebenfalls immer die Gefahr, dass es freigesetzt wird. Besonders spektakulär sind Tankerunfälle, bei denen Strände verschmutzt werden und zahlreiche Vögel und Meerestiere sterben.

3.4 Die Ressource Öl durch Energiesparen schonen

Wie gezeigt, kann Öl nicht ohne Weiteres ersetzt werden. Um die Ressource Öl länger als Produktionsrohstoff und als Energieträger nutzen zu können, ist es darum sinnvoll, sie möglichst sparsam zu verwenden. Das Gute dabei: Es schont auch unseren Geldbeutel.

Ein paar Möglichkeiten dazu sind:

- sparsame Verwendung des Autos, kurze Strecken stattdessen zu Fuß oder mit dem Rad zurücklegen;
- Langstrecken möglichst mit der Bahn zurücklegen, anstatt Auto zu fahren oder zu fliegen;
- Vermeidung unnötiger Wegstrecken durch gute Planung;
- Vorausschauend fahren und z. B. lange vor einer roten Ampel vom Gas gehen;
- der Jahreszeit angemessene Kleidung tragen und dadurch die Raumtemperatur um die 20 Grad Celsius halten;
- Plastiktaschen und ähnliche Einwegprodukte vermeiden.



4. Die Ressource Wasser

4.1 Wasser als Grundlage des Lebens

Wasser ist die Voraussetzung für Leben. Ohne Wasser gäbe es keine Pflanzen, Tiere und selbstverständlich auch keine Menschen. Das macht Wasser zur wichtigsten Ressource überhaupt. Gut ist, dass Wasser auf der Erde auch in geradezu gigantischen Mengen vorhanden ist. Drei Viertel der Erdoberfläche sind mit Ozeanen bedeckt.

4.2 Wasserkreislauf

Wasser befindet sich auf der Erde in einem dauerhaften Kreislauf. Wasser verdunstet meist über dem Meer, bleibt einige Zeit als Wolken bildender Wasserdampf in der Atmosphäre. Wenn die Temperatur in und um die Wolke sinkt, wird aus dem Wasserdampf wieder Wasser, das als Regen zu Boden fällt. Regen, der über dem Land fällt, versickert entweder im Boden und füllt die Grundwasservorräte auf, oder er sammelt sich als Oberflächenwasser in Bächen und fließt durch die verschiedenen Flusssysteme zurück ins Meer.

Auch Wasser, das an irgendeiner Stelle des Kreislaufs benutzt wird, gelangt früher oder später in den Kreislauf zurück. Gleich ob Wasser dazu dient, Pflanzen zu gießen, Tiere zu züchten, oder es von Menschen getrunken oder für sonstige Zwecke genutzt wird – irgendwann gelangt das Wasser immer wieder zurück in den Kreislauf. Das geschieht oft nicht am gleichen Ort, und häufig ist die Qualität des Wassers auch schlechter (siehe dazu den Abschnitt Wasserqualität). Das ändert aber nichts daran, dass Wasser nicht so „verbraucht“ werden kann, wie das z. B. mit Öl geschieht, wenn es verbrannt wird. Damit ist Wasser eine regenerative Ressource.

4.3 Wofür wird das Wasser benutzt?

Auf seinem Weg zurück ins Meer wird Wasser auf vielfältige Weise benutzt. In Deutschland wird knapp 20 Prozent des Wassers genutzt. Zwölf Prozent davon werden in Kraftwerken als Kühlwasser verwendet. Etwa vier Prozent werden in Landwirtschaft und Industrie genutzt und knapp drei Prozent werden in den Haushalten gebraucht. In den Haushalten wiederum werden 36 Prozent des Wassers zum Duschen und Baden und 27 Prozent für die Toilettenspülung benötigt. Weitere zwölf Prozent unseres Wasserverbrauchs zu Hause gehen auf das Konto des Wäschewaschens. Mit sechs Prozent des Wassers im Haushalt putzen wir unsere Wohnungen, mit sechs Prozent waschen wir unser Geschirr, und vier Prozent dienen uns tatsächlich zum Trinken und zur Zubereitung unserer Nahrung. Schließlich werden noch neun Prozent allen für die Haushalte aufbereiteten Trinkwassers von kleingewerblichen Betrieben für deren Produktion verwendet. Für diese Zwecke verbraucht jeder von uns durchschnittlich 127 Liter Wasser am Tag. Das ist im internationalen Vergleich ein eher niedriger Wert.

4.4 Wasserqualität

Wasser muss eine bestimmte Qualität haben, wenn es als Lebensgrundlage dienen soll. Für unsere Ernährung ist nur Süßwasser tauglich. Das bedeutet, die großen Wassermengen der Ozeane kommen als Nahrungsmittel nicht infrage, da es sich hier um Salzwasser handelt. Daneben muss Trinkwasser auch weitgehend keimfrei sein, denn sonst kann man sich leicht mit Krankheiten infizieren. Die Bilder von Trinkwasseraufbereitungsanlagen, die nach Naturkatastrophen auch von Nothilfe-Teams aus Samari-



Kapitel: Ressourcen

ter-Organisationen aufgestellt werden, um Seuchen zu verhindern, belegen das eindeutig. Schließlich muss Trinkwasser auch frei von Giftstoffen sein.

Mit dieser Anforderung an Wasser stimmt zwar weiterhin, dass im Wasserkreislauf kein Wasser verloren geht. Wasser mit einer Qualität, die ausreicht, um es zu trinken, wird aber durchaus verbraucht. Wasser, mit dem wir unsere Toilette gespült, mit dem wir geduscht, mit dem wir geputzt, mit dem wir unser Geschirr gespült oder mit dem wir unsere Wäsche gewaschen haben, taugt anschließend nicht mehr als Trinkwasser. Es muss erst wieder aufwendig gereinigt werden. Das gilt auch für Wasser, das für industrielle Prozesse eingesetzt wurde. Große Teile des in der Landwirtschaft zur Bewässerung eingesetzten Wassers verdunsten einfach. Als Trinkwasser aufbereitetes Wasser sparsam zu nutzen, reduziert also zumindest den Energiebedarf für die Reinigung von Wasser.

Es gibt auch Giftstoffe, von denen Wasser nur mit sehr großem Aufwand oder gar nicht mehr gereinigt werden kann. Diese Gifte gelangen überwiegend im Rahmen industrieller Prozesse ins Wasser. Sie sammeln sich am Ende in den Ozeanen, aus denen nur das Wasser, nicht aber die im Wasser gelösten Stoffe verdunsten. Dort werden sie auch von den Lebewesen im Ozean aufgenommen und reichern sich in deren Körper an. Am Ende nimmt dann ein Fisch essender Mensch diese angesammelten Gifte in sich auf, was nicht gerade gesund ist. Mit Giften verunreinigtes Wasser muss also unbedingt gereinigt werden. Besser ist es noch, Produktionsprozesse so zu gestalten, dass erst gar kein Wasser verschmutzt wird.

4.5 Verteilung von trinkbarem Wasser auf der Welt

Süßwasser ist auf der Welt höchst ungleichmäßig verteilt. Wie oben beschrieben fließen in Deutschland 80 Prozent des zur Verfügung stehenden Süßwassers, ohne von den Menschen genutzt zu werden, ins Meer. Es gibt aber auch Gebiete, in denen Wasser so knapp ist, dass es die Menschen über weite Strecken von den Brunnen in ihre Häuser tragen müssen. An anderen Stellen der Welt ist das Süßwasser so verkeimt und verschmutzt, dass es gesundheitsschädlich ist, davon zu trinken. Ungerechterweise lebt der größere Teil der Menschheit in Gebieten, in denen Wasser entweder knapp oder verschmutzt und oft sogar beides ist. So schätzt die Weltgesundheitsorganisation, dass täglich 6000 Kinder an Krankheiten sterben, die durch verschmutztes Trinkwasser ausgelöst werden. Leider können wir das nicht ändern, indem wir hier in Deutschland Leitungswasser sparsam verwenden. Wie gesagt, damit können wir nur Energie sparen. Zumindest auf die Verschmutzung des Wassers haben wir jedoch Einfluss, indem wir als Verbraucher keine Produkte aus Fabriken kaufen, die wegen den in armen Ländern niedrigeren Umweltstandards dort die Flüsse verschmutzen.

4.6 Virtuelles Wasser entwässert wasserarme Gebiete zusätzlich

Virtuelles Wasser ist dasjenige Wasser, das benötigt wird, um unsere Nahrungsmittel zu züchten und die Industrieprodukte, die wir benutzen, herzustellen. Rechnet man dieses virtuelle Wasser in unseren täglichen Wasserverbrauch mit ein, dann liegt er nicht mehr bei 127 Litern pro Person, sondern bei 4000 Litern für jeden von uns am Tag.

Vor allem landwirtschaftliche Produkte brauchen in ihrer Herstellung viel Wasser, von dem ein großer Teil einfach verdunstet. Betrachtet man den Wasserkreislauf weltweit, geht dieses Wasser natürlich nicht verloren. Wenn man einzelne Gebiete jedoch isoliert untersucht, kann das durchaus der Fall sein. Das für den Anbau von Orangen in Südspanien aus der Erde gepumpte Grundwasser verdunstet zum größten Teil. Irgendwo auf der Welt wird es wieder als Regen fallen, jedoch nur zu einem sehr kleinen Teil in Südspanien. Dort sinkt, wenn mehr Wasser aus den lokalen Reserven entnommen wird als durch Regen und Versickerung neu hinzukommt, der Grundwasserspiegel. Das



Kapitel: Ressourcen

führt zu einem schleichenden Rückgang von Pflanzen, bis am Ende nichts mehr wachsen kann und die Gegend zur Wüste geworden ist. Dieser Vorgang heißt Desertifikation. Menschen in wasserarmen Gebieten leiden oft auch direkt darunter, dass aus ihrer Gegend über landwirtschaftliche Produkte wie z. B. Rosen aus Kenia oder Erdbeeren aus Ägypten virtuelles Wasser in die wasserreichen und wohlhabenden Industrieländer Nordeuropas exportiert wird. Das Wasser ist nämlich dort so knapp, dass es oft nicht ausreicht, um die dort lebenden Menschen ausreichend mit Trinkwasser zu versorgen. Wir können diesen Menschen helfen, indem wir bewusst einkaufen und versuchen, kein Obst, kein Gemüse und keine Schnittblumen aus solchen wasserarmen Gebieten zu kaufen.

4.7 Grundrecht auf Trinkwasser

Wasser ist die Grundlage des Lebens. Der Zugang zu ausreichendem und geeignetem Trinkwasser ermöglicht jedoch nicht nur das Leben als solches, sondern beeinflusst auch die Lebensqualität. Viele Nichtregierungsorganisationen fordern darum schon seit Jahren ein international anerkanntes Grundrecht auf Wasser. Damit würde anerkannt, dass Wasser ein öffentliches Gut ist und niemand (kein Mensch und kein Staat) ein Recht hat, andere von der Nutzung derjenigen Menge Wasser, die sie zum Leben brauchen auszuschließen. In einem Vorschlag für eine Proklamation des Menschenrechts auf Wasser wird die Notwendigkeit folgendermaßen begründet:

„Das Recht auf Wasser ist für die Gewährleistung sozialer Gerechtigkeit, eines Lebens in Würde, Gleichheit und Frieden unabdingbar. Die Durchsetzung dieses Rechts sichert allen einen ausreichenden und diskriminierungsfreien Zugang zu Wasser und fördert einen verantwortungsvollen Umgang mit dieser Ressource.

Wasser dient verschiedenen Zwecken und erfüllt unterschiedlichste Funktionen, sei es für Menschen, Ökosysteme oder für die Entwicklung eines Landes. Die vorliegende Initiative – verbunden mit allen anderen Maßnahmen weltweit zugunsten des Grundrechts ‚Zugang zu sauberem Trinkwasser für alle‘ - zeigt, dass die Anerkennung und Anwendung eines solchen Rechts:

- notwendige Voraussetzung ist für die Verwirklichung aller anderen Menschenrechte: Recht auf ein Leben in Würde, Recht auf Gesundheit, Recht auf Nahrung, Recht auf Frieden, Recht auf eine saubere Umwelt und Recht auf wirtschaftliche Entwicklung;
- wesentlich ist für eine nachhaltige Entwicklung;
- die Mitwirkung und Zusammenarbeit aller Akteure verstärkt: Verstanden als ökonomisches, kulturelles und soziales Recht entwickelt das Recht auf Wasser Synergien.“

Laut diesem Resolutionsentwurf würde ein Grundrecht auf Wasser neben anderem Folgendes bedeuten:

Es würde anerkannt, dass Wasser einen sozialen, ökonomischen und ökologischen Wert hat und Schlüssel für gesellschaftliche Entwicklung ist. Außerdem würde festgelegt, dass Wasser ein allgemeines Gut ist und niemandem privat gehören darf. Würde Wasser, wie vorgesehen, zu einem Teil des menschlichen Erbes erklärt werden, dürfen nicht mehr unterirdische Vorkommen fossilen Grundwassers leer gepumpt werden. Das Recht auf Wasser würde für „jede Person oder Gemeinschaft (auch für Arme) den ununterbrochenen Zugang zu Wasser für den persönlichen Gebrauch und für den Haushalt“ bedeuten. Man dürfte also niemandem Wasser verweigern, nur weil er es z. B. nicht bezahlen kann. Selbstverständlich müsste die Qualität des Wassers so sein, dass es als Trinkwasser geeignet ist. Dazu müssten die Staaten eine entsprechende Wasserversorgung und Wasseraufbereitung garantieren und „durch nationale Gesetzgebungen und Bestimmungen sicherstellen, dass die Wasserqualität nicht durch industrielle Einflüsse beeinträchtigt wird.“



Kapitel: Ressourcen

Mit einem Grundrecht auf Wasser müssten auch „die verfügbaren Ressourcen basierend auf den Gesetzen von Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit sowohl den gegenwärtigen als auch den zukünftigen Generationen zur Verfügung stehen.“

Wasser wird nicht nur als Trinkwasser benötigt. Auch Landwirtschaft, in der Industrie hängen von Wasser ab. Außerdem darf es an einem Ort nicht in zu großen Mengen aus dem Kreislauf umgeleitet werden, da sonst das Ökosystem geschädigt wird. Darum muss mit einem Grundrecht auf Wasser auch „eine Balance hergestellt werden zwischen dem Trinkwasser- und häuslichen Wassergebrauch von Privatpersonen, den quantitativen und qualitativen Bedürfnissen der Ökosysteme sowie den Anforderungen der Landwirtschaft, Viehzucht, Industrie, Energieproduktion und Freizeitaktivitäten“. Schließlich würde aus diesem Grundrecht in noch stärkerer Weise als bisher auch eine Verpflichtung erwachsen. So müssten „Einzelpersonen, Unternehmen/Betriebe ihren Teil zum Schutz der Umwelt, zur Erhaltung und Erneuerung der Wasserressourcen beitragen“.

Leider wehren sich die Staaten dagegen, dieses Grundrecht einzuführen, und haben es beim Weltwassergipfel im Frühjahr 2009 in Istanbul zum wiederholten Male abgelehnt.

4.8 Wasserversorgung – öffentlich oder privat?

Der Betrieb eines Wasserversorgungssystems kann ein profitables Geschäft sein. Der Aufbau eines Wasserversorgungssystems wird heute jedoch nicht mehr als ausreichend gewinnträchtig angesehen, weil dazu sehr viel Kapital über einen sehr langen Zeitraum gebunden werden muss. Dort, wo eine Wasserversorgung privatisiert wurde, ging es darum in den allermeisten Fällen auch nicht um den Aufbau einer Wasserversorgung, sondern um den Betrieb eines bestehenden, vom Steuerzahler finanzierten Wasserversorgungsnetzes. Die Erfahrungen damit sind überwiegend negativ.

Private Betreiber von Wasserversorgungsnetzen schließen mit dem öffentlichen Eigentümer des Leitungsnetzwerks einen Nutzungsvertrag. Der darf nicht für die Ewigkeit gelten, sonst könnte der private Betreiber die Wasserpreise nach Gutdünken in beliebiger Höhe festlegen. Damit entsteht aber ein anderer Effekt: Der Profit am Wasserversorgungsnetz ist umso größer, je weniger Kosten bei seinem Betrieb entstehen. Kosten sind vor allem auch solche für Reparaturen, den vorsorglichen Austausch von Teilen, die absehbar verschlissen sein werden, und Investitionen in den weiteren Ausbau des Netzes. Ausgaben dafür halten die privaten Betreiber so niedrig wie gerade noch möglich. Im Laufe der Zeit wird dadurch der Zustand des Netzes immer schlechter. Läuft der Konzessionsvertrag dann aus, kriegt die öffentliche Hand ein schlechtes Netz zurück, das sie erst einmal für viel Geld renovieren muss.

Exemplarisch kann man das an den Erfahrungen in Großbritannien nachvollziehen. Nachdem dort Ende der 80er-Jahre die Wasserversorgung privatisiert worden war, stiegen die Wasserpreise innerhalb von zehn Jahren inflationsbereinigt um 46 Prozent. Die Gewinne der privaten Netzbetreiber stiegen im gleichen Zeitraum um 142 Prozent. Investitionen in die Netze wurden wie beschrieben eingespart. Der Zustand der Wasserversorgungsnetze war nach zehn Jahren privater Bewirtschaftung in einigen britischen Städten schlechter als in vielen Drittweltstaaten. In London z. B. waren die Leitungen so undicht geworden, dass 40 Prozent allen in sie eingespeisten Wassers im Boden unter der Stadt versickerten. Dadurch reichte in vielen Teilen Londons der Wasserdruck nicht mehr aus, um die oberen Stockwerke der Häuser zu versorgen. Nachdem strengere Regeln für den Betrieb der Netze erlassen worden waren, verloren die privaten Betreiber der Netze das Interesse daran. Die notwendigen Reparaturen mussten wieder die Steuerzahler finanzieren.

In den Industrieländern ist das ärgerlich und teuer für die Verbraucher. In Entwicklungsländern haben Privatisierungen der Wasserversorgung den Menschen häufig die Lebensgrundlage entzogen. Ein gutes Beispiel dafür ist die von 1,5 Millionen Menschen bewohnte Provinz Cochabamba in Bolivien. Dort stieg nach der Privatisierung der Wasserpreis so stark an, dass arme Familien ein Drittel ihres Einkommens für Wasser aus-



Kapitel: Ressourcen

geben sollten. Gleichzeitig war ihnen sogar gesetzlich verboten worden, Regenwasser zu sammeln oder sich anders selbst mit Wasser zu versorgen. Das führte zu gewalttätigen Protesten die schließlich dazu führten, dass die Regierung den Vertrag mit dem privaten Versorger kündigen musste, worauf dieser das Land Bolivien auf einen hohen Schadenersatz verklagte. Diese Privatisierung wäre so mit einem Grundrecht auf Wasser ganz bestimmt nicht möglich gewesen, denn es sieht auch vor, dass Wasser „nicht für die Erwirtschaftung übermäßiger Profite oder zu spekulativen Zwecken genutzt werden“ darf.



5. Die Ressource Luft

5.1 Die Ressource Luft, fürs Leben unverzichtbar

Menschen und Landtiere brauchen Luft zum Atmen. Ihr Organismus benötigt den in der Atemluft enthaltenen Sauerstoff, um leben zu können. Dieser Sauerstoff wird im Körper „verbrannt“. Dabei entsteht Kohlendioxid. Hält man sich lange in einem geschlossenen Raum auf, entwickelt man oft ein Müdigkeitsgefühl. Das kommt davon, dass man den Sauerstoff in der Luft verbraucht, sein Anteil an der Luft im Laufe der Zeit sinkt. Öffnet man die Fenster und lässt Luft von draußen herein, wird man schnell wieder munter, weil der Sauerstoffgehalt der Luft steigt. In der Atmosphäre wäre das im Prinzip das Gleiche, gäbe es nicht die Pflanzen. Sie wandeln, angetrieben durch das Sonnenlicht, in einem chemischen Vorgang Kohlendioxid und Wasser in Nährstoffe und Sauerstoff um. Dieser Vorgang heißt Fotosynthese.

Dank der Fotosynthese wird der Sauerstoff in unserer Atemluft immer wieder neu hergestellt. Man könnte bezüglich des Sauerstoffs also von einer regenerativen Ressource sprechen.

Fotosynthese sorgt zwar für einen in etwa gleich bleibend hohen Sauerstoffanteil in der Luft. Sie hat aber keinen Einfluss auf andere Verschmutzungen in der Luft, die von den Menschen verursacht werden.

5.2 Luftverschmutzung

Die Bändigung des Feuers war ein wichtiger Entwicklungsschritt für die Menschheit. Damit waren jedoch von Anfang an Nachteile verbunden. In Umkehrung eines bekannten Sprichwortes kann man sagen, wo Feuer ist, da ist auch Rauch. Und eben dieser Rauch bedeutet Luftverschmutzung. Im Rauch sind Ruß und verschiedene Abgase enthalten. Aus den schwarzen Lungen mumifizierter Steinzeitleichen und den Rußschichten in prähistorischen Höhlen können Archäologen schließen, dass die Luft in den Höhlen durch die Feuer stark verschmutzt gewesen sein muss. Das gilt auch für die Luft in den mittelalterlichen Städten.

5.3 Extreme Zunahme der Luftverschmutzung durch die Industrialisierung

Mit der Industrialisierung ab Mitte des 18. Jahrhunderts befeuerten die Menschen nicht mehr nur ihre Öfen und Herde zum Heizen und Kochen. Auch in den Dampfmaschinen der schnell entstehenden Industrieanlagen brannten die Feuer. Die Industrialisierung erfasste in kürzester Zeit alle Lebensbereiche und erhöhte so die Produktivität der Menschheit in bis dahin unbekanntem Ausmaß. Die Menschen konnten nun einfacher als zuvor mehr landwirtschaftliche und handwerkliche bzw. industrielle Güter produzieren, als sie zum unmittelbaren Überleben brauchten. Nur so konnte die stark wachsende Bevölkerung in den Industrieländern weiterhin mit dem Notwendigen versorgt werden. Für eine größere Bevölkerung sind selbstverständlich auch mehr Öfen und Herde notwendig. Durch die Industrialisierung und das Bevölkerungswachstum machten die Menschen also mehr Feuer als jemals zuvor und setzten auch mehr Abgase und Ruß frei als jemals in der Vergangenheit. Gleichzeitig wurde immer seltener Holz und immer häufiger die leicht und billig transportierbare Kohle verbrannt.

5.4 Auswirkungen der Luftverschmutzung

Diese beiden Entwicklungen resultierten in einer dramatisch angestiegenen Luftverschmutzung durch die Abgase der vielen Feuer. In London gab es um 1880 z. B. etwa 3,5 Millionen mit Kohle angeheizte Feuerstellen. Bei entsprechendem Wetter war die Luft so verschmutzt, dass man kaum mehr sehen konnte. Das Wort Smog ist eine Verbindung aus den englischen Wörtern „Smoke“ (Rauch) und „Fog“ (Nebel). Der Londoner Smog soll teilweise so dicht gewesen sein, dass Menschen in die Themse fielen, weil sie den Fluss nicht mehr sehen konnten. Die Wetterstatistik für London weist für die Jahre zwischen 1920 und 1950 ein Fünftel weniger Sonnenstunden in der Stadtmitte als an den Stadträndern nach. Kein Wunder, dass vor allem in den Städten und Industriegebieten Atemwegserkrankungen erheblich zunahmen. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts war die Ursache von etwa ein Viertel aller Todesfälle in England eine Lungenkrankheit.

Die luftverpestenden Anlagen der Schwerindustrie mit ihren Stahlhütten, Kokereien und Hochöfen sowie die Anlagen der chemischen Industrie wurden jedoch noch lange als Symbole für Wohlstand, Fortschritt und Macht angesehen.

5.5 Gesetze zur Luftreinhaltung

Die Vorteile der Industrialisierung konnten jedoch die erheblichen nachteiligen Folgen der Luftverschmutzung nicht dauerhaft ausgleichen. Die ersten Versuche, die Luft rein zu halten, begannen in großen Industriegebieten in den USA, wurden aber während des Weltkrieges nicht konsequent durchgehalten. In England wurde 1956 mit dem Clean Air Act ein Gesetz zur Luftreinhaltung erlassen. Darin war streng geregelt, unter welchen Umständen in den Wohnhäusern Kohle verfeuert werden durfte. Dass ein solches Gesetz notwendig war, hatte ein Smog in London, der sich vom 4. bis 6. Dezember 1952 über beinahe eine Woche erstreckte und der etwa 4000 Menschenleben forderte, mehr als deutlich gemacht. Der Anteil an Rauch in der Londoner Luft sank dann bis 1970 um 80 Prozent. Dazu trug auch bei, dass in den Haushalten zunehmend Öl oder Gas anstatt Kohle verbrannt wurden. Bei der Verbrennung von Öl und Gas entstehen deutlich weniger Rauch und Ruß als bei der Kohlefeuerung.

In den 60er- und 70er-Jahren wurden auch in anderen wichtigen Industrieländern Gesetze zur Luftreinhaltung erlassen. In Japan war das 1968, in den USA 1970, und in Deutschland war es 1974 das Bundesemissionsschutzgesetz. Diese Gesetze wurden nicht unerheblich auch durch den Protest der Bevölkerung u. a. in Bürgerinitiativen erkämpft. So protestierten in den USA z. B. am Earth Day (Tag der Erde) im Jahr 1970 etwa 20 Millionen Menschen gegen die Umweltverschmutzung.

5.6 Erste Luftreinhaltungsstrategien mit problematischen Nebenwirkungen

Die erste Methode, mit der die Luftqualität in den Industriezentren und Städten verbessert werden sollte, waren höhere Schornsteine. Das reduzierte jedoch nicht die Luftverschmutzung als solches, sondern bewirkte eine größere Verteilung der dreckigen Luft. Schwefel und Stickoxide wurden nun vom Wind von den Kaminen aus über tausende Kilometer weitergeweht. Diese beiden Stoffe waren die wichtigsten Bestandteile des in ganz Europa die Bäume und Wälder schädigenden sauren Regens. Das in den frühen 80er-Jahren erstmals als aus der Luftverschmutzung resultierendes Problem wahrgenommene Waldsterben führte zur Erkenntnis, dass es nicht genügte, die Emissionen zu verteilen. Vielmehr mussten weniger Schadstoffe in die Luft gelangen. Das wurde mit Filteranlagen, weniger Kohleverbrennung und effektiverer Verbrennung erreicht. Öl und Gas verbrennen von vornherein mit weniger Rückständen. In anders konstruierten Brennkammern mit veränderten Verbrennungstemperaturen setzen auch

Kohlefeuer weniger Rauch und Ruß frei. Und schließlich reduzieren Filteranlagen den Anteil von Ruß und Schwefeldioxid in der industriellen Abluft.

5.7 Die bedeutendsten Schadstoffe in der Luft

5.7.1 Partikeln und Staub:

Staub ist die Sammelbezeichnung für feinste feste Teilchen (Partikeln), die, wenn sie aufgewirbelt werden, lange Zeit in der Luft schweben können. Diese Partikeln entstehen bei der Verbrennung der Primärenergieträger Holz, Kohle, Öl oder Gas, jedoch abhängig vom Brennstoff in unterschiedlich großen Mengen. Verkehr, Haushalte und Industrie ziehen alle ihren Energiebedarf zu großen Teilen aus der Verbrennung dieser Primärenergieträger. Staub aus offenen Feuern und einfachen Herden trägt in den Megacities der Dritten Welt erheblich zur Luftverschmutzung bei. In den Industrieländern ist heutzutage vor allem Feinstaub ein Problem. Er stammt zu großen Teilen aus dem Verkehr. Feinstaub ist Staub, dessen Partikeln kleiner als 10 Mikrometer ($10\ \mu\text{m}$. $1\ \mu\text{m}$ ist ein tausendstel Millimeter. Zum Vergleich: ein Menschliches Haar ist etwa $70\ \mu\text{m}$ dick) sind. Diese Partikeln sind so klein, dass sie in die Lunge gelangen und Atemwegserkrankungen auslösen können. Neuere Forschungsergebnisse weisen außerdem darauf hin, dass sie sogar zu Entzündungen im Gehirn führen können.

5.7.2 Kohlenmonoxid (CO):

Kohlenmonoxid ist ein geruch- und farbloses Gas. Es ist sehr giftig. Es wird von den roten Blutkörperchen besser gebunden als Sauerstoff. Bei entsprechend hoher Konzentration in der Luft bekommen die Körperzellen nicht mehr ausreichend Sauerstoff. Eine tödliche Konzentration liegt schon vor, wenn nur 1,28 Prozent der Luft aus Kohlenmonoxid besteht. Menschen sterben in einer solchen Umgebung nach höchstens drei Minuten. Es entsteht, wenn Benzin, Diesel, Holz oder Kohle nicht vollständig verbrannt werden, weil entweder nicht genug Sauerstoff zur Verfügung steht oder die Brenntemperatur zu hoch ist. Das Kohlenmonoxid in der Luft stammt hauptsächlich aus dem Verkehr, wobei Lastwagen für 60 Prozent aller Kohlenmonoxidemissionen verantwortlich sind.

5.7.3 Schwefeldioxid (SO₂):

In Brennstoffen ist Schwefel enthalten. Im Verbrennungsprozess oxidiert dieser Schwefel und bildet Schwefeldioxid. Schwefeldioxid entsteht vor allem in Kraftwerken, Gießereien und Raffinerien. In der Luft reagiert Schwefeldioxid zu Schwefelsäure. Damit verursacht es sauren Regen. Außerdem kann es Atemwegserkrankungen auslösen.

5.7.4 Stickoxide (NO_x):

Sie entstehen bei hohen Verbrennungstemperaturen aus dem in der Luft enthaltenen Stickstoff. Sie tragen zum sauren Regen bei und können zu Atemwegserkrankungen führen. Hohe Stickoxidkonzentrationen in der Luft führen außerdem zu Überdüngung der Ökosysteme mit Stickstoff. Die als Sommersmog bekannten hohen bodennahen Ozonkonzentrationen werden von Stickstoffoxiden mit ausgelöst.

5.7.5 Kohlenwasserstoffe (HC):

Diese Stoffe entstehen bei unvollständiger Verbrennung von Benzin und Diesel. Sie sind auch in verschiedenen Lösungsmitteln enthalten und gelangen in die Luft, wenn man die Lösungsmittel verwendet. Unter den Kohlenwasserstoffen sind die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) besonders gefährlich. Sie sind krebserregend und stehen unter Verdacht, das Erbgut zu verändern. Außerdem tragen sie zum Sommersmog bei.

5.7.6 Sekundäre Luftschadstoffe:

Das sind Stoffe, die durch chemische Reaktionen in der Atmosphäre entstehen. Saurer Regen etwa entsteht, weil Schwefeldioxid und Stickoxide in der Luft Säuren bilden, die dann vom Wasser ausgespült werden. Sommersmog, das ist vor allem eine hohe Ozonkonzentration in Bodennähe, entsteht unter Einwirkung von Sonnenlicht aus Kohlenwasserstoffen und Stickstoffoxiden. Eine hohe Ozonkonzentration in Bodennähe reizt die Schleimhäute und schädigt Pflanzen.

5.8 Luftverschmutzung durch Giftstoffe aus industriellen Prozessen

Industrieanlagen setzen nicht nur die Abgase von Feuern frei. In vielen Produktionsprozessen gelangen auch Spuren der verarbeiteten Stoffe in die Luft, die teilweise sehr giftig sein können.

Giftige Stoffe sind dabei solche, die bereits dann Krebs oder andere schwere Krankheiten auslösen können, wenn sie nur in sehr kleinen Mengen in der Luft enthalten sind, ihre Konzentration also gering ist. Zu diesen giftigen Stoffen gehört z. B. Benzol. Das ist dem Benzin beigemischt und gelangt beim Tanken und mit den Abgasen in die Luft. Andere Stoffe sind u. a. Asbest, Schwermetalle und Dioxine.

Ein besonders bekanntes Beispiel für schädliche Stoffe aus industriellen Prozessen sind die FCKW abgekürzten Fluorchlorkohlenwasserstoffe. Das sind chemische Substanzen, die Fluor, Chlor und Kohlenstoff enthalten. Sie sind ungiftig, nicht entzündlich, können leicht verarbeitet werden und reagieren nicht mit anderen Stoffen. Darum wurden sie, seitdem sie 1929 zum ersten Mal hergestellt wurden, viele Jahre lang vor allem als Kühlmittel in Klimaanlage und Kühlschränken, als Treibgas in Spraydosen und als Lösungsmittel benutzt. In den 1970er-Jahren entdeckten Forscher schließlich, dass FCKWs, die in die oberen Atmosphärenschichten aufsteigen, dort von kurzweiligem Sonnenlicht in ihre chemischen Bestandteile aufgespaltet werden. Das dabei freigesetzte Chlor zerstört dann die Ozonmoleküle der Ozonschicht der Erde. Dabei kann ein einziges Chloratom bis zu 100.000 Ozonmoleküle zerstören. Die Ozonschicht filtert das ultraviolette Licht aus den Sonnenstrahlen, die die Erde erreichen. Die Folge der ausgedünnten Ozonschicht ist eine verstärkte UV-Strahlung auf der Erdoberfläche. Diese schädigt Plankton und damit die Nahrungskette in den Meeren, sie schädigt Pflanzen und so auch die Nahrungsmittelproduktion. Außerdem verursacht sie Hautkrebs und grauen Star bei den Menschen.

FCKWs sind mittlerweile verboten. Dennoch wird es noch viele Jahre dauern, bis sich die Ozonschicht wieder erholt. Wissenschaftler gehen von einem Zeitraum bis 2070 aus.



5.9 Luftverschmutzung durch den Verkehr

1886 wurde das erste von einem Verbrennungsmotor angetriebene Auto gebaut. Autos wurden unglaublich schnell populär. Mit der Einführung des Fließbandes in der Automobilfertigung durch Henry Ford im Jahr 1913 konnten Autos in Massen verhältnismäßig günstig hergestellt werden. Damit war der Grundstein für die Massenmotorisierung gelegt. Schnell wuchs die Zahl der Autos weltweit. Im Jahr 2002 waren es schon über 590 Millionen. Die Eisenbahn wurde in den Industrieländern schon vor der Mitte des 20. Jahrhunderts vom Auto als wichtigster Verkehrsträger verdrängt. In den 1960er-Jahren lösten die Abgase aus Autos die der Kohlenfeuerung als schlimmste Ursache der Luftverschmutzung ab. Autos geben vor allem Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide und Kohlenwasserstoffe ab, die eine wichtige Ursache des Sommersmogs sind.

Lange Zeit war in den Autoabgasen auch das giftige Blei in großen Mengen enthalten. Es wurde dem Benzin beigemischt, um die Motoren ruhiger laufen zu lassen. Das Tetraethylblei im Benzin verhinderte nämlich die „Klopfen“ genannten unkontrollierten Selbstzündungen des Benzins im Motor. Gegen großen Widerstand der Automobilindustrie wurde das Blei im Benzin nach und nach verboten. Zuerst im Jahr 1967 in der damaligen Sowjetunion; in den USA in den späten 1970er-Jahren und bei uns erst in den 1980er-Jahren. Die Bleibelastung von Luft und Böden in Straßennähe ist seither wieder deutlich gesunken. Das ist gut so, denn Blei wird in Knochen eingelagert und reichert sich daher im Laufe der Zeit im Körper an. Das führt mit steigender Konzentration zu Schädigungen der Blutbildung, des Nervensystems und von Embryos.

Ein zweites wichtiges Mittel zur Reduzierung der Luftverschmutzung aus Autoabgasen sind die Katalysatoren. Ihre Aufgabe ist die chemische Konvertierung der Verbrennungsschadstoffe Kohlenwasserstoffe, Kohlenstoffmonoxid und Stickoxide in die ungiftigen Stoffe Kohlendioxid, Wasser und Stickstoff durch Oxidation bzw. Reduktion. Um sie einführen zu können, war Benzin ohne Bleizusatz Voraussetzung.

Das enorme Wachstum des Verkehrs macht jedoch die Erfolge bei der Abgasreinigung zu großen Teilen wieder zunichte. So ist z. B. das im Katalysator erzeugte Umwandlungsprodukt Kohlendioxid zwar ungiftig, aber hauptverantwortlich für die Schädigung des Klimas.

5.10 Gesundheitsschäden durch Luftverschmutzung

Verschmutzte Atemluft schädigt die Gesundheit der Menschen, die diese Luft atmen müssen. Sieht man Zahlen, die bekannt wurden, nachdem der ehemalige Ostblock zusammengebrochen ist, kann man sich in etwa vorstellen, wie sehr stark verschmutzte Luft die Gesundheit der Menschen schädigt. So starben z. B. in Oberschlesien 44 von 1000 Säuglingen, und drei Viertel aller Zehnjährigen dort brauchten eine ständige ärztliche Behandlung. Aus tschechischen Industriegebieten ist bekannt, dass die durchschnittliche Lebenserwartung der Menschen vier Jahre unter dem Landesdurchschnitt lag. Die Weltgesundheitsorganisation schätzt, dass jedes Jahr etwa 865.000 Menschen an den gesundheitlichen Folgen von Luftverschmutzung sterben. Da die Umweltpolitik in den Industrieländern nach mittlerweile 30 Jahren tatsächlich eine deutliche Verbesserung der Luftqualität bewirkt hat, ereignet sich der größte Teil der durch Luftverschmutzung ausgelösten Todesfälle heute in Schwellen- und Entwicklungsländern. Zu dieser hohen Todeszahl tragen dort auch die Lebensverhältnisse in den Megacities bei. In diesen ausufernden Millionenstädten kocht und heizt ein großer Teil der armen Bevölkerung weiterhin mit Kohle. Zur starken Luftverschmutzung tragen dort auch der dichte Verkehr ohne Katalysatoren und die Industrie ohne Filteranlagen bei.

Ein Problem der Luftverschmutzung wird aber weder durch Katalysatoren noch durch Filteranlagen gelöst: der durch den steigenden Kohlendioxidgehalt in der Atmosphäre verursachte Klimawandel mit seinen Folgen.