

# Erdatmosphäre

➡ Die Atmosphäre ist die Lufthülle unserer Erde und ein wichtiger Teil des Lebensraums für uns Menschen sowie für Tiere und Pflanzen.

Sie erlaubt uns zu atmen, sie schützt uns vor der energiereichen Sonnenstrahlung, und sie sorgt für eine angenehme Temperatur. Seit einigen Jahren wissen wir, daß diese Funktionen der Atmosphäre beeinträchtigt werden. **Treibhauseffekt, Ozonloch und Sommersmog** sind seit dieser Zeit in aller Munde. Um diese Phänomene genauer zu verstehen, muß man zunächst den Aufbau und die Zusammensetzung der Atmosphäre betrachten.

## Wie ist die Erdatmosphäre aufgebaut und woraus besteht sie?

➡ Die Folie 1 (*Schichtung und Temperaturverlauf*) gibt einen Überblick über die verschiedenen Schichten der Atmosphäre. Die unterste Schicht ist die Troposphäre. In ihr vollziehen sich das Wettergeschehen und die Klimaprozesse, und sie ist der Raum für den üblichen Flugverkehr. Sie beginnt an der Erdoberfläche und ist durchschnittlich 12 km hoch. Es folgt die Stratosphäre bis zu einer Höhe von etwa 50 km. Die dritte Schicht ist die Mesosphäre, bis etwa 80 km Höhe. Darüber liegt die Thermosphäre. Im Vergleich zum Erddurchmesser ist die Lufthülle der Erde insgesamt nur sehr schmal.

Die Einteilung in die verschiedenen Schichten ist nicht willkürlich, sondern sie orientiert sich an der Temperatur. Immer wenn sich der Temperaturverlauf ändert, beginnt eine neue Sphäre. Die Übergangsbereiche zwischen den Sphären werden Pausen genannt. So trennt z.B. die Tropopause die Troposphäre und die Stratosphäre.

Der Luftdruck in der Atmosphäre nimmt von unten nach oben ständig ab. In 16 km Höhe beträgt er nur noch 1/10 des Drucks in Bodennähe, in 30 km Höhe 1/100 und in 45 km Höhe nur noch 1/1000.

➡ Die Atmosphäre besteht im wesentlichen aus Stickstoff  $N_2$  (78 %) und Sauerstoff  $O_2$  (21 %). Der Rest ist eine Mischung aus Wasserdampf ( $H_2O$ ), dem Edelgas Argon (Ar), Kohlenstoffdioxid ( $CO_2$ ), Ozon ( $O_3$ ), Lachgas ( $N_2O$ ), Methan ( $CH_4$ ) und einer Vielzahl weiterer Gase. Gemeinsam werden diese als Spurengase bezeichnet. Während die Verteilung von Stickstoff und Sauerstoff bis in eine Höhe von 100 km in etwa konstant ist, sind die Anteile der anderen Gase sehr stark von der Höhe abhängig. 90 bis 95 % des in der Atmosphäre vorkommenden Ozons befinden sich in der Stratosphäre, also in Höhen oberhalb von etwa 12 Kilometern. Sein Konzentrationsmaximum liegt in mittleren Breiten etwa in 23 Kilometern Höhe. In der Troposphäre und in Bodennähe ist nicht so viel Ozon vorhanden.

# Erdatmosphäre

➡ Diese stratosphärische Ozonschicht erfüllt eine wichtige Schutzfunktion für das Leben auf der Erde, indem sie den kurzwelligigen UVB-Anteil der Sonnenstrahlung, also den biologisch wirksamsten Wellenlängenbereich zwischen 280 und 320 Nanometern zum größten Teil absorbiert, so daß nur ein geringer Teil davon die Erdoberfläche erreicht.

Dieser globale Schutzschild existiert aber noch nicht seit Beginn der Entwicklung einer Erdatmosphäre. Vielmehr konnte zunächst UV-Strahlung ungehindert an die Erdoberfläche gelangen und dort als starke Energiequelle wichtige Funktionen bei der Entwicklung des Lebens erfüllen. Erst als mit Entstehung pflanzlicher Organismen auch Sauerstoff produziert wurde, konnte sich Ozon auch in größeren Höhen auf Dauer als Schicht ausbilden.

➡ Ozon entsteht in der Stratosphäre dadurch, daß Sauerstoffmoleküle ( $O_2$ ) von sehr harter, energiereicher UV-Strahlung gespalten werden. Die freien Sauerstoffatome reagieren mit Sauerstoffmolekülen zu Ozon ( $O_3$ ). Ozon ist ein sehr reaktionsfreudiges Molekül, und es bedarf nur eines geringen Anstoßes, um es wieder in ein Sauerstoffatom und ein Sauerstoffmolekül zerfallen zu lassen. Einen solchen energetischen Anstoß gibt UVB-Strahlung (Wellenlänge  $> 320$  Nanometer), die bei diesem Prozeß verbraucht wird: Die photochemischen, d.h. durch Licht ausgelösten, gegenläufigen Prozesse der Ozonbildung und des Ozonzerfalls führen zu einem dynamischen Gleichgewichtszustand, der durch eine in etwa konstante Ozonkonzentration charakterisiert ist. Unter dem Schutz der Ozonschicht ist das Leben auf der Erde entstanden und konnten sich intakte Ökosysteme entwickeln.

# Treibhauseffekt

➡ Der Treibhauseffekt ist eine Erscheinung, die zur Erwärmung der Troposphäre und der Erdoberfläche beiträgt. Er ist für das Leben auf der Erde notwendig.

Die Bezeichnung Treibhauseffekt deutet an, daß die Strahlungsverhältnisse in der Troposphäre mit denen in einem Treibhaus vergleichbar sind. Die Strahlung der Sonne, die in ein Treibhaus eintritt, wird zunächst vom Boden und den Wänden aufgenommen und dann in anderer Form, nämlich als Wärmestrahlung, wieder abgegeben. Im Gegensatz zur Lichtstrahlung der Sonne wird diese Wärmestrahlung von den Glasflächen aber nicht wieder durchgelassen, sondern von ihnen zurückgesandt. Diese Strahlung kann deshalb nicht aus dem Treibhaus entweichen, und das Innere des Treibhauses wird erwärmt.

## Was hat das nun mit der Aufheizung der Troposphäre zu tun?

➡ Wie in einem Treibhaus wird auch in der Troposphäre die Lichtstrahlung der Sonne vom Erdboden aufgenommen und als Wärmestrahlung zurückgesandt (Folie 2: *Wie funktioniert der Treibhauseffekt?*). Ein Teil der Lichtstrahlung wird allerdings durch Wolken und helle Oberflächen (z.B. Schnee, Sand) direkt zurückgespiegelt. Die Rolle der Glasflächen wird in der Troposphäre von bestimmten Gasen übernommen, die man Treibhausgase nennt. Im Gegensatz zur Glasfläche beim Treibhaus nehmen diese Gase aber keinen eng begrenzten Raum ein, sondern sie sind in der Lufthülle verteilt. Die Moleküle der Treibhausgase nehmen die Wärmestrahlung auf und senden sie z.T. zum Erdboden zurück. Dadurch werden die unteren Luftschichten und die Erdoberfläche selbst erwärmt.

➡ Das wichtigste unter den Treibhausgasen ist der Wasserdampf, der durch Verdunstung in die Troposphäre gelangt. Danach folgen Kohlenstoffdioxid, Ozon, Lachgas und Methan. (Folie 3: *Beiträge verschiedener Spurengase zum natürlichen bzw. anthropogenen Treibhauseffekt*). Alle diese Gase sind von Natur aus in der Erdatmosphäre vorhanden. Die Erwärmung der Troposphäre durch diese natürlichen Treibhausgase führt dazu, daß auf der Erde, gemittelt über alle Jahreszeiten und Regionen, eine durchschnittliche Temperatur von +15 °C herrscht. Ohne diese Gase wäre die mittlere Temperatur auf der Erde 33 °C niedriger, sie würde also -18 °C betragen. Bei einer solchen Temperatur würde das Leben auf der Erde in der uns bekannten Form nicht existieren, denn die gesamte Erdoberfläche wäre von Eis bedeckt.

# Treibhauseffekt

➡ Die mittlere Temperatur von 15 °C hängt von der Art und Konzentration der Treibhausgase ab. Ein Anstieg dieser Konzentrationen - oder gar neue Treibhausgase - führen deshalb zu einer weiteren Erwärmung der bodennahen Luftschichten. Die Beobachtungen zeigen, daß die Temperatur innerhalb der letzten 100 Jahre bereits um 0,6 °C angestiegen ist. Dies ist zurückzuführen auf die Zunahme der Konzentrationen von Kohlenstoffdioxid, Ozon, Lachgas und Methan. Als neue Treibhausgase sind die FCKW hinzugekommen. Die zusätzliche Erwärmung nennen wir anthropogenen Treibhauseffekt. Im Gegensatz zum natürlichen Treibhauseffekt ist dieser Anteil vom Menschen erzeugt. Folie 3 zeigt die Anteile der verschiedenen Treibhausgase am natürlichen und anthropogenen Treibhauseffekt.

➡ Während Treibhausgase immer zu einer Erwärmung der bodennahen Luftschichten führen, bewirken Wolken und Aerosole eine Abkühlung, da sie das Sonnenlicht zurückstreuen und dadurch verhindern, daß es den Boden erreicht. Wolken und Aerosole sind flüssige bzw. feste Schwebstoffe in der Luft (siehe Aerosole). Während Wolken ausschließlich aufgrund des natürlichen Gehalts der Atmosphäre an Wasserdampf beim Abkühlen der Luft gebildet werden, haben Aerosole sowohl natürliche als auch anthropogene Quellen.

## Warum und wo werden die zusätzlichen Treibhausgase emittiert?

➡ Die Erdbevölkerung wächst ständig, ist industriell tätig, benötigt Nahrungsmittel, bevorzugt behagliches Wohnen, ist mobil und genießt die Annehmlichkeiten von Konsumgütern. Dies alles ist nicht zu erhalten ohne Zugriff auf die natürlichen Ressourcen und auch nicht ohne die Emission von Treibhausgasen. Durch die Nutzung fossiler Brennstoffe zur Erzeugung von Strom, Wärme und zum Antrieb unserer Autos wird immer mehr Kohlenstoffdioxid emittiert (Folie 4: *CO<sub>2</sub>-Emissionsentwicklung (1900-1990)*). Im Jahr 1994 z. B. betrug die Gesamtmenge an freigesetztem Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) weltweit 26 Milliarden Tonnen und auf jeden von uns, vom Baby bis zum Greis, entfällt die überraschend hohe Menge von 11 Tonnen CO<sub>2</sub>. Das ist das Gewicht eines mittelgroßen Lastkraftwagens.

➡ Die Erzeugung von Nahrungsmitteln (Viehhaltung, Düngung von landwirtschaftlich genutzten Böden) setzt Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) frei (Folie 5: *Die wichtigsten vom Menschen verursachten Treibhausgase in der Schweiz* und Folie 6: *Anteile der wichtigsten Treibhausgase im Jahre 1995 in der Schweiz*). Die Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) sind dagegen industriell produzierte Stoffe, die in Kühlschränken, zur Herstellung von Polymerschäumen, als Lösemittel und als Treibgase für die Erzeugung von Aerosoldosen verwendet wurden. Ihre Produktion ist seit 1994 weltweit in allen Industrieländern verboten. Die einmal emittierten FCKW sind aber immer noch in der Atmosphäre vorhanden.

# Treibhauseffekt

➡ Wie sehen die heutigen Konzentrationen von CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und FCKW, angegeben in ppm (parts per million, entsprechend einem Teil in 1 Million Teilen) aus? Weitaus am häufigsten ist Kohlenstoffdioxid vorhanden. Sein Anteil an der Zusammensetzung der Atmosphäre beträgt 360 ppm, entsprechend 0,036%. Mit großem Abstand folgen Methan, Lachgas und schließlich die FCKW. Alle diese Gase sind ziemlich gleichförmig über den Globus in der Atmosphäre verteilt. Ihre Konzentrationen sind das Ergebnis der Emissionen aller Menschen auf der Erde. Beim Kohlenstoffdioxid allerdings wird die Hauptmenge in den westlichen Industrieländern emittiert, wo die Pro-Kopf-Menge bis zu zehnmal größer ist als in den Entwicklungsländern.

➡ Jedes Treibhausgas in der Atmosphäre hat eine unterschiedlich hohe Treibhauswirkung. Diese Treibhauswirkung - auch Treibhauspotential genannt - wird in der Regel als GWP-Wert (Global Warming Potential) angegeben, wobei Kohlenstoffdioxid als Bezugssubstanz festgelegt ist und den Wert 1 erhalten hat. Betrachtet man z. B. gleich viele Moleküle Fluorchlorkohlenwasserstoffe und Kohlenstoffdioxid, so ist die Auswirkung der Fluorchlorkohlenwasserstoffe 19.300 mal so groß wie die des Kohlenstoffdioxids. Das bedeutet, daß auch kleine Konzentrationen an FCKW eine große Wirkung entfalten.

## Wie stark ändert sich unser Klima?

➡ Das Klima der Erde hat sich im Laufe der Erdgeschichte mehrfach verändert. Es ist jetzt z. B. wesentlich anders als vor zehntausend Jahren, als Nordeuropa von großen Eisflächen überzogen war. Das Klima wird sich auch in Zukunft ändern. Eine solche Entwicklung wird zum Teil bewirkt durch natürliche Ursachen, wie z.B. die Veränderung der Erdumlaufbahn um die Sonne oder auch Veränderungen in den Richtungen und Stärken der Meeresströmungen in den Ozeanen. Im Gegensatz zur Vergangenheit wird das Klima der Zukunft aber auch durch den Menschen beeinflusst. Dazu gehören insbesondere die Emissionen der klimawirksamen Spurengase.

# Treibhauseffekt

➔ Seit Beginn der Industrialisierung haben die Konzentrationen der Treibhausgase zugenommen. Während sich diejenigen Spurengase, die auch vor Beginn der Industrialisierung bereits natürlich vorhanden waren ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  und  $\text{N}_2\text{O}$ ), durch den Eingriff des Menschen bis heute um 20 % ( $\text{CO}_2$ ), 50 % ( $\text{CH}_4$ ) bzw. 7 % ( $\text{N}_2\text{O}$ ) erhöht haben, sind die ausschließlich anthropogen bedingten FCKW erst nach 1950 merklich aufgetreten.

Aufgrund der Wirkung des Montrealer Protokolls, einer im Jahre 1987 beschlossenen internationalen Vereinbarung zur Begrenzung der Produktion und Emission ozonschädigender Substanzen, ist die Konzentration der FCKW, im Gegensatz zu der anderer Spurengase, seit einigen Jahren rückläufig (Folie 7: *FCKW-Weltproduktion und FCKW-Produktion in der EG*). Sie wird sich innerhalb der nächsten Jahrzehnte weiter verringern. Zunehmen dagegen werden die Konzentrationen der anderen klimawirksamen Spurengase, denn diese sind mit dem zukünftigen Energieverbrauch bzw. der landwirtschaftlichen Produktivität und der Landnutzung verknüpft.

➔ Seit 100 Jahren nimmt die Lufttemperatur auf der Erde ständig zu. So ist die globale Mitteltemperatur seit 1860 um  $0,6\text{ }^\circ\text{C}$  angestiegen. Die sechs wärmsten der vergangenen 100 Jahre lagen zwischen 1980 und 1990. Bei der Ursachenforschung konzentrieren sich die Wissenschaftler nicht nur auf die Atmosphäre, sondern es werden auch die anderen Kohlenstoffdioxidspeicher wie die Ozeane und die Biomasse auf den Kontinenten berücksichtigt. Für die Zukunft ist in jedem Fall mit einer deutlichen weiteren Zunahme der Temperatur zu rechnen.

## Warum ist eine Temperaturzunahme von $1\text{ }^\circ\text{C}$ bis $2\text{ }^\circ\text{C}$ besorgniserregend?

➔ Die erste Besorgnis ist die mögliche Veränderung der Verteilung von Wasser und Eis auf der Erde. Eine Klimaerwärmung führt zu einer Ausdehnung der Ozeane und zum Schmelzen von Gletschern auf den Kontinenten. Dadurch könnte sich der Meeresspiegel bis zu  $0,5\text{ m}$  erhöhen, und flache Küstenregionen (z.B. Niederlande, Bangladesch) wären einer möglichen Überflutung ausgesetzt. Flache Inseln (z.B. die Malediven) könnten ganz verschwinden. Ebenso wird sich die Verteilung und Intensität der Niederschläge verändern. Dies kann eine weitere Versteppung und Ausweitung der Wüstengebiete nach sich ziehen; andere Regionen werden mit zuviel Niederschlägen zu rechnen haben. Befürchtet wird auch eine Zunahme der Häufigkeit und Heftigkeit von Stürmen, gerade auch im Nordatlantik und in Europa.

# Treibhauseffekt

➔ Die zweite Besorgnis ist die mögliche Verschiebung der Vegetationszonen, so daß Land- und Waldwirtschaft in den heute intensiv genutzten Regionen womöglich weniger ertragreich sein werden. Eine Klimaerwärmung hat deshalb auch bedeutende Auswirkungen auf die Ernährung der Weltbevölkerung.

Während die reichen Länder sich vermutlich vor den Folgen einer Klimaänderung schützen können, gilt dies kaum für die ärmeren Länder. Die wirklichen „Verlierer“ einer Klimaänderung sind sicherlich die schon jetzt benachteiligten Menschen in den Entwicklungs- und Schwellenländern.

Die zu befürchtenden Folgen machen es dringend erforderlich, über die Senkung der Emissionen von Treibhausgasen nachzudenken. Die Emissionen der FCKW sind bereits gestoppt. Auf die Entwicklung von  $\text{CH}_4$  und  $\text{N}_2\text{O}$  kann nur wenig Einfluß genommen werden, da diese mit der Bereitstellung von Nahrungsmitteln verknüpft ist. Beträchtliche Möglichkeiten der Reduzierung bestehen allerdings beim  $\text{CO}_2$  in den Industrieländern. Es wurde bereits gesagt, daß wir je Bürger im Mittel 11 Tonnen  $\text{CO}_2$  pro Jahr „produzieren“; in den armen Ländern ist dies etwa eine Tonne pro Einwohner, d.h. nur etwa ein Zehntel.

## Wie kann die Kohlenstoffdioxid-Emission bei uns gesenkt werden?

➔ Die Hauptemissionen von Kohlenstoffdioxid treten in den Kraftwerken und Fernheizwerken auf, in denen Kohle, Öl und Gas zur „Erzeugung“ von Strom und Heißdampf verbrannt werden. Strom treibt unsere Eisenbahnen und die Maschinen in den Fabriken an, beleuchtet Straßen, Räume und Werbeschriften, betreibt Waschmaschinen, Kühlschränke, Fernseher, Radios, Computer und vieles mehr. Kohlenstoffdioxid entsteht auch beim Heizen unserer Häuser und beim Betrieb unserer Autos (Folie 8: *Verursacher der Gesamtemissionen in der Schweiz in 1995*).

Wenn wir also die Kohlenstoffdioxid-Emissionen verringern wollen, so müssen wir sparsamer mit Energie und Mobilität umgehen bzw. nach  $\text{CO}_2$ -freien Alternativen suchen. Technische Neuerungen, z.B. die Entwicklung des 3-Liter-Autos und die Nutzung alternativer Energien, wie Wind- und Sonnenenergie tragen zur Reduzierung der Kohlenstoffdioxid-Emissionen bei. Dasselbe gilt für die Nutzung von Biomasse, bei der die freigesetzte  $\text{CO}_2$ -Menge der Atmosphäre zuvor durch Photosynthese der Pflanzen entzogen wurde.

Eine weitere Möglichkeit, die wir alle haben, ist, unser Verhalten zu ändern, z.B. auf die Beleuchtung unbenutzter Wohnräume zu verzichten, die Raumtemperatur abzusenken oder häufiger mit dem Fahrrad zu fahren und das Auto stehen zu lassen.

# Ozonloch

➔ Ozon ist das vielleicht bedeutendste Spurengas der Erdatmosphäre. Es hat zwei Funktionen: es ist ein Filter für die energiereiche UV-Strahlung der Sonne, und es trägt zum Treibhauseffekt bei. Veränderungen der Mengen des Ozons haben deshalb besondere Konsequenzen für die Verhältnisse von UV- und Wärmestrahlung in Bodennähe.

## Wieviel Ozon ist über unseren Köpfen?

➔ Die Hauptmenge des Ozons (90 %) befindet sich in der unteren Stratosphäre. Über einem bestimmten Ort allerdings ist die Menge im Verlauf des Jahres nicht gleich. Bei uns ist die Ozonmenge jeweils im Frühjahr am höchsten und im Herbst am geringsten. Eine solche Veränderung ist typisch für mittlere geographische Breiten der Nordhalbkugel. Sie hat nichts mit der Einwirkung von Schadstoffen zu tun, sondern hängt allein mit der Bewegung von Luftmassen in der Stratosphäre zusammen, die das Ozon besonders im Frühjahr von der Äquatorregion in Richtung auf die Pole transportiert. Auf der Südhalbkugel ist dieses Verteilungsmuster um sechs Monate verschoben.

➔ Die Gesamtmenge des Ozons wird üblicherweise in Dobson-Einheiten (Dobson-Units, DU) angegeben, genannt nach dem englischen Wissenschaftler G. M. B. Dobson, der eine auch heute noch gebräuchliche Meßmethode für das Gesamtozon vom Boden aus entwickelte. 300 Dobson-Einheiten z. B. entsprechen einer Schichtdicke von 3 mm, wenn die gesamte Ozonmenge auf den Druck zusammengedrückt wird, der in Bodennähe herrscht.

## Wie entsteht das Ozon in der Stratosphäre und wodurch wird es zerstört?

➔ Ozon ( $O_3$ ) ist eine besondere Form des Sauerstoffs ( $O_2$ ). Es wird in der Stratosphäre aus Sauerstoff durch die Einwirkung von energiereichem Sonnenlicht gebildet. Die Menge an Ozon würde ständig anwachsen, wenn es nicht gleichzeitig Prozesse gäbe, die es wieder zerstören. Dazu gehören der Abbau durch das Sonnenlicht und die Reaktion mit anderen Spurengasen (X). Diese Spurengase X sind sogenannte Katalysatoren, die zwar das Ozon zerstören, dabei aber nicht selbst verbraucht werden. Wenn ihre Menge ansteigt, nimmt die Ozonkonzentration ab. Zu den Katalysatoren des Ozonabbaus gehören auch die Chloratome, die aus den FCKW in der Stratosphäre freigesetzt werden. Da die Menge an FCKW zwischen 1950 und 1990 stark angewachsen ist, hat die Ozonkonzentration abgenommen.



# Ozonloch

➡ Die gravierendsten Abnahmen der Ozonkonzentration treten jedes Jahr im Winter/Frühjahr über den polaren Gebieten auf. Das sind auf der Nordhalbkugel die Monate Januar bis März und auf der Südhalbkugel die Monate August bis Oktober. Während dieser Zeit sind die Temperaturen in der Stratosphäre besonders niedrig, und es kommt zur Bildung von Eiswolken, an deren Oberflächen die ozonabbauenden Chloratome besonders schnell freigesetzt werden. Das Ozonloch über dem Südpol umfaßt z. B. im Monat Oktober in seiner Ausdehnung den gesamten antarktischen Kontinent und hat eine Größe von etwa 25 Millionen Quadratkilometern. Dies entspricht etwa der Fläche von Nordamerika oder der 2,5fachen Fläche von Europa. Der Begriff Ozonloch bedeutet nicht, daß gar kein Ozon mehr vorhanden ist, sondern daß sich die Gesamtmenge um mindestens 30 % reduziert hat.

➡ In der Nordpolarregion ist ein Ozonloch von einem ähnlichen Ausmaß wie über dem Südpol bislang noch nicht beobachtet worden. Allerdings gibt es auch hier in den Monaten Januar bis März regelmäßig starke Ozonverluste, die in den letzten Jahren bis zu 30 % betragen haben. Die Wissenschaftler erklären den Unterschied zwischen Südhalbkugel und Nordhalbkugel damit, daß die Temperaturen in der Stratosphäre über dem Nordpol im Winter um etwa 10 °C höher liegen als über dem Südpol. Dadurch wird die Bildung von Eiswolken weniger wahrscheinlich, und der Ozonabbauprozess ist nicht so stark.

Obwohl die FCKW-Konzentration aufgrund des Montrealer Protokolls seit Mitte der 90er Jahre rückläufig ist, rechnen die Wissenschaftler dennoch damit, daß das Ozonloch über dem Südpol auch weiterhin auftritt. Sein Verschwinden wird erst für die Mitte des nächsten Jahrhunderts erwartet, wenn die FCKW-Konzentrationen den Wert aus den 70er Jahren unterschreiten.

## **Welche Folgen hat die Ozonabnahme in der Stratosphäre?**

➡ Die Besorgnis über die Abnahme der Ozonkonzentration ist eine Zunahme der UV-B-Strahlung. Dies ist der Teil der Sonnenstrahlung, der beim Menschen die Haut verbrennt, Zellkerne schädigt (Hautkrebs) und zu Augentrübung führt. Bei Pflanzen werden vermindertes Wachstum und geringere Erträge beobachtet.

# Ozonloch

Die UV-Strahlung ist naturgemäß am Äquator sehr viel höher als in gemäßigten Breiten, oder gar an den Polen, weil hier die Sonne am höchsten steht und am intensivsten scheint. Die Lebewesen in den verschiedenen Regionen sind normalerweise diesen Strahlungsintensitäten angepaßt. Die Hautfarbe der Dunkelhäutigen ist ein besonders deutliches Zeichen einer solchen Anpassung. Problematisch für die Hellhäutigen sind deshalb sowohl die Aufenthalte in den strahlungsintensiven Regionen als auch die Veränderung der Ozonkonzentration. Während man sich den Urlaubsort aussuchen kann, haben wir aber keinen Einfluß auf die zunehmende UV-B-Strahlung über unseren normalen Lebensräumen.

## **Wie können wir uns vor der UV-B-Strahlung schützen?**

➡ Der beste Schutz ist, sich der UV-B-Strahlung gar nicht auszusetzen. Dazu gehört das Vermeiden von Sonnenbädern während der Mittagszeit, insbesondere in den Sommermonaten, wenn die UV-Strahlung auch in unseren Breiten am höchsten ist und sich die Ozonmenge dem Minimum im Herbst nähert. Wer dennoch auf den Aufenthalt im Freien nicht verzichten will, sollte entsprechende Vorsorgemaßnahmen treffen: Kleidung, die vor UV-Strahlen schützt, Sonnenhut, Sonnenbrille, Sonnencreme mit hohem Lichtschutzfaktor (abhängig vom Hauttyp). Nicht ohne Probleme ist auch der Wintersport. In großen Höhen und auf schneebedecktem Untergrund im frühen Frühjahr ist die UV-Strahlung intensiv und wird häufig durch die heutzutage gerade dann beobachteten Ozonverluste weiter verstärkt. Unter diesen Bedingungen sind starke Sonnenschutzmittel unerlässlich.

# Sommersmog

➡ An heißen Sommertagen wird immer häufiger vor Sommersmog gewarnt. Im selben Zusammenhang hört man auch den Begriff „Ozonalarm“. Sommersmog hat also etwas mit Ozon zu tun.

Ozon kommt nicht nur in der Stratosphäre, sondern auch in der bodennahen Luft vor. Während wir das Ozon in der Stratosphäre aber nur als Schutzschirm gegen die energiereiche UV-B-Strahlung der Sonne wahrnehmen, ist das Ozon in Bodennähe ein Bestandteil unserer Atemluft. Da dieses Ozon bereits in geringeren Konzentrationen bei Menschen, Tieren und Pflanzen zu gesundheitlichen Schäden führen kann, ist es hier - im Gegensatz zu der Stratosphäre - unerwünscht. Gerade in Bodennähe nimmt das Ozon aber zu.

➡ Durch die zunehmende Industrietätigkeit, Energieerzeugung und durch die Motorisierung hat sich das Ozon in Bodennähe innerhalb der letzten 100 Jahre mehr als verdoppelt. Die heutige Konzentration beträgt im Mittel, über ein Jahr und alle Regionen unseres Landes verteilt, etwa 50 Mikrogramm (ein millionstel Gramm) pro Kubikmeter Luft. Diese Menge ist allerdings im Sommer deutlich höher als im Winter, und sie ist am Tage höher als in der Nacht. Darüber hinaus bestehen auch deutliche Unterschiede zwischen Stadtgebieten und Reinluftgebieten.

## Wie wird das Ozon in Bodennähe gebildet?

➡ Mit den Abgasen aus unseren Autos, aus Heizungen, Kraftwerken und Industrieanlagen werden Stickstoffmonoxid (NO) und Kohlenwasserstoffe (KW) freigesetzt. In Gegenwart von Sonnenlicht werden diese Gase zu Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und CO<sub>2</sub> oxidiert. Das so entstehende NO<sub>2</sub> ist im Sonnenlicht aber nicht beständig. Es spaltet eines der Sauerstoffatome wieder ab, welches mit einem Sauerstoffmolekül Ozon bildet. Durch die Beteiligung des Sonnenlichts wird deutlich, warum die Ozonkonzentration im Sommer und während der Mittagszeit im allgemeinen am höchsten ist.

Während der Nacht, wenn kein Sonnenlicht verfügbar ist, können diese Prozesse nicht ablaufen. Da aber weiterhin NO emittiert wird und dieses NO in der Dunkelheit das Ozon zerstören kann, nimmt während der Nacht die Ozonmenge wieder ab. Dieser Effekt ist aber nur in der Stadt, wo - im Gegensatz zum Land - auch nachts viel NO aus Autos und Heizungen emittiert wird, stärker bemerkbar. Die Ozonkonzentration ist in der Reinluft in Höhenlagen sowohl im Jahresmittel als auch im Tagesmittel im Sommer mindestens doppelt so hoch wie in den Zentren der großen Städte. Dies hat damit zu tun, daß die Verursacher der Ozonbildung (KW, NO) erst langsam umgesetzt und die Luftmassen während dieser Zeit über größere Strecken (50-200 km) transportiert werden. Darüber hinaus sind die Höhenlagen auch häufiger der sog. Freien Troposphäre ausgesetzt, in der im Mittel mehr Ozon als in der bodennahen Schicht vorhanden ist.

# Sommersmog

## Was ist der Sommersmog?

➔ Die Bildung von Ozon aus KW und NO kann bei sonnenreichen, schönen Wetterlagen besonders intensiv werden. Die Wissenschaftler haben hierfür den Begriff Sommersmog gewählt. Smog ist ein Kunstwort, das aus den englischen Wörtern „smoke“ (*Rauch*) und „fog“ (*Nebel*) zusammengesetzt ist. Es wurde erfunden, um daran zu erinnern, daß bei Smog auch die Luft häufig trüb und die Sichtweite stark eingeschränkt ist.

In Sommersmog-Episoden kann die Ozonkonzentration auf über 200 Mikrogramm pro Kubikmeter ansteigen. Betroffen sind hauptsächlich Städte und Ballungsgebiete, da hier am meisten NO und KW emittiert werden, und der Luftaustausch durch Winde während typischer Smog-Situationen schwach ist.

## Welche Gefahren für unsere Gesundheit hat der Sommersmog?

➔ Wie das Ozon auf den Menschen wirkt, wird in folgender Tabelle gezeigt (s. u. und Folie 9: *Auswirkungen des bodennahen Ozons auf den Menschen*).

**Tabelle: Auswirkungen des bodennahen Ozons auf den Menschen**

Konzentration	Auswirkungen
ab 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ozon wird mit dem Geruchssinn wahrgenommen, es tritt jedoch ein schneller Gewöhnungseffekt ein
ab 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Erste Reizzustände der Augenbindehaut
ab 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Eventuell Kopfschmerzen
ab 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sinken der Abwehrbereitschaft für bakterielle Lungenerkrankungen; Lungenfunktionsveränderungen, insbesondere bei körperlicher Belastung
ab 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Zunahme der weißen Blutkörperchen, Immunsystem wird aktiviert

# Aerosole

## Was sind Aerosole?

Die Luft, die unsere Erdhülle umgibt, besteht nicht nur aus Gasen. Sie enthält auch flüssige und feste Teilchen, die in ihr schweben. Die Wissenschaft hat für diese Schwebstoffe in der Luft den Begriff „Aerosole“ geprägt.

## Wie entstehen Aerosole in unserer Umwelt?

➡ Das Aerosol in der Luft wird im wesentlichen durch natürliche Vorgänge erzeugt. Wolken und Nebel entstehen, wenn der Wasserdampf in der Luft so weit abgekühlt wird, daß sich kleine Wassertröpfchen bilden. Diese Tröpfchen können wieder verdampfen, aber auch anwachsen und dann als Regen herunterfallen. Wassertröpfchen entstehen auch in den feuchten Abgasen von Industrie- und Kraftwerkschloten und sind dann als Abgasfahnen sichtbar.

➡ Aerosole mit festen Schwebstoffen entstehen in der Natur beim Aufwirbeln von trockenem Boden durch den Wind. Die kleinen Staubteilchen sind so leicht, daß sie vom Wind erfaßt und in die Luft gehoben werden. Der Sand der Sahara z. B. kann bis nach Südeuropa oder weit auf den Atlantik transportiert werden. Auch bei Vulkanausbrüchen werden feste Schwebstoffe (Asche) in die Luft geblasen.

Was mit dem Boden passiert, geschieht auch mit dem Meerwasser. Der Wind erzeugt Wellen, die an ihren höchsten Stellen brechen und die weiße Gischt bilden. Dies sind kleine Wassertröpfchen, die ebenfalls in die Luft gehoben werden und nach dem Verdampfen des Wassers das sog. Seesalz-Aerosol zurücklassen. Anders als bei Wolken oder Nebeln besteht dieses Aerosol aus festen Teilchen. Sie sind sehr gesund für die Atemwege, und deshalb wird die Seeluft als heilend empfohlen.

# Aerosole

➡ Einige Aerosole entstehen erst in der Atmosphäre durch chemische Reaktionen. Dazu gehören das Sulfat-Aerosol bzw. das Nitrat-Aerosol, die aus Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) bzw. Stickoxiden ( $\text{NO}$ ) entstehen. Da  $\text{SO}_2$  sowohl natürlich vorhanden ist (Vulkanausbrüche, Oxidation von schwefelhaltigen Verbindungen aus den Ozeanen) als auch anthropogen bei der Verbrennung von Kohle und Öl entsteht, ist das Sulfat-Aerosol überall vorhanden. Wegen seiner Eigenschaft, das Sonnenlicht zurückzustrahlen, trägt dieses Aerosol zur Kühlung der Erdoberfläche bei und wirkt damit der Erwärmung durch die Treibhausgase entgegen.

➡ Aerosole entstehen aber auch durch menschliche Tätigkeit. Dazu gehört der Ruß, der von Dieselfahrzeugen (LKWs, Busse) produziert wird oder in dunklen Abgasfahnen von Industrieschlotten gelegentlich noch zu sehen ist. Auch schlechte Hausfeuerungen und Kamine produzieren Ruß. Im Gegensatz zum Seesalz-Aerosol ist Ruß für die Atemwege ungesund. Neue LKWs und Busse sind heutzutage mit Katalysatoren ausgestattet, an denen der Ruß verbrannt wird. Damit wird verhindert, daß er mit dem Abgas ausgestoßen wird.

## **Nützliche technische Anwendungen von Aerosolen.**

➡ Aerosole kommen aber nicht nur in unserer Umgebungsluft vor, sondern sie haben auch viele segensreiche technische Anwendungen. Beim Betrieb eines Dieselmotors z. B. wird der Kraftstoff flüssig in Form kleiner Tröpfchen eingespritzt. Erst während der Verdampfung dieser Tröpfchen im Zylinder entsteht das explosionsfähige Dieselkraftstoff/Luft-Gemisch. Ein anderes Beispiel ist der Feuerlöscher. Dabei wird aus einem Vorratsbehälter durch Druckluft oder Kohlenstoffdioxid ein Aerosol herausgeschleudert, das aus dem Brandherd die Luft verdrängt und die Flammen ersticken läßt. Auch in Form von Spraydosen werden viele nützliche Anwendungen von aerosolgetragenen Wirkstoffen in Haushalt, Medizin und Technik erst möglich.

# Spraydosen

## Was kommt aus Spraydosen eigentlich heraus?

- ➔ Die Idee einer Spraydose ist, einen bestimmten Wirkstoff (z. B. einen Autolack) in möglichst feiner Verteilung auf eine Oberfläche aufzubringen, in diesem Falle die Autokarosserie. Dazu ist es erforderlich, den Wirkstoff zu lösen und zu transportieren. Diesem Zweck dienen die Lösemittel und die Treibmittel, die gemeinsam mit dem Wirkstoff in einer Spraydose flüssig enthalten sind. Beim Schütteln einer Spraydose ist der flüssige Inhalt deutlich hörbar! (Folie 10: *Das Sprayprinzip*)
- ➔ Beim Betätigen einer Spraydose wird aufgrund des erhöhten Druckes der Inhalt (Treib- und Lösemittel + Wirkstoff) in Form feiner Tröpfchen, als Aerosol freigesetzt. Während Treib- und Lösemittel verdampfen, schlägt sich der Wirkstoff in fein verteilter Form nieder (siehe Folie 11: *Der Aerosolspray*).
- ➔ Aerosoldosen sind geeignet, ein Produkt sicher zu verpacken und sparsam anzuwenden. So werden alle möglichen Arten von Produkten in Spraydosen abgepackt. Denn sie sind luftdicht, eine Beeinträchtigung des Inhaltes durch Luftzufuhr ist unmöglich. Durch die komplett verschlossene Verpackung ist der Inhalt (z. B. Schlagrahm) auch vor anderen Umwelteinflüssen und vor Kontaminationen durch Mikroorganismen bestens geschützt. Er kann sich weder zersetzen, noch kann er entweichen und ist somit geschützt gegen physikalische, chemische und mikrobielle Beeinträchtigungen. Damit sind Sprays fast unbegrenzt haltbar. Hygiene und lange Haltbarkeit des Produkts sind somit garantiert (Folien 12-16: *Sprühdosen*).

## Aerosolsprays in der Industrie

- ➔ Lacke, Farben, Rostschutzsprays, Schmier- und Antihafmittel - Aerosole haben mittlerweile auch in der industriellen Anwendung ihren festen Platz. Schmiermittel beispielsweise können dank einem Röhrchen am Sprühkopf sauber in alle Ecken, bis in die kleinsten Winkel und in feinste Öffnungen gesprüht werden. Farbsprays ermöglichen selbst an schwer zugänglichen Stellen ein sparsames, tropfenfreies Auftragen. Den Handwerker, der bei seiner täglichen Arbeit nicht eine Spraydose mit Schmier- oder Rostschutzmitteln bei sich trägt, sieht man heute kaum mehr - auch auf Bau und Montage hat die Aerosoldose alle anderen Anwendungsformen verdrängt.

# Spraydosen

## Sicher für den Menschen

➡ Der Aerosolspray (z. B. Autolack) ist eine der sichersten Massenverpackungen. Als Druckbehälter liegt sein Innendruck normalerweise bei 3 - 5 bar, eine Außentemperatur von 50 °C erhöht ihn auf 7 - 9 bar.

Dieser Temperaturanstieg wird bei der Herstellung durch ein Wasserbad simuliert, d. h., jede Aerosoldose wird auf Dichtigkeit und Drucksicherheit bei 50 °C geprüft. Spraydosen sind dicht verschlossen, ihr Inhalt kann vor Kindern geschützt aufbewahrt werden.

Ebenfalls aus Sicherheitsgründen sind Spraydosen nie zu 100 % gefüllt, denn das Treibgas muß sich ausdehnen können. Die Gefahr von Brennbarkeit und Unfällen ist gering. Dennoch sollte aber grundsätzlich die Packungsaufschrift gelesen werden, denn hier geben die Hersteller Tips für den sicheren Gebrauch und weisen auch auf mögliche Gefahren hin.

## Sicher für die Umwelt

➡ Für Aerosoldosen wird verschiedenes, möglichst umweltfreundliches Material, häufig Weißblech, verwendet. Weißblech wird aus Eisenerz gewonnen, das auch im europäischen Raum als Rohstoff reichlich vorhanden ist. Der Aufwand für die Herstellung von Weißblech ist gering und benötigt wenig Energie. Blechpackungen eignen sich außerdem gut für das Recycling. Aerosolspraydosen lassen eine gezielte und damit sparsame Anwendung zu, was letztlich ebenfalls der Umwelt zugute kommt.

## Zusammenfassung: Vorteile von Spraydosen

➡ Folie 17: *Vorteile von Spraydosen*



# Spraydosen

## Welche Auswirkungen haben die Treib- und Lösemittel der Aerosolindustrie auf die Umwelt?

### ➔ Ozonabbau in der Stratosphäre

Heute werden keine FCKW-haltigen Treibmittel mehr benutzt (Folie 18: *FCKW-Verbrauch für Aerosoldosen in der Schweiz*). Stattdessen kommen Kohlenwasserstoffe wie Propan, Isobutan, n-Butan sowie Dimethylether zum Einsatz. Diese werden innerhalb von 8 bis 14 Tagen in der Troposphäre zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut. Darüber hinaus werden für einige Anwendungsbereiche Sprayprodukte angeboten, die mit Druckluft betrieben werden. Die in Spraydosen enthaltenen Treib- und Lösemittel haben also eine relativ kurze Lebenszeit. Dies bedeutet, daß sie bereits in den unteren Luftschichten abgebaut werden und nicht in die Stratosphäre aufsteigen können. Aber selbst wenn dies der Fall wäre, bliebe dennoch das Ozon in der Stratosphäre unbeeinflusst, da diese Verbindungen keine ozonzerstörenden Bestandteile, wie das Chlor in den FCKW, enthalten. Sie sind deshalb absolut ozonunschädlich (Folie 19: *Alternative Spray-Treibmittel für die Umwelt unbedenklich*).

### ➔ Sommersmog

Gerade aufgrund ihrer kurzen Lebensdauer sind die Treib- und Lösemittel aber potentielle Ozonbildner in den bodennahen Luftschichten. Sie unterscheiden sich grundsätzlich nicht von anderen flüchtigen Kohlenwasserstoffen (VOC = volatile organic compounds), die durch den Straßenverkehr oder bei der Verwendung von Lösemitteln (Farben und Lacke, Entfettung von Metallen, chemische Reinigung u. a.) ebenfalls emittiert werden und bei der Ausbildung des Sommersmogs eine Rolle spielen. Allerdings ist der Anteil der in Spraydosen eingesetzten Menge von Treib- und Lösemitteln an der Gesamtemission der VOCs in der Schweiz äußerst gering.

### ➔ Klimawirksamkeit

Die Treib- und Lösemittel der Aerosolindustrie sind ebenso wie das Methan Treibhausgas. Zur Bewertung ihrer Auswirkungen auf das Klimasystem werden sowohl die Mengen als auch die spezifische Treibhauswirkung (GWP-Werte) herangezogen. Die GWP-Werte von kurzlebigen Kohlenwasserstoffen sind in der Größenordnung von 1, also ähnlich dem des Kohlenstoffdioxids. Selbst in so einem großen Land wie der Bundesrepublik Deutschland kann der anteilige Beitrag der Emissionen aus Spraydosen zu 0,007 % abgeschätzt werden. Selbst wenn man annimmt, daß alle Treib- und Lösemittel zu Kohlenstoffdioxid oxidiert werden und die dann entstehende Kohlenstoffdioxidmenge für die Klimawirkung verantwortlich ist, erhöht sich dieser Anteil nur auf 0,02 %. Emissionen aus Spraydosen sind also in Bezug auf ihre Klimawirksamkeit unbedeutend.

# Fragen zum Unterricht

## Ziel:

Schärfung des Bewußtseins für CO<sub>2</sub>-Emissionen im Alltag des Schülers.

## Beispiele:

Raumwärme, Duschen/Baden

## Raumwärme

Die Heizung Deines Zimmers erfordert durchschnittlich im Jahr eine Energie von 150 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche. Die Bereitstellung von 1 kWh Wärmeenergie durch Eure Heizung ist mit folgenden CO<sub>2</sub>-Mengen verknüpft:

Gas-Heizung	0,2 kg
Öl-Heizung	0,3 kg
Kohle-Heizung	0,4 kg

## Frage:

➡ Wieviel CO<sub>2</sub> "produziert" Dein Zimmer im Jahr, wenn dieses 20 m<sup>2</sup> groß ist?

## Duschen/Baden

Beim Duschen bzw. Baden werden durchschnittlich jeweils 30 bzw. 70 Liter Warmwasser benötigt. Wenn dieses Wasser um 25 °C gegenüber dem Leitungswasser erwärmt wurde, sind dafür Energiebeträge von jeweils 0,86 bzw. 2,0 kWh erforderlich.

## Frage:

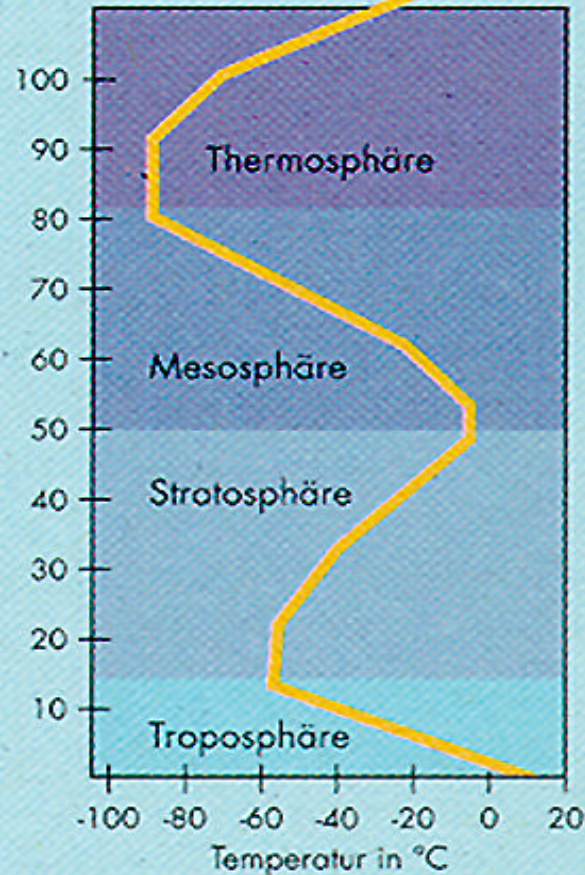
➡ Wieviel CO<sub>2</sub> "produzierst" Du täglich beim Duschen/Baden? Wieviel sind dies pro Jahr?

**Anmerkung:** Nimm an, daß die spezifische CO<sub>2</sub>-Produktion für die Warmwasseraufbereitung ähnlich ist wie bei der Erzeugung der Raumwärme.

# Erdatmosphäre: Schichtung und Temperaturverlauf

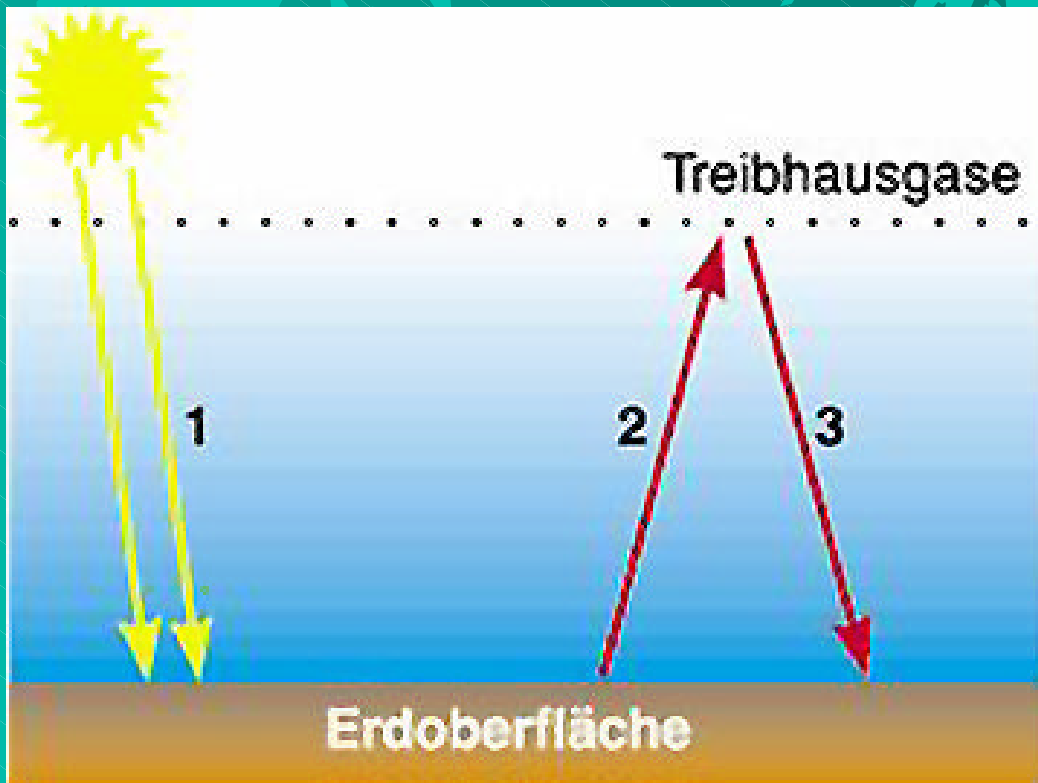
**Anstieg der Temperatur  
auf ca. +1150°C  
bei ca. 500 km Höhe!**

Höhe in km



# Wie funktioniert der Treibhauseffekt?

Die Sonne schickt Strahlen (1) zur Erde und erwärmt dadurch die Erdoberfläche. Diese gibt ihrerseits Energie in Form langwelliger Infrarotstrahlung (2) ab. Treibhausgase in der Atmosphäre begrenzen die vollständige Ausstrahlung in den Weltraum. Ein Teil der Infrarotstrahlung wird durch diese Treibhausgase zur Erde zurückgeschickt (3) und als Folge findet eine zusätzliche Erwärmung statt.



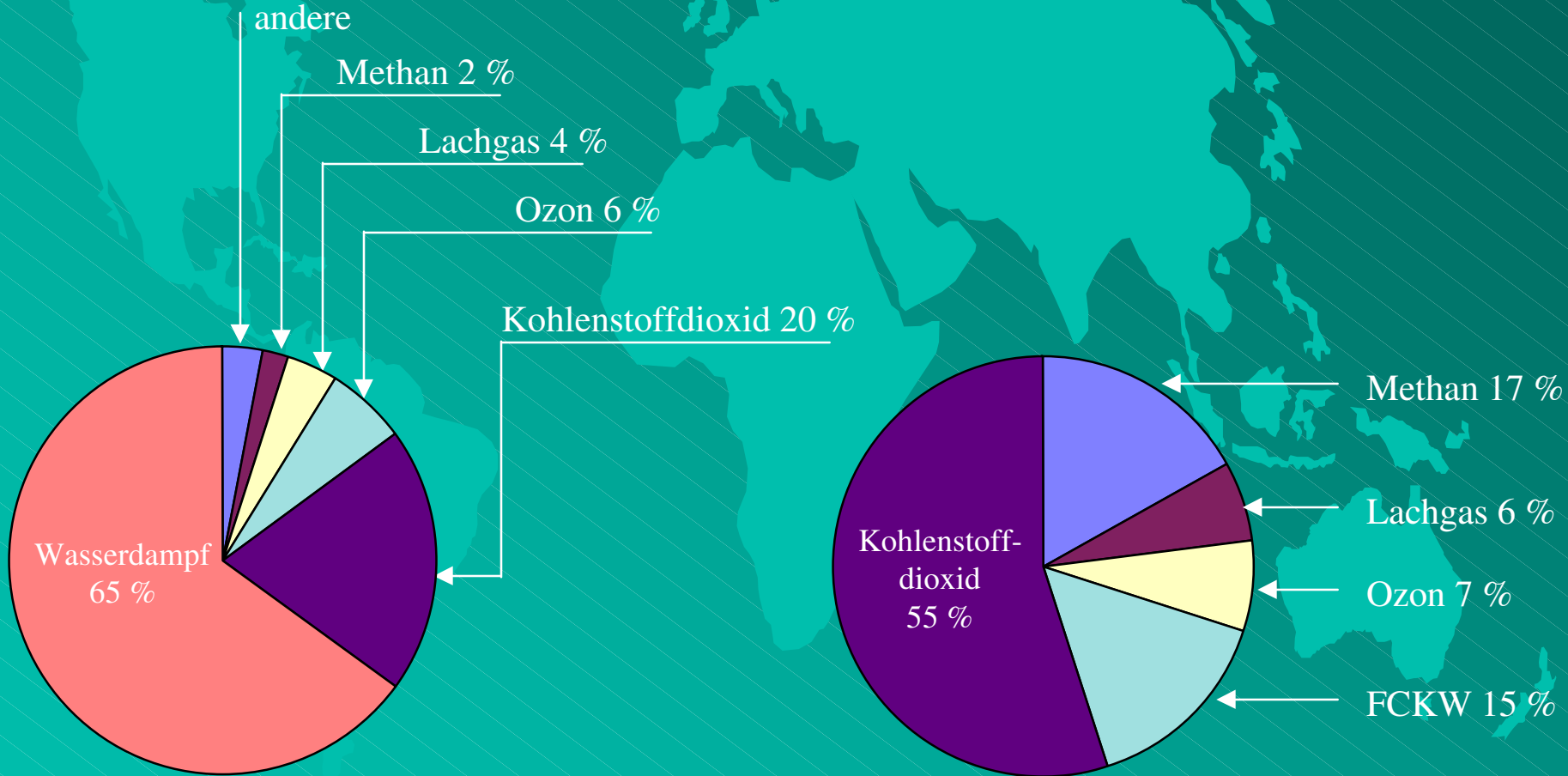
Die Sonne schickt Strahlen (1) zur Erde und erwärmt dadurch die Erdoberfläche. Diese gibt ihrerseits Energie in Form langwelliger Infrarotstrahlung (2) ab. Treibhausgase in der Atmosphäre begrenzen die vollständige Ausstrahlung in den Weltraum. Ein Teil der Infrarotstrahlung wird durch diese Treibhausgase zur Erde zurückgeschickt (3) und als Folge findet eine zusätzliche Erwärmung statt.

Durch menschliche Aktivitäten ist das Niveau der Treibhausgase in den letzten Jahren stark angestiegen und als Folge davon findet eine zusätzliche globale Erwärmung der Erdoberfläche und der unteren Atmosphäre statt. Messdaten belegen, daß die Durchschnittstemperaturen auf der Erde

im Laufe der letzten 100 Jahre um 0,3 - 0,6 Grad zugenommen haben und daß die Jahre 1990, 1991, 1994, 1995 und 1997 die weltweit wärmsten seit Beginn von Temperaturmessungen waren. Klimamodelle sagen voraus, daß die mittlere Temperatur bei unverändertem Trend bis zum Jahr 2100 weltweit um 1 - 3,5 Grad ansteigen wird.

# Treibhauseffekt

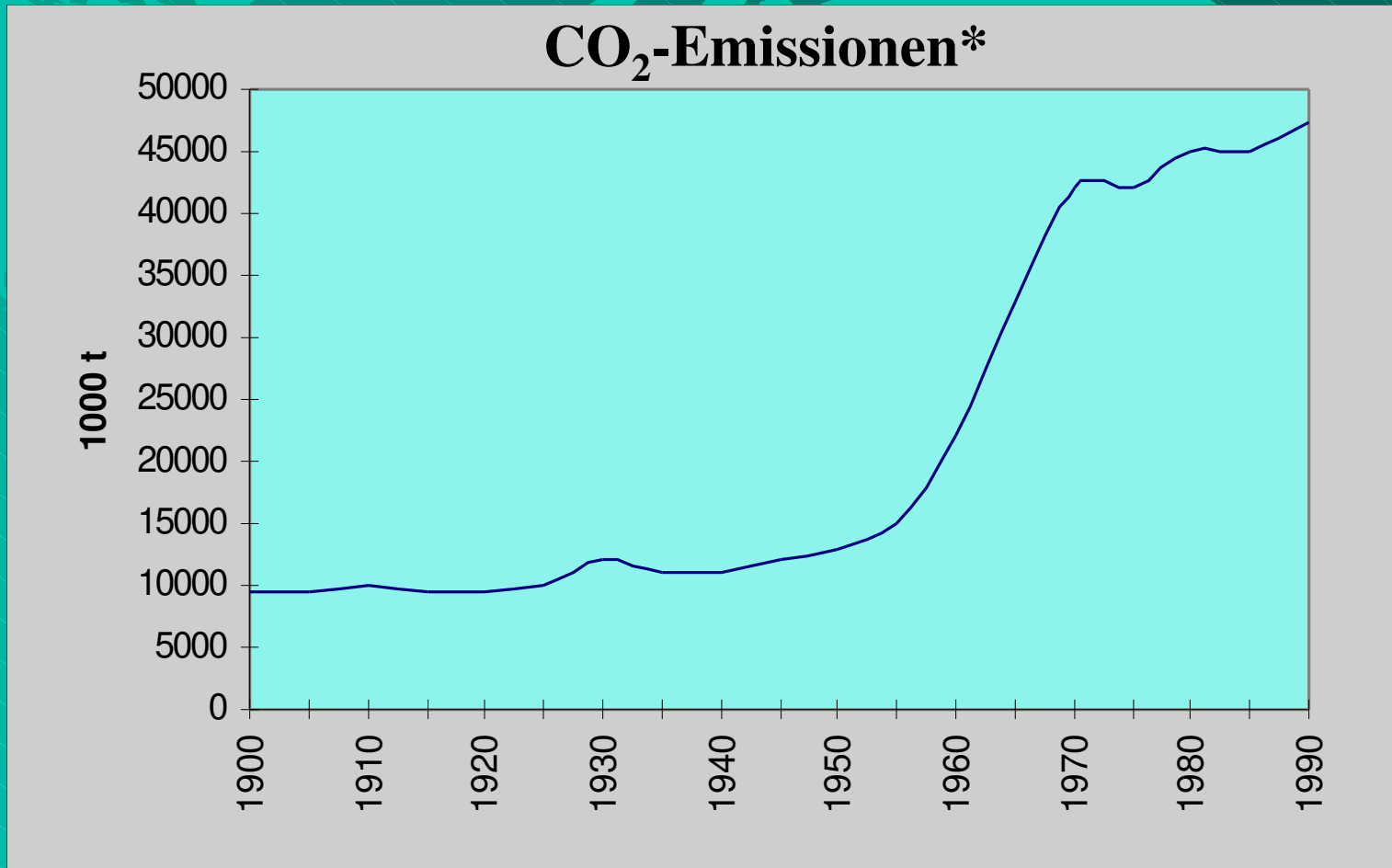
Beiträge verschiedener Spurengase zum natürlichen bzw. anthropogenen Treibhauseffekt



**33 °C natürlich**

**0,6 °C anthropogen**

# Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) Emissionsentwicklung (1900-1990)



\* Brutto CO<sub>2</sub>-Emissionen: D. h. derjenige Anteil, welcher der Wald durch sein Wachstum bindet, ist hier nicht aufgeführt. In der Schweiz beträgt er ca. 10 %.

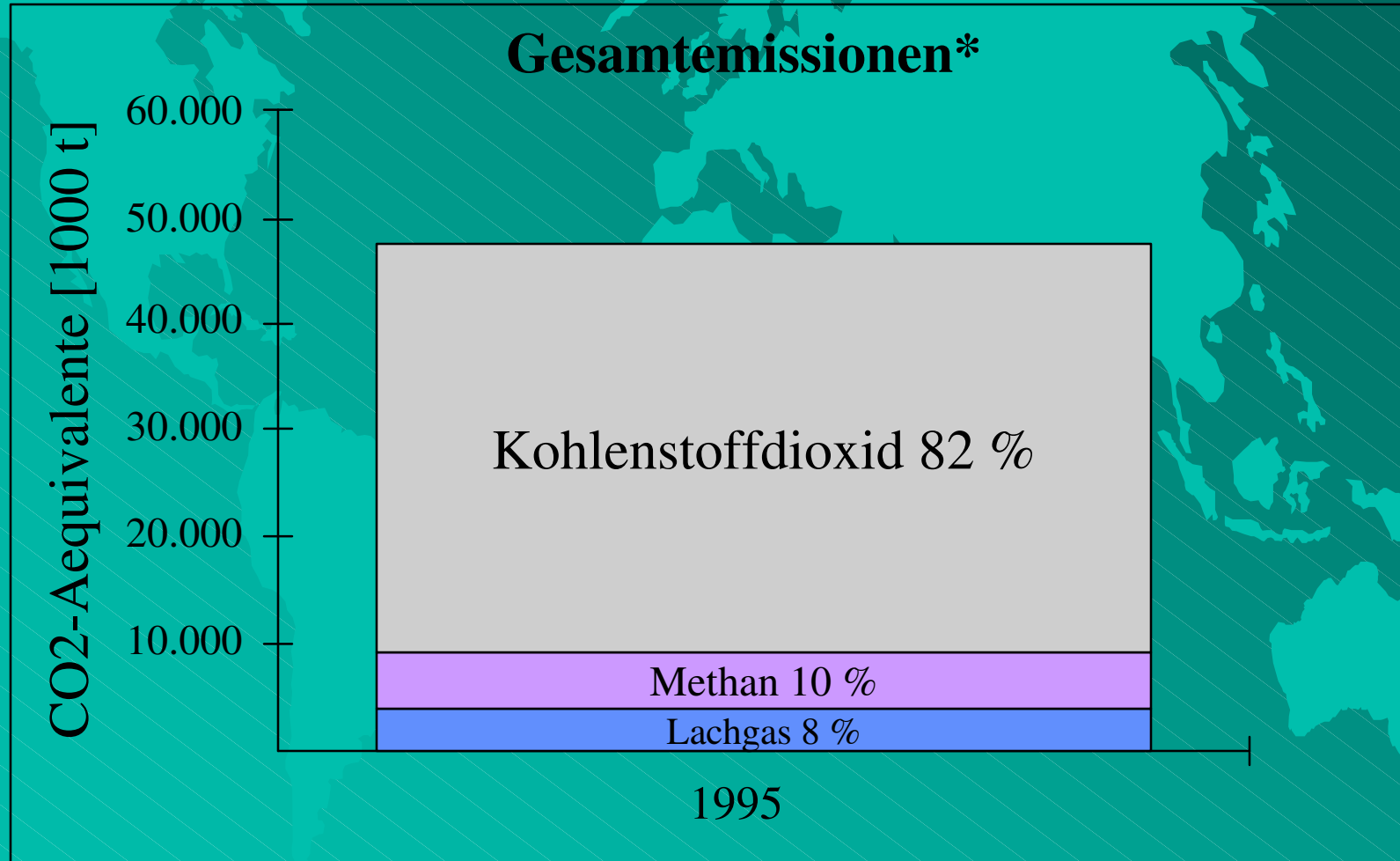
# Die wichtigsten vom Menschen verursachten Treibhausgase in der Schweiz



Treibhausgas	wichtigste Emissionsquellen	Erwärmungspotential*	weltweiter Anteil am verstärkten Treibhauseffekt
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	Verbrennung fossiler Brenn- und Treibstoffe (Erdöl, Erdgas, Kohle), Abholzung / Brandrodung	1	ca. 3/4
Methan (CH <sub>4</sub> )	Landwirtschaft: Methan entsteht bei der Vergärung des Futters durch Mikroorganismen im Verdauungstrakt der Nutztiere.	21	ca. 1/6
Lachgas (N <sub>2</sub> O)	Landwirtschaft: Unter sauerstofffreien Bedingungen wandeln Bakterien den Stickstoffdünger zu Lachgas um	310	ca. 1/12
Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW- u. HFCKW-Gruppe)	Spraydosen, Schaumstoffherstellung, technische Lösemittel und Kältetechnik.	einige 1000	aufgrund der Politik zum Schutz der Ozonschicht abnehmend

\* Das sogenannte globale Erwärmungspotential ist eine Berechnungsgröße für die relative Bedeutung der einzelnen Treibhausgase. Es gibt Auskunft über die Treibhauswirkung der einzelnen Gase im Vergleich mit CO<sub>2</sub> (= Referenzgröße, d. h. = 1)

# Anteile der wichtigsten Treibhausgase im Jahre 1995 in der Schweiz



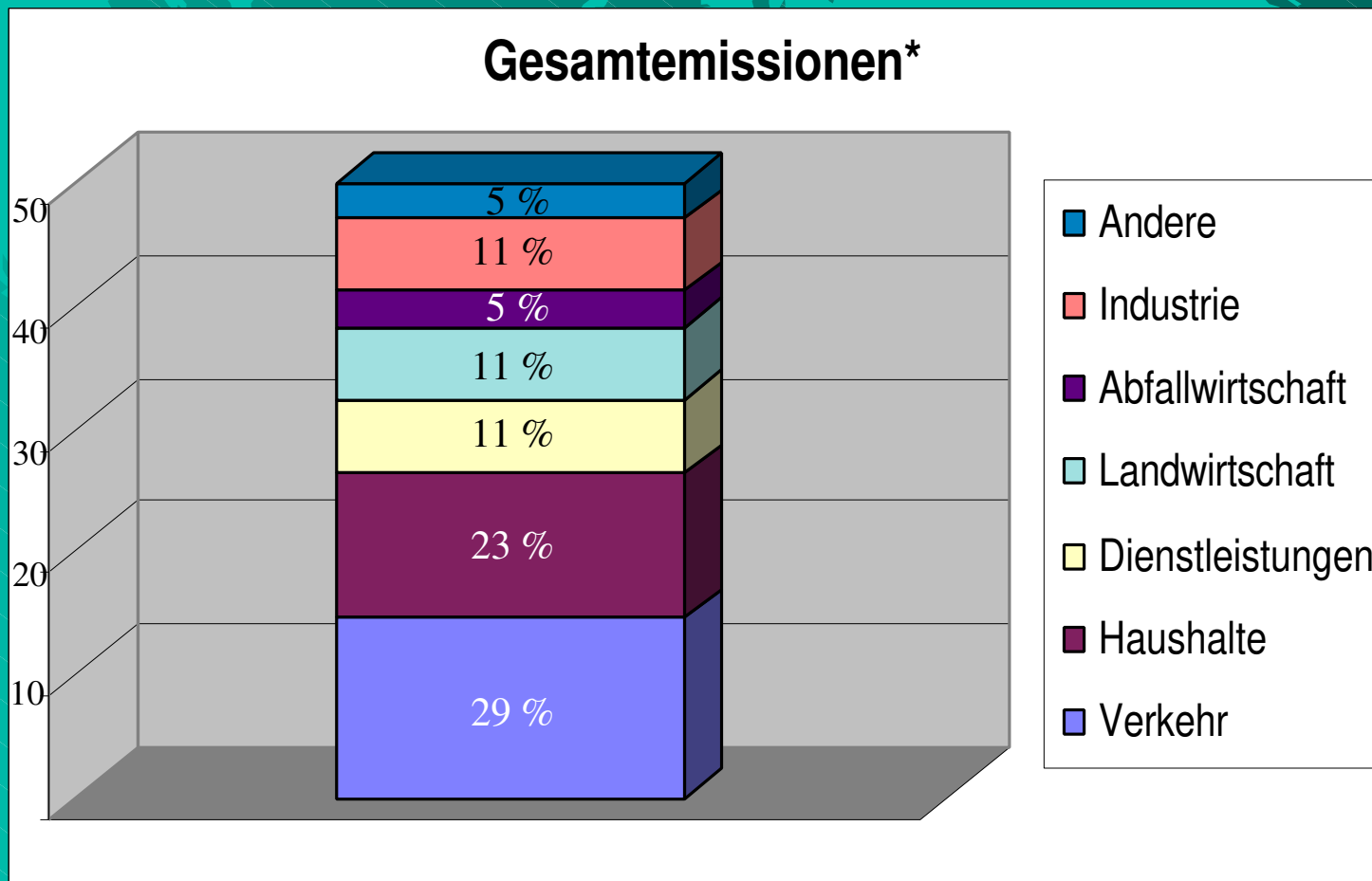
\* Nettoemissionen: D. h. derjenige Anteil an CO<sub>2</sub>-Emissionen, welcher der Wald durch sein Wachstum bindet, ist hier berücksichtigt. In der Schweiz beträgt er ca. 10 %.



# FCKW-Weltproduktion und FCKW-Produktion in der EG

<b>Jahr</b>	<b>Welt-Produktion (t)</b>	<b>%-uale Menge bezogen auf 1986</b>	<b>EG-Produktion (t)</b>	<b>%-uale Menge bezogen auf 1986</b>
1986	988.000	100%	454.000	100%
1987	1.074.000	109%	461.000	102%
1988	1.087.000	110%	441.000	97%
1989	975.000	99%	384.000	85%
1990	665.000	67%	293.000	65%
1991	605.000	61%	259.000	57%
1992	526.000	53%	231.000	51%

# Verursacher der Gesamtemissionen in der Schweiz in 1995

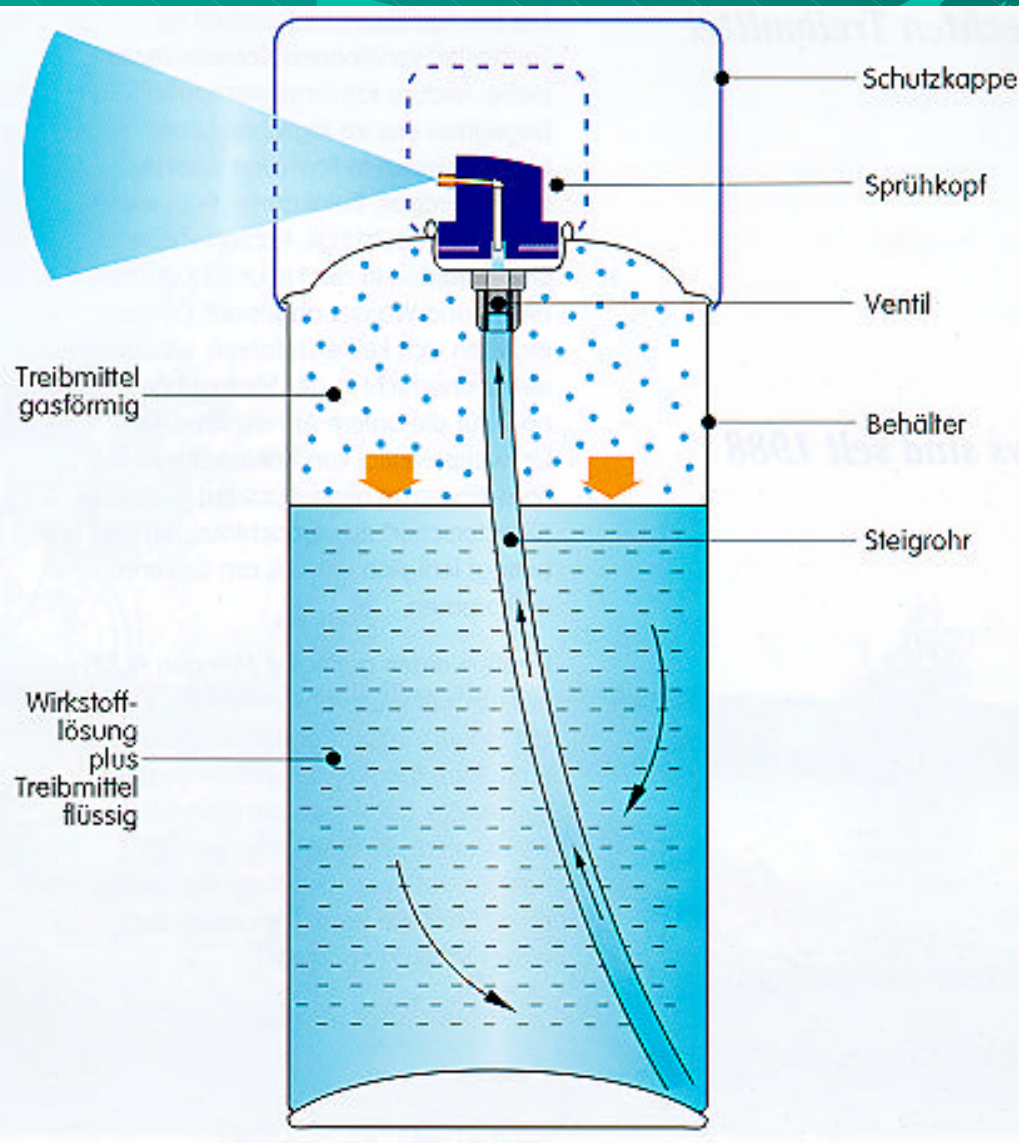


\* Bruttoemissionen: d. h. derjenige Anteil an CO<sub>2</sub>, welcher der Wald durch sein Wachstum bindet, ist hier nicht aufgeführt.

# Auswirkungen des bodennahen Ozons auf den Menschen

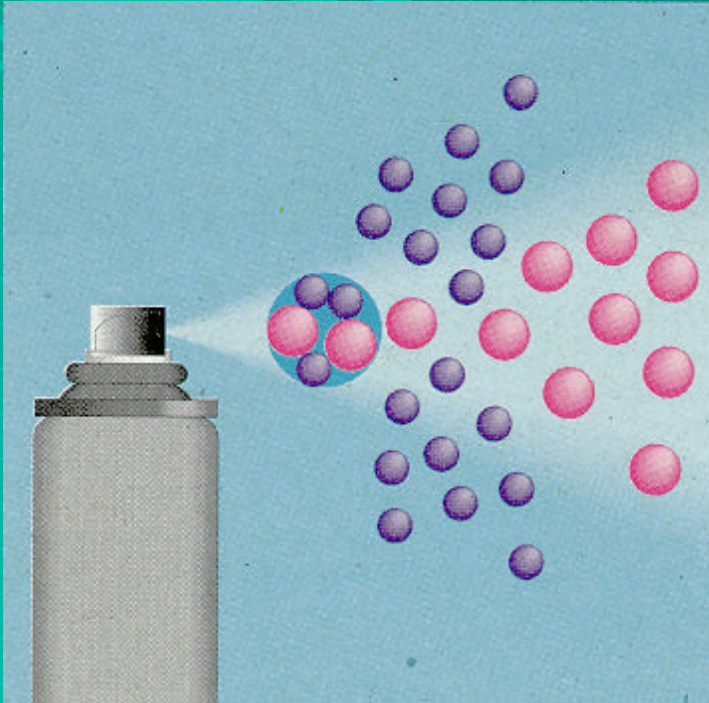
Konzentration	Auswirkungen
ab 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ozon wird mit dem Geruchssinn wahrgenommen, es tritt jedoch ein schneller Gewöhnungseffekt ein
ab 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Erste Reizzustände der Augenbindehaut
ab 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Eventuell Kopfschmerzen
ab 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sinken der Abwehrbereitschaft für bakterielle Lungenerkrankungen; Lungenfunktionsveränderungen, insbesondere bei körperlicher Belastung
ab 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Zunahme der weißen Blutkörperchen, Immunsystem wird aktiviert

# Das Sprayprinzip



- Bestandteile einer Spraydose sind: Behälter und Ventilteller (aus Metall), Steigrohr, Ventil, Sprühkopf und Schutzkappe (aus Kunststoff)
- Der Behälter besteht aus Weißblech oder Aluminium
- Die Wandstärke beträgt ca. 0,2 mm
- Der Inhalt einer Spraydose besteht aus einem gasförmigen Treibmittel sowie einem Gemisch aus Wirkstofflösung und flüssigem Treibmittel
- Der verflüssigte Teil des Treibmittels enthält den gelösten Wirkstoff, der zweite gasförmige Treibmittelanteil liegt als Druckpolster über der Flüssigkeit. Bei Öffnung des Ventils drückt das gasförmige Treibmittel das Wirkstoff / Treibmittelgemisch durch das Ventil nach außen. Dabei wird der Wirkstoff durch die Verdampfung des Treibgases mechanisch in feine bis feinste Partikelchen zerstäubt oder „aerosolisiert“

# Der Aerosolspray



Aerosolsprays sind umweltfreundlich, denn ihr Inhalt zerfällt in die natürlichen Stoffe  $\text{CO}_2$  und Wasser.

Sie setzen sich zusammen aus gelösten Wirkstoffen und einem Treibgas, das in der Dose unter Druck verflüssigt wird. Durch die schmalen Ventilöffnungen treten nur kleinste Teilchen des Treibgas-/Wirkstoffgemischs aus. Diese zerplatzen nach Austritt in noch kleinere Tröpfchen, da das Treibmittel, sobald es nicht mehr unter Druck steht, sofort verdampft.

Feinste und gleichmäßige Verteilung, kontinuierliches Sprühen sowie schnelle Trocknung sind das Resultat - Vorteile, die insbesondere bei Insekten-, Raum-, Haar-, Bügel- und Imprägnier- sowie Farbsprays zum Tragen kommen.

# Sprühdosen

**Eine Aerosolverpackung ist ein relativ einfach anwendbarer Mechanismus.**

**Die Dose wird normalerweise aus Stahl, Aluminium oder Glas hergestellt. Sie beinhaltet eine Mischung des Produktes und des Treibgases, welches das Produkt aus dem Behälter drückt.**



1.



2.



3.

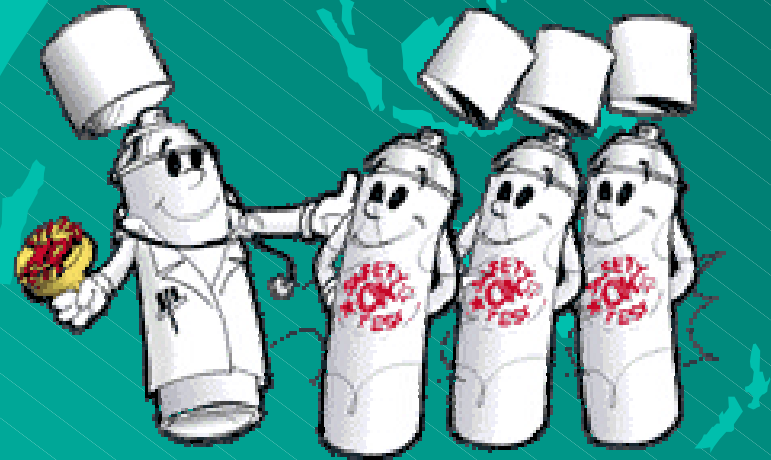


4.



Ungefähr 10 Milliarden Aerosole wurden 1997 weltweit produziert, davon über 40% in Europa. Seit 1975 hat sich die Produktion in Europa verdoppelt.

Aerosole haben eine hervorragende Sicherheitsstatistik. Jede einzelne Dose wird nach der Herstellung überprüft.





**Die Konsumenten mögen Aerosole, da sie sowohl einfach und bequem in der Anwendung als auch hygienisch und effizient sind.**

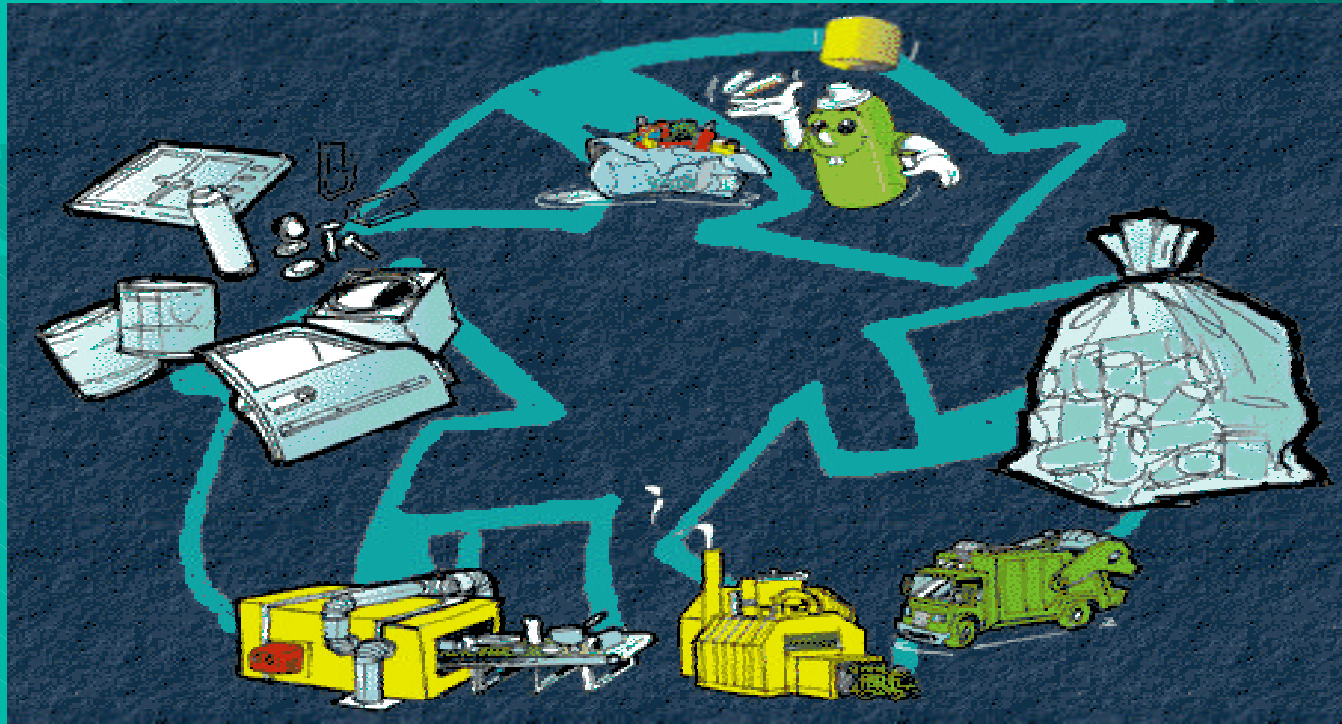
**Seit 1989 enthalten praktisch alle europäischen Verbraucheraerosole kein FCKW mehr (abgesehen von einigen medizinischen Produkten wie z. B. Asthmainhalatoren).**





# Recycling ganz einfach!!!

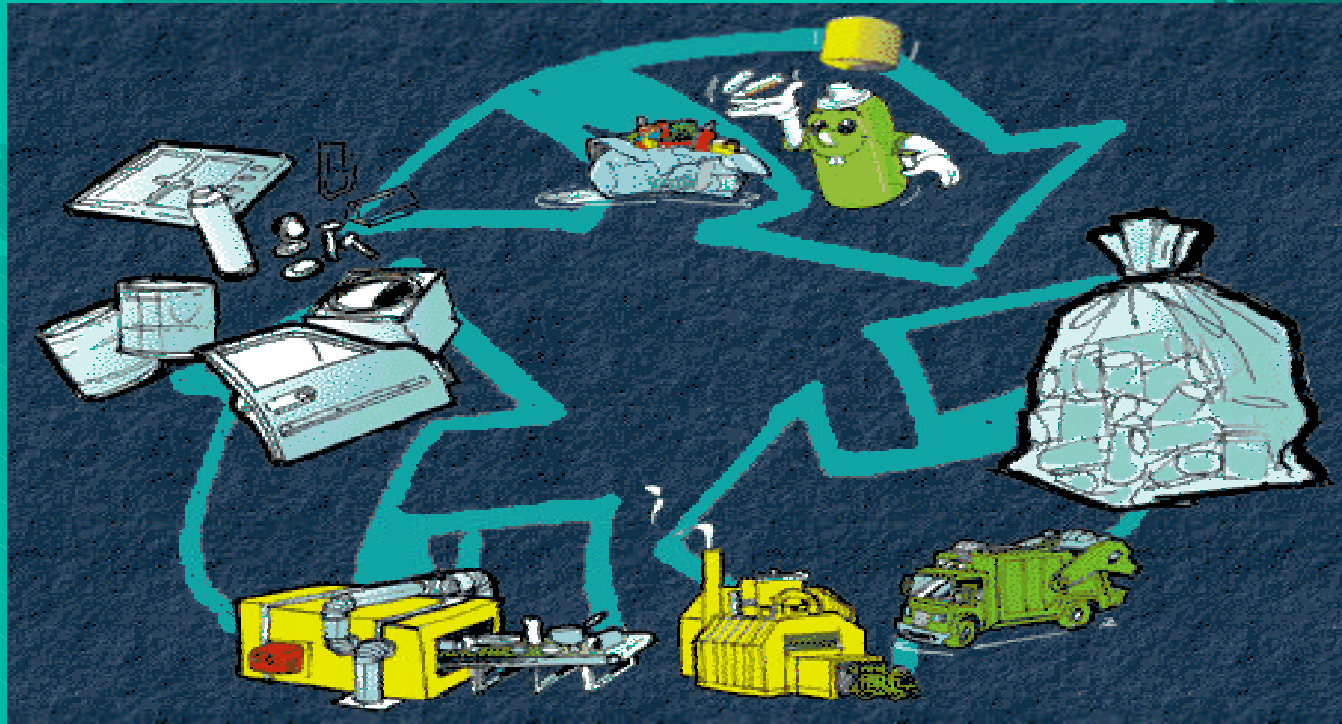
Sprühdosen werden aus Stahl oder Aluminium hergestellt und können recycelt werden wenn sie leer sind.



Leere Sprühdosen können als Teil des normalen Hausmülls gesammelt werden. Das Recycling von Sprühdosen trägt zu einem verantwortungsbewußten Umgang mit der Umwelt bei.

# Recycling ganz einfach!!!

Sprühdosen werden aus Stahl oder Aluminium hergestellt und können recycelt werden wenn sie leer sind.



Leere Sprühdosen können als Teil des normalen Haushaltsmülls gesammelt werden. Das Recycling von Sprühdosen trägt zu einem verantwortungsbewußten Umgang mit der Umwelt bei.



**Immer die Bedienungsanleitung vor dem Gebrauch durchlesen!**



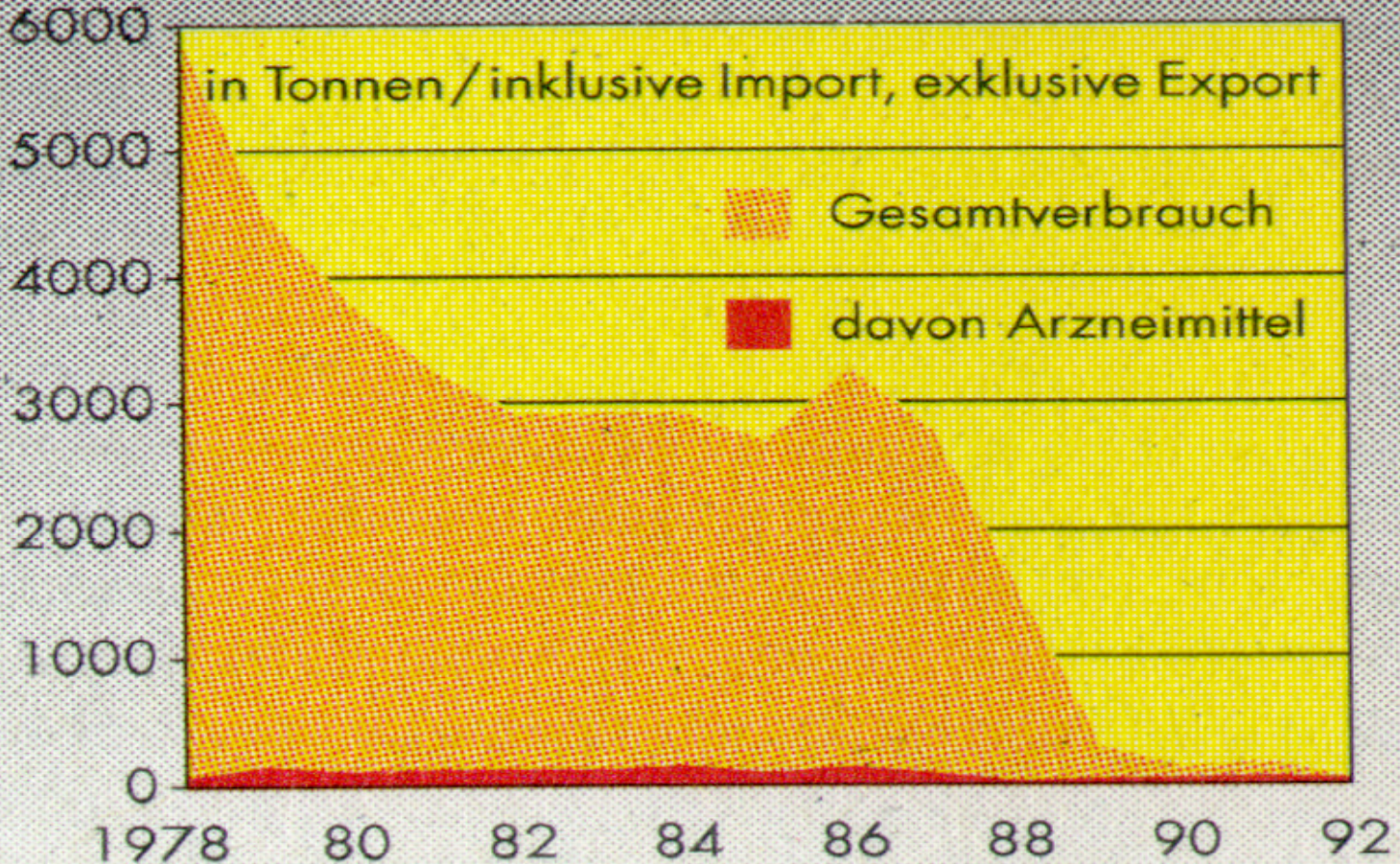
**NICHT**

- gegen Flamme oder auf glühenden Gegenstand sprühen
- rauchen
- einatmen (außer bei medizinischen Sprays)
- gewaltsam öffnen oder anzünden



**Geschützt vor Kindern aufbewahren.**

# FCKW-Verbrauch für AEROSOL-Dosen in der Schweiz



Quelle: ASA-Statistik