Eine kleine Geschichte der Luftverschmutzung

Als die Menschen das Feuer bändigten, begann auch die Geschichte der Luftverschmutzung: Die Rußschichten in prähistorischen Höhlen und geschwärzte Lungen bei mumifizierten Leichen aus der Steinzeit beweisen, dass die Luft in den Höhlen unserer Vorfahren nicht immer die beste war. Die vom Feuer unterstützte Abholzung der Wälder mit Beginn der Landwirtschaft war möglicherweise die erste großflächige Umweltveränderung. Folgen hatte auch der antike Bergbau: In Proben aus dem Grönlandeis lassen sich Spuren von Blei- und Kupferemissionen aus vorindustrieller Zeit nachweisen - auf diese Weise kann man z.B. die Einführung des Münzwesens im Mittelmeerraum und während der chinesischen Song-Dynastie mit ihrer steigenden Kupferproduktion noch heute messen.

Auch die Luftqualität mittelalterlicher Städte ließ oftmals zu wünschen übrig, wie historische Schilderungen sowohl aus der arabischen als auch aus der christlichen Welt belegen. Diese vorindustrielle Luftverschmutzung war aber in ihren Auswirkungen auf die Entstehungsorte beschränkt.

Eine neue Dimension: Die Kohleverbrennung

Ganz neue Dimensionen nahm die Luftverschmutzung aber mit der Industriellen Revolution an. Kohle wurde zum wichtigsten Brennstoff; um 1870 besaß Großbritannien ca. 100.000 kohlebetriebene Dampfmaschinen. Mit sinkenden Transportkosten konnte Kohle auch in die Städte transportiert werden und dort sowohl für Öfen und Herde als auch für Industrieanlagen genutzt werden. Im Viktorianischen England waren etwa ein Viertel aller Todesfälle auf Lungenkrankheiten zurückzuführen. Mit der zweiten Phase der industriellen Revolution ab 1870 entstanden Schwerindustrien – Eisen, Stahl, Chemikalien – mit riesigem Kohleverbrauch auch in anderen europäischen Ländern sowie in den USA und Japan, im 20. Jahrhundert dann auch in Russland, Kanada, Lateinamerika und Asien. Die Luft um die Hüttenwerke, in den Städten und Industriegebieten war katastrophal schlecht, schien aber der unvermeidliche Preis des entstehenden Wohlstands zu sein. Industrielle, Arbeiter und Staatsminister sahen in rauchenden Schornsteinen ein Symbol für Fortschritt, Wohlstand und Macht.

Die Folge waren verschmutzte Kohlestädte wie London, vor allem aber die noch verschmutzteren Industriegebiete wie das Ruhrgebiet und die oberschlesische Braunkohleregion in Deutschland, Pittsburgh in den USA und Osaka in Japan; später kamen Gebiete wie Donezk und Magnitogorsk in der UdSSR, Katovice in Polen, Cubatão in Brasilien und viele weitere dazu. Neben Rauch und Ruß spielten vor allem Schwefeldioxid, das in Verbindung mit atmosphärischer Feuchtigkeit aggressive Schwefelsäure bildet, und Metallemissionen aus den Hüttenwerken eine wesentlichen Rolle.

Irgendwann ließen sich die Folgen der Luftverschmutzung nicht mehr übersehen. In London forderte ein Smog, der vom 4. bis 10. Dezember 1952 dauerte, 4.000 Todesopfer. 1956 wurde im Clean Air Act die häusliche Kohlefeuerung streng geregelt. Hilfreich kam hinzu, dass seit 1950 zunehmend Öl und Gas an die Stelle der Kohle traten, deren Verbrennung weniger Schadstoffe, vor allem Rauch und Ruß, erzeugen. Auch in den Industriegebieten wuchs die Kritik an der Verschmutzung (siehe das Beispiel Ruhrgebiet).

Ab etwa 1970 entstanden weltweit Gesetze zur Luftreinhaltung, etwa das Clean Air Act von 1970 in den USA und das Bundesimmissionsschutzgesetz von 1971 in Deutschland. Allerdings wurde die Verschmutzung zunächst gesenkt, indem sie durch hohe Schornsteine einfach weiter verteilt wurde. Mit den hohen Schornsteinen vergrößerte sich ein altes Problem: während Rauch und Ruß vor allem lokale Probleme waren, konnten Schwefel- und Stickstoffoxide sich über Tausende Kilometer verbreiten und bildeten den Hauptbestandteil des „sauren Regens“. Die englischen Industriegebiete schädigten die Flüsse und Seen Skandinaviens, die amerikanischen Industriegebiete den Nordosten der USA und Kanada, saurer Regen aus Korea und China erreichte Japan, in Deutschland wurden die Waldschäden, für die der saure Regen als Hauptverursacher galt, zum politisch brisanten Thema.

Es wurde klar: hohe Schornsteine sind keine Lösung, die Emissionen mussten reduziert werden. Filteranlagen und Effektivitätssteigerungen beim Energieeinsatz sowie der Ersatz von Kohle durch Öl und Gas führten mittlerweile zu deutlichen Verringerungen der Schwefeldioxid-Emissionen - in den Kohlestädten Nordamerikas, Westeuropas und Japans nahm der Gehalt an Rauch, Ruß und Schwefeldioxid um 70 - 95 Prozent ab. Weniger erfolgreich waren die Ansätze zur Verringerung der Stickstoffoxid-Emissionen, die zudem noch zur Bildung des Sommersmogs beitragen, der auch heute noch ein Problem der Großstädte ist.

Beispiel Ruhrgebiet

Weiter als in den Städten reichte die Luftverschmutzung noch in den neu entstehenden Industriegebieten. Das Ruhrgebiet ist ein Beispiel dafür: Im Jahr 1900 war es bereits die größte Industrieregion Europas, und wohl auch die am stärksten verschmutzte. Da Firmen wie Krupp und Thyssen für die deutsche Rüstungsindustrie von zentraler Bedeutung waren, hatten Umweltauflagen kaum eine Chance; und auch für Politik und Bevölkerung zählten Arbeitsplätze mehr als die Umwelt. Dies änderte sich auch unter den Nazis nicht (“Die Leidenschaft der Nazis galt wohl dem deutschen Blut und deutschen Boden, nicht aber der deutschen Luft.” [John R. McNeill]); und im Kalten Krieg brauchte Europa die Schwerindustrie im Ruhrgebiet.

1961 dann aber machte Willy Brandt Wahlkampft mit dem Motto, dass der Himmel über dem Ruhrgebiet wieder blau werden müsse. Er wurde nicht gewählt, aber dennoch begannen in den 1960er Jahren die ersten Maßnahmen zur Rauch- und Rußbekämpfung; mit hohen Schornsteinen wurde der Dreck weiter verteilt - und damit ein neues Problem geschaffen: Schwefeldioxid aus den Abgasen löste sich im Regenwasser und verursachte “Sauren Regen”, der Flüsse, Seen und Wälder schädigte. Seit Mitte der 1980er Jahren begann man daher, die Abgabe von Schadstoffen einzudämmen, und heute ist die einstige Belastung nur noch Geschichte.

Das Zeitalter des Öls

Seit 1920 wurde in den USA, seit 1950 im Rest der Welt zunehmend Kohle durch Öl ersetzt. Dies hatte weitreichende Folgen: Öl konnte leichter transportiert und genutzt werden als Kohle, und daher wurde die relativ konzentrierte Luftverschmutzung durch Kohleverbrennung durch eine weiträumigere Luftverschmutzung durch die Verbrennung von Öl abgelöst. Ein Symbol dafür ist das Auto, das die Eisenbahn als technisches Transportmittel Nr. 1 verdrängte.

Luftverschmutzung durch Autos

Die entscheidende Entwicklung war die Einführung des Fließbands: Es ließ Autos erschwinglich werden, und die Massenmotorisierung begann - zuerst in den USA, dann in Europa und zuletzt in Japan und Ostasien. 1900 waren Automobile noch eine Seltenheit, 1996 gab es weltweit 500 Millionen von ihnen. Sie lösten ab den 1960er Jahren die Kohlefeuerung als schlimmste Verschmutzungsursache ab. Autos geben vor allem Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide und Kohlenwasserstoffe ab, die zum “Sommersmog” beitragen (>> Die wichtigsten Schadstoffe), bis in die 1980er Jahre war zudem Benzin mit Blei versetzt und verursachte besorgniserregende Bleikonzentrationen in der Luft und im Boden. Mit zunehmendem Umweltbewußtsein wurden die Schadstoffmengen der Autoabgase verringert (vor allem durch die Einführung von Katalysatoren), ein Teil des erreichten Fortschritts wurde aber durch die zunehmende Anzahl an Autos sowie durch höhere Fahrleistungen wieder aufgehoben.

Globale Luftverschmutzung

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde die Luftverschmutzung dann zu einem globalen Phänomen. Dabei spielte zum einen die Industrialisierung und Motorisierung Nordamerikas und Europas und ab den 1980er Jahren auch Ostasiens eine Rolle, zum anderen die zunehmende Bevölkerung und ihre Verstädterung: 1950 gab es drei Ballungsgebiete mit mehr als 10 Millionen Einwohnern auf der Welt (sogenannte Megacities), 1997 bereits zwanzig.

In den 1960er Jahren erkannten skandinavische Wissenschaftler, dass die Versauerung der Flüsse und Seen Südschwedens und Norwegens durch Schwefel- und Stickstoffoxide aus England verursacht wurde (Saurer Regen); Luftverschmutzung wurde als globales Problem erkannt. In Kanada wurden die Seen durch Abgase aus den USA versauert, in Japan durch Abgase auch China. Mit Messinstrumenten auf Satelliten konnten die Schwefeldioxid- und Stickstoffoxidwolken ab den 1990er Jahren dann auch direkt erfasst werden. Saurer Regen schädigte ausgedehnte Waldgebiete (“Waldsterben”) und die Lebensgemeinschaften der Flüsse und Seen; er ließ auch Kalkstein und Marmor verfallen, wovon einige der bedeutendsten Kulturdenkmäler der Welt, aber auch Brücken und andere Gebäude betroffen waren.

In den Megacities sind die Menschen besonders von den Auswirkungen des Rauches und des Autoverkehrs betroffen; zu den Schwerpunkten der Luftverschmutzung gehören heute Städte wie Peking, Kalkutta oder Karatschi. 1997 schätzte die WHO, dass die Luftverschmutzung jedes Jahr 400.000 Menschen tötet, dazu kommen Millionen von Menschen, bei denen sie Atemwegserkrankungen auslöste oder verschlimmerte oder gar Krebs auslöste. Die zehn verschmutzesten Städte der Erde nach Angaben des Blacksmith Institute (eine private Organisation, die Schwerpunkte der Verschmutzung identifiziert und Programme zu deren Sanierung anregt, www.blacksmithinstitute.org), sind auf der Karte oben auf dieser Seite dargestellt.

Das Ozonloch

Die 1929 erstmals hergestellten “FCKW” (Fluorchlorkohlenwasserstoffe, chemische Substanzen, die Fluor, Chlor und Kohlenstoff enthalten) haben viele gute Eigenschaften: Sie sind ungiftig, nicht entzündlich, leicht zu verarbeiten und reagieren nicht mit anderen Stoffen. So wurden sie bald vor allem als Kühlmittel in Kühlschränken und Klimaanlagen, als Treibgas in Spraydosen und als Lösemittel verwendet. 1971 entdeckte der Chemiker James Lovelock diese FCKW in der Atmosphäre. Lovelock hatte sie nur als Marker für andere Formen industrieller Luftverschmutzung betrachtet, die FCKW selbst hielt er für ungefährlich. Dem amerikanischen Chemiker Sherwood Rowland fiel aber auf, das die gemessenen Konzentrationen in etwa der weltweiten Produktion bis zu diesem Zeitpunkt entsprachen. Was, fragte er sich, würde schließlich mit ihnen passieren? Er setzte seinen aus Mexiko stammenden Kollegen Mario Molina auf die Frage an, und im Juni 1974 veröffentlichten beide die Hypothese, dass die FCKW in die Stratosphäre aufsteigen können, dort von kurzwelligem Sonnenlicht aufgebrochen werden und dass das dabei freigesetzte Chlor Ozon-Moleküle der Ozonschicht zerstört.

Dieser Beitrag blieb zunächst fast unbeachtet. Die FCKW-Industrie machte mittlerweile acht Milliarden Dollar Umsatz im Jahr und griff Rowland und Molina als Panikmacher an, und im Laufe der Jahre geriet das Thema von der Tagesordnung. Erst 1985 erschien eine Publikation des britischen Geophysikers Joe Farman, dass die Ozonschicht über der Antarktis ausdünnte - schon seit 1977. Farman hatte die Veröffentlichung hinausgezögert, da er seinen eigenen Erkenntnissen nicht recht traute - zumal ein NASA-Satellit seit fünf Jahren ebenfalls den Ozongehalt gemessen hatte und keinen Rückgang feststellte. (Nach Farmans Veröffentlichung überprüfte die NASA ihre Daten: Die eigentlichen Satellitendaten zeigten seit Jahren die gleiche Tendenz - waren aber vom Computer als Fehler aussortiert worden, weil sie nicht den Erwartungen entsprachen.) Der gemessene Rückgang war noch schlimmer als der von Rowland und Molina erwartete.

Bald wurden auch “Ozonlöcher” über Chile und Australien entdeckt. Als Ursache wurden im Jahr 1987 von einer NASA-Expedition in die Antarktis die von Rowland und Molina verdächtigten FCKW bestätigt. Warum aber der gemessene Rückgang soviel stärker war als der von Rowland und Molina erwartete, wurde von dem in Deutschland tätigen niederländischen Meteorologen Paul Crutzen entdeckt: Es lag an den stratosphärischen Eiswolken der Antarktis. Deren Oberfläche erleichterte Reaktionen, bei denen Chlor freigesetzt wurde. Dieses Chlor konnte dann mit der aufgehenden Sonne im Frühjahr seine zerstörerische Wirkung entfalten - ein einziges Chloratom kann bis zu 100.000 Ozonmoleküle vernichten. (Rowland und Molina sowie Crutzen sollten 1995 für ihre Forschungen den Nobelpreis für Chemie erhalten.) Die Folgen der ausgedünnten Ozonschicht wurden auch immer klarer: Verstärkte UV-Strahlung schädigt Plankton und damit die Nahrungskette in den Meeren, schädigt Pflanzen und damit die Nahrungsmittelproduktion, verursacht Hautkrebs und Grauen Star beim Menschen.Das “Ozonloch” rief eine ungewöhnlich schnelle politische Antwort hervor: Das Protokoll von Montreal (1987) und darauf folgende Zusatzvereinbarungen führten ab 1988 zu einem Rückgang der FCKW-Produktion um rund 80 Prozent. Das Protokoll von Montreal wurde noch vor dem endgültigen Nachweis der FCKW als Verursacher des Ozonlochs verabschiedet, insofern ist es das erste Beispiel des Vorsorgeprinzips im Umweltschutz. Anderseits waren sie der Beweis, dass der Mensch globale Umweltveränderungen auslösen kann. Und: FCKW sind in der Atmosphäre sehr stabil, so dass die Ozonschicht in der Stratosphäre nur langsam heilt und wohl noch bis ins Jahr 2070 ausgedünnt bleiben wird. Insbesondere hellhäutige Menschen in sonnigen Ländern wie Australien sind hiervon durch höheres Hautkrebsrisiko betroffen.

UmweltschutzbewegungenAb Mitte der 1960er Jahre begannen in den Kernländern der Umweltverschmutzung - Nordamerika, Europa und Japan - wirksame Proteste der Bevölkerung gegen diese Verschmutzung. 1970 protestierten 20 Millionen Amerikaner am Earth Day gegen die Umweltverschmutzung, in Deutschland begann die große Zeit der Bürgerinitiativen für den Umweltschutz. Diese Aktivitäten führten zur Errichtung erster staatlicher Umweltschutzinstitutionen und von Gesetzen zur Luftreinhaltung (Clean Air Act in den USA 1970, Bundesimmissionsschutzgesetz in Deutschland 1974).

Nach über 30 Jahren Umweltpolitik sind die offenkundigsten Belastungen heute in den reichen Industrieländern beseitigt, die Atemluft ist wieder relativ sauber. Auch wenn einzelne Probleme (>> Stickstoffoxide, >> Feinstaub) akut bleiben: Das größte Problem sind heute die nicht unmittelbar zu erkennenden Belastungen wie der >> Klimawandel - wahrscheinlich das wichtigste Umweltthema der kommenden Jahrzehnte.