©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Anthropogene Veränderung der Luftqualität

von Helga Kolb, Wien

Seit der Mensch die Verbrennung erfunden hat, benützt er die Luft als Mistkübel für die dabei entstehenden Abgase. Der Mensch verbrennt zur Energiegewinnung, zur Fortbewegung, zur Produktion ... und einige der produzierten Stoffe enden wiederum als Verunreinigung in der Atmosphäre.

Die Luftqualität wird dabei durch qualitative und durch quantitative Verunreinigungen beinflußt:

— qualitative Verunreinigungen sind solche durch biologisch aktive Substanzen, die bisher nicht in Ökosystemen gefunden wurden (z. B. Pestizide).
— quantitative Verunreinigungen sind solche, bei denen die Menge von an und für sich in den Ökosystemen vorhandenen Stoffen erhöht wird. Bei toxischen Substanzen können auch minimale Erhöhungen zur Gefährdung führen; bei weniger toxischen Substanzen können Mengen, die im Verhältnis zu den natürlich vorhandenen ge-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ring sind, zur Störung heikler Gleichgewichtszustände und Kreisläufe führen (z. B. Beeinflussung des Klimas durch CO_2) oder, wenn sie räumlich oder zeitlich konzentriert freigesetzt werden, toxische Konzentrationen erreichen.

Schadstoffe, die in die Atmosphäre eingebracht werden (Emissionen) unterliegen der Transmission bevor sie als Immission mit Mensch, Pflanze, Tier, Material oder auch Meßgerät in Berührung kommen und dort Auswirkungen haben können. Die Transmission ist die kombinierte Wirkung von Translation (Verfrachtung mit der Strömung), Diffusion (Verdünnung durch Turbulenz) und Abreicherungsvorgängen (s. Abb. 1). Zu den Abreicherungsvorgängen zählen chemische Umwandlungen (sie stellen Senken für Primärschadstoffe dar; für Folgeprodukte allerdings Quellen), radioaktiver Zerfall sowie trockene und nasse Ablagerung.

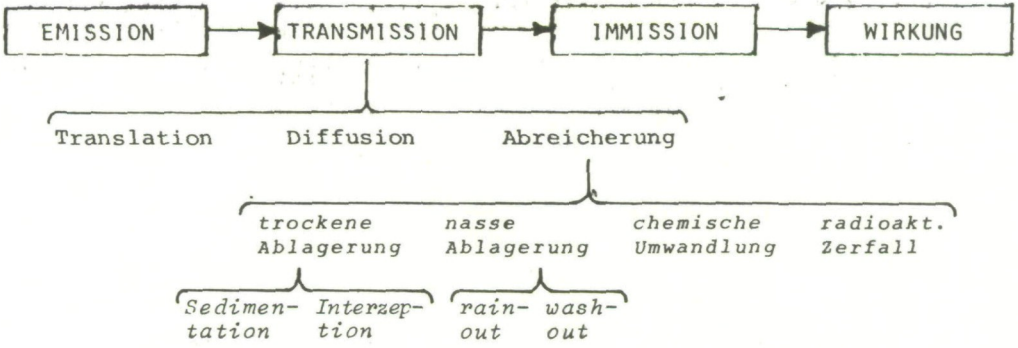


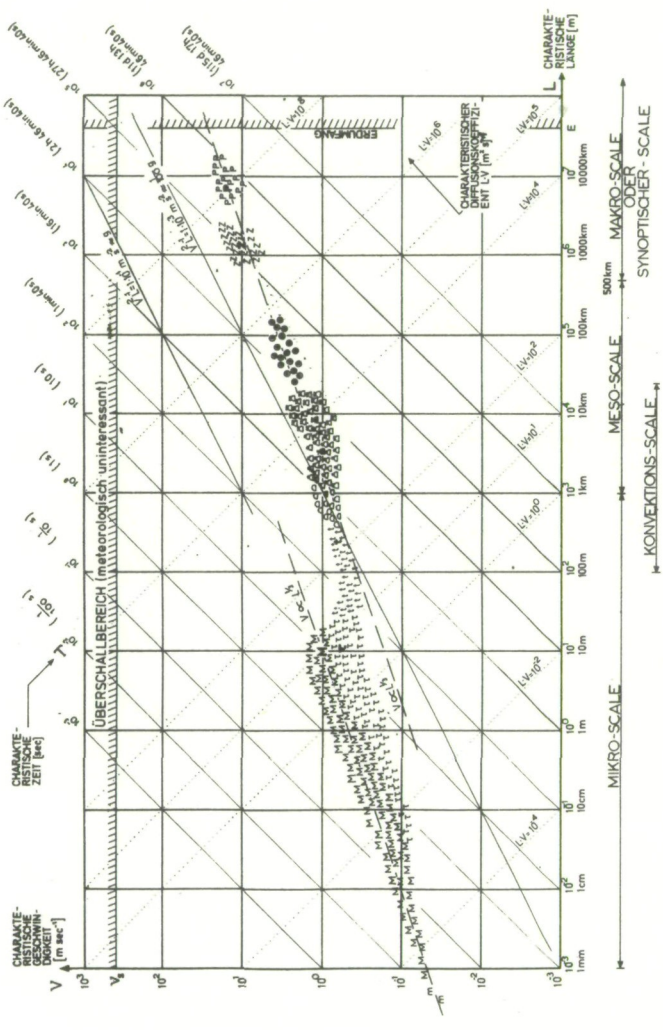
Abb. 1: Atmosphärische Prozesse, die im Fragenkomplex „Luftreinhaltung" von Bedeutung sind.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Je nach dem betrachteten Scale der Verunreinigung haben die einzelnen Prozesse verschiedenes Gewicht und werden von anderen meteorologischen Prozessen gesteuert. Wippermann (1971) hat die meteorologisch relevanten Bewegungsformen ihrem Längen- und Zeitscale gemäß in ein Diagramm eingetragen (Abb. 2). Auf der Abszisse sind die charakteristischen Längen zwischen 1 mm und 40.000 km ($\approx$ Erdumfang) aufgetragen, während auf der Ordinate charakteristische Geschwindigkeiten zwischen 1 mm/s und 1 km/s aufscheinen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 2: Schematische Darstellung der Turbulenzvorgänge in Abhängigkeit von Längen- und Geschwindigkeitsscale (nach Wippermann [1971]).

Meteorologisch sind Bewegungsvorgänge mit mehr als Schallgeschwindigkeit nicht mehr von Interesse. Der Geschwindigkeitsscale ergibt sich aus Längenscale und Zeitscale, der hier durch 45°-Gerade gekennzeichnet ist und sich von 10^{-3} Sekunden bis etwa 4 Monate erstreckt. Durch die verschiedenen Symbole werden einige charakteristische meteorologische Erscheinungen gekennzeichnet.

Ganz rechts oben sind mit P die langen planetarischen Wellen gekennzeichnet, von denen meist 3 bis 5 auf einer Hemisphäre beobachtet werden. Sie sind als Mäander des zonalen Grundstromes zu verstehen, die aber oft zur Ausbildung abgeschlossener außertropischer Zyklonen und Antizyklonen führen. Diesen entspricht in Abb. 2 das Symbol Z. Das Verhältnis der vertikalen zur horizontalen Erstreckung beträgt bei den planetarischen Wellen etwa 1 : 1000, bei den Zyklonen und Antizyklonen etwa 1 : 500. Das heißt, daß diese „Turbulenzelemente" als praktisch zweidimensional angesehen werden können. Anders ist dies bei den rein thermisch bedingten Turbulenzerscheinungen, wie z. B. den im Diagramm anschließenden Bewegungsformen: Wolken-Cluster ⊙ starke ⛆, mäßige ⛆ und schwache ⌓ Wolkenkonvektion. Hier verhält sich vertikaler zu horizontaler Scale wie 1 : 10.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

1 : 1, 2 : 1 und 5 : 1, wenn bei der Bestimmung der charakteristischen Längen nicht nur jene durch Wassertröpfchen sichtbaren Teile einer Wolke berücksichtigt werden, sondern die großen, relativ langsamen Kompensationsbewegungen (Abwärtsbewegungen) außerhalb der Wolke mit einbezogen werden. Jene thermische Konvektion, die ohne Kondensation vor sich geht, ist im Diagramm mit t bzw. τ gekennzeichnet. Die Unterteilung in Thermik (t) und kleinräumige thermische Turbulenz (τ) ist eigentlich nur durch das stark veränderte Verhältnis von vertikaler zu horizontaler Erstreckung gerechtfertigt: während die Thermik mit einem Verhältnis von 10 : 1 fast als eindimensionales, vertikales Phänomen angesehen werden kann, ist die thermisch bedingte Turbulenz mit dem Verhältnis 2 : 1 deutlich dreidimensional und ähnlicher der mechanischen Turbulenz M (1 : 1) als der Thermik. Die thermisch bedingte Turbulenz jeder Art wird durch lokale Temperaturunterschiede verursacht, während die Auslösung mechanischer Turbulenz auf Windscherung oder Unebenheiten an der Erdoberfläche zurückzuführen ist. Am untersten Ende der Turbulenzerscheinungen schließt die molekulare Dissipation (m) an, die aber meteorologisch von geringer Bedeutung ist.

Im allgemeinen wird dieses Spektrum von atmosphärischen Prozessen in 3 Bereiche gegliedert: Den Synoptischen oder Macro-Scale, den Mikro-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Scale, und dazwischen liegend, den Meso-Scale. Die Grenzen zwischen diesen Bereichen sind fließend.
Luftbewegungen und Wirbel, die im Vergleich zu den Schadstoffwolken oder -fahnen große Dimensionen haben, verlagern die Schadstoffe primär, solche die kleine Dimensionen haben, führen zur Durchmischung und Verdünnung der Schadstoffe.

Unterscheidet man einen lokalen, einen regionalen und einen globalen Scale der Luftverunreinigung mit charakteristischen Längen von bis zu einigen 10 km, einigen 100 km und über 1000 km, so ist

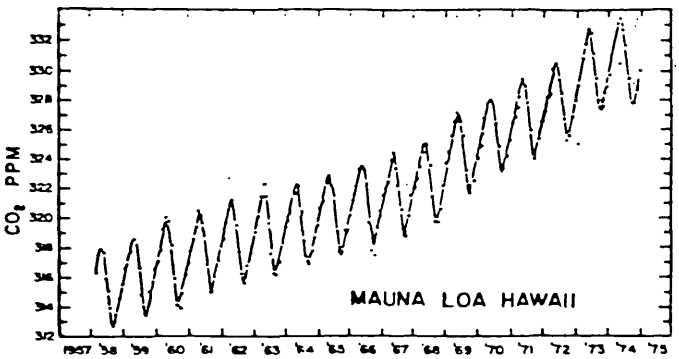
— im lokalen Bereich die Diffusion vor der Translation dominierend, während die Abreicherung nur in Ausnahmefällen von Bedeutung ist,
— im regionalen Scale die Translation und Abreicherung wichtiger als die Diffusion und
— im globalen Scale vor allem die Translation, bei radioaktiven Substanzen auch die Abreicherung, von Interesse.

Lokale Windsysteme, die vertikale Schichtung der Atmosphäre, Strömungshindernisse und die Oberflächenbeschaffenheit sind Beispiele für Einflußgrößen im lokalen Bereich. Großwetterlagen steuern im wesentlichen die Translation im regionalen Bereich und tragen z. B. mit ihren Niederschlagsfeldern auch wesentlich zur Ablagerung bei. Die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Translation im globalen Scale wird, auch aufgrund des anderen Zeitscales, vor allem durch die Allgemeinzirkulation beherrscht.

Kann man auch in vielen Fällen bereits beschreiben, welche Veränderungen der Luftqualität eingetreten sind oder eintreten werden, so fehlt häufig der Maßstab zur Beurteilung der Bedeutung dieser Änderungen. Über die CO_2-Zunahme in der Atmosphäre liegen gute Daten vor (s. z. B. Abb. 3), welche Auswirkungen der gemessene Konzentrationsanstieg aber z. B. auf das Klima haben wird, ist derzeit noch nicht prognostizierbar. Auch die Bedeutung des zunehmenden Säureeintrages in den Boden ist z. B. noch umstritten. Als Beispiel für die Schwierigkeit einen geeigneten Maßstab zu finden, sei der Vorgang bei der Ermittlung von Immissionskonzentrationsgrenzwerten dargestellt.



©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

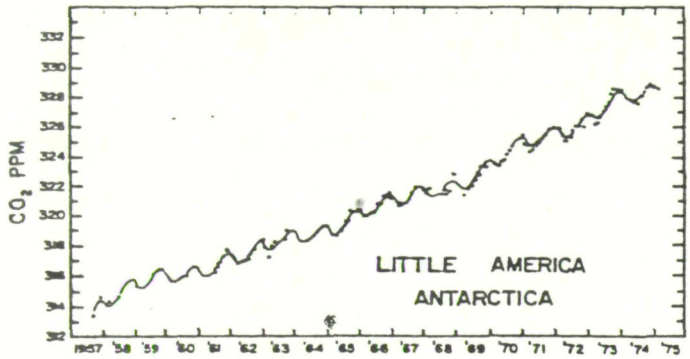


Abb. 3: Anstieg der CO_2-Konzentration auf dem Mauna Loa Observatorium, Hawaii, und an der Antarktik-Station Little America (Junge, 1978).

Seit Jahrzehnten bemühen sich die Ärzte, den Zusammenhang zwischen Schadstoffkonzentration, Belastungsdauer und gesundheitlichen Folgen für verschiedene Schadstoffe zu ermitteln. Es stehen ihnen dabei mehrere grundsätzlich verschiedene Untersuchungsmethoden zur Verfügung (Kolb, 1978).

Bei toxikologischen Untersuchungen werden Versuchspersonen unter genau definierten Bedingungen Luft mit verschiedenen Schadstoffkonzentrationen ausgesetzt. Die physiologischen Reaktionen können bei diesen Labormethoden genau überwacht und registriert werden. Allerdings können diese Versuche nur in Konzentrationsbereichen durchgeführt werden, die deutlich unter den ver-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

muteten Grenzwerten liegen, denn wirklicher Gesundheitsgefährdung kann man die Versuchspersonen nicht aussetzen. Außerdem können sie nur zur Simulation von Kurzzeitbelastungen herangezogen werden, da man Versuchspersonen eventuell tage- aber nicht wochen-, monate- oder jahrelang in Begasungskammern halten kann. Für diese Zwecke — höhere Konzentrationen und längere Belastungen — bedient man sich statt der Menschen der Tiere. Das Problem hierbei ist, daß die Frage nach der Übertragbarkeit der aus Tierversuchen gewonnenen Ergebnisse auf Menschen nicht eindeutig beantwortet werden kann.

Ganz anders wird bei epidemiologischen Untersuchungen vorgegangen. Es werden Gruppen von Menschen in ihrer natürlichen Umgebung untersucht. Meist wählt man zwei Gruppen — eine, die hohen Belastungen des zu untersuchenden Schadstoffes ausgesetzt ist, und eine, die geringen Belastungen ausgesetzt, sonst aber der ersten ähnlich ist. Die Unterschiede werden statistisch erfaßt. Einige der Schwierigkeiten hierbei sind, daß

— außer der Schadstoffbelastung viele andere Faktoren auf die Gesundheit und die Empfindlichkeit gegenüber Schadstoffen Auswirkungen haben, wie Rauchen, Ernährung, Berufsbelastung, Lebensgewohnheiten etc.. Die untersuchten Gruppen unterscheiden sich daher meist nicht nur durch die Schadstoffbelastung;

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

— die „Belastung" aus einer Mischung von Schadstoffen besteht, die meist nicht genau erfaßt werden kann,
— eine Aufschlüsselung der Wirkung einzelner Komponenten nicht möglich ist,
— wirklich hohe Belastungen kaum untersucht werden können.

Zu den prinzipiellen Schwierigkeiten der Untersuchungen kommt hinzu, daß die „Grenzwerte" auf jeden Fall individuell sehr verschieden sind (nicht nur zwischen Kleinkindern, älteren oder vorgeschädigten Menschen und gesunden Erwachsenen), und daß es für viele Schadstoffe gar keine Grenzwerte gibt (z. B. kumulativ wirkende, allergene und kanzerogene Stoffe).

Das Resultat der medizinischen Untersuchungen ist daher eine sehr lückenhafte und unscharfe Darstellung des gesuchten Zusammenhanges. Auf der Basis dieser Ergebnisse legt der Gesetzgeber Belastungsgrenzen fest, die er als zumutbar betrachtet. Wie hoch er diese ansetzt, hängt entscheidend davon ab, wen oder was er in welchem Ausmaß schützen möchte.
Die von der ÖAW vorgeschlagenen Grenzwerte (s. Tabelle 1), die in Österreich weitgehend von den Behörden übernommen werden, sind z. B. so gewählt, daß „eine Gesundheitsgefährdung von Menschen aller Altersstufen, auch der Kranken, weitgehend vermieden, und ein Schutz vor Schadwir-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

kung auf Tiere, Pflanzen und Sachgüter in hohem Maße gewährleistet wird". „Eine Gesundheitsgefährdung durch Luftverunreinigung liegt dann vor, wenn organische oder funktionelle Veränderungen eintreten können, welche die übliche Variation von Körper- und Organformen bzw. Funktionen signifikant überschreiten. Dies gilt auch für Tiere und Pflanzen.

Tabelle 1: Empfehlungen für normative SO_2- und Staub-Immissionskonzentrationen (mg/m^3) der ÖAW (1975).

	Tagesmittelwert		Halbstundenmittelwert	
	Staub	SO_2	SO_2 §)	maximal SO_2
Zone I: besonders zu schützende Gebiete (z.B. Naturschutzgebiete, Kur- und Erholungsgebiete)				
April-Okt.	o.12 +)	o.o5	---	o.o7
Nov.-März	o.12 +)	o.1o	---	o.15
Zone II: gesamte Bundesgebiete mit Ausnahme der Zonen I und III	o.2o	o.2o	o.2o	o.5o
Zone III: Gebiete, in denen die Grenzwerte der Zone II noch nicht eingehalten werden können	o.3o	o.3o	o.3o	o.8o

+ darf an 7 Tagen pro Jahr, die jedoch nicht aufeinanderfolgen sollen, überschritten werden

§ darf nur 3mal pro Tag überschritten werden

Das Wohlbefinden des Menschen ist untrennbarer Bestandteil seiner Gesundheit und wird von seiner Umwelt mitbestimmt. Änderungen der Umwelt durch Luftverunreinigung, die das Wohlbefinden mindern, sind Gesundheitsgefährdungen gleichzusetzen".

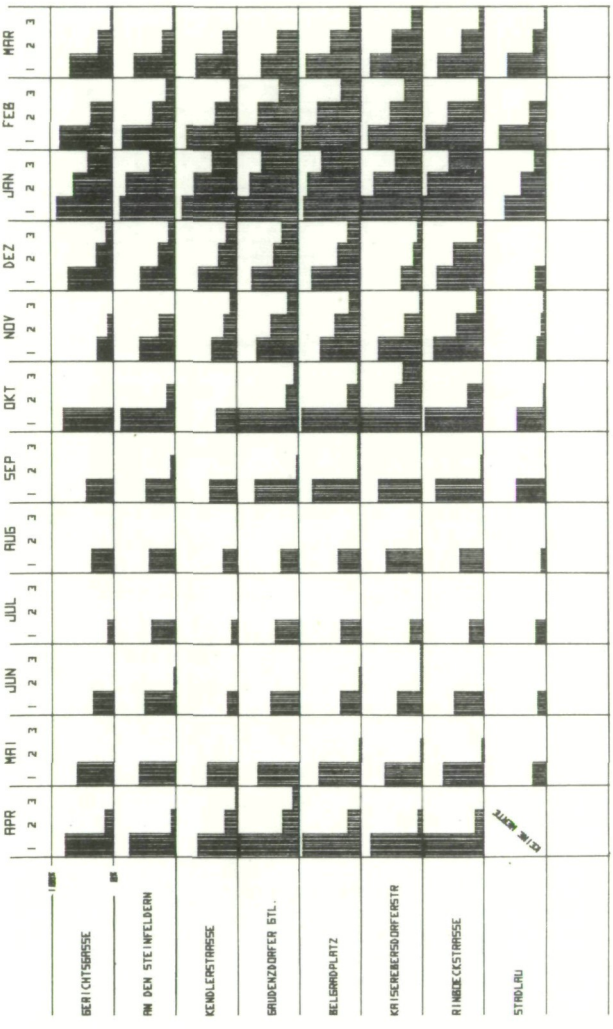
©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wie gut ist also die Luft, die wir atmen, gemessen an „Grenzwerten"? Nur wenige Schadstoffe werden kontinuierlich überwacht. Dies sind vor allem SO_2, NO_x, CO und Staub, in viel geringerem Ausmaß O_3, H_2S und Kohlenwasserstoffe. SO_2 wird von sehr vielen Verursachergruppen emittiert und wird daher vielfach als Maß für die Luftverunreinigung angesehen.

In Wien treten z. B. an allen Meßstellen Überschreitungen der Grenzwerte der für Wohngebiete maßgebenden Zone II auf (s. z. B. Abb. 4). Aber auch die Werte der Zone III werden im Winterhalbjahr überschritten. Diese Überschreitungen beruhen zum Großteil darauf, daß mehr als 3 Halbstundenmittelwerte pro Tag über 0,2 mg SO_2/m^3 bzw. 0,3 mg SO_2/m^3 lagen (Kolb, 1982), doch treten in Wien auch häufig Tagesmittelwerte auf, die über den Grenzwerten liegen (Abb. 5).

Abb. 4: Überschreitungshäufigkeit (%) der Grenzwerte für Zone 1, 2 und 3 während einzelner Monate 1979/80 in Wien (Löffler, 1980).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

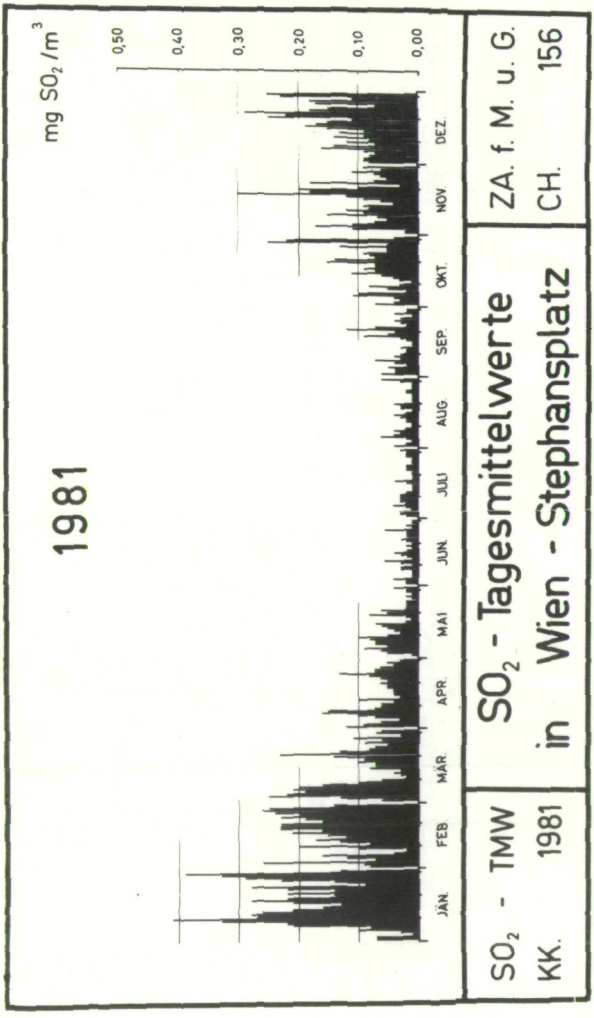


Abb. 5: (Chalupa, 1982)

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wetterbezogene Immissionsverhältnisse

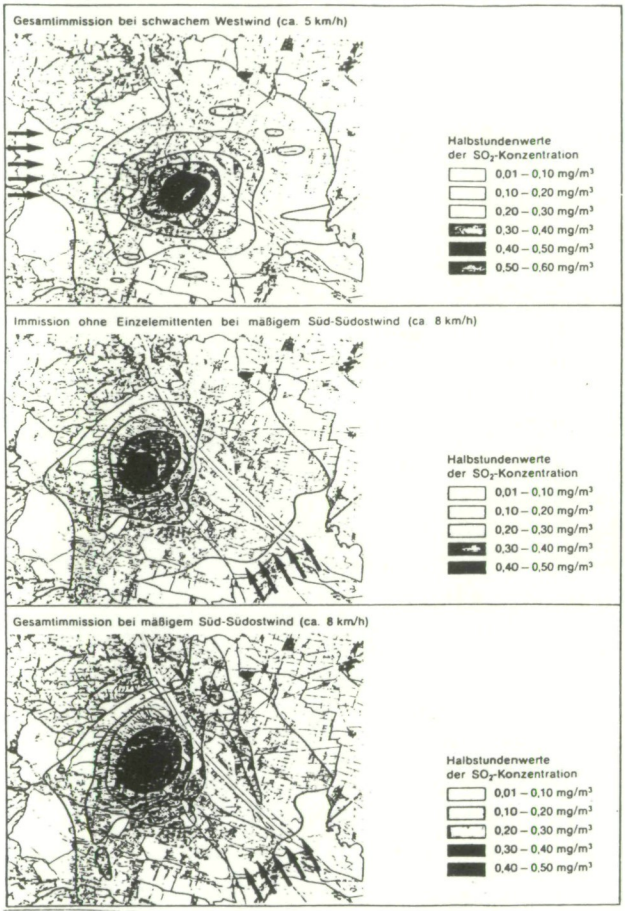


Abb. 6: Räumliche Verteilung der SO_2-Belastung in Wien bei verschiedenen Wetterlagen, berechnet mittels eines Simulationsmodelles.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die räumliche Verteilung der SO_2-Belastung in Wien ist in Abb. 6 für zwei typische Wetterlagen wiedergegeben. Die dargestellten Verteilungen sind das Ergebnis von Berechnungen: Aus den SO_2-Emissionsdaten von Wien wurden mittels eines mathematischen Simulationsmodelles die Immissionen errechnet (Kolb et al., 1979).

Modellberechnungen dieser Art ermöglichen es, den Beitrag verschiedener Emittentengruppen zu ermitteln. Ein Vergleich der Berechnungsergebnisse mit und ohne Berücksichtigung der ca. 60 Großemittenten Wiens (Abb. 6 b und c) zeigt, daß obwohl die Großemittenten etwa 50 % der SO_2-Emission Wiens verursachen, sie bei der Immission weit weniger ins Gewicht fallen. Mehr als die Hälfte der Immissionskonzentrationen im Raum Wien sind auf Hausbrandemissionen, die in geringer Höhe abgegeben werden, zurückzuführen.

Wie eingangs erwähnt, spielt im lokalen Bereich die Diffusion eine wichtige Rolle. Beim Auftreten von Inversionen kann die Diffusion in der Vertikalen stark gehemmt werden, da Inversionen (Temperaturzunahmen mit der Höhe) Zonen sind, in denen Vertikalbewegungen unterdrückt werden. Treten Inversionen in geringen Höhen auf, so begrenzen sie das Luftvolumen, in welchem Schadstoffverdünnung staffinden kann, empfindlich (Abb. 7). Die Konzentrationen steigen deutlich an. In Wien liegt z. B. bei Tagesmittelwerten der SO_2-Konzentrationen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

von 0,1 bis 0,2 mg SO_2/m^3 die mittlere Inversionsuntergrenze über 600 m NN, bei Tagesmittelwerten zwischen 0,3 und 0,4 mg SO_2/m^3 bei 340 m NN.

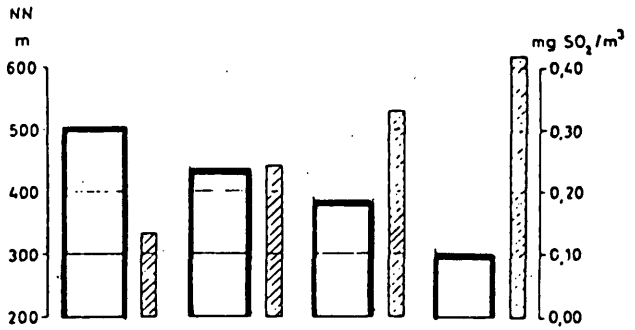


Abb. 7: Abhängigkeit der Tagesmittelwerte der SO_2-Immission (Wien, Hohe Warte) von den mittleren Inversionsuntergrenzen, ausgehend von 4 Gruppen von TMW: 0,1 bis 0,2, 0,2 bis 0,3, 0,3 bis 0,4, 0,4 bis 0,5 mg SO_2/m^3. Die breiten Säulen geben die mittlere Inversionsuntergrenze an, die schmalen das Gruppenmittel der Tagesmittelwerte (nach Chalupa, 1975).

Pechinger (1980) fand, daß in einem inneralpinen Becken an Tagen mit Calmen, an denen zumeist auch Inversionen auftreten, die mittleren Tagesmaxima etwa doppelt so hoch liegen, wie an Tagen mit schwachen Winden (Tabelle 2), und daß die Konzentrationen bei längerer Andauer der austauscharmen Wetterlagen am zweiten Tag um 20 bis 50 % höher liegen als am ersten. Das Aichfeld war infolge der häufigen Inversions- und Calmen-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

situationen und infolge der z. T. hohen Emissionen durch Bergbau bzw. Abraumhalden wesentlich höher belastet als z. B. Wien (Abb. 9).

Tabelle 2: Verhältnis des mittleren SO_2-Tagesmaximums, Tagesminimums und Tagesmittels bei Calmen (*) (MAX , MIN , T) zu jenem an Tagen mit Wind (**) (MAX , MIN , T)

	$\frac{MAX_c}{MAX_v}$	$\frac{MIN_c}{MIN_v}$	$\frac{T_c}{T_v}$
Fohnsdorf	1.8	2.9	2.1
Knittelfeld	2.2	2.7	2.5
Judenburg	2.3	2.9	2.6

(*): Tagesmittel der Windgeschwindigkeit $\leq$ 0,25 m/s
(**): Windgeschwindigkeit von 1 und 2 m/s bei maximal einem Termin mit Calmen oder 0,5 m/s

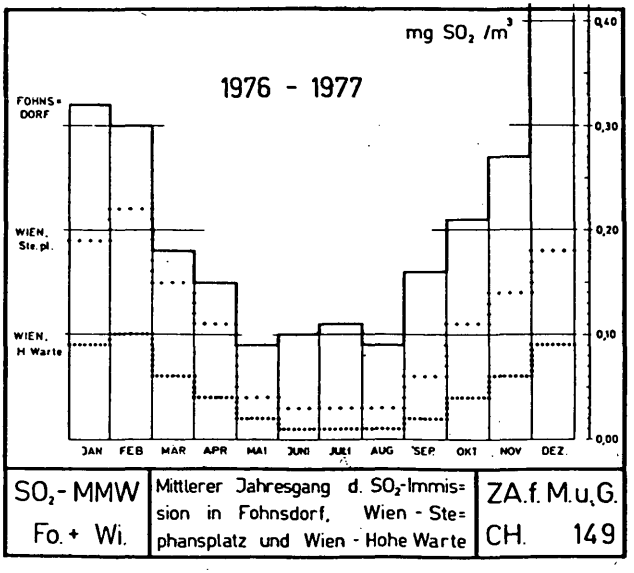


Abb. 9: (Chalupa, 1980)

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

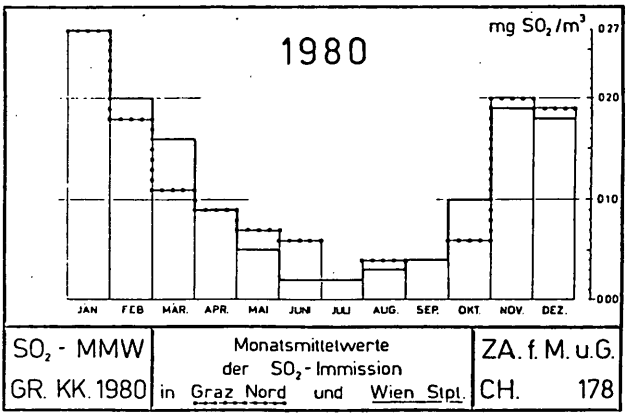


Abb. 10: (Chalupa, 1984)

Ein Vergleich der Monatsmittelwerte der SO_2-Belastung für Wien und Graz zeigt die Auswirkung ungünstiger geographischer Lagen: trotz deutlich geringerer Emissionen in Graz sind die Immissionen in den schwer belasteten Teilen beider Städte vergleichbar (Abb. 10).

Es ist daher nicht überraschend, daß die Gebiete höchster Belastung in Österreich in Tal- und Beckenlagen zu finden sind, insbesondere, wenn dort auch Industrie angesiedelt ist.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

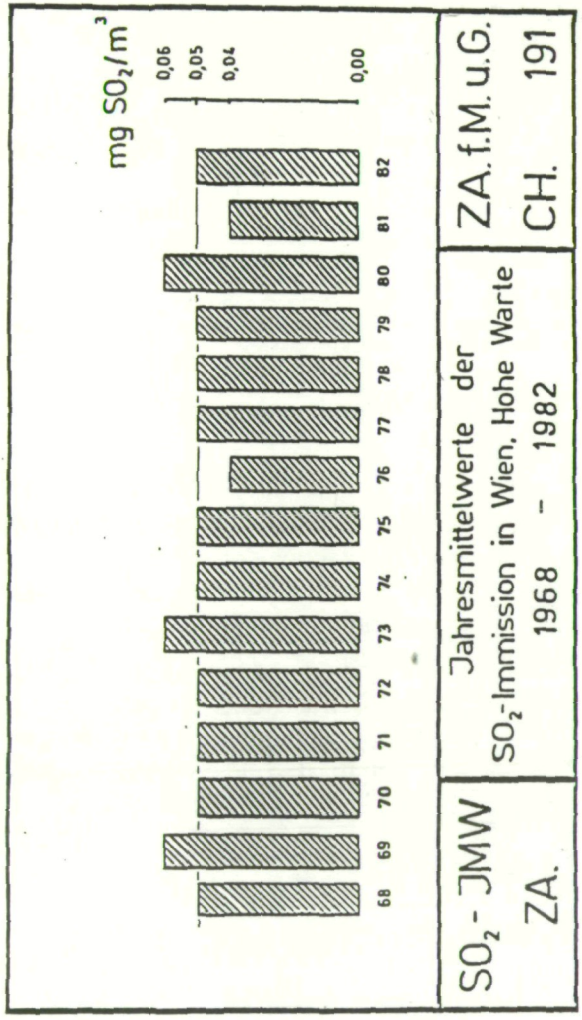


Abb. 11: (Chalupa, 1984)

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Kurve 1: Gesamtenergieverbrauch
Kurve 2: Befestigte Verkehrsflächen
Kurve 3: Einwohnerzahl
Kurve 4: Mittlere urbane Übertemperatur
(4 Stadtstationen - 2 Agrarstationen)

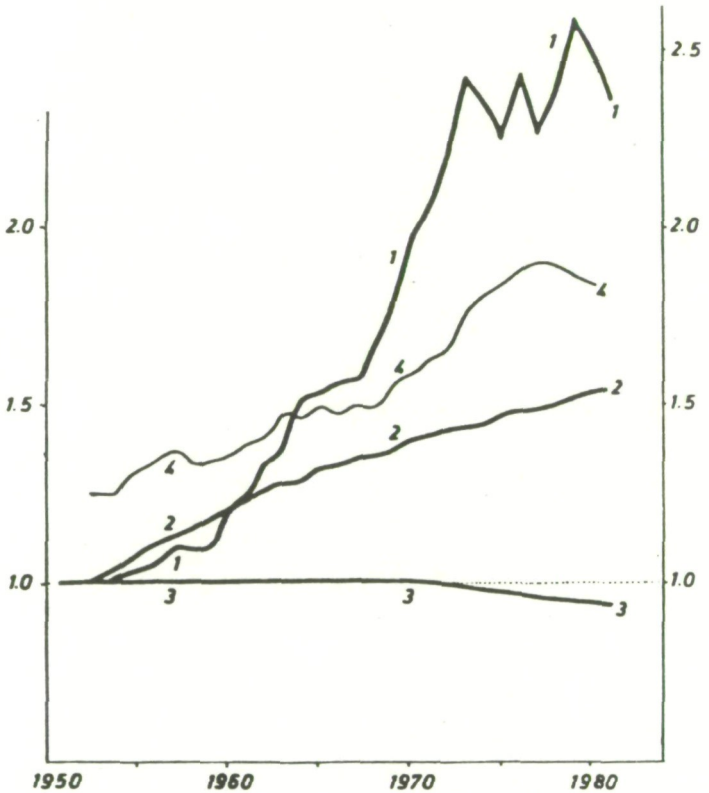


Abb. 12: Stadtentwicklungsdaten und mittlere urbane Wärmeinsel in Wien (Relativwerte, bezogen auf 1952).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Betrachtet man die langfristige Tendenz, so zeigt sich, daß zumindestens in Wien die Immissionssituation seit ca. 15 Jahren gleich geblieben ist (Abb. 11). Wenn man bedenkt, daß der Energieverbrauch in Wien in dieser Zeit deutlich angestiegen ist und sich z. B. auch in der Zunahme des Wärmeinseleffektes niederschlägt (Abb. 12), so zeigt dies, daß zumindest ein Teil der Energie auf sauberere Weise gewonnen wird als zuvor. Gemessen an dem Trend abnehmender Belastungen anderer Städte, bleibt jedoch genügend Spielraum für weitere Maßnahmen.

Neben der Sparsamkeit in allen Bereichen und dem Kampf gegen die Vergeudung von Energie gibt es eine Reihe von Strategien zur Luftreinhaltung bzw. zur Verbesserung der Luftqualität:

Standortwahl — in einem gebirgigen Land wie Österreich kommt der Standortwahl besondere Bedeutung zu. In Tälern und Becken sollten vor allem Industrien angesiedelt werden, die die Luft nur gering belasten. Aber auch innerhalb eines Tales bzw. eines Beckens gibt es besser und schlechter durchlüftete Bereiche, Gebiete die näher oder weiter weg von besonders zu schützenden Objekten liegen.

Emissionsminderung — Emissionsminderungen können durch die Wahl geeigneter Technologien, durch die Bevorzugung schadstoffarmer Brennstoffe oder durch Abgasreinigung erzielt werden.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Schornsteinhöhenbestimmung — die Schornsteinhöhe als einzige Strategie gegen zu hohe Immissionen ist heute überholt. Dennoch kann nach Berücksichtigung aller Möglichkeiten der Emissionsminderung und der Standortwahl mittels einer geeigneten Schornsteinhöhe eine günstigere Verteilung der Restschadstoffe erreicht werden, auf die man nicht verzichten sollte.

Immissionsschutzpläne — „Alarmpläne" sollen dazu dienen, rechtzeitig auf Ausnahmesituationen aufmerksam zu machen und geeignete Maßnahmen einzuleiten. Sie können sowohl im Einflußbereich einzelner Großemittenten als auch in Ballungszentren oder meteorologisch ungünstigen Gebieten sinnvoll zur Anwendung kommen. Sie sollten jedoch nicht als Ersatz für präventive Maßnahmen bzw. Sanierungsmaßnahmen angesehen werden.

Alle diese Strategien sind bekannt und erprobt. An Möglichkeiten zur Verbesserung der Luftqualität mangelt es folglich nicht.

In einem kanadischen Film über den „sauren Regen" (Environment Canada, 1982) heißt es: „Es wurde keine Gebrauchsanweisung mit der Erde mitgeliefert. Der Mensch lernt nur durch Versuch und Irrtum". Die Luftverunreinigung ist zweifellos einer der Irrtümer. Die Mittel zur Korrektur kennen wir. Wir müßten sie nur einsetzen!

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Literaturverzeichnis

Böhm, R. (1983): Die aktuelle Entwicklung der urbanen Wärmeinsel in Wien: Zeichnet sich eine Trendwende ab? Annalen der Meteorologie (neue Folge) Nr. 20, 22 - 23.

Chalupa, K. (1975): SO_2-Immissionskonzentration in Wien - Hohe Warte, in Abhängigkeit von der Höhe der Inversionen. Wetter und Leben **27,** 23 - 25.

Chalupa, K. (1980): Ergebnisse der Registrierung der Immission von Stickoxiden, Ozon und Schwefeldioxid in Wien - Hohe Warte, 1979. Arbeiten aus der ZAfMuG., Publ.Nr. 241, Heft 42.

Chalupa, K. (1984): Persönl. Mitteilung. Publikation in Vorbereitung.

Junge, C. (1978): Die CO_2-Zunahme und ihre mögliche Klimaauswirkung. Promet **8,** Heft 2/3, 21 - 31.

Kolb, H. (1978): Luftqualitätskriterien, Schwellenwerte, Maximalimmissionskonzentrationen und Normen. Wetter und Leben, **30,** 230 - 238.

Kolb, H. (1982): Zur Äquivalenz der von der ÖAW, Kommission Reinhaltung der Luft, empfohlenen normativen SO_2-Grenzwerte im städtischen Bereich. Sitz.ber. der ÖAW, math.-naturwiss.Kl., Ab. II, 190 Bd., 8. - 10. Heft, Wien.

Kolb, H., und G. Kaindl (1979): Immissionsverhältnisse. In.: Stadtentwicklungsplan für Wien — Natürliche Lebensgrundlagen. Mag. d. Stadt Wien (MA 18).

Löffler, H. (1980): Umweltschutz und Luftreinhaltung. Der Aufbau **10,** 34. Jhg., 314 - 320.

Österr. Akademie der Wissenschaften (1975): SO_2 in der Atmosphäre. Luftqualitätskriterien SO_2. Hrsg.: BMfGuUmweltschutz, Wien.

Pechinger, U. (1980): Fallstudien über die Änderung der Immissionskonzentrationen während einzelner Calmenperioden am Beispiel des Beckens von Aichfeld-Murboden (Stmk.). Wetter und Leben **32,** 231 - 239.

Struwe, W. (1981): Umweltsituation: Luft. ÖBIG, Wien.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wippermann, F. (1971): Die „Scales" als ein erstes Ordnungsprinzip für alle Turbulenzvorgänge in der Atmosphäre. Promet **1/2,** 16 - 20.

Anschrift des Verfassers:
Univ. Doz. Dr. Helga Kolb,
Institut für Meteorologie und
Geophysik der Universität Wien,
1190 Wien, Hohe Warte 38.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: 124_125

Autor(en)/Author(s): Kolb Helga [Kromp-Kolb]

Artikel/Article: Anthropogene Veränderung der Luftqualität. 81-107