Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 76 (1985)

Heft: 3

Artikel: Elektrizität im Dienste der Luftreinhaltung

Autor: Hess, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904554

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Elektrizität im Dienste der Luftreinhaltung

W. Hess

Der Aufsatz gibt einen Überblick über die Begriffe und Mechanismen der Luftverschmutzung. Er zeigt, dass diese hauptsächlich auf eigene Immissionsquellen zurückzuführen ist. Der Elektrizität wird zugestanden, dass sie, maximale Sparsamkeit vorausgesetzt, einen Beitrag zum Umweltschutz leistet.

Aperçu des notions et mécanismes de la pollution de l'air, qui est due principalement à nos propres sources d'immission. L'auteur concède que l'électricité contribue à la protection de l'environnement, à condition qu'elle soit économisée au maximum.

Adresse des Autors

W. Hess, Ing. SIA, Präsident der Schweizerischen Vereinigung für Gesundheitstechnik (SVG), Postfach 8035, Zürich.

1. Allgemeines

Lufthygieneprobleme gibt es schon lange. Sie steigerten sich allerdings mit der Zunahme der industriellen Produktion und in letzter Zeit durch die zunehmende Motorisierung. Die Quellen der Luftverunreinigung sind bekannt. Sie lassen sich in drei Gruppen einteilen: Hausfeuerungen, Industrie und Gewerbe, motorisierter Verkehr. Es ist erschreckend feststellen zu müssen, wie sehr die Öffentlichkeit desorientiert wird. Vermehrt äussern sich Verbände, Branchen, aber auch Politiker mit recht konfusen Darstellungen. Hemmungslos werden Unwahrheiten in die Welt gesetzt und recht oft wiederholt, in der Annahme, dass sie dann doch geglaubt werden. Es soll daher versucht werden, anhand von Fakten die komplexe Materie der Luftverschmutzung darzulegen.

2. Grundbegriffe aus der Lufthygiene

Die Figur 1 erklärt einige Grundbegriffe. Der Ausstoss von Schadstoffen durch eine Quelle wird als Emission, der Transport, die Verdünnung und die Umwandlung der Schadstoffe als Transmission und schliesslich die Einwirkungen der Schadstoffe auf den Menschen, die Pflanzen, die Tiere, den Boden und die Materialien als Immission bezeichnet. Die meteorologischen Komponenten, wie Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur, wirken sich ebenfalls auf die Luftverschmutzung aus. Ungünstig sind Schwachwinde oder Windstille. Einen Spezialfall, die sogenannte Inversion, zeigt die Figur 2. Die spezifisch schwerere, kältere Luft lagert in der Talsohle und verhindert einen Luftaustausch. Dadurch reichern sich die Schadstoffe an, und durch Sonneneinwirkung entsteht Smog.

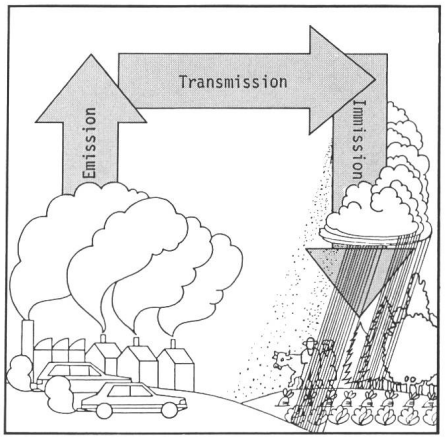


Fig. 1 Begriffe

Emission	Schadstoffausstoss einer Quelle
Transmission	Transport, Verdünnung und Umwandlung der Schadstoffe
Immission	Einwirken der Schadstoffe auf Empfänger wie Menschen, Tiere, Pflanzen und Boden

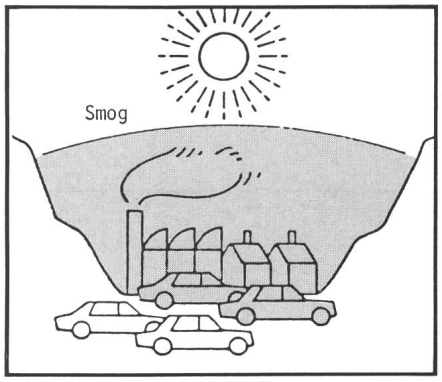


Fig. 2 Ausbreitung der Luftschadstoffe
Austauscharme Lagen

Die verschiedenen Luftschadstoffe haben auf die Umgebung ganz verschiedenartige Auswirkungen und müssen begrenzt werden. Der Fachmann unterscheidet zwei Grenzwerte für jeden Stoff, den Lang- und den Kurzzeitwert (Tab. I). Die Schweiz kennt bis jetzt erst zwei solche Grenz-

Immissionsgrenzwerte Tabelle I

Schadstoff	Langzeitwert			Kurzzeitwert		
	CH	BRD	USA	CH	BRD	USA
Kohlenmonoxid (mg/m³)	-	10	10	-	30	40
Schwefeldioxid (µg/m³)	60	140/60*)	80	300	400	360
Stickstoffdioxid (µg/m³)	50	80	100	300	300	-
Schwebestaub (µg/m³)	-	150	75	-	300	260
Blei (µg/m³)	-	2	-	-	-	-
Cadmium (µg/m³)	-	0,04	-	-	-	-

*) für Gebiete, in denen der aktuelle Schwefeldioxidpegel unter 60 µg/m³ liegt, gilt der tiefere Langzeitwert.

Langzeitwert: Jahresmittel aller ½-h-Werte bzw. 24-h-Werte (Schwebestaub, Blei).
Kurzzeitwert: 95%-Wert der Summenhäufigkeitsverteilung aller ½-h-bzw. 24-h-Werte.

CH: Empfehlungen des Bundesamtes für Umweltschutz (1979/80).
BRD: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (1978).
USA: National Air Quality Standards (1971).

Informationsschrift «Luftreinhaltung im Kanton Zürich», 1983

werte; das neue Umweltschutzgesetz wird weitere festlegen. In der in die Vernehmlassung geschickten Luftreinhalteverordnung sind bereits recht viele Angaben über höchstzulässige Schadstoffmengen enthalten. Wichtig ist nun zu wissen, dass das Umweltschutzgesetz die Behörden zum Handeln verpflichtet, sobald die Grenzwerte überschritten werden.

3. Lastpakete

Massgebende Grössen für Luftschadstoffe sind Konzentration und Menge. Für einen industriellen Prozess oder einen Verbrennungsvorgang kann die Schadstoffmenge pro Kilogramm verarbeiteten Materials oder pro Kilogramm des verbrannten Stoffes relativ einfach ermittelt werden. Ein Beispiel zeigt die Figur 3, wo die durchschnittliche Schadstoffmenge, die ein Personenwagen beim Verbrennen von einem Liter Benzin produziert, angegeben ist. Die Figur 4 illustriert, welche Verbrennungsabgase aus einem Kilogramm Heizöl erzeugt werden. Anhand dieser Kenntnisse können recht genaue Lastpakete und daraus sogenannte Emissionskataster berechnet werden. Es lassen sich auch die jährlich emittierten Mengen von Schadstoffen berechnen, wie dies in Figur 5 für die verschiedenen Energieträger in bezug auf die Stadt Zürich getan worden ist. Die Darstellung zeigt, dass der Löwenanteil des Schwefeldioxides aus den Heizungen stammt, wogegen Kohlenmonoxid, nitrose Gase und Kohlenwasserstoffe mehrheitlich vom motorisierten Verkehr herrühren.

Fig. 4 Schadstoffausstoss einer Ölheizung
Durchschnittliche Schadstoffmengen, die bei der Verbrennung von 1 kg Heizöl extra leicht entstehen.

Der Ausstoss der Schadstoffe ist von der Art der emittierenden Anlage abhängig. So ergibt beispielsweise ein Kubikmeter Erdgas, verbrannt in einem Kochherd, nicht dieselbe Menge von Stickoxiden, wie wenn ein Kubikmeter Erdgas in einem Kraftwerk verbrannt wird. Die Lufthygieniker haben hierfür einen speziellen Begriff, den *Emissionsfaktor,* geschaffen. Dieser Kennwert beschreibt das durchschnittliche Emissionsverhalten einer Anlagenart. Der Emissionsfaktor gibt also beispielsweise an, welche Menge Stickoxide eine Gasfeuerung im Durchschnitt pro Einheit der Inputenergie ausstösst. Aus Fig. 6 ist ersichtlich, dass dieselbe Gasmenge bei der Verbrennung in einem Kraftwerk nahezu viermal soviel Stickoxide wie in Haushaltapparaten produziert.

4. Herkunft der Schadstoffe

Verschiedene Emittenten weisen immer wieder darauf hin, dass auch die Natur Schadstoffe produziert oder

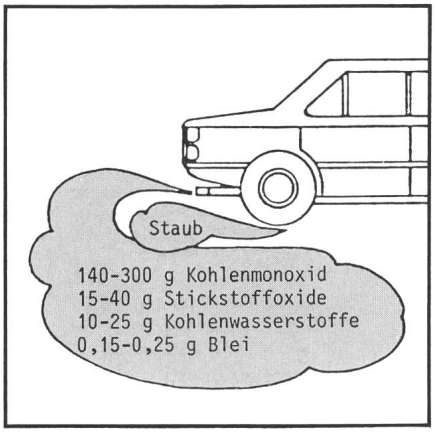
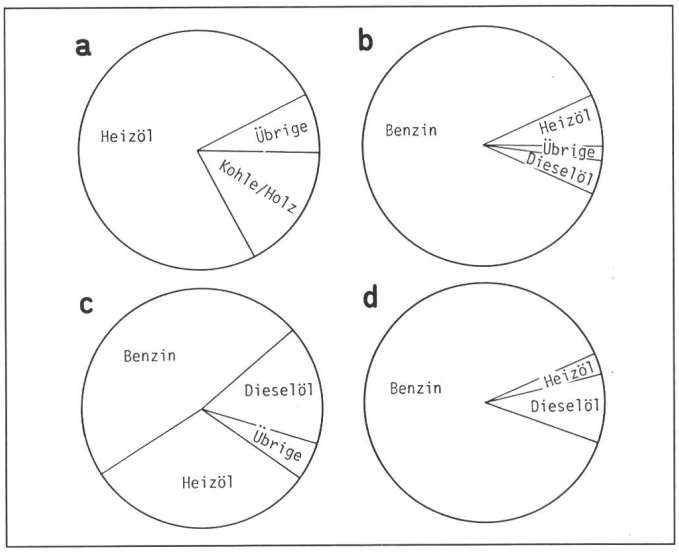


Fig. 3 Schadstoffausstoss eines Personenwagens
Durchschnittliche Schadstoffmengen, die ein Personenwagen bei der Verbrennung von 1 l Benzin produziert (1981)

Fig. 5
Emissionen aus Verbrauch von Energieträgern in der Stadt Zürich (1974)
a Schwefeldioxid 5900 t/Jahr
b Kohlenmonoxid 28 000 t/Jahr
c Nitrose Gase 4600 t/Jahr
d Kohlenwasserstoffe 2700 t/Jahr



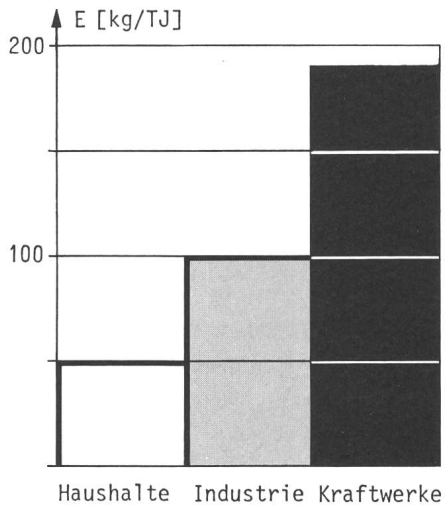


Fig. 6 Stickstoffoxidemission bei verschiedenen Anlagenarten
E Emission

dass diese aus dem Ausland in die Schweiz verfrachtet würden. So schreibt beispielsweise der Touring Club der Schweiz in seinem Massnahmenkatalog zur Verminderung der Luftbelastung, dass 90% der Stickoxide aus natürlichen Quellen stammen. Es ist dies zwar barer Unsinn, aber viele Leute glauben dem TCS; damit wird das schlechte Gewissen des Automobilisten beruhigt. Trotzdem ist das Auto der Hauptemittent verschiedener Schadstoffe. In der Tabelle II sind die natürlichen den anthropogenen Stickoxidemissionen gegenübergestellt. Als anthropogene Quellen sind die Verbrennung fossiler Brenn- und Treibstoffe bei der Energieerzeugung, für Prozesswärme und Verkehr sowie Waldrodung, Buschfeuer und Stickstoffdüngung in der Landwirtschaft zu nennen. Natürliche Quellen von Stickoxiden in der bodennahen Luftschicht sind: mikrobiologische Abbauprozesse im Boden, luftelektrische Entladungen in Gewittern, Waldbrände und zu einem geringen Teil die Diffusion aus der Stratosphäre in die Atmosphäre gemeint. Vergleicht man nun die Tonnagen nach diesen beiden Herkunftsgruppen, so ist unschwer aus der Tabelle II abzulesen, dass lediglich etwa 4% der Stickoxidemissionen aus natürlichen und 96% aus anthropogenen Quellen stammen. Die TCS-Darstellung ist somit eine bewusst oder unbewusst falsche Behauptung.

In der Tabelle III sind die Tonnagen und die Entwicklung des Brenn- und Treibstoffverbrauches in der Schweiz für die Jahre 1973 und 1982 aufgelistet. Aus diesen Verbrauchsziffern lassen sich unschwer die Schadstoffbelastungen berechnen. Die Resultate zeigen sehr deutlich, dass der Grossteil der Schadstoffe, der in der Schweiz gemessen wird, hausgemacht ist. In dichtbebauten Gebieten wird auch eine entsprechend hohe Schadstoffbelastung festgestellt. Nur in speziellen Gebieten wie z.B. auf dem Jungfraujoch lässt sich ein erheblicher Schadstoffimportanteil errechnen. Der Kampf gegen Schadstoffproduktion und Waldschäden muss deshalb im Inland geführt werden.

Auf einen Speziallfall muss noch hingewiesen werden. Es ist die berechtigte Frage, warum unsere Bäume an stark befahrenen Strassen nicht ausserordentlich geschädigt sind. Die Erklärung ist folgende: Bei jeder Verbrennung entstehen neben anderen Reaktionsprodukten Stickoxide (NO, NO_2). NO entsteht über die endotherme Reaktion

$$N_2 + O_2 \rightleftarrows 2NO \qquad (1)$$

Die Menge des gebildeten NO ist abhängig von Temperatur, Verweilzeit in der Flamme, Konzentration und Druck. Pflanzenschädigend wirkt nun neben anderen Schadstoffen vor allem das NO_2. Dieses entsteht bei

Brenn- und Treibstoffverbrauch Tabelle III

Jahr	Produkt	Verbrauch in 1000 t
1973	Heizöl extra leicht	7039
1982	Heizöl extra leicht	5012
1973	Heizöl mittel	298
1982	Heizöl mittel	106
1973	Heizöl schwer	2059
1982	Heizöl schwer	745
1974	Diesel	611
1982	Diesel	785
1973	Benzin	2510
1982	Benzin	2889

- Oxidation durch Luftsauerstoff (Umwandlungsrate klein)
  $2\,NO + O_2 \rightarrow 2\,NO_2$ (2)
- Oxidation durch Ozon (sehr rasche Reaktion)
  $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$ (3)
- Oxidation durch Radikale
  $NO + RO_2 \rightarrow NO_2 + RO$ (4)

Es ist nun wichtig zu wissen, dass diese chemischen Reaktionen eine gewisse Zeit beanspruchen und dass sie in der Transmissionsphase ablaufen. Waldschäden entstehen also nicht unbedingt direkt an der Emissionsstelle der Schadstoffe, sondern oft weiter weg. Dies ist auch die Erklärung für Waldschäden, wie sie beispielsweise am Bachtel im Rheintal oder im schweizerischen Mittelland festgestellt werden.

5. Elektrizität und Umweltschutz

Allen weiteren Überlegungen voran ist die Philosophie des Sparens zu setzen; nichtverbrauchte Energie ist die umweltfreundlichste Energie. Daraus ergeben sich einige ganz klare Forderungen. Bevor über eine Ausweitung der Elektrizitätsanwendung gesprochen werden soll, muss auf allen Ebenen, sei es bei der Heizung, der industriellen Fertigung oder auch im Verkehrswesen, das Sparpotential voll ausgeschöpft werden. Es ist klar, dass die Realisierung von Sparmassnahmen nicht in erster Linie fachliches

NO_x-Emissionen aus natürlichen und durch menschliche Tätigkeiten verursachten Quellen Tabelle II

NO_x-Emissions-Quellen	natürlich	anthropogen
Böden (Denitrifikation)	3 800 t/a	2 300 t/a
Böden (Nitrifikation)	700 t/a	700 t/a
Gewitter (Blitze)	3 000 t/a	-
Haus- und Industriefeuerungen	-	30 000 t/a
Verkehr	-	150 000 t/a
Total der NO_x-Emissionen	7 500 t/a	183 000 t/a

Umweltschutz in der Schweiz, BUS-Bulletin 3/84

Wissen und Können, sondern psychologisches Einfühlungsvermögen und Überzeugungskraft erfordert.

Tariffragen sind zwar nicht Sache des Lufthygienikers, aber er darf auch doch fragen, weshalb z..B. in Amerika und in den nordischen Ländern ein anderes Tarifgefüge als in der Schweiz besteht. In diesen Ländern wird oft der Sparer gegenüber dem Massenverbraucher tariflich bevorzugt. Eine Analyse der ausländischen Modelle bezüglich ihrer Anwendung in der Schweiz dürfte sich lohnen.

Sehr wichtig ist die Tatsache, dass die Produktion von Elektrizität mit Hilfe von Öl, Kohle oder auch Gas gewaltige Umweltschutzprobleme schafft. Erfreulicherweise ist dies ins Bewusstsein gedrungen. Man hat allerdings finanziell recht aufwendige Verfahren zur Rauchgasreinigung entwikkelt. Man ist heute in der Lage, das Stickoxidproblem zu lösen. Jahrelang haben aber diese Kraftwerke gewaltige Mengen von Schadstoffen produziert, was sich, wie am Beispiel der Tschechoslowakei ersichtlich, verheerend für die Wälder ausgewirkt hat.

Eine grosse lufthygienische Tat könnte die Elektrowirtschaft vollbringen, wenn es ihr gelingen würde, die dieselölbetriebenen Autobusse im öffentlichen Verkehr durch Trolley- oder Girobusse zu ersetzen. Es ist in diesem Zusammenhang wichtig zu wissen, dass die Dieselfahrzeuge, welche lediglich 10% des gesamten Autobestandes ausmachen, für rund 35% der vom Verkehr produzierten Stickoxide verantwortlich sind.

Eine echte Umweltschutzleistung stellt die Elektrowärmepumpe dar. Ihr Potential ist zweifellos noch recht wenig ausgeschöpft. Alle in der Stadt Zürich installierten und sich im Bau befindlichen Wärmepumpen (gas- und elektrisch betrieben) erzeugen eine Wärmeleistung von $3{,}42 \cdot 10^6$ kcal/h. Bei einer jährlichen Betriebsstundenzahl von 1500 ergibt dies eine Energie von 5,9 GWh. Bezogen auf den Endenergieverbrauch der Stadt von 4500 GWh beträgt der Anteil lediglich 0,13%. Bei allem Interesse für die Wärmepumpe, und dies sei mit aller Deutlichkeit festgehalten, erwarten die Lufthygieniker bei der Planung und Ausführung von Heizanlagen mit Elektrowärmepumpen eine wesentlich seriösere Arbeit als bisher.

6. Schlussbemerkung

Als Fazit der vorhergehenden Überlegungen kann festgehalten werden, dass die Elektrizität in sehr vielen Bereichen einen echten Umweltschutzbeitrag darstellt. Es kommt aber sehr darauf an, wie man sie einsetzt. Vieles ist zu verbessern, eine Reihe von interessanten Ansätzen ist zu beobachten. Die Anwendung von Elektrizität ist nicht grundsätzlich umweltfreundlich; eine differenziertere Betrachtungsweise ist hier nötig. Es ist zu hoffen, dass Technik und Wissenschaft die Herausforderung des Umweltschutzes annehmen.