

Umweltschutz-Luftverunreinigungen : eine Standortbestimmung und Bewertung der vorgesehenen gesetzlichen Massnahmen und ihre Auswirkungen auf die Mineralölindustrie

Autor(en): **Heimgartner, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure**

Band (Jahr): **51 (1985)**

Heft 120

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-209176>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Umweltschutz-Luftverunreinigungen

Eine Standortbestimmung und Bewertung der vorgesehenen gesetzlichen Massnahmen und ihre Auswirkungen auf die Mineralölindustrie

mit 2 Tabellen

VON DR. R. HEIMGARTNER¹⁾

Abstract

The increasing damages found in certain forests in Switzerland and other European countries has led to the introduction or proposition of legislative measures aiming at the reduction of the air pollution.

This article describes the evolution, present state and origin of the main air pollutants and discusses the foreseen legislative measures and their impact on the Swiss Petroleum Industry.

Zusammenfassung

Die zunehmenden Schäden an gewissen Wäldern in der Schweiz und in andern europäischen Ländern hat zur Einführung von gesetzlichen Massnahmen geführt, die zur Verringerung der Luftverschmutzung dienen sollen.

Dieser Artikel beschreibt die Entwicklung, den gegenwärtigen Stand und die Ursachen der hauptsächlichsten Luftschadstoffe. Die vorgesehenen rechtlichen Massnahmen und ihr Einfluss auf die schweizerische Petroleum-Industrie werden diskutiert.

1. Einführung

Nachdem die im Rahmen des Gewässerschutzes im Mineralölbereich eingeleiteten Sanierungsarbeiten in der Phase des Abschlusses stehen und dieses Problem weitgehend unter Kontrolle ist, hat sich, mit den in den letzten Jahren sich zusehend mehrenden Waldschäden, die Luftverunreinigung zum aktuellsten Problem entwickelt und ist damit in den Brennpunkt des öffentlichen Interesses und der Politik gekommen. Die Bewältigung des Problems der Waldschäden, einerseits durch eine Reduktion der Luftverunreinigung, andererseits durch forstwirtschaftliche Massnahmen, ist zu einer ersten Priorität geworden. Diese Massnahmen sind kostenintensiv und als nicht produktive Leistungen inflationsfördernd und beeinflussen dadurch die Konkurrenzfähigkeit der schweizerischen Industrie. Es ist daher von grösster Wichtigkeit, dass gezielt Massnahmen mit hohem Wirkeffekt getroffen werden, welche zudem im Rahmen eines gesamt-europäischen Konzeptes liegen. Die Schweiz ist keine Wirtschaftsinsel und ist auch in Bezug auf Luftverunreinigungen, welche durch Luftverfrachtungen grenzüberschreitend sind, abhängig von den Verhältnissen in den Nachbarländern.

¹⁾ DR. R. HEIMGARTNER, Dipl. Ing. Chem. ETH, Chef-Technologe, Raffinerie de Cressier, 2072 St. Blaise

2. Luftverunreinigung und Mineralölbranche

Neben der Schadstoffbelastung durch Kehrlichtverbrennungsanlagen und industrielle Abgase, ist der Vertrieb und Verbrauch von Erdölprodukten eine der Hauptursachen für die Luftverunreinigung. Sowohl in Bezug auf die qualitative wie quantitative Entwicklung des Schadstoffausstosses als auch auf die zu treffenden Massnahmen, handelt es sich um zwei grundsätzlich unterschiedliche Gebiete, nämlich den Strassenverkehr und die Wärmeerzeugung.

2. 1. *Strassenverkehr*

Bei den Emissionen aus dem Strassenverkehr handelt es sich vor allem um Stickoxyde (NO_x), Kohlenmonoxyd, Kohlenwasserstoffe und Russpartikel. Während der Dispersion und Verfrachtung dieser primären Schadstoffe finden unter Einwirkung der Sonnenstrahlung chemische Umwandlungen statt, welche konzentrationsabhängig zu sekundären Schadstoffen führen wie Stickstoffdioxyd (NO₂), Ozon und Photooxydantien. Nach dem heutigen Stand des Wissens sind vor allem diese Sekundärprodukte direkt oder in Form von sauren, nassen und trockenen Depositionen waldschädigend. Diese Umwandlungsprozesse erfolgen relativ rasch und die Schadwirkung findet je nach meteorologischen Bedingungen in einem Bereich bis einige Dutzend Kilometer vom Emissionspunkt statt.

Die Emissionen der Primärschadstoffe aus dem schweizerischen Strassenverkehr zeigten in den letzten 30 Jahren in Analogie zum Verkehr einen starken Zuwachs, welcher für Stickoxyde zu einem Jahresausstoss in 1982 von 170 000 Tonnen führte, neun mal höher als in 1950. Der Kohlenwasserstoffausstoss hat sich verzehnfacht und erreichte in 1982 über 200 000 Tonnen. Die Emissions-Situation ist praktisch gleich in unsern Nachbarländern die eine gleichartige Entwicklung der Motorisierung erlebt haben.

2. 2. *Wärmeerzeugung*

Bei der Erzeugung von Wärme entstehen als Primäremissionen Schwefeldioxyd, Russ und Staubpartikel und in vermindertem Mass Stickoxyde. Im Gegensatz zur Umwandlung von Stickoxyd geschieht diejenige von Schwefeldioxyd zu Trioxyd (SO₂ → SO₃) in der Atmosphäre viel langsamer und das saure, nasse und trockene Depositionen bildende SO₃ wirkt als Schadstoff viel grossräumiger, d. h. in Bereichen die mehrere hundert Kilometer vom Emissionspunkt entfernt liegen können. Dadurch gewinnt das grenzüberschreitende Element wesentlich an Bedeutung.

Die Entwicklung der Jahresemissionen von SO₂ in der Schweiz ist grundlegend verschieden von den Strassenverkehrsemissionen (siehe Tabelle 1). Nach einem Anstieg von 50 000 Tonnen in 1950 auf 130 000 Tonnen am Anfang der siebziger Jahre, sind sie seither stark rückläufig und haben in 1983 mit 70 000 Tonnen einen Wert erreicht der unter dem von 1955 liegt. Dies ist vor allem das Resultat des rückläufigen Verbrauchs und der Reduktion des Schwefelgehalts der Brennstoffe. Für die Stickoxyde aus der Wärmeerzeugung liegen die Verhältnisse etwas weniger günstig, jedoch ist ihr Anteil am Gesamtjahresausstoss weniger als 20%.

Die SO₂ Emissionsverhältnisse in unseren Nachbarländern sind stark abweichend von der Schweiz, bedingt durch die grossen strukturellen Unterschiede im Wärmeverbrauch in der Industrie und für die Elektrizitätserzeugung.

Die Emission pro Einwohner ist 3 – 4 mal höher als in der Schweiz und die grossen Unterschiede in der Verbrauchsstruktur lassen sich durch den Vergleich mit Deutschland illustrieren:

SO₂ Jahresemissionen nach Verbrauchsgruppen (1982 in 1000 Tonnen)

| | Deutschland | Schweiz |
|----------------------------|-------------|---------|
| Total | 3000 | 74 |
| Kraftwerke/Fernheizungen | 1863 | 36 |
| Industrie | 755 | |
| Haushalte/Kleinverbraucher | 280 | 33 |
| Verkehr | 102 | 5 |

Aufgrund dieser stark unterschiedlichen Emissionsverhältnisse liegt für grenzüberschreitende Schadstoffe auch die Bilanz für die Schweiz sehr ungünstig und Modellrechnungen haben gezeigt, dass bis zu 80 % der sauren Schwefeldepositionen in der Schweiz aus unseren Nachbarländern abkünftig sind (siehe Tabelle 2).

3. Massnahmen zur Reduktion der Luftschadstoffe

Analog zu den grundsätzlich verschiedenen Emissionsverhältnissen im Strassenverkehr und der Wärmeerzeugung wurde auch von gesetzgeberischer Seite unterschieden, indem einerseits Abgasvorschriften für Motorfahrzeuge erlassen wurden, andererseits eine Luftreinhaltevorschrift (LRV) für stationäre Anlagen zur Diskussion steht.

3. 1. Bereich Strassenverkehr

Die bis 1984 erlassenen Abgasvorschriften für Motorfahrzeuge hatten eher einen stabilisierenden als sanierenden Effekt auf die Gesamtemissionen. Zum Teil resultierte die Reduktion einer Schadstoffkomponente in der Erhöhung einer andern oder in einer Erhöhung des Benzinverbrauches. Die einzige im Moment zur Verfügung stehende Methode zur radikalen Reduktion aller Schadstoffemissionen ist die Dreiwegkatalysatortechnik, die schon seit Jahren in USA und Japan zum Einsatz kommt. Damit wird gegenüber den 82er Vorschriften eine bis zehnfache Reduktion des Schadstoffausstosses erreichbar, womit die Gesamtemissionen nach dem Ersatz des Fahrzeugparkes innert etwa 10 Jahren wieder auf den Stand der fünfziger Jahre zurückgebracht werden könnten.

Die Einführung von Katalysatoren bedingt jedoch die Verwendung von bleifreiem Benzin, da die verwendeten Edelmetallkatalysatoren durch Blei unwirksam werden.

Die Voraussetzungen zur Einführung dieser Technik wurde durch Bundesratsbeschlüsse geschaffen, wonach ab 1985 nur noch unverbleites Normalbenzin importiert werden darf und Katalysatorfahrzeuge, die den amerikanischen Abgasnormen entsprechen und für unverbleites Normalbenzin ausgelegt sind, ohne Zusatzprüfungen zum Verkehr zugelassen werden.

Die Mineralölindustrie in der Schweiz ist daran, mit einem wesentlichen finanziellen Aufwand Tankstellen umzurüsten. Unverbleites Normalbenzin ist schon in einem dichten Netz verfügbar. Eine analoge Entwicklung findet in Deutschland und Österreich statt.

Die Gestehungskosten in den Raffinerien für unverbleites Benzin sind höher, da zum Erreichen einer gleichen Klopfestigkeit (Oktanzahl) ein höherer Energieverbrauch notwendig ist und gleichzeitig eine tiefere Ausbeute erzielt wird. Diese Nachteile verstärken sich zusehends mit erhöhter Oktanzahl und unverbleites Superbenzin könnte nur in beschränk-

tem Mass in speziell ausgerüsteten Raffinerien hergestellt werden. Der Verkaufspreis für das unverbleite Normalbenzin liegt zur Zeit ca. 5 Rp/L. höher und übertrifft somit leicht das verbleite Superbenzin.

Neufahrzeuge mit Katalysatoren sind ca. 1500 – 2000 Franken teurer in der Anschaffung, zudem verbrauchen sie ca. 10 % mehr Benzin, da nicht mehr ein mageres, sondern ein stöchiometrisches Benzin-Luftgemisch eingestellt werden muss. Diese Elemente in Zusammenwirkung bilden natürlich eine starke Schranke zur raschen freiwilligen Umstellung auf Katalysatorfahrzeuge, umso mehr als eine nachträgliche Umrüstung eines Fahrzeuges praktisch nicht realisierbar ist oder unverhältnismässig teuer zu stehen kommt.

Für eine wirklich effiziente und beschleunigte Reduktion der Schadstoffemissionen aus Motorfahrzeugen ist es daher notwendig, die Einführung von Katalysatoren durch Zwang oder durch Subventionen zu fördern. Es muss hier nochmals betont werden, dass unverbleites Benzin an sich nur kostenerhöhend wirkt und in Nichtkatalysatorfahrzeugen keinen Nutzeffekt punkto Luftreinhaltung hat. Es sollte daher soweit möglich nur in Katalysatorfahrzeugen eingesetzt werden, um die Belastung der Volkswirtschaft in einem vernünftigen Rahmen zu halten. Die zur Zeit im Parlament diskutierte Benzinzolldifferenzierung sollte, um effizient zu sein so gestaltet werden, dass die erhöhten Anschaffungs- und Betriebskosten der Katalysatorfahrzeuge kompensiert werden. Eine überhöhte Differenzierung, die nur zur Förderung des Verbrauches von unverbleitem Benzin (hauptsächlich in Nichtkatalysatorfahrzeugen) führen würde, hätte bei hohen Kosten einen minimalen Nutzeffekt und müsste als eine reine politische Alibiübung taxiert werden.

3. 2. *Bereich Wärmeerzeugung*

Gestützt auf das Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 erliess im Mai 1984 das Bundesamt für Umweltschutz (BUS) einen Entwurf für eine Luftreinhalte Verordnung (LRV) zur Vernehmlassung. Darin werden Emissionsbegrenzungen für Luftschadstoffe aus stationären Anlagen, Anforderungen an Brenn- und Treibstoffe, sowie Immissionsgrenzwerte (maximale Konzentration von Luftschadstoffen) festgelegt.

Neben allgemeinen Emissionsbegrenzungen und Anforderungen an besondere Anlagen wie industrielle Prozesse, Landwirtschaft und Abfallverbrennung, ist ein Hauptteil der LRV auf Anlagen zur Wärmeerzeugung ausgerichtet.

Trotz der absolut und im Vergleich mit dem Ausland schon sehr günstigen Emissionssituation in Bezug auf wärmeerzeugende Anlagen (siehe 2. 2.) wird im Entwurf der LRV eine unverhältnismässig scharfe Reduktion der Grenzwerte für SO₂ auf die Hälfte der bestehenden Werte vorgeschlagen, was mit einer entsprechenden Reduktion des maximalen Schwefelgehaltes der Brennstoffe gekoppelt ist.

Im Vergleich mit den bisherigen Grenzwerten sowie denjenigen der BRD, welche in dieser Beziehung in der EG bahnbrechend ist, sind diejenigen des LRV Entwurfes wie folgt:

3. 2. 1. *Maximaler Schwefelgehalt der Brennstoffe*

| | Heizöl EL | Heizöl schwer |
|----------------------------|-----------|---------------|
| Schweiz inkl. 1984 | 0.5 % | 2.0 % |
| Schweiz ab 1985 | 0.3 % | 2.0 % |
| BRD | 0.3 % | 1.0 – 2.5 % |
| Schweiz LRV (Entwurf 1984) | 0.15 % | 1.0 % |

Für Heizöl EL ist es technisch möglich durch katalytische Entschwefelung den Grenzwert von 0.15 % einzuhalten. Je nach Rohölqualität müssten dafür aber mehr oder weniger grosse Anlagen gebaut werden mit Investitionen im Bereich von 30 – 50 Mio Franken.

Da über 70 % des schweizerischen Bedarfs an HEL importiert wird, wäre es jedoch sinnvoll, die Senkung des Schwefelgehaltes mit dem Fahrplan unserer Hauptlieferländer zu synchronisieren, wodurch einerseits die Versorgung sichergestellt würde und andererseits Wettbewerbsverzerrungen gegenüber der EG vermieden würden.

Für Heizöl schwer, das als Koppelprodukt bei der Verarbeitung von Rohöl anfällt und ein Rückstandsprodukt ist, liegen die Verhältnisse grundlegend verschieden. Katalytische Entschwefelung für Rückstandsöle ist im Vergleich zur Destillatentschwefelung enorm kapitalintensiv, da ein bis zehnfaches Katalysatorvolumen bei 4-fachen Reaktionsdrücken (+/- 200 bar) notwendig ist und dadurch das Produkt im Vergleich zu Gasöl nicht mehr konkurrenzfähig ist.

Zudem wäre Rückstandsentschwefelung nicht kompatibel mit Konversionsprozessen zur Reduktion des Anteils von Heizöl schwer, wie dies bei der schweizerischen Verbrauchsstruktur notwendig ist. Die Alternative einer vollständigen Eliminierung von Rückstandsöl durch Prozesse wie Verkokung oder «Hydroconversion» erfordert Investitionen in der Grössenordnung von 300 – 500 Mio Franken, was für eine relativ kleine Raffinerie bei der bestehenden Unsicherheit im Erdölmarkt nicht tragbar wäre. Die einzige Möglichkeit für Schweizer Raffinerien die Schwefelspezifikation einzuhalten, liegt in der Verarbeitung von ausschliesslich schwefelarmen Rohölen, was die Auswahl stark einschränken und die Verhandlungsposition bei Preisdiskussionen beeinträchtigen würde.

3. 2. 2. Immissionsgrenzwerte für SO₂

| | Langzeitgrenzwert μ gr/m ³ | Kurzzeitgrenzwert μ gr/m ³ |
|-------------------|--|--|
| BRD (TA Luft 83) | 140 | 400 |
| Schweiz BUS 79/80 | 60 | 300 |
| LRV Entwurf 84 | 30 | 100 |

Die Grenzwerte gemäss BUS 79/80 werden in der Schweiz kaum überschritten. Nach den vom BUS publizierten Messresultaten war dies lediglich in Lugano mit 62 μ gr/m³ der Fall, wobei hier Verfrachtungen aus Oberitalien eine massgebende Rolle gespielt haben dürften.

In allen dicht besiedelten Gebieten wurde jedoch der in der LRV vorgeschlagene Wert von 30 μ gr/m³ überschritten (Zürich 49, Basel 38) wobei diese Werte jedoch deutlich unter dem Ausland liegen.

Die Immissionsgrenzwerte für SO₂, sowie NO₂ beziehen sich zudem nur auf die gasförmige Schadstoffkomponente. Für die auf den Wald als hauptschädigend erkannten sauren, nassen und trockenen Depositionen sind keine Grenzwerte festgelegt und bestehen auch praktisch keine Messergebnisse in Gebieten mit Waldschäden.

3. 2. 3. Emissionsgrenzwerte für SO₂

Die maximal zulässige Konzentration in Abgasen aus Feuerungsanlagen für Heizöl schwer ist in mg SO₂/m³ wie folgt:

| Feuerungsleistung | - 100 MW | 100 – 300 MW | > 300 MW |
|------------------------|----------|--------------|----------|
| Schweiz bisher | 3400 | 3400 | 3400 |
| Raffinerie de Cressier | | 1500 | |
| Schweiz LRV 84 | 1700 | 400 | 400 |
| BRD 1983 | | | |
| Altanlagen – 1993 | 2500 | 2500 | 2500/400 |
| Neuanlagen | 1700 | 1700 | 400 |

Der in der LRV festgelegte Wert von 1700 SO₂/m³ entspricht einem Schwefelgehalt von max. 1 %, während der Grenzwert von 400 mg/m³ für Anlagen über 100 MW praktisch auf die Auflage einer Rauchgasentschwefelung herauskommt. Die Installation derartiger Anlagen ist in thermischen Kraftwerken mit Feuerungsleistungen von normal über 1000 MW technisch erprobt und bei den sehr hohen Totalemissionen angezeigt, um so mehr als eine Kosten-erhöhung auf den Konsumenten übertragen oder durch Einsatz billiger Kohle kompensiert werden kann. Eine effiziente Reduktion des SO₂ Ausstosses der Gross-Emittenten in Europa wird z. B. in der BRD mit der Grossfeuerungsverordnung 83 angestrebt, wo eine Reduktion der gesamten SO₂ Emission von 3,0 Mio Tonnen in 1982 auf 1,4 Mio Tonnen in 1993 erreicht werden soll, durch graduelle Ausrüstung von Kraft und Fernheizwerken über 300 MW mit Rauchgasentschwefelungsanlagen. Für kleinere Verbraucher sowie Raffinerien in der Kategorie unter 300 MW wäre jedoch die Belastung durch solche Anlagen unverhältnismässig hoch und würde die Heizmittelkosten bis zu 30 % erhöhen.

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

4. 1. Luftschadstoffe aus dem Motorfahrzeugverkehr

Die Primär- und Sekundär-Schadstoffe haben sich in den letzten 30 Jahren rund zehnfach erhöht. Die einzige wirksame Massnahme zur Reduktion dieses Anteils der Luftverunreinigung ist zur Zeit die Einführung der Dreiwegkatalysatortechnik welche unverbleites Benzin erfordert. Um diese Massnahme effizient zu machen ohne zu grosse Belastung der Volkswirtschaft, müssen gezielt die Katalysatorfahrzeuge gefördert werden und unverbleites Benzin soweit möglich nur in so ausgerüsteten Fahrzeugen eingesetzt werden.

4. 2. Luftschadstoffe aus dem Bereich Wärmeerzeugung

4. 2. 1. Die Gesamtemission von SO₂ ist in der Schweiz schon tief und liegt auf dem Niveau der fünfziger Jahre. Eine Reduktion des Schwefelgehaltes für Heizöl extra leicht sollte in Koordination mit unseren Hauptlieferländern geschehen. Für Heizöl schwer wäre eine gewisse Reduktion beziehungsweise Segregation in eine tiefer schweflige Qualität möglich, welche für Belastungsgebiete vorzusehen wäre.

Eine unverhältnismässige Reduktion wie der LRV Entwurf vorsieht, würde neben dem sehr zweifelhaften Wirkeffekt auf die Sanierung der Wälder zu einer starken Belastung der Exportindustrie führen, und die Existenz der schweizerischen Raffinerieindustrie in Frage

stellen. Unsere Konkurrenzfähigkeit mit ausländischen Raffinerien würde vor allem dadurch beeinträchtigt, dass diese nur einen geringen Teil ihres Ausstosses den Schweizernormen anpassen müsste und dadurch entstehende Nachteile in der Rohölauswahl durch den Rest ihrer Fabrikation kompensieren könnte.

4. 2. 2. *Der Immissionsgrenzwert* für SO₂ in der LRV ist unrealistisch tief. Das Ansetzen von solch tiefen Grenzwerten wird zu unerwartet weiten vom BUS definierten Belastungsgebieten führen. Neben der daraus resultierenden erhöhten Luftverunreinigungspsychose, welche ineffizienten politischen Feuerwehrlösungen förderlich ist, führt dies vor allem zu einer Aufblähung des Beamtenapparates und einem unverhältnismässig grossen Messaufwand für die Kantone.

Eine weitere Reduktion der schon tiefen bestehenden Immissionsgrenzwerte ist daher nicht angebracht und lufthygienisch auch nicht erforderlich. Das Hauptgewicht sollte auf eine Ausbreitung des Messnetzes in Gebieten mit erhöhter Gefährdung der Wälder unter Einbezug von Sekundärschadstoffen gelegt werden. Dies würde neben der Überwachung der Immissionsituation gestatten, an einer koordinierten Ursachenforschung im Rahmen der EEC Forschungsprogramme teilzunehmen und dadurch, anstelle isolierter Maximalforderungen, einen effizienten Massnahmenkatalog zum Schutz der Wälder zu erarbeiten.

4. 2. 3. Bei der schon tiefen Gesamtemission von SO₂ sollten die Emissionsgrenzwerte gekoppelt mit dem Schwefelgehalt der Brennstoffe so festgesetzt werden, dass die Konkurrenzfähigkeit der Inlandraffinerien nicht abnormal beeinträchtigt und dadurch in Frage gestellt wird. Die Vergangenheit hat gezeigt, dass bei lokalen und weltweiten Versorgungskrisen Rohöle wesentlich einfacher zu beschaffen waren als Fertigprodukte, für die von einzelnen Ländern oft gar Exportverbote verhängt wurden. Eine gesunde Raffinationsindustrie im Inland ist somit für die Sicherheit der Versorgung von Bedeutung.

Tabelle 1

Entwicklung der Schwefeldioxid-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger

| Jahr | Verbrauch (1000 t) | mittlerer Schwefel- gehalt (% Gew.) | SO ₂ -Emis- sionen (1000 t) | Jahr | Verbrauch (1000 t) | mittlerer Schwefel gehalt (% Gew.) | SO ₂ -Emis- sionen (1000 t) |
|---------------------|-----------------------|--|--|-----------------------------------|-----------------------|---|--|
| Heizöl Extra Leicht | | | | Heizöl Mittel | | | |
| 1955 | 817 | 0,74 | 12,1 | 1955 (im Heizöl Schwer enthalten) | | | |
| 1960 | 1575 | 0,61 | 19,2 | 1960 | 292 | 2,30 | 13,4 |
| 1965 | 3614 | 0,59 | 42,6 | 1965 | 384 | 2,03 | 15,6 |
| 1970 | 5836 | 0,37 | 43,2 | 1970 | 381 | 2,0 | 15,2 |
| 1971 | 6205 | 0,38 | 47,2 | 1971 | 345 | 1,9 | 13,1 |
| 1972 | 6250 | 0,35 | 43,8 | 1972 | 298 | 1,8 | 10,7 |
| 1973 | 7039 | 0,38 | 53,5 | 1973 | 294 | 1,8 | 10,6 |
| 1974 | 6076 | 0,37 | 45,0 | 1974 | 221 | 1,8 | 8,0 |
| 1975 | 6224 | 0,34 | 42,3 | 1975 | 173 | 1,9 | 6,6 |
| 1976 | 6410 | 0,36 | 46,2 | 1976 | 172 | 1,8 | 6,2 |
| 1977 | 6098 | 0,367 | 44,8 | 1977 | 175 | 1,87 | 6,6 |
| 1978 | 6669 | 0,361 | 48,2 | 1978 | 164 | 1,71 | 5,6 |
| 1979 | 6198 | 0,375 | 46,5 | 1979 | 182 | 1,69 | 6,2 |
| 1980 | 6378 | 0,384 | 49,0 | 1980 | 147 | 1,74 | 5,1 |
| 1981 | 5837 | 0,342 | 39,9 | 1981 | 128 | 1,84 | 4,7 |
| 1982 | 5482 | 0,301 | 33,0 | 1982 | 106 | 1,84 | 3,9 |
| 1983 | 5634 | 0,29 | 32,7 | 1983 | 98 | 1,35 | 2,6 |

| Jahr | Verbrauch (1000 t) | mittlerer Schwefel- gehalt (% Gew.) | SO ₂ -Emis- sionen (1000 t) | Jahr | Verbrauch (1000 t) | mittlerer Schwefel- gehalt (% Gew.) | SO ₂ -Emis- sionen (1000 t) |
|---------------|-----------------------|--|--|-------|-----------------------|--|--|
| Heizöl Schwer | | | | Kohle | | | |
| 1955 | 335 | 2,45 | 16,4 | 1955 | 2985 | 0,8 | 46,3 |
| 1960 | 399 | 2,9 | 23,1 | 1960 | 2638 | 0,8 | 42,2 |
| 1965 | 1143 | 1,85 | 42,3 | 1965 | 1820 | 0,8 | 29,1 |
| 1970 | 1836 | 1,3 | 47,7 | 1970 | 932 | 0,8 | 14,9 |
| 1971 | 1965 | 1,2 | 47,2 | 1971 | 629 | 0,8 | 10,1 |
| 1972 | 2059 | 1,3 | 53,6 | 1972 | 533 | 0,8 | 8,6 |
| 1973 | 2178 | 1,3 | 56,6 | 1973 | 506 | 0,8 | 8,1 |
| 1974 | 1929 | 1,6 | 61,7 | 1974 | 434 | 0,8 | 7,0 |
| 1975 | 1464 | 1,7 | 49,8 | 1975 | 327 | 0,8 | 5,2 |
| 1976 | 1427 | 1,7 | 48,5 | 1976 | 295 | 0,8 | 4,7 |
| 1977 | 1517 | 1,85 | 56,1 | 1977 | 360 | 0,8 | 5,8 |
| 1978 | 1438 | 1,81 | 52,0 | 1978 | 308 | 0,8 | 4,9 |
| 1979 | 1304 | 1,82 | 47,5 | 1979 | 329 | 0,8 | 5,3 |
| 1980 | 1125 | 1,85 | 41,6 | 1980 | 475 | 0,8 | 7,6 |
| 1981 | 724 | 1,89 | 27,4 | 1981 | 692 | 0,8 | 11,1 |
| 1982 | 622 | 1,62 | 20,2 | 1982 | 743 | 0,8 | 11,9 |
| 1983 | 672 | 1,41 | 19,0 | 1983 | ca. 700 | 0,8 | 11,2 |

| Jahr | SO ₂ -Emis- sionen (1000 t) |
|-------|--|
| Total | |
| 1955 | 74,8 |
| 1960 | 98,0 |
| 1965 | 129,7 |
| 1970 | 121,0 |
| 1971 | 117,6 |
| 1972 | 116,7 |
| 1973 | 128,8 |
| 1974 | 121,7 |
| 1975 | 103,9 |
| 1976 | 105,6 |
| 1977 | 113,3 |
| 1978 | 110,7 |
| 1979 | 105,5 |
| 1980 | 103,3 |
| 1981 | 83,1 |
| 1982 | 69,0 |
| 1983 | 65,5 |

Quellen:

1955/60/65 Eidg. Kommission für Lufthygiene,
Gesamtenergie-Statistik

1970–1982 Bundesamt für Umweltschutz

1983 vorläufige Berechnungen

Tabelle 2

Schwefel – Emission (Stand: 1978) und anthropogene jährliche Schwefeldeposition
(Zeitraum: Oktober 1978 bis September 1980) – nach EMEP-Modellrechnung*)

| Land | Fläche (1000 km ²) | Emission in in Kilotonnen (kt S) | Emission in Gramm pro m ² und Jahr $\frac{\text{g S}}{\text{m}^2 \text{a}}$ | Gesamt- deposition in Kilo- tonnen pro Jahr ktS/a | Depo- sition in Gramm pro m ² und Jahr $\frac{\text{g S}}{\text{m}^2 \text{a}}$ | Eigen- depo- sition v. H. | Fremd- depo- sition v. H. | Vorbe- lastung durch Nieder- schläge v. H. | Bevöl- kerung in Mio. Ein- wohner | Emission in kg pro Einwohner |
|------------------|--------------------------------------|---|---|--|---|------------------------------------|------------------------------------|---|---|------------------------------------|
| Albanien **) | 28,7 | 50 | 1,7 | 80,4 | 2,8 | 15 | 67 | 18 | 2,5 | -- |
| Belgien | 30,5 | 380 (404) | 12,3 (13,3) | 193,2 | 6,4 | 41 | 53 | 6 | 9,8 | 39 (41) |
| Bulgarien | 110,9 | 500 | 4,5 | 415,2 | 3,7 | 45 | 47 | 8 | 8,7 | 57 |
| DDR | 108,2 | 2000 | 18,5 | 933,6 | 8,6 | 65 | 32 | 3 | 16,9 | 118 |
| BR Deutschland | 249,6 | 1815 | 7,3 | 1389,6 | 5,5 | 48 | 45 | 7 | 61,8 | 29 |
| Dänemark | 43,1 | 228 | 5,3 | 130,8 | 3,0 | 36 | 54 | 10 | 5,1 | 45 |
| Finnland | 337,1 | 270 | 0,8 | 351,6 | 1,1 | 26 | 55 | 19 | 4,7 | 57 |
| Frankreich | 544,0 | 1800 | 3,3 | 1454,4 | 2,6 | 52 | 34 | 14 | 52,6 | 34 |
| Griechenland | 132,0 | 352 | 2,7 | 279,6 | 2,2 | 37 | 51 | 12 | 9,1 | 39 |
| Grossbritannien | 244,0 | 2560 | 10,5 | 1016,4 | 4,2 | 79 | 12 | 9 | 56,0 | 44 |
| Irland | 68,9 | 87 | 1,3 | 78,0 | 1,1 | 28 | 32 | 40 | 3,1 | 28 |
| Island | 60,7 | 6 | 0,1 | 28,8 | 0,5 | 0 | 25 | 75 | 0,22 | 27 |
| Italien | 301,2 | 2200 | 7,3 | 1358,4 | 4,5 | 70 | 22 | 8 | 55,8 | 39 |
| Jugoslawien | 255,8 | 1475 | 5,8 | 1311,6 | 5,2 | 51 | 41 | 8 | 21,3 | 69 |
| Luxemburg | 2,8 | 24 | 9,2 | 13,2 | 5,0 | 27 | 73 | 0 | 0,36 | 67 |
| Niederlande | 41,0 | 240 | 5,9 | 207,6 | 5,0 | 23 | 71 | 6 | 13,7 | 18 |
| Norwegen | 323,9 | 75 | 0,2 | 306,0 | 1,0 | 8 | 63 | 29 | 4,0 | 19 |
| Österreich | 83,9 | 215 | 2,6 | 409,2 | 4,9 | 15 | 76 | 9 | 7,5 | 29 |
| Polen | 312,7 | 1500 (2150) | 4,8 (6,9) | 1596,0 | 5,1 | 42 | 52 | 6 | 34,0 | 44 (63) |
| Portugal | 76,7 | 84 | 1,1 | 87,6 | 1,2 | 27 | 33 | 40 | 8,8 | 10 |
| Rumänien **) | 237,5 | 1000 (100) | 4,2 (0,4) | 956,4 | 4,1 | 36 | 56 | 8 | 21,2 | -- |
| Spanien **) | 500,0 | 1000 | 2,0 | 699,6 | 1,4 | 63 | 18 | 19 | 35,5 | -- |
| Schweden | 450,0 | 275 | 0,6 | 566,4 | 1,2 | 18 | 58 | 24 | 8,1 | 34 |
| Schweiz | 41,3 | 58 | 1,4 | 169,2 | 4,1 | 10 | 78 | 12 | 6,4 | 9 |
| Tschechoslowakei | 127,9 | 1500 | 11,7 | 1561,2 | 12,2 | 37 | 56 | 7 | 14,6 | 103 |
| Türkei **) ***) | 460,8 | 500 | 1,1 | 499,2 | 1,1 | 42 | 39 | 19 | -- | -- |
| UdSSR **) ***) | 3363,4 | 8100 | 2,4 | 8281,2 | 2,5 | 53 | 32 | 15 | -- | -- |
| Ungarn | 93,0 | 750 | 8,1 | 560,4 | 6,0 | 42 | 54 | 4 | 10,5 | 71 |

*) Quelle: EMEP/MSC-W Report 1/1981

**) Angaben sind Grobabschätzungen

***) Im Rechenmodell wurde nur ein Teil des Landes berücksichtigt.

Für Belgien, Polen und Rumänien gelten ab 1. Januar 1980 die in Klammer gesetzten Emissionsdaten. Zu beachten ist, dass nicht die Emissionsmenge von Schwefeldioxid (SO₂), sondern die Schwefelmengen angegeben sind. 1 t Schwefel entspricht 2 t Schwefeldioxid. Die Schwefelemissionsdaten beziehen sich auf 1978 und teilweise früher; sie haben nur eine mittelmässige Genauigkeit; für einige Länder mit guten regionalen statistischen Daten liegt die Fehlergenauigkeit bei 15%; für viele Länder sind dagegen nur nationale Jahresmittel verfügbar, so dass regionale Emissionsdaten daraus mit erheblichen Unsicherheiten belastet sind.