

Entwicklung der SO₂- und NO₂-Immissionen in Baden-Württemberg seit 1965

Katharina Edelmann, Bs. C., Dr. Dieter Ahrens, Prof. Dr. Helmut Mayer



Katharina Edelmann, Bs. C.
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.

Die vorliegende Auswertung beruht auf Messungen der Schwefeldioxid (SO₂) und Stickstoffdioxid (NO₂) Immission im Zeitraum von über 40 Jahren durch die Landesanstalt für Umweltschutz, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) und deren Vorgängerorganisationen. Zusammenfassungen und Analysen solcher langen Reihen stellen eine wichtige Informationsquelle für die Entwicklung der Luftqualität und für den Erfolg von Luftreinhaltemaßnahmen dar.

Ab den 1980iger Jahren sind die Immissionsdaten fast vollständig in einer elektronischen Datenbank verfügbar. In den Jahren zuvor liegen nur lückenhafte Daten für eine geringe Anzahl an Stationen in unterschiedlicher schriftlicher Form vor. Ziel der Bearbeitung war es auch, die Daten aus den schriftlichen Berichten der frühen Messkampagnen zu sichern. Die höchstmögliche Auflösung der schriftlich vorliegenden Daten sind Monatsmittelwerte und die 24 Stunden-Maximalwerte eines Monats. Anhand dieser Daten wurden weitgehend konsistente Reihen für die fünf Standorte Freiburg, Heilbronn, Karlsruhe, Mannheim und Stuttgart erzeugt, aus welchen mittels statistischer Auswertung Trends analysiert und aufgezeigt werden können.



Dr. Dieter Ahrens
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Karlsruhe

1. Einleitung

Verfügbare Zeitreihen luftchemischer Parameter sind relativ kurz, meist weniger als 50 Jahre, verglichen mit Reihen der Lufttemperatur oder Pegelständen, die oft mehr als 200 Jahre zurück reichen. Trotzdem sind Messreihen der Luftverunreinigung in den allerwenigsten Fällen als homogen zu bezeichnen, Änderungen an den Messgeräten, der Probenahmeart und dem Messort sind der Regelfall. Ungeachtet dieser methodischen Mängel stellen Zusammenfassungen und Analysen solcher Reihen eine unverzichtbare Informationsquelle für die Entwicklung der Luftqualität und für den Erfolg von Luftreinhaltemaßnahmen dar.

Die vorliegende Auswertung beruht auf Messungen der Landesanstalt für Umweltschutz, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) und deren Vorgängerorganisationen seit 1964. Das Luftmessnetz in Baden-Württemberg hat in seiner Entwicklung häufige Veränderungen erfahren, nicht nur bezüglich der Anzahl der Stationen und gemessenen Komponenten, sondern auch der Messorte und lokalen Standorte. Aber auch bei gleichen Standorten hat sich das Umfeld häufig in seiner Struktur stark verändert. Heute besteht zur Überwachung der Luftqualität ein landesweites Messnetz entsprechend den gesetzlichen Vorgaben und messtechnischen Richtlinien. Gemessen werden die Konzentrationen verschiedener Schadgase und meteorolo-

gische Parameter. Damit werden laufend Kenntnisse über die Immission der Luftschadstoffe in städtischen und ländlichen Gebieten gewonnen. Durch Vergleiche mit vorgegebenen Grenz- und Zielwerten kann der immer noch bestehende Handlungsbedarf für die Luftreinhaltepolitik aufgezeigt und der Erfolg bereits eingeleiteter Luftreinhaltemaßnahmen überprüft werden.

In diesem Artikel werden die Komponenten Schwefeldioxid (SO₂) und Stickstoffdioxid (NO₂) seit Beginn der Messungen vor etwa 40 Jahren untersucht. Ab den 1980iger Jahren sind die aus den Messungen gewonnenen Immissions-Konzentrations-Daten fast vollständig in einer elektronischen Datenbank verfügbar. In den Jahren zuvor liegen lückenhafte Daten für eine geringe Anzahl an Stationen in unterschiedlicher schriftlicher Form vor.

Ziel der Bearbeitung war es die Daten aus den schriftlichen Berichten der frühen Messkampagnen zu sichern. Die höchstmögliche Auflösung der schriftlich vorliegenden Daten sind Monatsmittelwerte und die 24 Stunden-Maximalwerte eines Monats. Anhand dieser Daten wurden weitgehend konsistente Reihen der Schadstoffe Schwefeldioxid (SO₂) und Stickstoffdioxid (NO₂) für die fünf Standorte Freiburg, Heilbronn, Karlsruhe, Mannheim und Stuttgart erzeugt. Aus den Zeitreihen können mittels statistischer Auswertung Trends analysiert und aufgezeigt werden.

2. Entwicklung der Luftreinhaltung

2.1 Gesetze und Verordnungen

Die im Jahr 1964 in Kraft getretene „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft“ (TA Luft) gilt als erste, ausdrücklich der Luftreinhaltung geltende Vorschrift in der Bundesrepublik Deutschland. Diese TA Luft, welche für genehmigungspflichtige Anlagen und deren Immissionen galt, sollte dazu beitragen, für Schutz vor hohen Immissionsbelastungen im Einflussbereich von Anlagen zu sorgen. Mit der TA Luft 1964 wurden auch erstmals Messungen der Immissionsbelastung gefordert. Von den gasförmigen Schadstoffen wurde SO₂ als die wichtigste Substanz angesehen und erhielt den Status einer Leitkomponente. Es entstand eine Diskussion über effektiven Immissionsschutz auch bei weitergehendem Anstieg der Emissionen, aus welcher heraus das „Gesetz über Vorsorgemaßnahmen zur Luftreinhaltung“ von 1965 entstand [Jost 2007]. Damals beschränkte sich die Luftreinhaltung weitgehend auf die Vermeidung gesundheitlicher Schäden im direkten Einflussbereich von emittierenden Anlagen.

In den 70er Jahren trat zwar eine Minderung oder Stagnation der Immissionsbelastung von SO₂ ein, jedoch weniger von emissionsmindernden Maßnahmen an großen Emittenten, als vielmehr einer Folge von Umstellungen der Kleinf Feuerungsanlagen auf weniger schwefelhaltige Brennstoffe d. h. von Koks und Steinkohle auf Erdöl, Gas oder Fernwärme. Die TA Luft wurde im Jahr 1974 nach den neuesten Erkenntnissen der Wissenschaft aktualisiert und in das 1974 erlassene Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) eingebettet. Zweck dieses Gesetzes ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen [BImSchG, 2002].



Prof. Dr. Helmut Mayer
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.

Ende der 70er Jahre wurden die Schäden durch Luftverunreinigungen, insbesondere Waldschäden, immer deutlicher und konnten wissenschaftlich belegt werden. Es folgte daraus die erste „Smog-Verordnung“ von 1977. Eine deutliche Abnahme der Gesamtemissionen erreichte jedoch erst die Einführung der Verordnung über Großfeuerungsanlagen 1980 [13. BImSchV, 1980].

In der europäischen Rechtsprechung geben seit 1996 die EU-Richtlinien Grenzwerte zum Immissionschutz vor. Die Richtlinie 1999/30/EG vom 22. April 1999 regelt grundsätzlich die Messung, Auswertung und Bewertung durch Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft, welche in der 22. BImSchV von 2002 in deutsches Recht umgesetzt wurde. Aufgrund dieser skizzierten Entwicklung existieren für SO₂ die längsten Messreihen. In dieser Arbeit wird über die Ergebnisse solcher Messungen in Baden-Württemberg seit mehr als 40 Jahren berichtet. Vor etwa 30 Jahren wurde NO₂ als weiterer Massenschadstoff mit erheblichen Umweltauswirkungen erkannt und erlangte zusätzliche Bedeutung, weshalb seit dieser Zeit Messreihen existieren, welche ebenfalls dargestellt werden.

2.2 Charakteristika der Schadgase

Schwefeloxide

Schwefelverbindungen entstehen überwiegend bei der Verbrennung schwefelhaltiger, fossiler Brennstoffe in Kohlenkraftwerken, Haushalts- und Gewerbeheizungen mit Kohle und Öl. Die wichtigste Verbindung ist dabei Schwefeldioxid (SO₂). Die SO₂-Emissionen sind direkt abhängig vom Schwefelgehalt des Stoffes. Bei vollständiger Verbrennung des in den Energieträgern enthaltenen Schwefels entsteht SO₂ durch Oxidation mit Luftsauerstoff. SO₂ ist ein farbloses, stechend riechendes Gas; es kann in der Luft ab ca. 0,6–1 mg/m³ an seinem Geruch wahrgenommen werden [Baumbach, 1993].

Die Folgen von SO₂-Immissionen als dem „ältesten“ Luftschadstoff auf die menschliche Gesundheit und die ökologischen Wirkungen sind seit Jahrzehnten untersucht worden und zählen zu den am besten bekannten Wirkungsketten. Hier wird nur auf die wichtigsten Aspekte hingewiesen.

Die Wirkung von SO₂ auf den Menschen verursacht eine Reizung der Lunge. Während der Smog-Episoden in den 50er-Jahren in London und später in Deutschland bis 1989 wurden diese Auswirkungen deutlich. In der Atmosphäre wird SO₂ zu Sulfat und Schwefelsäure umgewandelt und gelangt über die nasse Deposition als „Saurer Regen“ in Gewässer und Böden und trägt zu deren Versauerung bei.

Stickstoffoxide

Stickstoffoxide, abgekürzt auch Stickoxide NO_x genannt, entstehen ganz überwiegend bei Verbrennungsprozessen mit hohen Temperaturen aus dem atmosphärischen Stickstoff, in der Reaktion N₂ + O₂, [Möller, 2003].

Die Quellen der Stickstoffoxid-Emissionen finden sich im Verkehr durch Kraftfahrzeuge, in Kohle-, Erdöl- und Erdgaskraftwerken, und in Stahlwerken. Durch natürliche Prozesse, wie Blitze, Waldbrände und bio-

logischen Prozesse im Erdboden gelangen ebenfalls Stickoxide in die Atmosphäre. Gebildet wird primär Stickstoffmonoxid (NO). Das giftigere Stickstoffdioxid wird erst im Anschluss an die Verbrennung bei ausreichend vorhandenem Sauerstoff in den Abgasen und in der Atmosphäre gebildet. Die Abgase enthalten im allgemeinen bis zu 95 % NO und 5 % NO₂. Die Umwandlungsrate von NO zu NO₂ in der Atmosphäre hängt von Sonnenstand, Bewölkung und Tageszeit und vom Ozonangebot ab und beträgt zwischen einigen Minuten bis zu mehrere Stunden. Bei Verkehrsemissionen können in großen Stadtgebieten längere Umwandlungszeiten, besonders im Winter, wegen O₃-Mangel entstehen. Stickstoffoxide sind Ausgangsstoffe für zahlreiche weitere atmosphärenchemische Prozesse wie die Entstehung sekundärer Aerosole und die Bildung von Fotooxidantien. Da sich letztendlich alles NO in NO₂ umwandelt sind die Grenzwerte für NO₂ angegeben.

2.3 Entwicklungen von Grenz- und Richtwerten

Eine Definition des Begriffes Grenzwert erfolgte nach der „Richtlinie 1999/30/EG“: „Im Sinne dieser Richtlinie bezeichnet der Ausdruck „Grenzwert“ einen Wert, der aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem Ziel festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhüten oder zu verringern, und der innerhalb eines bestimmten Zeitraums erreicht werden muss und danach nicht überschritten werden darf.“ [EG 1999].

In der Vergangenheit waren die Definitionen der Grenzwerte, auch durch die auf Anlagen bezogenen Mess- und Auswertevorschriften der TA Luft, nicht immer kongruent mit dieser Definition. Auf Details hierzu kann in dieser Arbeit nicht vertieft eingegangen werden. Erst durch die 22. BImSchV wurde überhaupt eine allgemein gültige Grenzwertsetzung für Luftschadstoffe, unabhängig vom Begriff der „Anlage“, in deutsches Recht übernommen. (Siehe hierzu auch die Tab. 1–3.)

Beginn des Geltungszeitraumes	IW ₁	IW ₂	Einheit	Gesetz/Verordnung
1973	400	750	µg/m ³	TA Luft 1964, GMBI S. 433
1974	140	500	µg/m ³	TA Luft 1974, GMBI S. 426
1978	140	400	µg/m ³	TA Luft 1974, GMBI S. 426
1984	140	400	µg/m ³	TA Luft 1983, GMBI S. 94
1993	140	400	µg/m ³	TA Luft 1986, GMBI S. 95
	Jahr	24 h	1 h	
2002	50	125 ¹	350 ¹	µg/m ³ TA Luft 2002, GMBI S. 511

IW₁ = Langzeitgrenzwert; IW₂ = Kurzzeitgrenzwert (ein ½-h-Wert innerhalb von 2 h) (GMBI 1964, 1974, 1983, 1986, 2002)
¹ Zulässige Überschreitungen wie 22. BImSchV (Tab. 3)

Tabelle 1:
Entwicklung der Immissionsgrenzwerte für SO₂

Beginn des Geltungszeitraumes	IW ₁	IW ₂	Einheit	Gesetz/Verordnung
1974	1000	2000	µg/m ³	TA Luft GMBI S. 426
1986	80	200	µg/m ³	TA Luft 1986, GMBI S. 95
	Jahr	1 h		
2002	40	200 ¹	µg/m ³	TA Luft 2002, GMBI S. 511

¹ Zulässige Überschreitungen wie 22. BImSchV (Tab. 3)

Tabelle 2:
Entwicklung der Immissionsgrenzwerte für NO₂