

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

**SCHWEFELOXIDE IN DER  
ATMOSPHERE**

**LUFTQUALITÄTSKRITERIEN SO<sub>2</sub>**

HERAUSGEGEBEN VOM BUNDESMINISTERIUM  
FÜR GESUNDHEIT UND UMWELTSCHUTZ

Wien 1975

## I. EINLEITUNG

Unter den zivilisatorisch bedingten Luftverunreinigungen stehen das vorwiegend bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe im Zuge der Energiegewinnung entstehende Schwefeldioxid und seine Folgeprodukte an markanter Stelle. Nahezu weltweit zeigen Immissionsmeßresultate, daß in Industrie- und Wohnballungsgebieten bei austauscharmen Wettersituationen deren Anreicherung in der Atmosphäre stattfindet und daß dabei, eventuell im Zusammenwirken mit anderen luftfremden Stoffen und Luftfeuchtigkeit, erhebliche Schäden für Mensch, Tier und Pflanze sowie (leblose) Materialien auftreten können.

Zur Beurteilung des Ausmaßes der Gefährdung sind Grenzwerte für die noch zulässige Schwefeldioxidkonzentration erforderlich. Solche wirkungsbezogenen Grenzwerte können nur auf Grund der Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen festgelegt werden; sie haben stets vorläufigen Charakter, da sie dem jeweiligen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse angepaßt werden müssen.

Die wirkungsbezogenen Immissions-Grenzkonzentrationen (WIK) bilden die Grundlage für die Erstellung maximaler Immissionskonzentrationen (MIK). Bei deren normativer Festlegung werden neben der Wirkung weitere Momente, wie sozioökonomische, politische u. a. m. zu beachten sein.

Beide Werte werden zunächst für einzelne luftverunreinigende Stoffe festgelegt, obwohl diese mit anderen zusammen auftreten. Wo Kombinationseffekte bereits bekannt sind, und dies ist für Schwefeldioxid und Staub der Fall, werden sie ihren Niederschlag in den festzusetzenden Werten finden müssen. In Österreich gibt es noch keine maximalen Immissionskonzentrations-Werte (MIK-Werte).

Schon bei einer Enquete, welche das Bundesministerium für soziale Verwaltung im Frühjahr 1967 veranstaltete und die sich mit dem Problem der Luftverunreinigung und Luftreinhaltung in Österreich befaßte, wurde angeregt, daß die Kommission für Reinhaltung der Luft der Österreichischen Akademie der Wissenschaften fallweise gesamtösterreichische Kolloquien zu speziellen Fragen der Luftreinhaltung veranstalten sollte. Die erste dieser Konferenzen fand am 24. November 1967 in den Räumen der Akademie statt und beschäftigte sich mit dem speziellen Problem der Messung von Schwefeldioxid in der Atmosphäre. An der Konferenz nahmen alle mit dem Problem der Luftüberwachung in Österreich Befassten, soweit sie das Schwefeldioxid bearbeiteten, teil. Es wurde insbesondere die Problematik der Schwefeldioxidmessung mit verschiedenen automatisch registrierenden Geräten behandelt und die Erfahrungen, welche die verschiedenen Stellen in Österreich mit solchen Geräten bisher gemacht hatten, ausgetauscht. Im Dezember 1970 beschloß die Kommission der Österreichischen Akademie der Wissenschaften für Reinhaltung der Luft, die Ausarbeitung einer Übersicht über den derzeitigen Stand unserer Kenntnisse, betreffend Schwefeldioxid in der Atmosphäre und die auftretenden Gefahren, in die Wege zu leiten. Es sollten verläßliche Unterlagen für zu treffende Abwehrmaßnahmen, insbesondere zur Erstellung von MIK-Werten für SO<sub>2</sub>, bzw. das System SO<sub>2</sub>/Staub, erbracht werden. Auf Anregung von Prof. Schedling wurde eine Arbeitsgruppe „Luftqualitätskriterien für Schwefeloxide“ gebildet, bestehend aus den Kommissionsmitgliedern Prof.: Haider, Kisser, Preining, Schedling, Steinhauser, Wagner, cooptiert Doz. Halbwachs, die sich bereit erklärten, die Bearbeitung der einzelnen Abschnitte zu übernehmen. Zusätzlich konnten jeweils für die einzelnen Abschnitte weitere Fachleute zur Mitarbeit gewonnen werden: Baumann, Hauck, Neuberger, Waniek (nähere Angaben zu allen Autoren im

Autorenverzeichnis).

Im weiteren Verlaufe wurde mit der Arbeitsgruppe „Luft“ des Wissenschaftlichen Beirats für Umwelthygiene im Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz Verbindung aufgenommen. Mitglieder dieses Beirates, und zwar: Univ.-Prof. DDr. J. Benger, Vorstand der II. Lehrkanzel für Hygiene der Universität Innsbruck Senatsrat Dr. J. Frenzel, Leiter der Stadtklimastelle Linz des Magistrates Linz Univ.-Prof. Dr. J. Möse, Vorstand des Hygiene-Institut der Universität Graz erklärten sich freundlicherweise bereit, an Beratungen teilzunehmen und die wertvollen Erfahrungen und Daten aus ihren Arbeitsbereichen zur Verfügung zu stellen.

Unsere Arbeitsgruppe hielt im ganzen bis 28. 2. 1974 zwölf Sitzungen (etwa halbtägig) im Institut für medizinische Physik (Prof. Schedling) ab. Zuerst mußte das Programm erstellt und die Arbeitsgebiete abgegrenzt werden. Dann handelte es sich um Festlegung der Begriffe und Definitionen, Vermeidung von Wiederholungen und andererseits Ausfüllung von Lücken; gegenseitige Kritik und womöglich Einigung in der Beurteilung der Resultate; letzten Endes aber sind die Autoren für die von ihnen gezeichneten Abschnitte verantwortlich. Bezüglich der Zusammenfassung und der in Abschnitt 12 gegebenen Empfehlungen besteht Übereinstimmung aller Mitglieder der Arbeitsgruppen.

Es ist klar, daß in allen Abschnitten nicht nur österreichische Ergebnisse, sondern auch weitgehend ausländische Arbeiten herangezogen werden mußten. Von Vollständigkeit kann dabei keine Rede sein; andererseits aber sollten doch die gegebenen Unterlagen für allenfalls einschneidende gesetzliche Maßnahmen keine zu schmale Basis sein.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, allen Beteiligten Dank zu sagen, daß sie sich die Zeit und Mühe genommen haben für diesen, wie wir hoffen, nützlichen Beitrag für eine gesunde Umwelt; und dies trotz der heute so großen beruflichen Belastung der Wissenschaftler. Es war oft schwierig, Termine für die gemeinsamen Sitzungen zu finden. Da gebührt Herrn Prof. Schedling, außer seinem wissenschaftlichen Beitrag, auch als Organisator ein spezieller Dank. Dem Bundesministerium für soziale Verwaltung wird für einen Spesenzuschuß in der Höhe von S 10.000.- gedankt.

## II. INHALTSVERZEICHNIS

I. Einleitung (G. Stetter) .....	3
II. Inhaltsverzeichnis .....	7
III. Autorenverzeichnis .....	9
IV. Glossarium .....	11
Abschnitt 1: Luftverunreinigende Stoffe, Emissionen, Immissionen, Luftqualitätskriterien, wirkungsbezogene Immissions-Grenzkonzentration (J. Schedling) ...	3
Abschnitt 2: Physikalisch-chemische Eigenschaften und Reaktionen der Schwefeloxide in der Atmosphäre (G. Wagner) .....	15
Abschnitt 3: Schwefeloxide in der Atmosphäre, Herkunft und Meßmethoden; Verfahren zur Ermittlung der Staubkonzentration (J. Schedling und J. Waniek) .....	23
Abschnitt 4: Einfluß meteorologischer Faktoren auf die Verbreitung von Schwefeldioxid (F. Steinhäuser) .....	31
Abschnitt 5: Konzentration von Schwefeldioxid und Staub in der Atmosphäre (J. Schedling und H. Hauck) .....	36
Abschnitt 6: Wirkung der Schwefeloxide in der Atmosphäre auf Materialien (O. Preining) .....	54
Abschnitt 7: Wirkung von Schwefeloxiden in der Atmosphäre auf die Vegetation (J. Kisser und G. Halbwachs) .....	59
Abschnitt 8: Toxikologische Wirkungen auf Mensch und Tier (M. Haider und M. Neuberger) .....	76
Abschnitt 9: Im Experiment ermittelte Kombinationswirkungen Schwefeldioxid/ Staub auf Mensch und Tier (M. Haider und M. Neuberger) ..	86
Abschnitt 10: Epidemiologische Studien über Schwefeloxide (M. Haider und M. Neuberger) .....	90
Abschnitt 11: Normen und Vorschläge für Grenzwerte in verschiedenen Staaten und durch die Weltgesundheitsorganisation (J. Schedling und R. Baumann) .....	100
Abschnitt 12: Zusammenfassung, Schlußfolgerungen, Empfehlungen (gemeinsam)	113

### III. AUTORENVERZEICHNIS

em. Univ.-Prof. Dr. G. S t e t t e r  
Obmann der Akademiekommission für Reinhaltung der Luft  
I. Physikalisches Institut der Universität Wien  
1090 Wien, Strudelhofgasse 4

Univ.-Prof. DDr. M. H a i d e r  
Vorstand des Instituts für Umwelthygiene der Universität Wien  
1090 Wien, Kinderspitalgasse 15

em. Hochschul-Prof. Dr. Dr. h. c. J. K i s s e r  
Hochschule für Bodenkultur  
1180 Wien, Gregor-Mendel-Straße 33

Univ.-Prof. Dr. O. P r e i n i n g  
I. Physikalisches Institut der Universität Wien  
1090 Wien, Strudelhofgasse 4

Univ.-Prof. Dr. J. S c h e d l i n g  
Vorstand des Instituts für medizinische Physik der Universität Wien  
1090 Wien, Währinger Straße 13

Univ.-Prof. Dr. F. S t e i n h a u s e r  
Direktor der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
1190 Wien, Hohe Warte 38

Hochschul-Prof. Dr. G. W a g n e r  
Leiter der Abteilung für technische Gasanalyse am Institut für  
Analytische Chemie und Mikrochemie der Technischen Hochschule Wien  
1060 Wien, Getreidemarkt 9

Doz. Dr. G. H a l b w a c h s  
Botanisches Institut der Hochschule für Bodenkultur  
1180 Wien, Gregor-Mendel-Straße 33

OKoär. Dr. Ruth B a u m a n n  
Abteilung für Lufthygiene an der BBSUA Wien  
1090 Wien, Währinger Straße 25 a

Univ.-Ass. Dr. H. H a u c k  
Institut für medizinische Physik der Universität Wien  
1090 Wien, Währinger Straße 13

Univ.-Ass. Dr. M. N e u b e r g e r  
Institut für Umwelthygiene der Universität Wien  
1090 Wien, Kinderspitalgasse 15

WOR. Dr. Johanna W a n i e k  
Institut für medizinische Physik der Universität Wien  
1090 Wien, Währinger Straße 13

## 12. Zusammenfassung, Schlußfolgerungen, Empfehlungen

### 12.1. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen aus den Abschnitten 6 bis 10

Schwefeldioxid ist eine Substanz, deren schädigende Wirkung sich nicht nur auf die menschliche Gesundheit und Materialien erstreckt, sondern auch gravierende Einflüsse auf Wachstum und Gedeihen bestimmter Pflanzen hat. Geht man von der Zielvorstellung eines weitgehenden Schutzes des Menschen einschließlich seiner natürlichen Umgebung aus, so wird man nach derzeitigem Wissen den nahezu risikolosen Grenzwert von  $0,05 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$  als Halbstundenmittelwert zumindest für die Vegetationsperiode empfehlen müssen. Geht man andererseits von einem gewissen Risiko für eine relativ kleine Bevölkerungsgruppe bestimmter Altersklassen und durchschnittlich gutem Gesundheitszustand aus, so wird für eine in der Regel achtstündige Einwirkung jedoch bei Einhaltung einer Wochenarbeitszeit bis zu 45 Stunden der MAK-Wert (1) von  $13 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$  noch als zulässig angesehen. Innerhalb dieser großen Spanne der Werte lassen sich aus den Ergebnissen der Abschnitte 6 bis 10 je nach Schutzobjekt folgende wirkungsbezogene Aussagen zusammenfassen:

#### 12.1.1. Material

Im Gegensatz zur Wirkung auf Lebewesen läßt sich bei jener auf Materialien, da es keinen Regenerationsmechanismus gibt, keine wirkungsbezogene Immissionsgrenzkonzentration angeben. Es ist anzunehmen, daß im unteren Bereich der Konzentrationen bei sonst gleichbleibenden Bedingungen die Wirkungen und damit die Schäden proportional der in einer Region emittierten Gesamtmenge sind. Für die Festlegung von zulässigen Grenzkonzentrationen wäre daher die Höhe der Schäden der geeignete Anhaltspunkt. Es gibt wohl Versuche die Schäden zu schätzen, siehe Abschnitt 6 Tabelle 3; die Ergebnisse solcher Schätzungen wurden jedoch bisher nicht bei der Festlegung von Immissionsgrenzkonzentrationen verwendet.

#### 12.1.2. Pflanze

Wie aus zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen eindeutig hervorgeht, sind Pflanzen im Gegensatz zu anderen Organismen durch eine besondere Empfindlichkeit gegenüber  $\text{SO}_2$  ausgezeichnet. Dazu kommt noch, daß die einzelnen Pflanzenarten auf gleiche Immissionskonzentrationen unterschiedlich reagieren. Wirkungsbezogene Immissionsgrenzkonzentrationen müssen sich daher an den empfindlichen Pflanzenarten orientieren. Auch eine nur kurzfristige Überschreitung dieser Werte kann an bestimmten Pflanzen Schädigungen auslösen. Daraus ergibt sich, daß den Angaben von Jahres- oder Monatsmittelwerten keinerlei Aussagewert hinsichtlich einer Pflanzengefährdung zukommt, da Spitzenwerte in diesen langfristigen Mittelwerten nicht zum Ausdruck kommen, für das Schädigungsausmaß aber von entscheidender Bedeutung sind. Dies geht mit aller Klarheit aus der folgenden Tabelle 1 hervor (2), die sich auf eine besonders  $\text{SO}_2$ -empfindliche Pflanzenart, nämlich die Fichte, bezieht.

Obwohl die durchschnittlichen  $\text{SO}_2$ -Konzentrationen in  $\text{mg}/\text{m}^3$  z.B. bei a) bzw. b) während der Wintermonate 0,11 bzw. 0,06 und während der Sommermonate 0,06 bzw. 0,03 betragen, erfolgte im erstgenannten Fall ein Absterben ganzer Bestände aller Altersklassen bei gleichzeitiger weitgehender Entnadelung, und im zweiten Fall traten mit starkem Nadelverlust verbundene starke Schädigungen mit Absterben einzelner Bäume und kleinerer Baumgruppen in exponierten Lagen auf. Dabei wurden Überschreitungen der Tagesmittelwerte von  $0,05 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$  im ersten Fall in 57% und im zweiten Fall in 36% registriert. Aber auch wenn diese Überschreitung wie in c) nur 13% betrug, waren noch Verluste älterer Nadeljahrgänge festzu-

stellen.

Tabelle 1

Gesundheitszustand der Bestände	durchschnittliche SO <sub>2</sub> -Konzentration mg/m <sup>3</sup> Luft		Überschreitungshäufigkeit der TMW 0,05 in % (gerundet)		
	Wintermonate	Sommermonate	0,05	0,1	0,2
a) Schwere Schädigung: Absterben ganzer Bestände aller Altersklassen, weitgehende Entnadelung	0,11	0,06	57	27	7
b) Mittelschwere Schädigung: Absterben einzelner Bäume und kleiner Baumgruppen in exponierten Lagen, starker Nadelverlust	0,06	0,03	36	16	3
c) Schwache Schädigung: Schwache Reduktion des Assimilationsapparates durch Verlust älterer Nadeljahrgänge	0,04	0,035	13	4	1

Auf Grund der hier angeführten Werte so wie der im Abschnitt 7 referierten wissenschaftlichen Erfahrungen und Ergebnisse würden sich für die risikolose Sicherheit und Erhaltung der Vegetation unserer Umwelt anzustrebende wirkungsbezogene Immissionsgrenzkonzentrationen, die auch Schädigungen an sehr empfindlichen Pflanzen nahezu ausschließen, folgender Größenordnung ergeben: Halbstundenmittelwert 0,05 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>; Tagesmittelwert 0,03 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.

Für Naturschutzgebiete sowie Kur- und Erholungsräume sind hinsichtlich der Immissionsgrenzkonzentrationen strenge Maßstäbe anzulegen. Da jedoch während der Ruheperiode (Spätherbst- und Wintermonate) die Pflanzen wesentlich weniger empfindlich sind, was zum Teil auch für die sonst sehr empfindlichen wintergrünen Nadelgehölze gilt, ist es vom pflanzenphysiologischen Standpunkt durchaus vertretbar, Grenzwerte einerseits für diese Vegetationsruhe (November bis März) und andererseits für die Vegetationszeit (April bis Oktober) getrennt festzulegen. Ergänzend muß dazu allerdings vermerkt werden, daß bei den wintergrünen Nadelgehölzen an warmen Wintertagen trotzdem eine Gefährdung besteht.

Nach Tabelle 1 werden für Naturschutzgebiete, Kur- und Erholungsräume die in der folgenden Tabelle 2 enthaltenen Tagesmittelwerte vorgeschlagen; die in der gleichen Tabelle angegebenen Halbstundenmittelwerte stützen sich auf die Resultate der in Abschnitt 7 besprochenen Arbeiten. Bei Einhaltung dieser Werte können nur geringfügige Schädigungen an empfindlichen Pflanzenarten eintreten.

Tabelle 2

	April-Oktober	November-März
Halbstundenmittelwert	0,07 mg SO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	0,15 mg SO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
Tagesmittelwert	0,05 mg SO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	0,10 mg SO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>

### 12.1.3. Mensch und Tier

Aus den in den Abschnitten 8 und 9 zusammengestellten Arbeiten ergibt sich, daß der Mensch und eine Reihe von Tierarten auf Schwefeldioxid mit einer Bronchokonstriktion, also mit einer Zusammenziehung der Bronchien und einer damit verbundenen Erhöhung des Atemwegswiderstandes reagieren. Als Akutwirkung bei den meisten gesunden Personen tritt eine solche Erhöhung des Atemwegwiderstandes erst bei ca. 14 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> auf, kann aber bei empfindlichen Personen schon durch 3 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> ausgelöst werden, bei ihnen können 14 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> unter Umständen schon zu schweren Bronchospasmen führen.

Eine konzentrationsabhängige Verstärkung der SO<sub>2</sub>-Wirkung durch feste und flüssige luftfremde Stoffe wurde unter Bedingungen beobachtet, die eine Umwandlung von atmosphärischem SO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> begünstigen. Über Kombinationswirkungen liegen einige tierexperimentelle Arbeiten vor, vor allem aber sprechen die epidemiologischen Untersuchungen für das Vorhandensein kombinierte Effekte.

Um die wirkungsbezogenen Immissionsgrenzkonzentrationen für den Menschen abschätzen zu können, werden in erster Linie epidemiologische Beobachtungen heranzuziehen sein, die gegenüber Laboratoriumsexperimenten den Vorteil besitzen, die jeweilige Gesundheitsstörung bzw. auch langfristige Gesundheitsbeeinträchtigung unmittelbar am Ort ihres Vorkommens und unter den tatsächlich gegebenen Umweltbedingungen zu erfassen. In Tabelle 3 werden aus den im Abschnitt 10 referierten Arbeiten nochmals solche zitiert, bei denen Gesundheitsschäden bzw. Gesundheitsbeeinträchtigungen schon bei relativ geringer SO<sub>2</sub>-Belastung beschrieben wurden und bei denen Zahlenwerte sowohl für SO<sub>2</sub>-Konzentrationen als auch für feste Luftverunreinigungen angegeben sind. Bei Betrachtung dieser Tabelle ist zu beachten, daß bei den einzelnen Studien jeweils Mittelwertbildungen über verschieden lange Zeitperioden vorliegen, die bei der Interpretation entsprechend zu berücksichtigen sind.

Aus den gesamten, referierten Studien ergibt sich, daß für Werte mit Mittelung über längere Perioden, also für Monats-, Halbjahres- und Jahresmittelwerte unter 0,1 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und 0,1 mg Staub/m<sup>3</sup> keine verlässlichen Angaben über gesundheitsschädigende oder gesundheitsbeeinträchtigende Wirkungen auf den Menschen vorliegen. Soweit bei Untersuchungen Tagesmittelwerte angegeben sind, sind sogar unter 0,2 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> bzw. 0,2 mg Staub/m<sup>3</sup> keine zuverlässigen Angaben über gesundheitsschädigende bzw. gesundheitsbeeinträchtigende Wirkungen beim Menschen vorhanden.

Als Folgerung aus diesen toxikologischen und epidemiologischen Untersuchungen bei Mensch und Tier wird als wirkungsbezogene Immissionsgrenzkonzentration für den Menschen ein Tagesmittelwert von 0,2 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und 0,2 mg Staub/m<sup>3</sup> als wissenschaftlich gerechtfertigt angesehen.



Tabelle 3  
Zusammenfassung von Studien über gesundheitsbeeinträchtigende Wirkungen  
bei geringen SO<sub>2</sub>- und Staubkonzentrationen

Effekt	SO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Rauch, Staub (mg/mg)	Zeit- einheit*)	Literatur siehe Abschnitt 10
Lungenfunktionsbeeinträchtigung	0,275	0,3	1	32
Lungenfunktionsbeeinträchtigung	0,285	ca. 0,3	1	23
Arbeitsausfälle	0,15-0,25	0,1-0,2	2	28
Atemwegserkrankungen (Frauen)	0,105	0,185	1	21
Atemwegserkrankungen (Kinder)	> 0,12	> 0,1	1	32
Atemwegserkrankungen (Kinder)	>0,13	>0,13	1	31
Bronchitisazerbation	0,6	0,3	4	41
Erhöhte allgemeine Sterlichkeit	>0,285	>1,0	4	10
Erhöhte allgemeine Sterlichkeit	>0,4	>0,5	4	12
Erhöhte allgemeine Sterlichkeit	0,5	ca. 0,125	4	4
Erhöhte Bronchitissterlichkeit	0,115	0,16	1	18
Erhöhte Bronchitissterlichkeit	>0,2	>0,2	3	14

\*) Zeiteinheit:  
 1 . . . . Jahresmittel  
 2 . . . . Halbjahresmittel  
 3 . . . . Monatsmittel  
 4 . . . . Tagesmittel

Als unterstützend kann in diesem Zusammenhang angeführt werden, daß ein Expertenkomitee der WHO in der Zusammenstellung über die zu erwartenden Gesundheitseffekte auf bestimmte Populationen zu Werten kommt (3), bei denen erste Symptome des Respirationstraktes bei Jahresmittelwerten von 0,1 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und 0,1 mg Staub/m<sup>3</sup> angegeben werden. Bei Tagesmittelwerten werden für die Verschlechterung von Krankheitssymptomen 0,25 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und 0,25 mg Staub/m<sup>3</sup> angegeben, und für Übersterblichkeiten und zusätzliche Spitalsaufnahmen 0,5 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und 0,5 mg Staub/m<sup>3</sup>. Darüber hinaus werden die geometrischen Jahresmittelwerte von 0,08 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und 0,08 mg Staub/m<sup>3</sup> als Grenzen für Sichtbehinderung und Belästigung angegeben.

#### 12.1.4. Schlußfolgerungen

Für die wirkungsbezogenen Immissions-Grenzkonzentrationswerte ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle 4 zusammengestellten Werte.

Tabelle 4

A Mensch (Tier)	TMW in mg/m <sup>3</sup>		
	SO <sub>2</sub>	Staub	
	0,20	0,20	
B Pflanze	in mg SO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	April - Oktober	November - März
	HMW	0,07	0,15
	TMW	0,05	0,10

#### 12.2. Empfehlungen

Unter den derzeit gegebenen Verhältnissen wird empfohlen, das Bundesgebiet je nach Nutzung der Landstriche in drei, nicht unbedingt zusammenhängende Zonen einzuteilen.

Die Zone I soll besonders zu schützende Gebiete, z. B. Naturschutzgebiete, Kur- und Erholungsräume umfassen. Die unter B in Tabelle 4 genannten Werte sollen für diese Zone als normative Immissions-Grenzkonzentrationen gelten. Für die Funktion als Kur- und Erholungsraum ist zusätzlich auch die Höhe der Staubkonzentration, neben jener anderer luftfremder Stoffe, von ausschlaggebender Bedeutung. Für die Staubkonzentration wird der von der WHO (3) als Langzeitziel angegebene Tagesmittelwert von 0,12 mg Staub/m<sup>3</sup> empfohlen, der nicht öfter als in 7 nicht aufeinanderfolgenden Tagen eines Jahres überschritten werden soll.

Die Zone II soll das übrige Bundesgebiet, ausgenommen die in der Zone III zusammenfassenden Belastungsgebiete, enthalten. Für diese Zone sollen die unter A in Tabelle 4 genannten Werte als normative Immissions-Grenzkonzentration gelten. In dieser Zone II wird in Abhängigkeit von orographischen und meteorologischen Verhältnissen mit schädigenden Beeinflussungen der Vegetation, insbesondere der SO<sub>2</sub>-empfindlichen Nadelgehölze zu rechnen sein.

Zieht man hinsichtlich der für die Zone II vorgesehenen Grenzkonzentrationen die für diese Zwecke zusammengestellten Überschreitungshäufigkeiten aus Abschnitt 5 zu Rate, so zeigt sich, daß in Österreich derzeit in Zentren von Wohnballungsgebieten der Tagesmittelwert von 0,20 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> in 20 bis 70% der in den Winter fallenden Meßtage überschritten wird. Hier nicht angeführte Resultate aus der Umgebung von Industrieanlagen deuten ähnliche Verhältnisse an.

Auf Grund der gegebenen Situation wird empfohlen, vorübergehend eine Zone III einzuführen. In ihr wird unter Einsatz aller Mittel erreicht werden müssen, daß ein Tagesmittelwert von 0,30 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und ein Tagesmittelwert von 0,30 mg Staub/m<sup>3</sup> nicht überschritten wird. In dieser Zone III ist ein gewisses vermehrtes gesundheitliches Risiko für bereits vorgeschädigte bzw. besonders empfindliche Personen gegeben. Die Auswahl der Pflanzen für diese Gebiete sollte sich an den zahlreich vorliegenden Resistenzuntersuchungen (siehe Abschnitt 7) orientieren.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Zone III als Übergangslösung verstanden werden soll und alle Anstrengungen zu unternehmen sind, in ihr in angemessener Frist von etwa 5 bis 10 Jahren die Luftqualität der Zone II zu erreichen.

Die für die Zonen II und III angegebenen SO<sub>2</sub>-Tagesmittelwerte sind als arithmetisches Mittel der 48 Halbstundenmittelwerte zu berechnen, wobei nur 3 Halbstundenmittelwerte im Laufe eines Tages die zugehörigen Grenzen von 0,20 bzw. 0,30 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> überschreiten dürfen. Diese Begrenzung ist notwendig, da durch die Angabe eines Tagesmittelwertes allein kurzzeitige und relativ hohe Konzentrationsspitzen zulässig wären, die zum Anlaß starker Belästigungen und gesteigerter Vegetationsschädigungen werden können.

Ohne einem zukünftigen Luftqualitätskriterium für feste und flüssige Luftverunreinigungen vorgreifen zu wollen sei darauf hingewiesen, daß Staubkonzentrationen, wie sie hier in 12 angeführt worden sind, sich im wesentlichen auf Fraktionen unter 10 µm Stokes-Äquivalentdurchmesser (siehe 3.4.) beziehen.

Tabelle 5

Empfehlungen für normative Immissions-Grenzkonzentrationen

		mg SO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>		mg Staub /m <sup>3</sup>	
		April-Okt.	Nov.-März		
Zone I	TMW	0,05	0,1	TMW	0,12
	HMW	0,07	0,15		darf an sieben Tagen pro Jahr, die jedoch nicht aufeinanderfolgen sollen, überschritten werden
Zone II	TMW	0,2		TMW	0,2
	HMW	0,20			darf nur 3mal pro Tag und höchstens bis 0,50 mg SO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> überschritten werden*
Zone III	TMW	0,3		TMW	0,3
	HMW	0,30			darf nur 3mal pro Tag und höchstens bis 0,80 mg SO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> überschritten werden*

\* spätere Ergänzung

In Tabelle 5 sind die Empfehlungen für normative Immissions-Grenzkonzentrationen, einschließlich der vorgeschlagenen zeitlichen Einschränkungen, nochmals zusammengestellt.

## **12. Literaturverzeichnis**

- (1) „MAK-Werte 1973". Arbeitsschutz Nr. 9/1973, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, 56 Dortmund-Marten, Postfach 25.
- (2) Proc. III. Int. Clean Air Congress, A 121, 1973.
- (3) „Air Quality Criteria and Guides for Urban Pollutants". WHO-Technischer Bericht No. 506, Genf, 1972.