

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Maximale Immissions-Werte zum Schutz  
des Menschen  
Maximale Immissions-Konzentrationen für Ozon

Maximum immission values referring  
to human health  
Maximum immission concentrations for ozone

VDI 2310

Blatt 15 / Part 15

Ausz. deutsch/englisch  
Issue German/English

*Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.  
Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.*

*The draft of this guideline has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).*

*The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung . . . . .	2	Preliminary note . . . . .	2
<b>1 Stoffbezeichnung . . . . .</b>	<b>4</b>	<b>1 Substance . . . . .</b>	<b>4</b>
1.1 Chemische Bezeichnung . . . . .	4	1.1 Name . . . . .	4
1.2 Formel . . . . .	4	1.2 Formula . . . . .	4
1.3 Umrechnung Volumenverhältnis Massenkonzentration . . . . .	4	1.3 Conversion volume ratio to mass concentration. . . . .	4
1.4 Physikalisch-chemische Eigenschaften. . . . .	4	1.4 Physicochemical properties . . . . .	4
<b>2 Entstehung und Verbreitung von Ozon   und anderen Photooxidantien . . . . .</b>	<b>5</b>	<b>2 Origin and distribution of ozone and other   photochemical oxidants. . . . .</b>	<b>5</b>
2.1 Entstehung in der Umwelt . . . . .	5	2.1 Formation of ozone in the environment . . . . .	5
2.2 Verbreitung in der Umwelt . . . . .	7	2.2 Distribution in the environment . . . . .	7
2.3 Expositionsmöglichkeiten. . . . .	8	2.3 Exposure occurrence. . . . .	8
2.4 Exposition . . . . .	8	2.4 Exposure . . . . .	8
2.4.1 Wirkungsrelevante Faktoren . . . . .	8	2.4.1 Effect-related factors . . . . .	8
2.4.2 Ozon als Expositionsindikator . . . . .	9	2.4.2 Ozone as indicator of an exposure . . . . .	9
<b>3 Aufnahme und allgemeiner Wirkungs-   charakter beim Menschen . . . . .</b>	<b>10</b>	<b>3 Uptake and general effect among humans . . . . .</b>	<b>10</b>
3.1 Aufnahme und Verteilung im Respirationstrakt. . . . .	10	3.1 Uptake and distribution in the respiratory tract . . . . .	10
3.2 Wirkungsmechanismus . . . . .	11	3.2 Mechanism of effect . . . . .	11
3.3 Allgemeine Wirkungscharakteristik . . . . .	12	3.3 General effect characteristics . . . . .	12
<b>4 Tierexperimentelle Beobachtungen . . . . .</b>	<b>13</b>	<b>4 Observations in animal experiments . . . . .</b>	<b>13</b>
4.1 Lungenfunktion . . . . .	14	4.1 Pulmonary function . . . . .	14
4.2 Biochemische Effekte, Gewebereaktionen, morphologische Veränderungen . . . . .	15	4.2 Biochemical effects, tissue reactions, morphological changes . . . . .	15
4.2.1 Biochemische Effekte . . . . .	15	4.2.1 Biochemical effects. . . . .	15
4.2.2 Wirkungen auf den Fremdstoff- metabolismus. . . . .	15	4.2.2 Effects on the metabolism of foreign substances . . . . .	15
4.2.3 Permeabilitätsänderungen und Entzündungsreaktionen . . . . .	16	4.2.3 Permeability changes and inflammatory reactions . . . . .	16
4.2.4 Morphologische Veränderungen. . . . .	18	4.2.4 Morphological changes. . . . .	18
4.3 Immunologische Wirkungen . . . . .	21	4.3 Immunological effects . . . . .	21
4.4 Sonstige Wirkungen. . . . .	23	4.4 Other effects . . . . .	23

Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss

Fachbereich Umweltqualität  
Arbeitsgruppe Wirkung von Ozon auf den Menschen

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1a

	Seite
<b>5 Beobachtungen am Menschen</b> . . . . .	24
5.1 Symptome und Reizwirkungen . . . . .	24
5.2 Lungenfunktion . . . . .	26
5.2.1 Inhalationskammer. . . . .	26
5.2.2 Feldstudien . . . . .	28
5.3 Bronchiale Reagibilität . . . . .	32
5.4 Entzündliche Reaktionen, Gewebe-	
schädigungen . . . . .	34
5.5 Immunologische Wirkungen . . . . .	37
5.6 Wirkung auf die Leistungsfähigkeit . . . . .	38
5.7 Einfluss auf die Morbidität . . . . .	38
5.8 Einfluss auf die Mortalität . . . . .	42
5.9 Empfindliche Personen und	
Bevölkerungsgruppen. . . . .	44
<b>6 Wirkungen nach wiederholter und</b>	
<b>chronischer Exposition.</b> . . . . .	47
6.1 Adaptation. . . . .	47
6.2 Chronische Wirkungen . . . . .	50
<b>7 Mutagene und kanzerogene Wirkung.</b> . . . .	55
<b>8 Kombinationswirkungen</b> . . . . .	58
<b>9 Zusammenfassende Bewertung.</b> . . . . .	60
<b>10 Begründung von Ozon-MIK-Werten</b> . . . . .	63
<b>Anhang</b> Erklärung der verwendeten Abkürzungen	64
Schrifttum . . . . .	65

	Page
<b>5 Observations in humans</b> . . . . .	24
5.1 Symptoms and irritative effects . . . . .	24
5.2 Pulmonary function . . . . .	26
5.2.1 Exposure chamber studies . . . . .	26
5.2.2 Field studies. . . . .	28
5.3 Bronchial reactivity . . . . .	32
5.4 Inflammatory reactions, tissue damages. . . . .	34
5.5 Immunological effects . . . . .	37
5.6 Effects on physical capacity . . . . .	38
5.7 Influence on morbidity. . . . .	38
5.8 Influence on mortality . . . . .	42
5.9 Susceptible persons and groups of the	
population . . . . .	44
<b>6 Effects after repeated and chronic exposure</b> . . . . .	47
6.1 Adaptation . . . . .	47
6.2 Chronic effects . . . . .	50
<b>7 Mutagenic and carcinogenic effects.</b> . . . .	55
<b>8 Combined effects</b> . . . . .	58
<b>9 Summarizing assessment</b> . . . . .	60
<b>10 Establishment of maximum immission</b>	
<b>(ambient) concentrations (MIK) for ozone</b> . . . . .	63
<b>Annex</b> Explanation of abbreviations . . . . .	64
Bibliography . . . . .	65

**Vorbemerkung**

In der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss – erarbeiten Fachleute aus Wissenschaft, Industrie und Verwaltung in freiwilliger Selbstverantwortung VDI-Richtlinien und DIN-Normen zum Umweltschutz. Diese beschreiben den Stand der Technik bzw. den Stand der Wissenschaft in der Bundesrepublik Deutschland und dienen als Entscheidungshilfen bei der Erarbeitung und Anwendung von Rechts- und Verwaltungsvorschriften. Im Gegensatz zu verbindlichen Grenzwerten, die umsetzbar und kontrollierbar sein müssen, unterliegen rechtlich nicht verbindliche Werte – wie z. B. die Richtlinien der Reihe VDI 2310 – derartigen Einschränkungen nicht. Sie können daher ohne Rücksicht auf Machbarkeit und Kosten unter rein gesundheitsbezogenen Gesichtspunkten als wünschenswerte Obergrenze der Belastung festgelegt werden. Die Arbeitsergebnisse der KRdL fließen ferner als gemeinsamer deutscher Standpunkt in die europäische technische Regelsetzung bei CEN (Europäisches Komitee für Normung) und in die internationale technische Regelsetzung bei ISO (Internationale Organisation für Normung) ein.

**Preliminary note**

In the Commission on Air Pollution Prevention of VDI and DIN – Standards Committee (KRdL) experts from science, industry and administration, acting on their own responsibility, establish VDI guidelines and DIN standards in the field of environmental protection. These describe the state of the art in science and technology in the Federal Republic of Germany and serve as a decision-making aid in the preparatory stages of legislation and application of legal regulations and ordinances. Contrary to binding limits which need to be practicable and controllable, legally non-binding values, such as those in e.g. the guidelines of the series VDI 2310 – are not subjected to such limitations. They can be set with the focus placed solely on health matters disregarding practicability and costs to represent the desirable upper limit of exposure. KRdL’s working results are also considered as the common German point of view in the establishment of technical rules on the European level by CEN (European Committee for Standardization) and on the international level by ISO (International Organization for Standardization).