Ausbreitung von Emissionen in die Atmosphäre und Berechnung von Immissionskonzentrationen, Teil 1

1. Umweltschutz: Einführung, Überblick und Grundbegriffe

2. Gesetzliche Vorschriften der Luftreinhaltung
2.1 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)
2.1.1 Rechtsverordnungen zum BImSchG
2.1.1.1 Dritte Verordnung vom Januar 1975
2.1.1.2 Elfte Verordnung vom Dezember 1978
2.1.1.3 Zwölfte Verordnung vom Juni 1980 (Störfallverordnung)
2.2 VDI-Richtlinien
2.3 Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft)

3. Emissionen in die Atmosphäre
3.1 Chemische Zusammensetzung der natürlichen Atmosphäre
3.2 Luftfremde Stoffe (Anthropogene Luftverunreinigungen)

4. Meteorologische und topographische Einflüsse auf die atmosphärische Ausbreitung luftfremder Stoffe
4.1 Vertikale Temperaturschichtungen
4.2 Windfelder und Turbulenzstrukturen der Atmosphäre
4.3 Ausbreitungsklassen

zu 1.:

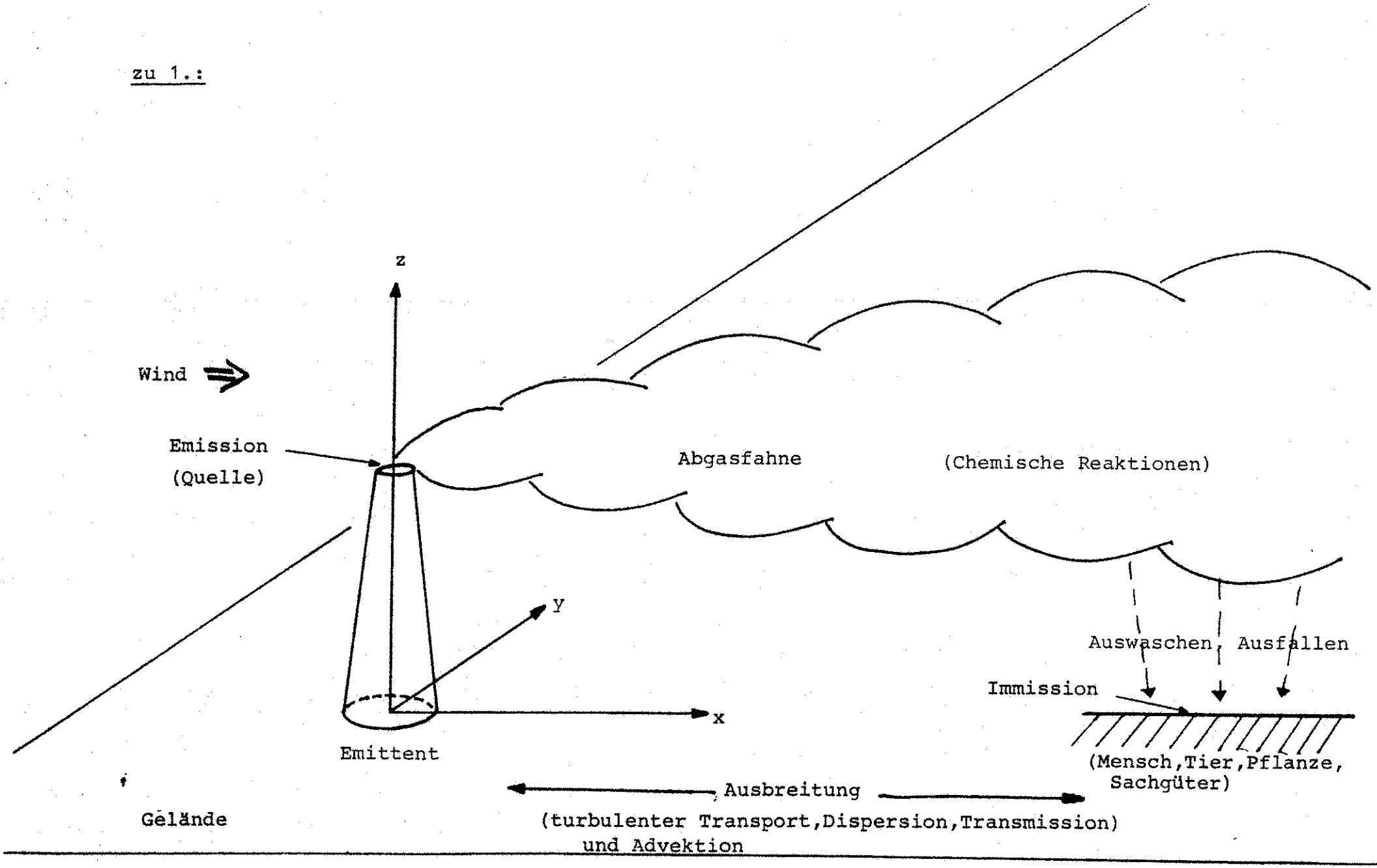


Abb.1: Zur atmosphärischen Ausbreitung eines luftfremden Stoffes als Abgasfahne (kontinuierliche Emission)

zu 2. Gesetzliche Vorschriften

zu 2.1 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

bis 1971: Immissionsschutz beruht auf dem Gewerberecht als Teil des Ordnungs- und Polizeirechtes.

ab 1971: Immissionsschutz wird in das Umweltprogramm der BRD eingebaut. Die Umweltpolitik wird definiert als:

"Gesamtheit derjenigen Maßnahmen, die notwendig sind um den Menschen eine Umwelt zu sichern, wie er sie für seine Gesundheit und für ein menschenwürdiges Dasein braucht" sowie "um Boden, Luft und Wasser, Pflanzen- und Tierwelt vor nachteiligen Wirkungen menschlicher Eingriffe zu schützen."

3 Prinzipien der Umweltpolitik:

- Vorsorgeprinzip -
- Verursacherprinzip -
- Kooperationsprinzip -

1974: Erlaß des BImSchG

Starke Stellung der Immissionsschutzbehörden bei Genehmigungsverfahren neuer Anlagen.

Anpassungsfähigkeit und unbestimmte Rechtsbegriffe wie "Stand der Technik" oder "schädliche Umwelteinwirkungen" des BImSchG ermöglichen den Erlaß von:

Verwaltungsvorschriften (z.B. TA Luft) :	für Behörden in der Regel verbindlich
Rechtsverordnungen, Spezialgesetze :	für Gerichte voll verbindlich

zu 2.1.1: Rechtsverordnung zum BImSchG

Bisher mehr als 12 Rechtsverordnungen bezüglich Luftreinhaltung.

zu 2.1.1.1:

Dritte Verordnung zur Durchführung des BImSchG vom Jan. 1975:

abgestufte Begrenzung des Schwefelgehaltes von leichtem Heizöl und Dieselkraftstoffen.

zu 2.1.1.2:

Elfte Verordnung zur Durchführung des BImSchG vom Dez. 1978:

Der Anlagenbetreiber ist verpflichtet jedes Jahr eine Emissionserklärung an die Behörde abzuliefern. Dadurch soll ein Emissionskataster aufgestellt werden. Betroffen sind folgende in Ballungsgebieten genehmigungsbedürftige Anlagen:

- Feuerungsanlagen mit einer Leistung $> 10^3$ MW
- Produktionsanlagen für Zement mit einer Kapazität $> 5 \cdot 10^5$ t/a
- Produktionsanlagen für Roheisen, zum Erschmelzen von Rohstahl und zur Stahlerzeugung mit einer Kapazität $> 2 \cdot 10^5$ t/a
- chemische Fabriken mit einer Kapazität $> 10^5$ t/a
- Destillationsanlagen oder sonstige Anlagen zur Weiterverarbeitung von Erdöl mit einer Kapazität $> 2{,}5 \cdot 10^6$ t/a

zu 2.1.1.3:

Zwölfte Verordnung zur Durchfürung des BImSchG vom Jun. 1980:

(Störfallverordnung): ist für den sicheren Betrieb technischer Anlagen zuständig.

Ländervorschriften: Zur Festlegung von Belastungsgebieten

Zur Aufstellung von Smogalarm-Plänen

zu 2.2 VDI-Richtlinien

1956: VDI-Kommission Reinhaltung der Luft gebildet.
Die VDI-Kommission hat folgende Aufgaben:

- Emissionsbegrenzung durch Verfahrenstechnische Änderungen der Anlagen oder durch Reinigung der Abgase
- Festlegung Maximaler Emissionskonzentrationen (MEK-Werte)
- Ausbreitungsbedingungen von Abgasen und Stäuben in der Atmosphäre. Berechnungsmöglichkeiten von Immissionskonzentrationen, von Schornsteinhöhen bei gegebener Emissionsstärke
- Wirkung luftfremder Stoffe auf Mensch, Tier, Pflanze und Sachgüter. Ermittlung von MIK-Werten (Maximale Immissionskonzentration) bei denen die menschliche Gesundheit unter den derzeitigen Erkenntnissen keinen Schaden nimmt während definierte Schäden bei Pflanzen und Sachgütern zugelassen werden.

- Entwicklung von Meßverfahren und Probenahmetechniken für luftfremde Stoffe sehr geringer Konzentration.

VDI-Richtlinien: große Bedeutung für BImSchG und TA-Luft, jedoch rechtsunverbindlich

zu 2.3: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) (Allgemeine Verwaltungsvorschrift)

1964:	TA-Luft	beruhen auf den VDI-Richtlinien, auf Erfahrungen von Bundes- und Landesbehörden im Umgang mit Anlagenbetreiberen sowie auf internationalem Erfahrungsaustausch
1974:	1.Änderung	
1983:	2.Änderung	
1986:	3.Änderung	

Einige Bemerkungen zu TA Luft:

I.Emissionswerte. Die Begriffe "Luftverunreinigung" und "Emission" werden definiert. Emissionswerte von ≈ 50 gefährlichen Stäuben und ≈ 120 organischen Verbindungen werden festgesetzt.

II. Immissionswerte. Begriffe "Immission" und schädliche Umweltverschmutzung" werden definiert. Es werden für 10 wichtige Schadstoffe die Immissionswerte (Höchstwerte) festgelegt. Dabei ist zwischen IW1-Werten (maximale Immissionskonzentration bei Langzeitwirkung) und IW2-Werten (maximale Immissionskonzentration bei kurzzeitiger Einwirkung) zu unterscheiden IW2 > IW1.

III. Messung von Emissionen und Immissionen. Vorschriften zur meßtechnischen Überwachung von Emissions- und Immissionswerten. Die Durchführung von Immissionsmessungen beruht auf der sogenannten Meßplanung, die folgende 7 Aspekte umfaßt:

- Auswahl der Immissionsmeßverfahren:
  Konz. liegen zwischen einigen ppm (z. B. 1 ml Schadstoff in 1 m³ Luft und einigen ppb (z. B. 10^{-3} ml Schadstoff in 1 m³ Luft)
- Probenahmezeitraum (Bezugszeit):
  die Zeitdauer, während der eine Luftprobe gesammelt wird:
  (30 ± 2) Tage: für Stäube
  1 Tag : für Feinstäube ($d_K < 10$ µm)
  30 Minuten : für Gase

Bei kontinuierlichen Messungen: Halbstundenmittelwerte

$$\overline{c}_{1/2} = \frac{\int_{t=0}^{t_{1/2}} c(t)\,dt}{t_{1/2}}$$

c(t): zeitlicher Konzentrationsverlauf

t : Zeit

$t_{1/2}$: 30 Minuten

- Meßzeitraum: Gesamt-Zeitdauer, während der alle geplanten Probenahmen erfolgen; in der Regel 1 Jahr, mindestens 6 Monate.

- Meßstellendichte: 1 Meßstelle pro km^2

  Für Ballungsgebiete betragen die Meßstellenabstände:

  1 km bei Einzelmessungen

  4 km für Bezugsstationen

  16 km für Zentralstationen

- Meßhäufigkeit: ≥13 Messungen pro Meßort.

- Meßgebiete (Beurteilungsflächen): quadratische Flächen:

  1 km x 1 km bzw. 500m x 500m .

Information über Meßwertkollektiv vollständig:

≥100 Meßwerte

- Auswertung der Immissionsmessungen:

  Kennwert I1: Arithmetischer Mittelwert aller Meßwerte des Kollektives.

  Kennwert I2: 95-Perzentil des Meßwertkollektives. Es kann aus der Summenhäufigkeitsverteilung aller Meßwerte berechnet werden, wobei 5% der Meßwerte unberücksichtigt bleiben: Methode der Quantile, da die Messwerte i.a. nicht Gauß-verteilt sind. → UN6, S.269

  Keine schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne der TA Luft, wenn gilt:

  I1 < IW1 und I2 < IW2

IV. Schornsteinhöhe. Aus einem Nomogramm sind Schornsteinmindesthöhen zu entnehmen.

V. Ausbreitungsberechnung. Zur Abschätzung von Immissionskonzentrationen der bei Betrieb zu erwartenden neuen Anlage sind Berechnungen zugelassen.

VI. Auflagen für die Genehmigung. Es sind für ≈50 Anlagentypen Auflagen festgelegt, welche die Behörden zur Genehmigung vom Antragsteller fordern sollen.

Auswirkungen der TA Luft auf das Strafgesetzbuch:

1980: § 325 neu aufgenommen (durch das 18. Strafrechtsänderungsgesetz)

Selbst wenn keine Strafbarkeit vorliegt, gilt nach dem BImSchG:

Ordnungswidrigkeit: bei Überschreitungen der Immissions- bzw. Emissionsgrenzwerte.
(Bußgeld)

Untersagung des Betriebs:

Widerruf der Genehmigung:

bei wiederholt ordnungswidrigem Betreiben der Anlage

zu 3. Emissionen in die Atmosphäre

zu 3.1 Chemische Zusammensetzung der natürlichen Atmosphäre

Tab. 1. Zusammensetzung reiner Luft (in Vol.-%)

Stickstoff,	N_2:	78.10
Sauerstoff,	O_2:	20.93
Argon,	Ar:	0.93
Kohlenstoffdioxid	CO_2:	0.03 bis 0.04
Neon,	Ne:	0.0018
Helium,	He:	0.0005
Krypton,	Kr:	0.0001
Xenon,	Xe:	0.00001

Tab. 2. Variable Spurenbestandteile der Luft, überwiegend natürlichen Ursprungs, in cm^3/m^3

Kohlenstoffmonoxid	CO:	$(1-20)\cdot 10^{-2}$
Methan,	CH_4:	1.2 – 1.5
Formaldehyd,	HCHO:	$(0-1)\cdot 10^{-2}$
Stickoxide,	N_2O:	$(2.5-6.0)\cdot 10^{-1}$
	$NO + NO_2$:	$(0-3)\cdot 10^{-3}$
Ammoniak,	NH_3:	$(0-2)\cdot 10^{-2}$
Schwefelwasserstoff,	H_2S:	$(2-20)\cdot 10^{-3}$
Wasserstoff,	H_2:	0.4 – 1.0
Ozon,	O_3:	$(0-5)\cdot 10^{-2}$

Wasserdampf,	H_2O:	0.004	bis 4 Vol%
Schwefeldioxid,	SO_2:	0	bis 0.02 cm^3/m^3
Chlor,	Cl_2, HCl, Cl^-:	$3\cdot 10^{-4}$	bis $15\cdot 10^{-4}$ cm^3/m^3
Jod,	J_2:	$0.4\cdot 10^{-5}$	bis $4\cdot 10^{-5}$ cm^3/m^3
Fluorwasserstoff,	HF:	$0.8\cdot 10^{-3}$	bis $18\cdot 10^{-3}$ cm^3/m^3

Tab. 3. Globale jährliche Aerosol-Emissionen natürlichen Ursprungs

	10^6 t
Natürliche Emissionen	
1. Primäre Aerosole	
Staub durch Wind	≈ 365
versprühtes Meerwasser	≈ 1100
Waldbrände und Vulkane	≈ 150
2. Sekundäre Aerosole	
Oxidation von Terpenen aus Wäldern	≈ 1100
Umwandlung von SO_2 zu SO_3 und SO_4^{2-}	365
Umsetzung von NH_3 (z. B. mit SO_4^{2-})	250
Umwandlung von NO in NO_2 und NO_3^-	365
Gesamtemissionen aus der Natur	3700 (= 94%)

zu 3.2: Luftfremde Stoffe (anthropogene Luftverunreinigungen)

Tab. 4: %-Anteil der Emittentengruppe an der Jahresemission in der BRD (1975)

Emittentengruppe	Staub kt/a	Staub %	SO_2 kt/a	SO_2 %	NO_x kt/a	NO_x %	Organ. Verb. kt/a	Organ. Verb. %	Σ kt/a
Energie (Umwandlung u. Verbrauch)		Σ74.4		Σ95.4		Σ98.5		Σ51.7	
Kraftwerke u. Fernheizwerke		Σ30.7		Σ46.8		Σ37.5		Σ0.4	
Steinkohle	87.0	15.6	703	19.3	190	10.3	2.7	0.1	
Braunkohle	75.0	13.4	735	20.2	269	14.6	3.2	0.2	2571,63
Heizöl S	9.7	1.7	259	7.1	68	3.7	1.9	0.1	
Gas	0.13	0.02	6.7	0.2	161	8.7	0.3	0.02	
Industriefeuerungen		Σ27.5		Σ33.4		Σ24.8		Σ1.8	
Steinkohle	115.0	20.6	409	11.3	101	5.5	6.3	0.3	
Braunkohle	11.8	2.1	37	1.0	11	0.6	0.2	0.01	
Heizöl S	26.3	4.7	703	19.3	131	7.1	20.8	1.2	1858,70
Heizöl EL	0.2	0.04	55	1.5	45	2.4	4.5	0.2	
Gas	0.2	0.04	10.0	0.3	170	9.2	1.4	0.1	
Kleinverbrauch		Σ12.9		Σ13.0		Σ6.3		Σ7.4	
Steinkohle	55.4	9.9	107	2.9	13	0.7	75	4.1	
Braunkohle	7.8	1.4	13	0.4	1.2	0.1	29	1.6	
Heizöl EL	8.7	1.6	353	9.7	87	4.7	26	1.4	794,95
Gas	0.07	0.01	0.08	0.002	14	0.8	4.7	0.3	
Verkehr		Σ3.3		Σ2.2		Σ30.1		Σ42.0	
Vergaserkraftstoff	–	–	2.0	0.05	481	26.1	725	40.0	1415,50
Dieselkraftstoff	18.5	3.3	78	2.1	74	4.0	37	2.0	
Prozesse (Industrie, Gewerbe, Endverbrauch)		Σ25.6		Σ4.4		Σ1.3		Σ48.3	
Energieträger		Σ7.0		–		–		Σ7.7	
Steinkohle, Aufbereitg. Transp. Lagerung	18.5	3.3	–	–	–	–	–	–	
Steinkohle, Brikettierung	0.4	0.07	–	–	–	–	–	–	
Steinkohle, Verkokung	18.0	3.2	–	–	–	–	10.8	0.6	
Braunkohle, Brikettierung	2.1	0.4	–	–	–	–	–	–	178,80
Rohölverarbeitung	–	–	–	–	–	–	129	7.1	
Steine u. Erden		Σ6.4		–		–		–	
Zement	28.9	5.2	–	–	–	–	–	–	
Kalisalz	2.2	0.4	–	–	–	–	–	–	
Steinsalz	0.6	0.1	–	–	–	–	–	–	35,80
Bitumen-Straßenbaustoffe	4.1	0.7	–	–	–	–	–	–	
Eisen u. Stahl		Σ9.4		Σ2.2		–		–	
Sinter	13.0	2.3	72	2.0	–	–	–	–	
Rohstahl (ohne SM-Stahl)	13.2	2.4	–	–	–	–	–	–	
SM-Stahl	14.7	2.6	9	0.2	–	–	–	–	
Eisen- u. Stahlguß	11.8	2.1	–	–	–	–	–	–	133,70
Chemie		Σ2.7		Σ2.2		Σ1.3		Σ10.2	
Schwefelsäure	–	–	16	0.4	–	–	–	–	
Salpetersäure	–	–	–	–	23	1.2	–	–	
Schwefel (CLAUS-Anlagen)	–	–	13	0.4	–	–	–	–	
Zellstoff	–	–	37	1.0	–	–	–	–	
Ruß	0.3	0.05	–	–	–	–	1.3	0.07	307,80
Calciumcarbid	5.1	0.9	–	–	–	–	–	–	
Düngemittel	9.9	1.8	–	–	–	–	–	–	
Rest chem. Industrie	–	–	16	0.4	1.2	0.1	185	10.1	
Gewerbe u. Endverbrauch		–		–		–		Σ30.4	
Druckereien (Druckfarbe)	–	–	–	–	–	–	32	1.8	
Chem. Reinigung (ger. Gut)	–	–	–	–	–	–	15	0.8	
Anstrichmittel	–	–	–	–	–	–	329	18.2	550,00
Verdünnung	–	–	–	–	–	–	94	5.2	
Aerosoltreibgase	–	–	–	–	–	–	80	4.4	
Insgesamt	558,6	100	3633,8	100	1840,4	100	1814,1	100	7846,88
Werte von 1982:	700		3000		3100		1600 (Kohlenwasserstoffe)		16600 enthalten ist CO mit 8200 kt/a

Verursacher der Emissionen 1982*

Emissionen Anteile in Prozent	SO_2	Staub	NO_x umgerechnet auf NO_2	Kohlenwasserstoffe	CO	Emissionen gesamt
Verkehr	3,4	9,4	54,6	39,0	65,0	47,0
Kleinverbraucher	9,3	9,2	3,7	32,4	21,0	16,3
Energie	62,1	21,7	27,7	0,6	0,4	17,5
Industrie	25,2	59,7	14,0	28,0	13,6	19,3
chemische Industrie	4,3	2,9	2,6	3,1	0,9	2,1
Gesamtemissionen in Mio. Tonnen	3,0	0,7	3,1	1,6	8,2	16,6

* Bezogen auf die Bundesrepublik Deutschland
Quelle: Umweltbundesamt

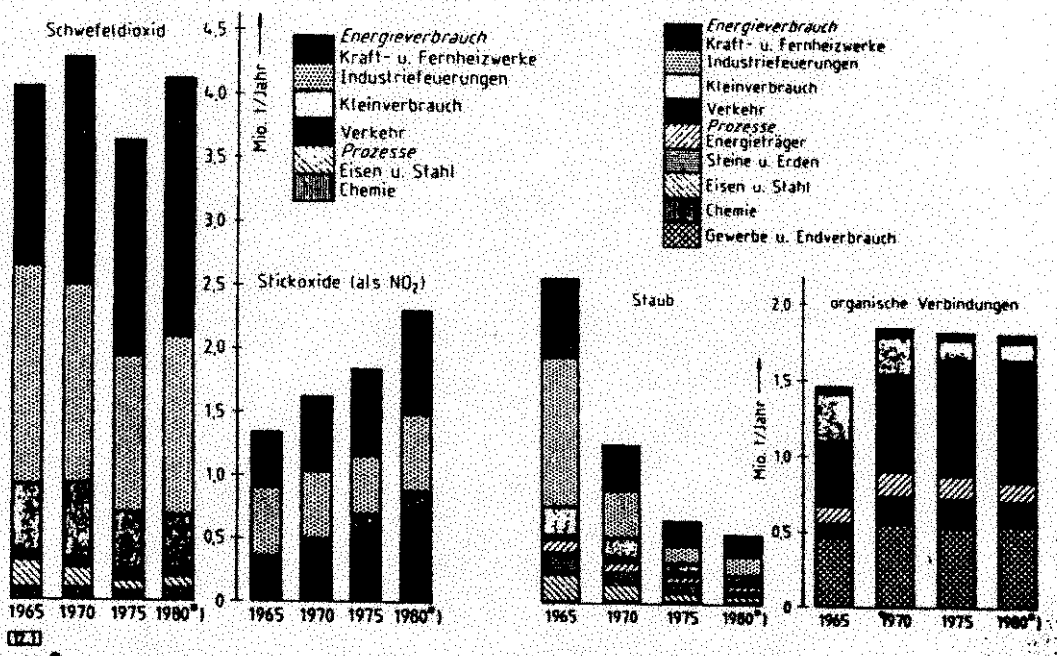
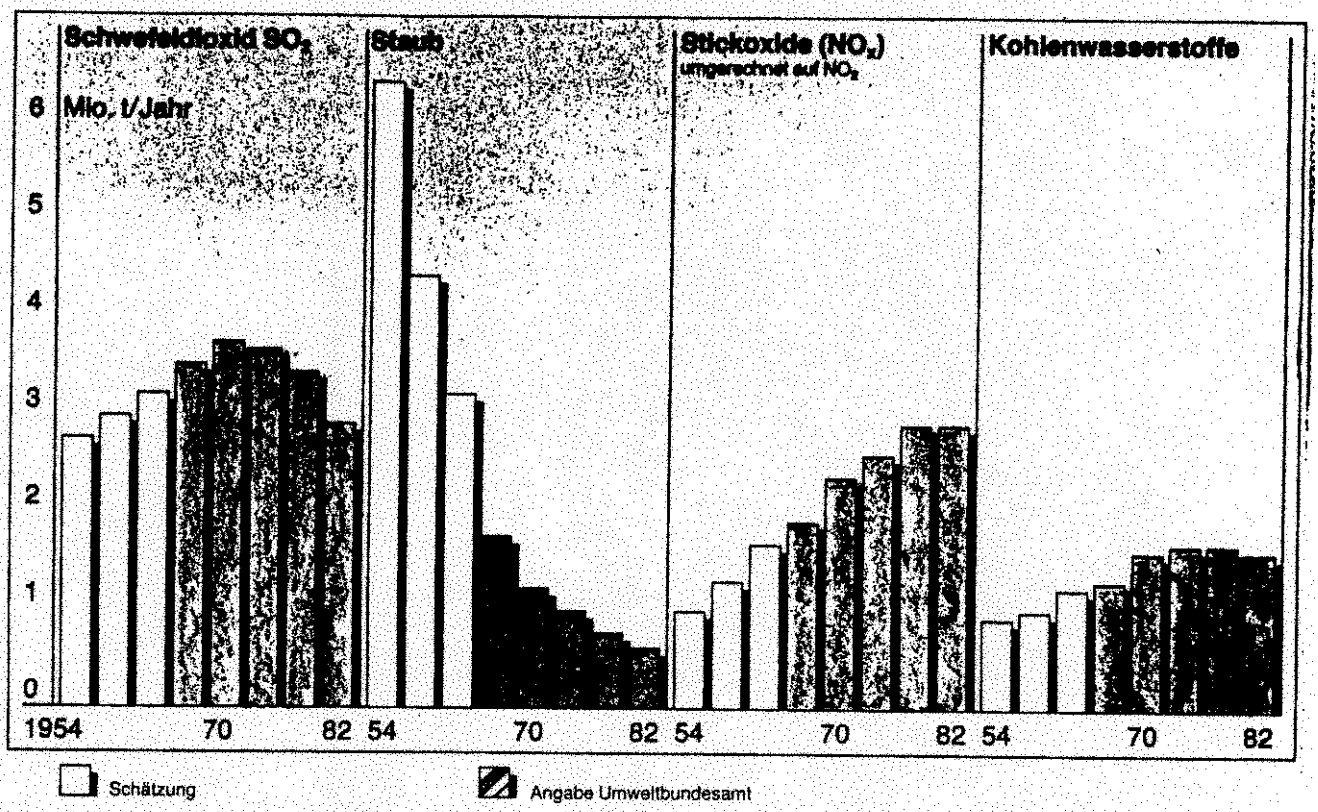


Abb. 2: Entwicklung der Jahresemissionen in der Bundesrepublik Deutschland von 1965 – 1980
*) Geschätzt, eine neuere Übersicht liegt noch nicht vor.

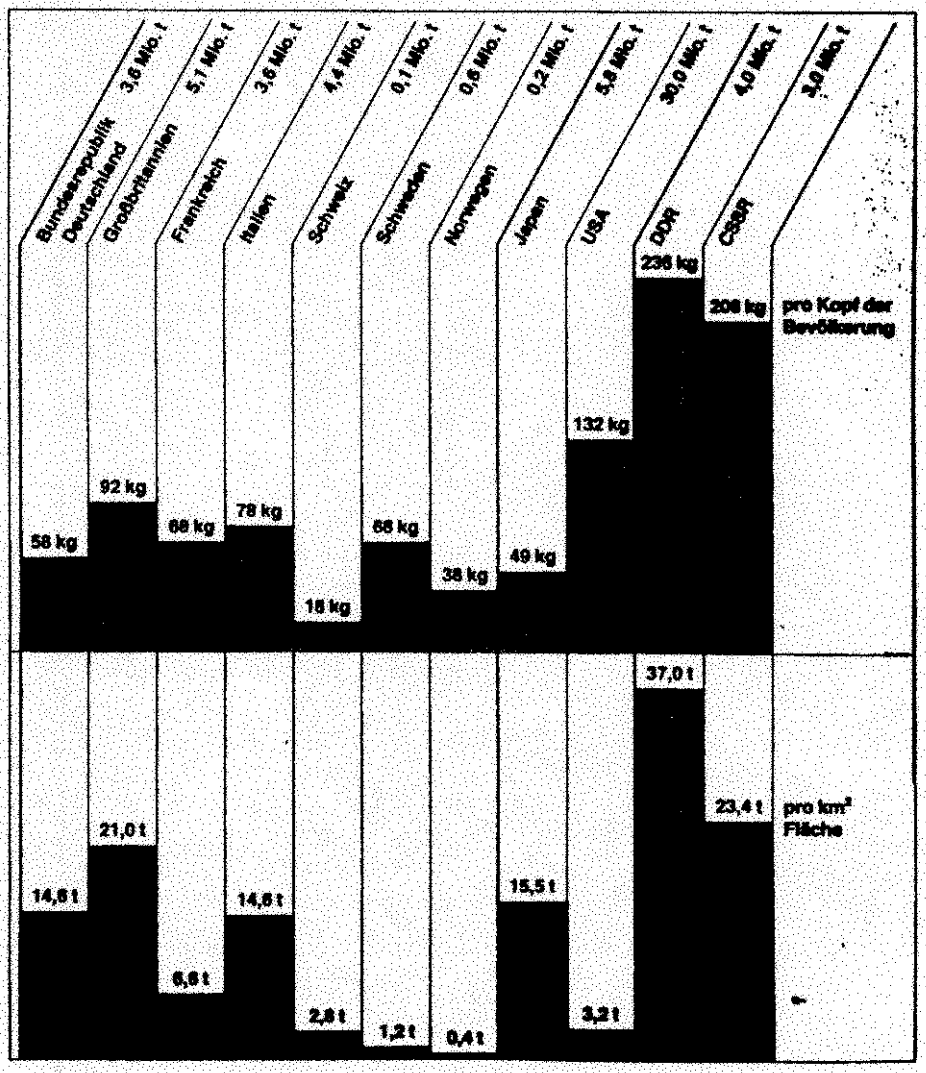
Emissionen 1954–1982*



* Bezogen auf die Bundesrepublik Deutschland.

Quelle: Umweltbundesamt ab 1966, davor Schätzungen.

Schwefeldioxid-Emissionen 1978/79 im internationalen Vergleich



Quelle: Die Daten der europäischen Staaten sind aus dem EMEP/MSC-W Report 1/81 (26) und geben den Stand von 10/78 bis 9/80 wieder. Für die USA und Japan stammen die Daten von der OECD und gelten für 1978. Neuere Zahlen liegen nicht vor. Seit 1978 sind in vielen westlichen Ländern die SO_2-Emissionen vermindert worden.

Geruchsemissionen: können in der chem. Industrie selbst bei sehr geringen Emissionskonzentrationen zu Belästigungen führen.

Analyse von Gerüchen bisher nur mit der menschlichen Nase möglich. (Olfaktometrie)

Geruchsschwellenwert: die Konzentration einer Substanz, die von 50% eines Prüferkollektives an einem bestimmten Ort noch mit dem Geruchssinn erfaßt wird.

für Ethylmercaptan: $7 \cdot 10^{-4}$ mg/m³ Luft

für Trimethylamin: 0,2 ppb

Emissionen von Fluor und Fluorverbindungen sowie von Schwermetallen in Flugaschen

Tab. 5. Geschätzte globale jährliche Emissionen aus Natur und anthropogenen Quellen

	Natur	anthropogene Quellen	Anteil an der Gesamtemission
	10^6 t	10^6 t	%
Kohlenstoffdioxid	485 000[1]	18 300 (max. 27 000)	3.8
Kohlenstoffmonoxid	5 000	304	6.1
Kohlenwasserstoffe	2 600	88	3.4
Aerosole + Feinstäube	3 700	245	6.6
Stickstoffoxide, als NO_2 gerechnet	770	53	6.9
Distickstoffoxid	592	sehr gering	–
Ammoniak	1 160	4	0.34
Schwefel-Verb.[2], als SO_2 gerechnet	650	100	15.4
Ozon	2 000	örtl. bedeutend?	?

[1]) Die über Photosynthese von Pflanzen auf dem Land und im Meer jährlich umgesetzte CO_2-Menge beträgt $275 \cdot 10^9$ t/Jahr, entsprechend einer Sauerstoff-Menge von $200 \cdot 10^9$ t/Jahr.

[2]) SO_2, SO_3, SO_4^{2-}, H_2S.

zu 4. Meteorologische und topographische Einflüße auf die atmosphärische Ausbreitung luftfremder Stoffe

Die Immissionskonzentration hängt an einem bestimmten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt ab von meteorologischen Einflüßen:

- Lufttemperatur -
- Vertikale Temperaturschichtung -
- Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Niederschläge -
- Windgeschwindigkeit, Windrichtung -
- Bewölkung, Sonnenhöhe -

planetarische Grenzschicht: bis 1500-2000 m über Boden

zu 4.1: Vertikale Temperaturschichtungen

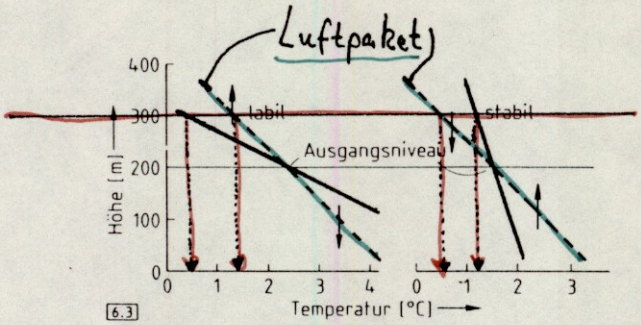
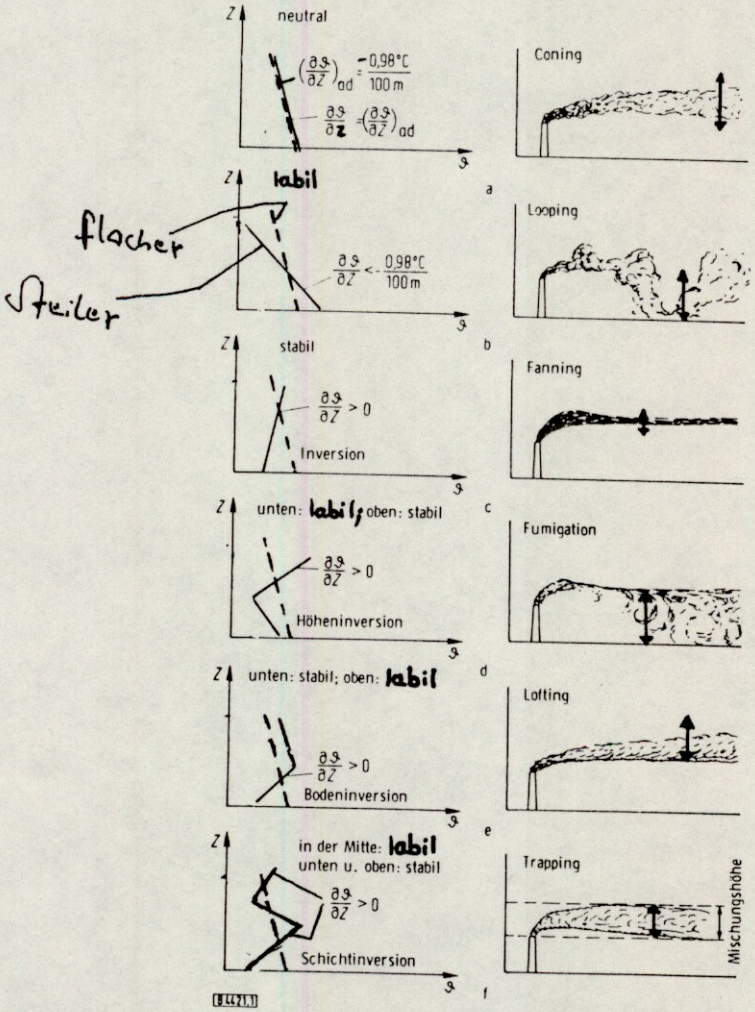


Abb. 3. Thermische Schichtung

--- Temperatur eines adiabaten Luftpaketes
—— Temperatur der Umgebung → oder Schadstoffballen



↕ Bereich mit vertikalem Austausch

Abb. 4: Ausbreitung von Abgasfahnen bei verschiedenen vertikalen Temperaturschichtungen der Atmosphäre.

--- adiabater Temperaturgradient eines Luftpaketes (adiabate Temp.abnahme)
—— beobachteter Temperaturgradient der Umgebung (vertikale Temp.abnahme)

zu 4.2:

Windfelder: inhomogen infolge Reibungseinfluß der planetarischen Grenzschicht

Geostrophischer Wind: Windströmung oberhalb der planetarischen Grenzschicht; sie kann aus der Luftdruckverteilung berechnet werden.

$$\sigma_\theta = \frac{\sqrt{\overline{v'^2}}}{\bar{u}} \quad \text{und} \quad \sigma_\varphi = \frac{\sqrt{\overline{w'^2}}}{\bar{u}}$$

σ_θ; σ_φ : horizontale bzw. vertikale normierte Standardabweichungen der Windrichtungsschwankungen

u : Windgeschwindigkeit

v', w' : Windgeschwindigkeitsschwankungen in y- und z-Richtung

$(\bar{\ })$: zeitlicher Mittelwert

Vertikales Windgeschwindigkeitsprofil:

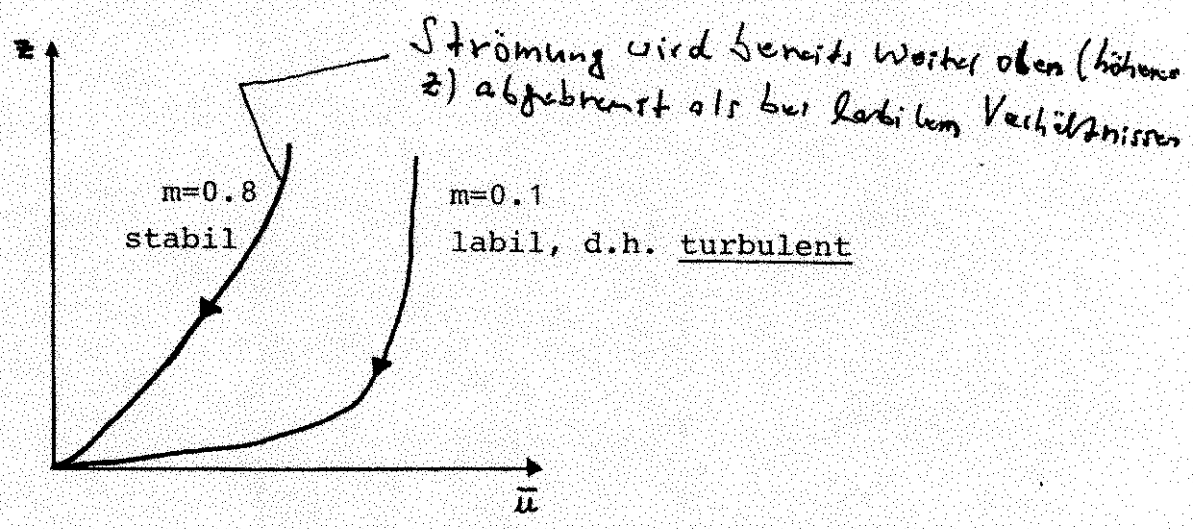
$$\bar{u}(z) = \bar{u}_0 \left(\frac{z}{z_0}\right)^m$$

u_0 : Windgeschwindigkeit in der Referenzhöhe z_0

m : empirischer Windprofilexponent

(wächst bis 0,8 mit zunehmender Stabilität und mit zunehmender Rauhigkeit) $\Rightarrow$

$m = f$(Stabilität, d.h. Ausbreitungsklasse, Rauhigkeit)



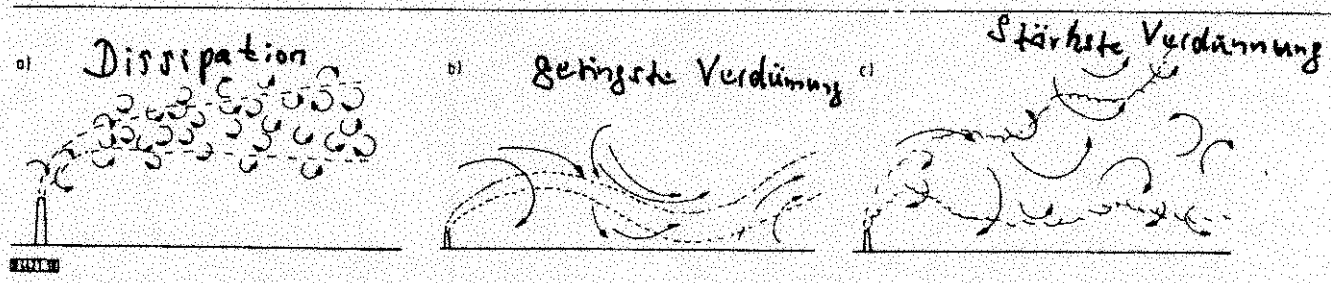


Abb. 5: Ausbreitung einer Abgasfahne, wenn die atmosphärischen Wirbelballen (a) sehr viel kleiner, (b) sehr viel größer und (c) etwa gleich groß sind wie die charakteristische Fahnenabmessung.

zu 4.3: Ausbreitungsklassen

Zur Ordnung der vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Sonneneinstrahlung, Bewölkung, Temp.schichtung, Windfelder und Turbulenzzuständen der Atmosphäre sind Ausbreitungsklassen definiert worden, die auch als Wetter-,Turbulenz-,Diffusions- oder Stabilitätsklassen bezeichnet werden. In Tab. 6 liegt das Klassifizierungssystem nach Turner zugrunde.

Tab. 6 Ermittlung der Ausbreitungsklassen A_k (2 ≙ instabil, 3 ≙ leicht instabil, 4 ≙ neutral, 5 ≙ stabil) nach dem Raffinerie-Erlaß

I) Ermittlung des Kennbuchstabens A bis H des Bedeckungszustandes

Tag:

Bedeckungszustand	Bedeckungsgrad	Wolkenhöhe [m]
A	<8/8; >4/8	<2500
B	>4/8	2500 bis 5000
C	>4/8	<5000
D	8/8	≥2500
E	8/8	<2500
F	alle übrigen Zustände	
Nacht:		
G	≤3/8	alle
H	>3/8	alle
E	8/8	≤2500

II) Ermittlung der Ausbreitungsklasse A_k bei bekanntem Kennbuchstaben des Bedeckungszustandes in Abhängigkeit von Tag/Nacht, Sonnenhöhe β und Windgeschwindigkeit $\bar{u}$

Tag:

Sonnenhöhe	**Bedeckungszustand**				
$\beta > 60°$	E		A	B,D	F
$35° < \beta \leq 60°$	E	A	B, D	F	
$15° < \beta \leq 35°$	E	A, C, D	F		
$\beta \leq 15°$	E	F			

Nacht: G H E

Windgeschw. $\bar{u}$ [m/s]	**Ausbreitungsklasse** A_k						
1,5	5	5	4	3	2	2	2
2 bis 3	5	5	4	4	3	2	2
3,5	5	4	4	4	3	2	2
4 bis 4,5	5	4	4	4	3	3	2
5	5	4	4	4	4	3	3
5,5	4	4	4	4	4	3	3
6	4	4	4	4	4	4	3

Nach der TA-Luft (1983) gilt:

Schema zur Bestimmung der Ausbreitungsklassen:

Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe in Knoten*	Gesamtbedeckung in Achteln *)				
	für Nachtstunden **)		für Tagesstunden **)		
	0/8 bis 6/8	7/8 bis 8/8	0/8 bis 2/8	3/8 bis 5/8	6/8 bis 8/8
2 und darunter	I	II	IV	IV	IV
3 und 4	I	II	IV	IV	III/2
5 und 6	II	III/1	IV	IV	III/2
7 und 8	III/1	III/1	IV	III/2	III/2
9 und darüber	III/1	III/1	III/2	III/1	III/1

* 1 Knoten ≙ 0,514 m/s

Ausbreitungsklasse	
V	(sehr labil)
IV	(labil)
III/2	(neutral)
III/1	(neutral)
II	(stabil)
I	(sehr stabil)

Häufigkeit der Ausbreitungssituation:

Ausbreitungssituation ist gegeben durch: Windgeschwindigkeit, Windrichtungssektor, Ausbreitungsklasse

Für die Ausbreitungsrechnung ist die Häufigkeitsverteilung der stündlichen Ausbreitungssituation, die für den Standort der Anlage charakteristisch ist, anzugeben.