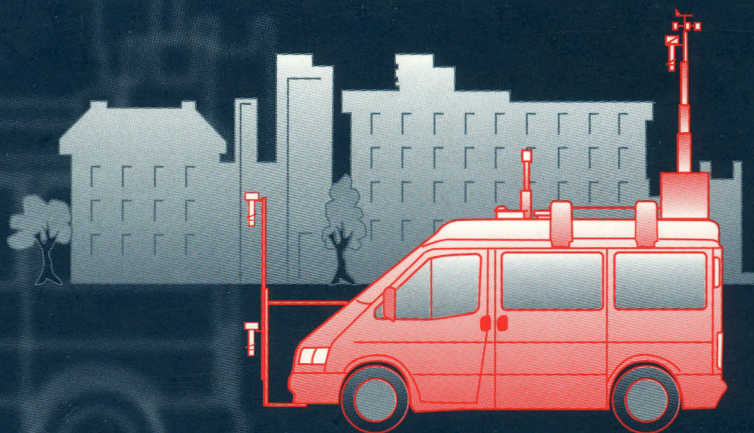


Alfred Helbig · Jürgen Baumüller  
Michael J. Kerschgens (Hrsg.)



# Stadtklima und Luftreinhaltung

2., vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage



Springer

**VDI**

Alfred Helbig, Jürgen Baumüller,  
Michael J. Kerschgens (Hrsg.)

# Stadtklima und Luftreinhaltung

Zweite, vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage  
mit 200 Abbildungen und 79 Tabellen

332/4059 INSTITUT  
FÜR METEOROLOGIE U. KLIMATOLOGIE  
UNIVERSITÄT HANNOVER  
HERRENHÄUSER STR. 2 - 30419 HANNOVER



Springer

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	<b>1</b>
	A. HELBIG, H. SCHIRMER	
1.1	Zielstellung des Handbuchs . . . . .	1
1.2	Stadtklima – Beispiel eines anthropogenen Einflusses auf das Klimasystem . . . . .	2
1.3	Stand und Ziele der Stadtklimaforschung . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Wirkungsfaktoren im mikro- und mesoklimatischen Scale</b> . . . . .	<b>6</b>
	A. HELBIG, H. SCHIRMER	
2.1	Mikro- und Mesoscale . . . . .	6
2.2	Definitionen von Wetter, Witterung, Klima und Stadtklima . . . . .	8
2.3	Interne und externe Wechselwirkungen im urbanen Klimasystem . . . . .	10
2.3.1	Interne Wechselwirkungen . . . . .	10
2.3.2	Externe Wechselwirkungen . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Grundzüge und Ursachen des Stadtklimas</b> . . . . .	<b>15</b>
3.1	Anthropogene Modifikation der atmosphärischen Grenzschicht . . . . .	15
	A. HELBIG	
3.1.1	Energie- und Stoffbilanz . . . . .	15
3.1.2	Bereiche der anthropogenen Eingriffe . . . . .	21
3.2	Energie- und Strahlungsflüsse in der Stadtgrenzschicht . . . . .	27
	A. HELBIG	
3.2.1	Kurzwellige Strahlungsflüsse . . . . .	27
3.2.2	Langwellige Strahlungsflüsse . . . . .	29
3.2.3	Strahlungsbilanz . . . . .	30
3.2.4	Fühlbarer und latenter Wärmestrom . . . . .	30
3.2.5	Wärmeleitungsstrom und Speicherung . . . . .	31
3.3	Lufttemperaturen in der Stadtgrenzschicht . . . . .	32
	A. HELBIG, außer 3.3.2.2	

3.3.1	Horizontales Temperaturfeld, Wärmeinsel	32
3.3.2	Vertikales Temperaturfeld	39
3.4	Feuchtefeld in der Stadtgrenzschicht A. HELBIG	52
3.5	Windfeld W. BECKRÖGE	53
3.5.1	Grundlagen	54
3.5.2	Stadtspezifische Veränderungen der Windgeschwindigkeit in Bodennähe	71
3.5.3	Das Windfeld der städtischen Grenzschicht	77
3.5.4	Luftaustausch und Turbulenz in Stadtgebieten	83
3.5.5	Aspekte für die Planung	84
<b>4</b>	<b>Stadtklimatische Phänomene</b>	<b>95</b>
4.1	Anthropogene Energieerzeugung und -freisetzung A. HELBIG, gekürzt nach Baltrusch, Schütz (1988)	95
4.1.1	Definition des Begriffs „Abwärme“	95
4.1.2	Abwärmequellengruppen	96
4.1.3	Zeitverhalten der Abwärmequellen	96
4.1.4	Formen der Abwärmequellen	98
4.1.5	Abwärmekomponenten	99
4.1.6	Abwärmekataster	99
4.1.7	Planungsvorgaben und Ziele	102
4.2	Aerosole A. HELBIG, gekürzt nach Löbel (1988 a)	102
4.2.1	Definitionen und physikalische Eigenschaften	102
4.2.2	Quellen und Senken	103
4.2.3	Chemische Eigenschaften	105
4.2.4	Lufttrübung und Sichtweite	106
4.3	Regionale und lokale Windsysteme W. BECKRÖGE	107
4.3.1	Entstehung	107
4.3.2	Auswirkungen/Frischluftzufuhr	115
4.3.3	Aspekte für die Planung	116
4.4	Wolken und Niederschlag	117
4.4.1	Wolken- und Niederschlagsbildung A. HELBIG	117
4.4.2	Niederschlagsverhältnisse in Städten, gezeigt am Beispiel Berlin und Hamburg P. SCHLAAK	119
4.4.3	Aspekte für die Planung P. SCHLAAK	125

<b>5</b>	<b>Das Bioklima des Menschen in der Stadt</b> . . . . .	126
	G. JENDRITZKY, A. GRÄTZ, 5.3.3.4 mit W.-P- GERTH	
5.1	Gesundheitliche Bedeutung des Stadtklimas . . . . .	126
5.2	Biometeorologische Wirkungskomplexe . . . . .	130
5.2.1	Der thermische Wirkungskomplex . . . . .	132
5.2.2	Der lufthygienische Wirkungskomplex . . . . .	141
5.2.3	Der aktinische Wirkungskomplex . . . . .	143
5.3	Umsetzung in der Planung . . . . .	144
5.3.1	Wie ist Bioklima durch Stadtplanung beeinflussbar? . . . . .	144
5.3.2	UBIKLIM . . . . .	145
5.3.3	Anwendungsbeispiele . . . . .	150
<b>6</b>	<b>Wechselwirkung zwischen Gebäude und Atmosphäre</b> . . . . .	159
	J. BAUMÜLLER, A. HELBIG	
6.1	Mesoklima und Mikroklima am Gebäude . . . . .	159
6.2	Energiehaushalt und Wärmeschutz . . . . .	160
6.2.1	Energiehaushalt eines Gebäudes . . . . .	160
6.2.2	Wärmeschutz und Solarenergie . . . . .	161
6.3	Dachbegrünung und Fassadenbegrünung . . . . .	164
6.3.1	Dachbegrünung . . . . .	164
6.3.2	Fassadenbegrünung . . . . .	165
<b>7</b>	<b>Emission, Umwandlung, Immission</b> . . . . .	167
7.1	Luftzusammensetzung . . . . .	167
	J. BAUMÜLLER	
7.2	Emission von Luftschadstoffen . . . . .	168
	J. BAUMÜLLER	
7.2.1	Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland . . . . .	169
7.2.2	Ausblick . . . . .	188
7.3	Chemische Umwandlungen von Spurenstoffen in Stadtluft . . . . .	189
	G. BAUMBACH	
7.3.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	189
7.3.2	Berechnung von Reaktionsraten . . . . .	191
7.3.3	Oxidation von SO <sub>2</sub> . . . . .	192
7.3.4	Reaktion von Stickoxiden . . . . .	193
7.3.5	Ozon in der Umgebungsluft . . . . .	198
7.3.6	Kohlenstoffverbindungen . . . . .	205
7.4	Immissionen . . . . .	206
	J. BAUMÜLLER	
7.4.1	Langzeitentwicklung der Schadstoffbelastung . . . . .	208
7.4.2	Jahresgang . . . . .	212

7.4.3	Wochengang . . . . .	215
7.4.4	Tagesgang . . . . .	215
7.4.5	Inversionen und Luftbelastung . . . . .	222
7.4.6	Schadstoffwindrosen . . . . .	226
7.4.7	Luftaustauschgrößen . . . . .	227
7.5	Trockene und nasse Deposition . . . . .	230
	G. BAUMBACH, überarbeitet und ergänzt nach Löbel (1988b)	
7.5.1	Trockene Deposition . . . . .	230
7.5.2	Nasse Deposition . . . . .	240
7.6	Administrative Gesichtspunkte für die Belange Luft und Klima . . .	249
	J. BAUMÜLLER, U. HOFFMANN	
7.6.1	Bundes-Immissionsschutzgesetz . . . . .	249
7.6.2	Baugesetzbuch und Baunutzungsverordnung . . . . .	260
<b>8</b>	<b>Überblick über die Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Mensch, Tier, Pflanze, Boden und Materialien . . . . .</b>	<b>272</b>
	E. KOCH	
8.1	Vorbemerkung . . . . .	272
8.2	Wirkungen auf den Menschen . . . . .	273
8.2.1	Allgemeines . . . . .	273
8.2.2	Wirkungscharakter einzelner Luftverunreinigungs-komponenten . .	274
8.3	Wirkungen auf Tiere . . . . .	277
8.4	Wirkungen auf Pflanzen . . . . .	278
8.4.1	Allgemeines . . . . .	278
8.4.2	Wirkungscharakter einzelner Luftverunreinigungs-komponenten . .	279
8.5	Wirkungen auf den Boden . . . . .	281
8.6	Wirkungen auf Materialien . . . . .	281
8.7	Gerüche . . . . .	282
8.7.1	Beurteilungsgrundlagen . . . . .	282
8.7.2	Aspekte für die Planung . . . . .	285
<b>9</b>	<b>Meßnetze, Meßverfahren . . . . .</b>	<b>289</b>
9.1	Meteorologische Messungen in Stadtgebieten . . . . .	289
	U. OTTE	
9.1.1	Stationäre meteorologische Meßnetze . . . . .	289
9.1.2	Temporäre Meßnetze in Städten . . . . .	290
9.1.3	Feldexperimente . . . . .	292
9.1.4	Ergänzende Verfahren . . . . .	299
9.1.5	Aspekte für die Planung . . . . .	299
9.2	Luftmeßnetze . . . . .	300
	J. BAUMÜLLER	

9.3	Wirkungsbezogene Meßverfahren . . . . .	307
	E. KOCH	
9.3.1	Allgemeines . . . . .	307
9.3.2	Begriffsbestimmungen . . . . .	308
9.3.3	Wirkungserhebungen an Menschen . . . . .	309
9.3.4	Wirkungserhebungen an Pflanzen . . . . .	310
9.3.5	Wirkungserhebungen an Tieren . . . . .	313
9.3.6	Wirkungserhebungen an Materialien . . . . .	314
9.3.7	Hinweise für die Anwendung der Verfahren in Planungsfällen . . .	314
<b>10</b>	<b>Die Anwendung Geographischer Informationssysteme und geostatistischer Methoden in der Stadt- und Regionalplanung</b> . . . . .	<b>317</b>
10.1	Grundlegende Hinweise zur Anwendung von Geographischen Informationssystemen (GIS) und räumlichen Interpolations- verfahren . . . . .	317
	B. BERNSDORF	
10.1.1	Definitiverischer Überblick . . . . .	318
10.1.2	Die Maßstabsfrage: Vektor- oder Rasterdaten? . . . . .	319
10.1.3	Die geographische Datenbank – Besonderheiten der raum- bezogenen Datenhaltung . . . . .	320
10.1.4	Von der Punkt- zur Flächeninformation – Interpolationsalgorithmen . . . . .	321
10.1.5	Multimedia, INTERNET, World Wide Web (WWW) – Perspektiven und jüngere Trends auf dem GIS-Sektor . . . . .	322
10.1.6	GIS-Funktionalitäten und rechentechnische Voraussetzungen . . .	324
10.2	Anwendung von GIS im Planungsbereich, speziell in der Stadt- planung, hinsichtlich der Bereiche Klima/Lufthygiene . . . . .	324
	U. SEHER	
10.2.1	Klima und Planung . . . . .	324
10.2.2	Informationsbedarf der Regionalplanung/Stadtplanung zum Funktionsbereich Klima/Luft . . . . .	326
10.2.3	Die Datenlage und -reduktion im Funktionsbereich Klima/Luft . .	327
10.3	GIS und Modelle in der Stadtklimatologie . . . . .	328
	A. HELBIG	
<b>11</b>	<b>Modellierungen</b> . . . . .	<b>332</b>
11.1	Grundlagen der Modellierung des Stadtklimas und der Schadstoffausbreitung . . . . .	332
	M. J. KERSCHGENS	
11.1.1	Einleitung . . . . .	332
11.1.2	Prinzipielle Gleichungen . . . . .	333

11.1.3	Klassifizierung stadtmeteorologischer Modelle . . . . .	335
11.1.4	Modelle ohne explizite Auflösung städtischer Strukturen . . . . .	337
11.1.5	Modellierung innerhalb städtischer Strukturen . . . . .	347
11.1.6	Vergleich mit Messungen . . . . .	352
11.2	Modelle zur Simulation der Ausbreitung von Luftbeimengungen . . . . .	353
	K. MASSMEYER	
11.2.1	Diffusionskategorien und Präprozessoren . . . . .	356
11.2.2	Modelltypen . . . . .	362
11.2.3	Spezielle Modelle für Kfz-bedingte Ausbreitung in Straßenschluchten . . . . .	372
11.2.4	Modellierung der Schadstoffablagerung durch Prozesse der trockenen Deposition . . . . .	375
11.2.5	Überhöhungsformeln . . . . .	376
11.2.6	Schwergasausbreitung . . . . .	377
11.3	Windkanal . . . . .	379
	J. BAUMÜLLER	
11.3.1	Allgemeines . . . . .	379
11.3.2	Der Windkanal als Untersuchungsmethode . . . . .	379
11.3.3	Windkomfort . . . . .	386
11.3.4	Standorte von Windkanälen . . . . .	387
<b>12</b>	<b>Stadtklima und Luftreinhaltung in Österreich anhand von Beispielen . .</b>	<b>389</b>
	R. LAZAR	
12.1	Einleitung und Problemstellung . . . . .	389
12.2	Stadtklimaanalysen . . . . .	389
12.2.1	Stadtklimauntersuchungen Salzburg . . . . .	389
12.2.2	Untersuchungen zum Stadtklima in Klagenfurt . . . . .	393
12.2.3	Untersuchungen zum Stadt- und Geländeklima in Dornbirn (Vorarlberg) . . . . .	396
12.2.4	Untersuchungen zum Stadtklima von Wien . . . . .	398
12.2.5	Stadtklimatische Untersuchungen in Linz . . . . .	401
12.2.6	Untersuchungen zum Stadtklima von Graz . . . . .	403
12.3	Untersuchungen zur Schadstoffausbreitung in Österreich . . . . .	414
12.4	Zusammenfassung . . . . .	418
<b>13</b>	<b>Stadtklimaforschung in der Schweiz . . . . .</b>	<b>419</b>
	E. PARLOW	
13.1	Einleitung . . . . .	419
13.2	Schadstoffimmission, Transportvorgänge und Emission . . . . .	420
13.3	Meteorologie der städtischen Grenzschicht . . . . .	422
13.4	Stadtklima und Planung . . . . .	424



---

<b>14</b>	<b>Beschreibung der CD-ROM zum Buch</b> . . . . .	425
	A. HELBIG	
	<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	428
	<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	461