Zeitschrift: Geographica Helvetica : schweizerische Zeitschrift für Geographie = Swiss journal of geography = revue suisse de géographie = rivista svizzera di geografia

Herausgeber: Verband Geographie Schweiz ; Geographisch-Ethnographische Gesellschaft Zürich

Band: 43 (1988)

Heft: 2

Artikel: Grundsätzliche Aspekte von Klima und Lufthygiene in der Region Basel

Autor: Moser, H.R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-872635

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Siehe Rechtliche Hinweise.

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. Voir Informations légales.

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. See Legal notice.

Download PDF: 22.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Grundsätzliche Aspekte von Klima und Lufthygiene in der Region Basel

1. Einleitung und Problemstellung

Seit ca. 10 Jahren erfolgen in der Schweiz von seiten mehrerer kantonaler Luftreinhaltefachstellen wie auch von seiten des Bundes kontinuierliche Messungen der Luftschadstoffbelastung. So wird auch im Raum Basel seit 1977, ursprünglich durch das damalige Amt für Lufthygiene Baselland, an mehreren Orten die Belastung durch Schwefeldioxid gemessen (vgl. LHA, 1986). Die Meßstation des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe auf St. Margrethen besteht seit 1980 (BUS, 1987). Mit der Inkraftsetzung der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) im Jahre 1986 hat die Zahl der Meßstationen sowohl gesamtschweizerisch wie auch in der Region Basel noch weiter zugenommen. Alle Messungen belegen, daß in Agglomerationen und Städten die Immissionsgrenzwerte gemäß LRV zum Teil erheblich überschritten werden. Für den Sekundärschadstoff Ozon gilt diese Aussage auch für ländliche Bereiche weitab der Ballungszentren.

Die Luftschadstoffkonzentration in einem Gebiet oder einer Region wird durch drei Faktoren bestimmt: die Vorbelastung der Luftmassen, die in der Region selbst emittierten Schadstoffmengen und das Volumen der Luftmasse und deren Erneuerung (vgl. H. R. MOSER, 1985). Die *Vorbelastung der Luftmassen,* welche in eine bestimmte Region einströmen, ist abhängig von deren Nachbarschaft zu starken Emissions- oder Reinluftgebieten sowie von den Hauptwindrichtungen. Dieser Faktor ist durch die geographische Lage gegeben und kann durch lokale Maßnahmen oder politische Entscheide nicht beeinflußt werden. Das *Ausmaß und die Struktur* der lokalen *Emissionen* wird bestimmt durch die Bevölkerungszahl und -dichte, das Verkehrsaufkommen und dessen Modal-Split und die Zusammensetzung und räumliche Anordnung von Gewerbe, Industrie und öffentlichen Großemittenten wie beispielsweise einer Kehrichtverbrennungsanstalt. Dieser Faktor ist direkt beeinflußbar durch Maßnahmen und langfristige Strategien in den Bereichen technische Emissionsminderung, Verkehrs- und Siedlungsplanung.

Bei konstanter Vorbelastung und konstanter lokaler Emissionsrate bestimmt die Größe des zur Verfügung stehenden *bodennahen Luftvolumens* die tatsächliche lokale Luftschadstoffkonzentration. Dieses wird definiert einerseits durch die topographischen Verhältnisse, andererseits durch die lokalmeteorologischen Bedingungen. Je enger beispielsweise ein Tal ist, um so geringer ist das zur Verfügung stehende Luftvolumen. Bei den lokalmeteorologischen Faktoren ist zu unterscheiden zwischen den horizontalen und den vertikalen Austauschbedingungen. Je stärker und ungehinderter eine Windströmung ist, um so besser erfolgt der horizontale Austausch. Dichte Überbauung erhöht die Bodenrauhigkeit und behindert so die horizontale Be- und Entlüftung. Der vertikale Austausch wird bestimmt durch die thermische Schichtung der Atmosphäre. Im Mittel nimmt die Temperatur in der Atmosphäre pro 100 m Höhenzunahme um 0,6–0,7 °C ab. Häufig aber unterlagert eine Schicht kalter Bodenluft eine wärmere, überliegende Luftmasse. Diese bodennahe Kaltluft kann sich durch nächtliche Ausstrahlung oder dynamisch bedingt durch Absinkbewegungen in der freien Atmosphäre bilden. Die dadurch bedingte Temperaturzunahme mit der Höhe – diese Inversion – bildet eine atmosphärische Sperrschicht, welche den vertikalen Austausch unterbindet und so das Luftvolumen nach oben hin begrenzt. Dieser dritte Faktor ist zwar wieder nicht direkt beeinflußbar, doch können durch raumplanerische Maßnahmen seine Auswirkungen negativ oder positiv beinflußt werden.

Im folgenden werden die topographischen und lokalmeteorologischen Voraussetzungen einerseits und die Emissionsmengen andererseits in ihrer Bedeutung für die lufthygienische Situation in der Region Basel diskutiert.

2. Topographische Voraussetzungen und Siedlungsstruktur

Entsprechend ihrer topographischen Lage klassiert H. WANNER (1986) die schweizerischen Städte in vier Standortstypen. Basel zählt dabei zu den Städten an topographisch geschützter Lage, welche sich an ei-

H. R. Moser, Dr. phil., Lufthygieneamt beider Basel, Rheinstr. 44, 4410 Liestal

ner Talmündung oder an der Grenze Hügelregion/ Vorland befinden. Die Stadt Basel liegt an der Talmündung des in ost-westlicher Richtung verlaufenden Hochrheintales (4–5 km Breite) in den Oberrheingraben (ca. 200 m ü. M.), welcher von Basel aus in süd-nördlicher Richtung bis Frankfurt (ca. 300 km) (vgl. Fig. 1) verläuft. Im Norden wird das Hochrheintal begrenzt durch den Schwarzwald und seine Vorhügel (500–1500 m ü. M.), im Süden durch Tafel- und Faltenjura (500–1000 m), welcher auch die südliche Begrenzung des Oberrheingrabens bildet.

Zudem stellt das Hochrheintal und seine Seitentäler die Verbindung her zwischen dem Oberrheingraben einerseits und dem schweizerischen Mittelland andererseits. Es hat also die Funktion eines regionalmeteorologischen Ausgleichskanals zwischen zwei typischen mitteleuropäischen Beckenlandschaften, welcher vor allem bei winterlichen antizyklonalen Bedingungen als Ausfluß des Kaltluftkör-

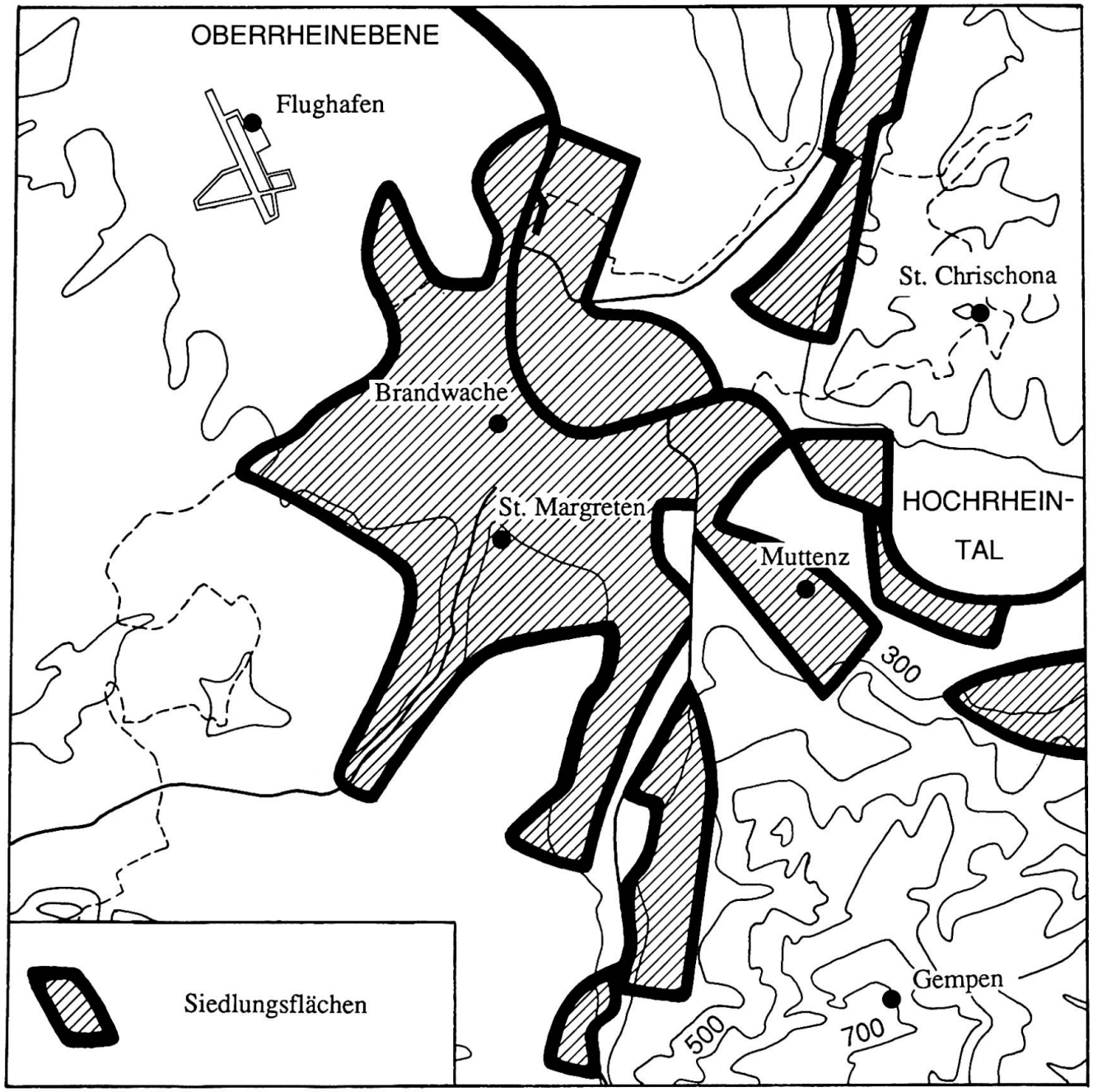


Fig. 1 Übersichtskarte der Region Basel

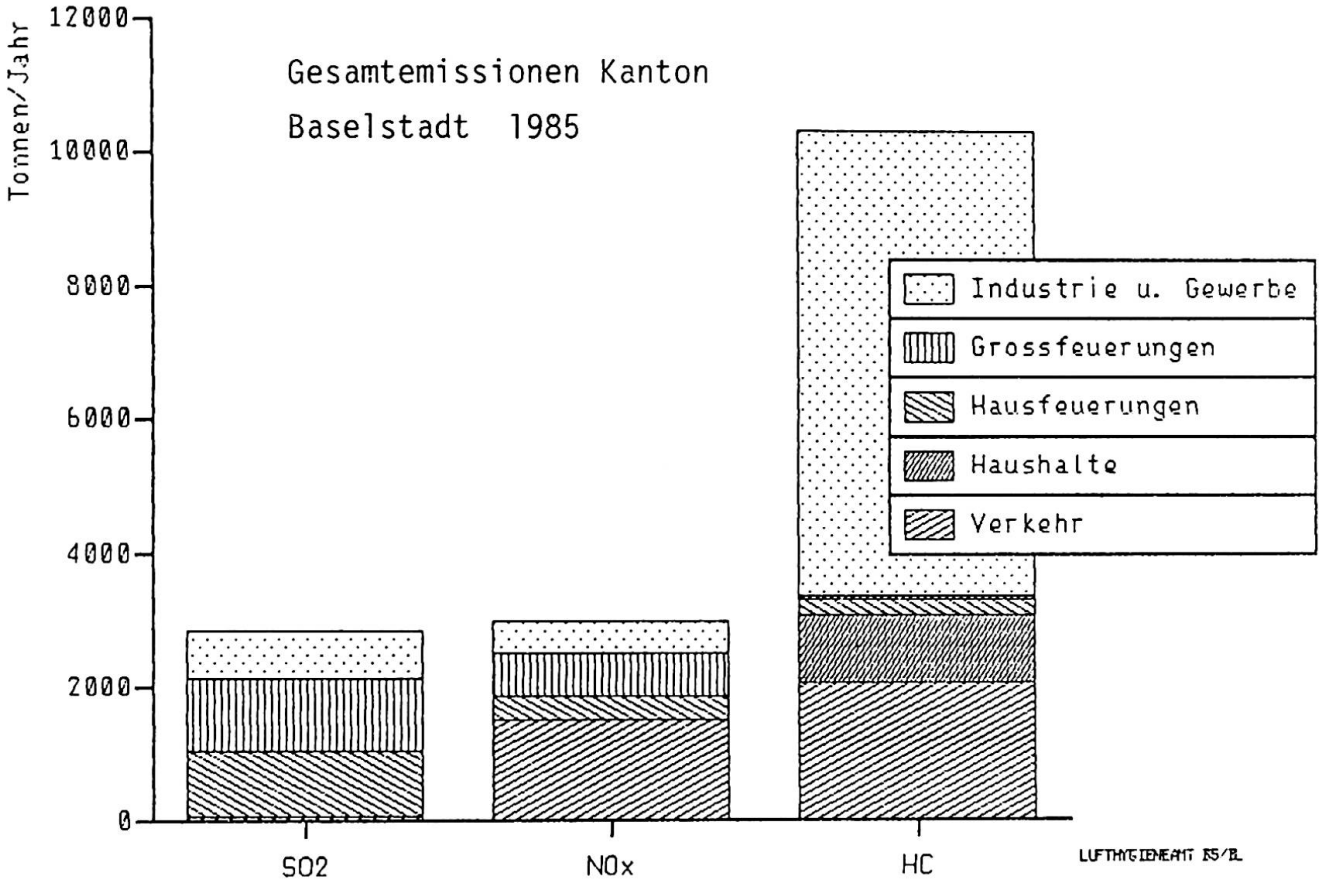
pers des schweizerischen Mittellandes in den Oberrheingraben dient (vgl. H. U. DÜTSCH, 1985).
Der Kern der Agglomeration mit der Stadt Basel als Zentrum liegt genau am Ausgang des Hochrheintales. Die Siedlungsflächen der Agglomeration schließen sich konzentrisch um diesen Kern an und reichen mit ihren Siedlungsbändern weit in das Hochrheintal und die nach Norden und Süden führenden Täler von Wiese, Ergolz, Birs und Birsig hinein. Dabei nehmen sie vor allem die Talböden und teilweise auch die Hanglage ein.
1984 zählte der Kanton Basel-Stadt etwas weniger als 200 000 Einwohner, der Kanton Basel-Landschaft etwas mehr als 220 000 Einwohner. Wie schon oben erwähnt, verteilt sich aber die Bevölkerung nicht homogen auf die gesamte Fläche der beiden Kantone, sondern konzentriert sich auf die Tallagen von Birseck und Hochrheintal sowie die Ebene um die Stadt Basel. In diesem Gebiet leben rund 350 000 Einwohner, was 80% der Bevölkerung der beiden Kantone ausmacht. Dabei sind die Einwohner der angrenzenden Agglomerationsgemeinden in Frankreich und Deutschland nicht mitgezählt.
Ausgedehnte Industrieflächen als Sitz von Großemittenten finden sich einerseits im Hochrheintal östlich der Stadt (Industrieareal Pratteln, Schweizerhalle, Grenzach) und im Stadtgebiet selbst (Kleinbasel, Basel Nord).
Eine weitere zusammenhängende Industriefläche erstreckt sich entlang der Birs. Auch die Verkehrsstränge folgen gebündelt den Tälern.

3. Das Ausmaß der lokalen Emissionen

Durch die industrielle und gewerbliche Tätigkeit, die Haushalte, die Haus- und Großfeuerungen und nicht zuletzt durch das Verkehrsaufkommen werden beträchtliche Mengen an Schadstoffen in die Luft der Region Basel abgegeben. Im folgenden werden für die Schadstoffe Schwefeldioxid, Stickoxide und die Gruppe der Kohlenwasserstoffe die emittierten Mengen in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft kommentiert und in Fig. 2 graphisch dargestellt. Die Zahlen sind dem Zwischenbericht zum Emissionskataster Basel-Stadt (LHA, 1987) entnommen.
Die Gesamtemission an *Schwefeldioxid* (SO_2) ist in beiden Kantonen gleich groß und beträgt für das Stichjahr 1985 zusammen 5700 t. SO_2 entsteht hauptsächlich bei der Verbrennung von Heizöl und Kohle, bedingt durch den Schwefelgehalt dieser Brennstoffe. Die Haus- und Großfeuerungen liefern denn auch rund drei Viertel der SO_2-Fracht in der Region. Die Emittenten der Quellengruppen Industrie und Gewerbe sind Abfallverbrennungsanlagen und chemische Prozesse. Der Anteil des Verkehrs ist gering und wird durch den Verbrauch von Dieseltreibstoff verursacht.
Entsprechend der Arbeitsplatzstruktur und der geringen Flächengröße ist im Kanton Basel-Stadt der prozentuale Anteil von Industrie- und Gewerbe größer, hingegen der Anteil des Verkehrs kleiner.
Die *Stickoxid*-Emissionen (NO_x) in beiden Kantonen zusammen betragen beinahe 10 000 t. Dabei zeigen sich zwischen beiden Kantonen sowohl Unterschiede in der Menge wie auch in der anteilmäßigen Zusammensetzung nach Emittentengruppen.
NO_x entsteht bei Verbrennungsprozessen in Motoren und Feuerungen. Im Gegensatz zum SO_2 spielt hier weniger der Stickstoffgehalt der Treib- und Brennstoffe eine Rolle, sondern der immer am Verbrennungsprozeß beteiligte Luftstickstoff.
Der Verkehr ist der wichtigste NO_x-Emittent. Im Kanton Basel-Landschaft verursacht er über 80% des Ausstoßes. Im Kanton Basel-Stadt ist sein Anteil mit 50% weniger ausgeprägt, was hauptsächlich durch eine geringere Fahrleistung bedingt ist, wegen der kleinen Fläche des Kantons. Hier stechen dafür die Großfeuerungen (Kohle) und Abfallverbrennungsanlagen mehr hervor, die rund ein Drittel des NO_x-Ausstoßes verursachen.
Die als *Kohlenwasserstoffe* (HC) bezeichneten Stoffe sind organische Gase und Dämpfe und von der chemischen Zusammensetzung her sehr unterschiedlich. Zusammen mit den Stickoxiden sind sie Ausgangsprodukt für die anthropogene Bildung des Sekundärschadstoffes Ozon. Die in der Region durch menschliche Aktivität emittierten Kohlenwasserstoffmengen sind mit mehr als 20 000 t beträchtlich. Sie verteilen sich je hälftig auf die beiden Kantone, ohne daß diese sich im prozentualen Muster groß unterscheiden würden.
Die HC-Emissionen entstehen hauptsächlich bei der Verwendung von Lösungsmitteln, Farben und Lacken sowie bei chemischen Prozessen. Industrie und Gewerbe liefern auf diesem Weg knapp zwei Drittel der HC-Emission in der Region. HC-Emissionen werden auch bei Verbrennungsprozessen durch unvollständige Verbrennung verursacht. Der Verkehr liefert auf diese Art rund ein Viertel der HC-Emission in der Region.

4. Die lokalmeteorologischen Bedingungen

Über die lokalmeteorologischen Verhältnisse im Raum Basel liegen eine Reihe von Arbeiten vor, die sich aber zumeist mit Einzelaspekten befassen. Erwähnt seien hier nur: W. SCHÜEPP (1971, 1982), H. R. MOSER (1986) und K. KAMBER (1987). Es fehlt leider eine umfassende Arbeit, welche das Datenmaterial der ganzen Region aufbereitet, wie sie beispielsweise für Städte wie Bern, Freiburg im Breisgau oder Essen (BRD) vorliegen. In den sechziger und siebziger Jahren sind hingegen an der Abteilung für Meteorologie, Basel, eine Reihe von internen Berichten zur Frage der regionalen Durchlüftung



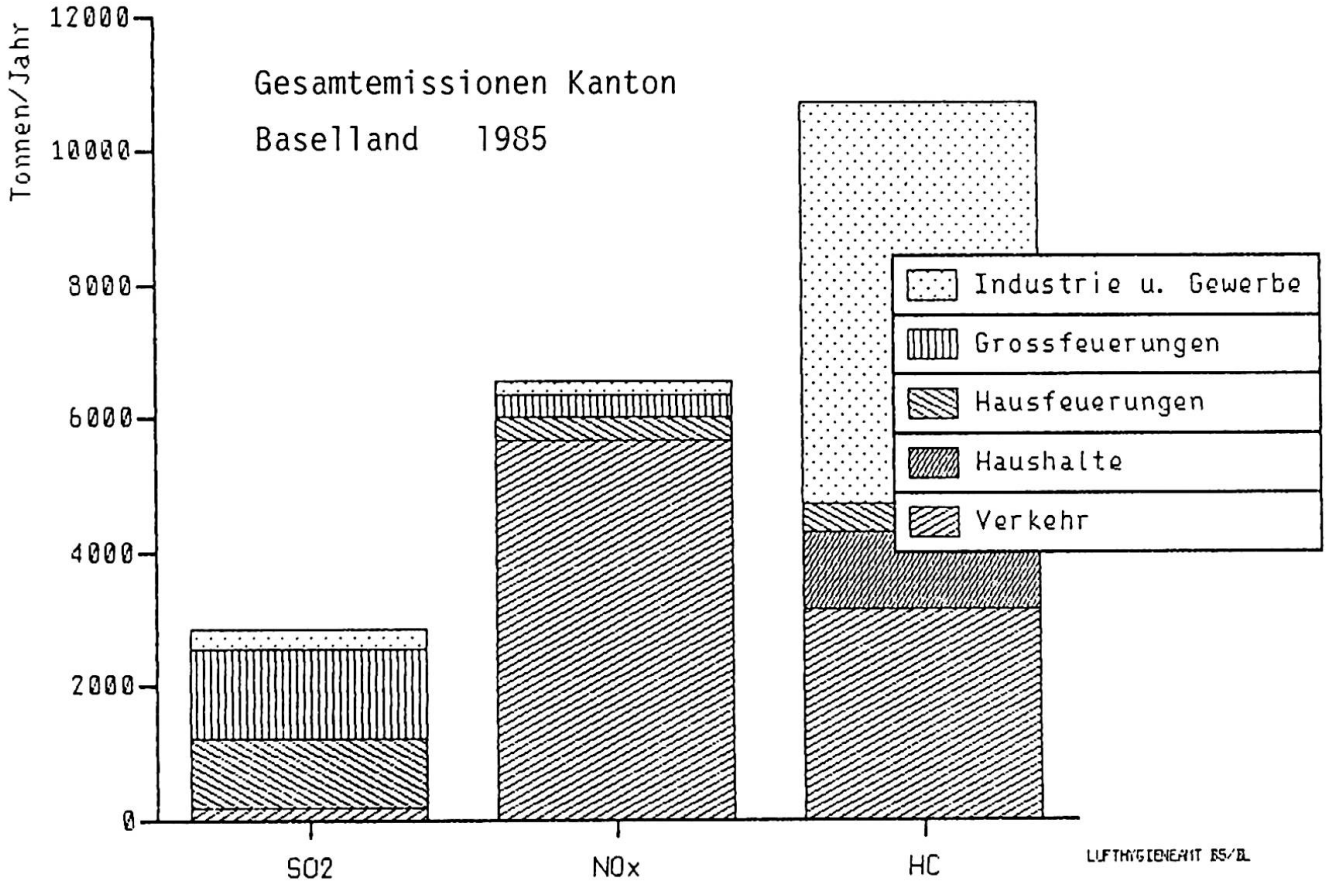


Fig. 2 Gesamtemissionen Kantone Basel-Landschaft und Basel-Stadt 1985

und der Inversionshäufigkeit entstanden, deren Aussagen auch diesen Ausführungen zugrunde gelegt werden können (Abt. für Meteorologie, Berichte Lufthygiene, vervielfältigte Manuskripte). Leider sind aber diese Anregungen von politischer Seite damals nicht aufgenommen worden.

a) Windverhältnisse

Die Figur 3, welche die *Windverhältnisse* in der Region Basel zeigt, ist diesen Publikationen entnommen. Sie basiert auf Registrierungen der Jahre 1964–70. Dargestellt sind zwei Profilschnitte, der eine, horizontale, reicht vom Hochrheintal (Muttenz) über die Stadt (Brandwache) bis in die Oberrheinebene. Der andere Profilschnitt reicht vom Hochrheintal (Muttenz, 250 m ü. M.) über die Chrischona (510 m ü. M.) bis zum Gempen (710 m u. M.)[1] und bietet so quasi einen Vertikalschnitt durch die bodennahe Atmosphäre der Region. Dargestellt sind die Windverhältnisse, getrennt nach Winden aus dem Ostsektor (50–130°) und aus dem Westsektor (230–310°) in Form von relativen Häufigkeiten. Die absoluten Häufigkeiten der Windrichtung und -geschwindigkeit sind zusammengestellt in Tab. 1 und 2.

Mit Ausnahme der Station Flughafen treten Winde aus den Sektoren West oder Ost mit größter Häufigkeit auf. Sie machen zusammen in der Regel um 70% aus. Dies bedeutet, daß wir es im Abschnitt Hochrheintal–Oberrheingraben mit großer Häufigkeit mit einer kanalisierten Strömung zu tun haben. Bei Weststrømung wird Luft aus dem Oberrheingraben ins Hochrheintal geführt, bei Oststrømung in umgekehrter Richtung verfrachtet.

Generell läßt sich erkennen, daß beim *Bodenwindfeld,* wiedergegeben durch das Horizontalprofil in den Herbst- und Wintermonaten, Ostwinde überwiegen, im Frühling und Sommer hingegen eher Westwinde. Die Windgeschwindigkeiten bei Westwinden sind dabei eher größer als bei Ostwinden. Die Häufigkeit des Ostwindsektors nimmt dabei vom Hochrheintal in den Oberrheingraben ab. Dies ist Ausdruck der Tatsache, daß der Kanalisierungseffekt über der Stadt wegfällt. Einer weitergeführten Oststrømung aus dem Hochrheintal entspricht deshalb eine Winddrehung auf südöstliche bis südli-

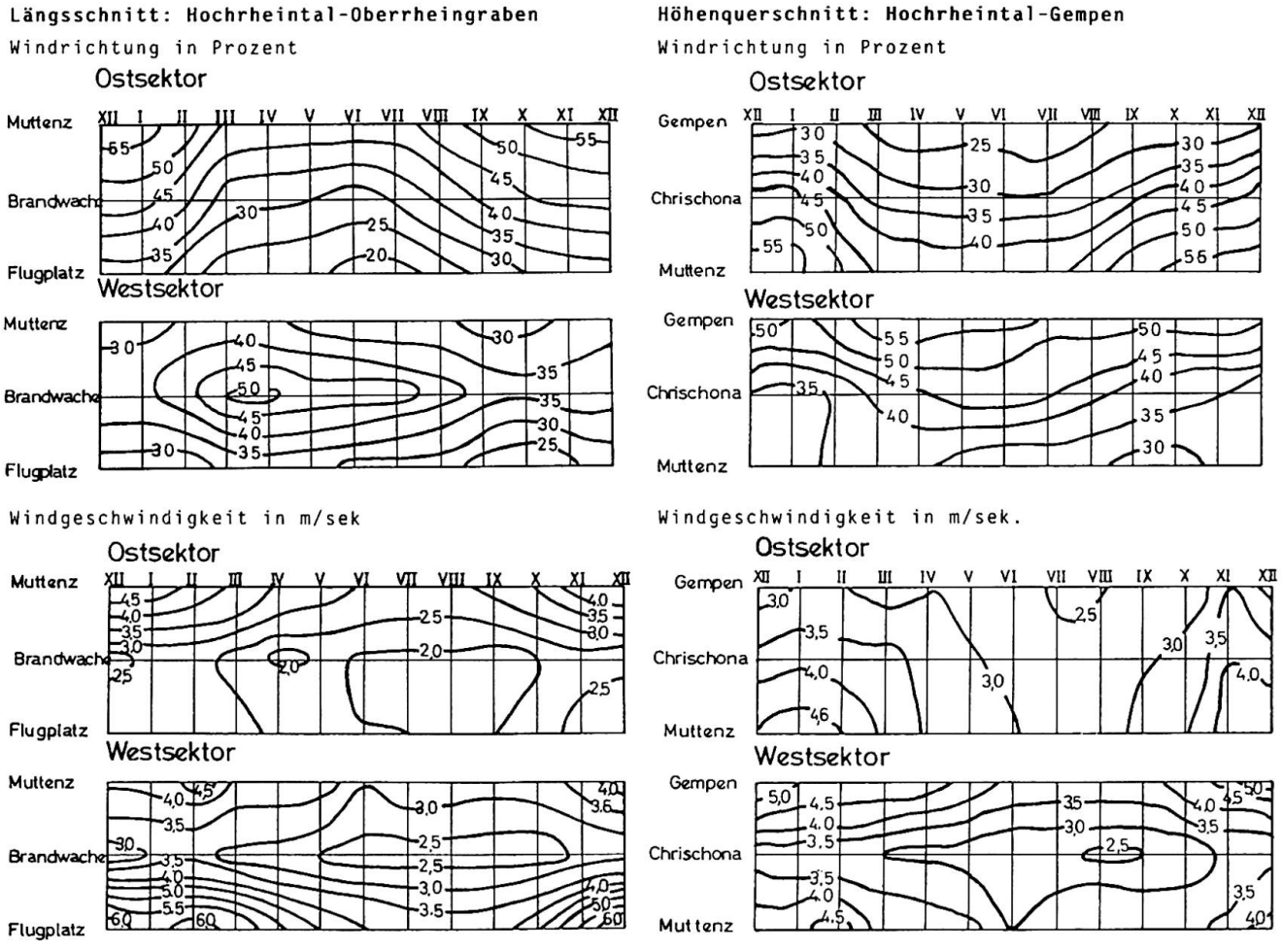


Fig. 3 Windverhältnisse im Querschnitt der Region Basel

Tab. 1 Windhäufigkeiten in Promille

Windhäufigkeit o/oo

Ost-Sektor	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Max - Min
Gempen	299	313	285	241	229	244	236	218	246	266	256	264	95
Chrischona	454	464	405	334	307	308	299	301	344	399	425	430	165
Observatorium	415	444	388	317	294	279	256	259	309	363	382	380	188
Muttenz	574	578	504	438	434	429	424	420	474	529	554	555	158
Brandwache	466	478	409	327	304	301	286	302	354	409	450	451	192
Flugplatz	333	332	281	233	223	207	181	190	236	279	302	312	152

West-Sektor	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Max - Min
Gempen	500	489	528	577	586	563	559	514	539	516	518	522	97
Chrischona	337	317	358	414	444	457	470	461	421	382	360	355	153
Observatorium	322	297	333	381	381	364	371	372	338	301	300	330	84
Muttenz	333	329	364	384	363	339	324	316	304	286	286	321	98
Brandwache	399	391	447	506	504	478	483	474	428	383	369	396	137
Flugplatz	272	270	288	318	313	312	296	299	286	239	209	243	109

Tab. 2 Windgeschwindigkeit in m/s

Windgeschwindigkeit m/sec.

Ost-Sektor	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Max - Min.
Gempen	2.9	3.1	3.0	2.9	3.0	2.8	2.9	2.4	2.5	2.7	2.8	3.5	1.1
Chrischona	3.7	3.9	3.6	3.6	3.2	3.0	2.7	2.6	2.6	3.0	3.2	4.0	1.4
Observatorium	2.4	2.5	2.4	2.3	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.7	1.8	2.3	1.0
Muttenz	4.5	4.7	4.3	3.8	3.4	3.4	2.9	2.8	2.8	3.2	3.5	4.4	1.9
Brandwache	2.4	2.6	2.6	2.3	2.0	2.1	1.9	1.8	1.8	1.8	2.0	2.4	0.8
Flugplatz	2.7	2.6	2.6	2.7	2.3	2.3	2.0	2.0	1.9	2.0	2.3	2.6	0.8

West-Sektor	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Max - Min.
Gempen	5.5	5.0	5.2	5.1	4.7	4.4	3.7	3.7	3.6	3.7	4.3	5.1	1.9
Chrischona	3.3	3.3	3.1	3.0	2.8	2.8	2.6	2.6	2.4	2.5	2.6	3.2	0.9
Observatorium	3.1	3.0	3.2	3.1	2.9	2.6	2.3	2.4	2.3	2.2	2.3	2.9	1.0
Muttenz	4.1	4.2	4.6	3.8	3.9	3.6	3.0	3.5	3.4	3.3	3.4	3.6	1.6
Brandwache	2.6	3.1	3.2	2.9	2.8	2.5	2.3	2.3	2.3	2.1	2.2	2.6	1.1
Flugplatz	6.3	5.7	6.2	5.7	5.0	4.4	4.0	3.8	3.8	3.7	4.5	5.5	2.6

Häufigkeit der Kalmen o/oo

	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
Gempen	36	39	21	26	20	17	26	27	33	30	48	25
Chrischona	32	73	68	43	28	36	29	37	48	34	51	46
Observatorium	57	91	66	57	36	55	52	62	85	97	97	71
Muttenz	0	7	7	7	13	5	8	11	9	11	11	6
Brandwache	43	36	21	13	23	34	48	52	50	63	41	42
Flugplatz	168	194	169	179	163	218	262	237	244	252	262	186

che Strömung im Bereich des Flughafens, also wieder entsprechend der orographischen Lage des Oberrheingrabens. Deutlich ist vor allem auch bei Ostwind eine Abnahme der Windgeschwindigkeit über der Stadt und der Oberrheinebene. H. WANNER/J.-A. HERTIG (1984) haben zeigen können, daß dies mit dem thermischen und dynamischen Einfluß der städtischen Überbauung zusammenhängt.
Neben dem jahreszeitlichen Gang in der Hauptwindachse der Region Basel besteht aber auch ein tageszeitlicher Gang. So treten beispielsweise an der Station Muttenz im Sommer Ostwinde mit bis 50prozentiger Häufigkeit zwischen 10 Uhr nachts und 10 Uhr morgens auf. Über Mittag sinkt deren Häufigkeit auf weniger als 20 Prozent, bei einem Anteil von bis zu 30 Prozent Häufigkeit an Westwinden. Im Winter bleibt hingegen die Ostwindströmung auch tagsüber meistens erhalten. Lufthygienisch hat dieses tagesperiodische Windfeld zur Folge, daß im Sommer nachts belastete Luft nach Westen und in den Oberrheingraben geführt wird, welche tagsüber unter Umständen wieder ins Hochrheintal zurückgepumpt wird. Ist dies der Fall, so findet keine durchgreifende Lufterneuerung statt.
Der *vertikale Profilschnitt* zeigt eine Abnahme der Bedeutung der Ostwindströmung mit zunehmender Höhe. Bei Muttenz beträgt sie um 50 Prozent, auf dem Gempen noch weniger als 30 Prozent. Wiederum sind westliche Richtungen im Sommer in allen Höhenlagen häufiger als im Winter. Generell ist bei östlichen Windrichtungen die Geschwindigkeit kleiner, wobei sie noch nach oben hin abnimmt. Bei westlicher Windrichtung ist die Geschwindigkeit größer und nimmt mit der Höhe tendenziell eher zu.
Aus dieser unterschiedlichen Häufigkeit der Windrichtungen mit der Höhe läßt sich der Schluß ziehen, daß in den verschiedenen Höhenniveaus, deren Trennlinie oft um 500 m liegt, teilweise sich schneidende oder sogar entgegengesetzte Windrichtungen auftreten können. Am häufigsten ist diese Erscheinung im Winter und während der Nachtstunden.

b) Inversionsvorkommen

Währenddem die Bodenwindverhältnisse im Prinzip das Austauschvolumen in horizontaler Richtung definieren, legt die Höhenlage von Inversionen und deren Häufigkeit und Ausdauer das Austauschvolumen in vertikaler Richtung fest. Auch zu dieser Fragestellung gibt es in den oben erwähnten Berichten der Abteilung für Meteorologie einige Untersuchungen.
In Tab. 3 ist die Häufigkeit des Auftretens von Inversionen am Nachmittag (15.30 Uhr) im Winterhalbjahr zusammengestellt. Die Angaben basieren auf Messungen der Jahre 1964–65 und sind umgerechnet auf die Häufigkeit pro Jahr. Damit werden alle Inversionen erfaßt, welche auch tagsüber andauern und damit lufthygienisch durch ihren stetigen Akkumulationseffekt von großer Bedeutung sind. Die Zahl nächtlicher Inversionen, welche sich tagsüber auflösen, wird noch um ein Vielfaches größer sein. In Fig. 4 ist zudem die tageszeitliche Häufigkeit von Inversionen zwischen dem Observatorium Basel-Binningen und dem Gempen für das Jahr 1964 dargestellt.

Tab. 3 Jahreszeitliche Verteilung der Häufigkeit langdauernder Inversionen

Anzahl Inversionstage (1964/65, berechnet auf 1 Jahr).
Angabe des Stationspaares mit der untersten Inversion.

	B–Ch	Ch–G	G–F	Total
Oktober	2	5	2	9
November	–	2	1	3
Dezember	1	6	1	8
Januar	2	7	5	14
Februar	1	1	1	3
März	1	–	–	1
Total Tage	7	≥21	≥10	≥38

B = Basel-Binningen (317 m)
Ch = Chrischona (510 m)
G = Gempen (710 m)
F = Feldberg (1450 m)

Danach treten tagsüber andauernde Inversionen hauptsächlich im Winterhalbjahr und vereinzelt im Herbst auf. Im Sommer lösen sie sich, durch die stärkere Einstrahlung bedingt, zwischen 10 und 18 Uhr, also nachmittags immer wieder auf. Ihre größte Häufigkeit mit 21 Tagen pro Jahr haben sie in der Höhenlage zwischen 500 und 700 m. Sie treten am häufigsten auf bei Hochdrucklage sowie bei Föhnsituationen und bei Höhenwinden aus südlichen Richtungen.
Zusammenfassend läßt sich also feststellen, daß die Region Basel lokalmeteorologisch gekennzeichnet ist durch:

- ein kanalisiertes Bodenwindfeld mit tages- und jahreszeitlichen Windwechseln. Am häufigsten treten dabei kanalisierte Ostwinde auf. Halten sie auch tagsüber an, so haben sie zur Folge, daß sich die Luftschadstoffe auf ihrem Weg bis an die nördliche Grenze der Agglomeration akkumulieren und die «Urban Plume» der Stadt Basel als Ganzes in den Sundgau verlagert wird.
- eine häufige Abkoppelung vom topographisch beeinflußten Bodenwindfeld und synoptisch bedingter Windströmung in der Höhe
- die Häufigkeit von Inversionen mit all ihren negativen Folgen für die Austauschbedingungen. Ihre größte Häufigkeit liegt höher als 500 m ü. M., womit auch die Emissionen der Hochkamine unterhalb dieser Sperrschicht bleiben.

Diese generellen Anregungen lassen sich auch wiederfinden bei der Analyse von Einzelfällen. So war beispielsweise die Periode mit erhöhter SO_2-Belastung im Januar 1985 vor allem in ihrer ersten Phase gekoppelt mit einer schwachen, aber beständigen Ostwindströmung. Konsequenterweise traten die Höchstwerte an der nördlich der Stadt Basel gelegenen Station Flughafen auf. In der zweiten Phase hingegen nahm die Windgeschwindigkeit noch weiter ab, und bei stagnierenden oder wechselnden Winden traten die Maximalwerte an der Station Birsfelden auf, welche zwischen der Stadt Basel und den Agglomerationsgemeinden im Hochrheintal liegt.
Im Januar 1987 hingegen herrschte eine schwache Strömung aus Richtung Norden vor, d. h. vom Oberrheingraben her.

5. Folgerungen

H. WANNER (1986) nennt als mögliche Maßnahme zur Verbesserung des lufthygienischen Wirkungskomplexes in den Städten zwei Bereiche:

1. Der Luftaustausch innerhalb des Stadtgebietes und zwischen der Stadt und ihrem ländlichen Umland muß gewährleistet werden.
2. Der Anteil an festen, flüssigen und gasförmigen Luftfremdstoffen muß reduziert werden.

Die erste Forderung hat die Sicherstellung einer ausreichenden Lufterneuerung zum Ziel. Dazu zählen:

- Das Freihalten von Schneisen im Siedlungskörper, welche zur Frischluftzufuhr dienen können. Damit kann die Lufterneuerung im Stadtkörper unterstützt werden.
- Die optimale Orientierung der Baukörper nach den vorherrschenden Winden im Bodenströmungsfeld und die Begrenzung der Baukörperhöhe auf wenige Stockwerke. Beide Maßnahmen verhindern eine noch stärkere Abschwächung der Windströmung über dem Siedlungsgebiet.
- Topographisch vorgegebene Strömungssysteme dürfen nicht durch ungünstige Baukuben be- oder sogar verhindert werden. Sie sorgen für eine Lufterneuerung aus dem Umland in die Stadt und treten vor allem nachts auf. Gerade diese nur schwa-

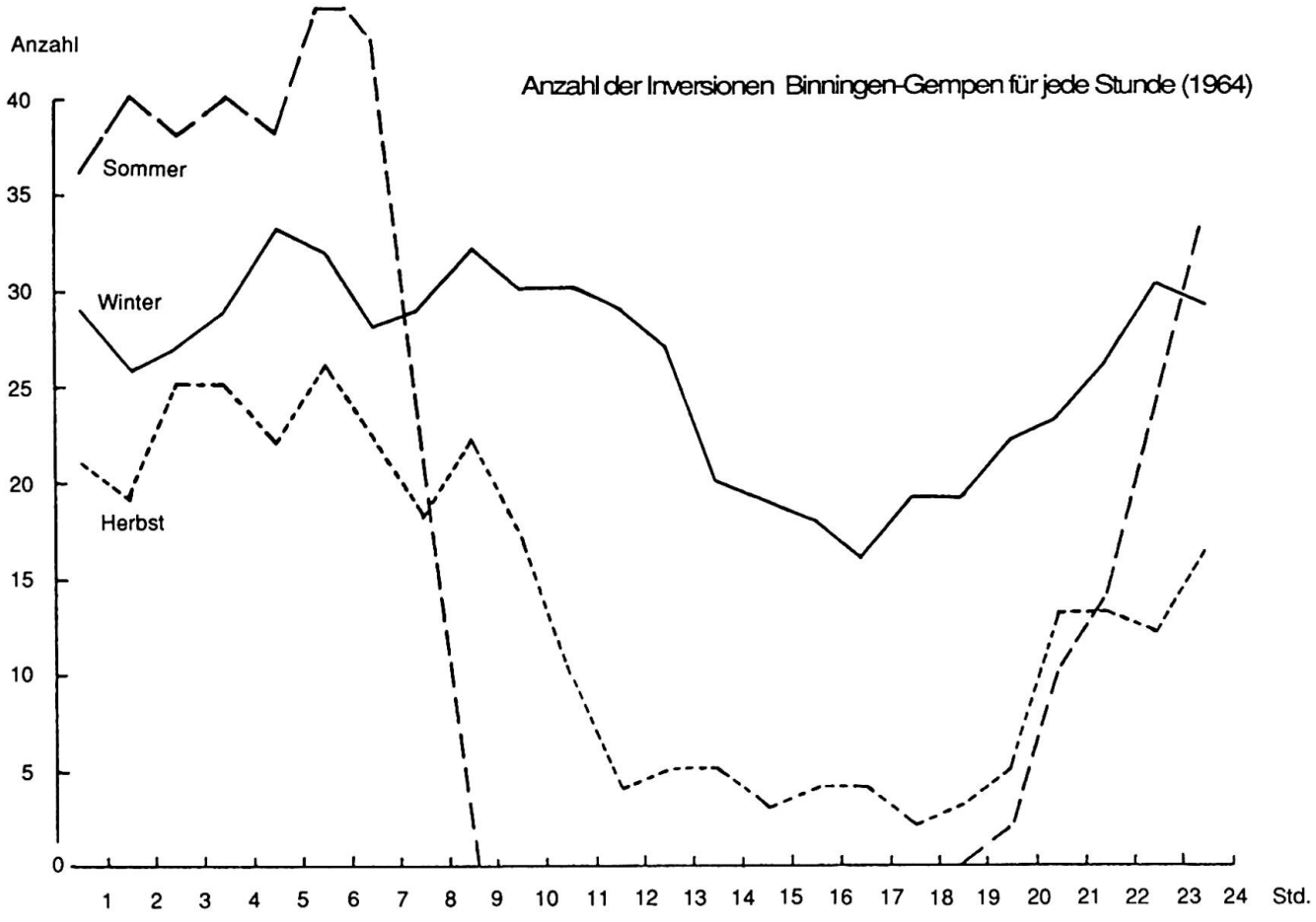


Fig. 4 Tagesperiodischer Gang der Inversionshäufigkeit 1964

chen Windströmungen sind allerdings wegen ihrer nur geringen Mächtigkeit anfällig auf Störungen.

Diesen Forderungen kommt vor allem eine präventive Funktion zu. Sie sorgen dafür, daß das natürlich vorgegebene topographisch bedingte Austauschvermögen eines Gebietes nicht noch weiter unnötig reduziert wird. Allerdings darf die Wirksamkeit solcher Maßnahmen nicht überschätzt werden.

Umgesetzt auf den Raum Basel, müßten daraus die folgenden Forderungen abgeleitet werden:

Das grundsätzliche Ziel muß sein, zu verhindern, daß die durchgängige Strömung zwischen Hochrheintal und Oberrheingraben noch weiter erschwert wird oder sogar abbricht. Dazu dürfen:

- das Hochrheintal nicht durch querstehende, großkubige Bauten verstellt werden
- die Ausgänge der Seitentäler ins Hochrheintal nicht flächenhaft überbaut werden
- windparallele Schneisen durch die Stadt nicht durch Querriegel überbaut werden. Beispiele dazu sind der Rhein, die Gleiskörper von SBB und DB, die Freifläche zwischen Riehen und Basel
- radiale Windachsen aus den Seitentälern in Richtung Stadtkern nicht überbaut oder müßten durch zusammenhängende Grüngürtel erst geschaffen werden.

Solche raum- und siedlungsplanerischen Grundsätze können nur langfristig wirksam werden. Zudem können sie auch bei optimaler Ausnutzung nicht das Problem der übermäßigen Emissionen lösen. Trotzdem sind sie als langfristige Strategie zu verfolgen, zumal diese Maßnahmen nicht nur den lufthygienischen Wirkungskomplex günstig beeinflussen, sondern in allererster Linie auch den thermischen Wirkungskomplex, d. h. die Überwärmung der Stadt, mindern.

Gerade zu den Fragen der lufthygienisch wirksamen lokalmeteorologischen Austauschbedingungen herrscht allerdings in der Region Basel noch ein großes Forschungsdefizit. Zwar sind die grundsätzlichen Mechanismen entlang der regionalen Hauptwindachse Hochrheintal–Oberrheingraben bekannt. Es fehlen aber Angaben über die Windverhältnisse aus den Seitentälern, dreidimensionale Untersuchungen zu möglicherweise vorhandenen stadtbürtigen Flurwindsystemen, und auch das Windregime im Birseck ist nur wenig bekannt. Solche Untersuchungen haben mit zwei Stoßrichtungen zu erfolgen:

1. Darstellung der mittleren Bodenwindverhältnisse in einer *Durchlüftungskarte* und der typischen Einzelfälle in einem *Katalog der regionalen Bodenwindfelder.*
2. Die regionalen Austauschverhältnisse sind als *Lokalwetterlagenkatalog* zu definieren und diese wiederum mit den synoptisch bedingten Großwetterlagen zu verknüpfen. Erst damit werden lufthygienisch *kritische Austauschbedingungen prognostizierbar.* Ihre Prognostizierbarkeit ist aber Voraussetzung für die Handhabung von Smogalarmplänen!

---

[1] Die Meßstandorte sind in Fig. 1 eingetragen

Literatur

BIDER, M. (1966): Bericht über die Ergebnisse meteorologischer Untersuchungen 1964–1965 bei Basel, im Hinblick auf die Luftverunreinigung. Abt. für Meteorologie, Basel.

Bundesamt für Umweltschutz (1987): Luftbelastung 1986 – Meßresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL). Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 67, Bern.

DÜTSCH, H. U. (1985): Large-Scale domination of a regional circulation during winter-time anticyclonic conditions. In: Met. Rundschau 38, S. 65–75.

KAMBER K. (1987): Lokalklimatische Untersuchungen im Hochrheintal vor Basel im Hinblick auf die Luftverschmutzung und damit zusammenhängende Raumordnungsprobleme. In: Regio Bas. XXVIII/1 + 2, S. 123–131.

Lufthygieneamt beider Basel (1986): Schwefeldioxid-Immissionsmeßnetz beider Basel – Meßresultate des Jahres 1985, Liestal.

Lufthygieneamt beider Basel (1987): Emissionskataster Basel-Stadt/Basel-Landschaft – Zwischenbericht, Liestal.

MOSER, H. R. (1985): Beziehungen zwischen Klima und Lufthygiene. In: Regio Bas. XXVI/3, S. 213–222.

MOSER, H. R. (1986): Stadtklimatische Aspekte der Agglomeration Basel. In: Regio Bas. XXVII/3, S. 199–209.

SCHÜEPP, W. (1971): Regionalplanung als meteorologisches Problem. In: Regio Bas. XII/1, S. 189–201.

SCHÜEPP, W. (1982): Untersuchungen über die Windverhältnisse in der Nordwestschweiz. In: Geogr. Helv. 37/4, S. 208–214.

WANNER, H./HERTIG, J.-A. (1984): Studies of Urban Climates and Air Pollution in Switzerland. In: J. of Climate and Appl. Met., 23, S. 1614–1625.

WANNER, H. (1986): Die Grundstrukturen der städtischen Klimamodifikation und deren Bedeutung für die Raumplanung. Jahrbuch d. Geogr. Ges. von Bern, Band 55/1983–1985, Bern, S. 67–84.