

Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz	N. F. 10	3	487—498	Abb. 20-26	Freiburg im Breisgau 1. August 1972
--	-----------------	---	---------	---------------	--

Das Bioklima der Stadt Freiburg*

von

ROBERT NEUWIRTH, Freiburg i. Br.**

Mit Abb. 20—26

I. Einleitung

Das Klima Freiburgs wurde schon immer als ein besonderes erkannt. In der 3. erweiterten Auflage seines Buches „Freiburg im Breisgau“ aus dem Jahre 1840 behandelt Dr. HEINRICH SCHREIBER die klimatischen Eigenschaften des Raumes um Freiburg im wesentlichen richtig, obwohl noch keine geordneten langjährigen Beobachtungsreihen vorlagen. Es ist erstaunlich, daß schon ein großer Teil der eigentümlichen Verhältnisse des Freiburger Klimas erfaßt wurden. Die Modifikation des Großklimas durch die besondere Lage am Rande des Schwarzwaldes und in der Rheinebene wurde richtig erläutert. Der Stadt wurden sowohl die klimatischen Vorzüge der Gebirgsstadt als auch einer solchen in der Ebene zugesprochen. SCHREIBER meint, daß „der Schwarzwald sowohl die Kälte des Winters, als auch die Hitze des Sommers mildert: Jene, indem er dem freien Eindringen der kalten, rauhen Ost- und Nordostwinde sich als Damm entgegenstellt; diese, indem er jeden Abend, sobald die Sonne untergeht, einen kühlen Luftstrom von seinen Höhen herab in die westliche Ebene ergießt“. Mit den heutigen Mitteln der Meteorologie kann diese Grundtatsache des Freiburger Klimas besser untersucht werden. Das hat Dr. H. v. RUDLOFF in seiner Darstellung über die „Besonderheiten im Klima Freiburgs“ deutlich gezeigt. Er hat dabei auf das Windsystem der Freiburger Bucht hingewiesen und dem „Höllentäler“ eine ausgiebige Betrachtung zukommen lassen. In der nachfolgenden Darstellung sollen diese Erkenntnisse zum Teil mitverwendet werden. Im wesentlichen sollen jedoch die Einwirkungen auf das Bioklima, also die klimatischen Vorgänge, die mit dem Leben eng verbunden sind, untersucht werden.

In der natürlichen Umwelt haben sich die Lebewesen weitgehend dem Klima angepaßt. Um nicht vollständig von den äußeren Einflüssen abhängig zu sein, hat sich der Mensch jedoch ein künstliches Klima im Wohnraumklima und im Stadtklima geschaffen. Das erstere ist verhältnismäßig leicht mit den Erfordernissen des menschlichen Wärmehaushalts in Einklang zu bringen. Das Stadtklima ist nur bis zu einer gewissen Grenze vom Menschen durch Planung zu beeinflus-

* Vortrag gehalten am 7. 12. 1970 vor dem Badischen Landesverein für Naturkunde und Naturschutz in Freiburg.

** Anschrift des Verfassers: Regierungsdirektor Dr. R. NEUWIRTH, Deutscher Wetterdienst, Medizinmeteorologische Forschungsstelle, D-78 Freiburg i. Br., Stefan-Meier-Straße.

sen. Dazu müssen die Besonderheiten des Klimas einer Stadt erkannt werden, um bei Planungen ungünstige Einwirkungen zu vermeiden.

Die folgende Darstellung des Bioklimas in Freiburg unterscheidet entsprechend dem allgemeinen Verfahren der Bioklimatologie oder auch der Medizinmeteorologie, wie sie im Deutschen Wetterdienst genannt wird, 3 Wirkungskomplexe:

1. der thermische Wirkungskomplex,
2. der aktinische Wirkungskomplex,
3. der luftchemische Wirkungskomplex.

Die einzelnen Komplexe werden mit unterschiedlich weit entwickelten Instrumenten und Geräteanordnungen erschlossen und die Aussagen dazu sind mehr oder weniger gesichert. Nachfolgend sollen die einzelnen Wirkungskomplexe zuerst allgemein, aber anschließend immer wieder im Hinblick auf die besonderen Verhältnisse der Stadt Freiburg behandelt werden.

II. Die Wirkungskomplexe

1. Der thermische Wirkungskomplex

Die den Menschen am deutlichsten zum Bewußtsein kommenden bioklimatischen Erscheinungen hängen mit dem Wärmehaushalt zusammen. Der Mensch fühlt sich in einem bestimmten Temperatur-Feuchte-Milieu behaglich oder friert bei zu großem Wärmeentzug. Ist die Wärmeabstrahlung geringer als die zugeführte Wärmemenge, so kann es zu Wärmestauungen mit entsprechenden Folgen wie Schwülegefühl oder auch im extremen Fall zu Hitzschlag kommen.

Die Grundlage für die Beurteilungen liefern die Klimastationen. In Freiburg wechselten diese leider häufig den Standort. Seit dem Beginn der Beobachtungen im Jahre 1868 war die Klimastation an 12 verschiedenen Orten aufgestellt worden. Trotzdem hat Dr. v. RUDLOFF den Versuch gemacht, alle 12 Beobachtungsorte auf einen einheitlichen Zeitraum von 1871 bis 1950 umzurechnen. Einen Auszug aus den Ergebnissen bringt die Tabelle 1 für den heißesten und den kältesten Monat sowie für das Jahresmittel.

Tab. 1: Reduzierte langjährige Mittelwerte in °C (1871—1950) der Freiburger Beobachtungsstationen nach Dr. v. RUDLOFF.

	Januar	Juli	Jahr
Almendweg	0,4	18,5	9,5
Elsässer Straße 17	0,6	19,3	9,9
Flughafen	0,6	18,6	9,6
Rhodiaceta	0,6	18,8	9,8
Albertstraße	1,1	19,3	10,1
Physikalisches Institut	1,2	19,3	10,3
Geologisches Landesamt	1,2	18,7	10,0
Rathaus	1,2	19,9	10,4
Wölflinstraße	0,9	19,1	10,0
Botanisches Institut	0,8	19,0	9,9
Lehrerseminar	0,4	18,7	9,5
Sandfang	0,3	18,5	9,4

Wenn auch die Werte der Tabelle wegen der kurzen Beobachtungsdauer nicht ganz zuverlässig sind, so geben sie doch einen sehr eindeutigen Einblick in den Verlauf der mittleren Temperatur am Stadtrand und im Stadttinnern. Das Häu-

sermeer der Stadt tritt bei allen Vergleichsreihen als Wärmespeicher deutlich hervor. Im Januar ist das Stadttinnere im Mittel um $0,9^{\circ}$ wärmer als die Außenbezirke. Im Juli ist das Monatsmittel im Innern um $1,4^{\circ}$ höher als in den westlichen und östlichen Randgebieten. Die Mittelwerte allein liefern jedoch noch keinen Einblick in die Besonderheiten des Stadtklimas von Freiburg. Um diesen zu erhalten, soll in der Tabelle 2 der Tagesgang der Temperatur in Herdern beim Botanischen Garten mit dem an der Elsässer Straße verglichen werden.

Tab. 2: Verlauf der Temperaturen am 13. August 1966 im Botanischen Garten und in der Elsässer Straße sowie Mittelwerte im Juli der Jahre 1959—1966.

	Botanischer Garten	Elsässer Straße	Differenz B. — E.
13. August 1966:			
07 Uhr	19,6	21,4	— 0,8
14 Uhr	33,4	34,2	— 0,8
21 Uhr	24,7	25,8	— 1,1
Maximum	33,9	34,7	— 0,8
Minimum	17,2	17,1	+ 0,1
Mittel 1959—1966			
Juli			
07 Uhr	16,5	16,7	— 0,2
14 Uhr	23,6	23,2	+ 0,4
21 Uhr	18,2	18,6	— 0,4

Aus der Tabelle 2 erkennt man, daß der Botanische Garten in der Frühe um $1,8^{\circ}$ kälter war als das Gebiet im Westen der Stadt. Der Stadtteil Herdern geht also mit einer deutlich niedrigeren Temperatur in den Sommertag hinein. Tagsüber wird die Differenz geringer und um 21 Uhr beträgt sie wieder $1,1^{\circ}$. Es setzt also die Abkühlung in der Stadt rascher ein als am Stadtrand. Die Mittelwerte über den Zeitraum von 1959 bis 1966 zu den 3 Beobachtungsterminen stützen dieses Ergebnis. Um Mittag ist es in der Stadt wärmer und am Abend und Morgen kälter als am Rande. Diese Eigentümlichkeit des Stadtklimas von Freiburg kann man erst richtig würdigen, wenn man bedenkt, daß im Sommer die meisten Städte am Abend noch aufgeheizt sind und die warmen Häuser eine erhebliche Temperaturstrahlung aufweisen. An einem heißen Julitag wurde in Karlsruhe um 21 Uhr in der Stadt eine um 7° höhere Temperatur festgestellt als auf dem freien Land. Freiburg verdankt den Vorzug der abendlichen Abkühlung einer guten Durchlüftung durch die Bergabwinde, die zum Teil vom Höllental als „Höllentäler“ herankommen, zum Teil aber auch von der gesamten Hügelkette vom Schauinsland über den Kybfelsen zum Sternwald und anschließend über den Roßkopf bis zur Zähringer Burg zur Stadt hineinwehen.

Einen weiteren Einblick in die Temperaturverhältnisse während eines Sommertags gab die Meßfahrt am 17. Juli 1967. Sie wurde um 13.45 Uhr an der Elsässer Straße/Steinstraße begonnen und endete 15.55 Uhr in Littenweiler „Löwen“. Die mit dem Asmann-Psychrometer gemessenen Werte wurden mit Hilfe des Thermographen beim Wetteramt auf 15 Uhr reduziert. Die Abbildung 20 gibt eine Vorstellung über die Verteilung von wärmeren und kühleren Gebieten innerhalb des Stadtbereiches. Als Überlitzungsräume mit mindestens $28,5^{\circ}$ C traten Landwasser, der Raum vom Colombi-Park und die Mozartstraße beim Stadtgarten hervor. Gebiete mit wesentlich niedrigeren Temperaturen wurden im Mooswald, im Colombi-Park, im Stadtgarten sowie beim Jägerhäusle erfaßt.

Die Punktreihe der Abbildung ist in ein schraffiertes Feld hineingelegt. Damit soll eine planerische Initiative angeregt werden. Schafft man einen Zusammenhang der „Erfrischungsräume“ untereinander, so entsteht ein Grüngürtel, in dem bis zu $3,2^{\circ}$ tiefere Temperaturen als in den benachbarten Überhitzungsräumen angetroffen werden können.

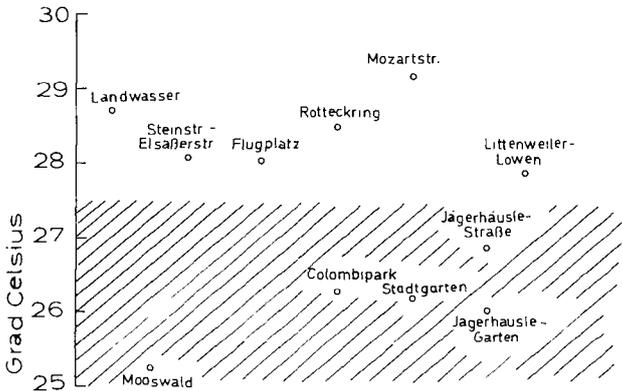


Abb. 20: Gebiete verschiedener Wärmebelastung in Freiburg als Ergebnis der Meßfahrt am 17. Juli 1967.

Die Wärmebelastung ist heute eine der wichtigsten, auch von der medizinischen Seite voll anerkannten gesundheitsschädigenden Einwirkungen auf den Menschen Mitteleuropas, besonders dann, wenn Herz- und Kreislaufschwächen vorliegen. In der allgemeinen Praxis ihrer Beurteilung wird die Äquivalenttemperatur herangezogen. Diese wird aus der aktuellen Temperatur und dem doppelten Dampfdruck berechnet. Übersteigt dieser Wert 50° , so wird Wärmebelastung angenommen. Als nicht weiter bedenklich wird eine Anzahl von 25 Tagen im Jahr mit einer Äquivalenttemperatur von 50° und mehr angesehen. Im Mittel der Jahre 1947—1970 errechnet sich für Freiburg die Zahl 31,5. Der Grenzwert der Begriffsbestimmungen wird also deutlich überschritten. In einzelnen Jahren sind fast doppelt soviel Tage mit Wärmebelastung in Freiburg vorhanden. Im Jahre 1947 waren es 61, im Jahre 1952 48, 1961 40 und 1964 waren es 37 solcher Tage mit mehr als 50° Äquivalenttemperatur.

Diese Betrachtungsweise macht deutlich, wie stark die Wärmebelastung in Freiburg ist und wie notwendig die Schaffung von Möglichkeiten ist, die erlauben, in der nächsten Umgebung Gebiete mit geringerer Wärmebelastung aufzusuchen. Daher ist auch die Lage am Schwarzwaldrand wichtig und die in Freiburg gegebenen Möglichkeiten, innerhalb kurzer Zeit höher gelegene Gebiete mit geringerer Schwüle zu erreichen. Für zwei Schwüleperioden vom 7. 6. bis 28. 6. und vom 15. 7. bis 25. 7. 1963 wurde stundenweise der Grad der Schwüle nach dem Schwülemaß von King ausgerechnet. Die Abbildung 21 gibt eine Darstellung des Verlaufs der Anzahl der Stunden mit den verschiedenen Schwülegraden mit der Höhe. Die Stundenzahl mit geringfügiger bis leichterer Schwüle (Schwülegrad 0 bis 1 und 1) steigt in der Vorbergzone noch etwas an, um dann gegen die mittleren Höhenlagen langsam abzunehmen. Ein anderes Bild ergibt sich bei der

Auszählung der Stunden mit den Schwülegraden 1 bis 2 und 2 (leicht bis mäßig und mäßig) und 2 bis 3 und 3 (mäßig bis stark und stark). Die resultierenden Kurven demonstrieren eine sehr rasche Abnahme mit der Höhe. So stehen bei der mittleren Kurve 129 Stunden mit Schwülegrad 1 bis 2 und 2 in Freiburg nur 92 in Badenweiler, 42 in Hinterzarten und 0 auf dem Feldberg gegenüber. Bei der mäßig bis starken und starken Schwüle hat Freiburg 81 Stunden, Badenweiler 49 und Hinterzarten nur noch 10 Stunden aufzuweisen. Als Resultat zeigt sich deutlich, daß die Anzahl der Stunden mit merklicher Schwüle und mehr sehr

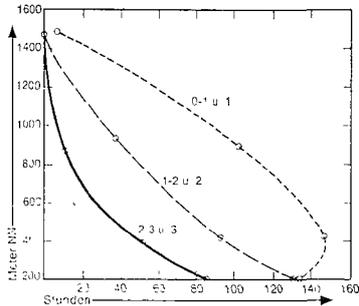


Abb. 21: Zusammenhang zwischen der Anzahl der Stunden mit verschiedenen Schwülegraden und Höhenlage.

rasch mit der Höhe abnimmt. Dieses Ergebnis ist für Freiburg sehr wichtig, da mit dem Schauinsland ein leicht erreichbares Gebiet zur Verfügung steht, das die starke Schwüle praktisch nicht mehr hat. Schon in den höheren Stadtteilen ist die Reduzierung der Anzahl der Schwülestunden deutlich, wie aus der Abbildung 21 entnommen werden kann. Die Zunahme der Stunden mit geringfügiger Schwüle kommt in diesen Höhenlagen durch die Verminderung der Stunden mit höheren Schwülegraden zustande.

Im Zusammenhang mit der Temperatur spielt im thermischen Wirkungskomplex auch der Wind eine Rolle. Die Kombination von Wind und Temperatur ergibt die Abkühlungsgröße. Sie läßt erkennen, ob ein Ort im Mittel ein Überhitzungsklima oder ein Schonklima im Sommer hat. Für Freiburg errechnet sich im Mittel der Jahre 1959 bis 1966 für den Juli ein Wert von $13,4 \text{ mcal/cm}^2/\text{sec}$. Diese Größe liegt gerade noch im Bereich des Schonklimas nahe an der Grenze zum Überhitzungsklima. Es muß also auch von diesem Gesichtspunkt aus versucht werden, Wärmebelastungen zu vermeiden. Dabei spielen die Bepflanzungen und die Windströmungen eine wichtige Rolle.

Bei dreistündigen Beobachtungen von 0 bis 24 Uhr herrscht mit $21,3\%$ der Wind aus Südsüdwest vor. Auffallend ist die große Anzahl von Windstillen. Sie erreichen in dem untersuchten Zeitraum 1959 bis 1962 im Herbst $29,3\%$ und im Winter $23,6\%$. Gerade diese Windstillen sind vom luftchemischen Standpunkt aus ernst zu nehmen und lassen die örtlichen Winde besonders wichtig erscheinen. Es ist daher notwendig, den Tagesgang der Windströmungen bei schwachwindigem Hochdruckwetter zu untersuchen. Die Tabelle 3 gibt interessante Einblicke.

Tab. 3: Windverteilung an der Elsässer Straße 17 bei Hochdruckwetterlagen im Sommer (Mai bis September) zu den 3 Beobachtungsterminen in Prozenten 1964—1966.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
07 Uhr	19,5	1,3	2,3	3,3	6,0	12,6	3,3	9,3	42,4
14 Uhr	20,2	4,0	—	1,7	7,9	19,5	13,6	31,8	1,3
21 Uhr	6,3	8,6	9,9	38,1	10,9	4,9	—	1,7	20,5

Die Verteilung der Windrichtungen ist bei Schönwetterlagen nach dem obigen Ergebnis wesentlich anders als im Mittel über alle Wetterlagen. Beachtlich ist der große Prozentbetrag von 42,4 % für Windstillen in der Frühe. Die Folge davon ist, daß die Luft über der Stadt lagert und sich die Luftverunreinigungen stark anhäufen können. Durch die Einstrahlung bei der betrachteten Schönwetterlage verschwindet, da die Luft durch die Erwärmung in Bewegung gesetzt wird, die Windstille um 14 Uhr fast ganz.

Interessant ist aber zu diesem Zeitpunkt das eindeutige Überwiegen des Nordwestwindes mit 31,8 %. Diese Windströmung führt die Luft zur Stadt und bis zur Vorbergzone des Schwarzwaldes hin. Sie ist daher ein Talaufwind, der durch die unterschiedliche Erwärmung der Hänge zum Schwarzwald im Vergleich zur Ebene bedingt ist. Diese Erklärung trifft besonders für das Stadttinnere und die ostwärts gelegenen Teile der Stadt zu. Für die Weststadt, in der die Beobachtungen gemacht wurden, ist noch eine andere Erklärung wichtig. Wie bei der Besprechung der Temperaturverhältnisse der Stadt festgestellt wurde, ist diese im Sommer wärmer als das umgebende Land. Die Luft steigt daher hoch und zieht von außen frische Luft nach. Diese Strömung wird als Flurwind bezeichnet. Er ist für die Außenbezirke der Stadt ein Lieferant reiner Luft, bringt aber der Innenstadt, da diese zuletzt in den Genuß dieser Strömung kommt, oft mit Verunreinigungen angereicherte Luft. Es ist daher wichtig, daß diese noch durch ein

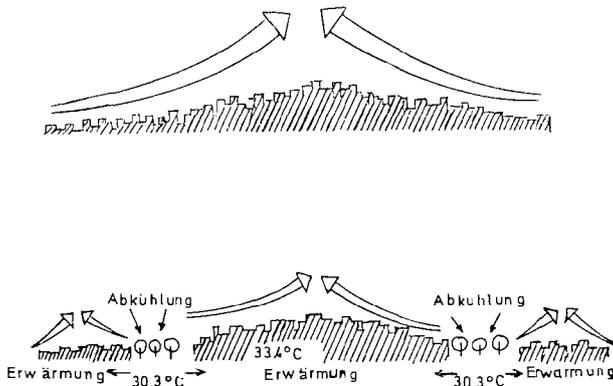


Abb. 22: Windzirkulation und Temperaturverhältnisse an windschwachen Strahlungstagen.

zweites Zirkulationssystem eine Lüfterneuerung erhält. Es ist dies die Windströmung zwischen Grünanlagen und bebautem Gelände. Durch die über den Steinmassen erwärmte, aufsteigende Luft wird kühlere Luft aus den Grünanlagen der umgebenden Stadtbezirke zugeführt, wie es die Abbildung 22 schematisch darstellt. Ähnlich wie in der Skizze sind auch die lokalklimatischen Verhältnisse

Freiburgs gelagert. Die einzelnen Parkanlagen spielen eine Rolle als Auslöser von örtlichen Zirkulationen. Beim Stadtgarten kommt der Hangaufwind zum Schloßberg zu der Temperaturlausgleichsströmung hinzu. Die Grünanlagen sind daher für die Verträglichkeit der Wärme im Stadtgebiet durch die Anhebung der Abkühlungsgröße und die damit verbundene Verbesserung des menschlichen Wärmehaushalts von besonderer Bedeutung.

Ein wichtiger Vorzug des Freiburger Klimas ergibt die Auswertung der 21-Uhr-Beobachtungen. Zunächst fällt in der Tabelle 3 wieder die Häufigkeit der Windstillen mit 20,5 % auf. Sie wird aber übertroffen von der Prozentzahl der Südostwinde mit 38,1 %, die mit den Bergabwinden des Schwarzwaldrandes zusammenhängen.

Die Hauptströmung durch das Dreisamtal ist als „Höllentäler“ bekannt. Um genaue Unterlagen zu erhalten, wurden vom 22. 9. bis 30. 9. 1970 vom aerologischen Meßtrupp des Zentralamtes unter der Leitung von Oberregierungsrat Jurtsch 50 Fesselballonaufstiege und 90 Pilotballonmessungen ausgeführt. Die Auswertungen sind noch nicht abgeschlossen, da eine zweite Serie von Aufstiegen noch durchgeführt werden soll, die gleichzeitig Vertikalschnitte im Dreisamtal und in der Ebene in der Richtung zum Mooswald bringen soll. Die Abbildung 23 gibt einen interessanten Einblick in das Einsetzen des „Höllentälers“. Am 28. 9. 1970 um 17 Uhr wehte in der unteren Luftschicht von etwa 100 m noch der Wind aus westlichen Richtungen. Darüber drehte er auf Südosten und weiter oben auf Ost und frischte bis auf 6,2 m/sec auf. Im weiteren Verlauf wurden die westlichen

Pilotballonaufstieg in Freiburg, Bergacker
am 28 Sept 1970 17 Uhr

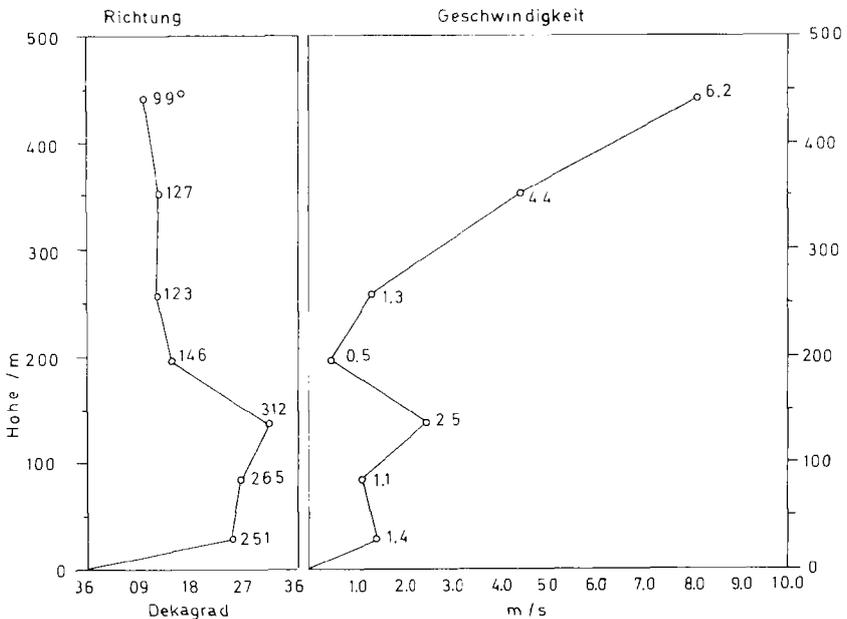


Abb. 23

Strömungen weggeräumt und der Wind wehte in der gesamten bodennahen Luftschicht aus östlichen Richtungen. Das entspricht der Luftdruckverteilung mit einem Hoch mit dem Schwerpunkt über der Ostsee. Der Bergwind war also mit dem Gradientwind in Übereinstimmung. Entlang des Dreisamtales waren auf dem Alban-Stolz-Haus, auf der Brauerei Ganter und auf der Haid noch Registriergeräte für Wind, Temperatur und Luftfeuchte angesetzt. Den Tagesgang des Windes während des 28. 9. 1970 gibt die Abbildung 24 wieder. Die Auswertung der Registrierung zeigt deutlich, wie am Alban-Stolz-Haus und an der Ganter-Brauerei tagsüber von 8 bis 18 Uhr der Westwind vorherrscht, der als Talaufwind zu deuten ist. Mit dem Rückgang der Erwärmung über der Stadt konnte sich jedoch der übergelagerte Ostwind durchsetzen. Es ist dabei interessant, daß dieser Strömungsumschwung bei der Ganter-Brauerei früher erfolgte

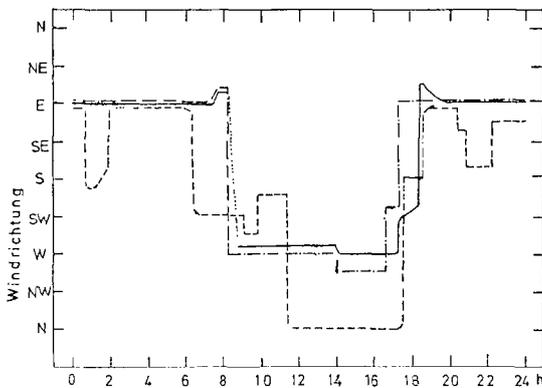


Abb. 24: Tagesgang der Windrichtung im Stadtgebiet Freiburgs entlang der Dreisam am 28. 9. 1970.

als auf dem weiter ostwärts gelegenen Alban-Stolz-Haus. Die Erklärung dafür kann in einem Pressungseffekt zwischen dem Schloßberg und dem Sternwald gesucht werden, der eine Verstärkung des Ostwindes und ein Abräumen der bodennahen Schichten mit Westwind zur Folge hatte. In der Rheinebene, an der Meßstelle auf der Haid, war die Windströmung tagsüber viel unruhiger. Es traten nicht nur West- und Ostströmungen, sondern auch Nord- und Südwinde auf, die als Flurwinde gedeutet werden können.

Der Durchbruch des Ostwindes erfolgte gegen 18 Uhr etwa 1/2 Stunde später als bei der Ganter-Brauerei. Weitere Einblicke versprechen Messungen bei einem südwestlichen Höhenwind, unter dem sich in den bodennahen Schichten der Bergabwind als Ostwind durchsetzen kann.

2. Der aktinische Wirkungskomplex

Im Zusammenhang mit den Temperaturverteilungen verdienen die Strahlungsverhältnisse in Freiburg eine besondere Beachtung. Es treten dabei die Sichtbeobachtungen hervor. Häufig liegt über Freiburg Nebel, während schon von den umgebenden Randgebirgen aus eine klare Sicht herrscht. Zum Erlebnis wird diese

Erscheinung bei einer Fahrt im Herbst oder Winter auf den Schauinsland, wenn die Rheinebene mit Nebel erfüllt ist, während die Höhen in der Sonne liegen. Im Sommer ist die Konvektion über den Bergen stärker. Es treten dabei durch die aufsteigende warme Luft über dem Schwarzwald Wolken auf mit einer Verminderung der Sonnenscheindauer, während über der Stadt die Strahlung ungehindert einfallen kann. Diese Tatsache macht Freiburg zu einer der sonnenscheinreichsten Großstädte der Bundesrepublik. In der Normalperiode von 1901 bis 1950 wurde eine jährliche Summe der Sonnenscheindauer von 1802 Stunden gemessen. Im Zeitraum 1951—1960 war die Jahressumme 1788 Stunden. Leider sind keine neueren Messungen über die Strahlungsintensität in der Stadt und auf den umgebenden Höhen vorhanden. Ein entsprechendes Strahlungsnetz ist im Aufbau.

3. Der luftchemische Wirkungskomplex

Für die bioklimatischen Verhältnisse einer Stadt kann der luftchemische Wirkungskomplex nicht vernachlässigt werden. Im Rahmen der besonderen Aufgaben der jetzigen Medizinmeteorologischen Forschungsstelle Freiburg wurde schon im Jahre 1957 mit Messungen der Luftreinheit begonnen. Seit dieser Zeit werden täglich die Kerne der Luft, das sind Teilchen kleiner als 0,001 mm, gemessen. Bis Herbst 1967 wurde an der Elsässer Straße 17 und danach an der Stefan-Meier-Straße 4 mit Probenentnahmen an der Straße und auf der Terrasse

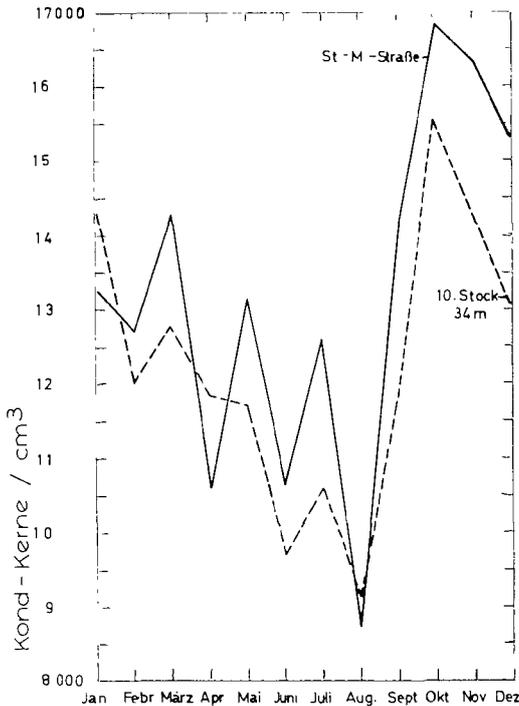
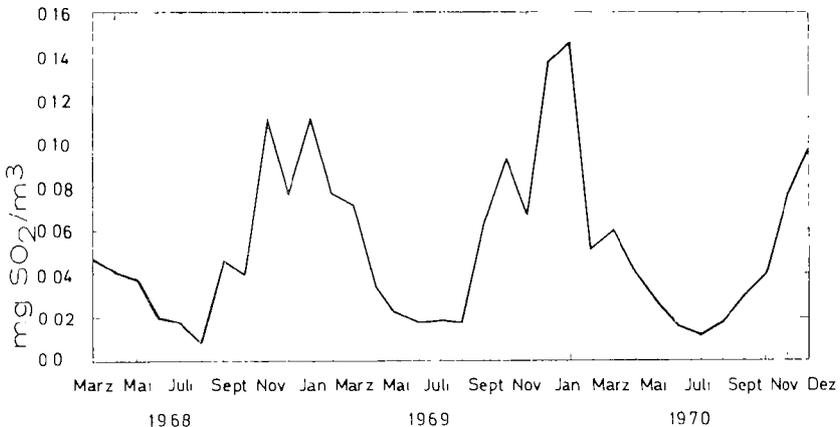


Abb. 25: Jahrgang der Konzentration der Kondensationskerne in Freiburg 1968 bis 1970.

in 34 m Höhe gearbeitet. Es ist interessant, daß die Jahresdurchschnitte der Konzentrationen der Kernzahlen um 13 000 Kerne/cm³ schwanken und keine eindeutige Zunahme aufweisen.

Es ist also in dem letzten Jahrzehnt keine deutlich feststellbare Zunahme der Luftverunreinigungen in diesem Größenordnungsbereich der Kerne in Freiburg eingetreten. Dasselbe Ergebnis ergibt auch die Auszählung der Immissionswerte bei der Messung der Staubbelastung mit den Aluminiumfolien. Im Jahre 1964 betrug die Belastung an der Elsässer Straße 4,06 gr/m²/30 Tage. Durch den besseren Ausbau der Straßen sank diese Zahl jedoch bis auf 3,20 gr/m²/30 Tage in der Stefan-Meier-Straße im Jahre 1970 ab. Wenn man bedenkt, daß Industriegroßstädte Belastungen in Einzelwerten bis 50 Einheiten und Mittelwerte über 12 Einheiten haben, kann man bezüglich der Staubsedimentation mit der Freiburger Luft zufrieden sein. Der Jahresmittelwert setzt sich allerdings aus einzelnen Monatswerten zusammen, die im Laufe des Jahres stark schwanken. Diese Schwankung bringt die Abbildung 25 für die Kernzahlen. Es ist ein deutliches Minimum im August zu sehen und ein stark ausgeprägtes Maximum im November. Die Werte schwanken zwischen 18 000 Kerne/cm³ in ungünstigen Jahreszeiten und nur 8000 Kerne/cm³ im Sommer. Die Ursache dafür ist die gute Durchmischung der Luft im Sommer durch die Einstrahlung und das örtliche Windsystem und die Verhinderung des Austausches im Herbst und Winter durch Inversionen.

SO₂ -Konzentrationen in Freiburg, Stefan-M.-Str gem mit Wösthoff-Gerat (Monatsmittel)



Ab.. 26

Diese Beeinträchtigung der Luftreinheit in Freiburg im Herbst und Winter zeigt auch die Messung der Schwefeldioxid-Konzentration durch ein Wösthoff-Gerät auf der Terrasse der Medizinmeteorologischen Forschungsstelle. Die Abbildung 26 gibt sehr stark ausgeprägte Maxima in den Herbst- und Wintermonaten. Dazu kommt allerdings noch ein ansteigender Trend der Konzentration des Schwefeldioxids in Freiburg. Wenn die Beurteilung der weiteren Entwicklung der Sedimentationen durch Staubteilchen und der Konzentration der Kerne ver-

hältnismäßig günstig war, trifft das für die Schwefeldioxid-Konzentration nicht zu. Es scheint ein dauernder Anstieg vorhanden zu sein. Dazu kommt noch, daß die Anzahl der Stunden mit einer Schwefeldioxid-Konzentration von mindestens $0,4 \text{ g/m}^3$ von 17,5 Stunden im Jahre 1968 über 36,0 Stunden im Jahre 1969 und auf 60,5 Stunden im Jahre 1970 angestiegen ist. Es gibt also in Freiburg eindeutig Stunden mit zu hoher Konzentration an SO_2 . Diese Belastungen waren 1968 auf 12 Tage, 1969 auf 30 Tage und 1970 auf 23 Tage verteilt. Die Wetterlagen spielen dabei eine wesentliche Rolle.

Interessant ist das Ergebnis einer Meßfahrt am 17. 7. 1967. Am Rotteckring wurden $28\,000 \text{ Kerne/cm}^3$ festgestellt und im anschließenden Colombi-Park nur 3000 Kerne/cm^3 . Ähnlich, aber nicht ganz so ausgeprägt waren die Verhältnisse in der Mozartstraße im Vergleich zum Stadtgarten. Die Meßergebnisse zeigten die großen Unterschiede in der Luftverunreinigung zwischen Parks mit Baumbeständen und Verkehrsstraßen. Es ergibt sich daher die Notwendigkeit für Freiburg, den Ausbau der Grüngürtel weiter zu fördern.

III. Zusammenfassung der bioklimatischen Ergebnisse

1. Im Januar ist das Stadttinnere um $0,9$ und im Juli um $1,4^\circ$ wärmer als die Randgebiete.
2. Die Früh- und Abendtemperaturen liegen im Mittel in der Weststadt höher als im Innern.
3. Bis zu $3,2'$ tiefere Temperaturen in den Grünanlagen während eines Sommertages.
4. Mit $31,5$ Tagen mit Wärmebelastung überschreitet Freiburg deutlich den Grenzwert der Begriffsbestimmungen für Erholungsorte.
5. Im Juli Schonklima, das sich allerdings dem Überhitzungsklima nähert, vorherrschend.
6. $42,2\%$ Windstillen in der Frühe bei Hochdruckwetterlagen.
7. Bei Schönwetter Nordostwind um Mittag zum Schwarzwald hin.
8. Windzirkulation zwischen Grünanlagen und Wohngebieten.
9. Bergabwinde, „Höllentäler“, zur Stadt vorwiegend aus Südosten.
10. Hoher Sonnenscheinreichtum.
11. Leichter Rückgang der Staubbelastung in den letzten Jahren.
12. Zunahme der Konzentration an SO_2 .
13. Bis zu 30 Tage im Jahr mit Schwefeldioxid-Konzentration über der maximalen Arbeitskonzentration.
14. Es ist von wesentlicher Bedeutung, daß in der Stadtplanung diese klimatischen Ergebnisse berücksichtigt werden.

Schrifttum:

- KING, E.: Ein empirisches Schwülemaß. — Med. met. Hefte, 10, S. 5, 1955.
 NEUWIRTH, R.: Schwülebedingungen im Mittelgebirge. — Arch. phys. Therapie, 19, S. 291—296, 1967.
 v. RUDLOFF, R.: Besonderheiten im Klima Freiburgs. — Mitt. bad. Landesverein Naturk. u. Naturschutz, N. F. 5, 4/5, S. 237—254, Freiburg i. Br. 1951.
 SCHRIBER, H.: Freiburg im Breisgau mit seinen Umgebungen. — 3. Aufl., Freiburg i. Br. 1840.

(Am 29. 4. 1971 bei der Schriftleitung eingegangen.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.](#)

Jahr/Year: 1969-1972

Band/Volume: [NF_10](#)

Autor(en)/Author(s): Neuwirth Robert

Artikel/Article: [Das Bioklima der Stadt Freiburg \(1972\) 487-498](#)