

# Das Stadtklima von Salzburg

Mit 4 Tabellen im Text

HANNS TOLLNER, Salzburg

Der besiedelte Stadtbereich von Salzburg am Ausgang des quer zur Streichungsrichtung der Ostalpen in das Vorland mündenden Salzachtales besitzt gegenüber der freien außeralpinen Niederung ein eigenes typisches Lokalklima. Es ist zurückzuführen auf die völlige Umgestaltung der Naturlandschaft durch die starke Verminderung der Vegetation, durch die Ansammlung von vielstöckigen Gebäuden mit zahllosen wärme- und rauchliefernden Schornsteinen, durch die Straßen- und Platzanlagen mit undurchlässigen Stein- oder Asphaltflächen, durch die Zusammendrängung einer großen Zahl von Menschen auf kleinem Raum innerhalb der Häuserreihen, durch die Abgase der Motorfahrzeuge auf den Verkehrswegen usw. Auf das Klima des Stadtgebietes übt auch noch das Relief des nahen vielgestaltigen Gebirgskörpers einen Einfluß aus.

Die Ursache der Ausbildung eines besonderen Stadtklimas ist in der tiefgreifenden Änderung des Wärme- und Wasserhaushaltes und der atmosphärischen Zirkulation durch die mehr oder minder geschlossenen Stadtbauten zu suchen. Die künstliche Wärmezufuhr durch die Heizkörper der Gebäude und der in Salzburg allerdings nicht reichlichen Industrie ist vor allem in der kalten Jahreszeit recht beträchtlich. Die Verunreinigung der Stadtluft durch den Hausbrand, die Industrie und durch den Verkehr verursacht über dem Stadtbereich einen Dunst- und Staubfilter, der die Strahlungsverhältnisse und die Kondensationsbedingungen von Wasserdampf wesentlich verändert. Aber auch das scharf zerschnittene Relief der Stadt mit den senkrechten Wänden der Häuser und dem Netz von Höfen, Straßen, Plätzen, Grünflächen u. dgl. erzeugen komplizierte Besonderheiten der Sonnen- und Himmelsstrahlung, der Lichtstärke und der Albedo. Die unterschiedlich schmalen Furchen der Verkehrswege nach allen Richtungen hin verändern die Richtung und die Geschwindigkeit von Luftströmungen und die Intensität des turbulenten Austausches. Der Umstand, daß der undurchlässige Stein- oder Asphaltboden an die Stelle des natürlichen Untergrundes tritt, hat letztlich zur Folge, daß das Niederschlagswasser außerordentlich rasch in die unterirdischen Kanäle abgeleitet wird. Der Verdunstungsprozeß vollzieht sich damit in der Stadt anders als über den wasserdurchlässigen vegetationsbedeckten Böden des freien Geländes. Die verschiedene Art der Verbauung der Stadt mit dem Wechsel von sehr engen Gassen mit breiten Plätzen und eingestreuten Grünanlagen und der Durchfluß der Salzach mitten durch das Stadtgebiet bewirkt naturgemäß kein einheitliches Stadtklima von Salzburg.

Um die „Kleinklimaverhältnisse“, die Unterschiede auf kleinem Raum, festzustellen, schlug EGON LENDL der Stadtgemeinde vor, kleinklimatische Untersuchungen anstellen zu lassen. Der für diese Belange zuständige Vizebürgermeister Dr. V. VAVROVSKY erteilte in dankenswerter Weise ohne Verzug seine Zustimmung. Die diesbezüglichen Messungen und Beobachtungen begannen Ende Juni 1963 und endeten Ende Juni 1964. Als Mitarbeiter fungierten: Dr. U. FRIEDRICH, Dipl.-Ing. E. FISCHER und CH. TOLLNER. Für die Messungen

standen zur Verfügung: Ein elektrisches Meßgerät zur raschen Bestimmung der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit, ein Abmann'sches Aspirations-Psychrometer zur Temperatur- und Feuchtemessung und ein Hand-Anemometer. Als Fortbewegungsmittel dienten ein Auto, ein Moped und ein Fahrrad. Die einzelnen Messungen erfolgten ziemlich gleichmäßig auf alle 12 Monate verteilt bei verschiedenen Wetterlagen zu verschiedenen Tageszeiten. Im ganzen wurden dabei 4530 Meßdaten gewonnen.

An weiteren Grundlagen zur Erfassung des Stadtklimas von Salzburg gab es u. a. noch Sonderuntersuchungen der Klimabedingungen des Marienbades in der Moosstraße außerhalb des geschlossenen Siedlungsraumes, Bestimmungen des Schwefeldioxydgehaltes der Luft an verschiedenen Stellen der Stadt, Untersuchungen des Staubgehaltes der Luft hinsichtlich der Menge und der chemischen Zusammensetzung in der Stadt und auf dem Flughafen, Registrierungen der Globalstrahlung auf dem Flughafen und dort auch noch kontinuierliche Messungen der Radioaktivität der Luft und der atmosphärischen Niederschläge. Die Messungen der Strahlung, der Staubverunreinigung der Stadtluft und der Radioaktivität der Luft und der Niederschläge halten in Salzburg noch weiter an.

Da in den weiteren Ausführungen über die kleinklimatischen Zustände im Salzburger Siedlungsraum häufig von den Unterschieden zum Freiland gesprochen wird, ist es notwendig, das „Großklima“ von Salzburg wenigstens kurz zu streifen, das sich aus den Messungen und Beobachtungen der meteorologischen Stationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ergab. Bis zum zweiten Weltkrieg befand sich die Beobachtungsstelle viele Jahrzehnte lang im Hof der alten Universität. Dann wurde sie auf das Flughafengelände verlegt. Die Tabelle 1 bringt Normalwerte verschiedener meteorologischer Elemente zum Teil aus verschiedenen Perioden.

Es sei bemerkt, daß im Lauf der mehr als 100 Jahre Beobachtungen in Salzburg eine eindeutige Zunahme der Lufttemperatur erfolgte, die sich auch in vielen anderen klimatischen und phänologischen Erscheinungen augenfällig widerspiegelt. Einzelheiten mögen der Tabelle 1 entnommen werden. Wegen der Raumknappheit ist es nicht möglich, in diesem Rahmen auf die Gewinnung der einzelnen Klimadaten oder auf säkulare Schwankungen einzelner meteorologischer Elemente näher einzugehen.

Tab. 1

*Monats- und Jahresnormalwerte verschiedener meteorologischer Elemente in Salzburg<sup>1)</sup>*

- |         |   |
|---------|---|
| Nr. 1—4 | Temperatur in C° 1851 bis 1880, Nr. 2 1881 bis 1930, Nr. 3 1931 bis 1950, Nr. 4 Unterschied Stadt minus Flughafen |
| Nr. 5   | Höchste (h), durchschnittliche (d) und tiefste (t) <i>Temperaturmaxima</i> 1901 bis 1960                          |
| Nr. 6   | Höchste (h), durchschnittliche (d) und tiefste (t) <i>Minima der Temperatur</i> 1901 bis 1960                     |
| Nr. 7   | <i>Relative Sonnenscheindauer</i> in Prozenten der effektiv möglichen Sonnenscheindauer in Stunden 1928—1950      |
| Nr. 8   | <i>Monatssummen</i> der effektiv möglichen <i>Sonnenscheindauer</i> in Stunden 1928—1950.                         |
| Nr. 9   | <i>Niederschlagsmenge</i> in mm 1901 bis 1950   |
| Nr. 10  | <i>Niederschlagsmenge</i> in mm 1946 bis 1965   |
| Nr. 11  | Zahl der Tage mit <i>Niederschlag</i> $\geq 0,1$ mm 1901 bis 1950   |
| Nr. 12  | Zahl der Tage mit <i>Niederschlag</i> $\geq 1,0$ mm 1901 bis 1950   |
| Nr. 13  | Zahl der Tage mit <i>Gewitter</i> 1901 bis 1950   |
| Nr. 14  | Zahl der Tage mit <i>Schneefall</i> 1901 bis 1950   |
| Nr. 15  | Zahl der Tage mit <i>Nebel</i> 1901 bis 1950  |
| Nr. 16  | Mittlere Windgeschwindigkeiten in m/s 1901 bis 1960   |

<sup>1)</sup> Zum Teil nach F. LAUSCHER, Lufttemperatur, Klimatographie von Österreich, Wien 1960, Springer Verlag und F. STEINHAUSER, Sonnenschein, Klimatographie v. Österreich, Wien 1958, Springer Verlag.

Zu Tabelle I

Nummer	I	F	M	A	M	I	I	A	S	O	N	D	Summe	Mittel
1	-2,0	-0,7	2,7	8,3	12,5	16,5	18,0	17,4	13,9	8,8	2,5	-1,8		8,0
2	-1,4	0,3	4,4	8,5	13,4	16,3	18,1	17,4	14,1	8,9	3,5	-0,1		8,6
3	-2,4	-0,4	4,2	9,0	13,6	16,8	18,3	17,7	14,6	8,9	3,8	-1,0		8,6
4	0,7	0,5	0,4	0,7	0,4	0,8	0,6	0,9	0,7	1,0	0,8	0,2		0,6
(h	16,2	18,8	23,7	27,2	31,1	32,8	34,0	35,6	30,2	26,8	22,2	16,4		
5 d	8,5	11,3	18,3	22,4	27,4	28,9	30,7	29,6	26,2	21,1	14,8	9,2		
t	1,9	6,0	11,6	15,1	23,3	24,7	25,6	26,1	16,9	11,9	8,1	3,9		
(h	-2,8	-1,2	-0,4	3,8	8,0	12,2	14,0	12,2	9,0	5,0	0,6	-2,0		
6 d	-11,7	-9,8	-4,3	-0,4	4,1	7,7	10,0	9,8	5,1	-0,0	-5,0	-9,9		
t	-20,0	-30,4	-14,4	-5,5	1,0	5,0	6,3	7,4	1,0	-7,0	-11,2	-16,4		
7	26	37	40	40	46	48	48	50	50	40	22	27		41
8	64	95	133	149	198	214	216	206	168	125	56	62	1670	
9	70	63	65	94	130	172	201	175	131	90	74	71	1336	
10	66	65	72	89	141	167	187	148	87	71	69	72	1244	
11	14	12	14	16	16	17	18	17	14	12	13	13	177	
12	12	10	11	13	14	15	15	15	12	10	11	11	148	
13	0,2	0,1	0,3	1,2	3,1	4,4	4,8	3,8	1,4	0,3	0,2	0,1	19,9	
14	8,1	7,2	5,8	3,7	0,2	0	0	0	0	0,7	4,2	7,7	37,6	
15	6,0	4,2	2,0	0,8	0,4	0,2	0,1	0,3	2,5	6,3	6,8	7,3	36,9	
16	1,9	2,0	2,3	2,4	2,1	2,0	2,1	2,1	1,7	1,6	2,0	1,7		2,0

Der Vergleich der Lufttemperatur zwischen der Stadt (Hof der alten Universität) und dem Flughafen in der Tab. 1, Zeile Nr. 4, ergab, daß in der Stadt das Jahresmittel der Temperatur um  $0,6^{\circ}$  und die Monatsmittel um  $0,2^{\circ}$  bis  $0,9^{\circ}$  höher liegen als außerhalb des geschlossenen Siedlungsgebietes. Durch kleinklimatische Untersuchungen des Gartenhofes der Universität wurde festgestellt, daß an dieser Beobachtungsstelle in der Regel etwas niedrigere Temperaturen herrschten als auf den meisten breiteren Straßen und Plätzen. Die Differenzen waren einige Zehntel bis über ein Grad C. Es folgt daraus, daß die Atmosphäre im verbauten Teil der Stadt im Jahresdurchschnitt ungefähr um ein Grad C wärmer ist als außerhalb des geschlossenen Siedlungsbereiches auf dem westlich von der Stadt gelegenen Flughafen. Alle derzeitigen meteorologisch-klimatischen Daten in Veröffentlichungen und im Rundfunk stammen nicht vom Stadttinneren, sondern vom freien Flughafengelände.

Tabelle 2

*Verschiedene meteorologisch-klimatische Ergänzungen zu den Normalwerten in Tab. 1. (Die Angaben beziehen sich meist auf den Zeitabschnitt 1901 bis 1950.)*

Monatsmaximum des Niederschlages 380 mm im Juli 1918, Tagesmaximum 131,0 mm am 6. 9. 1920. Zahl der Tage mit Schneefall 13 bis 62, mit einer geschlossenen Winterschneedecke 12 bis 68, mit Gewitter 11 bis 34, mit Sturm 0 bis 48, mit Nebel 13 bis 71. Maximale Schneehöhen 12 bis 68 cm, Höhe des Neuschnees 39 bis 359 cm, mittlerer Luftdruck im Jahr 724 mm, mittlere relative Luftfeuchtigkeit im Jahr 79%, durchschnittlich letzter Frost 16. IV., durchschnittlich erster Frost 23. X., letzter Spätfrost 13. V., frühester Frühfrost 26. IX., Zahl der Frosttage 85, Zahl der Eistage 26. Durchschnittliche absolute Tagesschwankung der Temperatur im Winter  $7,7^{\circ}$ , im Frühling  $10,8^{\circ}$ , Sommer  $11,1^{\circ}$  Herbst  $9,3^{\circ}$ , Jahr  $9,7^{\circ}$ .

Die Gesamtmenge des Wärmeüberschusses einer Stadt gegenüber dem unbebauten freien Gelände wurde nach W. SCHMIDT [1] mit ca. 150 000 kcal je  $m^2$  Stadtfläche im Jahr veranschlagt. Unter Zugrundelegung dieser Werte errechnete F. STEINHAUSER [2], daß die Luft in der Stadt im Durchschnitt um  $1,5$  bis  $2,0^{\circ}$  C wärmer sein muß als in der Umgebung. Für Salzburg wurde, wie bereits früher erwähnt, wegen der geringen Flächenausdehnung und der vielfach lockeren Bauweise ein geringerer Wärmeüberschuß ermittelt.

### Luft und Strahlung

Die Hausbrände der Stadt emittieren Ruß, Aschenteile, Schwefeldioxyd ( $SO_2$ ) usw., der Verkehr wirbelt durch Abreibung der Straßendecke Staub und Sand auf und die Kraftfahrzeuge verunreinigen die Luft u. a. auch durch das giftige Kohlenoxyd ( $CO$ ). An verkehrsreichen Kreuzungen, im Neutortunnel und in verkehrsreichen Straßen von Salzburg steht vor allem während der Festspielzeit im Sommer eine ungesunde Verschmutzung der Salzburger Stadtluft außer Frage. Es ist beabsichtigt, an neuralgischen Punkten in Bälde Messungen der Luft an  $CO$ -Gehalt vorzunehmen.

Die Erfassung des Staubgehaltes der Luft einschließlich der flüssigen che-

mischen Beimengungen (städtisches Aerosol) in der Schwarzstraße und auf dem Flughafen nach der Methode „wash-out“ in ein Auffanggefäß zeitigte als vorläufiges Ergebnis, daß die Menge der Luftverunreinigung in Salzburg gegenüber anderen Städten noch relativ sehr gering ist. Dieser Umstand hängt wohl mit der Kleinheit der Stadt und der geringen Industrie zusammen. Inzwischen wurde über Staubablagerungen in Salzburg von F. STEINHAUSER und K. CHALUPKA [7] berichtet. Die Kernzahlen der Großstadtluft und der Luft über landwirtschaftlich genutztem Land verhalten sich nach A. KRATZER [3] meist wie 1 : 10. Die chemische Untersuchung des Salzburger städtischen Aerosols ist derzeit noch nicht abgeschlossen. Die Staubmenge in der Luft ist im Grunde genommen nur eine relative und unspezifische Meßzahl für die Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit. Es ist nicht gleichgültig ob in der Luft mit geringem Gehalt an festen Teilchen wenig oder viel Schwefelsäuretröpfchen, die durch die Lösung von  $\text{SO}_2$  in Wasser gebildet wurden, enthalten sind.

Die Verunreinigung der Salzburger Stadtluft ist je nach den Wetterbedingungen recht unterschiedlich. Sie ist bei stärkerer atmosphärischer Zirkulation am geringsten und bei Stagnation der Luft und Vorhandensein einer kräftigen thermischen Bodeninversion am größten. Entsprechend der verschiedenen Erzeugung der Luftverunreinigung in mengenmäßiger und zeitlicher Beziehung und ihrer Ausbreitungsart läßt sich in Salzburg ein täglicher und jährlicher Gang deutlich erkennen. Der Tagesgang der Luftverschmutzung ist eine Folge der tageszeitlichen Änderung des Ausstoßes von Verunreinigung und des zeitlich ungleich starken Vertikaltransportes von der Tiefe in die freie Atmosphäre. Am Morgen herrscht in allen Jahreszeiten durch das Anheizen der Hausfeuerungen und durch den verstärkten Straßenverkehr eine Zunahme der Luftverschmutzung gegenüber den Nachtstunden. Infolge der am Morgen auch in der wärmeren Jahreszeit sehr häufig vorhandenen Temperaturinversion erfährt der Morgenausstoß in der Regel nur eine geringe Durchmischung und einen unter Umständen nur minimalen Transport in die Höhe. Dies ist besonders bei winterlichem Hochdruckwetter der Fall. Am Vormittag bewirkt das thermisch bedingte zunehmende „Dehnen“ der Atmosphäre vor allem in der warmen Jahreszeit ein mehr oder minder kräftiges Aufsteigen der verunreinigten Stadtluft in höhere Schichten. Als Ersatz strömt in der Tiefe reinere Luft aus der Umgebung in das Stadtgebiet ein. Das Aufsteigen der verunreinigten „Warmluftblasen“ hält je nach der Jahreszeit verschieden lang bis in den Nachmittag hinein an. Abends erhöhen wieder das „Strecken“ der Atmosphäre und der erneut stärkere Hausbrand vorübergehend die Verschmutzung der Stadtluft.

In der kälteren Jahreszeit mit stark ausgebildeten Bodeninversionen und stärkster Emission der Feuerungsstellen ist die Stadtluft stärker als im Frühling, Sommer und Herbst verunreinigt. Die am ärgsten verunreinigte und damit ungesundeste Luft ist in Salzburg im Winter bei Schönwetter anzutreffen. Die Ultraviolettstrahlung ist dann auch in sehr hohem Maße aus der Luft herausgefiltert. Die in der Stadt Salzburg befindlichen Menschen merken meist gar nicht, in welcher verunreinigten Atmosphäre sie leben. Die Anreicherung der Stadtluft mit verschiedenen ungesunden festen, flüssigen und gasförmigen Teilchen als typisches Merkmal des Stadtklimas ist jedoch sehr eindrucksvoll von der Judenbergalpe auf dem Gaisberg, 750 m, zu sehen. Diese Luftverschmutzung erscheint wie ein Dunstmeer, wie eine Dunstglocke, am stärksten im Winter ausgebildet, meist mit scharfen Obergrenzen über dem geschlossenen Siedlungsraum und etwas weiter reichend ausgebreitet. Die Dunstschicht über der Stadt

ist mitunter so dicht, daß die Häuser an ihrem Grunde von der Judenbergalpe gar nicht mehr recht zu erkennen sind. Die vertikale Mächtigkeit der Dunstglocke über der Stadt beträgt im Winter 100 bis 200 m und im Sommer bis zu 400 m. Das städtische Aerosol ist etwas geschichtet. Es treten zwei Maxima der Verunreinigung auf und zwar unmittelbar über den Verkehrsflächen und über der mittleren Höhe der Dächer als Folge des Ausstoßes der Kamine.

Die Stadt Salzburg errichtete an der Salzach, knapp unterhalb der Eisenbahnbrücke, ein kalorisches Fernheizwerk, das in der Heizperiode sichtlich beträchtliche Mengen fester und gasförmiger Stoffe ausstieß. Eine bedeutende Vergrößerung dieses Werkes wurde über Forderung des hygienischen Sachverständigen, Prof. Dr. A. SCHINZEL, Innsbruck, nur unter folgenden Bedingungen genehmigt: Bei der Erweiterung des Fernheizkraftwerkes ist ein Elektrofilter vorzusehen, der zwar kostspielig ist, aber die Ausstoßmengen bis auf ein Minimum reduziert. Weiters ist das Fernheizwerk verpflichtet, in Zusammenarbeit mit der Wetterdienststelle Salzburg  $\text{SO}_2$ -Messungen vorzunehmen, um die Emission des Fernheizwerkes in bezug auf den  $\text{SO}_2$ -Gehalt der Luft zu überprüfen und mengenmäßig in seiner unmittelbaren und weiteren Umgebung festzustellen.

Von der Gefährlichkeit des Schwefeldioxydgases für den Menschen macht man sich im allgemeinen keine Vorstellung. In London starben in einem einzigen — allerdings nebelreichen Jahr — nach Mitteilung von Prof. SCHINTZEL, 5000 Einwohner nachweislich an  $\text{SO}_2$ -Vergiftung. Nun, eine ähnliche starke Bedrohung der Bevölkerung wäre natürlich in Salzburg nicht zu befürchten gewesen, doch hätte das erweiterte Fernheizwerk ohne Filterung des Ausstoßes für die nahe Umgebung des Werkes zweifellos eine ernste Gefahr bedeutet.

Die  $\text{SO}_2$ -Messungen fanden in der Heizperiode 1963/64 und 1964/65 statt. Die Leitung hatte der Direktor des Fernheizwerkes, Dipl.-Ing. A. OBLETEN inne, die Meßorgane waren Ing. B. MEIXNER vom Werk und F. SÖBERL vom Wetterdienst. Die Meßzeiten und die Meßorte bestimmte je nach der Wetterlage und der atmosphärischen Zirkulation der Verfasser. Es galt einerseits, den  $\text{SO}_2$ -Gehalt der Luft in der Stadt ohne Auswirkung des Fernheizwerkes festzustellen und andererseits unter Berücksichtigung der Luftströmung an jenen Stellen zu messen, über die unmittelbar und etwas weiter entfernt der Ausstoß des Fernheizwerkes hinwegzog. Die Messungen und Beobachtungen beschränkten sich nicht nur auf die Verhältnisse über dem Straßenniveau, sie erfolgten auch auf den Dächern der Gebäude. Es soll hier nicht weiter auf die Meßmethoden und auf Einzelheiten der Meßergebnisse eingegangen werden. Erwähnt sei jedoch, daß man in erster Linie bestrebt war, in den Luftstrom mit einer möglichst konzentrierten Emission des Fernheizwerkes zu gelangen, um also gewissermaßen Maximalwerte des  $\text{SO}_2$ -Gehaltes der Luft zu erhalten. Nur ein einziges Mal wurde auf einem Dach in unmittelbarer Nähe des Fernheizwerkes beinahe direkt in der Emission des Schornsteines des Fernheizwerkes stehend die von den Hygienikern aufgestellte Toleranzgrenze erreicht. Alle anderen Messungen ließen überall nur eine unerhebliche  $\text{SO}_2$ -Menge im allgemeinen von den Hausbränden stammend in der Salzburger Stadtluft erkennen.

Da die auf dem Flughafen vorgenommenen Messungen der Umweltradioaktivität gleichermaßen auch für den Stadtbereich Salzburg repräsentativ erscheinen, soll hier kurz auf dieses ernste Problem eingegangen werden. Die Strahlungen radioaktiver Stoffe können bekanntlich auf die blutbildenden und strahlungsempfindlichen Organe der Menschen schädlich einwirken und auch

die Gesundheit der Nachkommenschaft gefährden. Die radioaktiven Substanzen von Kernwaffen-Versuchen in der Atmosphäre gelangen durch „washout“ und „fallout“ auf den Boden, auf Pflanzen und in die Gewässer. Sie werden von Pflanzen und Tieren aufgenommen und finden zuletzt über den Weg der verschiedenen Nahrungsmittel Eingang in den menschlichen Körper. Die auf den Menschen wirkende Strahlung von Radionukliden nach Atombomben-Detonationen verlangen eindringlich regelmäßige Messungen der Aktivitätskonzentration der Gesamt- $\beta$ -Aktivität der bodennahen Luftschicht. Die Meßergebnisse von Salzburg werden jährlich in den Jahresberichten des Bundesministeriums für soziale Verwaltung publiziert. Die Mitteilungen der Österr. Sanitätsverwaltung und die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik veröffentlichen die Tageswerte der langlebigen Gesamt- $\beta$ -Aktivitätskonzentration der Luft monatsweise.

Im Jahr 1963 zeigte sich in Salzburg in der ersten Hälfte eine deutliche Erhöhung gegenüber 1962 und in der zweiten Jahreshälfte wieder ein Abfall. Ab 1964 ging die Konzentration radioaktiver Stoffe wegen des Abschlusses der großen Testserien von Atombomben stark zurück. Mitte Juni 1966 erfolgte vorübergehend eine Steigerung auf das ungefähr zwanzigfache des Jahresdurchschnittes des Vorjahres. 1964 und 1965 blieb die künstliche Radioaktivität der Luft in Salzburg unter dem Wert 1,37 bzw. 1,2  $10^{-12}$   $\mu$  C/cm<sup>3</sup>. Die Jahresmittelwerte 1963, 1964 und 1965 beliefen sich auf 2,36, 0,54 und 0,12  $\cdot 10^{-12}$   $\mu$  C/cm<sup>3</sup>. Der Rückgang der Konzentration der Gesamt- $\beta$ -Aktivität der bodennahen Atmosphäre in Salzburg ist natürlich als sehr erfreulich zu bezeichnen. Die schwierige Frage eines gerade noch zu tolerierenden „Grenzwertes“ kann hier nicht behandelt werden.

Die Trübung der Stadtatmosphäre verursacht eine Schwächung der einfallenden Strahlung. Der Stadtdunst schwächt die direkte Sonnenstrahlung naturgemäß umso mehr, je stärker das städtische Aerosol konzentriert ist und je tiefer sich die Sonne über dem Horizont befindet, je länger also ihr Weg durch die verunreinigte Stadtluft verläuft. Damit ist der Strahlungsverlust wegen des tiefen Standes der Sonne und der stärksten Luftverschmutzung am Morgen und am Abend und allgemein im Winter am größten. Über das Ausmaß der Schwächung der direkten Sonnenstrahlung durch die Dunsthaube der Stadt Salzburg kann nichts ausgesagt werden, da bisher innerhalb des dicht verbauten Gebietes noch keine Strahlungsmessungen vorgenommen wurden. Die auf dem Flughafen laufenden kontinuierlichen Registrierungen der Globalstrahlung sind nicht immer als repräsentativ für das Stadtinnere anzusehen. Die durch den Stadtdunst verursachte Intensitätsverminderung der direkten Sonnenstrahlung wird nur zum Teil wieder durch eine Verstärkung der diffusen Himmelstrahlung kompensiert. Die wesentlich stärkere Absorption der Strahlung durch die trübenden Medien der Stadtluft gegenüber dem offenen nicht besiedelten Land muß natürlich zu wesentlichen Unterschieden im Wärmehaushalt führen.

Eine ausschlaggebende Rolle für den Wärmehaushalt der Stadt spielt die Veränderung der Strahlungsvorgänge durch die einzelnen Bauten. Der tatsächliche Wärmegewinn aus der einfallenden Strahlung ist vom Reflexionsvermögen der Hauswände und der Straßenoberfläche abhängig. Maßgebend für den weiteren Wärmeumsatz ist die Bilanz, die sich aus der Differenz zwischen der Zustrahlung und der reflektierten Strahlung ergibt. Während die hellen Mauern und die hellen Beton-Straßendecken eine hohe Albedo besitzen, ist sie bei grauen Mauern und bei Granit und Asphaltpflaster nur relativ gering. Ein großer Teil

der Salzburger Hauswände und Straßenoberflächen erwärmen sich wegen ihres geringen Strahlungsreflexionsvermögens sehr stark. Sie wirken dann wie Heizöfen auf die umgebende Luft.

Für das Stadtklima von Salzburg ist auch die visuelle Albedo von Bedeutung. Sie kennzeichnet den sichtbaren Anteil der reflektierten Strahlung, der bei hellen Hauswänden und hellen Betondecken sehr groß sein kann. Auf manchen größeren Plätzen in Salzburg ist bei heiterem Sommerwetter die Lichtintensität trotz der Schwächung durch den Stadtdunst wegen der intensiven Reflexstrahlung von den hellen Wänden her wesentlich größer als im freien stadtdfernen Gelände.

Eine weitere Quelle für die Übererwärmung der Stadtluft ist die veränderte Ausstrahlung. Die Dunstglocke der Stadt schwächt die nächtliche Ausstrahlung wesentlich ab. Die Stadtluft bleibt dadurch nachts relativ warm. Zuletzt kühlt auch das Baumaterial der Häuser nur zögernd ab. Die Wärmeabgabe der Bauten ist deshalb langsamer und länger andauernd, als von den Böden des freien Geländes.

Die Lufttrübung der Stadt bewirkt häufig auch eine schlechtere Horizontalsicht als außerhalb des Siedlungsraumes. Infolge der Verschmutzung der Stadtluft ist die Blaufärbung des Himmels geringer als im Freien und mehr milchig-weiß.

#### Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit

Wie bereits früher angegeben, ließ sich durch die Methode Vergleich eines Stationspaares in der Stadt und auf dem Flughafengelände ermitteln, daß der klimatologische Jahrestemperaturwert der Stadt Salzburg um mindestens  $0,6^{\circ}\text{C}$ , wahrscheinlich aber um ca.  $1,0^{\circ}\text{C}$  höher ist als in der freien, un bebauten Umgebung. Diese Temperaturbegünstigung bedeutet eine Erniedrigung der Meereshöhe von ungefähr 150 m. Die Übererwärmung der Stadtluft gegenüber der freien Umgebung ist phänologisch deutlich sichtbar. Die Entwicklung der Blätter an Sträuchern und Bäumen und die Pflanzen- und Obstblüte setzen im Stadtgebiet merklich früher als außerhalb der geschlossenen Siedlung ein. Die thermische Begünstigung der Stadtatmosphäre bewirkt auch eine Verminderung der Häufigkeit des Auftretens von Früh- und Spätfrost. Während gelegentlich die Verkehrsflächen in der Stadt noch eine nasse Oberfläche besitzen, sind sie außerhalb der Stadt manchmal bereits vereist.

Die Monatsmittel der Temperatur der Salzburger Stadtluft lassen in den Unterschieden gegenüber der Umgebung nur einen schwachen und unregelmäßigen Jahresgang erkennen. Dies hängt mit der jeweils unterschiedlichen Strahlungsintensität und der unterschiedlichen Wärmezeugung durch den Hausbrand in den einzelnen Monaten zusammen. Die absoluten und mittleren Maxima und Minima der Temperatur sind in der Stadt immer höher als über dem offenen Lande. Durch die Abschwächung der nächtlichen Ausstrahlung und des damit verbundenen relativ höheren Temperaturminimums besitzt der Tagesgang der Temperatur der Stadtluft eine geringere Amplitude als die Freilandluft. Die langsamere Erwärmung und die langsamere Abkühlung der Wandflächen der Stadtbauten führen jedoch zu einer Verspätung des zeitlichen Eintrittes der Temperaturextreme gegenüber dem freien Land.

Das Stadtklima mit seinen verschiedenen meteorologischen Elementen ist insoferne ein unselbständiges Klima als es außerordentlich stark von den verschiedenen Wettertypen beeinflusst und modifiziert wird. Bei windschwachem



und strahlungsreichem Wetter können sich die einzelnen Faktoren voll entfalten. Die Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Land erreichen dann Höchstwerte. Bei Stagnation der Luft ist am Abend nach einem heißen Sommertag in Salzburg in dicht verbauten Straßen die Übererwärmung der Stadtluft durch die wärmestrahrenden Hauswände besonders groß. Damit wird gelegentlich ein unangenehmes Schwülegefühl noch lange aufrechterhalten, während im Freiland schon längst bereits eine merkliche Abkühlung eingetreten ist.

Befindet sich in der Umgebung der Stadt Salzburg eine geschlossene Schneedecke mit starkem Ausstrahlungseffekt, so sind die Temperaturunterschiede zwischen der Stadt und dem Land besonders groß. Bei lebhafter Allgemein-Zirkulation können die Temperaturdifferenzen fast völlig verschwinden. Bei starker Bewölkung oder bei Niederschlag betragen die Temperaturdifferenzen zwischen Stadt und Land meist nur wenige Zehntel Grad C. Als besonders bemerkenswert für die Temperatur der Salzburger Stadtluft sind die raschen Schwankungen in der Horizontalen je nach der Richtung und Breite der Straßen und Plätze, der Haushöhen, der Ausdehnung von Grünflächen usw. In der kalten Jahreszeit sind am Morgen bei Luftruhe die Temperaturen in der schmalen Getreide- und Judengasse bis zu 7 Grad C höher als auf dem Flughafen-gelände. Umgekehrt können die Tageshöchsttemperaturen im Sommer mehrere Grad unter den Werten im freien Gelände bleiben. (Die Temperaturen wurden in der Regel immer in Augenhöhe gemessen.) An sehr warmen Sommernachmittagen ist ein kühler Lufthauch aus den Torbögen der alten Häuser in der Innenstadt beim Vorübergang deutlich zu spüren. Diese Temperaturerniedrigung (bis zu 7°) innerhalb der sehr schmalen Gassen in Salzburg ist eine ähnliche Erscheinung wie stellenweise in der Inneren Stadt in Wien und wie in manchen Städten in Italien [4]. Auf breiteren Straßen oder größeren Plätzen beträgt die Übererwärmung der Luft gegenüber dem Freiland infolge starken Strahlungsgenusses und der mitunter starken Strahlungsreflexion der Hauswände, des Gehsteiges und der Straße mehrere Grade. Die Temperatur ist selbst auf freien Plätzen nicht einheitlich. Auf dem Mozartplatz ist die Luft an frühen Sommer-nachmittagen unmittelbar bei der Landesregierung häufig um 1 bis 2 Grad tiefer als auf der gegenüber liegenden Seite.

Noch beträchtlicher als die Temperaturdifferenzen in der Horizontalen sind die Unterschiede in der Vertikalen. Bei heiterem, windschwachem Wetter entstehen am Ausgang des Salzachtales in das Alpenvorland durch nächtliche Ausstrahlung immer Temperaturinversionen. In der warmen Jahreszeit ist diese Temperaturumkehr vom Normalgefälle verhältnismäßig schwach. Durch die zunehmende Einstrahlung wird sie in der Regel in den ersten Vormittagsstunden gänzlich beseitigt. Im Winter hingegen kann die Temperaturinversion nicht nur 24 Stunden, sondern tagelang anhalten. In der Stadt ist es in Augenhöhe häufig bis zu 14 Grad und in Extremfällen bis zu 20 Grad kälter als in 50 bis 150 m über dem Boden. Begibt man sich vom Boden weg in die Höhe, so erfolgt eine sehr rasche Zunahme der Temperatur. Im dritten Stock von Gebäuden ist es außen bei winterlichem Hochdruckwetter bereits um viele Grade milder als 1,50 m über dem Straßenniveau. In Salzburg besitzen manche Pensionisten in oberen Stockwerken wohnend neben dem Fenster ein Thermometer, mit dem sie die Temperaturansage des Rundfunks kontrollieren. Wenn der Unterschied zu ihrem Thermometer gar zu groß wird, geben sie ihre Entrüstung dem Salzburger Rundfunk und der Wetterdienststelle Salzburg in bewegten Worten kund. Der Mönchsberg und der Kapuzinerberg innerhalb des Stadtbereiches von Salzburg

stellen im Winter richtige Wärmeinseln dar. Bei einem lebhaften Zustrom von Kaltluft fehlt die Bodeninversion und es herrscht ein vertikaler Temperaturgradient in ähnlicher Größe wie im Sommer. Diese Wettersituation ist jedoch meist nur mit mäßig tiefen Temperaturen verknüpft. Die sehr tiefen Temperaturen in Salzburg sind die Auswirkung einer starken langwelligen Ausstrahlung bei geringer Bewölkung gemäß dem STEFAN-BOLTZMANNschen Gesetz.

Im folgenden mögen nun einige Beispiele die lokalen Unterschiede der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit beleuchten. Angegeben werden in der Klammer auch die Differenzen gegenüber den gleichzeitigen Zuständen im freien Gelände (Flughafen). Das Vorzeichen minus bei der Temperatur bedeutet, daß der betreffende Stadtteil kälter ist als das Freiland. Plus heißt, daß der Meßort wärmer ist als der Flughafen. Weiters werden auch noch die Unterschiede der relativen Feuchtigkeit<sup>2)</sup> gegenüber dem Flughafen hinzugefügt. (Plus heißt: der Meßplatz ist feuchter und minus heißt trockener).

Tabelle 3

11. 6. 1963, 8,30 bis 11,15 Uhr MEZ. Route um die Stadt herum, Wetterlage: Flache Druckverteilung mit starker Bewölkung und mäßigem bis lebhaftem Zustrom von kühler Luft aus Nordwest.  
 Hellbrunn 14,0° (+0,1°), 88% (+6%), Hellbrunner Brücke 13,2° (-0,2°), Glasenbach 14,0° (+0,6°), 82% (+1%), Doktorschlüssel 15,0° (+1,0°), 88% (+7%), Aignerbahnhof 14,8° (+1,6°), 86% (+5%), Eder in Parsch 14,0° (+0,8°), 81% (0%), Gnigl bei Kapuzinerberg 14,0° (+0,8°), 81% (0%), Gnigl-Minnesheimstraße 13,4° (0,0°), 82% (+1%), Schillinghofstraße 14,0° (+0,6°), 82% (+1%), Sam-Fabrik 13,6° (-0,2°), 86% (+5%), Endstation des G-Obus 13,2° (0°), 82% (0%), Itzling-Elisabethstraße 13,2° (+0,6°), 77% (-5%), Hauptbahnhof 13,2° (+0,6°), 77% (-5%), Kongreßhaus 15,0° (+2,1°), 81% (-1%), Hellbrunn 13,6° (0°), 82% (+2%).

16. 7. 1963, 15,00 bis 16,45. Im Inneren der Stadt. Hochdruckwestkeil, schwachwindig, meist heiter.  
 Getreidegasse bei Nr. 9, 22,6° (-6,5°), 60% (+23%), Getreidegasse Mitte 24,1° (-4,5°), 51% (+14%). Alter Markt 28,6° (-0,3°), 38% (+1%), Mozartplatz 29,9° (+ 1,0°), 38% (0%), Judengasse bei Nr. 10 22,6° (-6,6°) 47% (+10%), Mozartplatz bei Denkmal 30,5° (+1,9°) 56% (+19%), Hof Landesregierung 25,7° (-2,9°), 88% (+51%).

20. 11. 1963, 9,10 bis 10,35. Stadttinneres. Westwetterlage, wolkig, mäßiger Westwind  
 Itzling 11,0° (+1,8°), 71% (-20%), St. Julienstraße 11,6° (+2,5°), 65% (-26%), Fernheizwerk an der Salzach 11,0° (+1,9°), 65% (-26%), Evangelische Kirche 10,0° (+1,0°), 70% (-22%), Österreichischer Hof Straßenseite 11,0° (+2,0°), 66% (-26%), Alter Markt 10,2° (+1,2°), 73% (-20%), Sigmund Haffnergasse 10,2°

<sup>2)</sup> Gehalt der Atmosphäre an Wasserdampf. Die relative Feuchtigkeit ist das Verhältnis von tatsächlich vorhandener zu der bei der betreffenden Temperatur maximal möglichen (Sättigungs-)Feuchtigkeit in Prozenten.

(+1,2°), 73% (−20%), Universitätsplatz 10,0° (+1,0°), 70% (−23%), Schatzdurchhaus 11,8° (+2,4°), 67% (−26%), Opferkuch 10,8° (+2,0°), 68% (−25%), Marktgasse 10,2° (+1,2°), 72% (−21%), Residenzplatz 9,8° (+1,0°), 72% (−21%), Alpenstraße 9,0° (+0,3°), 80% (−13%), Hellbrunn Ost 8,4° (−0,3°), 92% (−1%).

13. 1. 1964, 7,35 bis 10,40. Stadt und Festung. Hochdruckwetterlage, heiter, windschwach, stärkere Temperaturinversion, Hellbrunner Park relativ warm geblieben.

Hellbrunn Garten −10,8° (+4,2°), Hellbrunn Gang −9,8° (+5,2°), weiterer Gang −11,° (+3,5°), Obushaltestelle Hellbrunn −14,2° (+1,0°), Brunnhausgasse −13,8° (+1,2°), Schartnertor −12,4° (+2,4°), Mittelstation der Festung −10,0° (+4,7°), Festung äußerer Aufgangshof −10,6° (+4,1°), Festung innerer Aufgangshof −8,0° (+6,6°), Großer Hof −5,0° (+9,4°), und 4,8° (9,6°), Südterrasse −3,2° (+11,2°), Brunnenhof −4,0° (+10,3°), Innere Mauer bei Aufzug −9,6° (+6,7°), Mittelstation −10,0° (+4,3°), Stieglkeller −10,0° (+4,2°), Kapitelplatz −10,2° (+3,8°), Kaigasse −9,8° (+4,1°), Kajetanplatz −10,6° (+3,2°), Nonntal-Schule −13,6° (+2,5°), Äußeres Nonntal −11,6° (+1,5°), Hellbrunn −10,8° (+0,8°).

21. 1. 1964, 16,05 bis 17,35. Quer durch die Stadt. Hochdruckrandlage, heiter, mäßiger Nordwestwind.

Hellbrunn Ost −7,4° (−1,6°), Alpenstraße-Pacherstraße −4,8° (+1,4°), Justizgebäude −4,2° (+2,1°), Kaigasse −4,0° (+2,4°), Residenzplatz −3,8° (+2,7°), bei Festspielhaus −4,0° (+3,1°), an der Salzach −3,4° (+3,4°), Schwarzstraße −4,0° (+2,9°), Sankt Julienstraße −4,0° (+3,0°), Itzling −5,2° (+1,4°), Hauptbahnhof −4,8° (+3,4°), Landestheater −5,2° (+3,2°), Alpenstraße-Porrhaus −7,0° (+1,7°), Hellbrunn-Garten −8,2° (+0,7°).

Wie das letzte Beispiel der Tab. 3 darbietet, erfolgt selbst bei mäßigem Nordwestwind eine Übererwärmung der Stadtluft bis zu 3,4° gegenüber den Temperaturwerten im freien Gelände.

Da über den Straßenflächen und Hausdächern eine geringere Verdunstung als über den vegetationsbedeckten Böden der Umgebung stattfindet, bleibt der Wasserdampfgehalt der Luft in Salzburg etwas geringer als außerhalb des Stadtbereiches. Der Unterschied dürfte im Mittel im Dampfdruck etwa 1 mm betragen. Die relative Luftfeuchtigkeit hingegen erweist sich in der Stadt je nach der Art der Bebauung gegenüber dem Freiland mitunter außerordentlich verschieden. Die Salzburger Stadtluft erscheint gelegentlich nicht nur stellenweise, sondern beinahe im ganzen Stadtgebiet um 20 bis 30% trockener als im Freiland (vgl. 3. Beispiel vom 20. 11. 1963 bei Westwetter in Tab. 3). Im Zusammenhang mit örtlich tieferen Temperaturen in Salzburg im Vergleich zur Umgebung der Stadt herrscht in einer einheitlichen Luftmasse vor allem bei sehr warmem Wetter am Nachmittag in den engen Gassen eine höhere relative Luftfeuchtigkeit als auf den breiteren Straßen und Plätzen und im freien Gelände. Ganz besonders trifft dies für die kühlen Innenhöfe einzelner Gebäude

zu, in die nur eine stark abgeschwächte Strahlung einfällt und in denen der Luftaustausch stark behindert wird. Die Differenz zwischen dem Flughafengelände und dem Innenhof in der Stadt kann bis zu 50% betragen (Hof der Landesregierung Salzburg, 2. Beispiel vom 16. 7. 1963 in der Tab. 3).

Bei lebhafter atmosphärischer Zirkulation ist die relative Luftfeuchtigkeit im Stadtbereich in der Regel nur um einige bis 10% geringer als außerhalb des geschlossenen Siedlungsbereiches. An regnerischen Tagen verwischen die Feuchteunterschiede zwischen Stadt und Land fast zur Gänze.

Die geringste relative Luftfeuchtigkeit (weiteste Entfernung vom Sättigungspunkt) stellt sich in der Stadt ebenso wie im freien Gelände im allgemeinen am Nachmittag ein. Nachts, wenn die Temperatur den Tiefpunkt erreicht, ist die relative Feuchte häufig nahe dem Sättigungspunkt. Taubildung tritt jedoch im eng verbauten Stadtgebiet wesentlich seltener als im Freiland auf.

In der kalten Jahreszeit mit meist nur schwachem tageszeitlichem Gang der Temperatur ist in Höfen häufig eine geringere Luftfeuchtigkeit als auf den Verkehrsflächen der Stadt festzustellen. Bei heftigen Föhneinbrüchen schwankt die relative Luftfeuchtigkeit in zeitlicher Hinsicht mit Werten zwischen 25 und 40% beinahe gleich wie auf dem offenen Flughafengelände. Infolge der raschen Durchflutung der Stadt vermögen die Häuser und Straßenflächen die Föhnluft nicht mehr merklich zu beeinflussen.

Für das Leben der Menschen in der Stadt spielen vor allem in der warmen Jahreszeit auch die komplexen Größen der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit eine Rolle. Aus den einzelnen Messungen wurde auch die „Äquivalenttemperatur“ berechnet. Sie ist definiert als die gedachte Temperatur einer Luftmenge, die sich einstellen würde, wenn der in ihr enthaltene Wasserdampf auskondensieren und die dabei freiwerdende Wärme an die nunmehr trockene Luft übergehen würde. Die für praktische Zwecke verwendete Formel lautet:

$$\text{Äquivalenttemperatur} = t + 1550 \frac{e}{p}$$

wobei  $t$  die Lufttemperatur,  $e$  den Dampfdruck und  $p$  den Luftdruck angeben. Die biometeorologische Bedeutung der Äquivalenttemperatur besteht darin, daß sie eine erste Möglichkeit bietet, die unangenehme Empfindung feuchter Wärme, die „Schwüle“, größenmäßig abzugrenzen. Nach allgemeinen meteorologischen Angaben liegt die Schwülegrenze bei Windstille und im Schatten bei einer Äquivalenttemperatur von  $56^\circ$ . Dieser Grenzwert von  $56^\circ$  wird in der Stadt mitunter erreicht.

In Salzburg wurden auch unter Mitwirkung von Angehörigen der Bundespolizei die Schwülebedingungen nach K. SCHARLAU [5] untersucht. Schwüles Wetter sei gegeben, wenn der Dampfdruck 14,08 mm Quecksilbersäule überschreitet. Im Stadtbereich ist, wie die Beobachtungen zeigten, vom Mai bis Ende August mehrmals mit einem Überschreiten dieses Schwellenwertes zu rechnen. Den Schwülebeginn durch eine einzige meßbare meteorologische Größe auszudrücken, konnte in Salzburg nicht überzeugend nachgewiesen werden. Für Salzburger Verhältnisse ist u. a. auch der Grenzwert von 14,08 mm Hg um mindestens 1 mm zu hoch.

### Bewölkung und Niederschlag

Jede Übererwärmung einer Luftmasse bewirkt ein verstärktes Aufsteigen und bei entsprechender Wetterlage einerseits Bildung von Quellwolken und andererseits eine teilweise Auflösung vorhandener Stratus- oder Stratocumulus-

bewölkung. Die Auflockerung einer tiefen Schichtbewölkung über der Stadt Salzburg ist gelegentlich einwandfrei festzustellen, eine Bildung von Quell- oder Schauerbewölkung hingegen nicht. Damit verursacht die Stadt keine deutlich erkennbare Steigerung der atmosphärischen Niederschläge gegenüber ihrer Umgebung. Auch was die Form des Niederschlages anlangt, läßt sich in Salzburg kein Unterschied zum Freiland erkennen. Wenn z. B. auf dem Flughafen-gelände Regen mit Schnee gemischt fällt, fällt er in gleicher Weise auch im Stadtbereich.

Die rasche Abfuhr der Niederschläge in die Kanäle hat neben dem geringen Anteil der Flächen mit offenem Boden und der Armut an Vegetation, wie bereits früher ausgeführt, zur Folge, daß die Gebietsverdunstung in der Stadt geringer ist als außerhalb.

Aus der Anreicherung der Luft in der Stadt Salzburg mit Kondensationskernen könnte vermutet werden, daß die Verunreinigung der Stadtluft die Nebelbildung begünstige. In Salzburg ist dies jedoch nicht der Fall. Die Bildung von Bodennebeln und die zeitliche Andauer sind in Salzburg geringer als im offenen Freiland. Dieser Umstand ist offenbar eine Folge von nur mäßig verunreinigter Luft und der höheren Temperatur im Vergleich zur Umgebung der Stadt. In dieser Beziehung unterscheidet sich Salzburg von den großen Industrie-Städten der Erde, in denen das städtische Aerosol eine starke Zunahme der Nebelhäufigkeit und Andauer verursacht.

Die Sonnenscheindauer in der Stadt Salzburg ist nicht völlig gleich. Der Südteil erscheint gegenüber dem Nordteil manchesmal benachteiligt, was mehrmals bei der Beratung von Filmaufnahmen erkannt wurde. Bei tieferem Sonnenstande können bisweilen Quellwolken über dem Untersberg den südlichen Teil der Stadt gerade noch abschatten.

Da der in der kalten Jahreszeit gefallene feste Niederschlag eine Schneedecke erzeugt, die den innerstädtischen Verkehr erheblich behindert, wird der Schnee in der Regel möglichst bald nach seiner Ablagerung von den Straßenflächen zur Seite geräumt und zum Teil auch abgeführt. Damit herrschen auf den Verkehrsflächen der Stadt andere Oberflächenverhältnisse als auf den Wiesen und Äckern des offenen Freilandes.

### Die Luftströmungen in der Stadt

Die Einwirkung der Stadt auf den Wind besteht in der Hauptsache darin, daß ihre Bauten für die allgemeine Luftströmung Hindernisse darstellen, die über- und umströmt werden müssen. Die Rauigkeit der gesamten bebauten Stadtfläche durch die unterschiedliche Höhe der Gebäude schwächt die Windstärke ab, erhöht aber die Böigkeit der Richtung und der Geschwindigkeit. Unmittelbar über der Stadt entsteht ein turbulenter, luftkissenartiger, relativ schwach bewegter Luftkörper über den die Luft stärker hinwegströmt. In dem Luftkissen der Stadt ist die Windgeschwindigkeit gegenüber dem Freiland beträchtlich herabgesetzt. Über dem Hindernis der Häuser hingegen erfolgt in einer bestimmten Höhe ein Zusammendrängen der Stromlinien des Windes und damit eine Erhöhung der Windgeschwindigkeit.

Innerhalb der Straßenzellen ist die Häufigkeit schwacher Winde merklich größer als außerhalb der Stadt. Stärkere Winde treten im Stadtbereich infolge der Bremsung des Windes seltener als im Freiland auf. Die geschlossenen Straßenzüge bewirken eine Führung des Luftstromes innerhalb der Häuserfronten und dadurch Richtungsänderungen. Weht der Wind schräg zur Straße

ist er gezwungen, in die Straßenrichtung einzudrehen. Die Geschwindigkeit ist dann im Luv (Prallseite) stärker als im Leebereich, aber meist noch schwächer als über den Dächern der Stadt. An Verengungen von Straßen und Gassen und auf Straßen im Anschluß an freie Plätze werden die Stromlinien des Windes zusammengedrängt. Diese „Düsenwirkung“ kann die Windgeschwindigkeit unter Umständen beträchtlich erhöhen.

Die höheren Lufttemperaturen in der Stadt gegenüber der Umgebung bewirken vor allem bei windstillem oder windschwachem Hochdruckwetter ein kräftiges Aufwärtssteigen der Luft. Zum Ersatz der in die Höhe ziehenden Luft strömt von außen her kühlere Luft als „Stadtwind“ ein. Diese lokale Luftzirkulation ist umso deutlicher ausgeprägt je größer die Unterschiede der Temperatur zwischen der Stadt und dem Freiland sind. Den Salzburger Segelfliegern ist der thermische Auftrieb der Luft über der Stadt wohl bekannt. Die „Stadt-Thermik“ wurde auch, solange das Überfliegen der Stadt noch nicht verboten war, häufig ausgenützt.

Durch die unterschiedliche Erwärmung der Straßen, Plätze, Hauswände und Dächer, der Innenhöfe, der eingestreuten Grünflächen usw. in Abhängigkeit von Exposition und Strahlung bilden sich schwache kleinräumige thermische Windsysteme aus, die keinerlei Schluß auf die Richtung der Allgmeinzirkulation ermöglichen.

Über der Stadt Salzburg herrschen Windverhältnisse, die noch durch das Relief des Alpenkörpers beeinflußt werden. Es überwiegen keineswegs die West-Ostkomponenten der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation wie in der Niederung außerhalb des Alpenraumes. Es wehen auffallend viele Winde aus Nordwest bis Nord, Südost bis Süd und nur wenige aus Nordost und Ost. Die Stadt Salzburg hat noch Anteil an der „tagesperiodischen Zirkulation“ der Alpen mit dem „Bergwind“ in der Richtung *salzachtalabwärts* und dem „Talwind“ *salzachtalaufwärts*. Wandert ein Tiefdruckgebiet von England nördlich der Alpen landeinwärts nach Osten, wird die bodennahe Luft durch die Tiefenfurche des Salzachtals richtungsmäßig geführt. Die Luft aus dem Alpenraum kann noch immer mit südlicher Komponente ausströmen, während die Westdrift im Alpenvorland bereits längst durchgegriffen hat. Die atmosphärische Zirkulation in Salzburg wurde auch von E. EKHART [6] untersucht.

Die Tab. 4 bringt durchschnittliche Häufigkeiten der einzelnen Windrichtungen bei verschiedenen Geschwindigkeiten im Jahr. Entsprechend der gegenwärtigen internationalen Skala sind die Windrichtungen nicht nach 8, sondern nach 12 Richtungen eingeteilt. Die Werte wurden aus den 8 internationalen Beobachtungsterminen 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 und 21 Uhr GMT (Greenwich Mean-Time = Weltzeit) gewonnen. Von einer Angabe der Windrichtungen nach den drei Klimaterminen des Tages (7,14 und 21 mittlere Ortszeit) wurde abgesehen, da sie wegen eines in zeitlicher Hinsicht beinahe regelmäßig wiederkehrenden Windwechsels nicht als repräsentativ angesehen werden können.

Betrachtet man die Windrichtungen bei Niederschlag, so ergibt sich ein Bild, das von den mittleren Verhältnissen merklich abweicht. Bei Schlechtwetter ist die mehr oder minder regelmäßige Meridionalzirkulation des Berg- und Talwindes gestört. Die niederschlagsbringenden Winde wehen im Jahresdurchschnitt vorwiegend aus Südwest, West und Nordwest. Die skalare Windgeschwindigkeit (Geschwindigkeit ohne Rücksicht auf die Richtung) beträgt auf dem Flughafengelände Salzburg im Jahresdurchschnitt 4,04 Knoten, das

sind rund 6 km/h. Ihren Höchstwert erreicht sie im Jahresablauf mit 4,9 Knoten im April und ihren Tiefstwert mit 3,1 Knoten im September. Der mittlere Gang der Windgeschwindigkeit zeigt im Jahresverlauf einen konvektionsbedingten Ablauf. Am Nachmittag wird ein Maximum und in der Nacht ein Minimum beobachtet. Die Richtung und die Geschwindigkeit des Windes auf dem Flughafen entsprechen ungefähr den Strömungsverhältnissen über den Dächern der Stadt.

Tabelle 4

*Häufigkeit der verschiedenen Windrichtungen bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten in Salzburg. 1953 bis 1956.*

Windrichtung	Mittlere Windgeschwindigkeit in Knoten <sup>3)</sup>								Summe
	1—3	4—6	7—10	11—16	17—21	22—27	28—33	34—40	
Windstille									613,8
345—014°	144,0	72,8	17,8	0,8					235,3
015—044°	76,3	41,0	20,3	1,0					138,5
045—074°	9,8	4,8	2,8						17,3
075—104°	24,0	4,5	1,3	0,8					30,5
105—134°	151,8	122,0	85,3	20,3	0,8	0,3			380,3
135—164°	113,5	146,8	138,0	37,8	3,5				439,5
165—194°	111,8	49,3	22,8	2,3	0,3	0,3			186,5
195—224°	45,0	21,3	14,0	3,5		0,3			84,0
225—254°	78,5	43,8	41,3	17,0	3,3	2,5	0,3		186,5
255—284°	59,8	37,3	37,8	30,3	4,3	2,8	0,3	0,3	172,5
285—314°	119,5	72,3	51,8	22,8	6,0	1,3	1,3		274,8
315—344°	74,3	57,5	26,3	5,0	0,3				163,3
Summe	1008,0	673,0	459,0	141,3	18,3	7,3	1,8	0,3	2922,0

Die Talaufwinde beginnen im Jahresdurchschnitt zwischen 9 und 11 Uhr MEZ, die Bergwinde setzen zwischen 17 und 19 ein. Die Föhnströmung dringt im Jahr 15 bis 20 mal bis zum Boden der Stadt Salzburg durch. Der nächtliche Bergwind, der aus der gleichen Richtung wie der Föhnwind weht, unterscheidet sich manchmal kaum in der Geschwindigkeit vom echten Föhn. Die Talabströmung des Bergwindes ist aber durch niedrigere Temperaturen und ganz besonders durch eine hohe relative Luftfeuchtigkeit gekennzeichnet.

#### Literaturverzeichnis

- [1] SCHMIDT, W.: Naturwissenschaft 1917, S. 494.  
 [2] STEINHAUSER, F.: Biokl. Beiblätter d. met. Zeitschr. 1934, S. 105.  
 [3] KRATZER, A.: Das Stadtklima. 2. Aufl. Braunschweig 1956.  
 [4] TOLLNER, H.: Sitzber. d. Akademie d. Wissensch. in Wien, math. naturw. Kl. 1932, S. 1.  
 [5] SCHARLAU, K.: Erdkunde, Bd. IV, 1950, S. 188.  
 [6] EKHART, E.: Archiv f. Meteorologie, u. Bioklimatol. Ser. B 1953, S. 431.  
 [7] STEINHAUSER, F. und CHALUPKA, K.: Ergebnisse von Messungen von Staubablagerungen in Österreich. Wetter und Leben, 1966, S. 177.

<sup>3)</sup> 1 Knoten = 1 Seemeile/Stunde = 1852 m = 0,514 m/sec.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1967

Band/Volume: [109](#)

Autor(en)/Author(s): Tollner Hanns

Artikel/Article: [Das Stadtklima von Salzburg 100-114](#)