

Mikroklimatologie.

(Begriffe. Entwicklung in Österreich seit 1945.)

Von Univ.-Prof. Dr. Friedrich Lauscher,
Wien.

Vortrag, gehalten am 3. November 1954.

Unter Klima versteht man die Gesamtheit der Wettererscheinungen an einem Ort, unter Mikroklima im weitesten Sinne die Gesamtheit der örtlichen Besonderheiten des Klimas auf kleinstem Raum. Das Mikroklima steht somit im Gegensatz zum Makroklima, in welchem seit Alexander von Humboldts Zeiten im extremen Falle Großprobleme, wie Isothermenkarten der Erde usw. studiert werden.

Es haben sich im Laufe der Zeit zwei Zweige oder, besser gesagt, Stufen der Mikroklimatologie herauskristallisiert: 1. Kleinklima (Mesoklima), z. B. das Klima des Talbodens im Vergleich zu den Hängen, Hangterrassen und Gipfeln, oder das Klima einer Stadt im Vergleich zum Freiland. Die Fragen des Kleinklimas sind im Prinzip mit den Apparaten der normalen Klimatologie, wie Thermohygrographen in Jalousieholzgehäusen usw. zu lösen, nur mit entsprechend verdichteten Netzen.

2. Mikroklimatologie im engeren Sinne. Diese muß wegen der Kleinheit ihrer Objekte mit besonderen Instrumenten arbeiten, zum Beispiel Thermoelementen, Widerstandsthermometern, Winddruckplatten aus leichtem Material zur Messung kleiner Luftströmungen, Sperrschichtphotozellen zur Messung der Lichtstärken in Vegetationsbeständen usw.

Viele unter dem Namen „Mikroklimatologie“ laufende Beobachtungen, z. B. über die Temperaturverteilung in den untersten zwei Metern der Luft-hülle an heiteren Tagen oder in klaren Nächten verdienen eigentlich den Namen „Mikrometeorologie“. Aus mikrometeorologischen Beobachtungen wird erst eine Mikroklimatologie, wenn a) die Besonderheit bei allen Wetterlagen untersucht wird, und b) die Häufigkeit und Folge der einzelnen Wetterzustände bekannt ist und mikroklimatisch bewertet wird. Doch ist dieses Ziel wohl noch nie erreicht worden. Der Namengebung „Mikroklimatologie“ lag die nur teilweise richtige Auffassung zugrunde, daß im bodennahen Klima oft ein Einzelereignis entscheidender ist als lange Durchschnittswerte, z. B. Erfrieren, Vertrocknen, Hitzetod.

Landwirtschaftliche Praktiker sind in Einzelfällen sogar soweit gegangen, den Wert der normalen Klimatologie überhaupt zu leugnen, doch gilt auch da in Wahrheit eine vernünftige Synthese des Älte-

ren und des Neueren. Wir können eine Art ökologischer Grundgleichung aufstellen:

$$\text{Makroklima} + \text{Mikroklima} = \text{ökologische Bedingungen}$$

Z. B. kommen südliche Pflanzen auf günstigen Standorten viel weiter nördlich und im Gebirge viel weiter oben vor als im makroklimatischen Regelfalle. Musterbeispiele bieten uns die alpinen Verhältnisse in Fülle: Die klimatische Schneegrenze ist in den Alpen in etwa 2900 m Höhe anzunehmen, d. h. in dieser Höhe geht der Schnee durchschnittlich auch im Sommer nicht mehr weg. Die klimatische Juli-Isotherme von 0° liegt im Mittel in 3300 m Höhe. Trotzdem findet man an geeigneten Standorten noch etwa 50 Arten von Blütenpflanzen, z. B. Enzian bis etwa 3500 m hinauf.

Das Mikroklima ist allgegenwärtig und beeinflußt dadurch letzten Endes auch das Makroklima, was wir uns an einem ganz extremen Beispiel klar machen können. Der Mond ist gewiß kein anstrebenswertes Ausflugsziel für den Menschen. Nach astronomischen Untersuchungen erreicht seine Temperatur auf der Vollmondseite + 134° C, während sie auf der Schattenseite auf — 154° C absinkt. Die Maximaltemperatur steht ganz gut in Einklang mit Berechnungen über den Strahlungsaustausch mit der Sonne und dem Weltenraum. Hingegen müßte die Neumondseite aus Strahlungsgründen praktisch die Temperatur des absolu-

ten Nullpunkts, — 273° C, erreichen. Die Differenzwärme zur Nachtzeit von immerhin rund 120° C wird ausschlaggebend bestimmt durch die Art der Wärmespeicherung in der Mondoberfläche. Es zeigt sich bei rechnerischer Analyse der Wärmebilanz, daß die Beschaffenheit der obersten 70 cm des Bodens eine entscheidende Rolle besitzt. Allerfeinster Sand muß den Mond bedecken, feinst zerrieben, sei es durch die enorme thermische Verwitterung, sei es durch den ständigen Aufprall von Meteoritenmaterial, dessen Schwung keine Atmosphäre auf dem Monde hemmt.

Die große Bedeutung, welche die Strahlung für Mikroklimabildungen besitzt, hat teilweise sogar zur Ansicht geführt, Mikroklimatologie sei genauer analysierte Schönwetterklimatologie. Doch gibt es auch bei Schlechtwetter genug Besonderheiten des Klimas auf kleinstem Raum, man denke nur an den Windschutz, an die Schnee- und Rauhrefablagerungen usw. Für jeden Punkt muß die Wärmebilanzgleichung erfüllt sein, aber jedes Glied dieser Gleichung kann örtliche Besonderheiten aufweisen. Die Wärmebilanz setzt sich zusammen aus der Strahlungsbilanz, dem Umsatz von Wärme im Boden, ferner unter dem Einfluß der Atmosphäre aus dem Wärmeumsatz mit der Luft in der Vertikalen (Austausch) und der horizontalen Zufuhr von Luftmassen (Advektion), sowie unter dem Einfluß des Wassergehalts der Luft und des Bodens aus den Einflüssen der Verdunstung, des Niederschlags und der Kondensation.

R. Geiger, München, unterschied folgende Hauptkapitel der Mikroklimatologie: 1. Mikroklima der obersten Boden- und der untersten Luftschicht, 2. Einfluß der Bodenart (Reflexion, Wärmeleitung, Verdunstung), 3. Einfluß des Geländes (Hangneigung, Exposition nach Himmelsrichtungen, Abschirmung durch Berge und andere Objekte), 4. Einfluß der natürlichen Pflanzendecke (Rasen, Pflanzen, Wald), 5. künstliche Klimate (Kleidung, Haus, Stall, Stadt, Veränderungen der Natur durch den Menschen). — Zum 4. Kapitel wäre festzustellen, daß wir vom Ziele, die mikroklimatischen Eigenschaften aller Vegetationsgebiete der Erde und aller pflanzensoziologischen Assoziationen zu kennen, noch weit entfernt sind. Die Geschichte der wissenschaftlichen Mikroklimatologie ist ja noch sehr jung. Etwa ab 1895 haben solche Gedankengänge Kerner von Marilaun an der alpinen und Th. Homén in Finnland an der arktischen Vegetationsgrenze entwickelt. Das 1. Buch über Mikroklima schrieb 1911 der Botaniker Gregor Kraus, Würzburg, als Zusammenfassung seines Lebenswerkes.

Die Bahnbrecher einer weltweiten Entwicklung der Mikroklimatologie waren der bereits genannte R. Geiger, angeregt durch A. Schmuss, München, und der Wiener Wilhelm Schmidt, der seine Lehrkanzel für Wetter- und Klimalehre an der Hochschule für Bodenkultur in Wien zu einem seiner Zeit weltberühmten Institut machte. R. Geigers

Buch „Das Klima der bodennahen Luftschicht“ erschien bisher in drei Auflagen (1927, 1942 und 1951) und gehört zu jenen bahnbrechenden Werken, von denen vielleicht noch nach Jahrhunderten die Rede sein wird. F. Linke, Frankfurt am Main, und W. Schmidt gründeten die „Bioklimatischen Beiblätter zur Meteorologischen Zeitschrift“, welche bis 1944 erschienen. Seit 1948 gibt F. Sauberer, Wien, in Zusammenarbeit mit der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie eine Zeitschrift für praktische Bioklimatologie, betitelt „Wetter und Leben“, heraus, welche nun im sechsten Jahre ihres Bestandes besteht und deren Inhalt Zeugnis für die ständigen Fortschritte auch der mikroklimatischen Forschung ablegt. Auch im Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie des Springer-Verlages in Wien (Herausgeber W. Mörikofer, Davos, und F. Steinhäuser, Wien) erscheinen fallweise mikroklimatische Studien. Arbeiten mit umfangreichen Zahlentabellen wurden auch in die Jahrbücher der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien aufgenommen. Andeutungen über den reichen Inhalt dieser verschiedenen, seit 1945 ausgeführten Untersuchungen mikroklimatischer Art in Österreich müssen hier genügen:

J. Gutmann und H. Eder bestimmten für zahlreiche ostalpine Orte die Zeit der wahren Sonnenauf- und -Untergänge und damit die „örtlich mögliche Sonnenscheindauer“, eine klimatische Funda-

mentalgröße in Gegenden mit beengtem Horizont. A. S c h e d l e r berechnete die Bestrahlung geneigter Hänge für alle Himmelsrichtungen und Neigungen bis zu 30° . Aus seinem umfangreichen Werk kann man z. B. die folgende Tabelle zwecks raschen Überblicks ableiten:

Tabelle 1: Hangbestrahlung durch die Sonne in den Ostalpen (Prozentverhältnisse zur ebenen Fläche bei 10° Neigung)

	Juni	September	Dezember
Südhang	103	114	152
Südosthang	102	108	129
Osthang	100	96	92
Nordosthang	96	85	55
Nordhang	95	81	38

Wie man sieht, erhält ein Osthang mit 10° Neigung in allen Jahreszeiten ungefähr gleich große Tagessummen der Sonnenstrahlung wie eine gleich große ebene Fläche. Die größten Gegensätze herrschen natürlich im Dezember zwischen Südhang und Nordhang.

I. D i r m h i r n und F. S a u b e r e r beschäftigen sich auch mit den recht komplizierten Verhältnissen der Himmelsstrahlung und ihrer Wirkung auf verschiedene Objekte, z. B. Hausbauten. Da in den letzten Jahren große Programme zur Wiederpflanzung von Baumreihen in trockenen Gebieten zur Ausführung kamen, errechnete I. D i r m h i r n die Strahlungsverminderung an Windschutzstreifen

unter Berücksichtigung der Sonnen- und Himmelstrahlung. Ihre Berechnungen haben den praktischen Vorzug, daß sie die Wirkung der Sonnen- und Himmelsstrahlung sowohl getrennt als auch zusammen angeben, u. zw. in Prozenten der auf eine völlig freie ebene Fläche entfallenden Tagessummen der Strahlung. Ein Nord-Südstreifen nimmt ganzjährig etwa 47% der Strahlung für einen Punkt unmittelbar neben dem Streifen weg, nur mehr 16% für einen Punkt, der ebenso weit vom Hindernis weg ist als dieses hoch ist. Bei einem in Ost-West-Richtung verlaufenden Windschutzstreifen ist selbstverständlich ein großer Unterschied zwischen Punkten südlich und solchen nördlich des Streifens: Unmittelbar neben dem Streifen und zwar südlich von ihm werden folgende Prozentsätze der Strahlung in den einzelnen Jahreszeiten weggeschirmt: Frühling 19%, Sommer 27%, Herbst 15%, Winter 30%. Wegen der starken Abschattung der Sonne sind die analogen Prozentsätze nördlich des Streifens, und zwar unmittelbar neben ihm, bedeutend größer: Es fallen weg im Frühling 73%, im Sommer 67%, im Herbst 79% und im Winter 60%. Die Originalarbeit enthält eine große Zahl von Angaben für verschiedene Distanzen von den Windschutzstreifen, auch für Streifen in Richtung Südost-Nordwest.

Die gleiche Verfasserin stellte auch, zum Teil nach eigenen Messungen, die „Albedo“-Werte (Reflexion in Prozenten der auffallenden Strahlung)

für alle möglichen Bodenarten zusammen, z. B. Wasser Sommer im Mittel 9%, Winter 12%, Gletscher 25—80% je nach dem letzten Neuschneefall, Wiesen 6—30%, Böden 7—45% usw.

F. S a u b e r e r beschäftigte sich auch mit dem Licht im Boden und fand, daß bei feinstem Sand das rote Licht bevorzugt durchgelassen wird. Die Helligkeit in 1 mm Tiefe ist bei diesem Material aber nur mehr rund ein Tausendstel des Außenlichtes. In grobkörnigem Boden ist die Durchlässigkeit zehn bis hundertmal größer. Für Klareis fand der genannte Autor die gleiche Strahlungsdurchlässigkeit wie für Wasser, für Schnee-Eis wie für Schnee. F. S a u b e r e r untersuchte auch die Lichtdurchlässigkeit des Neusiedlersees bei Schlammaufwirbelung durch Stürme. Es zeigte sich, daß in diesem zwar sehr großen, aber auch sehr seichten See unter Umständen schon in 75 cm Tiefe am Tage eine Lichtstärke unterhalb der Assimilationsgrenze herrschen kann, geringer als die Vollmondhelligkeit in einer klaren Nacht.

Mit den Strahlungseigenschaften der Pflanzen beschäftigten sich verschiedene Autoren. So wies zum Beispiel F. S a u b e r e r nach, daß Unterseiten von Blättern 5 bis 8% mehr Strahlung reflektieren als Oberseiten. O. H ä r t e l zeigte, daß eine Reiheneinpflanzung der Getreidefelder aus Ischia von Südwest nach Nordost infolge gegenseitiger Beschattung die Überhitzung in den ersten Nachmittagsstunden min-

dert. Außerordentlich wichtige mikroklimatische Untersuchungen führen H. Aulitzky und andere im inneren Ötztale aus. Es sollen dort die Lebensbedingungen von Jungwuchs an der oberen Waldgrenze zur Schaffung von Lawinenbannwäldern untersucht werden. Bei diesen Versuchen in fast 2000 m Höhe wurden noch gelegentliche Bodentemperaturmaxima bis gegen 58°C gemessen. Nadeltemperaturen von über 50°C brachten Schockwirkungen hervor, welche übernatürlich hohe Atmung hervorrufen und zu plasmatischen Veränderungen führen.

Mit den niedrigsten aus den Ostalpen bekanntgewordenen Temperaturen beschäftigte sich S. Aigner von der Biologischen Station Lunz am See. Er beobachtete in der Doline Gstettneralm in rund 1250 m Höhe in 8 von 14 Wintern Minima unter -50°C (1932: -52.6°). F. Lauscher studierte auf Grund fünfzigjähriger Beobachtungen an hundert Orten Österreichs die Normalwerte der Zahl der Tage mit Frost und mit Frostwechsel. Er fand zum Beispiel, daß in 400 m Seehöhe Maifröste in etwa jedem 10. Jahr vorkommen. Dabei ist aber noch ein großer Unterschied zwischen Hügellagen und Beckenlagen: So ereignet sich z. B. auf der Hohen Warte in Wien der letzte Frost im Frühjahr durchschnittlich schon am 2. IV., in den flachen Randteilen Wiens aber am 5. V. Dies gilt, wenn wir die Fröste in 2 m Höhe über dem Boden betrachten. Gehen wir in die

bodennahe Luftschicht, etwa auf 5 cm über dem Boden herab, so kommt der letzte Frost auf der Hohen Warte erst am 27. IV. im langjährigen Durchschnitt. Die meisten Frostwechsel (Durchgang durch den Nullpunkt der Celsiusskala) haben Hochtäler, wie besonders St. Anton am Arlberg. Dies ist für Verwitterungsstudien, besonders auch für die Morphologie, wichtig.

F. L a u s c h e r berichtete auch über die klimatischen Grundlagen für die Berechnung des Mindestwärmeschutzes von Wohnbauten. Das in der Bautechnik verwendete Charakteristikum des durchschnittlichen Jahresminimums kann kleinklimatisch stark variieren: So hat zum Beispiel der Semmeringpaß ein mittleres Minimum von -15° , Tamsweg in gleicher Höhe (1000 m) aber -27° , da es in einem Talkessel liegt.

L. D i m i t z studierte auf Grund der Beobachtungen des amtlichen meteorologischen Netzes die Unterschiede zwischen den tiefsten Nachttemperaturen in 2 m Höhe (Hüttenminimum) und denen in 5 cm Höhe über dem Boden. Die Unterschiede ergaben sich bei heiteren Nächten zu etwa 4.5° , bei trüben zu 0.8° . Interessanterweise sind die Differenzen in freien Ebenen etwas geringer als in parkartigem Gelände.

E. J e s s e r, L. D i m i t z und H. W i l f i n g e r wiesen nach, daß anstelle von Tagesmitteln der Temperatur Mittagswerte, etwa die 14 Uhr-Temperatur

verwendet werden sollte, um eine Gegend oder sogar einen bestimmten Acker u. dgl. landwirtschaftlich zu beurteilen. So ist zum Beispiel in Radstadt im Lande Salzburg in 856 m Seehöhe die Jahrestemperatur mit 5.6°C und die Julitemperatur mit 15.6°C praktisch gleich groß wie in Ottenschlag in Waldviertel in gleicher Seehöhe. Und doch liefern landwirtschaftlich genutzte Flächen im alpinen Längstal von Radstadt weit höhere Erträge als gleichartige Anbauflächen auf der Plateaulandschaft des Waldviertels. Im Mittel der Monate April bis August ist die 14 Uhr-Temperatur in Radstadt 17.2° , in Ottenschlag nur 15.4° .

Die großen lokalen Unterschiede in den Niederschlagsverhältnissen der Ostalpenländer wurden von verschiedenen Autoren intensiv untersucht. In den verschiedenen Bänden zum neuen Wasserkraftkataster Österreichs zeigte F. L a u s c h e r, daß die Zunahme des Niederschlags mit der Höhe typische Unterschiede zwischen Luv- und Leegebieten zeigt: In Luvgebieten ist die Zunahme in den unteren Teilen der Hänge besonders stark, in den Leegebieten aber ist sie im unteren Teil der Täler gering, und wird erst mit Annäherung an die Kämme bedeutend. In Übergangslagen kann die Zunahme der Niederschlagsmengen mit der Höhe praktisch linear sein, wie etwa im Achensee-Gebiet in Tirol. Unabhängig von den rein meteorologischen Problemen des Niederschlags spielt in windreichen

Höhenlagen die Frage eine große Rolle, wo sich der Schnee wirklich absetzt. Damit hat sich insbesondere H. Friedel beschäftigt. Er zeigte, daß es neben dem vorhin beschriebenen Niveau-Effekt noch den Relief-Effekt gibt, der sowohl bei der Ablagerung, wie beim Abschmelzen meist in lokal typischer Weise hervortritt, sodaß in verschiedenen Tälern alljährlich, nur zu verschiedenen Zeiten, dieselben Figuren der Schneeflecken an den Bergen zu sehen sind. M. Roller zeigte, daß die Frühjahrsschmelze oft bei warmem Nebelwetter besser vor sich geht als bei sonnigem Wetter, bei dem die oberste Schichte verhärtet. Im sommerlichen Abschmelzen verschmutzter Gletscher ist natürlich die Sonne maßgebend.

Eine sehr interessante Studie über die Niederschlagsverhältnisse im Wiener Raum lieferte R. Zawadil. Bekanntlich fallen ja im Wienerwald Jahresmengen bis zu 900 mm, im nördlichen Steinfeld (Achau) und im mittleren Marchfeld (Obersiebenbrunn) aber nicht einmal 500 mm. Relativ viel erhält die Westseite des Bisambergs, aber selbst der so niedrige Laaerberg bewirkt in seiner Umgebung eine etwas erhöhte Gewitter- und Niederschlagstätigkeit. Welch krasse Gegensätze in einzelnen Jahreszeiten, an einzelnen Tagen bei Starkregen usw. vorkommen können, dies möge man am besten selbst in der genußreich zu lesenden Studie R. Zawadils im Jahrbuch 1951 der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik nachlesen.

Das Wiener Klima war überhaupt oft Untersuchungsgegenstand. Francini und Lauscher schufen neue Temperaturnormalwerte für Wien und Umgebung, F. Sauberer erforschte Siedlungsprobleme, z. B. die ursprünglich recht planlosen Neuanlagen in Breitenfurt, A. Sauberer schuf eine Karte des Flechtenbewuchses der Bäume im Wiener Gebiet, da die Großstadttrübung den Bewuchs verhindert und man so solch einer Karte den durchschnittlichen Gütezustand der Luft eines Stadtteiles entnehmen kann. A. Topitz untersuchte aus verschiedenen historischen Quellen die Änderung der Luftbeschaffenheit in Wien seit der Jahrhundertwende. Was derzeit der Benzingestank im Sommer, sowie die Lärmplage, das war in alter Zeit der Staub in der trockenen Jahreszeit und der starke Ruß der Feuerungen im Winter. F. Silhavy untersuchte den Keimgehalt der Luft, I. Dirmhirn sogar das Klima der verschiedenen Typen der Wiener Straßenbahnwagen. Sie fand die Übertemperatur über die Lufttemperatur im Winter in den aus USA bezogenen Wagen, die der Wiener Volksmund die „Amerikaner“ nennt, am größten, nämlich zu 10.3° . Im Sommer betrug hingegen die Übertemperatur dieser Wagentype nur 0.3° C, während alte, kleine Beiwagen im Sommer um 2.6° C wärmer sind als die Außenluft. In den neuen Ringwagen tritt wohl eine rasche Überwärmung ein, durch das gänzliche Öffnen aller

Türen bei jeder Station aber wieder eine rasche Lufterneuerung.

Angesichts dieser Fülle neuerer mikroklimatischer Untersuchungen kann nur nochmals die Lektüre der bereits genannten Zeitschriften und Jahrbücher empfohlen werden. Man wird dann noch viele neue Untersuchungen aus Österreich, auch über Pflanzenklima, Phänologie, Tier- und Menschenklima finden können.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1955

Band/Volume: [95](#)

Autor(en)/Author(s): Lauscher Friedrich

Artikel/Article: [Mikroklimatologie. \(Begriffe. Entwicklung in Österreich seit 1945\). 25-39](#)