

FRIEDRICH LAUSCHER:

KLIMATISCHE GEgebenHEITEN UND PROBLEME DER STADT LINZ

Mit 18 Abbildungen

Der vorwiegend wirtschaftlich orientierte Gegenwartsmensch scheint im Begriff zu sein, zu einer vorwiegend wirtschaftlichen Klassifikation der Erdräume überzugehen. Man unterscheidet in der Raumplanung „Aktivräume“, in denen man viel verdienen kann, und „Passivräume“, in denen man wenig verdienen kann. Der Klimatologe urteilt da anders: Für ihn sind „klimatische Aktivräume“ solche Gebiete, die die vitale Aktivität fördern und der Gesundheit zumindest nicht abträglich sind; „klimatische Passivräume“ jedoch sind solche Gebiete, in denen natürliche Faktoren wie Hitze, Kälte, Schwüle, Dürre oder technische Faktoren wie Luft- und Wasserverschmutzung, Lärm und dergleichen den Organismus belasten.

In dem Buch „Witterung und Klima von Linz“, im Jahre 1959 im Auftrag des Kulturamtes der Stadt Linz herausgegeben, haben wir die Stellung von Linz im System der Erdklimate auf den Seiten 176 bis 178 beschrieben. Der besseren Anschaulichkeit halber haben wir nun in Abbildung 1 eine neuartige Darstellung versucht. Die gewählten Skalen sind dem Diagramm rechts unten zu entnehmen und sind in der Legende zur Abbildung auch textlich erklärt.

In neun von den elf Hauptklimaten W. KÖPPENS gibt es Großstädte. Die Anpassungsfähigkeit des Menschen ist also erstaunlich groß. Nur das baumlose Tundrenklima ET (wärmster Monat unter 10 Grad Celsius) und natürlich das Klima des ewigen Frostes EF (alle Monate unter 0 Grad Celsius) sind absolut stadtfeindlich. In den Trockenklimaten gibt es große Städte nur an großen Strömen. Wir wählten als Beispiele für das Steppenklimate BS Wolgograd und für das Wüstenklimate BW die Zweimillionenstadt Kairo. Der Einheitlichkeit halber sind fast alle unsere Beispiele der alten Welt entnommen, nur die volkreichste Stadt der Erde, New York mit 15,8 Millionen Einwohnern, durfte natürlich nicht fehlen.

Djakarta (Batavia, 2,5 Millionen Einwohner) repräsentiert das heißfeuchte Urwaldklimate Af, das gleich stark bevölkerte Kalkutta das Monsunklimate (Aw). Im warmgemäßigten Klimabereich C sind

drei Vergleichsbeispiele geboten: New York (f = Niederschläge in allen Monaten, a = Temperatur des wärmsten Monats mehr als 22 Grad Celsius), Hongkong (w = winter trocken) und Rom (s = sommertrocken). Als Beispiele für die winterkalten Klimate wählten wir Moskau, Df, mit Niederschlägen in allen Monaten, und Shenyang (Mukden), Dw, mit winterlicher Trockenheit.

Linz (siehe Abbildung 1) gehört dem Klimagebiet Cfb an (der Zusatzbuchstabe b bedeutet: mindestens vier Monate mit der dem Baumwuchs günstigen Mitteltemperatur von mehr als 10 Grad Celsius, in Linz von Mitte April bis Mitte Oktober).

Die schön symmetrischen Kurvenzüge für Linz ähneln am meisten den links unten dargestellten Durchschnittswerten für die ganze Erde, die lauten: Mitteltemperatur 14,3 Grad Celsius, durchschnittlicher Monatsniederschlag 8,3 Zentimeter oder 83 Millimeter, also im Jahr 1002 Millimeter. Der genannten Mitteltemperatur entsprechen in Linz die Temperaturen der Monate Mai und September; das Jahresmittel 9,0 Grad Celsius ist gegenüber der Durchschnittstemperatur für die ganze Erde zufolge der winterlichen Abkühlung um rund 5 Grad erniedrigt. Doch wird diese Abkühlung gemäßigt durch die relative Nähe des Atlantischen Ozeans: Man vergleiche den in fast gleichem Abstand vom Mittelpunkt des Diagrammes verlaufenden Polygonzug der Monatstemperaturen in Linz von November bis März mit den dem Mittelpunkt von -10 Grad Celsius zustrebenden Temperaturkurven der kontinentalen Klimate Moskau, Shenyang und Wolgograd. Tiefere Temperaturen als -10 Grad Celsius haben wir nicht mehr kenntlich gemacht, weil bei solchen Kältegraden die Vitalität einer Stadt ohnedies gering werden muß.

Auch glaubten wir, mehr als 24 Zentimeter (= 240 Millimeter) Monatsniederschlag nicht mehr darstellen zu müssen, da ein Mehr an Niederschlägen durch gewaltige Platzregen zustande zu kommen pflegt, die eine klimatische Passivität des Menschen zeitigen müssen, zumal sie gewöhnlich mit Schwüle verbunden sind.

In diesem Sinne sind die stadtklimatischen Diagramme der Abbildung 1 zu werten: Mitteltemperaturen von mehr als 20 Grad Celsius und Niederschläge von mehr als 20 Zentimeter pro Monat einerseits, Temperaturen unter -3 Grad Celsius und Niederschläge unter 3 Zentimeter pro Monat andererseits entwerten im allgemeinen das Klima. Die klimatisch aktiven Räume und Zeiten liegen zwischen

diesen Begrenzungen. Die folgende Verteilung der großstädtischen Bevölkerung auf die elf Hauptklimagebiete der Erde nimmt daher nicht wunder:

Urwaldklima Af	4,3 Prozent
Monsunklima (Aw)	7,5 Prozent
Steppenklima BS	1,8 Prozent
Wüstenklima BW	1,6 Prozent
Warmgemäßigtes Klima	
Cf	50,0 Prozent
Cw	7,8 Prozent
Cs	10,0 Prozent
Winterkaltes Klima	
Df	12,4 Prozent
Dw	4,6 Prozent
Tundrenklima ET	0,0 Prozent
Ewiger Frost EF	0,0 Prozent
	<hr/>
	100,0 Prozent

In der Gruppe Cf gehören zum Typus a (Muster New York) 28,9 Prozent, zum Typus b (Muster Linz) 21,1 Prozent.

Linz gehört also, großklimatisch betrachtet, zweifellos einem Aktivraum an, wenn nicht dem aktivsten aller Stadtklimate. Wenn wir auch noch so oft über Launen des Wetters klagen, so müssen wir uns doch vergegenwärtigen, daß nur 6,2 Prozent aller Landflächen der Erde, vor allem in West- und Mitteleuropa, zu dem warmgemäßigten Klima Cf ohne Trockenzeit gehören. Alle anderen Klimate der Erde sind in dieser oder jener Hinsicht extremer.

Betrachten wir nun die Stellung von Linz im Donauraum. Aus Abbildung 2 erkennen wir die reizvolle Lage der Stadt am Strom: Nach dem prächtigen Stift Wilhering treten waldbestandene Berge zu beiden Seiten dicht an den Strom heran, eine Engtalstrecke schaffend, die sich nach wenigen Kilometern unmittelbar zur geschützten, nach Süden offenen Bucht von Linz weitet.

Möge der natürliche Charakter der Stadtumgebung in weitestem Maße gewahrt bleiben! Nichts wirkt häßlicher, als wenn an Stelle eines grünen Landschaftskranzes ein ungeordneter Haufen verschiedener Haus- und Siedlungstypen auf den Berghängen ringsum sich breitmacht. Und nichts ist ungesünder, als wenn statt des frischen Landduftes eine durch Wohnstätten verbrauchte Luft in jenen Zeiten zur Stadt strömt, in denen der Wind von den Hängen kommt. Nichts ist bedrückender, als wenn jeder frohe Spaziergang ins Grüne durch

Wie wird die Stadt dann aussehen? Wird die Altstadt (Abb. 7) wohl weiter verschönert und verkehrsmäßig besser erschlossen, in ihrem Grundcharakter aber erhalten geblieben sein? Wir hoffen es. Eine saubere, von Abgasen möglichst frei gehaltene Stadt hat viele Vorzüge. Immer wird es Leute geben, die Licht und Wärme und den gesäuberten Boden einer Stadt im Winter zu schätzen wissen. Dieser Vorteile halber sollte man unsere altehrwürdigen Städte nicht nur unter dem Gesichtswinkel der „City“, des Geschäfts- und Behördenzentrums, sehen. Ein Loblied der Stadt hat z. B. Sabina LIETZMANN in ihrem glänzenden Artikel „Zurück zur Stadt, Glanz und Nachteil von Suburbia“ gesungen (vergleiche Berichte zur Landesforschung und Landesplanung, 3, Wien 1959, Seiten 99 bis 103). Die Villenvorstädte bezeichnet sie launig als „Kolchosen mit Komfort“, in der die „Tyrannei der frohen Nachbarn“ herrsche.

Wo man aber bei der Stadterweiterung neue Baustile verwendet, sollte man mehr oder minder einheitlich vorgehen. So wird es unseres Erachtens nach nicht zu umgehen sein, im Gebiet der neuen „Skyline“ am linken Donauufer (Abbildung 7a) in analogem Stil weiterzubauen. Gestreut anzutreffende Hochhäuser, vermehrt um die Ungetüme der Flaktürme (wie in Wien) wirken bildmäßig nicht gut. Wenn in einem europäischen Stadtkern etwas emporragt, so sollte es doch ein Kirchturm sein und nicht ein Wohnhausquader. Auch sei nicht verschwiegen, daß die Luft in Schornsteinhöhe über einer Stadt — oder mäßig darüber — nicht besonders gut ist. Bei Wiener Versuchen fand man in diesen Höhen ein Maximum der Luftverunreinigung. Theater saugen Frischluft nicht aus der Höhe, sondern aus Parkanlagen in der Nähe an.

Auf keinen Fall, wir wiederholen es, soll man die Hänge rings um die Linzer Bucht verbauen. Linz sollte unbedingt seine Entwicklung im Kern und an seinen Rändern mit Behutsamkeit planen und egoistischen Tendenzen keinen Raum gewähren. Das Klima, von dem alle abhängig sind, wird beeinflußt vom Zustand all der künstlichen Kleinklimate der Umgebung. Der grundbücherliche Besitz enthebt nicht der klimatischen Verantwortung gegen alle Nachbarn und gegen die Gesamtbevölkerung. Die Luft kennt keine Grenzen. Wir alle leben von diesem Urelement.

Wald- und Wiesenhänge rings um eine Stadt sind ein klimatischer Segen, den zu vernichten töricht wäre. Wer die Stadt durchquert, um zu seinem Wohnsitz am Hang zu

gelangen, der kann ebensogut noch ein Stückchen weiter fahren und ganz aus dem Blickfeld der Stadt wohnen. Die Vorstädte müssen nicht an der City kleben. Viele „Pendler“ sind froh, abends oder am langen Wochenende weit abseits der Stadt zu sein. Warum soll der Klimawechsel nur im Urlaub von Vorteil sein? Am deutlichsten spüren diesen Klimawechsel die Mühlviertel-Pendler, wie auch aus Abbildung 8 ersichtlich ist. Es wird immer viele Menschen geben, die mit dem Lande so verbunden sind, daß sie in der Stadt wohl den wirtschaftlichen Aktivraum, in ihrem Heimatdorf aber Ruhe und Erholung suchen. Natürlich müßten die Verkehrsbedingungen entsprechend günstig sein, und es müßte die Möglichkeit bestehen, bei Schlechtwetter fallweise in der Stadt bleiben zu können.

Über den Wert von Parkanlagen und Grünflächen braucht man im Prinzip kein Wort zu verlieren. Die Vorteile einer Stadt im Winter schwinden mit dem Osterspaziergang. Nur an ganz heißen Tagen wird man in unserem Klima wieder den Schatten eines engen Gäßchens loben. Erfreulicherweise ergibt sich bei der modernen, offenen Bauweise von selbst ein relativ großer Grünflächenanteil, der die Unterschiede zwischen den klimatischen Faktoren in den Vorstädten und im Freiland gering beläßt.

Es ist hier der richtige Ort, auf eine vor Jahren unter Leitung von Dr. E. Weiß von der Stadtklima-Untersuchungsstelle des Gesundheitsamtes der Stadt Linz durchgeführte Untersuchung hinzuweisen. Sie betraf Temperatur und Luftfeuchtigkeit in einem Kleinpark im Stadtrandgebiet südlich von Linz, ist aber auch für das Vorstadtklima von Linz selbst aufschlußreich.

Vom 4. August bis 29. Oktober 1955 wurden mittels eines Aspirationspsychrometers fast täglich um 7 Uhr und 14 Uhr Messungen der Lufttemperatur (in Celsiusgraden) und der relativen Luftfeuchtigkeit (in Prozenten) im Bereich eines Kleinparks nahe dem „Bindermichl“ im locker verbauten Gebiet südlich von Linz durchgeführt. Der in der Richtung Nord-Süd etwa 300 Meter lange und in der Richtung West-Ost etwa 200 Meter breite Park weist eine Lichtung von etwa 50 Metern Durchmesser inmitten eines Fichtenmischwaldes mit etwa 10 bis 20 Meter hohen Bäumen auf. Der Kleinpark liegt rund 3,3 Kilometer süd-südöstlich der Donaubrücke Linz-Urfahr und ist vom geschlossenen Stadtkern etwa 1,6 Kilometer entfernt. Das Gelände ist flach, fällt aber sowohl nach Norden und Osten zur Donau als auch nach Süden zur Traun etwas ab. Der Flugplatz Linz-Hörsching befindet sich noch etwa sieben Kilometer weiter südsüdwestlich in der Ebene der Welser Heide.

Der Beobachter, Herr Josef Pechmann, geboren am 5. Februar 1915 in Pančevo, Gewerbeschulabsolvent und zur Zeit der Beobachtungen Gärtner, hat

sich mit den Messungen viel Mühe gemacht. Jede Einzelserie erforderte einen Zeitaufwand von 45 Minuten: Am Anfang und am Ende wurde je eine Messung östlich des Parks gemacht, in etwa 100 Meter Entfernung vom Waldrand, dann eine Messung südlich, eine in der Parkmitte (Lichtung), eine im Wald selbst, sodann eine westlich und eine nördlich des Parks. In der vorliegenden Bearbeitung wurden mit Hilfe der Doppelmessung östlich des Parks alle Messungen auf genau 7 Uhr und genau 14 Uhr umgerechnet. Weiter wurden die Messungen Ost, Süd, West und Nord gemittelt und der Einfachheit halber als eine Station „Vorstadt“ bezeichnet; die Messungen in der Lichtung und im Wald wurden gleichfalls gemittelt und als eine Station „Kleinpark“ behandelt. Die Durchschnittswerte dieser beiden Stationen wurden mit den gleichzeitigen Daten der Stadtstation Linz, Museumstraße, und der Freilandstation Hörsching, Flugplatz, verglichen.

Abbildung 9 vermittelt die Hauptresultate: Die Stadt ist tagsüber bei heiterem und wechselnd wolkigem Wetter wärmer als die Vorstadt. In kleinem Ausmaß gilt dies auch für das Freiland. Morgens ist die Höhe beim Bindermichl relativ warm: die Geländelage ist da ausschlaggebend. Der Park ist ganztägig kühler als seine Umgebung; vor allem gilt dies bei halb bedecktem Himmel am Morgen.

Bezüglich der Luftfeuchtigkeit gilt: Bei heiterem Wetter ist die Feuchtigkeit in der Museumstraße am Morgen, wohl wegen der näheren Lage zur Donau, größer als beim Bindermichl, tagsüber aber, wegen der stärkeren Erwärmung, geringer. Bei trübem Wetter gilt eher das Gegenteil des Gesagten, doch sind die lokalen Unterschiede schon bei halb bedecktem Himmel ziemlich gering. Das Freiland beim Flugplatz hat zufolge der stärkeren Tagesschwankung der Temperatur bei sonnigem Wetter früh eine höhere, nachmittags eine geringere Luftfeuchtigkeit als die Vorstadt beim Bindermichl. Bei trübem (und teilweise regnerischem) Wetter ist die Feuchtigkeit am Flugplatz ganztägig geringer, wohl auch, weil abseits der Berge in der Welser Heide weniger Niederschlag fällt als in Linz. Dies wieder ist weder stadtklimatisch noch kleinklimatisch, sondern reliefklimatisch zu erklären.

Der Park ist morgens jedenfalls feuchter als die Umgebung; am meisten kommt dies bei halb bedecktem Himmel zum Ausdruck, denn sowohl bei heiterem als auch bei trübem (und eventuell regnerischem) Wetter ist morgens die Feuchtigkeit überall relativ hoch. Mittags sind die Feuchtigkeitsunterschiede zwischen Park und Umgebung gering.

Gerade aus diesem Beispiel erkennen wir wieder, daß nur subtile Untersuchungen des Klimas Klarheit schaffen können. Erfreulicherweise gehört Linz zu den Städten, die die modernsten Methoden fördern und auch zu nutzen wissen. So möge es der in einem aktiven

Klimaraum an günstiger Stelle am Donaustrom gelegenen Stadt gelingen, den grünen Kranz ihrer Bergumrahmung in voller Schönheit zu erhalten, die Luft vom Industriedunst zu befreien und ihren Bürgern und Mitarbeitern jene Heimstätten zu bieten, die sie aus innerem Trieb selbst wählen, sei es in der verschönten City, sei es in behutsam gewählten Vorstadtgebieten, sei es an schöner Stelle im weiten Lande.

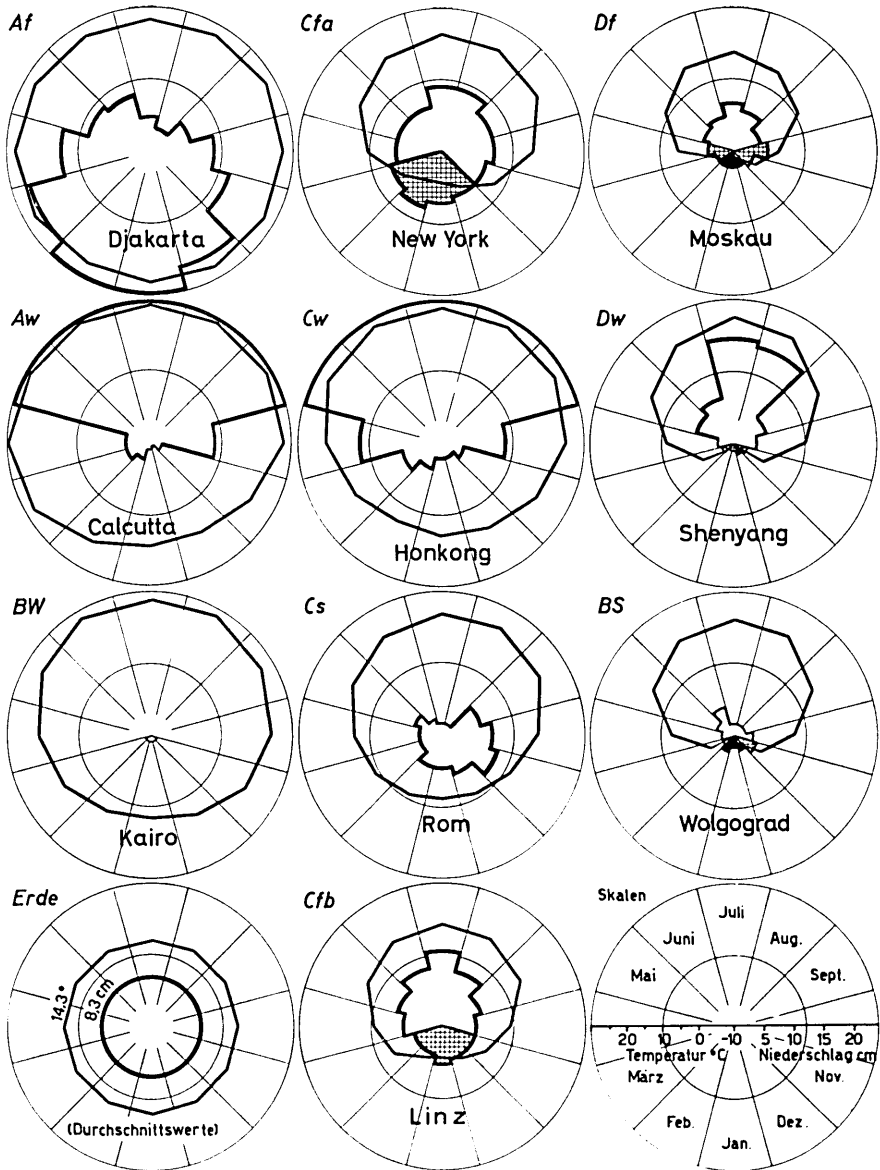


ABBILDUNG 1: DIE STELLUNG VON LINZ IM SYSTEM DER ERDKLIMATE. Jahresdiagramme der Monatsmittel der Lufttemperatur in Celsius-Graden (eckige Polygonzüge, die Monatsmittel verbindend. Temperaturskala von -10° bis $+30^{\circ}$ C, siehe Skalendiagramme rechts unten) und der Monatsniederschlagshöhen in Zentimeter Wasserwert, entsprechend zehn Liter pro einen Quadratmeter (Kreis-sektoren-Polygonzug, Niederschlagsskala von 0 bis 24 Zentimeter). Die Niederschläge bei Monatsmitteltemperaturen zwischen -5° und $+5^{\circ}$ sind als Mischniederschläge gerastert, bei noch tieferen Monatsmitteln als reine Schneeniederschläge schwarz dargestellt. Weitere Erklärungen im Text.



ABBILDUNG 2: DIE DONAU KNAPP VOR UND IN DER STADT. Blick über die Höhen des Kürnberger Waldes auf die Linzer Bucht. Im Hintergrund der Pfenningberg.



ABBILDUNG 2a: WINTERHAFEN, SCHIFFSWERFT UND STADTHAFEN AN DER DONAUSCHLINGE.

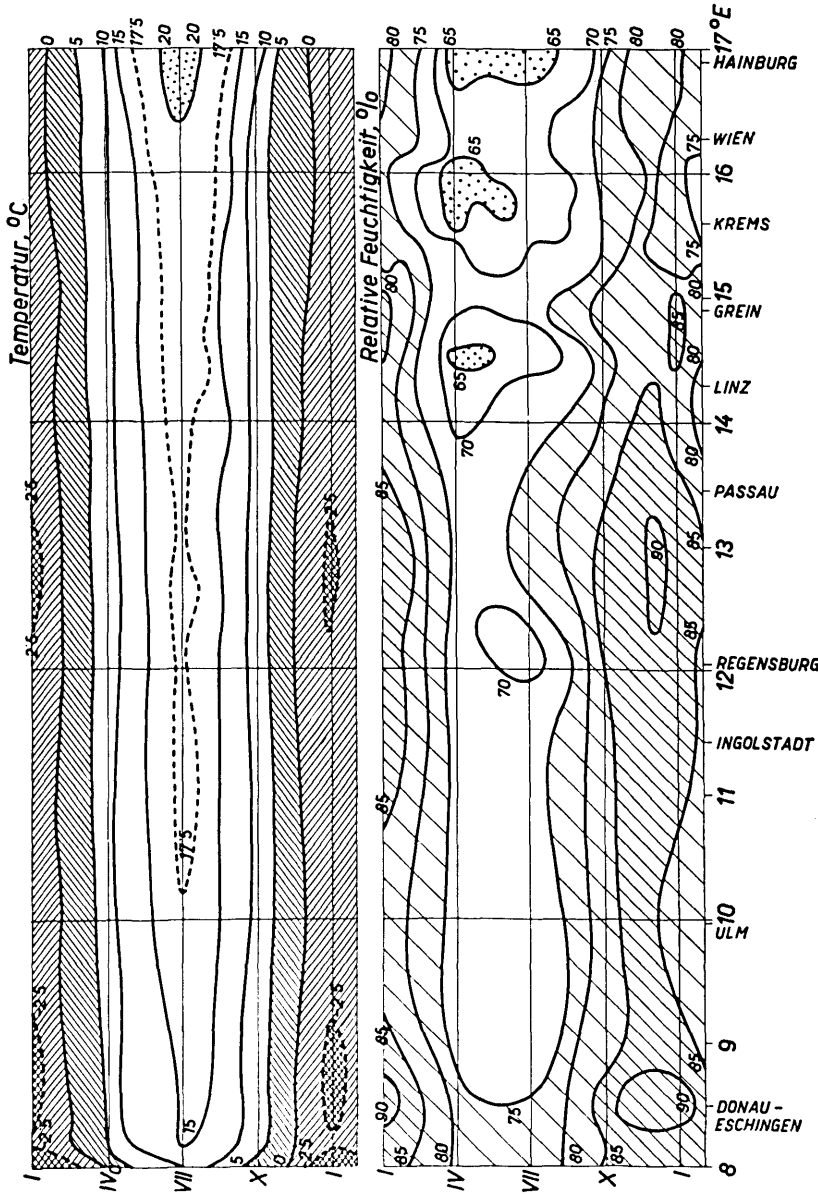


ABBILDUNG 3: DIE VERTEILUNG DER KLIMATISCHEN ELEMENTE IM DONAUTAL. Schaubilder (Isoplethen) des Jahresverlaufes der Temperatur in Celsius-Graden und der relativen Feuchtigkeit in Prozent im Donautal vom Schwarzwald bis Hainburg.

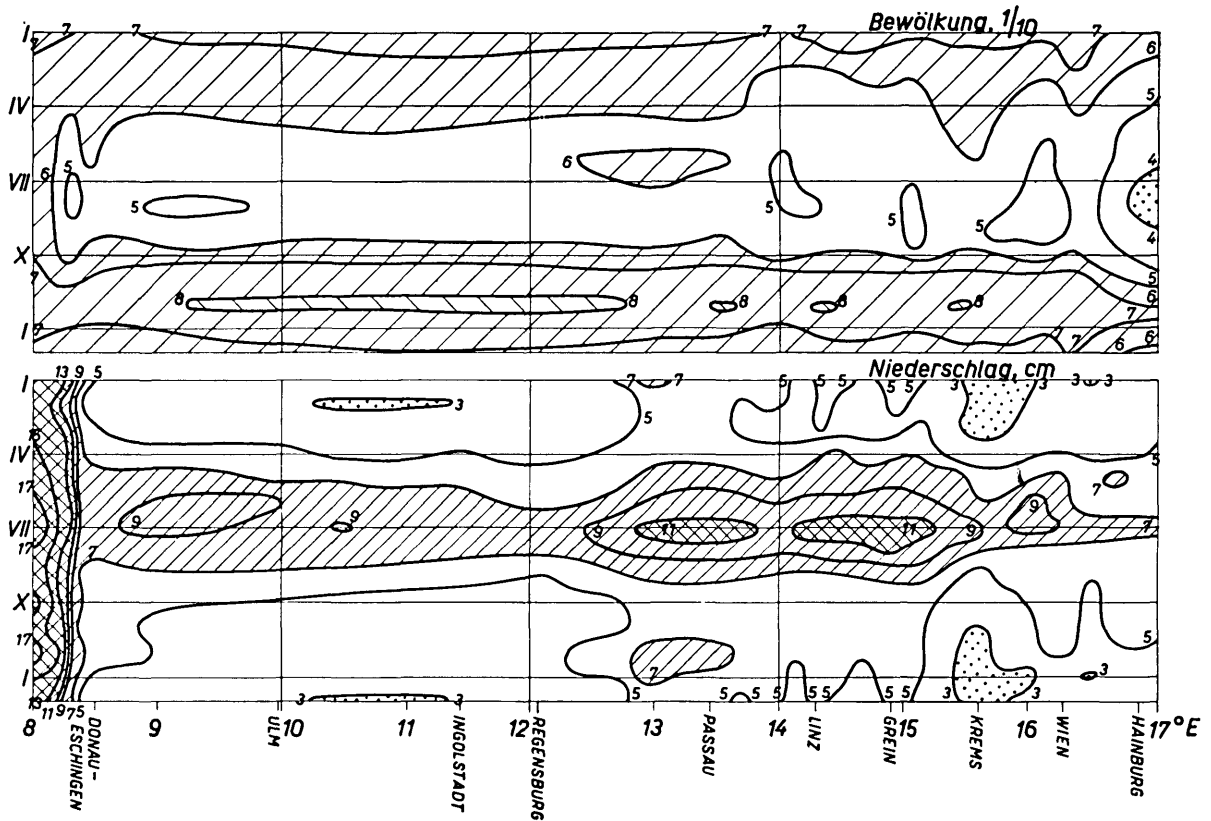


ABBILDUNG 3a: Dasselbe für Bewölkung (Zehntel der Himmelsfläche) und Niederschlag (in Zentimetern).

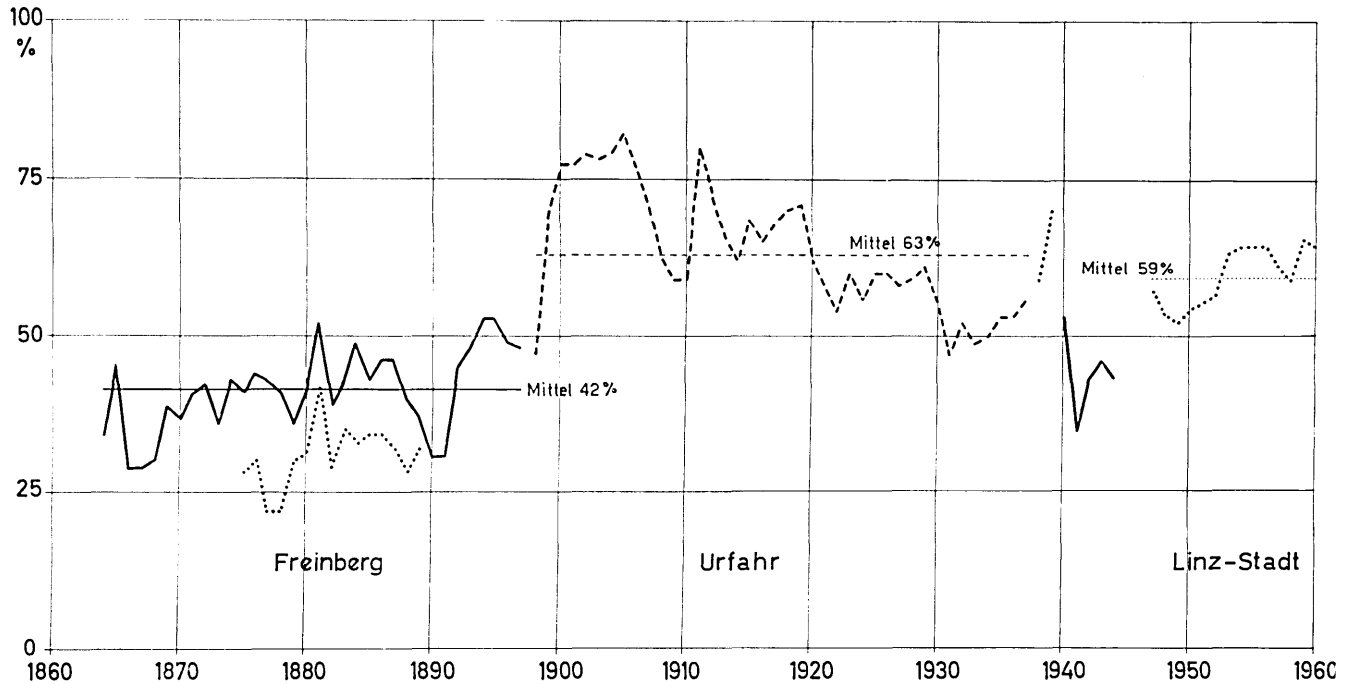


ABBILDUNG 4: ERGEBNISSE HUNDERTJÄHRIGER WINDBEOBACHTUNGEN IN LINZ. Prozentanteil der „Industriewinde“ (aus Süd, Südost und Ost) und der Windstillen (Calmen = C) in den einzelnen Jahren von 1864 bis 1960, getrennt für die Meßstellen Freinberg, Linz-Stadt (alte und neuere Stationen) sowie Urfahr.

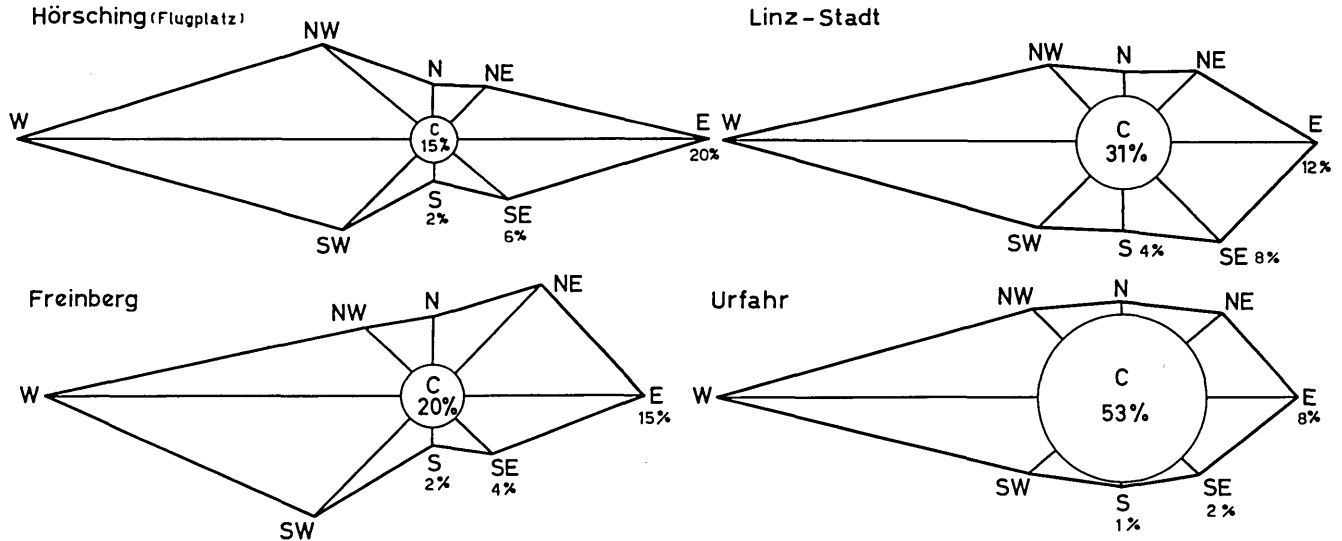


ABBILDUNG 4a: DURCHSCHNITTliche HÄufigkeit der Einzelnen Windrichtungen und der Windstillen, in neuartigen Windrosen dargestellt für die freigelegten Meßstellen Freinberg und Hörching-Flugplatz sowie für die windgeschützten Stationen in der Linzer Bucht Urfahr und Linz-Stadt (Mittel aus allen einzelnen Serien). — Die Zahl der Windstillen jeder Meßstelle wurde entsprechend den acht Hauptwindrichtungen durch acht dividiert und durch einen Kreis mit entsprechendem Radius angedeutet. Erst von der Peripherie dieses Kreises aus sind die Häufigkeiten der einzelnen Winde gezeichnet. Die Prozenzhäufigkeit der „Industriewinde“ aus S = Süd, SE = Südost und E = Ost sind auch zahlenmäßig angegeben.

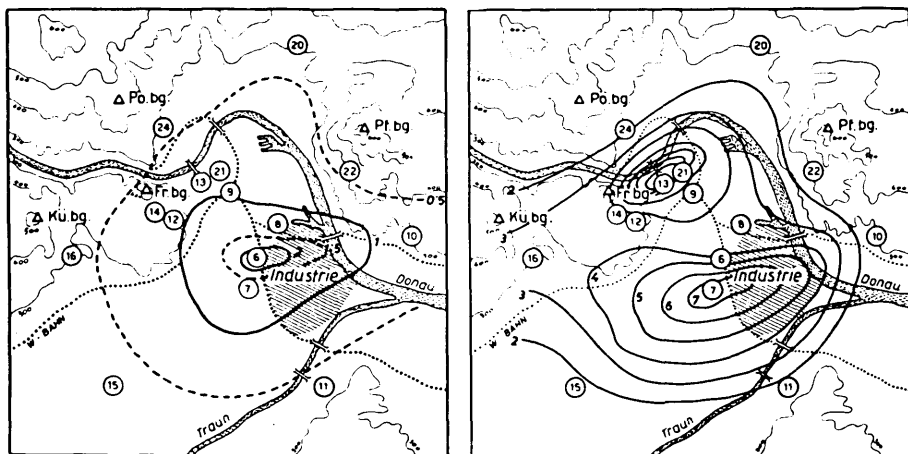


ABBILDUNG 5: STADTDUNST ÜBER LINZ. Verteilung der Schwefelwerte im Sommer (links) und im Winter (rechts) nach E. Weiß und J. W. Frenzel.

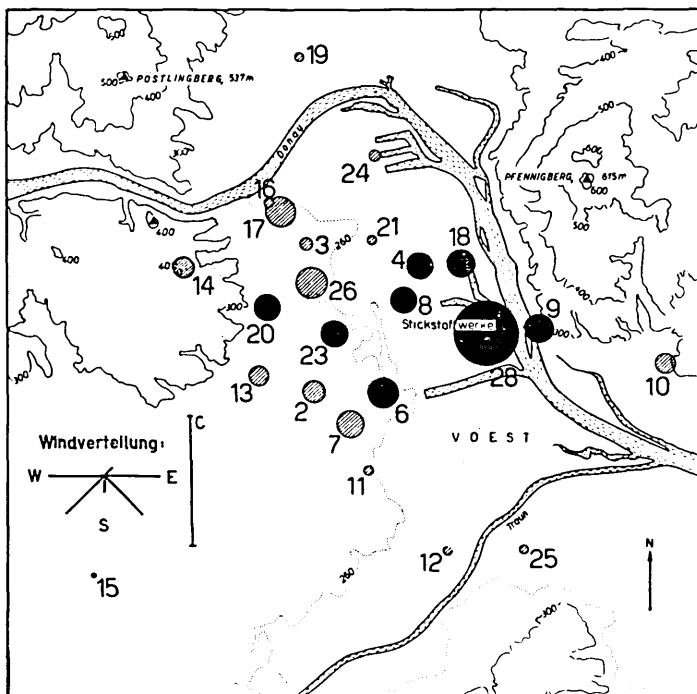


ABBILDUNG 5a: KARTE DES STAUBNIEDERSCHLAGES IM RAUM VON LINZ nach E. Weiß und J. W. Frenzel.

Die Bilder sind entnommen dem Buch „Witterung und Klima von Linz“, Wien 1959, herausgegeben im Auftrag des Kulturamtes der Stadt Linz.

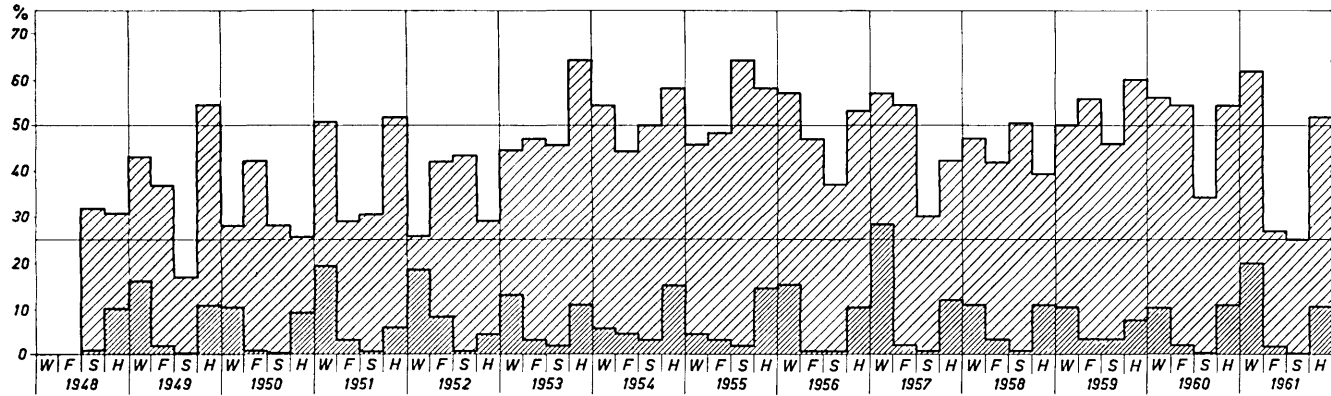


ABBILDUNG 6: JAHRESZEITLICHE VERTEILUNG DER INDUSTRIEWINDE UND FÄLLE MIT GLEICHZEITIGEM AUFTRETEN VON NEBEL. Prozentuale Häufigkeit relativ beständiger Winde aus dem Südost-Quadranten (S+SE+E+C) in den einzelnen Jahreszeiten von Sommer 1948 bis Herbst 1961 nach den Beobachtungen in Linz-Museumstraße (W = Winter = XII des Vorjahres+I+II; F = Frühling = III+IV+V; S = Sommer = VI+VII+VIII; H = Herbst = IX+X+XI). Für diese Darstellung wurden nur jene Fälle mitgezählt, in denen die genannten Windverhältnisse an mindestens drei der aufeinanderfolgenden Beobachtungstermine 7 Uhr, 14 Uhr, 21 Uhr vorhanden waren. — der untere schraffierte Kurvenzug gibt die Fälle gleichzeitigen Vorkommens von Nebel oder hoher relativer Feuchtigkeit (mindestens 95 Prozent) wieder.

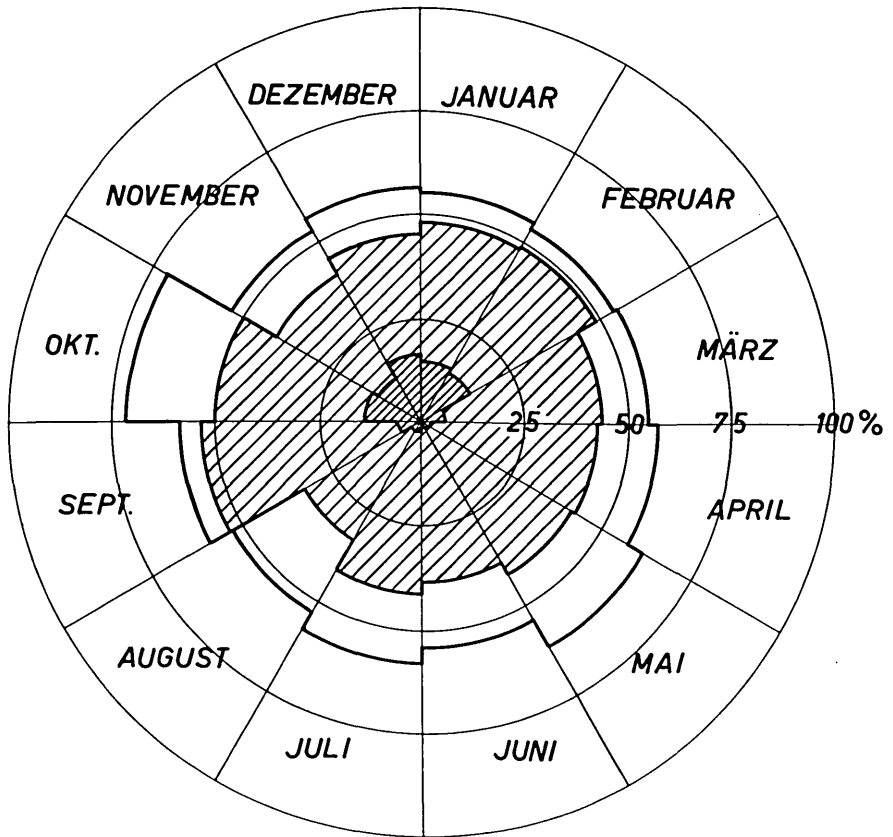


ABBILDUNG 6a: DURCHSCHNITTSWERTE AUS ABBILDUNG 6, dargestellt in Form einer Jahresuhr. Die Schraffuren entsprechen denen von Abbildung 6. Zusätzlich sind auch die monatlichen Häufigkeiten von „Industriewinden“ und Calmen ersichtlich gemacht, welche nur an ein oder zwei aufeinanderfolgenden Beobachtungsterminen notiert wurden.

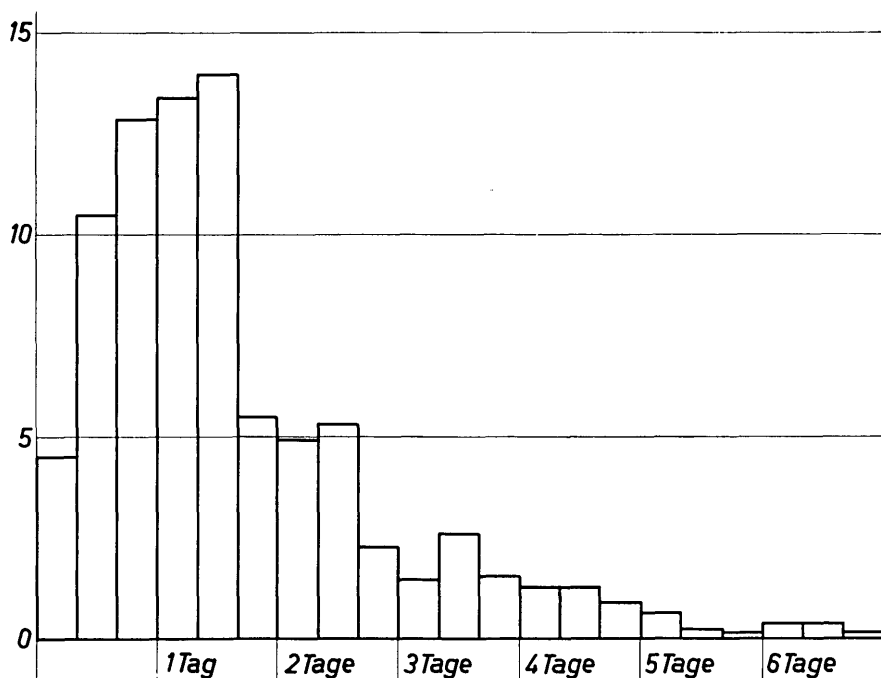


ABBILDUNG 6b: ANZAHL DER FÄLLE PRO JAHR BIS ZU EINER WOCHE DAUER. Durchschnittlich gibt es 84,6 solcher Fälle im Jahr; hierzu kommen durchschnittlich 1,5 Fälle längerer Dauer von „Industriewinden“ und Calmen (maximal 18 Tage einmal in 14 Jahren, siehe Abbildung 6c).

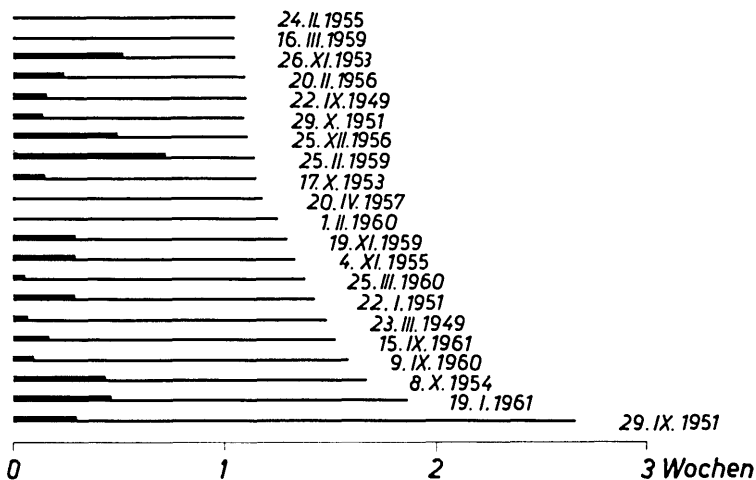


ABBILDUNG 6c: Alle Einzelfälle (aus 1948 bis 1961) mit einer Dauer von „Industriewinden“ und Calmen von mindestens einer Woche mit Angabe des Datums des Beginnes der Periode. Der Anteil von Terminen mit Nebel oder hoher Feuchtigkeit ist durch Verstärkung der Linien kenntlich gemacht.

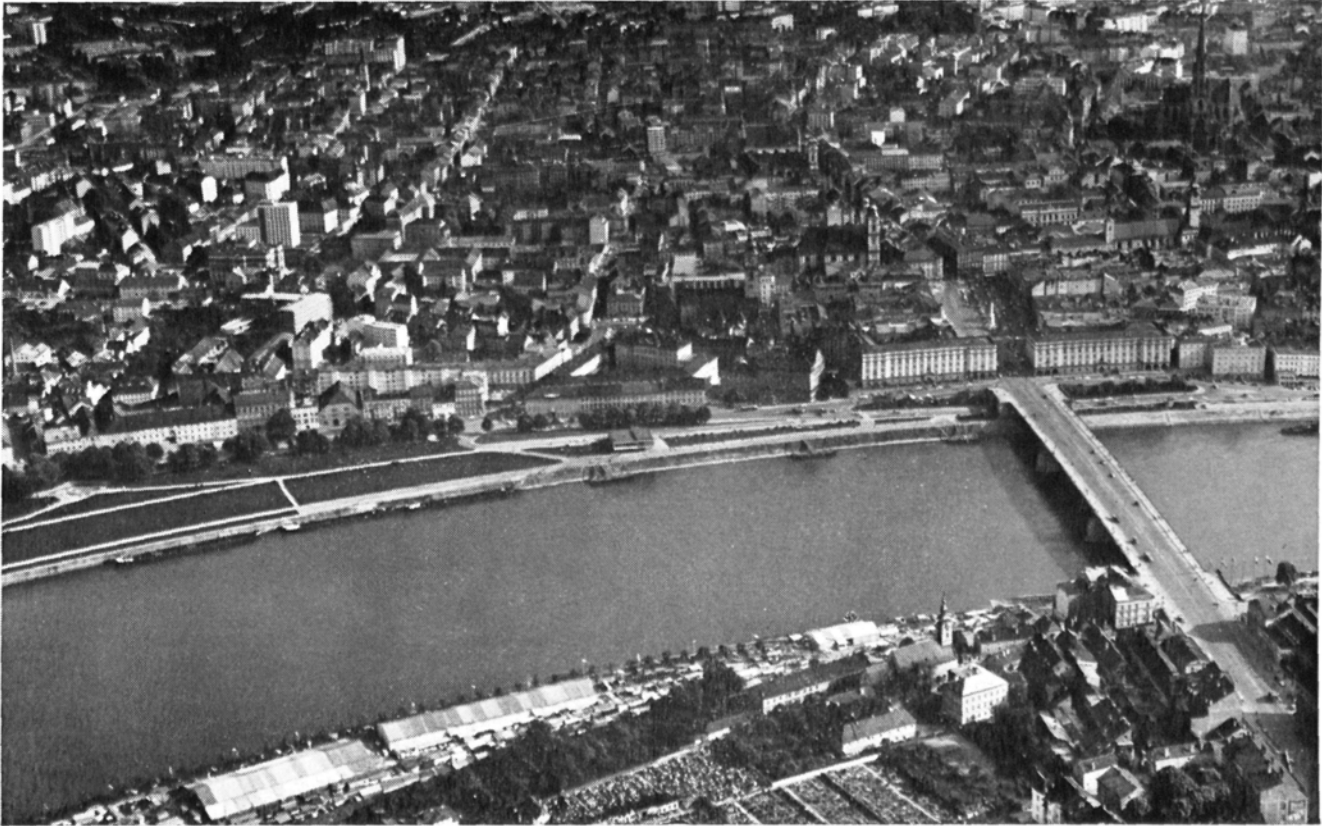


ABBILDUNG 7: BLICK ÜBER DIE DONAU GEGEN LINZ-ALTSTADT.



ABBILDUNG 7 a: Neue „Skyline“ am linken Donauufer.

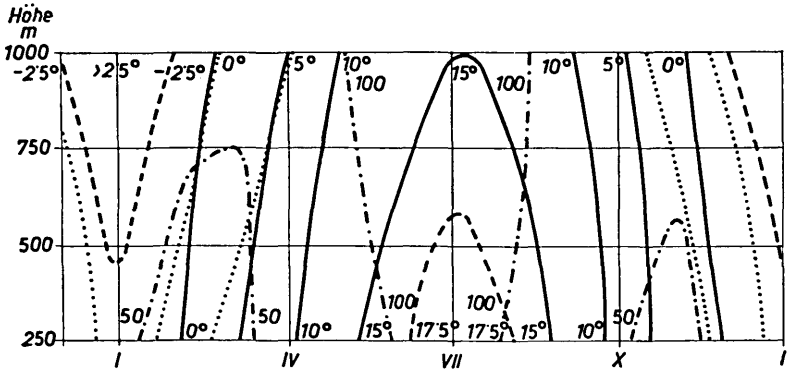


ABBILDUNG 8: KLIMADIAGRAMM FÜR DIE VERSCHIEDENEN HÖHEN DES MÜHLVIERTELS („Pendler-Klima“) nördlich von Linz. — Abszisse Jahresverlauf, Ordinate Höhen von 250 bis 1000 Metern. Volle Linien = Mitteltemperaturen von 5° zu 5° C (Linien für -2,5° und 17,5° strichliert). Strichpunktierte Linien = Monatsniederschläge in Millimetern. Die punktierten Linienpaare bezeichnen im Herbst das Tieferwandern, im Frühjahr das Höherwandern des Datums der ersten bzw. letzten Schneedecke. Die äußeren Linien gelten einschließlich der kurzzeitigen Vorkommnisse, die inneren Linien für die mehr beständigere „Winterdecke“.

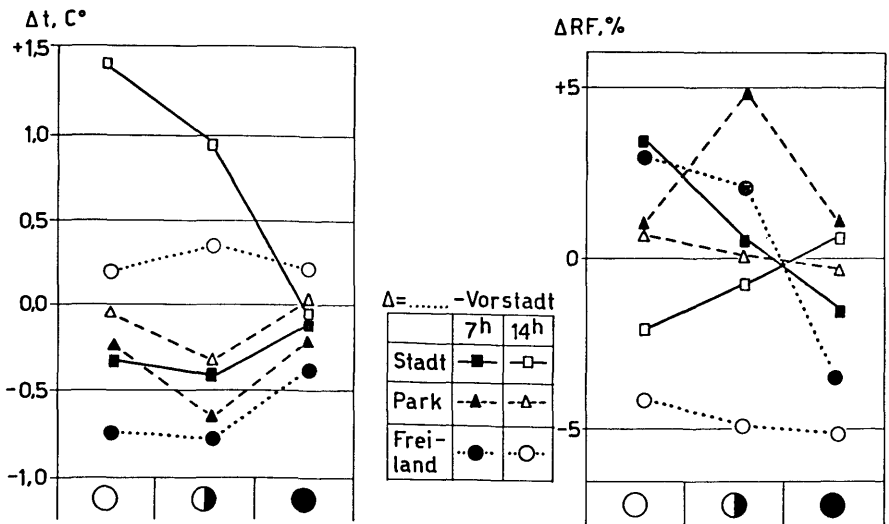


ABBILDUNG 9: KLEINKLIMATISCHE UNTERSCHIEDE der Lufttemperatur in Celsius-Graden (links) und der relativen Feuchtigkeit in Prozent (rechts) im Vergleich des Freilandes (Flugplatz Hörsching), der Vorstadt, des Kleinparks und der Stadt (Museumstraße). Nähere Erklärung im Text. Dargestellt sind die Differenzen gegen die Vorstadtwerte (Parkumgebung). Die Quadrate gelten für Linz-Stadt, die Dreiecke für den Park selbst und die Kreise für das Freiland (Hörsching). Die Zeichen für 7 Uhr sind voll ausgefüllt, die für 14 Uhr leer. Die Wettertypen sind in üblicher Weise symbolisiert: Heiter, halb bedeckt und ganz bedeckt.

Aus der Bundesstaatlichen Bakteriologisch-Serologischen Untersuchungsanstalt
Linz an der Donau

(Direktor: Dr. med. Koloman M e g a y)

und der

Stadtklima-Untersuchungsstelle des Gesundheitsamtes der Landeshauptstadt Linz

(Leiter: Oberphysikatsrat Dr. med. Josef K a m m e s b e r g e r)

K. MEGAY, J. FRENZEL, E. WEISS:

DIE KÜNSTLICHE RADIOAKTIVITÄT DER BODENNAHEN ATMOSPÄRE UND DER NIEDERSCHLÄGE IM RAUME VON LINZ 1959 BIS 1962

Die bedauerliche Tatsache, daß die Entdeckung der Atomkernenergie sofort und in erster Linie der Entwicklung neuer Waffen und Vernichtungsmittel dienstbar gemacht worden ist, hat auch in den daran unbeteiligten Gebieten — vor allem der nördlichen Hemisphäre — zur Ablagerung radioaktiver Spaltprodukte und damit zur Erscheinung der künstlichen Radioaktivität geführt. Es mag vielleicht befremden, daß ein Vorgang, der so typisch „man made“ ist, wie die Ablagerung künstlicher Radioaktivität auf großen geographischen Flächen, Gegenstand einer Darstellung im „Naturkundlichen Jahrbuch der Stadt Linz“ wird. Wenn wir aber den Begriff „Natur“ im erweiterten Sinn von menschlicher Umwelt oder menschlichem Lebensraum auffassen, dann wird dies verständlich. Denn Zivilisationsfaktoren, die — wie die künstliche Radioaktivität — für die Bevölkerung eines Gebietes gesundheitlich zumindest nicht indifferent sind und zudem auf diese Bevölkerung durch längere Zeiträume einwirken, werden im Hinblick auf diese Menschen zu einem Teil der „Natur“, reihen sich harmonisch in die Vielfalt naturgegebener, biologisch wirksamer Umweltreize ein.

Dies gilt auch für die auf der Erdoberfläche deponierten künstlichen Radionuklide (Radioisotope) und radioaktiven Spaltprodukte, gleichgültig, ob sie nun aus der friedlichen Nutzung der Atomkernenergie stammen oder bei der Detonation nuklearer bzw. thermonuklearer Waffen entstehen. Denn hinsichtlich der Gesamtstrahlenbelastung der Bevölkerung addiert sich die von diesen radioaktiven Substanzen abgegebene ionisierende Strahlung zum — örtlich und zeitlich variierenden — Pegel der Strahlenbelastung aus natürlichen Strahlenquellen. Als solche wirken auf die Menschheit, wohl seit

ihrem Bestehen, die kosmische Höhenstrahlung, die Umgebungsstrahlung aus dem in der Erdrinde verschiedentlich lokalisierten Uran und seiner Zerfallsprodukte (γ -Strahlung), ferner die β -Strahlung des im Kaliumisotopengemisch der Natur zu 0,012 Prozent vorhandenen ^{40}K (Wasser, Vegetabilien, Salze und diverse Mineralien), das Kohlenstoffisotop ^{14}C und endlich das im Organismus (Skelett) abgelagerte $^{226}_{88}\text{Ra}$ (dium) und dessen Folgeprodukt, das $^{222}_{86}\text{Rn}$ (Radon, Emanation), das gasförmig ist und mit der Atemluft aufgenommen wird. Wenn in diesem Zusammenhang von natürlicher bzw. künstlicher „Radioaktivität“ gesprochen wird, so ist dies eigentlich nicht ganz zutreffend. Denn unter Radioaktivität versteht man genaue genommen nur die Vorgänge beim Zerfall des Urans, Aktinurans und Thoriums sowie deren Folgeprodukten, vor allem des Radiums und seiner Abkömmlinge. Weil aber die physikalischen, chemischen und biologischen Erscheinungen und Gegebenheiten bei der künstlich eingeleiteten Kernspaltung (Fission) und bei den thermonuklearen (Fusions-) Vorgängen jenen beim originalen radioaktiven Zerfall weitgehend analog sind, werden konventionell alle Vorgänge an Atomkernen, die zur Entstehung ionisierender Strahlung führen, mit dem Sammelnamen „natürliche“ oder „künstliche“ Radioaktivität bedacht.

Das wissenschaftliche Interesse für die Feststellung und Messung ionisierender Strahlung in der menschlichen Umwelt bzw. der vom Bevölkerungsdurchschnitt absorbierten Strahlendosis ergibt sich aus der bekannten biologischen Wirksamkeit und daher medizinisch-hygienischen Bedeutung der Strahlung. Dabei muß streng zwischen der **s o m a t i s c h e n** und **g e n e t i s c h e n** Strahlenwirkung unterschieden werden: unter ersterer sind die gesundheitlichen Auswirkungen und pathologischen Ereignisse im Gefolge der Teil- oder Ganzkörperbestrahlung eines Individuums zu verstehen, mit anderen Worten, jenes Krankheitsbild, das entsteht, wenn die Reparations- und Restitutionsvorgänge des bestrahlten Einzelorganismus mit der Schwere der Strahlenläsion nicht Schritt halten können. Man bezeichnet dagegen als genetische Strahlenschädigung jene Vorgänge in bestrahlten Keimzellen, die — ohne sonstige allgemein-körperliche Strahlenschädigung — zu Veränderungen an den Chromosomen, den Genen als Trägern der Erbmasse, kurz, zu einer Schädigung des Erbgutes und zur Erhöhung der sogenannten Mutationsrate führen. Bewegt sich der Dosis-Schwellenwert für eine

somatische Strahlenschädigung in der Größenordnung von 25 bis 50 rem (Abkürzung für R-oentgen E-quivalent of M-an), so gilt für die genetische Strahlenschädigung das Gesetz der Strahlensumma-tion: zeitlich beliebig auseinanderliegende, für den Gesamtorganismus irrelevante Einstrahlungen in der Größenordnung von mrem (Millirem = ein Tausendstel rem) und darunter summieren sich solange, bis es auf Grund einer statistisch gegebenen Wahrscheinlichkeit zu einem Strahlentreffer in einem Gen kommt.

Es liegt auf der Hand, daß alle Angaben über die Größenordnung der Strahlenbelastung der Bevölkerung aus den vorerwähnten natürlichen Strahlenquellen einerseits und den durch Technik und Zivilisation geschaffenen künstlichen Strahlenquellen andererseits nur Näherungswerte darstellen. Dies wird durch die sehr unterschiedlichen regionalen, geologischen, meteorographischen und anderen Faktoren ebenso bedingt wie durch die großen Verschiedenheiten in den Ernährungs- und Lebensgewohnheiten der Bevölkerung eines Gebietes sowie durch den Stand ihrer Zivilisation. Bei den Angaben über die Strahlenbelastung (Aufnahme biologisch wirksamer ionisierender Strahlung) durch große Bevölkerungsgruppen, ausgedrückt in mrem/Jahr (Millirem pro Jahr) als Dosis-einheit, handelt es sich demnach um Schätzungen mit sehr großer Streubreite. Klammert man alle beruflichen Strahlenbelastungen aus — sie betreffen ja nur einzelne Individuen einer Population —, so ergibt sich im europäischen Großraum für den Bevölkerungsquerschnitt nach einer Zusammenstellung von K. MEGAY (Mitteilungen der Österreichischen Sanitätsverwaltung, 61. Jahrgang, Heft 3, 1960) folgende Strahlenbelastung für die Einzelperson:

aus natürlichen Strahlenquellen	mr, mrem pro Jahr	Einwirkung
Kosmische (Höhen-) Strahlung	35	von außen
Terrestrische (Umgebungs-) Strahlung	70	von außen
⁴⁰ K (Kalium-Isotop)	19	aus dem Körperinneren
¹⁴ C (Kohlenstoff-Isotop)	1	aus dem Körperinneren
²²⁶ Ra (Radium)	50	in den Osteozyten des Knochengestütes
²²² Rn (Radon) und Folgeprodukte	150 (50 — 250)	Atemluft/Lunge
Zusammen	325	

aus künstlichen Strahlenquellen	mr, mrem pro Jahr	Einwirkung
Röntgendiagnostik (Medizin)	66 (25 — 100)	von außen
Schuhdurchleuchtung usw.	0,1	von außen
Leuchtziffern der Armbanduhren	2	von außen
Spaltprodukte der Kernwaffen- Testexplosionen	2 (1,0 — 3,0)	von innen
Zusammen (Mittel)	70	

Diese Werte sind zur Errechnung der durch Strahlensummation im (konventionellen) genetischen Zeitraum von 30 Jahren einwirkenden Gonadendosis mit 30 zu multiplizieren. Die Tabelle läßt erkennen, daß unter den derzeitigen Verhältnissen die genetisch wirksame Strahlendosis aus allen künstlichen Strahlenquellen zusammen 21,5 Prozent oder rund ein Fünftel jener aus den natürlichen Strahlenquellen ausmacht. Dies stimmt weitgehend mit früheren Angaben von A. HOWARD (Brit. J. Radiol., 29/270, 1956) überein, der die künstliche Strahlenbelastung mit 25,8 Prozent oder rund einem Viertel jener aus natürlichen Strahlenquellen errechnet.

Untersucht man nun die einzelnen Komponenten der Strahlenbelastung aus künstlichen Quellen ionisierender Strahlung, so ergibt sich eine recht unterschiedliche Beurteilung bei der vom Bevölkerungsdurchschnitt aufgenommenen Strahlendosis aus der medizinischen Röntgendiagnostik: 23,3 mrem/Jahr nach A. HOWARD, 66 mrem/Jahr nach K. MEGAY. Dagegen wird die Strahlendosis aus zusätzlichen anderen künstlichen Strahlenquellen von den verschiedenen Autoren weitgehend übereinstimmend beurteilt, z. B. mit etwa 2 mrem/Jahr die Dosis aus den Leuchtziffern der Armbanduhren, mit 0,1 mrem/Jahr jene aus der Röntgendurchleuchtung von Schuhen. Auch bezüglich der Strahlenbelastung durch die radioaktiven Spaltprodukte aus den bis 1958 vorgenommenen Kernwaffen-Testexplosionen der Großmächte zeigen die Berechnungen bzw. Schätzungen weitgehende Kongruenz.

BEVÖLKERUNGSDOSIS AUS KERNWAFFEN-TESTEXPLOSIONEN IN PROZENT DER ÜBRIGEN STRAHLENBELASTUNG

nach A. HOWARD	nach K. MEGAY	
0,88	0,60	Prozent der natürlichen Strahlenbelastung
3,42	2,86	Prozent der künstlichen Strahlenbelastung
0,70	0,51	Prozent der Gesamtstrahlenbelastung

Die künstliche Radioaktivität im Luftstaub und in den Niederschlägen einer Stadt ist jedenfalls einer von vielen klimahygienischen und damit für die öffentliche Gesundheitspflege bedeutungsvollen Faktoren. Die Klima-Untersuchungsstelle des Gesundheitsamtes der Landeshauptstadt Linz, die sich seit mehreren Jahren mit der Erfassung und Messung gesundheitlich wichtiger Faktoren des Großstadtklimas im Raum Linz befaßt, hat daher dieser Gegebenheit schon frühzeitig Aufmerksamkeit gewidmet. Wegen der speziellen Fragestellungen auf dem Gebiet der Bevölkerungs-Strahlenhygiene sowie wegen der besonderen meßtechnischen Erfordernisse bei Radioaktivitätsbestimmungen wurde dabei eine möglichst enge wissenschaftliche Zusammenarbeit mit dem vom Bundesministerium für soziale Verwaltung an der Bundesstaatlichen Bakteriologisch-Serologischen Untersuchungsanstalt Linz seit 1958 eingerichteten „Radiologischen Laboratorium“ eingeleitet.

Durch die Aufnahme der Testexplosionen von Fusionsbomben im Jahre 1954 und deren Weiterführung durch die Großmächte bis zum Herbst 1958 einerseits sowie durch die stürmische Entwicklung der zivilen Verwendung der Atomkernenergie andererseits sah sich das Bundesministerium für soziale Verwaltung schon frühzeitig veranlaßt, dem gesundheitlichen Bevölkerungsschutz auf dem Gebiet der Strahlenhygiene besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Nachdem das Bundesministerium für soziale Verwaltung schon 1955/56 durch Anschaffung geeigneter Meßgeräte in Zusammenarbeit mit der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien die Möglichkeit zur Radioaktivitätsüberwachung der Atmosphäre und der Niederschläge geschaffen hatte, bestand die Absicht, noch weitere, über Österreich verteilte Radioaktivitäts-Meßplätze einzurichten. Dies deshalb, weil schon die geographische und meteorologische Struktur des österreichischen Bundesgebietes eine heterogene Verteilung der aus Kernwaffen-Testexplosionen stammenden atmosphärischen Radioaktivität erwarten ließ. Über das Ausmaß der durch diese militärischen Versuche bedingten künstlichen Radioaktivität, über das Schicksal der zu erwartenden radioaktiven Spaltprodukte im Boden, im Wasser und in den Biozyklen, über die Größenordnung der strahlenbiologischen Belastung der Bevölkerung und anderes mehr konnten damals nur Vermutungen angestellt, aber keine verbindlichen Voraussagen gemacht werden. Bei der Errichtung der radiologischen Überwachungsstellen konnte sich das Bundesministe-

rium für soziale Verwaltung einerseits auf die Zusammenarbeit mit ressortfremden Stellen, andererseits auf die nachgeordneten Dienststellen des Volksgesundheitsamtes im Bundesministerium für soziale Verwaltung stützen. Im Zuge des Ausbaues dieses Überwachungsnetzes zur Kontrolle der atmosphärischen Radioaktivität wurde 1958 an der Bundesstaatlichen Bakteriologisch-Serologischen Untersuchungsanstalt Linz (= BBSUA) mit der Einrichtung eines „Radiologischen Laboratoriums“ begonnen, nachdem der Leiter dieser Anstalt, Direktor Dr. Koloman M e g a y, im Ausland eine gründliche Spezialausbildung im Strahlenschutz erhalten hatte.

Bei der Einrichtung des Radiologischen Laboratoriums an der BBSUA Linz ergab sich, wie bei jedem Meßplatz zur Überwachung der künstlichen Radioaktivität der Atmosphäre, die grundsätzliche Frage: Soll die Stelle mit vollautomatisierten Spezialgeräten ausgerüstet und ohne Personalaufwand von anderen Fachbediensteten mitbetrieben werden, oder erscheint die Bestückung mit modernen, aber nicht vollautomatischen Meßgeräten zweckmäßiger, wenn diese von speziell ausgebildeten Fachkräften bedient werden? Die besondere fachliche Ausbildung des Anstaltsleiters einerseits und die Möglichkeit der Zusammenarbeit mit den Fachkräften der beim Magistrat Linz bestehenden Stadtklima-Untersuchungsstelle andererseits war für die Entscheidung maßgebend. Es wurde an der BBSUA Linz ein Radiologisches Laboratorium für diskontinuierliche, methodisch anpassungsfähige Radioaktivitätsmessungen am atmosphärischen Aerosol und an Niederschlägen eingerichtet, wobei die kritische Auswertung der Untersuchungsverfahren und deren Ergebnisse den Weg für den weiteren Ausbau und die weitere Entwicklung liefern sollten. Auf Grund der großzügigen Ausstattung des Radiologischen Laboratoriums der BBSUA Linz mit Fachpersonal und Geräten durch das Bundesministerium für soziale Verwaltung einerseits und die gute wissenschaftliche Zusammenarbeit mit der Stadtklima-Untersuchungsstelle des Magistrates Linz andererseits konnten von Anfang an alle meßtechnischen Verfahrensschritte kritisch studiert, bei Bedarf modifiziert und auf ihren Aussagewert hin geprüft, mit anderen Meßergebnissen verglichen und einwandfrei ausgewertet werden. Wir haben von Beginn an einhellig die Auffassung vertreten, daß eine klare Unterscheidung zwischen den bewundernswert exakt, aber völlig unelastisch arbeitenden Meßverfahren der vollautomatischen Geräte und den auf ihren inneren Gehalt hin kritisch untersuchten

Ergebnissen der echten Laboratoriumsanalyse zu treffen ist. Die Vorzüge der Vollautomatik liegen auf der Hand: sie ist die Domäne der „Alarm“-Geräte. Das verlässliche, bewertbare Analysenergebnis dagegen bedarf unbedingt der Mitwirkung des kritischen, naturwissenschaftlich geschulten menschlichen Geistes bei seinem Zustandekommen.

War somit die „innere Struktur“ des Radiologischen Laboratoriums der BBSUA Linz vorgegeben, so wäre seine Errichtung fast an der räumlichen Beengtheit im Gebäude der Untersuchungsanstalt in der Weißenwolffstraße in Linz gescheitert. Wohl konnten die Geräte in den Räumen der Stadtklima-Untersuchungsstelle im Gesundheitsamt provisorisch in Betrieb genommen werden, an einen Ausbau war aber nicht zu denken. In dieser etwas prekären Lage war es — wie schon so oft — wieder der Bürgermeister der Stadt Linz, Herr Bundesrat Dr. Ernst K o r e f, der im Interesse der öffentlichen Gesundheitspflege und als echter Förderer der Wissenschaft in das Schicksal eingriff: durch sein Entgegenkommen wurde der BBSUA ein Stockwerk im Gebäude der ehemaligen Freibank in Linz-Urfahr als Mietobjekt zur Verfügung gestellt, durch die Bundesgebäudeverwaltung I adaptiert und eingerichtet, so daß der erste Radioaktivitäts-Meßplatz im Oktober 1959 in Betrieb genommen werden konnte.

Welche Aufgaben hat nun das — mit der Stadtklima-Untersuchungsstelle des Gesundheitsamtes der Stadt Linz weiterhin eng zusammenarbeitende — Radiologische Laboratorium der BBSUA Linz zu erfüllen? Für die Beurteilung der strahlenhygienischen Frage nach der Belastung der Bevölkerung durch die künstliche Radioaktivität bzw. deren gesundheitliche Auswirkungen müssen mehrere, voneinander verschiedene Untersuchungsverfahren gleichzeitig und nebeneinander durchgeführt werden:

1. Die Bestimmung der Ganglinien der Gesamtradioaktivität der bodennahen Atmosphäre (Aerosol-Analyse) und der Niederschläge (Regen, Schnee)

Beide Verfahren zeigen lediglich die Zunahme oder Abnahme der totalen künstlichen Radioaktivität an. Da diese überwiegend von Spaltprodukten der militärischen Kernwaffenexperimente herrührt,

so werden in erster Linie diese messend erfaßt. Die dabei erhaltenen Aktivitätswerte in $n \cdot 10^{-12} \mu\text{C}/\text{ccm}$ Luft bzw. pC für Niederschlagswasser — $1 \text{ pC} = 1 \text{ Picocurie} = 10^{-12} \text{ C(urie)}$ — haben strahlenhygienisch keinen besonderen Aussagewert. Sie gewinnen eigentlich erst dann Interesse, wenn sie die von der ICRP (International Commission on Radiological Protection) in Form von Empfehlungen herausgegebenen „Toleranzwerte“ in Luft und Wasser durch längere Zeit wesentlich überschreiten würden. Die für „Bevölkerung“ (im Gegensatz zu „Beschäftigten“) empfohlenen Höchstwerte sind dabei von strahlen genetischen Gesichtspunkten aus erstellt, liegen also sehr weit unterhalb der Grenze einer strahlungsbedingten körperlichen Schädigung.

2. Analyse der Art der vorkommenden Radionuklide durch γ -Spektrometrie und radiochemische Bestimmung einzelner, strahlenbiologisch bedeutsamer Strahler ($^{89,90}\text{Sr}$, ^{137}Cs , ^{14}C u. a. m.)

Diese Untersuchungen an angereichertem Aerosol der bodennahen Atmosphäre sowie an Konzentraten (Abdampfrückständen) von vielen Litern Niederschlagswasser sind strahlenmedizinisch bereits wesentlich aufschlußreicher. Dies deshalb, weil von den zahlreichen radioaktiven Spaltprodukten, die nach Kernwaffenexplosionen in die Atmosphäre eintreten, nur einige wenige auf Grund ihres Stoffwechselverhaltens, ihrer Anreicherung in einem „kritischen Organ“, der Art und Energie der von ihnen abgegebenen Strahlung bzw. ihrer langen Halbwertszeit eine ernste gesundheitliche Gefährdung darstellen, wenn diese Spaltprodukte eingeatmet oder mit Wasser und Nahrungsmitteln inkorporiert werden.

Mit anderen Worten: die Bedeutung einer erhöhten künstlichen Radioaktivität der menschlichen Umwelt ist nicht sosehr nach dem Pegel der Gesamtaktivität zu beurteilen, sondern vielmehr danach, woraus sich diese „Aktivitätssumme“ zusammensetzt, bzw. ob und in welchem Ausmaß biologisch bedeutsame Radionuklide an ihr teilhaben. Diese Spaltprodukte oder sonstigen Radioisotope müssen also — neben der Messung der Gesamtaktivität — in mühevoller analytischer Arbeit getrennt bestimmt und gemessen werden.

3. Autoradiographische Untersuchungen an Aerosolteilchen

Im meßtechnischen Teil der Arbeit wird noch dargelegt, wie Luftproben der bodennahen Atmosphäre in Linz-Urfahr aspiriert und das radioaktive Aerosol — zusammen mit dem Ballaststaub — auf Filtern angereichert wird. Die Radioaktivitätsmessung dieser Filter ergibt dann einen bestimmten Wert, der noch nichts darüber aussagt, ob diese „Aktivitätssumme“ von zahlreichen radioaktiven Einzelteilchen mit jeweils geringer Aktivität stammt oder aber von wenigen radioaktiven Teilchen mit im einzelnen hoher oder sogar sehr hoher Strahlenabgabe an die Umgebung. Nun ist es aber einleuchtend, daß diese Unterscheidung strahlenmedizinisch außerordentlich bedeutsam ist. Dasselbe radioaktive Aerosol, wie es am Filter vorliegt, wird ja von Menschen eingeatmet und gelangt in die tieferen Luftwege, wo die Teilchen zunächst liegenbleiben. Sie haben dort innigen Kontakt mit dem Gewebe, z. B. mit den Zellen der Lungenalveolen. Es ist nun klar, daß dabei die Möglichkeit einer Strahlenschädigung dieser Zellen um so größer sein wird, je intensiver die Strahlenabgabe eines solchen radioaktiven Teilchens ist, und man nennt daher solche hochaktive, stark strahlende Partikel „heiße Teilchen“. Nun ist die Inhalation zahlreicher, aber im einzelnen wenig radioaktiver lungengängiger Aerosolpartikel strahlenmedizinisch weniger bedeutsam als das Vorkommen „heißer Teilchen“ in der Einatmungsluft. Denn diese können durch ihre hohe Strahlungsintensität zu Schädigungen und Veränderungen an den unmittelbar benachbarten Zellen führen. Da bei der Auswertung der „Summenradioaktivität“ der Staubbiederschläge am Filter die Strahlenmeßgeräte keine Unterscheidung bezüglich des Verteilungsmusters der Radioaktivität auf dem Filter treffen (können), müssen in Fällen deutlich erhöhter Filteraktivität die Filter nachträglich autoradiographisch ausgewertet werden. Die betreffende Methodik wird noch geschildert.

4. Periodische Kontrolle der Radioaktivität des Grundwassers (Trinkwassers) sowie bestimmter Nahrungsmittel, vor allem der Milch

Diese Untersuchungen ergänzen im Interesse der Volksgesundheit die vorhin beschriebenen Analysen. Wenn auch bekannt ist, daß

der Boden (Erdreich) radioaktive Spaltprodukte und Radionuklide verschiedener Art in sehr hohem Ausmaß aufnimmt, zurückhält und speichert, so daß selbst stark radioaktive Niederschläge vorerst keine Aktivitätserhöhung des Tiefengrundwassers bewirken, so muß während und nach dem Ablauf von Versuchsreihen mit Kernwaffentestexplosionen doch das als Trinkwasser verwendete Grundwasser der Linzer Wasserwerke fallweise hinsichtlich seiner Radioaktivität kontrolliert werden.

Das gleiche gilt für bestimmte Nahrungsmittel, vor allem Milch, weil gerade biologisch bedeutsame Radionuklide der künstlichen Spaltproduktenaktivität in die Biozyklen eintreten, das heißt, auf dem Umweg über die Vegetation und Weidetiere in die menschliche Nahrung gelangen. Gerade auf diesem Gebiet bleibt noch viel zu erforschen.

Aus der wissenschaftlichen Auswertung der Meßergebnisse, die nach den unter 1. bis 4. beschriebenen Verfahren erhalten werden, ergeben sich die Grundlagen für die strahlenhygienische Beurteilung der Gesamtstrahlenbelastung für die im untersuchten Raum lebende Bevölkerung.

Es wurde bereits dargelegt, daß die künstliche Radioaktivität der Atmosphäre vorwiegend durch radioaktive Spaltprodukte verursacht wird, die bei Kernwaffentestexplosionen in Freiheit gesetzt werden. Wenn auch ihr Anteil an der Gesamtstrahlenbelastung der Bevölkerung derzeit noch recht gering ist und keinen Anlaß zu gesundheitlichen Befürchtungen gibt, so erfordert diese Komponente der künstlichen Radioaktivität doch fortlaufende, aufmerksame Beobachtung. Die von den über alle Kontinente verteilten Beobachtungsstationen seit Jahren laufend vorgenommenen Messungen zeigen nun, daß die geographische Verbreitung der radioaktiven Spaltprodukte örtlich und zeitlich großen Konzentrationsschwankungen unterworfen ist, und zwar in deutlicher Abhängigkeit von meteorologischen Faktoren. Auch die im Raum von Linz vorgenommenen Radioaktivitätsmessungen weisen eine Variabilität der Meßergebnisse auf, die mit dem Wettergeschehen zusammenhängt. Es erscheint uns daher angebracht, nachfolgend einige Bemerkungen über die speziellen meteorologischen und klimatischen Verhältnisse im Raum Linz einzuschalten. Die Streuungen und Schwankungen bei der Einschleusung und Deposition künstlicher radioaktiver Spaltprodukte in den Linzer

Raum lassen sich nur dann beurteilen, wenn man einerseits die meteorologischen Vorgänge bei einer Kernwaffen-Testexplosion und die Gesetzmäßigkeiten der großräumigen Verfrachtung der dabei entstehenden radioaktiven Spaltprodukte kennt, andererseits die mikroklimatischen Gegebenheiten des Ortes der Aktivitätsmessung, also des Raumes von Linz, mitberücksichtigt.

Abgesehen von der unmittelbaren Wirkung der aus dem Welt- raum eindringenden kosmischen Strahlungen geht all das, was Radio- aktivität in der Atmosphäre genannt wird, von strahlenden Substanz- teilchen aus, die in der Luft fest, flüssig oder gasförmig beigemischt sind. Wie wir später erörtern werden, besitzen zumindest die Partikel des flüssigen und festen Aggregatzustandes eine gemeinsame Eigen- schaft, die ihre weitere Lebensgeschichte innerhalb der Atmosphäre maßgeblich beeinflusst.

Diese strahlenden Teilchen sind entweder solche, die von den kosmischen Strahlen kurzlebig angeregt, das heißt, aktiv gemacht wurden, oder sie entweichen als Emanation dem Erdboden, für welchen Strahlenteil im engeren Sinne die Bezeichnung „natürliche Radioaktivität“ gebräuchlich ist. Seitdem der Mensch die Atom- energie zu nutzen versteht, gesellt sich der natürlichen noch die „künstliche Radioaktivität“ bei, die als atomtechnisches Aerosol besonders durch die Atombombenversuche in die Luft gelangt, wenn wir eventuelle Reaktorunfälle als weitere Quelle der radioaktiven Verunreinigung ausklammern.

Die oben erwähnte gemeinsame Eigenschaft dieser strahlenden Teilchen ist es nun, sich an das atmosphärische Aerosol anzulagern, das seinerseits ein kolloidales, feinst verteiltes System von festen und flüssigen Beimengungen darstellt. Sein Korngrößenspektrum reicht von etwa 10^{-7} bis 10^{-1} cm, somit von den molekularen Dimen- sionen der Kleinionen bis zu denen der Hydrometeore, das heißt, der Niederschlags- und Wolkenelemente. Viele der witterungsmäßig bedingten Schwankungen der Luftradioaktivität gehen daher mit denen des atmosphärischen Aerosols konform.

Es ist leicht einzusehen, daß z. B. der Pegel der natürlichen Radioaktivität in unserer Atemluft niedriger gehalten sein wird, wenn Frost und Schnee den Austritt der Emanation aus den Boden- kapillaren behindern, und umgekehrt wird er ansteigen, wenn bei trockenem und leicht windigem Wetter die Aerosole aus der boden- anliegenden Luftschicht in etwas höhere Lagen vertragen werden.

Einen besonderen Einfluß üben Inversionen aus. Man versteht darunter die Umkehr des im allgemeinen mit der Höhe abnehmenden Temperaturgefälles in der Atmosphäre. Die Temperatur steigt dann innerhalb einer Schicht von wenigen Dekametern bis zu mehreren hundert Metern Dicke mit der Höhe an, das heißt, es lagert relativ warme und somit leichte Luft über kalter und schwerer. An diesen Zonen der geringeren Luftdichte erleiden nun z. B. die meist thermisch bedingten Aufwinde eine Auftriebsverminderung, die Schicht wirkt als Sperre, an der sich auch die mitgeführten Luftbeimengungen anreichern.

Solche Inversionen treten innerhalb der Troposphäre in allen Höhen auf, vorwiegend jedoch in den unteren 1000 Metern, der sogenannten Grundschicht, in der sie dem Flieger und Bergsteiger als graubraune Dunstzonen bekannt sind. Bringt in der kühlen Jahreszeit eine Hochdruckwetterlage während der Nacht wolkenarmes oder klares Wetter, so kühlt sich als Folge der Wärmeausstrahlung in den Weltraum der Erdboden kräftig ab und mit ihm auch die bodennahe Luftschicht. Dies führt zur sogenannten Bodeninversion, deren Ausbildung noch begünstigt wird, wenn, wie z. B. in Linz, die Kaltluft an den Hängen der umliegenden Hügel abfließen und sich in der Kesselniederung zu einem Kaltluftsee sammeln kann. An seiner Obergrenze werden die Luftverunreinigungen der Industrieabgase gespeichert, die sehr gute Kondensationskerne abgeben und so ihrerseits die Nebelbildung fördern. Jedem Linzer ist der naßkalte Nebel der Stadt bei gleichzeitig mildem Schönwetter auf dem Pöstlingberg eine vertraute Situation.

War atomtechnisches Aerosol auf seinem Verfrachtungswege bereits vor der Ausbildung einer Inversion bis in Bodennähe gelangt, wird es unterhalb der Sperrschicht infolge der fehlenden Ventilation eine Zeitlang als konstant oder wegen der Speicherwirkung sogar steigend registriert werden. Andererseits können Teilchen, die noch über einer Inversion im Absinken begriffen waren, zurückgehalten werden. Erst wenn diese zerstört ist, dringen sie weiter vor und erhöhen oft sprunghaft die Werte der Bodenaktivität.

Ein weiterer meteorologischer Parameter darf nicht unerwähnt bleiben, das ist der Niederschlag, dessen reinigende Wirkung auf das radioaktive Aerosol sich unter der Bezeichnung „rain-out“ und „wash-out“ über die Fachsprache hinaus eingebürgert hat. Wash-out ist das Ausschwemmen der radioaktiven Partikel aus der Atmosphäre

durch bereits entstandenen Regen oder Schnee, also mehr ein mechanischer Vorgang, wenn auch thermodynamische, chemische und elektrische Kräfte mitbeteiligt sein mögen. Er übt seinen Einfluß auf die natürliche und künstliche Radioaktivität aus. Rain-out hingegen ist das Einschließen der radioaktiven Teilchen in ein Niederschlags-element während des Überganges der gasförmigen Phase des Wasserdampfes in die flüssige oder feste Form, wobei das radioaktive Partikel die Rolle des Kondensations- bzw. Sublimationskernes übernimmt. Der meteorologische Vorgang der Niederschlagsbildung ist jedoch vorwiegend auf Höhen von mehreren tausend Metern beschränkt, so daß durch den rain-out in erster Linie das atomtechnische Aerosol betroffen wird. Nur in den seltensten Fällen des Nieselns auf Hochnebeldecken kommt es zu Niederschlag in den unteren Bereichen der Atmosphäre, wodurch auch die natürliche Radioaktivität beeinflusst werden kann.

Solange die Atombombenversuche, vom mitteleuropäischen Raum aus gesehen, in weltweiter Entfernung und in dem bisher festgestellten Ausmaß vorgenommen werden, wird sich auch die künstliche Luftaktivität in Linz in bescheidenen Grenzen bewegen und, besonders in mehrjährigen Pausen zwischen den einzelnen Bombentests, der Größenordnung der natürlichen Aktivität nähern. Die selektive Unterscheidung der beiden Komponenten sowie die Untersuchung des Einflusses der Witterungsfaktoren bedarf dann besonderer apparativer Maßnahmen, die im meßtechnischen Abschnitt beschrieben sind. Üblicherweise macht man sich die Gegebenheit der Koagulation der radioaktiven Teilchen an das neutrale Aerosol zunutze, indem man Prüfluft durch geeignete Filter saugt, um darauf die Partikel zu akkumulieren. Die über wählbaren Zeitspannen, etwa 24 Stunden, summierte Aktivität liefert dann kräftigere Ausgangswerte für die nachfolgende Impulszählung, und durch wiederholtes Auszählen der Filter können die langlebigen Spaltprodukte von den kurzlebigen getrennt werden. Allerdings muß man hierbei die Probleme des Wirkungsgrades der Filter in Kauf nehmen und die Gangcharakteristik des Trägeraerosols beachten, um Fehldeutungen der Ergebnisse zu vermeiden. So zeigt z. B. in einer Industriestadt das von den Bombenversuchen herrührende und über tausend Kilometer bis an die bodennahe Luftschicht herangeführte atomtechnische Aerosol einen gemeinsamen Tages-, Jahres-, aber auch Wochengang mit den radioaktiv neutralen Luftverunreinigungen. Wir finden im

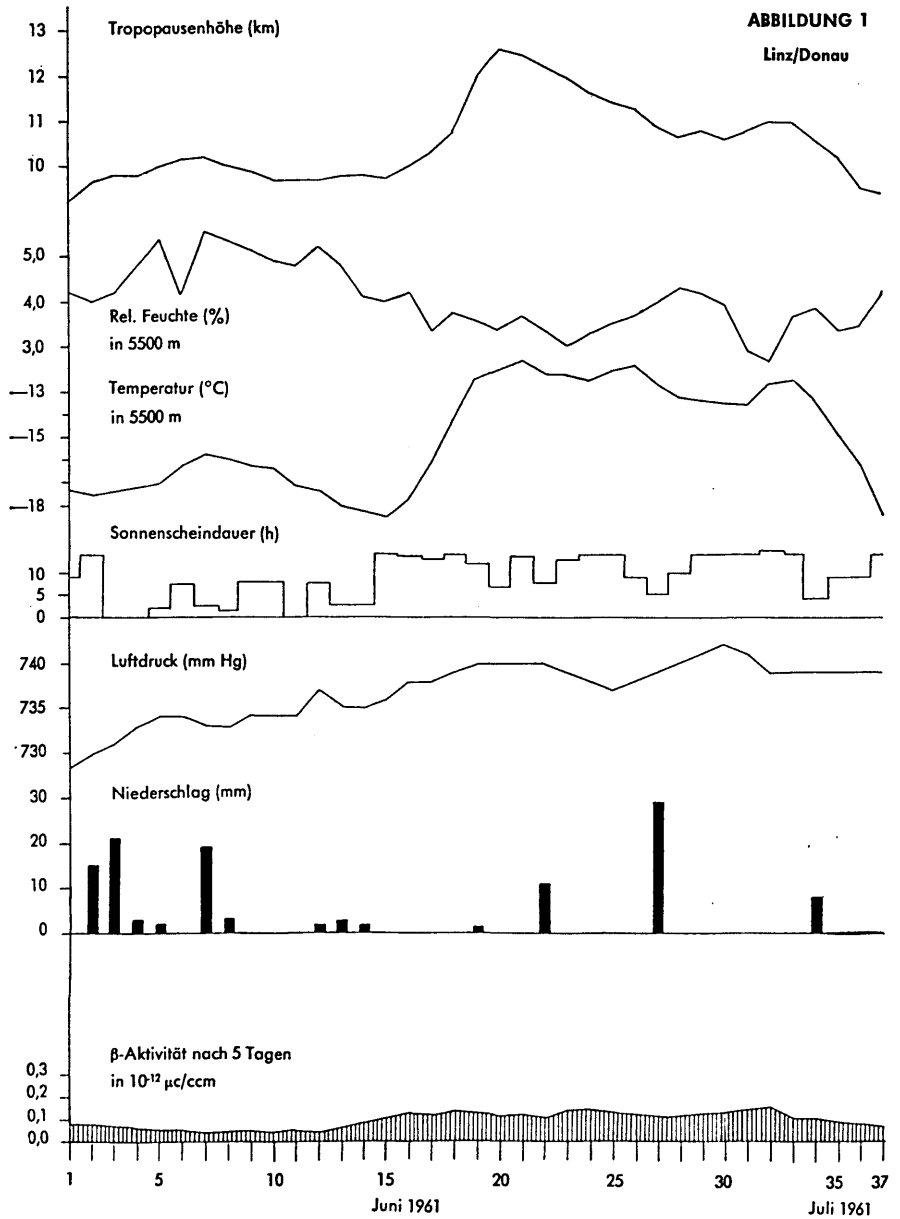
Tagesverlauf Maxima gegen Mittag, Minima in den Nachtstunden, während des Jahres treten Großwerte in den Monaten September bis April auf, Tiefstände im Sommer. Sind nun für die Gangtendenz beider Aerosolarten meteorologische Gründe verständlich, für die Luftverunreinigungen im besonderen auch solche der Schwankungen der Quellenintensität, trifft dies für den Wochengang nicht mehr zu. Er zeigt ein Ansteigen während der Woche, ein Minimum zum Wochenende, das für das neutrale Aerosol mit der sonntäglichen Arbeitseinstellung oder Drosselung der Betriebe erklärt werden kann. Hingegen gibt es keinen meteorologischen Zyklus von sieben Tagen Länge, das heißt, eine solche Periode ist für das atomtechnische Aerosol nicht eigenbürdig, sondern spiegelt lediglich dessen Kopplung an seinen Träger wider. Diese Erkenntnisse wurden während der nahezu testfreien zweijährigen Pause vor den neuerlichen Bombenversuchen der Russen 1961 gewonnen, also zu einer Zeit, in der hinlänglich eine ausgeglichene und niedrige Verteilung der künstlichen Spaltprodukte in der unteren Atmosphäre angenommen werden darf.

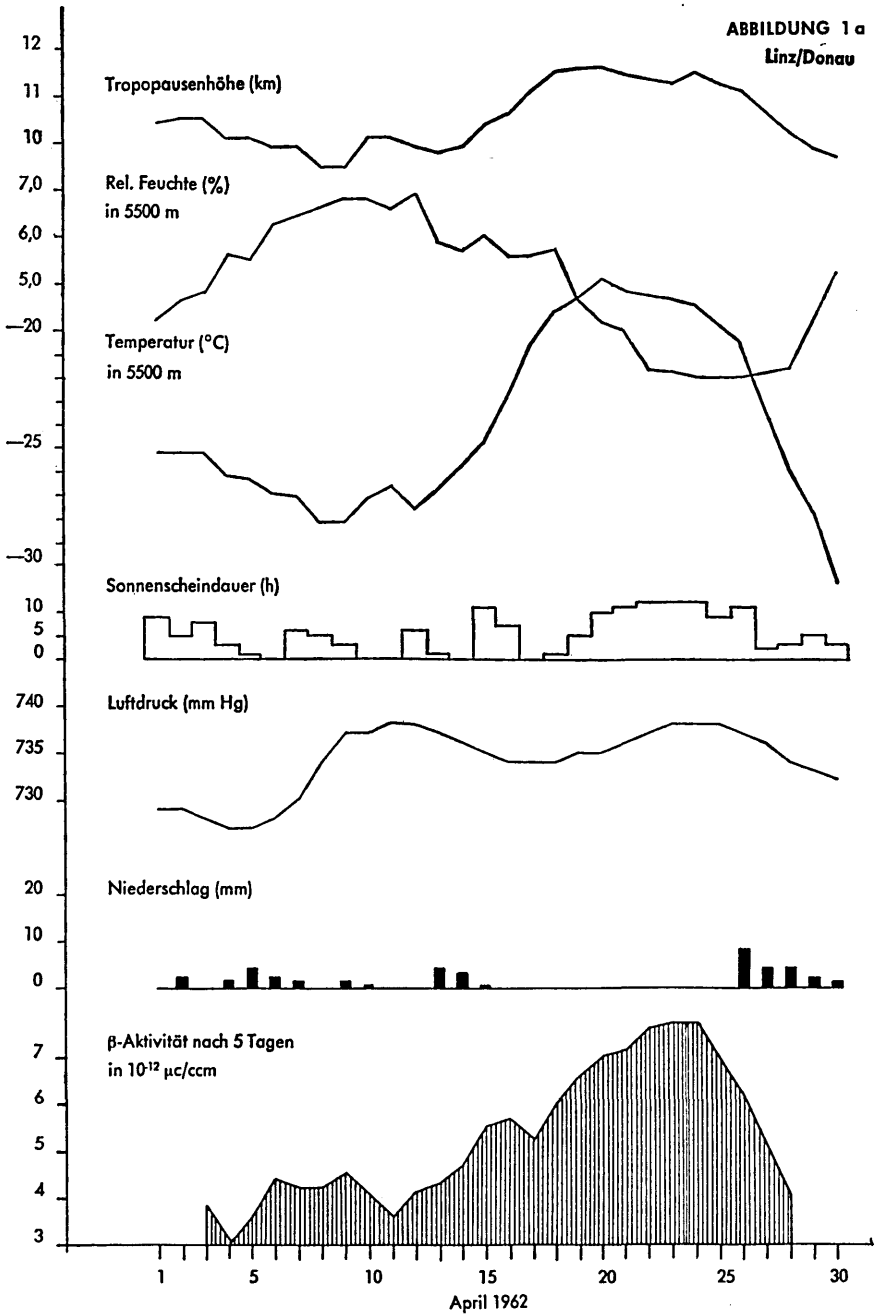
Die Situation ändert sich, wenn frische radioaktive Schwaden im Untersuchungsgebiet eintreffen (siehe Abbildung 3). Es mögen daher noch einige Betrachtungen über die Verlagerung solcher Schwaden folgen.

Eine Atombombenexplosion stellt eine überaus ergiebige Quelle der verschiedensten Spaltprodukte dar, die je nach Art des Kernwaffenversuches in verschiedenen Höhen der Atmosphäre zur weiteren Verfrachtung überlassen werden. Das sind Höhen, die vom Fußpunkt der Explosion, die etwa in Erdbodennähe stattfinden kann, bis zum Gipfel des Atompilzes in rund 30 Kilometer Höhe und mehr reichen. Größere Spaltprodukte rieseln sodann als lokaler fall-out im Schwerefeld bald zu Boden, wenngleich — in Abhängigkeit von der Explosionsart und Höhe sowie der Windgeschwindigkeit — auch die weitere Umgebung auf viele hundert Kilometer beachtlich betroffen werden kann. Im allgemeinen werden jene kleinen, feinsten Partikel, die nahezu keine eigene Sinkgeschwindigkeit mehr besitzen, aber noch in der Troposphäre entstanden sind, in Zeitläufen von Tagen oder Wochen bis zum Boden gelangen. Die Troposphäre ist jene untere Schicht der Lufthülle, in der sich all das abspielt, was wir schlechthin Wetter nennen. In dieser Zone führen die wechselhaften Windströmungen mit ihren starken Auf- und Abwindkompo-

nenen zu einer großräumigen Turbulenz, die das atomtechnische Aerosol verdünnt. Auch wickeln sich in ihr die wesentlichsten Kondensations- und Sublimationsprozesse des Wasserdampfgehaltes in der Luft ab, so daß rain-out und wash-out wirksam werden. Die Troposphäre wird von der Stratosphäre durch eine schmale Übergangszone, die sogenannte Tropopause, getrennt, die in Mitteleuropa je nach Jahreszeit und Wetterlage zwischen 7 und 13 Kilometer Höhe liegt. In der Stratosphäre fehlt das Gesicht des Wetters — die Wolken. Nur gelegentlich stößt ein sehr kräftiger Gewittersturm einige Kilometer über die Tropopause hinaus oder in Höhen der Ozonschicht zwischen 20 und 30 Kilometer verdichten sich manchmal Eisteilchen zu Schleiern von Perlmutterwolken. Jedoch können auch in der Stratosphäre sehr starke Windstärken auftreten, die im Strahlstrom (jetstream) Geschwindigkeiten bis zu 400 Stundenkilometern erreichen. Der Strahlstrom schlingt sich wie ein mäanderförmiges Band um die nördliche Hemisphäre, vielfach sich aufspaltend und wieder neu ansetzend, mit einer Mächtigkeit von mehreren hundert Kilometern Breite in die Tiefe. Dringt der Pilz einer Kernwaffenexplosion weit in die Stratosphäre ein, und bei den meisten Wasserstoffbomben war dies bisher der Fall, so können die radioaktiven Schwaden die Erde mehrfach umkreisen. Hier interessiert uns die Frage nach der Verweilzeit und somit nach der Reservoirbildung des atomtechnischen Aerosols in großen Höhen und unter welchen meteorologischen Bedingungen ein Wiedereinsickern in unsere eigentliche Biosphäre möglich ist.

Unter dem Gesichtspunkt einer längeren Verweilzeit scheiden aus unserer Betrachtung die kurzlebigen Nuklide aus, da sie inzwischen durch Eigenzerfall zu stationären Resten führen. Da für die größeren Teilchen die Gravitation durch Ausfall bereits wirksam geworden ist, die Diffusion nur für einen geringen Teil der allerkleinsten Partikel eine Rolle spielt, verbleibt von den kernvermindernden Vorgängen nur die Koagulation bedeutungsvoll. Es ist eine Eigenschaft der kolloidalen Systeme, daß die größeren Partikel auf Kosten der kleineren anwachsen, so daß sich der mittlere Korndurchmesser allmählich in Richtung größerer Dimensionen verschiebt. In der schon erwähnten Ozonschicht zwischen 20 und 30 Kilometer Höhe finden Umlagerungsprozesse eines Teiles der von der Sonne zur Erde zugestrahlten Energie statt, die unter anderem auch eine gewisse Mikroturbulenz hervorrufen, die ihrerseits wieder die





Koagulation beschleunigen. Es ist daher denkbar, daß unter ihrem Einfluß neuerlich Großkerne entstehen, die die Gravitation rascher in tiefe Luftschichten absinken läßt als bisher vermutet wurde. In die gleiche Richtung weisen auch jüngere Berechnungsergebnisse von HUNTER und BALLOU, die das Alter der Spaltprodukte in der Atmosphäre aus dem Quotienten zweier Isotope mit hinreichend verschiedener Halbwertszeit bestimmen.

Aus der Stratosphäre liegen nur wenige Meßreihen vor bzw. sind bisher bekanntgegeben worden. Jedoch zwingen auch die qualitativen Überlegungen zu einer Korrektur der von LIBY mit fünf bis zehn Jahren berechneten Verweilzeit des atomtechnischen Aerosols zu einer wesentlich kürzeren, die mit einem bis zwei Jahren zu bemessen wäre. Eine gewisse Bestätigung dieser Ansicht liefern ebenso die relativ niedrigen Aktivitätswerte der Bodenstationen — für Linz sind sie in Abbildung 3 und Tabelle II dargestellt —, die während der langen Testpause vor dem Herbst 1961 aufgetreten sind. Sie hätten zumindest zeitweilig stärker ansteigen müssen, wäre in der Höhe ein kräftigeres Reservoir an Nukliden vorhanden gewesen.

Auch die meteorologische Anschauung, die Tropopause bilde für den Luftaustausch zwischen Strato- und Troposphäre eine äußerst wirksame Sperrschicht, hat durch neuere Forschungsergebnisse eine Korrektur erfahren. So fächert im Bereich des Strahlstromes die Tropopause zu ineinander verzahnten Schichten auf, zwischen denen ein kräftiger Luftdurchtritt stattfinden kann. Auch in den dynamisch bedingten Hochdruckgebieten, den sogenannten warmen Antizyklonen, kommt es zu einem weiträumigen Absinken der Luftmassen aus großen Höhen herab. Wie die Erfahrung zeigt, läßt sich ein Anstieg der künstlichen Radioaktivität in Bodennähe nicht immer phasengleich an solche Wetterlagen koppeln, da sehr oft viele lokale Witterungseinflüsse — es sei an die Inversionen erinnert — den Zusammenhang verschleiern. Immerhin konnten solche Effekte auch in Linz wiederholt nachgewiesen werden und es seien zum Abschluß unserer Betrachtungen zwei Beispiele angeführt:

Die beiden Wetterlagen — Juni/Juli 1961 bzw. April 1962 — sind durch den Aufbau warmer Antizyklonen jeweils in der zweiten Monatshälfte charakterisiert, deren Einfluß auch für Österreich wetterbestimmend ist.

Die Abbildungen 1 und 1 a stellen in gleicher Art den Gang der β -Aktivität in Bodennähe sowie mehrere meteorologische Kenn-

größen dar, wobei die täglichen Niederschlagsmengen und die Sonnenscheindauer als Balkenzüge, alle übrigen Werte durch gemittelte Kurven wiedergegeben sind. Um die Schaubilder von den störenden Tagesschwankungen zu befreien, wurden übergreifende Pentadenmittel gewählt, das heißt, die pro Kalendertag fortschreitenden Amplituden sind arithmetische Mittel aus dem jeweiligen Tageswert und dem zweier vorangehender und nachfolgender Tage. So werden die Kurven geglättet, ohne den Tageseinfluß ganz zu unterdrücken.

Man erkennt, wie mit dem Ansteigen des Luftdruckes die Sonnenscheindauer zunimmt, die Niederschlagshäufigkeit geringer ist, wenngleich innerhalb der Schönwetterperioden lokale Gewitter ergiebige Niederschläge bringen können.

Die vertikale Absinkbewegung innerhalb der Hochdruckgebiete führt zu dynamischer Erwärmung und Austrocknung der oberen Troposphäre. So steigt z. B. in 5500 Meter Höhe die Temperatur, während die relative Feuchte zurückgeht, und ganz allgemein kommt die Tropopause höher zu liegen.

Mit dem Aufbau des Hochdruckwetters ist ein Anwachsen der Radioaktivität zu verzeichnen, die wieder abnimmt, wenn die Hochdrucklage schwindet. Deutlich tritt dies im zweiten Beispiel ab 26. April hervor, von welchem Tage an ein Kaltlufteinbruch die alten und angereicherten Luftmassen des Hochs ersetzt und auch rain-out und wash-out wirksam werden.

DARSTELLUNG DER MESSVERFAHREN UND ERGEBNISSE

1. Radioaktivität der bodennahen Atmosphäre

Aus verschiedenen Gründen ist es nicht möglich, mit einem der üblichen Zähl- und Meßgeräte unmittelbar die Radioaktivität der durch Atombombenversuche der Großmächte in die Atmosphäre gelangten Partikel zu bestimmen. Wie vorher dargelegt, wird die Aktivität des fall-out im allgemeinen erheblich von der natürlichen Umweltradioaktivität übertroffen. Daher wird meist Luft über ein Filter angesaugt, um über einen mehr oder weniger langen Zeitraum radioaktives Aerosol zu sammeln. Anschließend wird die Radioaktivität dieser Luftproben durch ein Meßgerät bestimmt. Das Sammeln und Messen der Luftproben kann entweder kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen. Bei der kontinuierlichen Methode

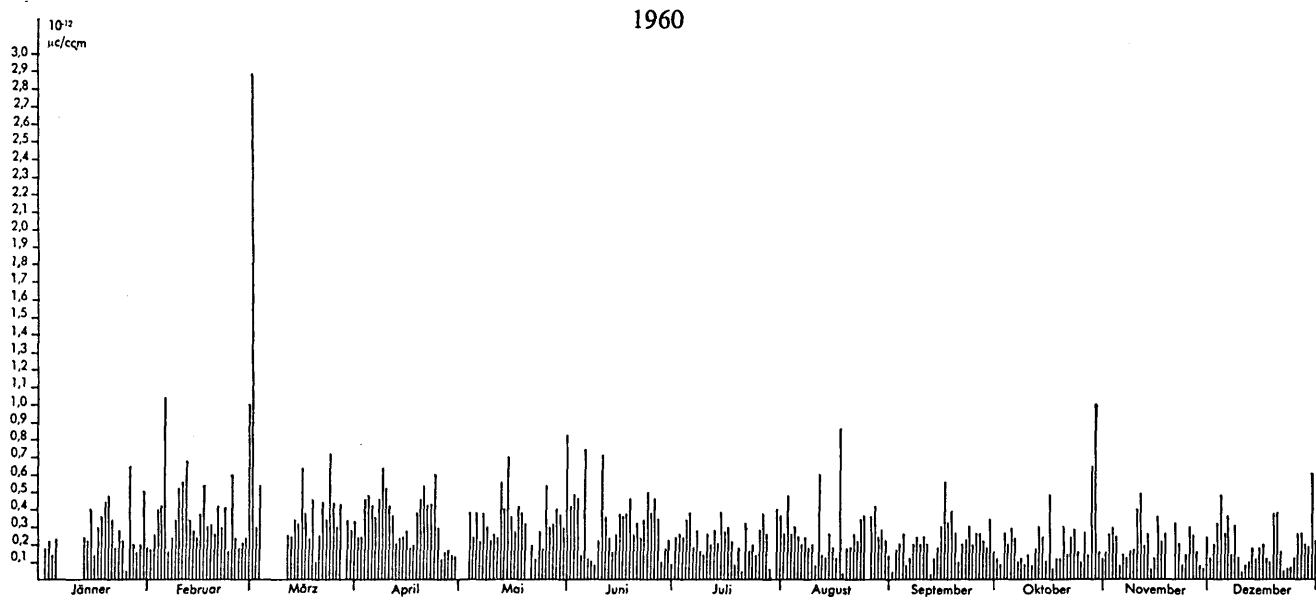


ABBILDUNG 2: β -AKTIVITÄT DER BODENNAHEN ATMOSPÄRE IM RAUM LINZ/DONAU.

wird ein Filterband über einen Ansaugkopf geleitet, unmittelbar nach dem Ansaugen und nach einer vorwählbaren Abklingzeit die Radioaktivität bestimmt. Da die derzeit kommerziellen Geräte dieser Arbeitsweise eine ganze Reihe von Fehlermöglichkeiten, auf die hier im einzelnen nicht näher eingegangen werden kann, nicht ausschließen, wurde bei der Einrichtung des Laboratoriums in Linz der diskontinuierlichen Methode der Vorzug gegeben.

Hiebei wird Luft durch ein Glasfaserfilter (Nr. 8 der Firma Schleicher & Schüll) angesaugt und nach einer Ansaugzeit von 24 Stunden die Radioaktivität des Staubes auf dem Filter bestimmt. Es wird durch diese erste Messung die natürliche, zusätzlich zur künstlichen Aktivität ermittelt. Die durch das Filter gesaugte Luftmenge wird durch einen nachgeschalteten Gasmengenmesser angezeigt. Als Radioaktivitätsmeßgerät bedient sich das Linzer Laboratorium eines Methangasdurchflußzählers der Firma Frieseke und Höpfner, Erlangen/Bruck, in Verbindung mit einem elektronischen Zählgerät der gleichen Firma. Es kann damit die α - und β -Aktivität der Luftproben bestimmt werden. Da die Präparateschälchen des Methandurchflußzählers einen Durchmesser von sechs Zentimetern haben, können die Filter unzerschnitten gemessen werden. Die Messung des Filters wird 3, 24 und 48 Stunden sowie fünf Tage nach Beendigung des Ansaugens wiederholt. Da die natürliche Aktivität sehr rasch abklingt, ist sie nach 48 Stunden nahezu restlos verschwunden. Daher wird meist der 48-Stunden-Meßwert als Maß für die künstliche Aktivität angegeben. Die künstliche Aktivität war aber 1960 bis September 1961 sehr stark gesunken, daher machten sich beim 48-Stunden-Meßwert noch die Reste der natürlichen Aktivität bemerkbar. Aus diesem Grunde wurde ab April 1961 von den österreichischen Meßstellen einheitlich die Aktivität nach einer Abklingzeit von fünf Tagen als maßgeblich für die künstliche Aktivität der bodennahen Atmosphäre angenommen.

Das Ergebnis der Radioaktivitätsmessungen der bodennahen Atmosphäre in Linz während der Jahre 1960 bis Mitte 1962 ist in den nachfolgenden Tabellen und Tafeln zusammengefaßt.

Tabelle I enthält für das Beobachtungsjahr 1960 die Monatsmittel der Gesamt- β -Aktivität sowie die Monatsmaxima und -minima, berechnet aus den täglichen Luftproben nach einer Abklingzeit von 48 Stunden. In Tabelle Ia sind in gleicher Weise die α -Aktivitäten

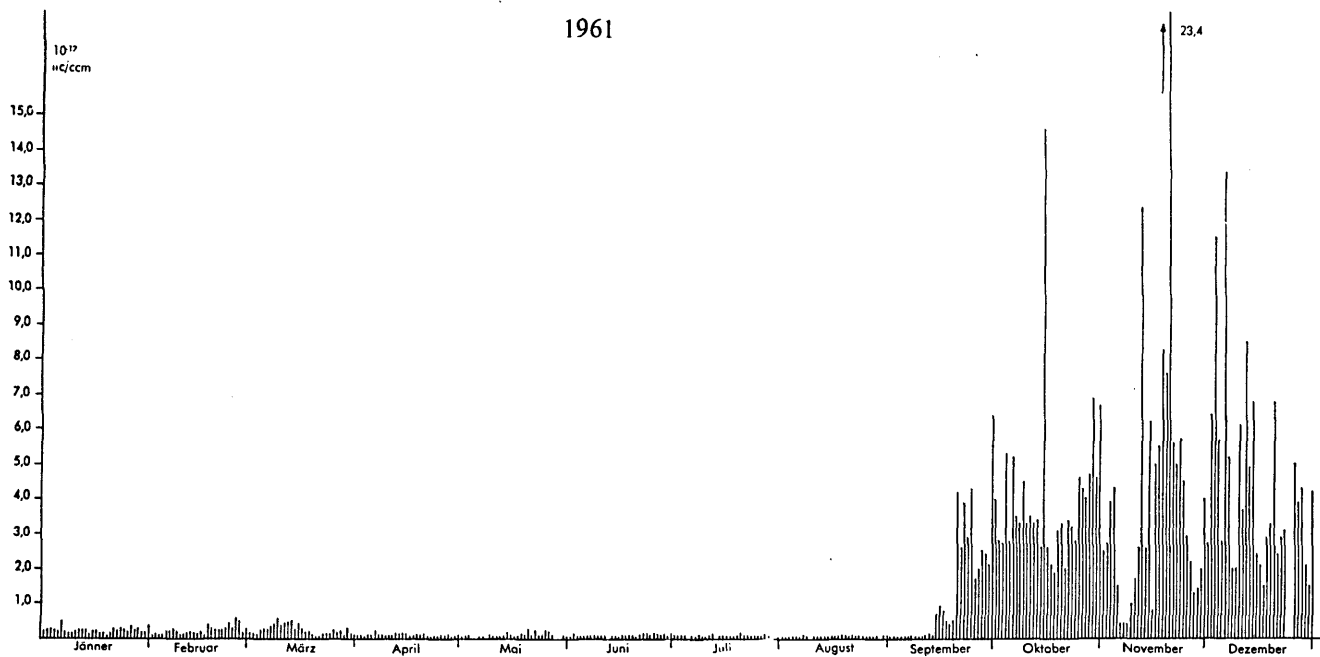


ABBILDUNG 3: β -AKTIVITÄT DER BODENNAHEN ATMOSPHERE IM RAUM LINZ/DONAU.

zusammengefaßt. Abbildung 2 gibt die täglichen β -Aktivitätswerte der Filterproben nach 48 Stunden Abklingzeit für 1960 wieder. Die gemessene Aktivität der Filterproben stammt von verschiedenen radioaktiven Spaltprodukten. Von diesen ist als biologisch bedeutendstes Strontium 90 mit seiner langen Halbwertszeit von 28 Jahren bekannt. Da dieses Element ein reiner β -Strahler ist, wird zur Beurteilung der Luftaktivität allgemein auch nur die β -Aktivität herangezogen. Die α -Aktivität der Luft stammt vornehmlich von natürlichen radioaktiven Substanzen, deren Halbwertszeiten sehr niedrig sind, so daß sie, wie schon erwähnt, rasch unwirksam werden. Höhere α -Aktivitäten nach einer Abklingzeit von 48 Stunden würde auf die Anwesenheit etwa von Plutonium 239, ein vom strahlenhygienischen Standpunkt höchst gefährliches Element, hinweisen. Eine erhöhte α -Aktivität der Luft wurde bisher jedoch weder in Österreich noch in anderen Gebieten der Erde, die genügend weit von den Versuchszentren entfernt liegen, festgestellt. Nach den Empfehlungen der Internationalen Kommission für Strahlenschutz liegt derzeit die Gefährdungsgrenze für Atemluft der Allgemeinbevölkerung bei $60 \cdot 10^{-12} \mu\text{c}/\text{ccm}$ (= Mikrocurie pro Kubikzentimeter; $1 \mu\text{c}$ = ein Millionstel Curie) Gesamt- β -Aktivität für ein unbekanntes Gemisch von Strahlern. Wie aus den vorstehenden Tabellen und Tafeln ersichtlich ist, wurde im Beobachtungsjahr 1960 an keinem Tag dieser Wert erreicht oder gar überschritten. Der höchste Wert dieses Jahres wurde am 1. März 1960 mit $2,56 \cdot 10^{-12} \mu\text{c}/\text{ccm}$ gemessen. Ähnlich wurde auch in Deutschland und in der Schweiz an diesem Tag eine erhöhte Aktivität festgestellt, die als Auswirkung des ersten französischen Atomtests in der Sahara zu werten ist.

TABELLE I

GESAMT- β -AKTIVITÄT DER
BODENNAHEN ATMOSPHERE
IN LINZ/DONAU

Beobachtungsjahr: 1960,

Einheit: $10^{-12}\mu\text{c}/\text{ccm}$

Monat	Gesamt- β -Aktivität		
	Mittel	Maximum	Minimum
Jänner	0,32	0,71	0,05
Februar	0,36	1,05	0,16
März	0,58	2,87	0,14
April	0,35	0,66	0,12
Mai	0,30	0,70	0,00
Juni	0,34	0,85	0,09
Juli	0,23	0,39	0,05
August	0,29	0,86	0,02
September	0,22	0,57	0,02
Oktober	0,26	1,17	0,07
November	0,21	0,50	0,06
Dezember	0,20	0,59	0,04

TABELLE Ia

GESAMT- α -AKTIVITÄT DER
BODENNAHEN ATMOSPHERE
IN LINZ/DONAU

Beobachtungsjahr: 1960,

Einheit: $10^{-12}\mu\text{c}/\text{ccm}$

Monat	Gesamt- α -Aktivität		
	Mittel	Maximum	Minimum
Jänner	*)	0,08	0,01
Februar	0,05	0,14	0,02
März	*)	0,17	0,03
April	0,05	0,10	0,00
Mai	0,04	0,09	0,00
Juni	0,04	0,09	0,01
Juli	0,04	0,07	0,01
August	0,04	0,08	0,02
September	*)	0,07	0,02
Oktober	0,04	0,08	0,02
November	0,04	0,07	0,01
Dezember	0,04	0,12	0,01

*) An mehreren Tagen Geräteausfall,
es wurde nur β -Aktivität bestimmt.

TABELLE II

GESAMT- β -AKTIVITÄT DER
BODENNAHEN ATMOSPHERE
IN LINZ/DONAU

Beobachtungsjahr: 1961,

Einheit: $10^{-12}\mu\text{c}/\text{ccm}$

Monat	Gesamt- β -Aktivität		
	Mittel	Maximum	Minimum
Jänner	0,23	0,45	0,04
Februar	0,22	0,54	0,03
März	0,23	0,52	0,02
April	0,07	0,21	0,00
Mai	0,10	0,29	0,00
Juni	0,10	0,18	0,00
Juli	0,07	0,16	0,00
August	0,05	0,12	0,00
September	1,32	6,46	0,02
Oktober	4,01	14,20	1,83
November	4,27	23,46	0,41
Dezember	4,48	13,29	1,49

TABELLE III

GESAMT- β -AKTIVITÄT DER
BODENNAHEN ATMOSPHERE
IN LINZ/DONAU

Beobachtungsjahr: 1962,

Einheit: $10^{-12}\mu\text{c}/\text{ccm}$

Monat	Gesamt- β -Aktivität		
	Mittel	Maximum	Minimum
Jänner	5,49	15,42	1,76
Februar	4,19	6,98	2,09
März	3,98	12,29	0,99
April	5,18	13,26	1,40
Mai	4,37	9,87	0,83
Juni	4,95	11,12	1,84

TABELLE I

GESAMT- β -AKTIVITÄT DER
BODENNAHEN ATMOSPHERE
IN LINZ/DONAU

Beobachtungsjahr: 1960,

Einheit: $10^{-12}\mu\text{c}/\text{ccm}$

Monat	Gesamt- β -Aktivität		
	Mittel	Maximum	Minimum
Jänner	0,32	0,71	0,05
Februar	0,36	1,05	0,16
März	0,58	2,87	0,14
April	0,35	0,66	0,12
Mai	0,30	0,70	0,00
Juni	0,34	0,85	0,09
Juli	0,23	0,39	0,05
August	0,29	0,86	0,02
September	0,22	0,57	0,02
Oktober	0,26	1,17	0,07
November	0,21	0,50	0,06
Dezember	0,20	0,59	0,04

TABELLE Ia

GESAMT- α -AKTIVITÄT DER
BODENNAHEN ATMOSPHERE
IN LINZ/DONAU

Beobachtungsjahr: 1960,

Einheit: $10^{-12}\mu\text{c}/\text{ccm}$

Monat	Gesamt- α -Aktivität		
	Mittel	Maximum	Minimum
Jänner	*)	0,08	0,01
Februar	0,05	0,14	0,02
März	*)	0,17	0,03
April	0,05	0,10	0,00
Mai	0,04	0,09	0,00
Juni	0,04	0,09	0,01
Juli	0,04	0,07	0,01
August	0,04	0,08	0,02
September	*)	0,07	0,02
Oktober	0,04	0,08	0,02
November	0,04	0,07	0,01
Dezember	0,04	0,12	0,01

*) An mehreren Tagen Geräteausfall,
es wurde nur β -Aktivität bestimmt.

TABELLE II

GESAMT- β -AKTIVITÄT DER
BODENNAHEN ATMOSPHERE
IN LINZ/DONAU

Beobachtungsjahr: 1961,

Einheit: $10^{-12}\mu\text{c}/\text{ccm}$

Monat	Gesamt- β -Aktivität		
	Mittel	Maximum	Minimum
Jänner	0,23	0,45	0,04
Februar	0,22	0,54	0,03
März	0,23	0,52	0,02
April	0,07	0,21	0,00
Mai	0,10	0,29	0,00
Juni	0,10	0,18	0,00
Juli	0,07	0,16	0,00
August	0,05	0,12	0,00
September	1,32	6,46	0,02
Oktober	4,01	14,20	1,83
November	4,27	23,46	0,41
Dezember	4,48	13,29	1,49

TABELLE III

GESAMT- β -AKTIVITÄT DER
BODENNAHEN ATMOSPHERE
IN LINZ/DONAU

Beobachtungsjahr: 1962,

Einheit: $10^{-12}\mu\text{c}/\text{ccm}$

Monat	Gesamt- β -Aktivität		
	Mittel	Maximum	Minimum
Jänner	5,49	15,42	1,76
Februar	4,19	6,98	2,09
März	3,98	12,29	0,99
April	5,18	13,26	1,40
Mai	4,37	9,87	0,83
Juni	4,95	11,12	1,84

Tabelle II und Abbildung 3 geben die Meßergebnisse des Jahres 1961 wieder. Bei der Beurteilung der Meßgrößen ist jedoch zu beachten, daß bis einschließlich 31. März 1961 der Aktivitätswert nach einer Abklingzeit von 48 Stunden als Grundlage für die Zahlenwerte genommen wurde, ab 1. April jedoch der Meßwert nach fünf Tagen Abfallzeit. Es ist daher ein deutlicher Sprung der März- gegen die Aprilwerte festzustellen.

Das Beobachtungsjahr 1961 stand ab September im Zeichen der atmosphärischen Atombombenversuche der UdSSR. Die Kontamination der Luft, der Niederschläge und Gewässer war seit den nuklearen Großversuchen in den Jahren 1957 und 1958 weitestgehend abgeklungen. Mit Beginn der russischen Experimente aber ist ab Mitte September 1961 ein sprunghafter Anstieg in voller Übereinstimmung mit den

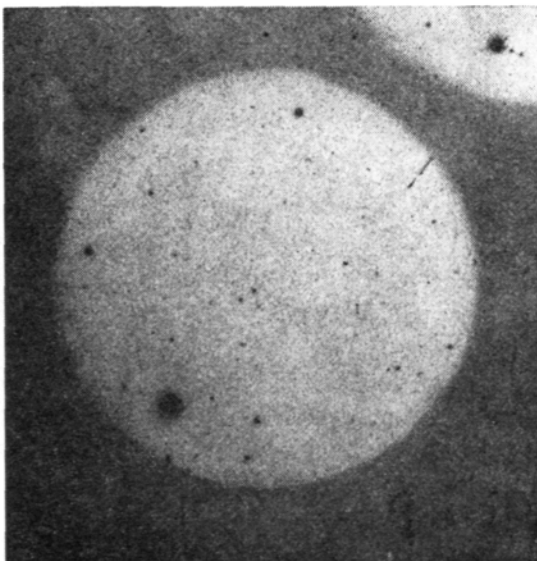


ABBILDUNG 4: AUTORADIOGRAMM EINES LUFTFILTERS.

übrigen europäischen Meßstellen auch in den Meßwerten des Radiologischen Laboratoriums in Linz eingetreten. Der höchste Jahreswert wurde am 20. November 1961 mit $23,4 \cdot 10^{-12} \mu\text{c}/\text{ccm}$ gemessen, der aber noch beträchtlich unter dem oben angeführten Grenzwert von $60 \cdot 10^{-12} \mu\text{c}/\text{ccm}$ liegt.

Auf Grund der Feststellung einer erhöhten Luftaktivität wurden in den Monaten Oktober und November 1961 von den Luftfilterproben nach Beendigung der Radioaktivitätsmessungen durch Auflegen eines Röntgenfilmes und nachfolgender 72stündiger Exposition in einer lichtdichten Kassette Autoradiogramme hergestellt. Die Abbildung 4 zeigt ein Beispiel eines solchen Autoradiogrammes eines Luftfilters. Es konnte die Beobachtung anderer Autoren bestätigt werden, daß das Auftreten höherer Aktivität (etwa ab $1 \cdot 10^{-12} \mu\text{c}/\text{ccm}$)

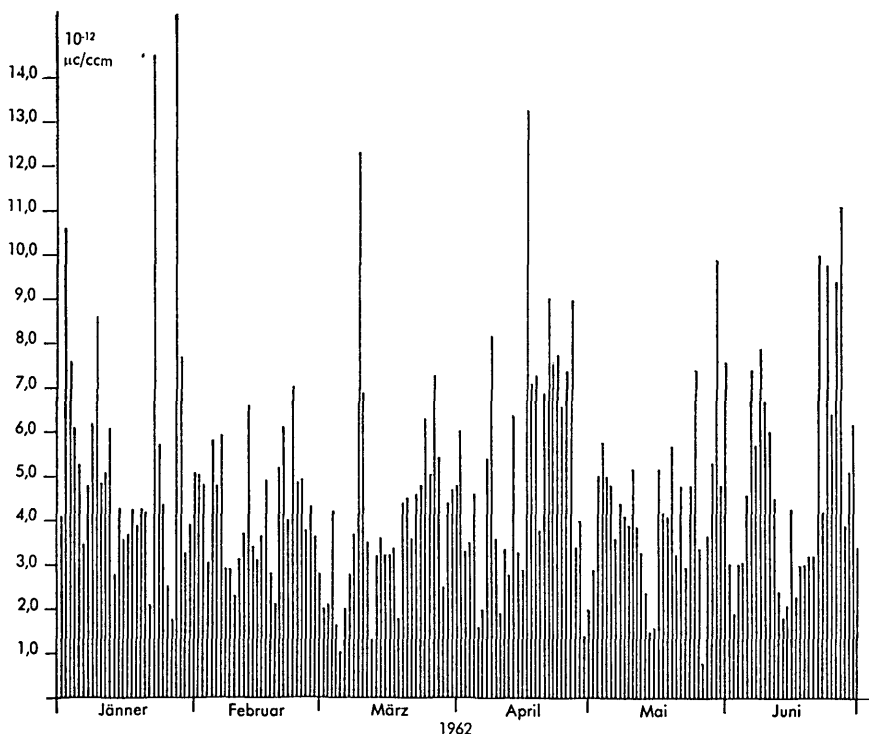


ABBILDUNG 5: β -AKTIVITÄT DER BODENNAHEN ATMOSPHÄRE IM RAUM LINZ/DONAU.

gleichzeitig mit der Existenz einzelner Partikel mit besonders hoher Aktivität im radioaktiven Aerosol verbunden ist; desgleichen die Tatsache, daß die gemessenen Spitzenwerte mit der Anzahl und Größe dieser „heißen Teilchen“ in Zusammenhang stehen. Ohne im einzelnen hier auf die Problematik der „heißen Teilchen“ eingehen zu können, ist auch für den Nichtkenner der Materie die strahlenhygienische Bedeutung dieser Partikel einleuchtend. Die spezielle Behandlung des Problems der „heißen Teilchen“ ist von den Autoren beabsichtigt.

Tabelle III und Abbildung 5 geben die Radioaktivität der bodennahen Atmosphäre bis Juni 1962 wieder und zeigen, daß die Meßwerte der Luftaktivität seit Herbst 1961 ungefähr in gleicher Höhe geblieben sind, ohne jedoch eine für die Bevölkerung strahlenhygienisch gefährliche Schwelle zu erreichen.

2. Radioaktivität der Niederschläge

Bekanntlich wird die künstliche Radioaktivität, die infolge von Atombombenversuchen oder Reaktorunfällen in der Atmosphäre anzutreffen ist, größtenteils in der näheren Umgebung des Ereignisses durch die Schwere der Partikel abgelagert. Kleine und kleinste radioaktive Teilchen bleiben dagegen lange schwebend in der Luft und werden mit dieser verfrachtet. Die Verweilzeiten dieser Teilchen werden von den verschiedenen Autoren unterschiedlich in der Stratosphäre mit einem bis zehn Jahren, in der Troposphäre mit zehn bis zwanzig Tagen angenommen. Während die Sedimentation durch trockenen Ausfall (= fall-out) langsam vor sich geht, wird die Troposphäre durch Inkorporation von radioaktiven Partikeln in den Wolken oder Niederschlagsselementen in höheren Luftschichten (= rain-out) bzw. durch Einfangen dieser Teilchen beim Fallen der Niederschläge (= wash-out) rasch gereinigt. Daher kommt es zu einer Anreicherung der Niederschlagswässer mit radioaktiven Substanzen, wodurch wieder ein beschleunigter Eintritt dieser Stoffe mit erhöhter Konzentration in den Biozyklus möglich ist.

Deshalb wird an den verschiedenen Kontrollstationen für künstliche Radioaktivität meist neben der Kontrolle der Atemluft auch eine Überwachung der Niederschlagswässer durchgeführt. Das Radiologische Laboratorium in Linz sammelt Niederschlagswässer auf dem Flughafen Linz-Hörsching und beim Vorderen Gosausee.

Zwecks Analyse einzelner Nuklide wurden seit 1959 in dreimonatigen Zeiträumen die Niederschläge gesammelt und von der Health Physics Division des Atomic Energy Research Establishment Harwell (England) der Gehalt an Strontium 90, Strontium 89 und Caesium 137 bestimmt. Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist in Tabelle IV und IVa zusammengefaßt. Darin sind die Aktivitäten sowohl in der Konzentrationsangabe pc/l (Pikocurie pro Liter) als auch in mc/km² (Mikrocurie pro Quadratkilometer) zur Beurteilung der „dem Boden zugeführten Aktivität“ berechnet.

In Übereinstimmung mit den Luftaktivitätsmessungen ist auch hier ein Absinken der Aktivität ab Juli 1959 festzustellen und ebenso ist, wie bisher nur für Linz vorliegende Werte zeigen, ab Herbst 1961 wieder ein Anstieg zu verzeichnen.

Seit September 1961 wird ebenfalls am Flughafen Linz-Hörsching in einem zweiten Sammelgerät der während eines Monats

gefallene Niederschlag aufgefangen und im Linzer Radiologischen Laboratorium die Gesamt- β -Aktivität bestimmt.

TABELLE IV

RADIOAKTIVITÄT DER NIEDERSCHLÄGE

1 pc/l (Pikocurie pro Liter) = 10^{-12} c/l, 1 mc/km² (Millicurie pro km²) = 10^{-3} c/km²

Sammelort LINZ

Sammelzeitraum	Regenmenge mm	Sr 89		Sr 90		Cs 137	
		pc/l	mc/km ²	pc/l	mc/km ²	pc/l	mc/km ²
1. 7. bis 30. 9. 1958	303,0	96,40	29,000	6,30	1,900	11,09	3,360
1. 10. bis 31. 12. 1958	159,1	177,50	28,240	6,40	1,020	8,21	1,310
1. 1. bis 30. 6. 1959	387,4	160,00	61,980	12,80	4,960	20,60	7,980
1. 7. bis 30. 9. 1959	268,6	8,41	2,260	5,43	1,460	9,54	2,540
1. 10. bis 31. 12. 1959	122,9	< 0,20	< 0,246	1,93	0,237	3,29	0,404
1. 1. bis 31. 3. 1960	167,7	—	—	1,45	0,243	3,04	0,509
1. 4. bis 30. 6. 1960	242,4	—	—	4,01	0,972	6,01	1,457
1. 7. bis 30. 9. 1960	357,6	—	—	2,09	0,747	3,74	1,337
1. 10. bis 31. 12. 1960	107,9	—	—	0,97	0,105	1,76	0,190
1. 1. bis 31. 3. 1961	131,9	—	—	1,86	0,245	3,59	0,473
1. 4. bis 30. 6. 1961	299,1	—	—	2,10	0,628	3,25	0,972
1. 7. bis 30. 9. 1961	203,5	1,63	0,33	1,90	0,386	2,65	0,539
1. 10. bis 31. 12. 1961	154,2	170,0	26,21	2,50	0,385	3,00	0,463

TABELLE IV a

RADIOAKTIVITÄT DER NIEDERSCHLÄGE

1 pc/l (Pikocurie pro Liter) = 10^{-12} c/l, 1 mc/km² (Millicurie pro km²) = 10^{-3} c/km²

ND = non detectable = nicht nachweisbar

Sammelort GOSAUSEE

Sammelzeitraum	Regenmenge mm	Sr 89		Sr 90		Cs 137	
		pc/l	mc/km ²	pc/l	mc/km ²	pc/l	mc/km ²
1. 7. bis 30. 9. 1958	446,0	64,10	28,600	5,39	2,400	7,80	3,470
1. 10. bis 31. 12. 1958	553,6	131,20	72,630	5,38	2,980	7,45	4,120
1. 1. bis 30. 6. 1959	879,3	217,80	191,520	10,64	9,360	71,38	15,280
1. 7. bis 30. 9. 1959	585,0	9,81	5,740	5,69	3,330	11,40	6,640
1. 10. bis 31. 12. 1959	261,6	< 0,10	< 0,262	2,03	0,536	3,44	0,900
1. 1. bis 31. 3. 1960	345,3	2,34	0,808	1,42	0,490	3,94	1,360
1. 4. bis 30. 6. 1960	519,0	ND	ND	3,86	2,003	6,78	3,520
1. 7. bis 30. 9. 1960	612,0	ND	ND	2,30	1,410	4,08	2,500
1. 10. bis 31. 12. 1960	246,7	ND	ND	0,82	0,202	1,62	0,400
1. 1. bis 31. 3. 1961	425,1	ND	ND	1,91	0,812	3,16	1,320
31. 3. bis 30. 6. 1961	684,4	ND	ND	3,25	2,224	4,40	3,010

In Tabelle V sind die Meßdaten dieser Untersuchungsreihe zum Vergleich mit den Ergebnissen von Wien, Salzburg und Milford Haven (England) in der Konzentrationsangabe pc/l zusammengestellt.

TABELLE V

1961	Wien	Linz	Salzburg	Milford Haven (England)
August	24,3	30,5	—	24,7
September	582,0	86,3	193,7	647,7
Oktober	882,0	1384,5	1090,0	2568,8
November	726,0	497,0	583,0	5960,0
Dezember	1680,0	1041,7	—	2460,0

1962	Wien	Linz	Salzburg	Milford Haven (England)
Jänner	3070,0	2991,3	1926,0	2715,3
Februar	930,0	1192,9	1048,0	1920,0
März	890,0	884,7	772,0	2850,0
April	951,5	1462,4	1367,0	2163,0
Mai	2233,3	950,3	1657,3	2011,4

Ergänzend dazu ist in Tabelle VI die Aktivität der Niederschläge an der Sammelstelle Linz-Hörsching nicht nur in der Konzentrationsangabe pc/l, sondern auch in mc/km² als „der dem Boden zugeführten Aktivität“ sowie die Niederschlagsmenge angeführt. Demnach hat die Gesamt-β-Aktivität der Niederschläge den von der Internationalen Kommission für Strahlenschutz empfohlenen Grenzwert von 1500 pc/l erreicht bzw. überschritten. Nun wird Niederschlagswasser jedoch nur in den seltensten Fällen in Form von Zisternenwasser getrunken, und da dessen Aktivität erfahrungsgemäß weit hinter jener der Niederschlagswässer zurückbleibt, kann von einer gesundheitlichen Gefährdung der Bevölkerung keine Rede sein.

Da die radioaktiven Spaltprodukte im Boden praktisch restlos festgehalten werden, ist in e c h t e m Grundwasser auf lange Sicht mit keiner Erhöhung der Aktivität zu rechnen.

Untersuchungen von Wasserproben aus den die Stadt Linz mit Trinkwasser versorgenden Grundwasserwerken Fischdorf, Scharlinz, Haid und Heilham wurden März 1961 und Jänner 1962 durchgeführt und zeigten Werte von zumeist < 0,1 pc/l mit einem Maximum von 3,0 pc/l. Dabei ist hervorzuheben, daß die Meßwerte vom Jänner 1962 keine Erhöhung gegenüber jenen vom März 1961 zeigten, obwohl erstere rund vier Monate nach Beginn der Atomwaffen-Testexplosionen der UdSSR liegen und zu diesem Zeitpunkt die Radioaktivität

der Niederschläge bereits auf etwa den 100fachen Wert gegenüber Frühjahr 1961 angestiegen war.

3. Kurzer Überblick und Hinweis auf weitere Untersuchungstätigkeit des Radiologischen Laboratoriums in Linz

Da zur strahlenhygienischen Beurteilung einer Probe wohl die Kenntnis der Gesamt- α -, β - bzw. γ -Aktivität von grundlegender Bedeutung ist, gibt die genaue Kenntnis von der Art des Radionuklids, von dem die Strahlung stammt, dem Strahlenmediziner erst die Möglichkeit, wenn nötig, Maßnahmen einzuleiten bzw. Abhilfe zu schaffen. Um dieses Ziel zu erreichen, gibt es zwei Wege: Entweder den sehr zeitraubenden der radiochemischen Analyse oder eine γ -spektroskopische Untersuchung. Beide Arbeitsrichtungen wurden seit Gründung des Laboratoriums neben der Routinearbeit, wenn auch langsam, jedoch systematisch ausgebaut. In absehbarer Zeit wird daher die Untersuchung auf Strontium-90-Gehalt sowie einiger anderer Radionuklide möglich sein.

Ebenso war im Lauf von knapp zweieinhalb Jahren der Aufbau der sehr kostspieligen Anlage für γ -spektroskopische Untersuchungen möglich. Die Anlage ist in Erprobung; Eichuntersuchungen werden derzeit durchgeführt.

Neben der Untersuchung von Luft, Niederschlägen und Trinkwasser wird auch regelmäßig die Aktivität der Milch geprüft. Die Ergebnisse dieser Untersuchungsreihe werden später an anderer Stelle mitgeteilt werden.

TABELLE VI GESAMT- β -AKTIVITÄT VON NIEDERSCHLÄGEN
Sammelort: Linz-Hörsching; Beobachtungszeitraum: September 1961 bis Juni 1962

Datum	Niederschlag in mm	β - Aktivität	
		pc/l	mc/km ²
2. 9. bis 30. 9. 1961	32,8	86,31	2,83
1. 10. bis 31. 10. 1961	40,1	1384,54	55,52
1. 11. bis 30. 11. 1961	39,0	497,04	19,38
1. 12. bis 31. 12. 1961	70,3	1041,68	73,22
1. 1. bis 31. 1. 1962	21,6	2981,32	64,40
1. 2. bis 28. 2. 1962	61,9	1192,95	73,84
1. 3. bis 31. 3. 1962	59,0	884,71	52,20
1. 4. bis 30. 4. 1962	42,5	1462,40	62,15
1. 5. bis 31. 5. 1962	137,5	950,00	130,60
1. 6. bis 30. 6. 1962	53,8	1149,60	61,80

ZUSAMMENFASSUNG

Die eingehenden strahlenphysikalischen und radiochemischen Untersuchungen, die durch das Radiologische Laboratorium der Bundesstaatlichen Bakteriologisch-Serologischen Untersuchungsanstalt Linz seit 1959 für den Raum von Linz und Umgebung vorgenommen wurden, zeigen hinsichtlich der Analysenergebnisse eine weitgehende Übereinstimmung mit den Resultaten anderer europäischer Institute.

Der vorwiegend auf Spaltprodukte nuklearer Testexplosionen (Kernwaffen) zurückzuführende Anstieg der künstlichen Radioaktivität der bodennahen Atmosphäre seit Herbst 1961 wurde ständig messend verfolgt. Gesundheitsgefährdende Aktivitätswerte wurden dabei bisher nicht festgestellt.

Die künstliche Radioaktivität in den Niederschlägen (Regen, Schnee) ist zwar seit dem Herbst 1961 beträchtlich angestiegen, hat sich aber auf das als Trinkwasser verwendete Grundwasser des Linzer Raumes bisher überhaupt nicht ausgewirkt.

Für die Bevölkerung des Raumes Linz besteht daher derzeit in strahlenhygienischer Hinsicht keine gesundheitliche Gefährdung, weder von seiten des Trinkwassers (Grundwasser) noch von seiten des Aerosols der als Atemluft dienenden bodennahen Atmosphäre. Die Untersuchungen werden mit Unterstützung des Bundesministeriums für soziale Verwaltung und des Magistrates der Stadt Linz intensiv fortgesetzt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz \(Linz\)](#)

Jahr/Year: 1962

Band/Volume: [8](#)

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

Artikel/Article: [Klimatische Gegebenheiten und Probleme der Stadt Linz 29-83](#)