Über Schwankungen atmosphärischer Ionen und ihre biologische Wirkung

Autor(en): **Laub, J.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie Suisse des Sciences Medicales = Bollettino dell' Accademia Svizzera delle Scienze Mediche**

Band (Jahr): **16 (1960)**

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-307453

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

D. K.: 612.014.424.3:612.014.32:616.006.46

Über Schwankungen atmosphärischer Ionen und ihre biologische Wirkung

Von J. Laub, Freiburg (Schweiz)

In memoriam Ramón y Cajal[1]

Einleitung

Die Bildung von Ionenpaaren ist eine wesentliche Eigenschaft der γ- und X-Strahlen und dient zur quantitativen Messung dieser Strahlen. Man kennt gut ihre heilende und schädigende Wirkung wie auch ihre Dosierung.

Als Einheit gilt 1 r (Röntgen). 1 r ist die Menge der X- oder γ-Strahlung, die 2,1 Milliarden Ionenpaare in einem Kubikzentimeter unter normalen Temperatur- und Druckbedingungen erzeugt. In den Laboratorien, die sich mit dem Studium, den Beobachtungen oder der Verwendung von radioaktiven Produkten beschäftigen, wird heute als erträgliche, für den menschlichen Organismus noch unschädliche Dosis die Anzahl von 0,015 r pro Arbeitswoche zugelassen. Man könnte daher annehmen, daß schon die Ionisation der uns umgebenden Luft, die Ionenstrahlen, große physiologische Bedeutung haben.

1. Ionenströme und ihre biologische Wirkung

Im Frühjahr des Jahres 1918 konnte ich im argentinischen nationalen Territorium, der jetzigen Provinz Rio Negro, an den Tagen mit sand-

[1] Der 17. Oktober 1959 war der 25jährige Todestag von *Ramón y Cajal*. – Ich hatte das besondere Privileg, in den Tagen vom 1. Dezember 1915 bis Mitte März 1916 fast jeden Nachmittag eine Stunde am Stammtisch dieses hervorragenden Forschers, des bedeutendsten Neurohistologen unseres Jahrhunderts, im Café Suizo in Madrid zu sitzen. An den wissenschaftlichen Unterhaltungen pflegten, unter andern, Professoren der Central-Universität Madrid teilzunehmen, darunter der Physiker *Blas Cabrera*, der an der ETH in Zürich unter der Leitung von *Pierre Weiss* gearbeitet hat, der Geologe *Eduardo Pacheco* und der Mineraloge *Lucas Navarro*. Manchmal kam auch der Priester *Obermaier*, ein hervorragender Paläontologe, der in seinen letzten Lebensjahren an der Philosophischen Fakultät der hiesigen Universität Freiburg gelehrt hat.

Als ich bei einer Gelegenheit *Ramón y Cajal* um seine Meinung über den Krebs fragte, erhielt ich die kurze Antwort: «El cancer es una guerra civil de células (Der Krebs ist ein Bürgerkrieg zwischen Zellen).

haltigen Westwinden ein sehr hohes elektrisches Potentialgefälle beobachten, das so stark war, daß schon die bloße Annäherung an das Wulfsche Elektrometer einen großen Ausschlag gab. Während der Zeit anormaler luftelektrischer Werte litten die Bevölkerung und ich selbst an starken nervösen Störungen, die sich in Unruhe, Ungeduld und sehr schlechter Stimmung äußerten. Ich konnte das durch Befragen verschiedener Personen feststellen. Sobald in der Nacht Windstille herrschte und das elektrische Potential und die Leitfähigkeit normale Werte mit kleinem Überschuß der positiven Leitfähigkeit hatten, erklärten mir alle Befragten, daß sie sich beruhigt und in gutem Zustande fühlten, als ob sie ein lauwarmes Bad genommen hätten. Die Luft war dann klar und durchsichtig mit wunderschönem Mondlicht, wie es schon *Darwin* in seiner Beschreibung der Reise durch diese Gegend schildert. Meine Beobachtungen konnten leider erst im Jahre 1926 in der Zeitschrift «Revista de la Universidad de Buenos Aires» veröffentlicht werden.

In dem Buche «Zehn Jahre Forschung im Grenzgebiet der Medizin und Physik» (1930) teilt *F. Dessauer* die im Krankenhaus Sachsenhausen in Frankfurt am Main ausgeführten Forschungen mit. Es wird darin insbesondere die Behandlung des erhöhten Blutdruckes durch die Inhalation von negativen Ionen beschrieben. Das Verfahren beruht auf der Erzeugung einer sehr großen Menge von negativen Ladungsträgern mit Hilfe einer Kathode aus Magnesiumoxyd. Die Ionen werden dem Kranken mit einem Inhalationsgerät zugeführt. Die Behandlung dauerte gewöhnlich etwa 20 Minuten an vier bis sechs verschiedenen Tagen. Die bedeutende Besserung dauerte längere Zeit. Die Inhalation wurde alle sechs Monate wiederholt. Ich erhielt von diesem Buch erst im hiesigen Physikinstitut Kenntnis, als ich im Jahre 1947 nach Freiburg kam.

Während mehrerer Monate führte ich in den Jahren 1944 und 1945 Bestimmungen der elektrischen Leitfähigkeit im großen Spital Rawson in Buenos Aires aus (Pavillon IV, Saal 10, Saalvorsteher Dr. med. *Mario Barilari*), wo etwa 40 Kranke zwecks Beobachtung stationiert waren, bevor sie in die Spezialabteilungen eingeliefert wurden. Die Messungen der Leitfähigkeit machte ich innerhalb des Saales in einem besonderen Raum, welcher vom Saal durch eine sehr weitmaschige Wandtür getrennt war. Die Ärzte vom Dienst, welche die Kranken untersuchten und die Anamnese aufnahmen, gaben mir die entsprechenden Protokolle. Aus dem gesammelten Material schien sich zu ergeben, daß ein großer Überschuß der positiven elektrischen Leitfähigkeit der umgebenden Luft für Nervöse, Herzleidende und Asthmatiker sehr lästig war. Aus Gründen, auf die ich hier nicht eingehen möchte, habe ich diese Beobachtungen nicht veröffentlicht.

Im Jahre 1950 ist in der deutschen Zeitschrift «Archiv für physikalische Therapie» (*6*, 386–394) unter dem Titel «Die Inhalationstherapie mit Luftionen» eine Abhandlung veröffentlicht worden, die aus dem Kurort Bad Soden im Taunus stammt. Es werden die Ergebnisse einer sehr großen Zahl von Behandlungen in einer Zeit von zehn Jahren mitgeteilt mit dem Hinweis, daß die Inhalation von negativen Ionen ganz hervorragende Erfolge auch bei Asthma bronchiale erzielte. Es gibt aber auch Publikationen, in denen von ärztlicher Seite erklärt wird, daß die Therapie mit *positiven* Ionen sehr gute Erfolge brachte, während die Patienten die Einatmung von negativen Ionen gar nicht ertragen konnten.

Fast sämtliche luftelektrischen Beobachtungen und Versuche und besonders solche über Ionisation wurden bis ungefähr zum Jahre 1948 ohne Elektronenröhren ausgeführt. Die Forscher, welche etwa mit Elektrometern von *Wulf* oder mit Registriergeräten von *Benndorf* arbeiteten, konnten nur Integralwerte, Mittelwerte beobachten. Rasche Änderungen und plötzliche Schwankungen von wenigen Sekunden oder Bruchteilen davon konnten nicht bestimmt werden.

2. Bestimmungen der Ionenzahl in der Luft mit elektronischen Geräten

Band 7 (1955/56, 173–185) der Zeitschrift «Annalen der Meteorologie, Veröffentlichung des Deutschen Wetterdienstes und Seewetteramtes in Hamburg» enthält einen Aufsatz von *F. Dessauer*, *W. Graffunder* † und mir über «Beobachtungen von Ionenschwankungen im Freien und in geschlossenen Räumen». Wir benützten photographische Registratoren und Tintenschreiber, die uns gestatteten, die Zahl der Luftionen in 1 cm^3 pro Sekunde zu registrieren. Wir beobachteten Ionen von der Grenzbeweglichkeit 0,09 und 0,07 cm^2/Volt. sec. Unser Hauptziel war, nicht nur Integralwerte, sondern die zeitlichen Schwankungen der Ladungsträger aufzunehmen.

Bereits im Juni 1948 konnten wir bei Ionenmessungen mit dem Zähler von *Ebert*, dessen innerer Zylinder mit dem freien Gitter (floating point) einer Elektronenröhre verbunden war, feststellen, daß die Zahl der Ionen/cm^3/s nicht nur bedeutend größer war, sondern vor allem auch stärkere Schwankungen zeigte, wenn die Luftaspiration im geschlossenen Laboratoriumszimmer stattfand, als wenn Außenluft angesaugt wurde. Dieser Effekt war sowohl bei Bestimmungen der negativen wie positiven Ionenträger vorhanden. Im August 1948 hatte ich die Möglichkeit, photographische Registrierungen der Ionenzahl sowohl der Außenluft wie auch der Luft im geschlossenen Raum aufzunehmen. Systematische

Registrierungen der Ionisation im Freien und gleichzeitig im geschlossenen Raum, die durchgehend Tag und Nacht in Betrieb waren und nur jeden Morgen um 9 Uhr für eine ganz kurze Zeit unterbrochen wurden, um den während 24 Stunden gelaufenen Papierstreifen abzuschneiden, waren aus verschiedenen Gründen erst im Februar 1954 möglich. Gebraucht wurde der Siemens-Tintenschreiber, Meßbereich 0–2,5 mA, Typ SD12 Kt.

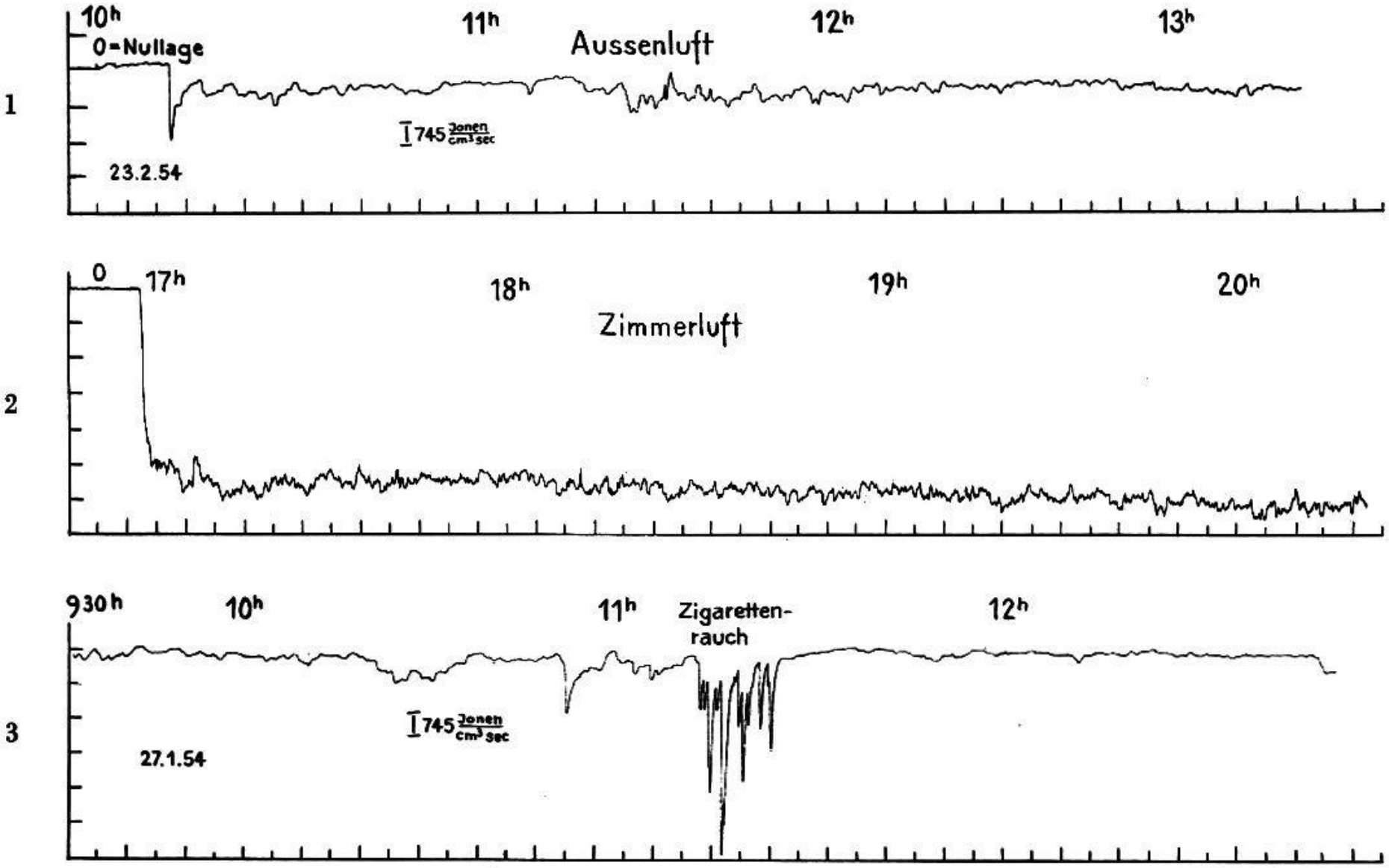
Es wurden registriert:

1. die Ionisation in der Außenluft,
2. die Ionisation im Innenraum,
3. die Ionisation im Innenraum bei *einem* offenen Fenster.

Die Beobachtungen wurden in drei verschiedenen Sälen ausgeführt. Die Beschreibung der Versuchsanordnung befindet sich auf den Seiten 176–179 der oben zitierten Veröffentlichung. Die gebrauchte Apparatur registriert die *Summe* der positiven und negativen Ladungsträger und arbeitet nach der Auflademethode.

Ich gestatte mir, im folgenden die für diesen Aufsatz wichtigsten Beobachtungsergebnisse mitzuteilen. Wenn wir die Ionenzahl betrachten, so muß hervorgehoben werden, daß wir im Innenraum nie so kleine Ionendichten wie im Freien beobachtet haben. Die Ionenmaxima im geschlossenen Raum entsprechen etwa denjenigen, die wir im Freien bei starkem Gewitterregen gefunden haben. Was den zeitlichen Verlauf der Ionisation im geschlossenen Raum betrifft, sind die Kurven, wie die Diagramme zeigen, merklich zackiger, frequenter und die Amplituden mehrfach höher, und zwar auch in der Nachtzeit, obschon besonders in den Wintermonaten die Ionisation in der freien Luft in der Nacht im allgemeinen minimale Schwankungen zeigt. Die Quasiperioden der Schwankungen der Ionenträger im geschlossenen Raum variieren zwischen 1 Minute, 30, 15 und 10 Sekunden und sogar bis zu ½ Sekunde. Nach diesen Beobachtungen hat sich das Ionenklima im geschlossenen Raum als viel unruhiger als in freier Luft erwiesen. Außerdem ist aus den mit dem Tintenschreiber erhaltenen Diagrammen zu schließen, daß in den Morgenstunden eine Zunahme der Ionenzahl auch im Zimmer erfolgt.

Als Beispiel dient das folgende Ionendiagramm, das mit dem Tintenschreiber aufgenommen wurde und die totale Ionisation anzeigt. Ich möchte insbesondere erwähnen, daß die Ladungsträger mit der Grenzbeweglichkeit 0,07 und 0,09 cm^2/Vs zum großen Teil aus Aerosolen bestehen, und möchte mir gestatten, ausdrücklich hervorzuheben, daß bereits im Jahre 1932 die Herren *J. Brooij* und *A. Storm van Leeuwen jun.* nach der Bestimmung des Ionenspektrums in Leiden und Innsbruck


1
10h
0=Nullage
11h
Aussenluft
12h
13h
745 Jonen/cm³sec
23.2.54
2
0
17h
18h
19h
20h
Zimmerluft
3
930h
10h
11h
Zigaretten-
rauch
12h
745 Jonen/cm³sec
27.1.54

erklärt haben, daß dieses Ionenspektrum vom Aerosol abhängt (Gerlachs Beiträge zur Geophysik, Bd. 37 [1932], 167–174 und 361–366).

3. Die Ermüdungserscheinungen in geschlossenen Räumen und ihre mögliche Beziehung zur Ionisation

Schon *Carl Dorno* in Davos hatte sich jahrelang um die Klärung der Tatsache bemüht, daß in geschlossenen Räumen, besonders bei stagnierender Luft, starke Ermüdungserscheinungen, manchmal in schweren Formen, auftreten, die bei gewissen Berufen zu typischen Symptomen führen. *Dorno* sprach in diesem Zusammenhang von der «toten» Luft und betonte, daß eine Erholung bei Aufenthalt im Freien stattfindet. Den Ursachen nachgehend, hat er verschiedene Versuche zur Deutung gemacht. Er änderte die Luftfeuchtigkeit, die Temperatur, die Ionisierung, versuchte Erdung der Personen, die Einwirkung verschiedener Kleidung und beobachtete, ob Zusammenhänge mit meteorologischen Faktoren irgendwelcher Art festzustellen seien. Er wies auch darauf hin, daß die großen Erfolge der Liegekuren in freier Luft in den Sanatorien auch dann deutlich eintreten, wenn etwa die Faktoren der Einstrahlung weniger günstig sind. Er wies in einer Unterredung mit *F. Dessauer* besonders darauf hin, daß selbst in düsteren Industriestädten Bewegungen im Freien und sogar Aufenthalt im Freien erholsam seien. *Dorno* konnte für diese vielfach bestätigten Erscheinungen keine Ursache finden. Heute kann man an der physiologischen Wirkung der Ionenstrahlen auf den menschlichen Organismus nicht mehr zweifeln. Man weiß, daß sie günstig oder schädlich sein kann. Im allgemeinen hat man bis jetzt kaum Beobachtungen über das Verhalten der Ionen im menschlichen Körper und insbesondere in geschlossenen Räumen gemacht. Man weiß wenig über die akkumulative Wirkung der Ionenströme und die Grenzzahl, deren Überschreitung nachteilig sein könnte, sowie die kleinste unbedingt nötige Menge für Heilzwecke. Nach meiner Meinung gibt es keine gutartigen oder bösartigen Ionen an sich. Das Entscheidende ist die Ionendichte pro Sekunde und vor allem ihre Schwankungen, die Art der Aerosole und die Reaktionslage des Organismus. Ohne Einatmung atmosphärischer Ionen ist das Leben unmöglich, aber auch wenn der Körper kontinuierlich übermäßig schwankender Ionisierung ausgesetzt ist, wird er sicherlich Schaden leiden. Der Körper reagiert mehr auf Zustandsänderungen als auf die Zustände selbst, an welche er sich bei genügend langer Dauer anpassen kann. Unsere Untersuchungen im Physikalischen Institut der Universität Freiburg könnten einen Erklärungsversuch für die Ermüdungserscheinungen im geschlossenen Zimmer, in geschlossenem Raum darstellen.

4. *Die krebsartigen Erkrankungen und ihre mögliche Beziehung zur Ionisation*

Es ist bekannt, daß die Häufigkeit und die Sterblichkeit für die krebsartigen Krankheiten abhängig zu sein scheinen:

1. von der Gestaltung des Bodens, denn sie ist größer in geschlossenen Tälern als in freien Gegenden;
2. sie ist größer in den Städten als in ländlichen Gegenden;
3. sie ist größer im gemäßigten Klima als im tropischen;
4. mehr als 50% der Krebskranken sterben im Alter zwischen 45 und 65 Jahren.

Im vorhergehenden Abschnitt habe ich mich auf die Ionisation und Ermüdung in geschlossenen Räumen bezogen. Es sei mir jetzt gestattet, folgende Überlegung und folgende ungefähre Überschlagsrechnung zu machen, indem ich mich auf unsere Beobachtungen im hiesigen physikalischen Institut stütze. Betrachten wir ein menschliches Wesen, das sich jeden Tag nur etwa 16 Stunden in der Wohnung aufhält. Wir nehmen an, daß in seinem Zimmer nur 3000 Ionen pro cm^3 der umgebenden Luft pro Sekunde sich bilden. Wie ich schon vorher mitgeteilt habe, haben wir Ionenträger von der Grenzbeweglichkeit 0,07 und 0,09 cm^2/Vs beobachtet. Es handelt sich daher um mittelschwere Ladungsträger, von denen bis etwa 40% in den Lungen absorbiert werden, während der Rest zusammen mit den anderen in den Atmungswegen haften bleibt (s. den Artikel von *A. Janitzky* in dem vorher erwähnten Buche von *Dessauer*, S. 94). Unter diesen Trägern wird auch eine große Anzahl von Aerosolen vorhanden sein. Berücksichtigt man, daß der Mensch in der Zeit von 24 Stunden 20 cm^3 Luft einatmet, so folgt, daß er in 16 Stunden $4{,}10^{10}$, in einem Monat $1{,}2 \cdot 10^{12}$, in einem Jahr $1{,}44 \cdot 10^{14}$, in zwanzig Jahren $2{,}88 \cdot 10^{14}$, in fünfundvierzig Jahren $6{,}48 \cdot 10^{14}$ und in fünfundsechzig Jahren $9{,}36 \cdot 10^{14}$ Ionen, die mit sehr raschen Schwankungen verbunden sind, eingeatmet und verarbeitet haben wird. Es ist aber sicher, daß er in Wirklichkeit in geschlossenen Räumen noch *bedeutend größere Mengen* mit noch viel rascheren Schwankungen eingeatmet haben wird, denn wie ich beobachtet habe und wie in der oben erwähnten Veröffentlichung von *Dessauer*, *Graffunder* und mir mitgeteilt ist, sind wahre Schauer von Ionenträgern vorhanden, die auf das Gewebe schlagen werden.

Außerdem muß man noch die Art des Innenraumes und die Umgebung, in der er sich befindet, beachten.

Ich möchte hervorheben, daß die Strahlung der Wände, je nach ihrem Material, sehr beträchtlich sein kann. Enthalten die Wände z. B. Granit,

dann könnten ihre γ-Strahlen bis 6 I (I = Menge der Ionenpaare in cm^3/s) erzeugen. Dieser Wert ist so hoch, daß *Hess* zuerst glaubte, daß der von ihm untersuchte Granit eine neue, sehr durchdringende und unbekannte Strahlung aussende (s. «Die Radioaktivitätsmessungen an Granit» von *V. F. Hess*, Transactions of American Geophysical Union, Bd. 27 [1946], 671–676). Seit 1945 muß auch berücksichtigt werden, daß nach Atomexplosionen, vorzugsweise während und nach dem Erscheinen von radioaktiven Wolken, die radioaktiven Substanzen sich auch im Innern der Zimmer, an den Wänden, verschiedenen Gegenständen, am Boden usw. niederschlagen und dort längere Zeit verbleiben. Dabei muß berücksichtigt werden, daß wir über das Verhalten der einzelnen Ionisationseffekte in ihrer akkumulativen Gesamtwirkung auf den menschlichen Organismus noch wenig wissen.

In geschlossenen Räumen, in Wohnungen, wird der menschliche Körper eine sehr große Menge von Ionen mit sehr schnellen Schwankungen, auch viele mit Schwankungen versehene Aerosole absorbieren. Außerdem kann er auch teilweise direkt sehr durchdringenden Photonen, sehr raschen β-Strahlen und auch α-Teilchen, natürlich auch kosmischen Strahlen ausgesetzt sein. Diese ganzen Teilionisationen in Zusammenwirkung können den normalen im Körper enthaltenen Ionisationsstrom verändern, indem sie die elektrischen Ladungen umpolarisieren oder zu große Überschüsse von positiven oder negativen Trägern hervorrufen. Sie können die normale Zirkulation und den Transport der Ionen ändern und umbilden, sogar ihn hemmen. Und wenn wir zu hohe Mengen Ladungsträger mit ihren raschen Schwankungen, die ganz unregulär und unharmonisch sein können, einatmen, werden die Zellen schwere Störungen erleiden. Das alles setzt sich aus Teilaktionen von verschiedener Intensität in fast kontinuierlicher Wirkung zusammen, deren akkumulatives Ergebnis vorläufig unbekannt ist. Es ist aber wahrscheinlich, daß die normalen Zellen teils ermüden und geschwächt werden, teils entarten und in ungeordneter Weise weiterwachsen und in den Geweben sogar die Übermacht gewinnen können. Die unharmonische Absorption großer Überschüsse von Ladungsträgern könnte einer der möglichen Faktoren sein, um die größere Sterblichkeit an Krebs und karzinomartigen Erkrankungen in den Städten als auf dem Lande zu erklären. In den Dörfern auf dem Lande ist die Bevölkerung weniger inneren Strahlungen ausgesetzt, weil sie mehr in der freien Luft lebt und ihre Arbeit sich außerhalb des Hauses abwickelt. Außerdem sind die Gebäude aus weniger strahlendem Material gebaut und auch weniger von Nachbarhäusern umgeben. Dieselbe Deutung wäre auch für die geschlossenen Täler im Vergleich mit freien Gegenden denkbar. Auf diese Weise können

wir auch die größere Sterblichkeit in den Gegenden mit gemäßigtem Klima als in den Tropen verstehen. Der Mensch hält sich mehr im Freien auf, und seine Wohnungen entbehren der sehr starken und schwankenden Ionenstrahlen, denn er schläft meist bei offenem Fenster. Seine Wohnräume haben eine andere Anordnung. Ein großer Teil ist hauptsächlich aus Holz gebaut, dessen Strahlung geringfügig ist. Bekanntlich sind auch die kosmischen Strahlen in den Breiten des tropischen Klimas weniger intensiv.

In bezug auf das radioaktive Material möchte ich mir gestatten, einen lehrreichen Fall zu erwähnen.

Ganz in der Nähe von *Maiasch/Gars* in Niederösterreich befinden sich die «Krebshöfe», die im Volksmund wegen der häufig auftretenden Krebserkrankungen ihrer Einwohner so getauft wurden. In der Umgebung dehnen sich Granitlager aus. Es ist ja schon seit langer Zeit bekannt, daß Granit Uran und auch Thorium enthält, und nach Mitteilungen aus Deutschland lehrt die Erfahrung, daß sich unterhalb von Granitblöcken in der Tiefe im allgemeinen auch Uranminerale befinden. Diese Höfe wurden schon vor vielen Jahren von ihren Bewohnern verlassen (was mir von Dr. Spycher in der Klinik Garcia, in der ich wohne, mitgeteilt wurde).

5. Die Todesfälle an krebsartigen Erkrankungen nach dem Alter

Aus den statistischen Veröffentlichungen verschiedener Staaten geht hervor, daß etwas mehr als 50% der Krebskranken im Alter zwischen 45 und 65 Jahren sterben. Als eine mögliche Erklärung könnte man annehmen, daß gerade in dieser Lebensperiode die Menschen zu führenden Stellen in den verschiedenen Berufen gelangen und aus diesem Grunde sich mehr in inneren Räumen aufhalten, sei es in Amtsräumen, in Bureaus oder in Fabriken, und sich viel weniger in der freien Luft bewegen, was der Zellentartung Vorschub leistet und das destruktive Wachstum fördern könnte. Die schon geschwächten Zellverbände würden durch die Akkumulationswirkungen an die Grenze ihres Widerstandes gelangen und den entarteten Zellen erliegen.

Es ist von Interesse, daß bei den Krebskranken über 65 Jahren der Sterbekoeffizient wieder abzunehmen scheint, was vielleicht damit zusammenhängt, daß im Pensionsalter die Pflichtarbeit größtenteils aufgehört hat.

Nach der Niederschrift dieser Arbeit (Januar 1960) gelangte in der ersten Woche des Monats April dieses Jahres ein sehr wichtiger Bericht, betitelt «Epidemiology of Cancer of the Lung» zu meiner Kenntnis. Er

wurde von einer Studiengruppe von neun Spezialforschern aus sieben Ländern (USA, USSR, England, Frankreich, Finnland, Japan und Norwegen) der Weltgesundheitsorganisation in Genf vorgelegt, in deren Auftrag die Untersuchung vorgenommen wurde. Diese Veröffentlichung könnte als eine Stütze für meine obigen Ausführungen betrachtet werden. Nach dem Bericht ist der Hauptgrund für die Entstehung des Lungenkrebses der Zigarettenrauch. Alle anderen möglichen Faktoren haben nur sekundäre Bedeutung. Ferner wird mitgeteilt, daß Lungenkrebs in ländlichen Gegenden weniger häufig ist als in den Städten.

Vom physikalischen Standpunkt möchte ich mir folgende kurze Bemerkungen gestatten:

Bei meinen Versuchen und Beobachtungen im Physik-Institut der hiesigen Universität habe ich einmal durch Zufall im Jahre 1954 ein Diagramm registriert, aus dem die Störung zu ersehen ist, die bei der Untersuchung der Gesamtionisation der Außenluft entsteht, wenn zigarettenrauchende Arbeiter vor dem Einsaugrohr der Außenluft vorbeigingen. Wie aus dem Diagramm (Abb. 3) zu ersehen ist, entsteht eine starke Zunahme der mittelschweren Ionen mit großen Schwankungen, eine Art Ionenschauer. Von diesen mittelschweren Ionen gelangen, wie oben erwähnt, etwa bis 40% in die Lungen. Anderseits liegen Versuche von holländischen Forschern vor[1], die – allerdings ohne Registrierinstrumente – dazu unternommen worden sind, um festzustellen, ob durch das Rauchen die Föhnkrankheit beeinflußt wird. Dazu haben sie die Anzahl der positiven und negativen Kleinionen und die elektrische Leitfähigkeit der Luft gemessen, und zwar einmal bei offenem Fenster und gleich darnach bei geschlossenem Fenster zwei Personen je eine halbe Zigarre rauchen lassen. Nach zehn Minuten bestimmten sie wieder die Kleinionenzahl und die elektrische Leitfähigkeit. Es zeigte sich, daß die Kleinionenmenge ungefähr um das Zehnfache abgenommen hatte und die Leitfähigkeit gleich Null war.

Kombiniert man die holländischen Messungen mit den von mir gemachten Beobachtungen, so kann man sagen: In der Raucheratmosphäre im geschlossenen Innenraum sind sehr wenige Kleinionen vorhanden, und die elektrische Leitfähigkeit wird Null. Hingegen nehmen die mittelschweren stark zu und zeigen sehr große Schwankungen. Der Organismus atmet daher Luft ein, die *keine elektrische Leitfähigkeit* besitzt und große Mengen schwankender mittelschwerer Ladungsträger, von denen etwa 40% in die Lungen gelangen und das Gewebe schädigen.

Ferner muß man aus dem Bericht der Studiengruppe an die Welt-

[1] W. Storm van Leeuwen, J. Brooij und J. van Niekerk (Gerlachs Beiträge zur Geophysik, Bd. 38, [1933], 407–425).

gesundheitsorganisation schließen, daß mit der Zeit eine Akkumulation der Teilwirkungen stattfindet.

Es ist wohl von Interesse noch hervorzuheben, daß sich radioaktive Wolken, radioaktive Stoffe, mit Vorliebe an granithaltigen Stellen ablagern. Diese Tatsache in Zusammenhang mit der Verwendung des verschiedenen Baumaterials könnte vielleicht auch zur Erklärung des zahlenmäßigen Unterschiedes zwischen dem Auftreten der krebsartigen Erkrankungen in den Tropen und dem gemäßigten Klima, in Stadt und Land dienen.

Zum Schluß möchte ich noch einmal betonen, daß es sich in diesem Aufsatz nur um einen Erklärungsversuch handelt, welcher einen vielleicht möglichen physikalischen Faktor zu den vielen anderen in der Medizin bereits bekannten Faktoren herausstellt.

Ich danke auch an dieser Stelle ganz ergebenst dem Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, dessen Hilfe die langen Versuche ermöglichte. Auch der Fritz Hoffmann-La Roche Stiftung zur Förderung wissenschaftlicher Arbeitsgemeinschaften in der Schweiz möchte ich für die Unterstützung der Versuche ergebensten Dank aussprechen.

Zusammenfassung

Es werden die wichtigsten Beobachtungsergebnisse von mit photographischen Registratoren wie mit Tintenschreibern im Physik-Institut der Universität Fribourg ausgeführten Messungen der Ionendichte pro Sekunde in der Luft mitgeteilt, die von biologischem Interesse sind. Die Ionisierung wurde im Freien und in geschlossenen Räumen mit elektronischen Geräten bestimmt, wobei das Hauptziel darin bestand, nicht nur Integralwerte, sondern vor allem die zeitlichen Schwankungen von mittelschweren Ladungsträgern aufzunehmen. Es zeigte sich, daß das Ionenklima sowohl in bezug auf die Größe der Ionendichte pro Sekunde und besonders auf die zeitlichen Schwankungen im geschlossenen Raum viel unruhiger war als im Freien. Diese physikalische Tatsache könnte ein möglicher Faktor bei einem Erklärungsversuch der Ermüdungserscheinungen im geschlossenen Zimmer, in geschlossenen Räumen sein.

Es wird eine mögliche Beziehung zwischen krebsartigen Erkrankungen und der Ionisation erörtert, wobei auch versucht wird, einige Tatsachen, die sich auf die Häufigkeit und Sterblichkeit der Krebskranken beziehen, zu erklären. Der sehr wichtige Bericht Nr. 192 «Epidemiology of Cancer of the Lung», der 1960 durch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) in Genf veröffentlicht wurde, könnte als Stütze für den Inhalt der vorliegenden Arbeit betrachtet werden.

Résumé

L'auteur résume les résultats principaux des observations qui ont été faites à l'Institut de Physique de l'Université de Fribourg sur les mesures de la densité des ions par seconde dans l'atmosphère, mesures qui ont été faites par enregistrement photographique ou par des scripteurs à encre, et qui ont une certaine importance en biologie. La ionisation a été enregistrée soit à l'air libre, soit dans des locaux fermés avec des appareils électroniques, et l'on s'est efforcé d'enregistrer non seulement des valeurs intégrantes, mais encore les variations momentanées de porteurs de charge de poids moyen. On a pu mettre en évidence que, dans les locaux fermés, la ionisation était beaucoup plus irrégulière qu'à l'air libre, aussi bien en ce qui concerne la densité des ions par sec. que leurs variations momentanées. Cette constatation physique pourrait être un facteur susceptible d'expliquer les symptômes de fatigue dans des locaux fermés. Puis l'auteur tente de faire un rapprochement entre la fréquence d'apparition des maladies cancéreuses et l'ionisation de l'air, et d'expliquer certains faits quant à la morbidité et la fréquence du cancer. Le rapport très important N° 192 «Epidémiologie du cancer du poumon», publié en 1960 par l'Organisation Mondiale de la Santé à Genève, pourrait apporter une confirmation à ce travail.

Riassunto

Vengono riferiti i più importanti risultati di determinazioni della densità ionica dell'aria al secondo, determinazioni che rivestono un interesse biologico, ed eseguite all'Istituto di Fisica dell'Università di Friborgo mediante registratori fotografici ed a scrittura diretta. Scopo principale delle misure della ionizzazione, che vennero eseguite all'aria aperta ed in locali chiusi, era non soltanto quello di ottenere valori integrali, ma soprattutto quello di registrare le variazioni nel tempo di particelle elettrizzate di peso medio. Risultò che l'ambiente ionico in locale chiuso era molto più incostante, quanto a grandezza della densità ionica/sec. e specialmente in rapporto alle variazioni nel tempo, di quello all'aria aperta. Questo dato fisico potrebbe costituire una possibile base di spiegazione dei fenomeni di stanchezza in camera chiusa e locali chiusi. Si accenna ad un possibile rapporto tra malattie neoplastiche e ionizzazione cercando nello stesso tempo di rendere ragione di alcuni fatti in rapporto alla frequenza e mortalità dei cancerosi. Il molto importante rapporto No. 192 «Epidemiology of Cancer of the Lung» pubblicato nel 1960 a Ginevra dalla Organizzazione mondiale della Salute (World Health Organisation) potrebbe essere addotto a sostegno del contenuto di questo articolo.

Summary

The most important results, which are of biological interest, of measurements of ion density per second in the atmosphere, as made with photographic registration and with ink-writer, in the Physics Institute of the University of Fribourg, are reported. The ionisation was determined, in the open air and in a closed space with electronic apparatus, whereby the aim was mainly to record not only the integral values but especially the time-variations of medium weight charge carriers. It appears that the ion climate, both as regards the size of ion density per second and especially the time-variations, is much more unsteady in the closed space than in the open air. These physical facts may be a possible factor in an attempt to explain fatiguability in a closed space or a closed room.

The possibility of a connection between cancer-like illnesses and ionisation is mentioned, whereby it is also attempted to explain some facts about the frequency and mortality of cancer patients. The very important report No. 192 "Epidemiology of Cancer of the Lung", which was published in Geneva in 1960 by the World Health Organisation, may be regarded as supporting the contents of this article.