

## Werk

**Jahr:** 1934

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:10

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN101433392X\_0010

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0010](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0010)

**LOG Id:** LOG\_0080

**LOG Titel:** Emanation in Boden- und Freiluft

**LOG Typ:** article

## Übergeordnetes Werk

**Werk Id:** PPN101433392X

**PURL:** <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

**OPAC:** <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

## Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

## Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen  
Germany  
Email: [gdz@sub.uni-goettingen.de](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

## Emanation in Boden- und Freiluft

Von **H. Israël**, Bad Nauheim — (Mit 4 Abbildungen)

Der erste Teil der Arbeit bringt eine kurze Zusammenstellung der wichtigsten bisher bekannten Tatsachen über den Emanationsgehalt des Bodens und der Atmosphäre mit besonderer Berücksichtigung ihrer Bedeutung und Verwendbarkeit für die Bioklimatologie. — Im zweiten Teil werden eine Reihe von Versuchen über die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Emanation im atmosphärischen Kolloid (Adsorbierbarkeit) und deren Konsequenzen für die Meßtechnik besprochen.

Das wachsende Interesse, das in den letzten Jahren die Emanation als Klimafaktor für die Biologie bzw. Bioklimatologie gewonnen hat, legt es nahe, den Stand der heutigen Kenntnisse vom Emanationshaushalt in Boden und Atmosphäre kurz zu betrachten, um daraus die Aufgaben für weitere Untersuchungen abzuleiten. Wenn auch das reine Tatsachenmaterial in letzter Zeit keine so wesentliche Ausweitung erfahren hat, daß darüber allein ein neuer Bericht gerechtfertigt erschiene, so macht doch die Betrachtung des Problems unter dem neuen klimatologischen Gesichtspunkt eine kurze zusammenfassende Darstellung notwendig, um daraus auf die Bedeutung, die die Em als Klimaelement besitzt oder gewinnen kann, zu schließen.

Dazu kommt nun, daß sich nach meinen letzten Messungen einige prinzipielle Bedenken gegen die übliche Emanationsmeßtechnik ergeben haben, die es wahrscheinlich machen, daß alle bisherigen Meßwerte nach dieser Methode zu klein sind, und die eine gewisse Revision sowohl der Meßtechnik als auch der Anschauungen über die physikalisch-chemische Natur der atmosphärischen Emanation notwendig machen. Über diesen Punkt wird im zweiten Teil kurz berichtet werden\*).

Zusammenfassend läßt sich über die Bodenemanation\*\*) etwa folgendes aussagen:

In geringer Bodentiefe schwankt der Emanationsgehalt außerordentlich stark: H. Bender<sup>1)</sup> findet kürzlich in Innsbruck in 25 cm Bodentiefe Schwankungen im Verhältnis 1 : 320, d. h. eine wesentlich größere Variation, als sie bisher für den Emanationsgehalt der unteren Freiluftschichten an ein und demselben Ort jemals beobachtet wurde. Mit größerer Tiefe nehmen bei gleichzeitigem Ansteigen der mittleren Werte die Schwankungen rasch ab: In 1 m Tiefe findet H. Bender noch Veränderlichkeit wie 1 : 10, A. Gockel<sup>2)</sup> in Freiburg (Schweiz) 1 : 4 und J. Satterly<sup>3)</sup> in Cambridge 1 : 8. In 2 m Tiefe wird ein im wesentlichen konstanter Maximalwert erreicht, der auch in größeren Tiefen bei homogenem Boden nicht mehr ansteigt. Dieser Maximalwert, der natürlich je nach der Boden-

\*) Ausführlicher Bericht: H. Israël: Gerl. Beitr. **42**, 385 (1934).

\*\*) Unter „Emanation“ ist im folgenden ausschließlich die Radiumemanation verstanden.

art schwankt, liegt bei homogenem Untergrund in der Größenordnung der nach dem Radiumgehalt des Bodens zu erwartenden Gleichgewichtsmenge. Die großen Schwankungen in geringeren Tiefen sind hervorgerufen durch meteorologisch bedingte Verschiedenheiten der Bodenatmung. Die Einflüsse von Luftdruckschwankungen, Wind, Bodenfeuchte, Schneebedeckung usw. auf die Bodenatmung sind ja bekannt. Daß in den obersten Bodenschichten stärkere Gehaltsschwankungen der Emanation gefunden werden, als in Freiluft, ist hierdurch ebenfalls verständlich, da bei der stärkeren Durchmischung der Freiluft sich Exhalationsschwankungen nicht im gleichen Maße im Freiluftgehalt widerspiegeln können.

Bei inhomogenem Untergrund, d. h. bei geologischen Unstetigkeiten, liegen nun, auch wenn diese nicht bis zur Erdoberfläche zutage treten, die Verhältnisse bekanntlich gänzlich anders: Der Emanationsgehalt der Bodenluft ist hier durchweg wesentlich höher, als dem Radiumgehalt der obersten Sedimentschicht nach zu erwarten wäre, geht aber schon in geringer Entfernung von der Unstetigkeit wieder auf normale Werte zurück, so daß also die Bodenemanation gewissermaßen eine radioaktive Projektion des geologischen Untergrundes an die Erdoberfläche darstellt und ihre Messung als wichtiges Hilfsmittel den geoelektrischen Aufschlußmethoden zur Seite steht<sup>4)</sup>.

Bezüglich der mittleren Em-Werte in verschiedenen Gegenden und Bodenarten sei auf die entsprechende Literatur verwiesen<sup>5)</sup>.

Über die periodischen Schwankungen der Bodenemanation im Laufe des Tages und Jahres liegen nur vereinzelte Messungen vor. Nach den Untersuchungen von H. Bender<sup>1)</sup> in Innsbruck kann man in großen Zügen mit einem Maximum im Winter und einem Minimum im Sommer rechnen, was im wesentlichen durch die stärkere Behinderung der Bodenatmung im Winter zu erklären ist. Die Messungen von K. Kähler<sup>5a)</sup> scheinen dem zu widersprechen (Minimum im Winter, Maximum im Sommer), doch ist zu bedenken, daß diese nach der Leitfähigkeitsmethode in einer künstlichen Aushöhlung des Bodens gewonnen sind, also eher die Exhalation als die wahre Bodenemanation ergeben. Ähnliche Bedenken bestehen gegen die nach dem gleichen Verfahren bisher gewonnenen Tagesperioden [K. Kähler<sup>5a)</sup>, H. Ebert und E. Kurz<sup>5b)</sup>, L. Endrös<sup>5c)</sup>]. Direkte Messungen des Tagesganges im Boden liegen noch nicht vor, doch kann man mit Vorbehalt die in Kellerluft gefundenen Perioden wenigstens qualitativ heranziehen. Hier ergibt sich ein sehr eigenartiges Bild:

In Fig. 1 sind zwei solche Messungen dargestellt, wie sie von W. Kosmath<sup>6)</sup> in Graz (oben) und von F. Becker<sup>7)</sup> in Frankfurt a. M. (unten) gefunden wurden. Während W. Kosmath bei doppelter Periode überhaupt nur eine sehr schwache Veränderlichkeit findet, ist in den Beckerschen Kurven, die in verschiedenen Jahreszeiten gewonnen sind, eine ausgesprochene dritteltägige Periode vorhanden, zu der ein Kommentar vorläufig noch vollkommen unmöglich erscheint, um so mehr, als in der gleichzeitig bestimmten Ionenzahl je nach der Jahreszeit nur die einfache bzw. doppelte Periode auftrat.

Nun zur bioklimatischen Bedeutung der Bodenemanation. Daß man diese mit zu den echten Klimafaktoren rechnet, obwohl es sich um eine variable Eigenschaft des Bodens und nicht der Atmosphäre handelt, ist dadurch gerechtfertigt, daß sie in der Pflanzenphysiologie und -klimatologie eine sehr wesentliche Rolle spielt.

Nach den umfangreichen Untersuchungen von J. Stocklasa<sup>8)</sup> steht es heute außer Zweifel, daß die Emanation einen außerordentlich fördernden Einfluß

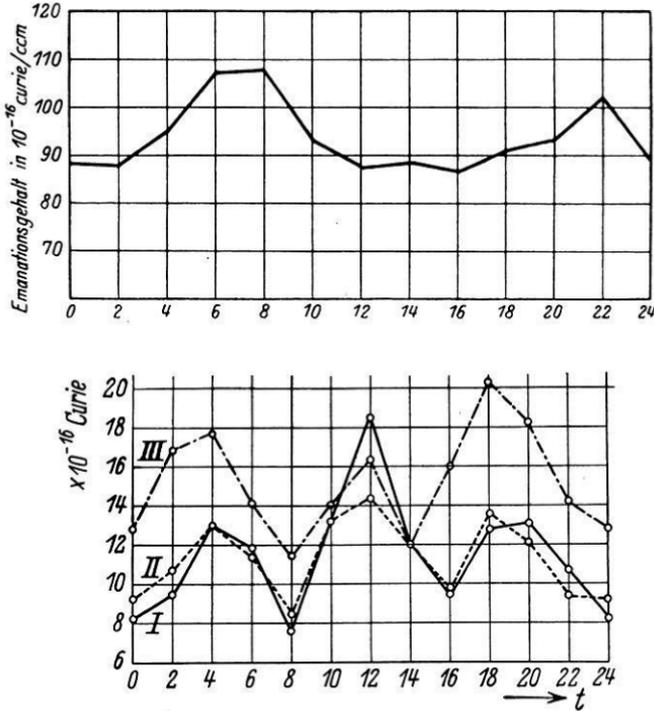


Fig. 1. Tagesgang der Emanation in einem abgeschlossenen Kellerraum in Graz (oben) und Frankfurt a. M. (unten)

auf die physiologische Entwicklung der Pflanzen hat. Sowohl nach Laboratoriumsversuchen als auch nach Beobachtungen an Pflanzen auf Böden verschiedener Aktivität sind die Exemplare, denen Emanation bzw. allgemeiner gesagt strahlende Substanz zur Verfügung steht, bezüglich ihrer ganzen Entwicklung — Keimung, Wachstum, Blüten- und Fruchtentwicklung, Widerstandsfähigkeit gegen Frost usw. — deutlich vor den anderen bevorzugt. In großen Zügen ist diese Wirkung so zu verstehen, daß in emanationsreichen Böden sowohl indirekt durch eine nachweisbare Vermehrung der Stickstoff assimilierenden Bakterien auf das Doppelte bis Dreifache begünstigte Ernährungsbedingungen geschaffen werden,

als auch direkt durch die in den Organismus aufgenommene Emanation eine erhöhte Tätigkeit des Zellprotoplasmas und jedenfalls eine vermehrte Zellkern-  
teilung angeregt wird.

In Fig. 2, die der Monographie von J. Stocklasa entnommen ist, und zwei Beispiele gleichalter und unter sonst gleichen Entwicklungsbedingungen stehender Pflanzen auf Em-armem und Em-reichem Boden darstellt, ist der außerordentliche Einfluß der Em klar erkennbar.

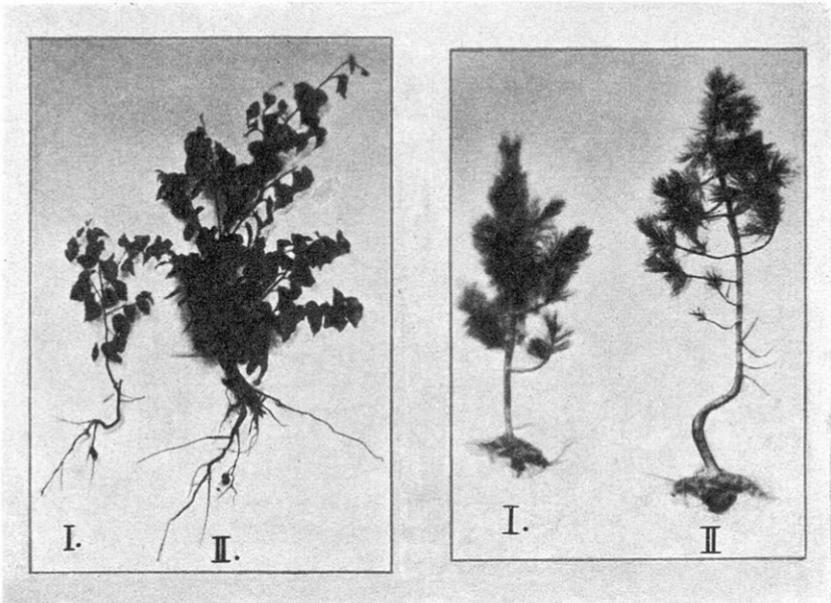


Fig. 2. *Fagus silvatica* (links) und *Pinus silvestris* (rechts)  
aus emanationsarmem (I.) und emanationsreichem (II.) Boden

In klimatischer Beziehung wirkt sich dieser Em-Einfluß so aus, daß unter Berücksichtigung der sonstigen Klimafaktoren sowohl ganze Bezirke besonders günstige Vegetationsbedingungen infolge hoher Bodenaktivität besitzen können — so z. B. die Umgebung vom Vesuv, vom Äthna usw. —, daß aber auch mikroklimatische Bodenstellen erhöhten Emanationsgehaltes, beispielsweise über Verwerfungen, sich deutlich abheben, wie es u. a. im Kurpark von Bad Nauheim längs einer sowohl durch Em-Bestimmung im Boden\*), als auch durch  $\gamma$ -Strahlungsmessungen<sup>9)</sup> deutlich erkennbaren Verwerfung festzustellen ist. Zu erwähnen ist endlich die auffallend starke Algenentwicklung in allen fließenden und stehenden radioaktiven Gewässern.

\*) H. Israél: noch nicht veröffentlicht.

In diesem Zusammenhang mag an einige andere bisher noch ungeklärte biologische Vorgänge erinnert werden, die vielleicht unter dem Gesichtspunkt der Bodenemanation bzw. Bodenexhalation eine neue Beleuchtung erfahren können: Die Bergkrankheit und das Wüschelruteproblem. Sowohl bei der Bergkrankheit, die an einigen direkt dafür berühmten Stellen des Hochgebirges immer wieder auftritt und nach W. Caspari<sup>10)</sup> mit einer besonders starken Ionisation parallel zu gehen scheint, als auch beim Wüschelruteneffekt, an dessen Realität bei einzelnen Individuen auch bei schärfster Kritik nicht gezweifelt werden kann, sind m. W. bisher radioaktive Strahlungen noch nicht in Betracht gezogen worden. Einen Hinweis auf eine in dieser Richtung zu suchende Erklärung geben die kürzlich von H. Loßnitzer<sup>11)</sup> erwähnten Beobachtungen, daß überempfindliche Personen über stark radioaktivem Untergrund, also beispielsweise über Verwerfungen, starke Reaktionen allergischer Art zeigen. Wenn es sich bei dem Schritt von hier zum Wüschelrutens- bzw. Bergkrankheitsproblem auch um eine zunächst vage Arbeitshypothese handelt, so hat doch der Versuch, von dieser Seite aus an die besonders spröden Probleme des physikalisch-medizinischen Grenzgebietes heranzugehen, zum mindestens etwas Bestechendes, und dürfte der Berücksichtigung wert sein.

Für den Em-Gehalt der unteren Atmosphärenschichten ergibt sich in großen Zügen folgendes Bild: Die Em entstammt ausschließlich den Exhalationen der festen Erdrinde. Der mittlere Freiluftgehalt ist mit 1 bis  $1.5 \cdot 10^{-16}$  Curie\*) 1000- bis 10000mal kleiner als der Gehalt der Bodenluft; über See endlich beträgt er in Landform nur etwa 1% des Gehaltes über den Festländern. In Gebieten mit stark aktivem Untergrund und emanationsreichen Quellen kann der mittlere Freiluftgehalt sehr viel größer sein.

Ebenso wie alle atmosphärischen Eigenschaften zeigt auch die Emanation eine ausgesprochene jährliche und tägliche Variation. Der jahreszeitliche Verlauf ist gekennzeichnet durch geringe Werte im Winter und hohe Werte im Sommer, was im wesentlichen auch mit der jährlichen Exhalation der Emanation aus dem Boden übereinstimmt: In Fig. 3 ist oben der Jahresgang der Emanation in 2, 13 und 50 m Höhe in Graz<sup>12)</sup>, unten der Exhalationsverlauf in Innsbruck<sup>13)</sup> dargestellt. Wie zu erwarten, ist die Jahresamplitude der Exhalation größer als die der Freiluftemanation.

Der Tagesverlauf ist in letzter Zeit von W. Messerschmidt<sup>14)</sup> in Halle und von F. Becker<sup>15)</sup> in Frankfurt a. M. genauer untersucht worden. Der Gang ist einfach periodisch (Fig. 4): Maximum in den frühen Morgenstunden, Minimum im Laufe des Nachmittags. Dieser Verlauf ist offenbar durch den Tagesrhythmus des Massenaustausches bedingt. Dies kommt deutlich zum Ausdruck in dem Unterschied zwischen Hochdruck- und Westwetterlage (Fig. 4) und in dem Messerschmidtschen Messungen, die durchweg einen zum Temperaturgang spiegel-

---

\*) In Wirklichkeit dürfte er, entsprechend dem unten zu besprechenden Bedenken, gegen die Meßmethodik merklich größer sein.

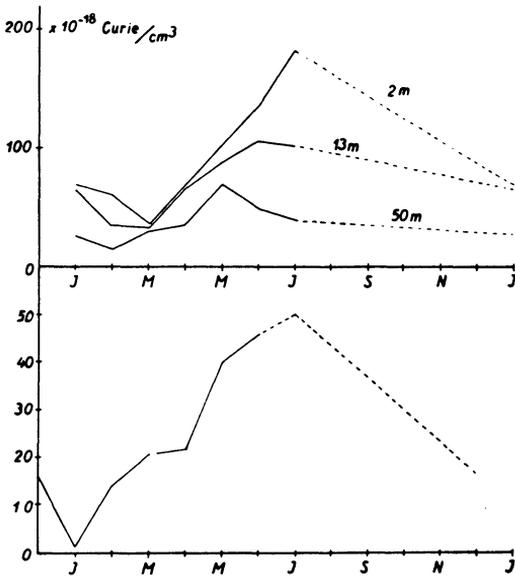


Fig. 3. Jahrgang der atmosphärischen Emanation in verschiedenen Höhen in Graz (oben) und der Em-Exhalation in Innsbruck (unten)

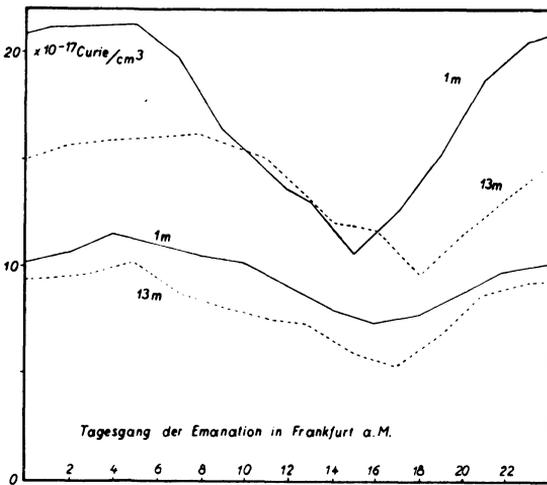


Fig. 4. Tagesgang an der atmosphärischen Emanation in 1 und 13 m Höhe in Frankfurt a. M.; bei Hochdruckwetter (oben) und Westwetterlage (unten) (4./5. IV. 1934 und 14./15. V. 1934)

bildlichen Verlauf zeigen. Die Temperatur kann man dabei in erster Näherung als Charakteristikum für die thermische Konvektion ansehen.

Der Zusammenhang der Emanationsverteilung mit dem Massenaustausch kommt am deutlichsten zur Geltung bei der Höhenverteilung der Emanation, die eine ganz ähnliche ist, wie die der Kernabnahme mit der Höhe<sup>16)</sup>, während sie bei einer rein gaskinetisch durch Diffusion entstandenen Höhenverteilung wesentlich anders aussehen würde<sup>17)</sup>.

Interessant ist hierbei die Parallele zur Kernzahl, die noch klarer zum Ausdruck kommt bei Messungen der Em unter, in und über einer Inversion<sup>15)</sup>, und die, um das hier schon vorwegzunehmen, den Anstoß zu den unten zu besprechenden Versuchen über Em und Aerosol gegeben hat.

Was nun die Bedeutung der atmosphärischen Emanation anbelangt, so ist auch hier, wie schon gesagt, neben der Luftelektrizität in erster Linie die Bioklimatologie interessiert. Ich brauche nur zu erinnern an die durch gewisse Beobachtungen gestützte Hypothese von Storm van Leeuwen bezüglich des Zusammenhanges der Föhnkrankheit

in Innsbruck mit dem dort deutlich erhöhten Emanationsgehalt<sup>18)</sup>, an den balneologisch wichtigen Faktor der Dauerinhalationskur durch den Aufenthalt an einem radioaktiven Badeort, an die Erklärung der sog. Schneeberger Krankheit durch eine Art Emanationsvergiftung u. a. m., um die Bedeutung der Emanation als Klimafaktor außer Frage zu stellen. Andererseits muß allerdings gesagt werden, daß neben diesen Andeutungen zu einer systematischen Bearbeitung des Problems etwa in der Art, wie es J. Stocklasa für die Pflanzenphysiologie durchgeführt hat, das vorhandene Beobachtungsmaterial über die Luftemanation noch nicht im entferntesten genügen kann. Es ergibt sich daraus von selbst die Notwendigkeit, zunächst ein möglichst umfangreiches und zuverlässiges Tatsachenmaterial an möglichst vielen — und nicht nur den klimatisch besonders ausgezeichneten — Orten zu sammeln, ehe man auf Grund dessen auf statistischem Wege zur Auffindung klarer Verbindungslinien zwischen Luftemanation und biologischem Geschehen wird gelangen können. Daß diese bewußte Einbeziehung der Emanationsbeobachtung in das klimatologische Beobachtungsprogramm bisher noch nicht in wünschenswertem Maße möglich war, mag nicht zum wenigsten an der für den Nichtphysiker nur schwer zu handhabenden Meßmethodik liegen. Es ist daher notwendig, durch Vereinheitlichung und Erleichterung der Meßweise dem Klimatologen, Balneologen, Arzt, die Möglichkeit zur laufenden Messung zu geben, um so zu einem zuverlässigen und großen Tatsachenmaterial zu kommen, das in gleicher Weise dem Mediziner, Klimatologen und Geophysiker zugute kommen muß.

**Emanation und Aerosol\*).** Die Höhenabnahme der Emanation und ihr Verhalten an Schichtgrenzen zeigt, wie oben erwähnt, eine deutliche Parallele zur Kernverteilung. Wenn dies auch auf den ersten Blick selbstverständlich erscheinen mag, da ja beide — Emanation und Kerne — als der Erdoberfläche entstammende Produkte durch den gleichen Vorgang des Austausches in die Atmosphäre verteilt werden, so kommt doch etwas anderes hinzu, das auf eine mehr als zufällige Parallele schließen läßt: Die bekannte außerordentlich leichte Adsorbierbarkeit der Emanation an allen kolloidalen und feinporösen Substanzen läßt es angesichts der Tatsache, daß in der Atmosphäre im Mittel 2 bis 3 Atomen Emanation Tausende von adsorptionsfähigen Kernen gegenüberstehen, kaum möglich erscheinen, daß die Emanation frei, d. h. gasförmig-atomar existieren kann. Schon A. Wigand, der in Halle auf dem 30 m hohen Institutsturm einen fünf- bis sechsmal höheren Emanationsgehalt als in Bodennähe fand<sup>19)</sup>, wies darauf hin, daß jedenfalls die Verbrennungsprodukte die Emanation okkludieren, und daß deshalb in der besonders kernreichen Luft in Schornsteinhöhe über der Stadt eine besondere Anreicherung derselben verständlich wird. Die Parallele zur Kernzahl wird durch diese Annahme selbstverständlich.

---

\*) Da diese Fragestellung und ihre Konsequenzen a. a. O.<sup>16)</sup> genauer behandelt sind, wird im folgenden nur das Wesentliche kurz zusammengefaßt.

Eine sehr wesentliche Bedeutung gewinnt diese Fragestellung für die emanometrische Meßtechnik und damit für die quantitativen Ergebnisse bezüglich des atmosphärischen Emanationsvorkommens.

Die Messung besteht im Prinzip bekanntlich darin, daß die emanationshaltige Luft in einem geschlossenen Gefäß bezüglich ihrer Ionisation untersucht wird; dabei kommt in praxi nur die ionisierende Wirkung der  $\alpha$ -Strahlen von Em, RaA und RaC zur Geltung. Die bekannten Daten der  $\alpha$ -Strahlen (Reichweite, Ionisierungsvermögen) erlauben unter Berücksichtigung einiger Korrekturen die Umrechnung des gemessenen Stromes in Emanationseinheiten. Voraussetzung ist dabei, daß die  $\alpha$ -Strahlen ungehindert aus dem zerfallenden Atom austreten und ihren ganzen Ionisationsweg von einigen cm zurücklegen können. Ist nun die Emanation an Kernen adsorbiert, so muß der das Atom verlassende  $\alpha$ -Strahl je nach seiner Richtung einen Teil des Kernes durchstoßen, er verliert also Energie und kann auf seinem Wege durch die Luft nicht mehr die volle Zahl von Ionenpaaren erzeugen. Außerdem wird er bei sehr hohem Kerngehalt auch auf seinem Wege noch auf Kerne auftreffen können und hier abermals Energie verlieren. In beiden Fällen ist eine Verminderung des Ionisationsstromes die Folge. Eine Auswertung der Messung in der üblichen Weise ergibt zu kleine Werte.

In der Tat lassen sich beide Effekte in einem im Verhältnis zur Anzahl der Em-Atome sehr kernreichen Kolloid beobachten (s. Abb. 3, l. c.). In einem adsorptionsfähigen (Rauch) und einem nichtadsorbierenden ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) Aerosol ist in gleicher Weise eine Stromschwächung durch Behinderung der  $\alpha$ -Strahlen auf ihrem Wege vorhanden, die in dem Maße zurückgeht, wie sich die Aerosolteilchen an den Gefäßwänden absetzen, während jedoch dieser Effekt im nichtadsorbierenden  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Nebel allmählich ganz verschwindet, bleibt im rauchgefüllten Gefäß auch nach Absetzen desselben eine sehr wesentliche Stromschwächung bestehen: Adsorption, Behinderung der aus den zerfallenden Atomen austretenden  $\alpha$ -Strahlen im Adsorptionskern.

Ein weiterer Beweis für die Tatsache der Adsorption läßt sich dadurch erbringen, daß das Abklingen des nach Lüftung im Gefäß verbleibenden aktiven Niederschlages in dem Rauchgefäß merklich langsamer geht als in einem kernfreien, mit Salmiaknebel gefülltem Gefäß. In den an der Gefäßwand abgesetzten Rauchteilchen blieb Emanation okkludiert, deren Strahlung sich über die der Induktionen superponiert\*).

Bei den emanometrischen Messungen wird die Luft vor ihrem Eintritt ins Emanometer im allgemeinen gefiltert und mit Chlorcalcium oder Schwefelsäure getrocknet. Hierbei müssen nun bei einer kerngebundenen Emanation ebenfalls Fehler entstehen dadurch, daß ein Teil der Kerne und mit ihnen die adsorbierte Emanation in Filter oder Trockenvorlage haften bleiben und so der Messung verloren gehen. Auch dies ist in der Tat in beträchtlichem Maße der Fall, wie sich experimentell zeigen läßt.

\*) Vgl. hierzu auch die Arbeiten von P. Curie u. J. Danne<sup>21)</sup> und von A. Wellik<sup>22)</sup>.

Sehr große Verluste hat das Durchsaugen der zu untersuchenden Luft durch Gummischlauch zur Folge: In einem 30 m langen, 10 mm weiten Schlauch gingen bei einer sekundlich durchgesaugten Menge von 20 cm<sup>3</sup> 50% der Em verloren.

Diese Andeutungen mögen hier genügen, um die durch Adsorption bedingten Fehlermöglichkeiten der emanometrischen Messungen wenigstens qualitativ zu charakterisieren. Erwähnt sei noch, daß sich auch beim Ausfrieren der Emanation aus einem Luftstrom mittels flüssiger Luft große Unterschiede je nach dem Aerosolcharakter der Luft ergeben.

Was sind nun die Konsequenzen dieser Versuche für die Emanationsmeßtechnik? Zunächst ist sicher, daß solche Fehler bei allen bisherigen Messungen vorhanden sein müssen; d. h. die oben mitgeteilten Emanationswerte dürften, soweit sie emanometrisch gewonnen sind — und das sind die meisten — durchweg zu klein sein. Ein Versuch, die Fehler auch nur annähernd abzuschätzen, muß daran scheitern, daß über den Aerosolcharakter, d. h. Zahl und Art der atmosphärischen Suspensionen bei den meisten Em-Bestimmungen nichts bekannt ist. Außerdem ist vorläufig selbst bei gleichzeitiger Kernzählung zu jeder Emanationsmessung — die sich für zukünftige Messungen auf alle Fälle empfehlen dürfte — noch nichts über die wirkliche Größe der Fälschungen auszusagen. Als praktische Konsequenz ergibt sich zunächst, daß Trocknung und Filtration der Luft beim Einsaugen ins Gefäß möglichst ganz zu vermeiden sind, ebenso ist die Länge der Luftzuleitungen auf ein Mindestmaß zu beschränken.

Besonders erschwerend für die ganzen weiteren Untersuchungen ist die Tatsache, daß vorläufig keine Möglichkeit abzusehen ist, eine absolut fehlerfreie Vergleichsmessung zu erhalten, wenigstens nicht auf dem gewöhnlichen emanometrischen Wege. Vielleicht ist eine solche Möglichkeit gegeben nach dem kürzlich von G. Aliverti<sup>23)</sup> eingeschlagenen ganz anderen Meßverfahren: Durch Kombination der alten Gerdien'schen Induktionsmethode<sup>24)</sup> mit einer Art elektrischer Staubreinigung kommt G. Aliverti zu einem Verfahren, das von den bekannten Umrechnungsschwierigkeiten des nach Gerdien ermittelten Induktionsgehaltes auf Emanationseinheiten<sup>25)</sup> frei ist. Wenn auch hier angesichts der adsorptiven Eigenschaften der Emanation noch einige Bedenken bestehen<sup>16)</sup>, so ist doch die Annäherung an die wahren Emanationswerte bei diesem Verfahren mit großer Wahrscheinlichkeit besser. Interessanterweise liegen nun die von G. Aliverti bisher mitgeteilten Zahlen um fast 300% höher als die nach dem emanometrischen Verfahren gewonnenen Werte. Leider fehlen allerdings noch Vergleichsmessungen nach beiden Methoden am gleichen Ort, um Abschließendes sagen zu können, doch sind solche im Nauheimer Institut in Vorbereitung.

#### Literatur

<sup>1)</sup> H. Bender: Gerl. Beitr. **41**, 401 (1934).

<sup>2)</sup> A. Gockel: Phys. Zeitschr. **9**, 304 (1908).

<sup>3)</sup> J. Satterly: Proc. Cambr. Soc. **16**, 336, 356, 514 (1911/12).

<sup>4)</sup> Genaueres in dem Kapitel „Radioaktive Methoden“ von J. N. Hummel in Wien: Harms Handb. d. exper. Phys. **25**, 3. Teil. Leipzig 1930; V. Masuch: Zeitschr.

- f. Geophys. **10**, 112 (1934); F. Müller: ebenda **3**, 330 (1927); V. Patriciu: Abhandl. d. pr. geolog. Landesanst., Neue Folge, Heft 116, Berlin 1930.
- <sup>5)</sup> Z. B. St. Meyer u. E. v. Schweidler: „Radioaktivität“, S. 592ff. Leipzig 1927.
- <sup>5a)</sup> K. Kähler: Phys. Zeitschr. **15**, 27 (1914).
- <sup>5b)</sup> H. Ebert u. K. Kurz: Abh. d. kgl. Bayr. Akad. d. Wissensch. München 1909.
- <sup>5c)</sup> L. Endrös: Diss. München 1909.
- <sup>6)</sup> W. Kosmath: Gerl. Beitr. **25**, 95 (1930).
- <sup>7)</sup> F. Becker: ebenda **42**, 365 (1934).
- <sup>8)</sup> J. Stocklasa u. J. Penkava: „Biologie des Radiums und Uraniums“. Berlin 1932.
- <sup>9)</sup> V. Masuch: l. c.
- <sup>10)</sup> W. Caspari: Phys. Zeitschr. **3**, 521 (1902).
- <sup>11)</sup> H. Lossnitzer: Therapie der Gegenwart **75**, 269 (1934).
- <sup>12)</sup> E. Schmidt: Wien. Ber. **140**, 27 (1931).
- <sup>13)</sup> P. R. Zupancic: Terr. magn. März 1934, S. 33.
- <sup>14)</sup> W. Messerschmidt: Zeitschr. f. Phys. **81**, 84 (1933).
- <sup>15)</sup> F. Becker: l. c.
- <sup>16)</sup> Vgl. die Nebeneinanderstellung bei H. Israël: Gerl. Beitr. 1934 (im Druck).
- <sup>17)</sup> E. Rutherford: Marx Handb. d. Radiolog. **2**, 332, Leipzig 1913.
- <sup>18)</sup> H. Israël: Bioklim. Beibl. d. Met. Zeitschr. **1**, 32 (1934).
- <sup>19)</sup> A. Wiegand: Ann. d. Phys. (4) **59**, 689 (1919).
- <sup>20)</sup> P. Curie u. J. Danne: Compt. rend. **136**, 364 (1903).
- <sup>21)</sup> A. Wellik: Wien. Ber. **117**, 1221ff. (1908).
- <sup>22)</sup> G. Aliverti: Zeitschr. f. Geophys. **9**, 16 (1933).
- <sup>23)</sup> H. Gerdien: Phys. Zeitschr. **6**, 465 (1905).
- <sup>24)</sup> J. Salpeter: Wien. Ber. **118**, 1163 (1909); **119**, 107 (1910).

---

## Die Energie der Heliokathodenstrahlen in ihrer Beziehung zur fortschreitenden Bewegung der Elek- tronen in den Polarlichtstrahlen

Von **H. Rudolph** (Bad Homburg v. d. Höhe)

Im Polarlicht fliegen die Elektronen aufwärts und nicht abwärts, denn die Zustrahlung negativer Elektrizität von der Sonne her findet auf der ganzen Erde gleichmäßig statt, der entsprechende Abfluß hingegen in Richtung von der Erde fort an den Magnetpolen und in beiden Polarlichtzonen.

Vor nunmehr 4 Jahren war ich bei meiner Erklärung der mittleren sonnen- täglichen erdmagnetischen Variation an ruhigen Tagen zu der Erkenntnis gekommen, daß die herrschende Ansicht über die Ursache der Polarlichter, wie sie hauptsächlich Herr Vegard vertritt, unhaltbar sei und daß besonders 3 Punkte darin scharfen Widerspruch herausfordern. In einer kurzen Mitteilung an die „Naturwissenschaften“ gab ich diese drei Punkte bekannt, daß nämlich

erstens die festen oder flüssigen Stickstoffpartikel, die nach Vegard — dessen Experimentaluntersuchungen über das Polarlicht ich bewundere — durch