

Carinthia II	178./98. Jahrgang	S. 453–472	Klagenfurt 1988
--------------	-------------------	------------	-----------------

Kurzfassung einer Dissertation, welche am Zoologischen Institut der Universität Salzburg unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Hans ADAM und DDr. Eveline LEDL-KURKOWSKI verfaßt wurde.

# **Ergebnisse einer bioklimatologischen Analyse der positiven und negativen Kleinionen in einigen Tunnelsystemen Kärntens und Salzburgs**

Von Elisabeth FUCHS-ROTHENPIELER

Mit 5 Abbildungen

**Zusammenfassung:** Durch Messungen zwischen 1980 und 1985 wurde der bioklimatische Zusammenhang zwischen positiven und negativen Kleinionenkonzentrationen und meteorologischen Parametern untersucht. In Klagenfurt standen bewohnte und unbewohnte Räume für Meßstätigkeiten zur Verfügung; die drei untersuchten Stollensysteme sind der Gasteiner Heilstollen, ein aufgelassener Bergwerksstollen und der Kreuzbergstollen. Die gewonnenen Daten wurden statistisch ausgewertet.

Die Meßergebnisse in bewohnten Räumen mit offenem Fenster brachten gleiche Werte wie im Freiland (sie sind als Normalwerte zu betrachten). In geschlossenen, unbewohnten Räumen wurden doppelt so hohe Kleinionendichten wie in belüfteten Räumen beobachtet. Bewohnte, ungelüftete Räume zeigten eine Kleinionenverminderung um etwa 30–40% vom Normalwert.

Neben einem Tagesgang ergaben sich in bezug auf die meteorologischen Parameter folgende Abhängigkeiten: Ein Temperaturanstieg bewirkte eine Erhöhung sowohl der positiven als auch der negativen Kleinionenkonzentration. Erhöhte Ionendichte ergab sich bei bewölktem Himmel und Schneefall, Regen und Nebel verursachten niedrige Ionenkonzentrationen. Die relative Feuchtigkeit steht in einem umgekehrt proportionalen Verhältnis zur Ionendichte beider Polaritäten. Nordwind bringt die höchste Kleinionendichte mit sich, Süd- und Südwestwind die geringste. Mit steigender Windstärke werden die Kleinionenkonzentrationen höher, aber auch Calmen bewirken einen Anstieg der Kleinionendichte. Zwischen Luftdruck und Kleinionendichte besteht eine umgekehrt proportionale Abhängigkeit, die jedoch nur bei den positiven Ionen deutlich sichtbar wird.

Die Stollenmessungen lieferten sehr unterschiedliche Meßdaten. Im Gasteiner Heilstollen wurden wegen des Radongehaltes stark erhöhte Werte gemessen. Aus demselben Grund zeigte der Bergwerksstollen erhöhte Kleinionenwerte. Im Kreuzbergstollen wurden gegenüber den Normalwerten nur leicht erhöhte Kleinionendichten registriert. Kontrollmessun-

gen vor den Stollensystemen lieferten normale Kleinionendaten, die allerdings vor dem Gasteiner Heilstollen auf Grund der Höhe und der Lage etwas höher waren.

Es ist anzustreben, weitere Stollenmessungen durchzuführen, um diese Ergebnisse diskutieren zu können und bessere Auswertungsmöglichkeiten in bezug auf die meteorologischen Parameter zu erlangen.

**S u m m a r y:** Positive and negative small air ion concentrations are related to meteorological parameters by measurements during the years 1980 to 1985. At Klagenfurt, human inhabited and vacant rooms were used for the measuring activities; the three tunnel systems were:

- (1) the Gasteiner Heilstollen, a remedial tunnel near Böckstein in Salzburg;
- (2) an abandoned mining gallery at Bad Bleiberg in Carinthia;
- (3) the Kreuzbergl Stollen, a dugout at Klagenfurt in Carinthia.

The results from vacant rooms with open window are similar to outdoor values (considered as "normal" values). In uninhabited closed rooms, the number of small ions was approximately double that of the ventilated control. Inhabited closed rooms show a depletion of small ions by approximately 30 to 40% from "normal" values.

Apart from the daily fluctuations, with reference to the meteorological parameters, the following results were obtained:

A rise in temperature causes an increase in concentration of positive as well as negative small ions. Cloudy sky and snow tend to increase ion density, while rain and fogs are associated with a low concentration of ions. Relative humidity shows an inverse proportion to small air ion density. North wind involves a maximum ion density, south wind and south-west wind a minimum. The greater the wind velocity, the higher the small air ion concentration; calms, however, also increase the ion density. Atmospheric pressure appears to have an inverse effect on small air ion density. However, this is clearly visible only with positive ions.

The measurements in the tunnel systems have provided rather different results. Significantly higher values dependent on the radon content were obtained in the Gasteiner Heilstollen. Also due to radon, the mining gallery offers higher values of small ions. The small air ion densities recorded in the Kreuzbergl Stollen prove only slightly greater in comparison with "normal" values. Open air control measurements taken in front of the entrances to the tunnel systems gave "normal" small ion results which nevertheless were slightly higher in front of the entrance to the Gasteiner Heilstollen probably due to position and altitude.

Continuation of the study in the tunnel systems seems advisable in order to discuss such results and to obtain better correlations with meteorological parameters.

## ZIEL DER UNTERSUCHUNGEN

Die Kleinionenkonzentrationsschwankungen sollen mit verschiedenen Parametern des Wettergeschehens in Verbindung gebracht werden, um daraus eine mögliche Abhängigkeit herleiten zu können. Diese Ergebnisse werden statistisch ausgewertet und miteinander verglichen.

Der wichtigste Teil der Arbeit besteht aus Stollenmessungen. Diese Messungen wurden deshalb durchgeführt, da im Stolleninneren ein weitgehendst ausgeglichenes Klima mit allergenfreier und staubfreier Luft herrscht, das nur zwischen den Sommer- und Wintermonaten in bezug auf die Temperatur etwas differiert. Kleinionenmessungen in verschiedenen Stollen wurden zudem bis jetzt noch nie ausgeführt.

Ich konnte diese Messungen in drei verschiedenen Regionen durchführen:

– Im Klagenfurter Kreuzberglstollen, der ursprünglich als Luftschutzstollen diente; das Gestein besteht aus Grünschiefer.

– Im Bleiberger Friedrichstollen. Er ist ein aufgelassener Blei-Bergbaustollen, aufgebaut aus Triaskalken.

– Im Gasteiner Heilstollen, der im Zentralgneisgebiet liegt. Er ist ein heiß-feuchter Heilstollen, der ursprünglich dem Goldbergbau diente.

Weiters wurden auch Messungen im Stadtbereich von Klagenfurt vorgenommen, um Werte südlich des Alpenhauptkammes zu erhalten. Diese wurden fast zur Gänze in einem nach Osten exponierten Raum mit gekipptem oder geöffnetem Fenster ausgeführt.

Die Einleitung dieser Arbeit versucht einen Überblick bezüglich der Kleinionen über Entstehung, Wirkung und Funktion zu geben. In der Literatur wurden bisher pathologische Auswirkungen auf Menschen, medizinische Maßnahmen und Pflanzenversuche behandelt sowie Kleinionenkonzentrationen in Beziehung zu den Wetterphasen gebracht.

Meine Ergebnisse werden nun einerseits bisher bekannten Studien gegenübergestellt und andererseits hinsichtlich der verschiedenen Untersuchungsorte verglichen.

## Luftionen

Luftionen sind Elektronen und elektrisch geladene atomare oder molekulare Teilchen, die an instabilen Gasballungen haften oder an submikroskopischen Partikeln hängen, und die immer reichlich in der Luft schwebend zu finden sind (WEHNER, 1969).

In der uns umgebenden erdnahen Luftschicht (0–1 km) gibt es ein breites Größenspektrum an gebildeten Ionen. Hinsichtlich ihrer Masse lassen diese sich in drei verschiedene Gruppen einteilen: Kleinionen, Mittel- und Großionen.

## Kleinionen

Atmosphärische Kleinionen entstehen immer aus monomolekularen Ionen durch die Ionisierung von Luftmolekülen und sind daher Molekülgemische. Die Ionisierung der Luft kann verschiedene Ursachen haben. In Bodennähe wirkt vor allem die radioaktive Bodenstrahlung (z. B. Radon, Thorium, Actinon), dazu kommen noch die radioaktiven Gase in der Luft (z. B. Ra-Emanation), Sonnenstrahlen, kosmische Strahlen, Höhenstrahlung und Blitzentladung. Die Molekülonen umgeben sich dann innerhalb einiger Mikrosekunden mit neutralen  $O_2^-$ ,  $N_2^-$ ,  $CO_2^-$  oder  $H_2O$ -Molekülen. Diese Ionen bezeichnet man als „Molekültrauben“ oder „Cluster“ (EICHMEIER, 1964 a, b; VARGA, 1981). Dabei werden die Moleküle durch Dipolkräfte zusammengehalten. Kleinionen bestehen also aus zwei bis vier neutralen Gas- oder Wasserdampfmolekülen, die an ein einfach positiv oder negativ geladenes Luftion angelagert sind.

## Entstehung von Kleinionen

Kleinionen können natürlichen, aber auch künstlichen Ursprungs sein. Natürliche Kleinionenerzeuger sind elektrische Entladungen (Blitzschläge), kosmische Strahlungen, UV-Strahlungen und die natürliche Radioaktivität. Elektrische Entladungen treten dann auf, wenn die elektrische Feldstärke zwischen zwei Luftschichten die elektrische Festigkeitsgrenze der Luft übersteigt (VARGA, 1981).

Es gibt aber auch stille elektrische Entladungen, Vertikalströme, Niederschlagsströme usw., die am gesamten atmosphärischen Ladungsumsatz beteiligt sind.

Weitere ionisierende Strahlen bildet die kosmische Strahlung oder X-Strahlung, bestehend aus energiereichen Teilchen (Elektronen, Protonen, Neutronen). Die UV-Strahlen, die die Erde erreichen, haben einen hohen biologischen Wirkungsgrad. Die UV-Strahlungsintensität auf dem Erdboden hängt von der Jahreszeit, Sonnenstärke und vom Aerosol- und Wasserdampfgehalt der Atmosphäre ab (VARGA, 1981).

Auch natürliche Radioaktivität gilt als Ionenquelle. Dazu gehören die  $\alpha$ -Strahlen (Heliumkerne mit zweifacher positiver Ladung),  $\beta$ -Strahlen (Elektron mit negativer Ladung) und  $\gamma$ -Strahlen (elektromagnetische Wellen).

Bei der Bildung von Kleinionen kann man zwischen kontinentaler und Meeres-Atmosphäre unterscheiden. Auf dem Kontinent kommt zu der Luftstrahlung die Bodenstrahlung und verstärkt die Ionenbildung (VARGA, 1981).

## Die biologischen Auswirkungen von Kleinionen

Die Wirkung der Kleinionen ist umstritten. In der Literatur werden Angaben hinsichtlich der Auswirkungen positiver wie auch negativer Kleinionen auf das menschliche und tierische Wohlbefinden gemacht. Auch bei Pflanzenversuchen wurde eine mehr oder weniger starke Beeinflussung festgestellt. Dem stehen aber auch vollkommen konträre Versuchsergebnisse gegenüber.

Allgemein ist zu sagen, daß positive Kleinionen das Wohlbefinden negativ, negative Kleinionen positiv zu beeinflussen scheinen.

EICHMEIER (1964 a, b) stellte fest, daß bei Einwirkung von Kleinionen die Ziliarfrequenz der oberen Luftwege bei Mensch und Tier verändert wird, ebenso die visuelle Reaktionszeit. Kleinionen haben aber auch Einfluß auf Atmungs- und Pulsfrequenz, weiters auf Blutdruck, Körpergewicht, Blutbild, Sauerstoffverbrauch und die Arbeitsleistung bei Tieren. Eine recht starke Wirkung künstlich erzeugter Luftionen ist beim Wachstum von Zellkulturen, Bakterien und Pflanzen zu beobachten.

## **Wachstum von Pflanzen**

Sehr wichtige Versuche liegen hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen Pflanzen und Kleinionen vor (KRUEGER et al., 1978). Dabei wurden Gersten- und Hafersämlinge einem elektrischen Feld mit negativen Kleinionen ausgesetzt. Es kam zu einem signifikanten Anstieg der Wachstumsrate. Das künstlich erzeugte elektrische Feld allein konnte keine Wachstumsstimulierung hervorrufen. In diesem Fall sind also Luftionen biologisch aktiv.

## **Tierversuche**

Kleinionenbestrahlungen beider Polaritäten wurden an verschiedenen Versuchstieren durchgeführt (KRUEGER und REED, 1972; MÖSE et al., 1976; UDERMANN und FISCHER, 1979). Dabei wirken positive wie auch negative Kleinionen unterschiedlich biologisch aktiv auf Krankheitserreger oder physiologische Vorgänge. So wirken positive Kleinionen eher krankheitsfördernd, negative Kleinionen eher hemmend.

## **Therapeutische Wirkungen**

Über die Anwendungen und Wirkungen von Luftionen sind bis heute die Meinungen geteilt. Vor allem die klinische Anwendung findet in Europa noch wenig Zustimmung, da die Versuchsergebnisse größtenteils negativ ausfielen. In Amerika und Rußland wird diese Therapie angewendet. Für die einzelnen Wissenschaftler ist es schwierig, sich eine komplexe Lebensform vorzustellen, die in irgendeiner Weise auf Luft reagiert. Eine weitere nur sehr schwer faßbare Tatsache ist, daß der Verdünnungsfaktor der Ionenatmosphäre in normaler Landluft extrem hoch ist (ein Ion auf  $10^{16}$  nicht ionisierte Moleküle).

Es haben sich in den letzten Jahren schließlich doch zwei Anwendungsverfahren profiliert:

- (a) Aeroionen-Therapie
- (b) Elektro-Aerosol-Therapie

Bei diesen Verfahren spielen negative Kleinionen offenbar eine entscheidende heilende Rolle (KORNBLUEH und GRIFFIN, 1955; WEHNER, 1969).

## **MATERIAL UND METHODEN**

### **Ionenmessung**

Zur Ionenmessung wurde ein Ionometer der Firma Kathrein (Rosenheim) MGK 01 BN 208310 in der Ausführung eines tragbaren Kleinionenzählers verwendet. Man kann damit positive oder negative Kleinionen in Gasen bei Atmosphärendruck messen. Das Gerät erfaßt alle Ionen, deren

Beweglichkeit größer als  $0,9 \frac{\text{cm/sec}}{\text{V/cm}}$  ist. Die eingesaugte Luftmenge ist gering ( $2,9 \cdot 10^3 \text{ cm}^3/\text{sec}$ ), daher können Ionenkonzentrationen in kleinen Volumina gemessen werden. Volltransistorisierung und integrierte Schaltkreise machen das Gerät relativ leicht. So kann man es auch zu schwer zugänglichen Orten transportieren. Ein Schreiberanschluß ist vorhanden. Die Ionenkonzentration wird direkt in Ionen/cm<sup>3</sup> auf der Skala des Gerätes angezeigt, wobei Konzentrationen von 0–5.000.000 Ionen/cm<sup>3</sup> gemessen werden. Es gibt neun Meßbereiche, die mittels eines Drehschalters mit drei Stellungen, je nach Empfindlichkeit ( $5 \cdot 10^2$ ,  $15 \cdot 10^3$ ,  $5 \cdot 10^5$  Ionen/cm<sup>3</sup>), und eines Tastenaggregates mit drei Stellungen (Multiplikationsfaktoren 1, 3 und 10) eingestellt werden können. Das Anzeigeelement hat zwei lineare Skalen (elektrischer Nullpunkt; Meßstellung – negative Ionen; Meßstellung – positive Ionen).

## Aufzeichnung

Erst 1983 konnte ich einen Schreiber einsetzen, der mir die Ionenkonzentration über den ganzen Tag hin aufzeichnete. So erhielt ich auch gute Vergleiche zwischen punktueller und fortlaufender Messung. Das Gerät ist ein BBC-Servogor-Schreiber SE 120. Es zeichnet entweder nur positive oder nur negative Kleinionenkonzentrationen auf. Die Meßwerte wurden mit einer Geschwindigkeit von 3 cm/h erfaßt. Die Spannung beträgt 1 Volt.

Das Wettergeschehen wurde in Zustandsnummern eingeteilt:

Wetter	Zustandsnummer (Bewölkung)	Windstärke in BEAUFORT
wolkenlos	1 (0/8)	0 = 0 – 1 Knoten
heiter	2 (1/8–2/8)	1 = 1 – 3
wolkig	3 (3/8–5/8)	2 = 4 – 6
bewölkt	4 (6/8–7/8)	3 = 7 – 10
bedeckt	5 (8/8)	4 = 11 – 15
Bodennebel	6	5 = 16 – 21
Hochnebel	7	6 = 22 – 27
leichter Regen	8	7 = 28 – 33
mäßiger Regen	9	8 = 34 – 40
starker Regen	10	
Graupeln/Nieseln	11	
Schneeregen	12	
leichter Schneef.	13	
mäßiger Schneef.	14	
starker Schneef.	15	
Gewitter	16	

## Mathematische Auswertungsverfahren

Um die Daten und Ergebnisse statistisch auswerten zu können, mußte ich Computerfachleute zu Rate ziehen. Sie verwendeten grob charakterisierende Verfahren und Verfahren mit spezifischer Aussage. Dafür stand mir ein Großcomputer zur Verfügung.

## DISKUSSION

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit Kleinionenmessungen in geschlossenen Räumen, in denen eine mehr oder weniger bescheidene Luftzirkulation herrscht. Diese Räume sind geographisch voneinander weit entfernt. Es wurden in Fels gesprengte Stollen und diverse Zimmer untersucht.

### Stollen

Gasteiner  
Heilstollen  
Bleiberger  
Bergwerksstollen  
unterirdischer  
Luftschutzbunker

### Zimmer

unbewohnt  
und bewohnt  
stark frequentierte  
und leere  
Klassenzimmer

Die Kleinionenmeßwerte wurden mit verschiedenen Klimafaktoren in Zusammenhang gebracht, wobei jedoch jeweils eine unterschiedliche Anzahl von zur Verfügung stehenden Parametern vorhanden war. Aus diesen Untersuchungen konnte ein Einfluß der Klimafaktoren auf die Höhe der Kleinionenanzahl festgestellt werden.

Die Kleinionenanzahl in einem gelüfteten unbewohnten Zimmer an der Peripherie der Stadt Klagenfurt beträgt 200–1300 Ionen/cm<sup>3</sup> beider Polaritäten. Die positiven Ionen liegen etwa 15–20% über den Werten der negativen Ionen. Diese Ergebnisse entsprechen den Ionenkonzentrationen im Freien in Stadtnähe. Auch die Tagesschwankungen und Tagesverhältnisse entsprechen den äußeren Verhältnissen. Etwa die gleichen Kleinionenkonzentrationen beobachteten KNOLL, EICHMEIER und SCHÖN (1964), SIKSNA und EICHMEIER (1965), EICHMEIER, RYSEL und ARM (1972), DELEANU (1977), SULMAN et al. (1977), LEDL (1980), MÖSE und FISCHER (1981) und VARGA (1981) bei ihren Messungen im Freien. Nur ISRAËL (1931) maß in Innsbruck Werte zwischen 1200 und 1500 Ionen/cm<sup>3</sup>.

Die Meßergebnisse sind ein Indiz dafür, daß es wenigstens an der Peripherie der Stadt Klagenfurt keine besonders ausgeprägte Luftverschmutzung

gibt. Verunreinigte Luft enthält viele Aerosole, d. h. Kernkonzentrationen (z. B. Rauch, Staub), und vermindert stark die positive und negative Kleinionenkonzentration. KNOLL, EICHMEIER und SCHÖN (1964) sowie auch MÖSE und FISCHER (1981) beobachteten im Stadtzentrum, also an stark frequentierten Stellen, eine wesentliche Ionenverminderung, die oft eine Ionendichte von nur 20–150 positiven und negativen Ionen/cm<sup>3</sup> ergab. Nimmt man daher die Ionenkonzentration als Indikator für eine gewisse Luftqualität, dann kann die Luft in den Randbezirken Klagenfurts als relativ sauber angesehen werden.

Kleinionenmessungen, die in geschlossenen, benützten Räumen vorgenommen wurden, lieferten Werte zwischen 200 und 400 Ionen/cm<sup>3</sup>. Eine stärkere Verminderung positiver und negativer Ionen (unter 200 Ionen/cm<sup>3</sup>) wurde durch Zentralheizung und Zigarettenrauch verursacht. Das Ionenverhältnis wurde aber größer, d. h. die Auswahl der positiven Kleinionen war um mehr als 20% höher als die der negativen Ionen. Demzufolge werden die negativen Ionen stärker reduziert als die positiven Ionen.

Längere Zeit unbenützte Räume zeigten im Vergleich mit benützten Räumen eine um etwa das Dreifache erhöhte Ionenkonzentration (600–1100 Ionen/cm<sup>3</sup>). Das beweist, daß Kleinionen durch Ritzen und Spalten in den Raum eindringen und dort eine vermehrte Konzentration bewirken. Bei diesen Messungen dürfte das Baumaterial nicht strahlen, da sonst die Ionenwerte wesentlich höher wären, wie etwa SIKSNA und EICHMEIER (1965) in einem Gebäude mit strahlendem Gemäuer Ionenkonzentrationen von 1000 bis 3700 Ionen/cm<sup>3</sup> feststellten.

Die hier ermittelten Ergebnisse in bewohnten und unbewohnten geschlossenen Räumen wurden durch ähnliche Resultate von EICHMEIER, RYSEL und ARM (1972), DELEANU (1977) und LEDL (1980) bestätigt. Lediglich VARGA (1981) konnte in benützten Räumen eine höhere negative als positive Ionenanzahl feststellen. Eine derartige Beobachtung wurde bei meinen Messungen nie gemacht.

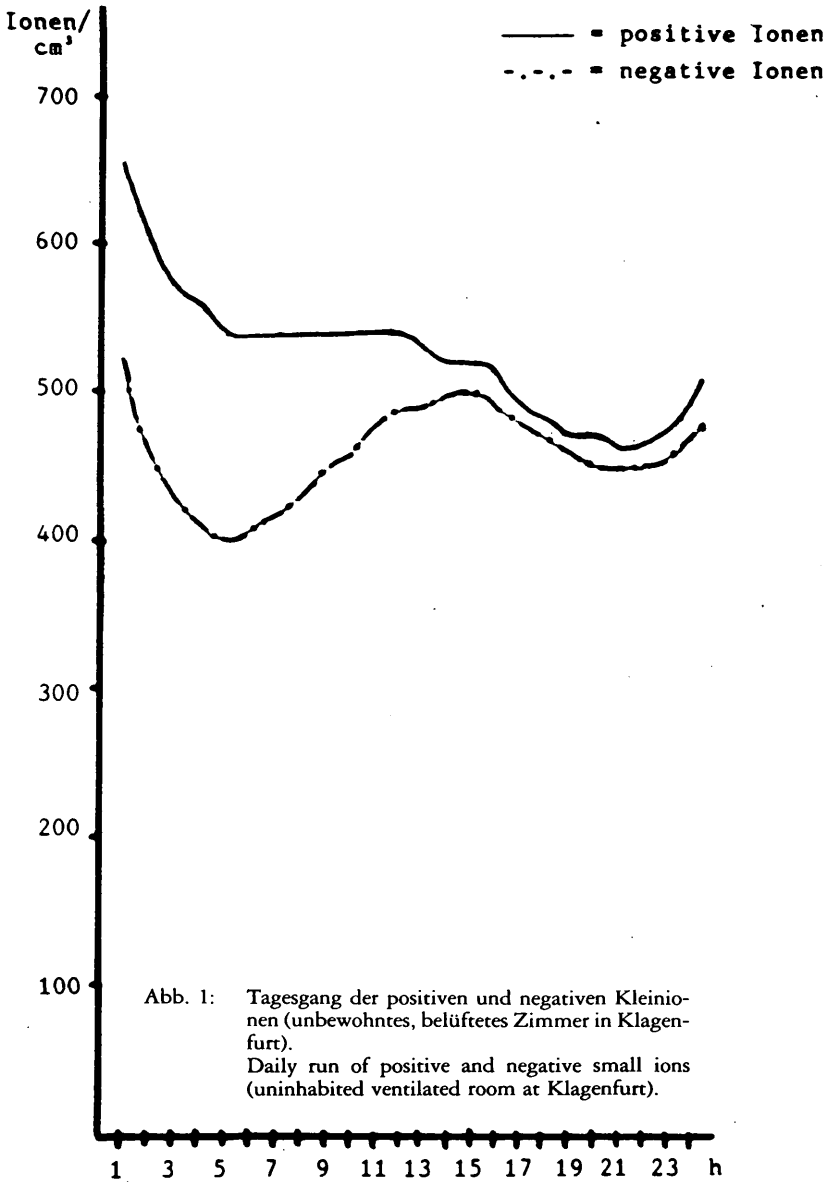
Nach der allgemeinen Betrachtung von Kleinionenkonzentrationen in Räumen an der Stadtperipherie wurden die Meßergebnisse hinsichtlich einer Abhängigkeit von meteorologischen Parametern untersucht. Im wesentlichen standen folgende Vergleichswerte zur Verfügung:

- Tageszeit
- Temperatur
- Wetter
- relative Feuchtigkeit
- Windrichtung/Windstärke
- Luftdruck

## Tageszeit

Durch Untersuchung der Kleinionenanzahl in Abhängigkeit von der Tageszeit konnte im Klagenfurter Becken ein bestimmter Tagesgang beobachtet werden. Das Maximum der Kleinionenkonzentration lag zwi-





schen 10<sup>h</sup> und 14<sup>h</sup>, also um die Mittagsstunden. Das erste Minimum fiel auf etwa 22<sup>h</sup>, das zweite auf etwa 6<sup>h</sup> (Abb. 1). Zu dem erwähnten Maximum kamen auch REITER (1964) und SULMAN et al. (1977), wobei bei REITER (1964) das negative Ionenmaximum schwächer ausgeprägt war und er noch ein zweites Maximum zwischen 4<sup>h</sup> und 5<sup>h</sup> feststellte. LEDL (1980) fand ebenfalls ein Minimum am Morgen und ein Maximum zu Mittag. Im Gegensatz dazu beobachteten KNOLL, EICHMEIER und SCHÖN (1964) und EICHMEIER, RYSEL und ARM (1972) ein Maximum zwischen 4<sup>h</sup> und 8<sup>h</sup> und ein bis zwei Minima zwischen 11<sup>h</sup> und 16<sup>h</sup>.

Der von mir beschriebene Tagesgang kann durch die Wechselwirkung von Sonneneinstrahlung – Erwärmung – Aufsteigen der Luftschichten – erhöhte Emanation und durch die Wechselwirkung von sinkendem Sonnenstand – Abkühlung – Absinken der Luftschichten – Verminderung der Emanation erklärt werden. SULMAN et al. (1977) hingegen führen die Ionenproduktion hauptsächlich auf kosmische und Sonnenstrahlen zurück; die Ionenschwankungen werden durch Sferics-Schwankungen hervorgerufen.

Jahreszeitlich gesehen gibt es bei den Messungen keinen Unterschied in der Höhe der Ionenkonzentrationen. KNOLL, EICHMEIER und SCHÖN (1964) konnten allerdings im Sommer Maximal- und im Winter Minimalwerte feststellen. REITER (1964) beobachtete während seiner Messungen einen Sonnenuntergangseffekt, der im Sommerhalbjahr die Ionenkonzentration ansteigen, im Winterhalbjahr jedoch absinken läßt. Dieses Phänomen ist auch bei den vorliegenden Meßreihen zum Teil zu erkennen, allerdings fällt es mit dem Tagesgang und seinen Schwankungen zusammen.

## Temperatur

Temperatur und Kleinionendichte ergeben im allgemeinen ein einheitliches Bild. Bei Temperaturanstieg wird sowohl die positive als auch die negative Ionenkonzentration höher. Das kann folgendermaßen erklärt werden: Je stärker die Erwärmung, desto intensiver ist die Zunahme der Emanation – je stärker die Abkühlung, desto größer ist die Abnahme der Emanation.

An einigen Meßtagen wurde bei starker Erwärmung, die in Klagenfurt häufig auftritt, ebenfalls ein starker Ionenanstieg verzeichnet. Auch ISRAEL (1957) konnte bei Temperaturschwankungen, die den Luftaustausch fördern, eine höhere Ionenkonzentration feststellen. Durch Inversionswetterlagen wird dieser Effekt allerdings gehemmt.

Nach SULMAN et al. (1977) reagieren nur wenige Menschen auf durch Temperaturschwankungen verursachte Ionenkonzentrationsänderungen. STREBBINGS (1976) hingegen verzeichnete bei Patienten eine Besserung bei steigender und eine Verschlechterung bei fallender Temperatur, je nach der Art der Krankheit.

## Wetter

Die Erfassung des Wettereinflusses gestaltet sich grundsätzlich schwieriger als eine etwaige Abhängigkeit von einem meteorologischen Parameter mit natürlich vorgegebener Skala. Es gibt Großwetterlagen, jedoch auch ein lokales Wettergeschehen, das für gewisse Landstriche typisch ist. Von mir wurden sichtbare stationäre Wetterlagen (wie z. B. Sonnenschein, Nebel, Regen) festgestellt und mit den positiven und negativen Kleinionen in Zusammenhang gebracht.

Bei ausgesprochenem Schönwetter (d. h. wolkenlos, heiter) konnte bei positiven Kleinionen eine niedrige Konzentration festgestellt werden. Für negative Ionen ergaben sich hingegen höhere Werte. Bei bewölktem bis bedecktem Himmel zeigten negative Ionen ebenfalls höhere Meßwerte, positive Ionen sogar ein Maximum. Boden- bzw. Hochnebel bewirkten bei beiden Ionenarten eine tendenziell niedrigere Konzentration. Regen und feiner Niederschlag aus dem Nebel bewirkten ein Minimum der Ionen-

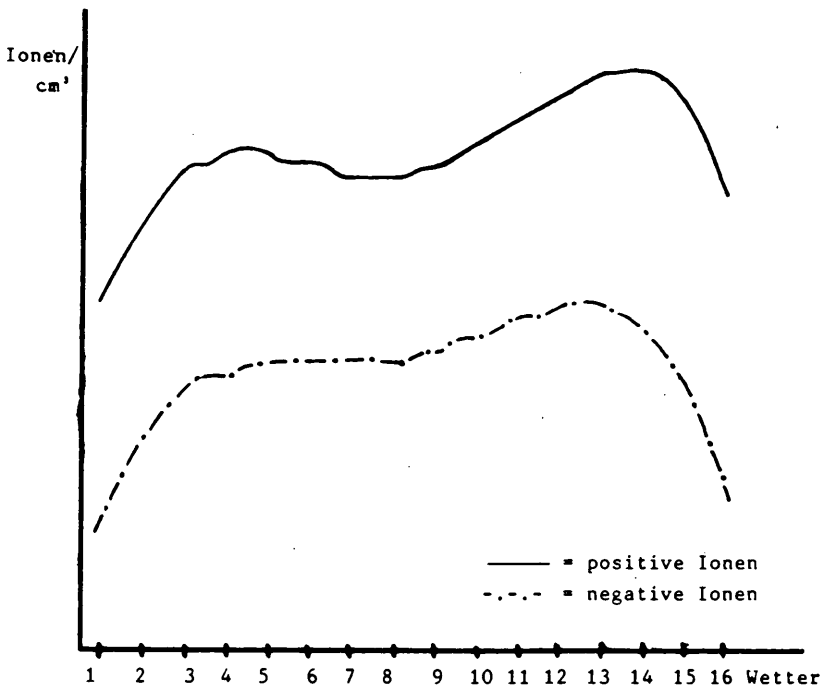


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Ionenanzahl und Wettergeschehen (unbewohntes, belüftetes Zimmer in Klagenfurt).  
Connection between the number of ions and weather conditions (uninhabited ventilated room at Klagenfurt).

dichte beider Polaritäten. Eine stark steigende Tendenz der Konzentration zeigten negative Kleinionen bei Schneeregen und Schneefall; positive Ionen stiegen ebenfalls an, aber nicht im gleichen Ausmaß (Abb. 2).

Gewittertätigkeiten, die vorwiegend im Sommer verbreitet sind, bewirkten einen extremen Anstieg der Kleinionen, wobei die negativen Ionen viel höhere Konzentrationen aufwiesen. Föhnwindwirkung wird im Klagenfurter Becken selten beobachtet und spielt daher keine wesentliche Rolle. An den wenigen Föhntagen konnte kein nennenswerter Einfluß auf die Ionenkonzentrationen beider Polaritäten festgestellt werden.

Das Wettergeschehen wirkt sich also nicht einheitlich auf die Ionenkonzentration aus. Schlechtwetter und Nebel vermindern die Ionendichte, Schönwetter und Gewitter erhöhen sie. Die Einwirkung des Wetters auf die Ionenkonzentration wurde von mehreren Wissenschaftern unterschiedlich registriert und interpretiert. ISRAËL (1931, 1957) beobachtete bei Nebel, Regen und Nieseln ebenfalls niedrige Kleinionenmeßwerte, während der Föhn auch keine wesentliche Ionenzunahme brachte. Allgemein stellte er fest, daß das Wetter keine echten Ionenschwankungen hervorruft, sondern diese nur durch Umweltfaktoren verursacht werden.

KNOLL, EICHMEIER und SCHÖN (1964) maßen zwar bei Nebel generell weniger Ionen, bei Schönwetter mehr positive als negative Ionen, konnten aber bei Regen und Gewitter mehr negative als positive Ionen feststellen. REITER (1964) fand an Schönwettertagen keinen ausgeprägten Tagesgang und beobachtete ganz allgemein eine geringere Ionenkonzentration, die er auch bei Nebel und Schneeregen registrierte. Regen, Schneefall und Gewitter erhöhten auch bei ihm die Ionenkonzentration um 30–50%. Der Föhnwind verursacht nach REITER (1964) ebenfalls keine wesentliche Ionenerhöhung. Vielmehr sind Ionenschwankungen von lokalen Bedingungen und Störeinflüssen abhängig.

SULMAN (1981, et al. (1977) stellte bei seinen zahlreichen Messungen in Israel eine Erhöhung vor allem der negativen Ionen bei Regen und Schneefall fest. Schönwetter ergab einen Mittelwert, während Nebeltage die Konzentration besonders der negativen Ionen herabsetzten. SULMAN (1974) behauptet als einziger, daß der Föhn die Ionenkonzentration stark erhöht, da er dieses Phänomen bei Sharav (trocken heißer Wüstenwind) in Israel beobachtete. LEDL (1980) konnte im Salzburger Land bei schönem Wetter erhöhte Ionenwerte feststellen, während Regen, Schnee, Nebel und bedeckter Himmel niedrige Ionenwerte ergaben. An Schlechtwettertagen registrierten FISCHER, SCHÖBER und HERBST (1982) eine höhere negative als positive Ionenkonzentration, und Föhn verursachte ebenfalls keine Ionenerhöhung. Auch VARGA (1981) maß bei Schneeregen und Föhn mehr negative als positive Ionen. Schönwetter und Nebel bewirkten wieder mehr positive als negative Ionen, während Regen eine viel höhere positive als negative Ionendichte mit sich brachte.

In diesem Zusammenhang sollte man nicht unerwähnt lassen, daß die zum

Teil stark unterschiedlichen Meßergebnisse auch auf verschiedene Meßapparate zurückzuführen sind. Beinahe alle Wissenschaftler verwendeten unterschiedliche Ionenmeßgeräte.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß das Wettergeschehen sich lokal sehr differenziert auswirkt und daß Aerosole und Störfaktoren verschiedenartig auftreten und die Ionenhöhe unterschiedlich beeinflussen. Nur der Föhn wurde von den meisten Autoren und auch von mir nicht als schwerwiegender Störfaktor der Ionenkonzentration betrachtet.

### Relative Luftfeuchtigkeit

Aus der Gegenüberstellung von relativer Feuchtigkeit und positiven oder negativen Kleinionen geht klar hervor, daß die Ionenkonzentration mit sinkender relativer Feuchtigkeit ansteigt. Zu diesem umgekehrt proportionalen Zusammenhang kamen auch KNOLL, EICHMEIER und SCHÖN (1964) und WEHNER (1969). Das mag auf den ersten Blick verwundern, da bei einer relativen Feuchtigkeit von 20–40%, die nicht als angenehm empfunden wird, die Ionenanzahl am höchsten ist. Wenn man aber die Abhängigkeit der Ionenanzahl von der relativen Feuchtigkeit mit dem Tagesgang vergleicht, so entsprechen die Minima und Maxima des Tagesganges dem verkehrt proportionalen Zusammenhang zwischen relativer Feuchtigkeit und Kleinionen.

### Windrichtung/Windstärke

Die Windrichtung in einer Stadt kann, je nach den spezifischen lokalen Verhältnissen, die Kleinionenkonzentration erhöhen oder reduzieren, d. h. Wind aus Industrievierteln bringt stark verschmutzte Luft und vermindert daher die Kleinionenkonzentration, Wind aus Wohn- und Parkbezirken oder unverbautem Gebiet kann die Ionenkonzentration anheben. KNOLL, EICHMEIER und SCHÖN (1964) kamen ebenfalls zu dieser Auffassung.

Auch die Windstärke wird von der geographischen Umgebung beeinflusst. Im Klagenfurter Becken spielt der Wind eine eher untergeordnete Rolle, Nordwinde bringen hier die höchste Ionenkonzentration mit sich. Bei Süd- und Südwestwinden ist die Ionendichte am geringsten. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß der Nordwind die negativen Ionen stärker erhöht als die positiven, während bei allen anderen Windrichtungen die positiven Ionen vorherrschen.

Je mehr die Windstärke ansteigt, desto höher werden die Kleinionenkonzentrationen, d. h. bei Windstärke 1 ist die Ionendichte kleiner als bei Windstärke 4. Eine Ausnahme bilden allerdings Calmen, die die Kleinionenanzahl wieder erhöhen, was auch REITER (1964) feststellte. Starker Wind hebt außerdem die negative Ionendichte mehr an als die positive. Es kann daher behauptet werden, daß Ionenschwankungen auch von der Windgeschwindigkeit abhängig sind (SIKSNA und EICHMEIER, 1965).

Schon 1931 schrieb ISRAËL dem Nordwind eine eher geringe Ionenanzahl zu, dem Südwind (z. T. Föhn) eine höhere. Er beobachtete aber auch in Übereinstimmung mit meinen Untersuchungen, daß mit steigender Windstärke die Ionenanzahl zunimmt. Eine gegenteilige Vermutung sprachen SIKSNA und EICHMEIER (1965) aus. REITER (1964) stellte fest, daß einsetzender Wind am Tage die positiven Ionen erhöht. Bei Windabschwächung wird das Verhältnis der Ionenpolaritäten wieder vermindert. Das Klagenfurter Becken ist industriearm und besitzt einen guten Luftaustausch von West nach Ost. Bestimmte Windrichtungen können daher für die Ionenkonzentration keine starken Schwankungen bewirken. Der Nordwind trägt am ehesten frische Landluft mit sich und erhöht daher die Ionenkonzentration.

## Luftdruck

Die Gegenüberstellung von Luftdruck und Kleinionendichte ergab eine umgekehrt proportionale Abhängigkeit, die allerdings nur bei den positiven Ionen deutlich sichtbar wird. SIKSNA und EICHMEIER (1965) und KNOLL, EICHMEIER und SCHÖN (1964) bestätigten diese Beobachtung.

Der niedrige Luftdruck gibt radioaktive Gase frei und erhöht damit die Ionenkonzentration. Begünstigt wird dieser Vorgang durch ruhiges, windstilles Wetter. Auch SULMAN (1981) stellte fest, daß bei Luftdruckschwankungen erdgebundenes Radon frei wird.

Als Gegenstück zu den Messungen in einer Wohnung und in einem unterschiedlich frequentierten Schulhaus wurden Kleinionenmessungen im Erdinneren, d. h. in drei verschiedenen Stollen durchgeführt. Zu den Stollenmessungen gibt es bisher keine Vergleichswerte, da die technischen Bedingungen weitaus schwieriger sind.

In Hinblick auf die meteorologischen Parameter ergeben sich einige Änderungen. Temperatur und relative Feuchtigkeit sind in den drei Stollen zwar unterschiedlich hoch, aber jeweils konstant, d. h. die bei den Außenmessungen festgestellten Abhängigkeiten gelten nicht. Die Parameter Wetter und Wind können nur bedingt zur Analyse herangezogen werden.

Die drei Stollensysteme sind geographisch und klimatisch voneinander verschieden.

Der Gasteiner Heilstollen bei Böckstein (Salzburg) ist ein heißer (38°C) und feuchter (81%) Stollen in 1278 m Seehöhe.

Der Bleiberger Bergwerksstollen (Friedrichstollen) in Bad Bleiberg (Kärnten) ist ein kalter (7°C) und feuchter (98%) Stollen in 1000 m Seehöhe.

Der Kreuzbergstollen in Klagenfurt (Kärnten) ist ein kalter (10°C) und feuchter (98%) Luftschutzbunker in 440 m Seehöhe.

Allen drei gemeinsam ist eine staub- und allergenfreie Luft. Auch das  $n^+/n^-$ -Ionenverhältnis ist ähnlich, d. h. die positive Ionendichte ist immer

höher als die negative. Der wesentliche Unterschied der drei Stollen liegt in der Radonkonzentration. Anhand dieser Radonkonzentration sind auch die sehr unterschiedlichen Ionenwerte zu deuten. Im Gasteiner Heilstollen wurden 40.000 bis 140.000 positive und negative Kleinionen/cm<sup>3</sup> gemessen. Diese hohen und differierenden Ionenkonzentrationen sind auf den sehr hohen und auch schwankenden Radongehalt von 300 bis 4200 pC (pC = pico Curie) zurückzuführen (Abb. 3).

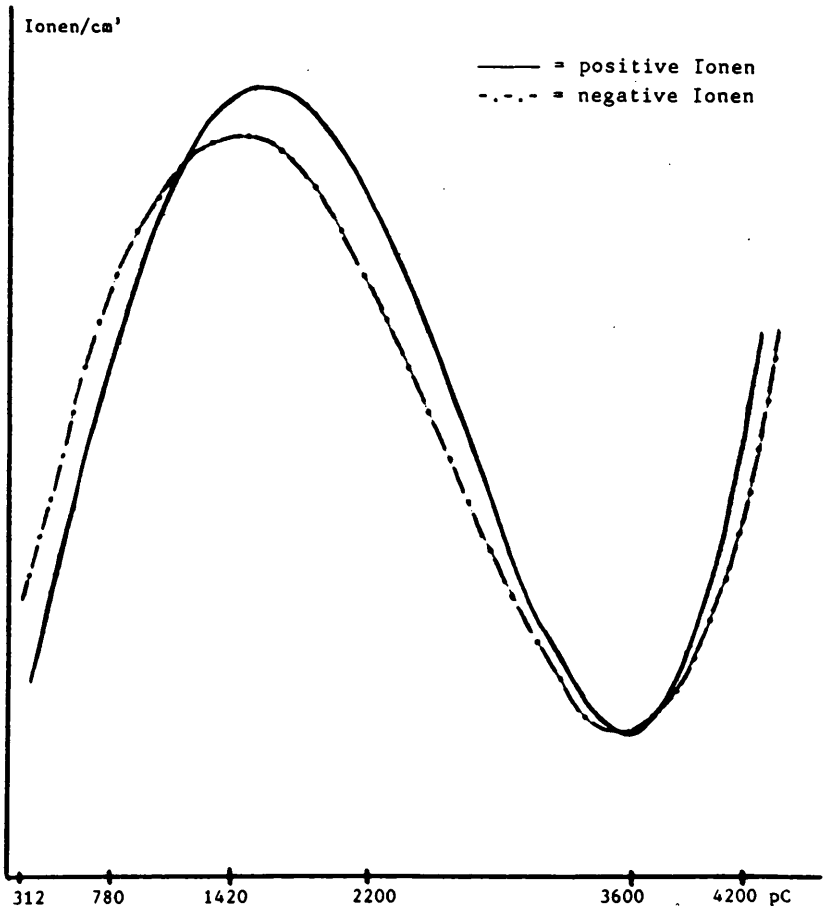
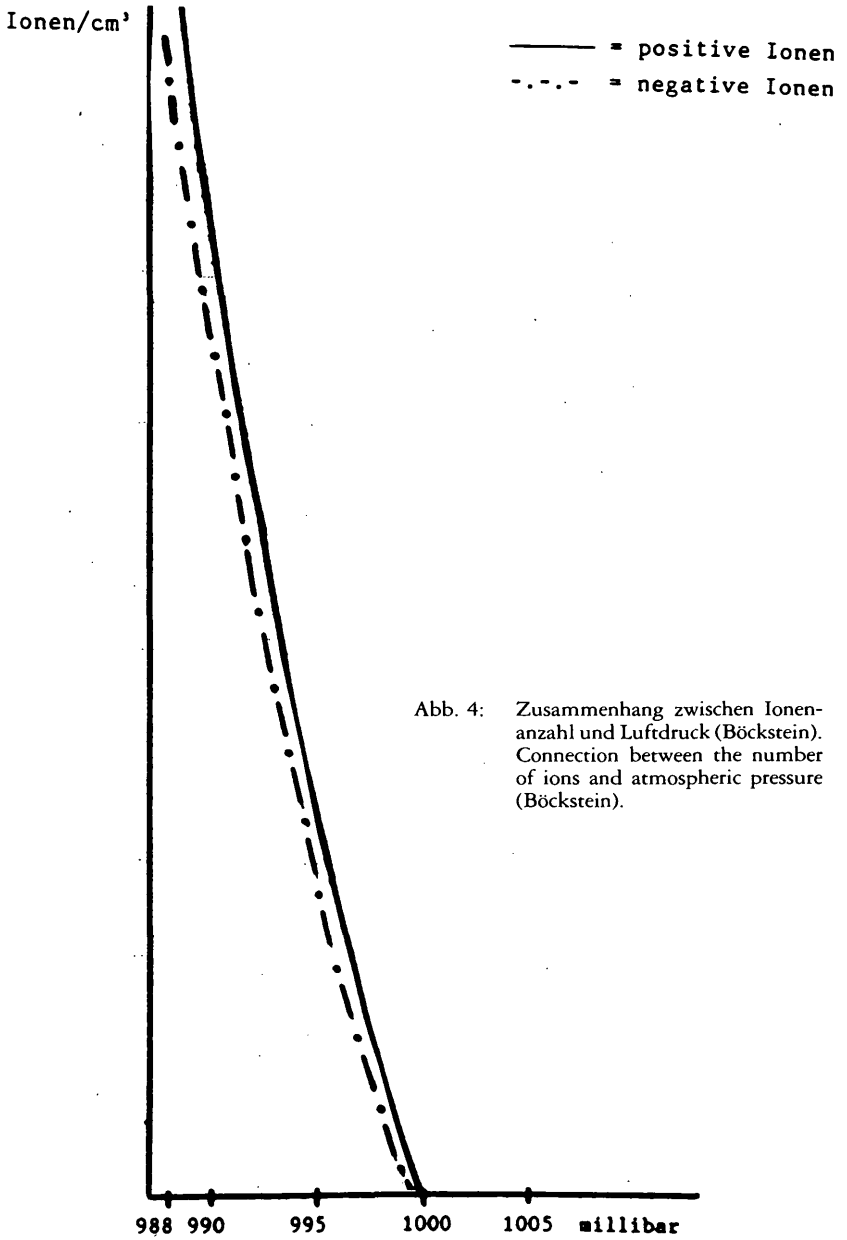


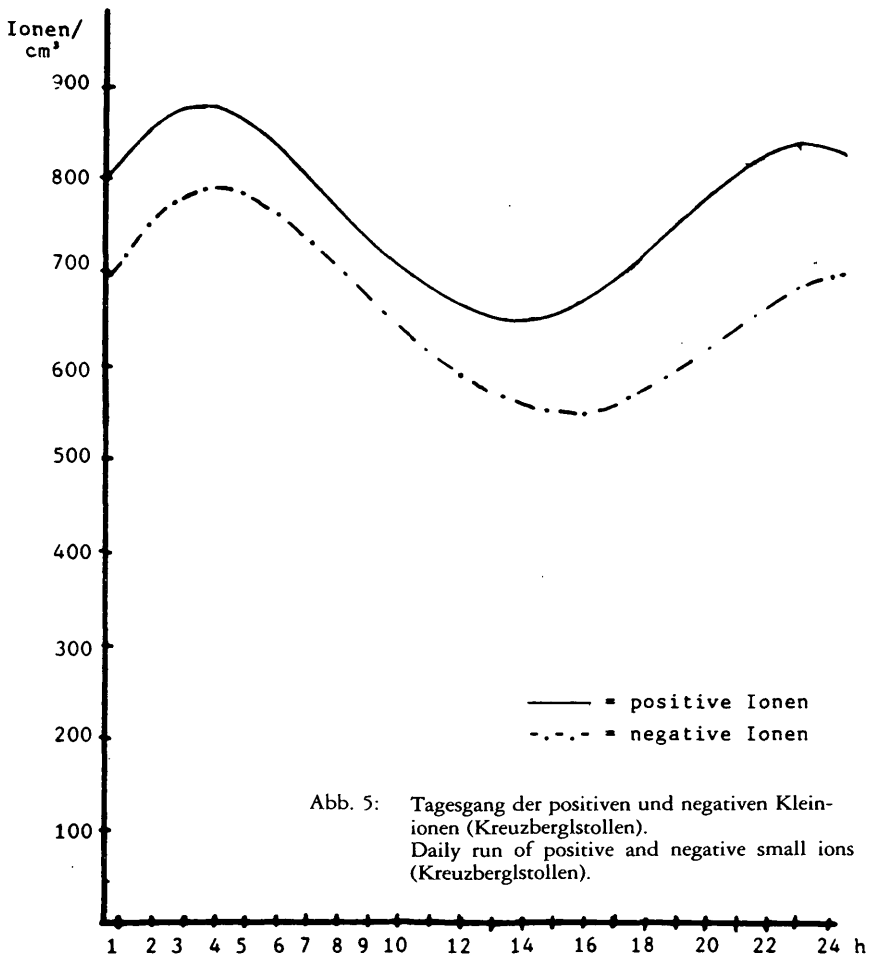
Abb. 3: Zusammenhang zwischen Ionenanzahl und Radongehalt der Luft (Gasteiner Heilstollen).  
Connection between the number of ions and the radon concentration in the air (Gasteiner Heilstollen).





Der Friedrichstollen hat bereits einen viel geringeren Radongehalt (etwa 70 pC), was sich auch auf die Ionenkonzentration auswirkt, die zwischen 4000 und 7000 positiven und negativen Ionen/cm<sup>3</sup> lag. Der Kreuzbergstollen weist fast keinen Radongehalt (etwa 3 pC) auf; dementsprechend schwanken auch die Ionenwerte zwischen 400 und 1500 Ionen/cm<sup>3</sup>.

Diese Gegenüberstellung zeigt klar, daß mit steigendem Radongehalt auch die Kleinionendichte zunimmt. Eine weitere Abhängigkeit kann in bezug auf den Luftdruck festgestellt werden. Dieser konnte aber nur beim Gasteiner Heilstollen und beim Kreuzbergstollen ermittelt werden. Für



beide Stollen läßt sich sowohl für positive als auch für negative Kleinionen aussagen, daß die Ionenanzahl tendenziell groß ist für niedrigen Luftdruck und klein für hohen Luftdruck (Abb. 4). Dieses Ergebnis wird durch die Feststellung von POHL und POHL-RÜLING (1961) bestätigt, die eine Erhöhung der Radon-Emanation im Stollenninneren bei Druckabfall und eine Abschwächung bei Druckanstieg feststellten.

Ein Tagesgang für den Gasteiner Heilstollen konnte auf Grund der Meßzeitpunkte nicht erstellt werden. Im Kreuzbergstollen konnte ein markanter Tagesgang beobachtet werden, nämlich ein Minimum zwischen 12<sup>h</sup> und 15<sup>h</sup> und ein Maximum bei den positiven Ionen um etwa 22<sup>h</sup>, bei den negativen Ionen um etwa 4<sup>h</sup> früh (Abb. 5). Im Friedrichstollen hingegen wurde ein Ionenkonzentrationsanstieg zwischen 8<sup>h</sup> und 12<sup>h</sup> und ein Rückgang bis 18<sup>h</sup> nur bei den positiven Ionen festgestellt. Allerdings war die Ionendichte besonders bei den negativen Ionen weit größeren Schwankungen unterworfen als im Kreuzbergstollen. Die Nachtmessungen wiesen allgemein einen sehr ruhigen Gang auf. Bei der Gegenüberstellung der Tagesgänge fällt auf, daß jener des Friedrichstollens mit dem der Außenmessungen fast übereinstimmt, während im Kreuzbergstollen genau das Gegenteil der Fall ist. Meiner Meinung ist dies darauf zurückzuführen, daß der Friedrichstollen eine viel schnellere und bessere Durchlüftung (daher eher mit den Außenmessungen vergleichbar) als der Kreuzbergstollen hat.

Das Wetter wurde nur bei den Friedrichstollen- und Kreuzbergstollenmessungen in Betracht gezogen. Im Friedrichstollen wirkten sich nur Gewittertätigkeiten markant aus, wobei die Ionendichte anstieg und in kurzen Abständen stark schwankte. Im Kreuzbergstollen konnte man dank der besseren Auswertung der meteorologischen Bedingungen eine Beziehung zu bestimmten Wetterphasen herstellen. So ist die positive Ionenanzahl bei bewölktem Himmel und starkem Regen relativ hoch, bei Boden- und Hochnebel relativ niedrig. Die negative Ionendichte ist ebenfalls höher bei bewölktem Himmel, jedoch niedriger als im Durchschnitt bei starkem Regen. Diese Wetterabhängigkeiten entsprechen ungefähr den Außenmessungen.

Auch eine gewisse Abhängigkeit vom Wind ist denkbar, da er mittels einer schwächeren oder stärkeren Sogwirkung und damit einer schnelleren Luftdurchmischung die Ionendichte beeinflussen kann. Allerdings war die Streuung der Windstärke so gering, daß man keine statistisch gesicherten Aussagen machen konnte.

Die Windrichtung konnte nur beim Kreuzbergstollen erfaßt werden und ergab bei Nordwind eine Erhöhung bzw. bei Süd- und Ostwind eine Verminderung der Ionendichte. Genau dieses Resultat erhielt man auch bei den Außenmessungen.

Bei allen Stollenmessungen wurden auch im Freien in der Nähe des Stolleneinganges Kontrollmessungen durchgeführt. Hier war das Ionenverhältnis ebenso wieder etwa 5:4 zugunsten der positiven Ionen. In

Böckstein wurden die höchsten Ionenwerte registriert. Das ist einerseits noch auf die Nähe des Stollens zurückzuführen, andererseits ist die Ionendichte in dieser Höhe (1278 m) doppelt so groß wie im Stadtgebiet. Die Ionenkonzentration schwankte daher zwischen 1000 und 3000 Ionen/cm<sup>3</sup>. Zu diesen Ergebnissen kamen auch ISRAËL (1931) und KNOLL, EICHMEIER und SCHÖN (1964). LEDL (1980) registrierte allerdings nur Werte um 1000 Ionen/cm<sup>3</sup>. Diese sind zwar höher als im Stadtgebiet, aber niedriger als die von mir beobachteten Konzentrationen.

Als weitere Kontrollmessung in dieser Höhenlage wurden Meßdaten in Mallnitz (1000 m; Kärnten) auf der Südseite des Alpenhauptkammes erfaßt. Hier betrug die Ionendichte nur 400 bis 1000 Ionen/cm<sup>3</sup>. Das entspricht etwa den Daten von LEDL (1980). Auch vor dem Friedrichstollen entsprechen die Werte den Landluftmessungen in der Literatur. Positive und negative Kleinionen schwankten hier zwischen 350 und 900 Ionen/cm<sup>3</sup>.

Vor dem Eingang des Kreuzbergstollens wurden dagegen etwas höhere Ionenwerte festgestellt. Sie lagen zwischen 400 und 1300 Ionen/cm<sup>3</sup>. Diese leichte Erhöhung wird meiner Meinung nach durch das umliegende Waldgebiet und den geringen Luftaustausch verursacht. Dies beobachteten auch ISRAËL (1931), der in Pflanzennähe (Boden) einen geringen Luftaustausch registrierte, und REITER (1964), der bei einem geringen Luftkörperwechsel eine erhöhte Ionenanzahl maß.

Die Ergebnisse der Meßreihen sind durchaus zufriedenstellend, da die Außenwerte einigen Vergleichsmessungen in anderen Ländern entsprechen und die Untersuchungen der Abhängigkeit von den einzelnen Parametern statistisch gesicherte Aussagen ergeben.

Die Stollenmessungen – als neuer Beitrag zu Kleinionenmessungen beider Polaritäten – untermauern die Beobachtung, daß die Ionendichte von Radongehalt, Luftdruck und aerosolhaltiger Luft abhängig ist. Ein gewisser Radongehalt und eine staub- und allergenfreie Luft erhöhen die Kleinionendichte. Deshalb hat sich bisher der Gasteiner Heilstollen als für Erkrankungen des Bewegungsapparates lindernd erwiesen. Stollen wie der Bleiberger Friedrichstollen oder der Kreuzbergstollen ergaben etwas bescheidenere Werte, die jedoch nicht unbeachtet bleiben sollten.

#### LITERATUR

- DELEANU, M. (1977): Veränderungen der Luftionisation in Arbeitsräumen. – Staub-Reinhalt. Luft 37:459–461.
- EICHMEIER, J. (1964 a): Wirkung atmosphärischer Ionen auf Bio-Rhythmen bei Menschen. – Physikalisch-diätetische Therapie 10:1–5.
- (1964 b): Eigenschaften und biologische Wirkungen atmosphärischer Kleinionen. – Die Umschau in Wissenschaft und Technik 14:420–422.

- EICHMEIER, J., H. RYSEL und R. ARM (1972): Messung der Kleinionen-, Großionen- und Kernkonzentration in unterirdisch gelegenen klimatisierten Räumen. – Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B 20:89–99.
- FISCHER, G., A. SCHÖBER und M. HERBST: Der Einfluß charakteristischer Wetterlagen im gemäßigt kontinentalen Klimabereich des südöstlichen Alpenvorlandes auf die Dichtegrade von positiven oder negativen Kleinionen in der Atmosphäre. – Geophysics and Bioclimatology, 261–269 (1982).
- ISRAËL, H. (1931): Lufterlektrische Messungen im Hochgebirge und ihre mögliche bioklimatische Bedeutung. – Gerlands Beiträge zur Geophysik 34:164–193.
- (1957): Lufterlektrizität und Radioaktivität. – 120 Seiten, Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- KNOLL, M., J. EICHMEIER und R. W. SCHÖN (1964): Properties, Measurements and Bioclimatic Action of "Small" Multimolecular Atmospheric Ions. – Advances in Electronics and Electron Physics 19:177–254.
- KORNBLUEH, J. H., und J. E. GRIFFIN (1955): Artificial Air Ionization in Physical Medicine. – Amer. J. Phys. Med. 34:618–631.
- KRUEGER, A. P., und E. J. REED (1972): Effect of the Air Ion Environment on Influenza in the Mouse. – Int. J. Biometeor. 16:25–48.
- KRUEGER, A. P., A. E. STRUBBE, M. G. YOST und E. J. REED (1978): Electric Fields, Small Air Ions and Biological Effects. – Int. J. Biometeor. 22:202–212.
- LEDL-KURKOWSKI, E. (1980): Messungen der Luftionisation und Lufterlektrizität in verschiedenen Höhenlagen; Veränderungen der Flimmerverschmelzungsfrequenz bei der Adaptation des Menschen an mittlere Höhenlagen. – Unveröffentlichtes Manuskript der Universität Salzburg, 14 Seiten (1980).
- MÖSE, J. R., G. FISCHER, P. WEISS und E. HUTTER (1976): Positive und negative Ionen beeinflussen die Aktivität der Nebennierenrinde. – Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 161:377–382.
- MÖSE, J. R., und G. FISCHER (1981): Zur gesundheitlichen Beurteilung von Hochhäusern. 2. Mitteilung: Bioklimatische Konsequenzen aus Vergleichsmessungen der Luftionisation in einem Hochhaus in einem stark verunreinigten Stadtgebiet, an der Stadtrandzone sowie in der Höhenlage. – Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 172:323–331.
- POHL, E., und J. POHL-RÜLING (1961): Die Aktivität der Luft des Thermalstollens von Badgastein-Böckstein und ihre Beeinflussung durch Witterungsfaktoren. – Wetter und Leben 13:114–120.
- REITER, R. (1964): Felder, Ströme und Aerosole in der unteren Troposphäre. 603 Seiten, Steinkopf-Verlag.
- SIKSNA, R., und J. EICHMEIER (1965): Continuous Recording of Small Air Ions in Closed Rooms. – Arkiv för Geofysik 4:563–576.
- STREBBINGS, J. (1976): Panel Studies of Acute Health Effects of Air Pollution. – Environmental Research 11:89–111.
- SULMAN, F. G. (1974): Bioklimatologie trocken-heißer Winde. Promet Meteorologische Fortbildung 4, 17–19.
- SULMAN, F. G., Y. PFEIFER, D. LEVY, L. LUNKAN und E. SUPERSTINE: Human Weather-sensitivity and Atmospheric Electricity. Israel Meteor. Research Papers 1, 42–63 (1977).
- UDERMANN, H., und G. FISCHER (1979): Untersuchungen über den Einfluß von positiven oder negativen Kleinionen auf den Katecholamingehalt im Gehirn der Mäuse. – Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 169:346–350.
- VARGA, A. (1981): Grundzüge der Elektrobiologie. 416 Seiten, Fischer-Verlag.
- WEHNER, A. P. (1969): Electro-Aerosols, Air Ions, and Physical Medicine. Amer. J. Phys. Med. 18:119–149.
- Anschrift des Verfassers: Mag. Dr. Elisabeth FUCHS-ROTHENPIELER, Lebmachergasse 6, A-9020 Klagenfurt, Österreich/Austria.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 1988

Band/Volume: [178\\_98](#)

Autor(en)/Author(s): Fuchs- Rothenpieler Elisabeth

Artikel/Article: [Ergebnisse einer bioklimatologischen Analyse der positiven und negativen Kleinionen einigen Tunnelsystemen Kärntens und Salzburgs 453-472](#)