

(Aus dem Laboratorium der Meteoropathologie [Leiter: Dr. W. N. Nekludow],
aus dem Laboratorium der Experimentalphysik [Leiter: Dozent Boschewolnow]
und aus der Abteilung der medizinischen Meteorologie [Leiter: Dr. S. W. Kauf-
mann], des Geophysischen Instituts der Zentralen Schwarzerdebodengebiets
[Direktor: W. N. Kunawin, Woronesch].)

Der Einfluß unipolar geladener Luft auf das weiße Blutbild bei Meerschweinchen.

Von

W. N. Nekludow, E. A. Nekludowa und A. I. Boschewolnow.

Mit 1 Abbildung im Text.

(Eingegangen am 2. Mai 1934.)

Die Aufklärung der Ursachen der Elektrizitätsleitungsfähigkeit der Luft infolge ihrer Ionisation, welche von den Physikern *Elster* und *Heitel* vor ungefähr 30 Jahren gegeben worden war, führt zu einer weitläufigen Ausarbeitung des gegebenen Problems. In der Tat können die verschiedenartigsten elektrischen Erscheinungen in der Atmosphäre (Nordlicht, Erdströme, Erscheinungen von Dampfkondensationen in der Atmosphäre) vom Gesichtspunkt der Luftionisation, als eines Grundfaktors, aufgefaßt werden (*A. P. Sokolow*)¹.

Versuche zur Erforschung der Frage der Wirkung der Luftionisation, als eines biologischen Faktors, werden seit langer Zeit gemacht.

Bereits 1777 wurde der Gedanke von dem Einfluß der elektrisierten Luft auf die Atmung von *Pristlei* ausgesprochen. Später wurde diese Frage von einer ganzen Reihe von Forschern studiert, wie *Schübler*², *A. P. Sokolow*^{3, 4, 5}, *Zunz*², *Stefens*², *Picard*⁶, die Schule *Dessauers*⁷, *Orlow*^{8, 9}, *Schtscherbak*^{10, 11}, *Kästner*¹², *Tschishevsky*¹⁴ u. a. In allen Versuchen, sowohl alten als neuen, an die Erforschung des Einflusses der ionisierten Luft auf den tierischen Organismus heranzutreten, begegnen wir dem Einfluß einer ganzen Reihe von Nebenfaktoren, welche man bei der Versuchsanordnung berücksichtigen muß. In der Tat entdeckte *Schönbein* schon 1840, daß man bei Elektrizitätsausströmung in die Luft in dieser Ozon nachweisen kann.

Über den Einfluß des Ozons auf den tierischen Organismus und über die Abhängigkeit der Ozonbildung von der Stromspannung haben wir ein bedeutendes Schrifttum — *Claude-Bernard*, *Gicker*, *Tschemesow*, *Bordieux*, *Chassi*, *Stein* u. a. Dabei muß man in den Bedingungen der Wirkung elektrisierter Luft im Auge haben, daß bei einer elektrischen Entladung in der Luft auch stickstoffhaltige Oxyde entstehen können (*Kawendisch*). Nach der Meinung *Dessauers* hat die von ihm vorgeschlagene Methode zur Erzeugung ionisierter Luft den Vorteil, daß man bei ihrer Anwendung ionisierte Luft ohne Zusatz von Ozon erhalten

kann. Infolgedessen erweist sich diese Methode als die wertvollste, hinsichtlich der Versuchsergebnisse bei der Erforschung des Einflusses ionisierter Luft auf den tierischen und menschlichen Organismus muß man auch eine ganze Reihe meteorologischer Faktoren (Feuchtigkeit, Luftströmung, Atmosphärendruck usw.) berücksichtigen. Nur unter der Bedingung allseitiger Prüfung, womöglich aller meteorologischer Faktoren, ist die richtige und tatsächlich wissenschaftliche Begründung der Rolle möglich, welche die Ionisation hinsichtlich biologischer Vorgänge spielt. Die vorliegende Arbeit erscheint als einzelne aus einer ganzen Reihe anderer, welche von einer Gruppe wissenschaftlicher Arbeiter (Therapeuten, Physiologen, Physiker, Physiko-Chemiker, Morphologen)

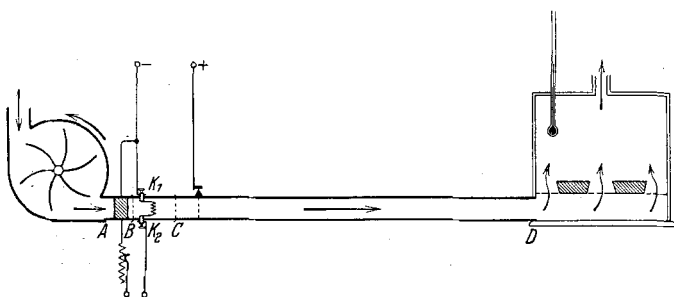


Abb. 1.

unternommen wurden in der Richtung einer ausführlichen Erforschung der Möglichkeit, eine ganze Reihe meteorologischer Faktoren, hauptsächlich aber von Elementen der atmosphärischen Elektrizität, auf den Verlauf tuberkulöser Vorgänge auszunützen. In unseren nachfolgenden Untersuchungen beabsichtigen wir mit mittleren Ionen zu arbeiten, nach der Methode *Dessauers* in unserer Modifikation. Da das Blutbild, ein klinischer Spiegel der somatischen Vorgänge (*Schilling*), im engsten Zusammenhang mit dem vegetativen Nervensystem steht und unseres Erachtens von der Art der Ionisierung beeinflusst wird, haben wir die Frage nach dem Verhalten des weißen Blutkörperchensystems unter der Einwirkung dieser Agenzien zum Ziel der vorliegenden Untersuchungen gemacht.

Bevor wir zur Herstellung unipolar geladener Luft nach der Methode *Dessauers*, d. h. mittels Zerstäubung durch eine hohe Temperatur einiger Salze und Oxyde von Metallen übergangen, führten wir eine Reihe von Vorversuchen aus, deren Wirkung auf etwas anderen Grundsätzen beruht als in der letzten Anordnung *Dessauers*. In der vorliegenden Arbeit benutzten wir folgendes Gerät zur Beobachtung der Wirkung ionisierter Luft auf Tiere.

Ein kleiner Ventilator, vom Typus Föhn, 16 cm (mit einem Durchmesser von 16 cm), wurde mittels eines Elektromotors in Bewegung gesetzt (Abb. 1). Der Luftstrom wird in eine Ausgangsröhre des Ventilators AB, mit einem Durchmesser von

4,2 cm, gelenkt, in welcher sich ein Filter aus Watte befindet, welcher die Luft von dem in ihr befindlichen Staub befreit. Auf die Röhre AB wird eine Muffe BC aufgesetzt, in welcher sich ein Erhitzungsdraht aus Nickelindraht mit einer Länge von $l = 15-20$ cm und einem Durchmesser von 0,3 mm befindet; seine Enden sind zu den Klemmen K_1 und K_2 hinausgeführt. Die Bestimmung des Erhitzungsdrahtes in der vorliegenden Arbeit besteht im Erwärmen der durch die Röhre eindringenden Luft und in der Aufrechterhaltung einer beständigen Temperatur in der Versuchskammer. Die Luft in der Kammer wurde bis zu 20°C durch Regulierung des Glührheostats erwärmt. Sodann folgt eine Glasröhre CD mit demselben Durchmesser, welche an der Muffe BC befestigt ist und in welcher sich ein Metallring befindet, in einer Entfernung von 4,5 cm vom Hitzedraht. Dieser Ring ist die zweite Elektrode zur Bildung eines elektrischen Feldes im Raum zwischen dem Hitzedraht und diesem Ring. Die erste Elektrode mit Hochspannung ist der Hitzedraht. Die Röhre CD tritt in den unteren Teil der Kammer ein. Die Kammer hat einen Deckel, in welchem sich eine Öffnung zum Austritt der Luft befindet, und auf ihm ist ein Thermometer befestigt. Der Hitzedraht wurde vermittels eines Transformators vom städtischen Netz gespeist mit einer Belastung von 4–6 Ampere. Das elektrische Feld wurde durch Zuführung der Potentialdifferenz von der *Rumkorff*-Spule mit einem spitzendigen Gleichrichter zum Hitzedraht und zum Ring gebildet. Der maximale Wert der Potentialdifferenz, welche diesen Elektroden zugeführt wurde, erreichte 9–10 kV. Die Messung der Hochspannung wurde mit dem Kugelvoltmeter ausgeführt. Die Ionisation einzelner Moleküle der Gase, aus welchen die Luft besteht (O_2 , CO_2), geht in unserem Apparat infolge eines ganzen Komplexes von Ursachen vor sich. Als wirksamster Ionisator erweist sich in diesem Fall das elektrische Feld. Der Hitzedraht, welcher zu einer Spirale gewunden ist und gleichzeitig als einer der Pole der Hochspannung dient, hat eine bedeutende Krümmung ($2r = 0,3$ mm). Folglich herrscht an seiner Oberfläche ein bedeutender Potentialgradient, welcher genügend ist, um hier eine bedeutende Ionisation hervorzurufen. Außer dieser Ursache, welche eine Ionisation hervorruft, hat auch die hohe Temperatur des Hitzedrahtes Bedeutung, die erhitzte Luft im kleinen Raum um den Hitzedraht wird ionisiert, außerdem verkleinert die hohe Temperatur, wie das schon *McClung*, *Erikson* und *Phillips* gezeigt haben, den Koeffizienten der Rekombination, was gleichfalls einer gewissen Zunahme der Ionenzahl in einer Raumeinheit förderlich ist. Endlich können vereinzelt Moleküle des von der Oberfläche des Hitzedrahtes sich zerstäubenden Metalls, aus welchem dieser Draht besteht, Bedeutung haben. Uns scheint es, daß auch in der Anordnung *Dessauers* diese Ionisatoren, abgesehen von der Wirkung des erhitzten MgO , eine Bedeutung haben, weil bei einem positiv geladenen Ring das Verteilungsfeld in dieser Anordnung gleichfalls zum Hitzedraht MgO gerichtet ist als zum nächsten Leiter mit einem Nullpotential. Indem er durch seine Krümmung wie mit einer stumpfen Spitze wirkt, ergibt der Hitzedraht dank seiner Länge keine elektrischen Ausströmungen und folglich keine Bildung verschiedener Beimischungen (Ozon, Stickstoffoxyd und anderes), welche häufig, mit Hilfe der Spitze, die Ionisation begleiten. Die Gasionen, welche vermittels des elektrischen Feldes nach ihrem Zeichen verteilt sind, stellen sich den Kraftlinien des Feldes entlang um. Da wir hauptsächlich mit negativ geladener Luft arbeiteten, lenkten wir die positiven Ionen zum Hitzedraht, die negativen zum Metallring, indem wir diesen Elektroden den entsprechenden Ladungssinn zuführten. Wenn wir die Beweglichkeit der leichten Gasionen bei Zimmertemperatur und bei normalen Druck in trockener Luft gleich

$$K_+ = 1,37 \frac{\text{cm}}{\text{sec}} / \frac{\text{Volt}}{\text{cm}} \text{ und } K_- = 1,90 \frac{\text{cm}}{\text{sec}} / \frac{\text{Volt}}{\text{cm}}$$

annehmen und bei unseren Versuchen einen mittleren Gradienten des Feldes von $2000 \frac{\text{Volt}}{\text{cm}}$, können wir leicht ersehen, daß die Luftströmung, welche durch den

Ventilator hervorgerufen ist und in unseren Versuchen eine Geschwindigkeit von $1,3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ hat, die Bewegungsgeschwindigkeit der positiven Ionen vermindert, aber nicht genügend ist, um sie zum Ring F zurückzuwerfen. Umgekehrt erhalten die negativen Ionen vom Ventilator eine gewisse Mehrgeschwindigkeit und treten in den Raum der Röhre ein, welcher hinter dem Ring A liegt. Weiter bewegen sie sich längs der Röhre mit einer für die ganze Luftströmung, welche durch den Ventilator hervorgerufen ist, gleichen Geschwindigkeit. Auf diese Weise gelingt es, unipolar geladene Luft mit bedeutendem Überwiegen eines Zeichens über das andere zu erhalten. Indem wir die Dicke des Wattefilters, welcher die Luftströmung aufhält, regulieren und gleichfalls die Stärke des Glühstroms, kann man sowohl eine bestimmte Geschwindigkeit des Durchgangs der Luft durch die Kammern, als auch eine Beständigkeit der Temperatur in derselben erreichen. Zur Bestimmung des Zeichens der Ionen und auch des Grades der Ionenkonzentration in 1 ccm wurde von uns die Schirmmethode angewandt, die Messung der Luftströmungsgeschwindigkeit aber wurde mit dem Anemometer ausgeführt. Die Scheibe des Meßschirms, mit einem Durchmesser von 8,5 cm, befand sich in einer geerdeten Metallhülle und war durch ein Galvanometer (Empfindlichkeit $1,8 \cdot 10^{-9}$ Ampere) mit der Erde verbunden. Mit der offenen Seite wurde diese Scheibe auf die Bahn der Bewegung der ionisierten Luft gestellt beim Austritt der letzteren aus der Röhre in die Kammer und beim Austritt aus der Kammer nach außen; der Einfluß der Lufttemperatur auf die Stärke des zu messenden Stroms wurde durch Vergleichsversuche festgestellt. Indem wir die Stärke des Stroms durch das Galvanometer bestimmen und der Flächeninhalt der Meßscheibe uns bekannt ist und, wenn wir die Ladung eines einzelnen Ions gleich einer elementaren Ladung annehmen, finden wir die Dichte des Ionenstroms oder die Anzahl der Ionen, welche in 1 Sek. auf $\frac{1}{\text{qcm}}$ entfallen, d. h.

$$n = \frac{i \cdot 3 \cdot 10^9 \text{ Ionen}}{e \cdot s \cdot \frac{1}{\text{qcm/sec}}},$$

wobei e die elementare Ladung, s der Flächeninhalt des Schirms ist. Nachdem wir jetzt die Geschwindigkeit der Luftbewegung n mit Hilfe des Anemometers bestimmt haben, ermitteln wir annähernd die Ionenzahl in 1 ccm als Quotienten der Division von n durch u , d. h. $\frac{n}{u} = \frac{i \cdot 3 \cdot 10^9 \text{ Ionen}}{e \cdot s \cdot u \cdot \frac{1}{\text{ccm}}}$. Es muß vermerkt werden, daß die Schirmmethode, welche von uns zur annähernden Bewertung der Ionisationsgrade angewandt wurde, nicht ganz vollkommen ist. Nichtsdestoweniger aber haben, wie spezielle Untersuchungen dieser Methode gezeigt haben, die unvorteilhaften Bedingungen, welche diese Methode begleiten, keinen bedeutenden Einfluß auf das Ergebnis der Messungen. In unseren Versuchen erreicht der Ioneninhalt in 1 ccm, im Durchschnitt von vielen Messungen, beim Eintritt der Luft in die Kammer die Größe von $2,2 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{ccm}}$. Die Messung der Ionenmenge in 1 ccm Luft, welche aus der Kammer austritt, weist auf eine bedeutende Verminderung des Ioneninhalts hin. Diese Ionenmenge beim Austritt der Luft aus der Kammer, kann man in unseren Versuchen zu $1,4 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{ccm}}$ annehmen, d. h. beim Durchgang der Luft durch das Holzgitter der Kammer, die Öffnung im Deckel und auch infolge der Rekombination und der Diffusion gehen gegen 40% verloren. Interessant ist auch die Tatsache, daß dieser Prozentverlust bedeutend anwächst und eine Größe von 60% erreicht, wenn sich im Käfig Tiere befinden.

Beobachtungen der Feuchtigkeit und der Temperatur der Luft in der Ionisationskammer wurden mit dem Psychrometer *Assmanns* ausgeführt.

Es wurden mehrere Ablesungen in der Kammer ohne Tiere und in der Kammer mit den Versuchstieren vorgenommen. Die Ablesungen der ersten Beobachtungen ergaben folgende Resultate: Die Lufttemperatur

15,4° C, diejenige des angefeuchteten Thermometers 9,0° C, die absolute Feuchtigkeit 5,4 mm, die relative Feuchtigkeit 41 %.

Als wir nach der ersten Ablesung die Tiere in die Kammer untergebracht hatten, wiederholten wir die Beobachtungen. Es wurden dabei etwas andere Angaben gewonnen: die Lufttemperatur 15,1° C, die des angefeuchteten Thermometers 9,0°, die absolute Feuchtigkeit 5,6 mm, die relative Feuchtigkeit 43 %.

Die Luftbewegung ist in der Kammer so gering, daß sie durch ein Anemometer nicht festzustellen war. Die Meerschweinchen, welche von uns zum Versuch genommen wurden, waren normale Tiere mit einem Gewicht von 400 bis zu 600 g. Der Versuch bestand in folgendem: Bei den Tieren wurde im nüchternen Zustand, vor dem Versuch, Blut aus dem Ohr entnommen, zur Bestimmung der Leukocytenzahl und zur Berechnung der leukocyitären Formel. Darauf wurden die Meerschweinchen in der Kammer untergebracht, in welche mittels des Ventilators unipolar geladene Luft hineingetrieben wurde. Die Tiere befanden sich in der Kammer 1—3 Stunden, worauf das Blut von neuem untersucht wurde sowohl hinsichtlich der Gesamtzahl der Leukocyten als auch hinsichtlich der leukocyitären Formel.

Außerdem wurde das Blutbild nach 24 Stunden untersucht, bei einigen Tieren aber 3 Stunden nach dem Versuch. Außer kurz dauernden Einwirkungen der Aeroionisationen auf die Meerschweinchen führten wir gleichfalls Untersuchungen über den Einfluß andauernder Einwirkungen derselben auf das weiße Blutbild aus.

In der gegebenen Versuchsreihe wurden die Tiere täglich der Einwirkung negativ geladener Aeroionen im Verlauf von 2—2½ Stunden unterworfen. Die Untersuchung des Blutes wurde am Morgen des nächsten Tages, am nüchternen Tier, ausgeführt, bevor es von neuem der Aeroionisation unterzogen wurde. Die Gesamtzahl der Leukocyten wurde in der Türkschen Kammer ausgezählt. Die Bestimmung der Leukocyitärformel wurde nach *V. Schilling* ausgeführt (es wurden bis zu 500 Zellen ausgezählt).

Außerdem wurde auf das Allgemeinbefinden der Tiere achtgegeben. Unsere Versuche kann man in zwei Teile einteilen: nach Einwirkung negativ geladener und nach Einwirkung positiv geladener Aeroionen. Die Vergleichsversuche, welche von uns angestellt wurden, spiegelten alle Bedingungen wieder, in welchen sich die Tiere während der Einwirkung unipolar geladener Luft befanden, einschließlich des Geräusches der Arbeit des Ventilators, mittels Schluß der Wirkung der ionisierten Luft selbst.

Dem Versuch wurden 57 Meerschweinchen unterzogen. Wenn wir die von uns erhaltenen Befunde durchsehen, können wir feststellen, daß die negativ geladenen Aeroionen bei einer bedeutenden Zahl von Versuchen in den ersten Momenten nach dem Versuch eine Leukopenie hervor-

riefen. Nach 3 Stunden ging die Leukopenie in eine Leukocytose über, welche freilich keine große Höhe erreichte. Nach 24 Stunden hatte die Leukocytenzahl wieder die normale Größe, welche bei den Tieren in natürlichen Bedingungen gewöhnlich beobachtet wurde.

Im Bild der leukocytären Formel sind bedeutende Monocyten in die Augen fallend, welche in einigen Fällen bis zu 19% erreichten. In einer Reihe von Versuchen verschwanden die eingetretenen Monocytosen nach Verlauf von 24 Stunden nach dem Versuch. Diese Erscheinung wurde jedoch bei weitem nicht immer beobachtet. In einigen Fällen drückte sich die Zahl der Monocyten in ziemlich hohen Ziffern aus, noch 27 Stunden nach dem Versuch. Außer dem Anwachsen der monocytären Fraktion kann man im weißen Blutbild in einer Reihe von Fällen eine Zunahme der Eosinophilen nach dem Versuch vermerken im Vergleich mit der Eosinophilenzahl vor dem Versuch, hinsichtlich der Pseudoeosinophilen wurde in einigen Fällen eine prozentuale Zunahme der Pseudoeosinophilen nach dem Versuch beobachtet. Bei einigen Tieren jedoch bleibt die prozentuale Menge der Pseudoeosinophilen nach dem Versuch ohne Veränderung oder in einigen Fällen wird sogar eine prozentuale Abnahme der Pseudoeosinophilen im Vergleich mit ihrer Zahl vor dem Versuch beobachtet. Linksverschiebungen nach *Schilling* wurden in der leukocytären Formel nicht verzeichnet.

Bei der Mehrzahl der Versuchstiere kann man eine Abnahme der prozentualen Lymphocytenzahl bemerken.

Aber auch hier kommen vereinzelte Fälle vor, in welchen der prozentliche Gehalt von Lymphocyten nach dem Versuch keine schroffen Veränderungen ergibt im Vergleich mit den Angaben vor dem Versuch. Die Veränderung des weißen Blutbildes bei Einwirkung positiv geladener Aeroionen auf Meerschweinchen zeigt ein der vorhergehenden Versuchsreihe etwas ähnliches Bild. Hier muß gleichfalls in der Mehrzahl der Fälle das Auftreten einer Leukopenie nach dem Versuch verzeichnet werden.

In einer ganzen Reihe von Fällen wurde jedoch keine Leukopenie beobachtet, oder wenn eine solche bemerkbar war, so in einem bedeutend geringeren Grade als im Vergleich mit der vorhergehenden Versuchsreihe. 3 Stunden nach den Versuchen wurde ebenfalls ein Übergang der Leukopenie in eine unbedeutende Leukocytose beobachtet.

Das nach dem Versuch eintretende Ansteigen der Monocytenzahl ist in der leukocytären Formel weniger ausgeprägt, als in der Versuchsgruppe bei Einwirkung auf die Tiere negativ geladener Aeroionen. Nach Verlauf von 24 Stunden nach dem Versuch kam der Monocytengehalt zur Norm zurück. Man muß jedoch betonen, daß in einer Reihe von Fällen die Zunahme der prozentualen Anzahl der Monocyten mehr als 24 Stunden nach dem Versuch dauerte. In einigen Fällen konnte man übrigens ein Fehlen von Veränderungen der Verhältniszahl der Monocyten vor und nach dem Versuch vermerken.

Die Eosinophilenzahl im Blut bleibt in der gegebenen Versuchsgruppe ohne bedeutende Veränderungen. Nur in einigen Fällen steigt die Zunahme des Gehalts der Eosinophilen im Blut im Vergleich mit der Norm vor dem Versuch.

Hinsichtlich der pseudoeosinophilen Fraktion muß man in einer Reihe von Fällen eine Abnahme der Pseudoeosinophilen, in anderen Fällen aber eine Zunahme der Pseudoeosinophilenzahl vermerken im Vergleich mit der Norm vor dem Versuch. Die lymphocytäre Fraktion zeigte Neigung zum Abfall der Lymphocyten nach dem Versuch, mit Ausnahme einiger Fälle, welche ohne bedeutende Veränderungen verliefen. Eine Linksverschiebung nach *Schilling* wird in der leukocytären Formel nicht verzeichnet.

Eine andauernde tägliche Einwirkung negativ geladener Aeroionen auf Meerschweinchen, mit Untersuchung des Blutbildes, nüchtern, vor Beginn des Versuchs, ergibt eine ganze Reihe von Abweichungen von dem weißen Blutbild im Vergleich mit der Norm. Zunächst kann man bei andauernder Einwirkung auf die Meerschweinchen negativ geladener Aeroionen die Entwicklung einer Leukocytose bemerken, welche in dem einen oder anderen Fall mehr oder weniger deutlich ausgeprägt ist. In 2 Fällen konnten wir allerdings keine Verschiebungen hinsichtlich der Gesamtzahl der Leukocyten bemerken.

In der leukocytären Formel muß man vor allem die Zunahme der Monocyten hervorheben. Die Monocytenzahl nimmt beim Aufhören der Einwirkung negativ geladener Aeroionen bedeutend ab. In einem Fall konnten wir keine Zunahme der Monocyten nach einer andauernden Einwirkung negativ geladener Aeroionen feststellen. Bei der gegebenen Versuchsanordnung beobachtet man bei der Mehrzahl der Versuchstiere eine bedeutende Zunahme der Pseudoeosinophilen. Beim Aufhören der Aeroionisation nimmt der prozentliche Gehalt der Pseudoeosinophilen bei den Versuchstieren wiederum ab. In einem Fall waren wir nicht imstande, eine Zunahme der Pseudoeosinophilen zu bemerken. Linksverschiebungen nach *Schilling* wurden gleichfalls nicht beobachtet. Die von uns angestellten Vergleichsversuche ergaben keine bedeutenden Veränderungen im weißen Blutbild bei Meerschweinchen. Die Leukocytenzahl schwankte während der Versuchsperiode und nach dem Versuch in den Grenzen der gewöhnlichen Veränderungen. In einigen Fällen ging eine kleine Abnahme der Monocyten nach dem Versuch vor sich, im Vergleich zu der Norm vor dem Versuch. Bedeutende Veränderungen hinsichtlich der lymphocytären und pseudoeosinophilen Fraktionen wurden von uns nicht beobachtet. Es waren auch irgendwelche Veränderungen hinsichtlich der Linksverschiebung der Formel nach *Schilling* nicht vorhanden. Die Schwankungen der oben aufgezählten Fraktionen bewegten sich in den gewöhnlichen Grenzen, welche von uns (*V. N. Nekludow* und *E. A. Nekludowa*), in einer der vorhergehenden Untersuchungen erforscht

waren. Die Beobachtungen des Allgemeinbefindens der Tiere ergeben folgendes Bild: Anfänglich legten die Versuchsmeerschweinchen, welche in die Ionisationskammer gebracht worden waren, im Verlauf der ersten 10 Min. Unruhe an den Tag; sie verging im weiteren; die Tiere beruhigten sich und saßen 1 Stunde lang oder etwas mehr unbeweglich. Am Ende der 2. und im Anfang der 3. Stunde konnte man bei einigen Tieren wieder eine Zunahme der Beweglichkeit und Unruhe bemerken. Die aus der Kammer in die Käfige übergeführten Tiere fielen mit Gier über das Futter her, was bei den Meerschweinchen, welche ohne Futter in einen anderen Käfig auf ebenso lange Zeit gesetzt worden waren, nicht beobachtet wurde. Eine häufige Diurese, als gesetzmäßige Erscheinung, wurde bei den Tieren beobachtet, welche sich unter der Wirkung negativ geladener Aeroionen befunden hatten; dies bestätigt Befunde der *Dessauer*-schen Schule an klinischem Material.

Während wir den Einfluß der Aeroionisation auf das weiße Blutbild studierten, wie wir schon oben bemerkten, gelang es uns, ein bedeutendes Ansteigen des Prozents der Monocyten in der leukocyitären Formel zu entdecken sowohl bei kurz dauernder Einwirkung negativer und positiver Aeroionen als auch bei andauernder täglicher Einwirkung negativ geladener Aeroionen. Zugleich gelang es uns auch nachzuweisen, daß die Gesamtzahl der Leukocyten bei verschiedenen Anordnungen des Versuchs sich gleichfalls vergrößert, indem sich die Leukopenie bei kurz dauernder Einwirkung der Ionisation in eine Leukocytose umwandelt und als chronische andauernde Leukocytose bei täglicher Einwirkung der Aeroionisation auf die Meerschweinchen erscheint. Inwiefern die von uns beobachteten Monocytosen sich als die beständigsten Merkmale erweisen, welche bei Meerschweinchen bei der Einwirkung der Ionisation auf sie auftreten, wird es natürlich interessant sein, die Erscheinung der Monocytose, welche bei den eigenartigen Bedingungen des Versuchs entsteht, zu analysieren. Die bei der Mehrzahl der Tiere im Anfang des Versuchs auftretende Leukopenie kann als eine Erscheinung der Verteilung der Leukocyten in verschiedenen Gebieten des Gefäßsystems erklärt werden. Uns scheint es, daß der Ionisationsfaktor (d. h. die unipolar geladene Luft), indem er auf die enorme Oberfläche unserer Alveolen wirkt, sich als Faktor erweist, welcher vor allem auf die Enden des vegetativen Nervensystems wirkt. Diese Voraussetzungen werden auch anscheinlich durch die von *Putschkowsky* und *Nekludow*¹⁹ erhaltenen Befunde bestätigt.

Es erweist sich, daß die Dosierung der Aeroionisation, mit welcher wir arbeiten, während sie auf den Gehalt der Gesamtmenge der Leukocyten im Blut wirkt, auf eins der charakteristischen Merkmale des Eiweiß — Albumins —, den Zustand seiner Schutzeigenschaften, keine Wirkung ausübt. Zugleich erweist sich der Zustand der Schutzeigenschaften einzelner Eiweißfraktionen, welcher einen Zusammenhang mit

der Dispersität des Eiweißmoleküls hat, als ziemlich empfindliche Eigenschaft des letzteren.

Die in den ersten Momenten beobachtete Leukopenie geht im weiteren in eine Leukocytose über. Aller Wahrscheinlichkeit nach sind die zweite Phase der Leukocytose bei kurz dauernder Aeroionisation und die Leukocytosen bei andauernder, täglicher (2stündiger) Einwirkung des oben-erwähnten Faktors Leukocytosen, welche von einer Vermehrung der monocytären Fraktion im Blut begleitet werden. Davon ausgehend, wäre es sehr einfach, eine Erklärung der Ionisationseinwirkung zu geben, wenn wir den Ursprung der Monocyten kennen würden.

Es scheint uns, daß der Zustand des Lungencapillarnetzes während der Aeroionisation bei verschiedenen Dosierungen sich bedeutend verändert, was von uns in den entsprechenden Untersuchungen aufgeklärt wird. Im Zusammenhang damit aber wird es uns vielleicht gelingen, einen der Wege des Ursprungs der Monocytosen bei der Aeroionisation ins Auge zu fassen. Zugleich erweisen sich, wie wir aus der Meinung der Mehrzahl der Autoren ersahen, Monocyten und Histiocyten als Zellen, welche einen genetischen Zusammenhang mit dem retikulärendothelen Gewebe haben. Deshalb können unsere Voraussetzungen vollkommen wahrscheinlich sein, daß man die Erscheinungen der Monocytosen beim Einfluß der Aeroionisation auf Meerschweinchen vom Gesichtspunkt einer Steigerung der funktionalen Tätigkeit des retikulärendothelen Gewebes, in neuen Bedingungen ungewohnter Reize, betrachten kann.

Diese Voraussetzung wird auch bei Analyse der leukocytären Formel bei Tieren, welche der Aeroionisation unterzogen wurden, bestätigt.

Zusammenfassung.

1. Kurz dauernde Einwirkung negativer und positiver Aeroionen auf Meerschweinchen ruft bei den letzteren die Entwicklung einer Leukopenie hervor, welche im weiteren in eine unbedeutende Leukocytose übergeht.

Andauernde Einwirkung negativ geladener Aeroionen ruft bei der Mehrzahl der Versuchstiere eine Leukocytose hervor. Die Vergleichsversuche ergeben keine schroffen Verschiebungen hinsichtlich der Gesamtzahl der Leukocytosen.

2. Im Bild der leukocytären Formel wird bei kurz dauernder Einwirkung negativer und positiver Aeroionen und gleichfalls bei andauernder Einwirkung negativ geladener Aeroionen auf Meerschweinchen eine Vergrößerung des Prozents der Monocyten beobachtet, welche zuweilen bedeutende Größen erreicht. Bei kurz dauernder Einwirkung der Aeroionisation hält die prozentuale Zunahme der Monocyten, in einer Reihe von Fällen, im Laufe von 24 Stunden nach dem Versuch an.

Andauernde Einwirkung negativ geladener Aeroionen ruft bei der Mehrzahl der Versuchstiere eine chronische Monocytose hervor. Die

Erscheinungen von Monocytosen, welche von uns bei Meerschweinchen beobachtet wurden, welche der Aeroionisation unterworfen worden waren, erscheinen aller Wahrscheinlichkeit nach infolge der Steigerung der funktionalen Tätigkeit das retikulärendothelen Gewebes in neuen Bedingungen ungewohnter Reize.

3. Kurz dauernde Einwirkung positiver oder negativer Aeroionen auf die Tiere, in den von uns angewandten Dosierungen, ruft bei der Mehrzahl der Tiere eine Vergrößerung des Prozents der Pseudoeosinophilen und eine Verminderung der Lymphocyten hervor.

Die obenerwähnte Erscheinung kann man auch bei andauernder Einwirkung negativ geladener Aeroionen auf die Tiere beobachten.

Linksverschiebungen nach *Schilling* in der leukocyitären Formel werden bei den obenerwähnten Versuchsanordnungen nicht beobachtet.

4. Die Vergleichsversuche ergeben keine schroffen Veränderungen sowohl in bezug auf die Gesamtzahl der Leukocyten als auch bezüglich einzelner Leukocytenfraktionen.

5. Die häufige und reichliche Diurese, welche bei Tieren in der Ionisationskammer beobachtet wurde, bestätigt die Befunde der *Dessauer*-schen Schule an klinischem Material.

Schrifttum.

- ¹ *Sokolow, A. P.*: Kurortwesen (russ.) **1925**, Nr 1/2. — ² *Schübler* (nach *M. M. Anikin*): Kurorte, Physiotherapie u. Arbeitererholung (russ.) **1932**, Nr 1/2. — ³ *Sokolow, A. P.*: Z. russ. bahn. Ges. **1904**. — ⁴ *Sokolow, A. P.*: Arbeit u. Lebensweise der Mediziner. Moskau **1925**, H. 3. — ⁵ *Sokolow, A. P.*: J. Vervollkommnung Ärzte. (Leningrad) September **1925**. — ⁶ *Picard*: Strahlenther. **16**, H. 3/4 (1924). — ⁷ *Dessauer*: Zehn Jahre Forschung auf dem physikalisch-medizinischen Grenzgebiet. 1931. — ⁸ *Orlow*: Tuberkulose (russ.) **6**, Nr 7/8 (1928). — ⁹ *Orlow*: Kurortwesen (russ.) **1929**, Nr 1. — ¹⁰ *Schtscherback, A. E.*: Nachr. Inst. physisch. Heilungsmeth. (russ.) **1**, 805—966 (1927). — ¹¹ *Schtscherback, A. E.*: Nachr. Setschenowschen Inst. Sebastopol **1** (russ.). — ¹² *Kestner*: Z. Biol. **73** (1921). — ¹³ *Chvolson*: Abh. Afanasiew (russ.) **5**, Kap. 10. — ¹⁴ *Tschishewsky, A. A.*: Arb. prakt. Labor. Zoopsychol. (russ.) (1928) **1**. — ¹⁵ *Schilling, V.*: Das Blutbild und seine klinische Verwertung. — ¹⁶ *Nekudow, W. N.* u. *E. A. Nekudowa*: Virch. Arch. **280**, H. 2 (1931). — ¹⁷ *Anischkow, N. N.*: Die Lehre vom reticulärendothelen System (russ.). Moskau-Leningrad 1930. — ¹⁸ *Putschkowsky* u. *Nekudow*: Kolloid-Z. **66**, H. 2 (1934). — ¹⁹ *Schilling*: Z. klin. Med. **88**, 377 (1919). — ²⁰ *Siegmund*: Verh. dtsh. path. Ges. **18**, 58 (1921). — ²¹ *Paschkis*: Virchows Arch. **259**, 316 (1926). — ²² *Schilling*: Z. klin. Med. **88**, 377 (1919). — ²³ *Schilling*: Med. Klin. **22**, 563 (1926). — ²⁴ *Siegmund*: Z. exper. Med. **50**, 73 (1926).