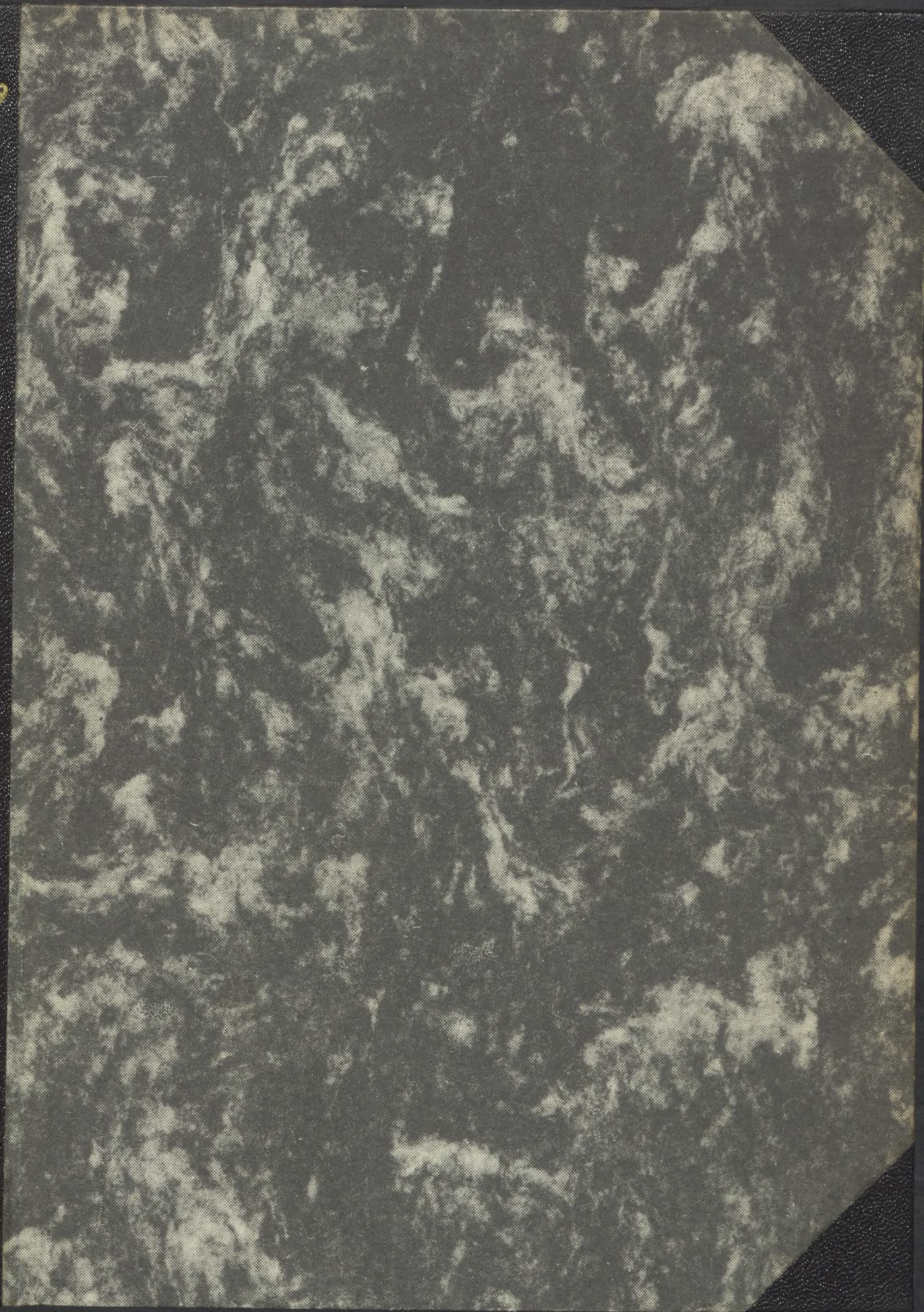
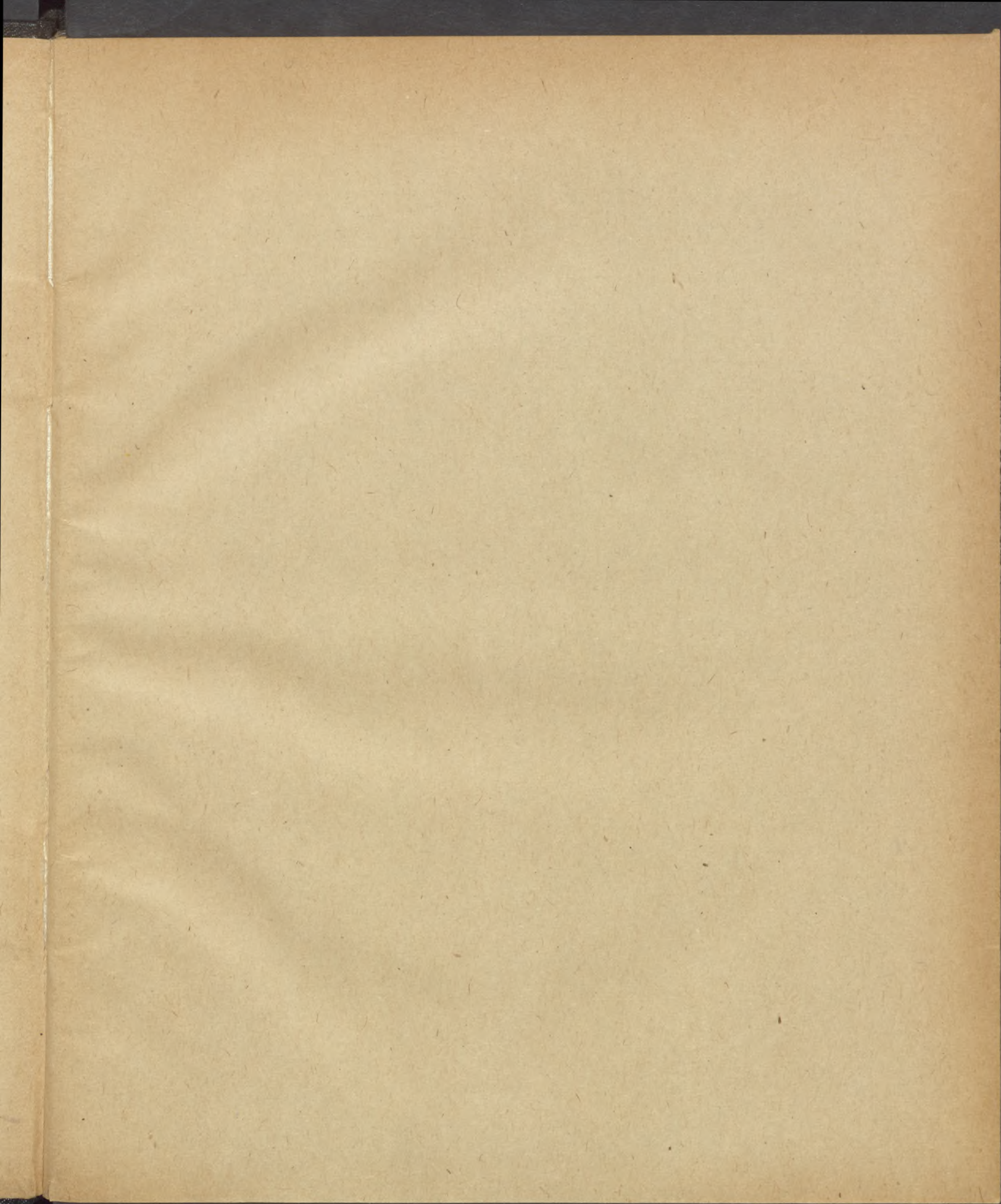
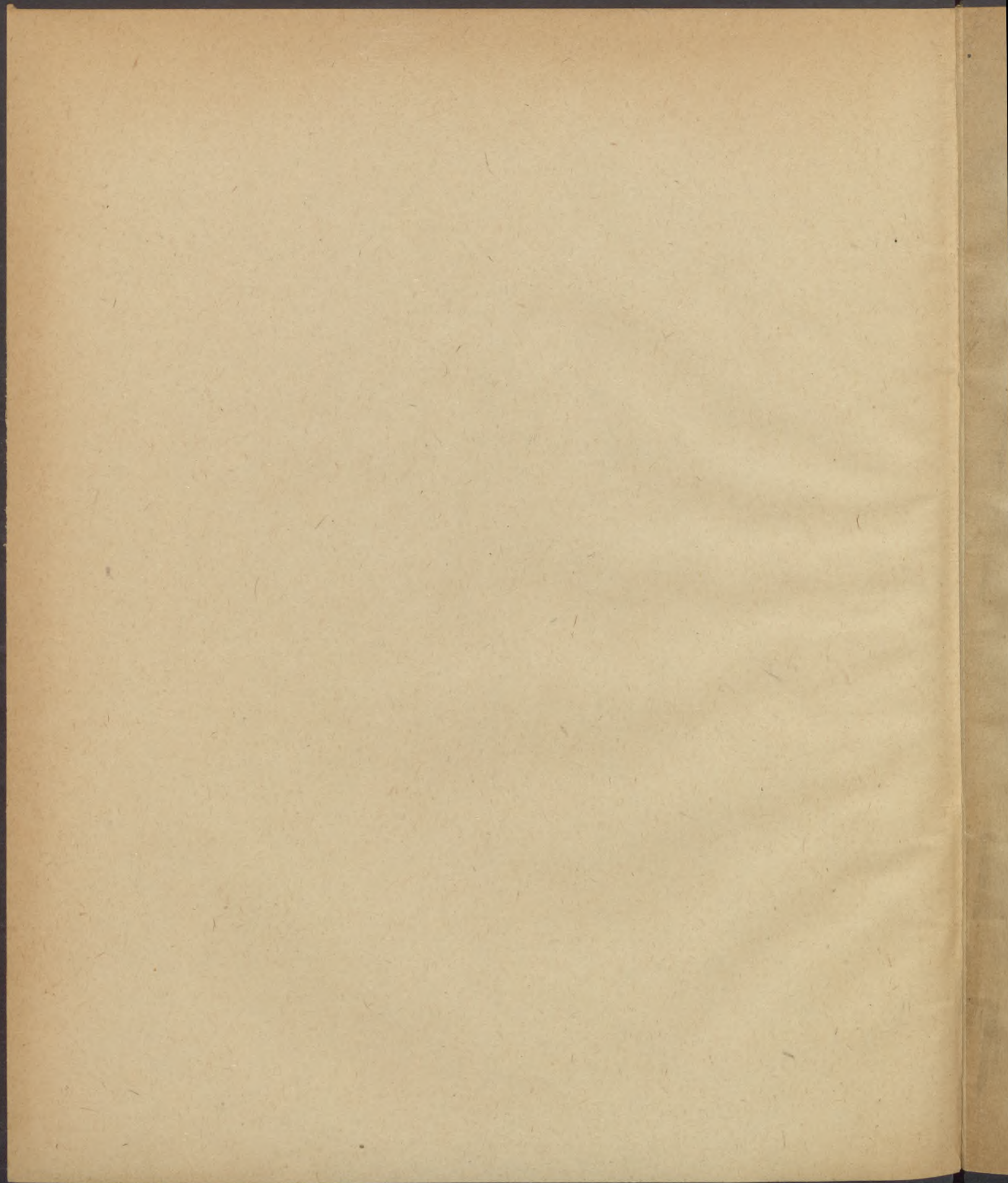


14.852/9







14852/9.

Mitteilungen aus dem botanischen Institut der k. ung. Universität für technische und wirtschaftliche Wissenschaften Sopron (Ungarn).

Sonderabdruck aus „Erdészeti Kísérletek“ („Forstliche Versuche“)
Bd. XLIV. 1942.

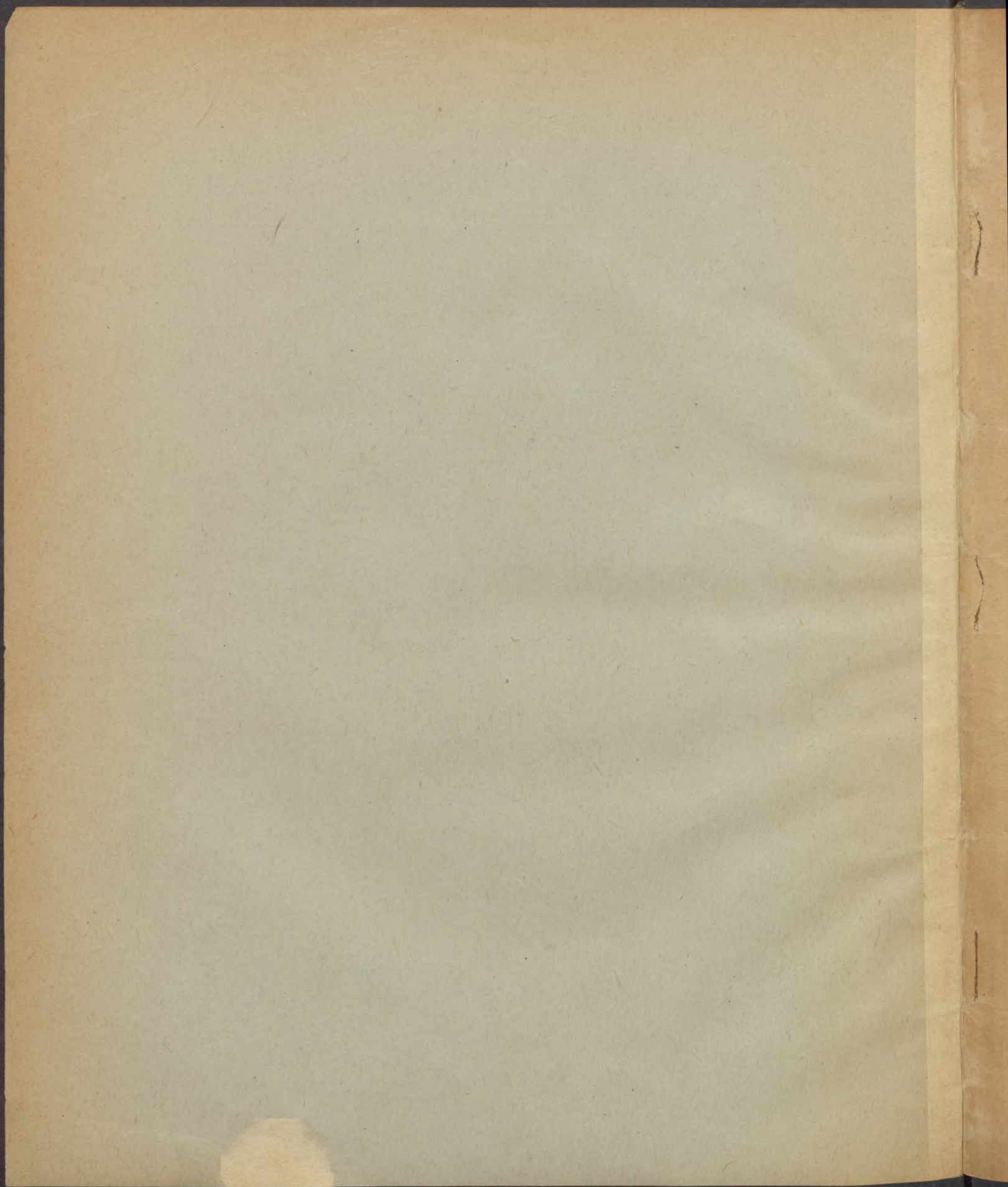
H. 9.

Untersuchungen über die biologische Wirkung der durchdringenden Strahlung der Elemente.

Von

D. FEHÉR.

Sopron, 1943.



Mitteilungen aus dem botanischen Institut der k. ung. Universität für technische und wirtschaftliche Wissenschaften Sopron (Ungarn).

Sonderabdruck aus „Erdészeti Kísérletek“ („Forstliche Versuche“)
Bd. XLIV. 1942.

H. 9.

Untersuchungen über die biologische Wirkung der durchdringenden Strahlung der Elemente.

Von

D. FEHÉR.

Sopron, 1943.

14.852/9



ORSZ. SZÉCHENYI-KÖNYVTÁR
Nővadászat
1843. év. 25250. sz.



Untersuchungen über die biologische Wirkung der durchdringenden Strahlung der Elemente.*)

Aus dem Botanischen Institut der kgl. ung. Universität für technische und wirtschaftliche Wissenschaften, Sopron, Ungarn.

Von: D. Fehér.

Einleitung.

Bevor ich auf die eingehende Behandlung unserer Problemstellung näher eingehen würde, möchte ich vorerst einiges über den zeitlichen Werdegang unserer diesbezüglichen Forschungsarbeiten erwähnen. Dies umso mehr, da die jetzt folgenden Ausführungen vor allem dazu berufen sind, um einen zusammenfassenden Bericht über unsere bisherige Forschungsarbeit, deren Resultate bereits teilweise mitgeteilt wurden, zu entwerfen und unsere, dem heutigen Stand unserer Untersuchungsergebnisse entsprechende Stellungnahme darzulegen.

Die ersten Anfänge unserer Forschungen greifen beinahe auf die Zeitspanne von 8 Jahren, also bis 1935 zurück. Während unserer langjährigen bodenmikrologischen Forschungstätigkeit haben wir im Laufe der Zeit unsere Aufmerksamkeit auch dem Vorkommen der Erdalgen in größeren Bodentiefen zugewendet. Unsere Untersuchungen führten dabei fast immer zu den Resultaten, daß diese Kleinlebewesen auch in beträchtlichen Bodentiefen ihr Dasein fortsetzen können, wobei ihre Chlorophyllfarbe stets erhalten bleibt. Diese Tatsache konnte auch durch einige eigens zu diesem Zwecke eingesetzten Versuche bestätigt werden. Wir vergruben Algenkulturen in Petrischalen oder größeren Glasgefäßen in größere Tiefen, wo wir sie dann 2—3 Jahre lang liegen ließen und nach dem Ablauf dieses Zeitraumes sie wieder gesund, lebensfähig und mit ihrer ursprünglichen Chlorophyllfarbe vorfanden. Der allgemein üblichen Auffassung, wonach die Bodenalgen in jenen Bodenhorizonten, wo sie keine zu ihrer Assimilation notwendige sichtbare Licht erhalten können, bei der Behaltung ihrer ursprünglichen Chlorophyllfarbe vorübergehend saprophytisch leben könnten, konnte ich aus dem Standpunkte des Zweckmäßigkeitsgesetzes der

*) Vortrag. Gehalten auf Einladung des Reichsforschungsrates und der Deutschen Botanischen Gesellschaft im pflanzenphysiologischen Institut der Universität Berlin am 26 Februar 1943.

Natur meinerseits nicht restlos beipflichten. Wir nahmen daher vor, nach anderen Energiequellen zu suchen. Die in dieser Richtung durchgeführten physikalischen Forschungen haben zunächst erwiesen, daß jener Anteil der strahlenden Energie der Sonne, der nach unserer heutigen Erkenntnis für die Assimilation der grünen Pflanzenzelle allein maßgebend ist, schon in den obersten ganz dünnen Bodenschichten absorbiert und infolge sekundärer Energieumformungen in eine langwellige Strahlung umgeformt wird, deren Wellenlänge mit der Tiefe immer mehr und mehr zunimmt. In Anbetracht dieser Feststellungen glaubten wir zunächst, die langwelligen ultraroten Strahlen für die Erklärung der vermutlichen Assimilation der in größeren Bodentiefen lebenden Algen, heranziehen zu können. Die hierzu eingeleitete Versuchsarbeit hat aber negative Ergebnisse gezeigt. Dann griffen wir zu der Annahme, daß vielleicht die, durch die im Boden anwesenden radioaktiven Elemente (Radium, Uran, Thorium, Aktinium, Kalium usw.) emittierten kurzwelligen Strahlen bei der Assimilation dieser Kleinlebewesen das Licht, wenigstens teilweise und zeitlich beschränkt, ersetzen könnten. Die daraufhin eingeleitete Versuchsarbeit konnte aber infolge von methodischen Schwierigkeiten, die wir noch nicht überwinden konnten, zu keinen einwandfreien und restlos befriedigenden Ergebnissen führen.

Wir nahmen daher, um die bei der Untersuchung der CO_2 Assimilation der Bodenalgen sich ergebende Schwierigkeiten ausschalten zu können, vor, zunächst die Wirkung der kurzwelligen, durchdringenden Strahlen der Radioelemente auf die Assimilation der höheren Pflanzen zu untersuchen. In dieser Hinsicht standen uns bereits einige wertvolle Anhaltspunkte zur Verfügung, die *Stoklasa* durch seine seinerzeitige ausgedehnte Forschungstätigkeit auf diesem Gebiete geschaffen hat. Aber auch diese Versuche verliefen ergebnislos. Die Möglichkeit eines Ersatzes der Lichtwellen durch kurzwellige Strahlung konnte vorläufig nicht erwiesen werden.

Bei dieser Versuchsarbeit, die wir zunächst mit Uranpecherz und später mit verschiedenen Uransalzen durchführten, fiel es aber auf, daß die Versuchspflanzen deutliche, durch die Strahlung des Urans ausgelösten tropische Bewegungen zeigten. Um diese Erscheinung weiter verfolgen zu können, haben wir eine Reihe von Versuchen mit Uran, Uranpecherz und sonstigen Uranverbindungen, wie Uranyl nitrat und Uranacetat, Uranoxyd usw. durchgeführt. Diese Versuche haben dann zu jenen Resultaten geführt, die die wesentliche Erweiterung unserer weiteren Zielsetzung und Forschungstätigkeit veranlaßten. Um jetzt den natürlichen Verhältnissen im Boden nahe treten zu können, haben wir in der Annahme, daß der Boden selbst mehr oder weniger immer kleinere Mengen der radioaktiven Elemente enthält, tropische Versuche mit der vermeintlichen Bodenstrahlung durchgeführt. Da diese Untersuchungen in der weiteren Folge zu befriedigenden Resultaten führten, so beschlossen wir, auch die eventuelle Strah-

lungsaktivität jener Gefäße zu untersuchen, die bei unseren Versuchen zu der Aufnahme der Versuchsböden dienten. Auf unsere größte Überraschung hat sich nun gezeigt, daß die Blechgefäße, in den wir unsere Versuche durchführten, auch dann, wenn sie vollkommen leer und von allen Bodenresten gereinigt verwendet wurden, bei den Versuchspflanzen, vor allen bei der Erbse, deutliche tropische Bewegungen auslösten.

Ich hielt daher die Annahme begründet, daß wahrscheinlich die Metalle eine bisher kaum beachtete Strahlung auszusenden vermögen, die diese Wirkung hervorruft. In diesem Belange hat übrigens schon auch der italienische Forscher *Rivera* Versuche durchgeführt, die diese Annahme, als recht begründet erscheinen ließen. Durch die weitere Ausdehnung unserer Forschungstätigkeit, wobei die Strahlungsaktivität der metallischen Elemente deutlich nachgewiesen werden konnte, kam ich auf den logischen Gedanken, unsere Versuchstätigkeit auch auf die Untersuchung der Nichtmetalle auszudehnen. Im Laufe der darauffolgenden jahrelangen Versuchsarbeit gelang es dann bis heute bereits für 69 Elemente ihre Strahlungsaktivität auf biologischem Wege nachzuweisen. Mit der Fortsetzung unserer Forschungstätigkeit haben wir dann später nicht nur die tropischen Reizwirkungen der Elemente und ihrer Verbindungen, sondern auch ihre ernährungsphysiologische Wirkung durch ausgedehnte Versuchsserien zum Gegenstand unserer Forschungen gemacht. In den Folgenden werde ich jetzt unsere Ergebnisse je nach den Resultaten der reizphysiologischen und der ernährungsphysiologischen Untersuchungen besprechen.

I. Die reizphysiologischen Versuche.

1. Versuchsmethodik.

Diese Versuche wurden auf denkbar einfachster Weise durchgeführt. Da wir im Laufe der Zeit unsere Methodik wesentlich vervollkommen konnten, so haben wir zunächst in der Erkenntnis der grundlegenden Tatsache, daß alle Materialien und alle Verbindungen strahlungsaktiv sind, von unserem ursprünglichen Plan, unsere Versuche in strahlungsfreien Räumen durchzuführen, Abstand nehmen müssen. Wir waren vielmehr bestrebt, Räume mit einer gleichmäßigen und ausgeglichenen schwachen Strahlung herzustellen. Daß die Strahlungsgleichheit der Räume vorher ebenfalls durch Kontrollversuche abgetastet wurde, versteht sich von selbst. (Siehe Abbildung 4.)

Wir verwandten dabei für die Abspernung des Lichtes 4—5 m lange und fast 1'0—1'5 m breite, aus dünnem, schwarzen Papier hergestellten Deckel, mit den die Versuche während ihrer ganzen Dauer zugedeckt wa-

ren. Papier, bzw. Cellulose gehören nämlich zu den schwächeren Strahlungsquellen. Durch den Umstand, daß wir unsere 2—3 m langen Holztröge, in denen die Versuchspflanzen in drei bis vier Reihen mit einem Abstand von 1—2 cm gepflanzt wurden, ungefähr in der Mitte des zugedeckten Raumes unterbrachten, haben wir, wie die Kontrollversuche zeigten, für unsere Versuche recht günstige Bedingungen geschaffen. Um Wachstumsunterschiede, die eventuell durch die Unterschiede der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Versuchsbodens entstehen könnten, möglichst ausschalten zu können, haben wir einen durchgeseihten und gründlich vermischten, nährstoffarmen Sandboden verwendet. Die Versuchspflanzen wurden vorgekeimt und als kleine Pflänzlinge von 1—2 cm Höhe in den Boden gesetzt.

Man muß auch darauf achten, daß alle größeren Holz- oder Metallgegenstände, die unter Umständen recht intensive Strahlung entwickeln und somit die Versuche stören könnten, aus dem Versuchsraume, der, um die Wirkung der Wandstrahlung des Raumes nach Möglichkeit auszuschalten, bzw. abzuschwächen, möglichst groß gewählt wurde, entfernt werden.

Eine Belichtung der Versuche ist unbedingt zu vermeiden, da diese auch dann, wenn sie noch so kurze Zeit dauern sollte, recht störend wirken kann. Die strahlenden Substanzen wurden in allen Fällen, wo es überhaupt möglich war, ohne Behälter verwendet. Für die Aufnahme von Flüssigkeiten, weiters von Substanzen, die in Pulverform oder im kristallinen Zustand zur Verfügung standen, wandten wir dünnwandige Glasküvetten oder Glaskugeln an, deren Strahlungsstärke vorher sorgfältig bestimmt wurde. Ich möchte noch dabei auch betonen, daß die Strahlungsquellen, um die eigene Absorption der Materie zu vermeiden, mit möglichst geringer Schichtdicke angewendet werden sollen. Bei der Untersuchung der Metalle haben wir in der Regel möglichst dünne Folien verwendet, deren Flächenausmaße jedoch, um ihre Gesamtstrahlungsstärke zu steigern, möglichst vergrößert wurden.

Man muß auch eine besondere Sorgfalt auf die Reinheit des Materials wenden. Kleine Beimengungen oder Verunreinigungen von anderen aktiven Substanzen, darunter auch von den radioaktiven Verbindungen, können, wie unsere Erfahrungen zeigten, unter Umständen recht erhebliche Störungen hervorrufen.

Um die eventuelle Anwesenheit bereits fühlbarer und daher störender Mengen von radioaktiven Stoffen nachzuweisen, haben wir unsere Substanzen vorher mit dem Wulff'schen Einfaden-Elektrometer auf ihre radioaktive Strahlungsintensität untersucht. Wie später noch erörtert wird, so ist der Elektrometer gegen unsere Strahlenemission gänzlich unempfindlich. Ein negativ ausgefallenes Resultat wird daher in der Regel darauf hinweisen, daß radioaktive Substanzen, wenigstens in solchen Mengen, die den

Ablauf der Versuche wirklich stören könnten, als Beimengungen oder Verunreinigungen, nicht vorhanden waren. In der letzten Zeit gelang es uns, auch punktförmige Strahler herzustellen, wobei geringe Mengen der Substanzen in dünnes Papier, dessen an und für sich geringe Strahlungsstärke vernachlässigt werden konnte, gewickelt und auf einem Zwirnfaden aufgehängt wurden. Bezüglich der angewendeten Glasbehälter möge noch bemerkt werden, daß das Glas infolge seiner chemischen Beschaffenheit und namentlich infolge des Umstandes, daß die Verbindung SiO_2 nicht besonders strahlungsaktiv ist, verhältnismäßig geringe Strahlungsstärke besitzt. Eine wichtige Bedingung ist bei diesen Versuchen, daß, wie schon erwähnt wurde, während der Versuchsdauer das Licht auf das sorgfältigste ausgeschaltet wird. Dann mußten wir natürlich, namentlich in den Winter-, Frühjahrs- und Spätherbstmonaten, den Untersuchungsraum gleichmäßig beheizen, um Temperaturschwankungen und damit die eventuellen thermotropischen Wirkungen nach Tunlichkeit auszuschalten. Daß dabei, um hydrotropische Einwirkungen auszuschalten, auch auf die Konstanthaltung der Luftfeuchtigkeit besonders geachtet wurde, versteht sich von selbst. Der eigentliche Versuchsraum sollte während der Versuche fast immer abgeschlossen werden. Nur bei strengem Einhalten dieser Vorsichtsmaßnahmen gelingt es dann, einwandfreie Resultate zu erzielen, die natürlich auch wir nur erst auf Grund jahrelanger Erfahrungen erreichen konnten. Als Versuchspflanze haben wir auf Grund der Ergebnisse unserer Versuche die Erbse verwendet, die auf diese Strahlenart scharf und deutlich reagiert und infolge ihres raschen Wachstums die jeweilige Versuchsdauer derart abkürzen kann, daß es uns jetzt fortlaufend gelingt, je einen Versuch von der Saat bis zu der endgültigen Bearbeitung in 8—10 Tagen vollenden zu können.

2. Die quantitative Messung der Strahlungsstärke auf biologischem Wege.

Schon unsere ersten Versuchsreihen haben klar gezeigt, daß die von uns auf biologischem Wege ermittelten Strahlen je nach ihrer Strahlungsstärke zunächst negative und dann nach einer ziemlich scharfen Umschlaggrenze positive, tropische Krümmungen der Erbsenkeimlinge hervorrufen. Diese, im Laufe der fortschreitenden Versuchsarbeit immer deutlicher hervortretende Erscheinung hat uns dazu bewogen, die von der Strahlenquellen gerechnete Entfernung dieser Umschlaggrenze, deren Länge, wie die späteren Versuche klar gezeigt haben, von der Intensität der Strahlen abhängig ist, bei der quantitativen Ermittlung der Strahlungsstärke als Maßstab zu verwenden. Um dabei zu einer brauchbaren Maßeinheit gelangen zu können, habe ich jene theoretische Strahlungsstärke, die diesen Umschlagbereich bei unserem Testobjekt „Erbse“ von der je-

weiligen äußersten Fläche des Strahlers gerechnet genau auf 1 m hervorruft, als *F*-Einheit (*FE*) bezeichnet. Ich nannte diese Einheit früher als Gammaeinheit. Da ich aber später erfuhr, daß diese Bezeichnung in der Physik schon für andere Zwecke gebraucht wurde, entschloß ich mich, die Bezeichnung *F*-Einheit zu benützen. Um die nähere quantitative Art und Weise der Anwendung dieser Einheit charakterisieren zu können, möchte ich hier kurz folgendes erwähnen.

Die Bestimmung des Umschlagbereiches wurde neben der Untersuchung der Lichtbildaufnahmen auch mittels Abzählung der positiv und negativ beeinflussten Keimlinge in je 5 cm betragenden Längenintervallen durchgeführt. Im jenen Längenbereich, wo das prozentuelle Verhältnis der positiv und negativ beeinflussten Pflanzen 50—50% betrug, wurde die Umschlaggrenze angenommen. In vielen Fällen gelang es, die Grenzen des Umschlagbereiches noch enger zu ziehen. Da infolge ihrer verschiedenen individuellen, reizphysiologischen Veranlagung nicht alle Pflanzen gleichmäßig reagieren, ist die gleichzeitige Anwendung der statistischen Methode unbedingt zu empfehlen. Die Strahlungsstärke wurde dann im Sinne des Entfernungsgesetzes nach der Überlegung

$$\frac{I}{t^2} = \frac{I_1}{t_1^2} \quad \text{und} \quad I_1 = \left(\frac{t_1}{t}\right)^2 I$$

bestimmt, wo $I = 1$ *FE*, $t = 1$ m und t_1 die Entfernung des Umschlagbereiches bedeutet.

Ich möchte hier gleich bemerken, daß natürlich an eine biologische Methode, die mit lebenden Pflanzen arbeitet, bezüglich der quantitativen Exaktheit ihrer Ergebnisse nicht jene Forderungen gestellt werden dürfen, die in der Physik oder in der Mechanik, wo zu der Messung der Resultate fein arbeitende Instrumente zur Verfügung stehen, üblich sind.

Ich sprach daher vorher absichtlich von einem Umschlagsbereich. Auf Grund unserer Erfahrungen wissen wir es heute, daß man diesen Umschlagsbereich nur mit einer Genauigkeit von 2—5 cm bestimmen kann. Da die Intensität der Strahlung mit den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional ist, so ist es klar, daß dadurch Fehlergrenzen entstehen, die bei den kleineren Entfernungen des Umschlagsbereiches größer und mit ihrer allmählichen Zunahme immer kleiner werden. Wenn wir in Betracht ziehen, daß bei der Berechnung der *F*-Einheit immer die Quadraten der Entfernungen gebildet werden müssen, so bedarf diese Erscheinung keiner näheren Begründung. Ich habe in meinen früheren Arbeiten auch versucht, die Länge der Einwirkung der Gesamtstrahlung zu bestimmen. Auf Grund der neueren Ergebnisse möchte ich in der weiteren Folge davon vorläufig Abstand nehmen, und ich werde mich in meinen Ausführungen vorderhand

nur auf die Bestimmung der Umschlaggrenze der positiven und negativen Reizwirkungen beschränken.

Mit der Verwendung dieser Maßeinheit gelang es uns die Strahlungsstärke einer Reihe von Elementen und Verbindungen zu messen. Überall dort, wo es möglich war, wurden die Elemente im chemisch reinen Zustande als solche verwendet. Nur dort, wo es nicht durchzuführen war, haben wir die Strahlungsstärke auf Grund der bereits bestimmten Strahlungsintensität der übrigen Elemente aus den Verbindungen des jeweils fraglichen Elementes bestimmt und berechnet. Gerade der Umstand, daß die Strahlungswerte jener Elemente, die wir auf Grund von Parallelversuchen aus mehreren Verbindungen bestimmt haben, sehr gut übereinstimmen, bildet einen sehr eindringlichen Beweis für die Strahlennatur der Erscheinung.

3. Die Berechnung der Messungsergebnisse.

Ich habe im Laufe meiner früheren Arbeiten die gemessenen Strahlungsintensitäten nach Gewichts- und Flächeneinheit der Strahler angegeben und drückte die in *GE* berechneten Strahlungswerte mit der Energiemengen aus, die auf 1 cm² bezogene Menge von 1 gr der fraglichen Substanz jeweilig zu entwickeln vermag. Dieser Berechnungsgang hat sich jedoch in der weiteren Folge als nicht mehr zweckentsprechend erwiesen.

Ich konnte zwar dadurch die auf die Flächeneinheit berechnete Stoffkonzentration ausdrücken, hatte aber dabei die Gesamtmasse und die Gesamtfläche des jeweiligen Strahlers vernachlässigt. Der dadurch begangene Fehler hat sich hierbei mit der Zunahme der Oberfläche des Senders vergrößert, wodurch natürlich ein mehr oder weniger beträchtlicher Teil der Strahlung unberücksichtigt blieb.

Daß dadurch der Vergleich der einzelnen Messungsergebnisse nicht befriedigend durchgeführt werden konnte, liegt an der Hand. Ich habe mich daher in der späteren Folge dazu entschlossen, die Strahlungsstärke der Sender auf die Gewichtseinheit von 1 gr zu beziehen und dabei auch ihre jeweilige Flächenausdehnung durch ein entsprechendes Verfahren zu berücksichtigen.

Die Ausarbeitung und mathematische Ergründung dieser Methode verdanke ich meinem Mitarbeiter *Tibor Szelényi*, der in der einschlägigen Literatur darüber schon eingehend berichtete.

Ich teile hier also auf Grund seiner Darlegungen nur in kurzen Zügen das wesentliche mit, um dadurch die Berechnung unserer Messungsergebnisse leichter verstehen und verfolgen zu können.

Wie ich früher schon betonte, so hatten wir bisher hauptsächlich Sender mit kreis- und mit quadratischen Flächen verwendet. Für die Strah-

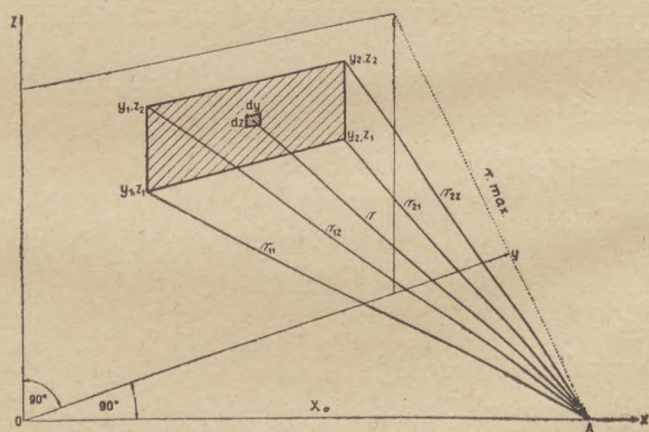
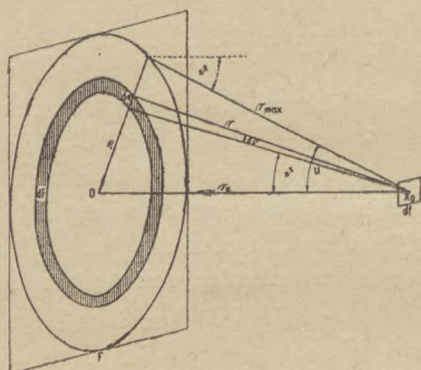
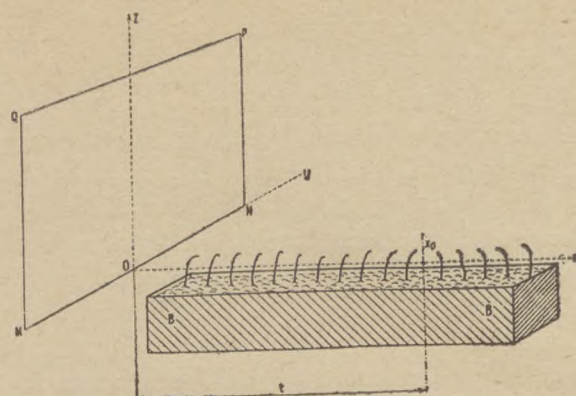


Abb. 1.

Die Berechnung der Strahlungsintensität bei kreis- und quadratischen Flächen.

lung einer Kreisfläche lautet die Differenzialgleichung (siehe Abb. 1—3) folgender Weise:

$$dI_{\cos}^0 = df_x S^* \int_{\vartheta=u}^{\vartheta=0} dF \frac{\cos \vartheta}{r^2}$$

In dieser Gleichung bedeuten S die auf Flächen S_F^* , S_M^* die auf Gewichtseinheit bezogene Strahlungsintensität, wobei $S_M^* = \frac{S_F^* F}{M}$ wird. Da in unserem Falle die Empfängerfläche der Erbse $df = 1$ ist, so wird, falls alle Punkte der Senderplatte vom Empfänger in gleicher Entfernung liegen

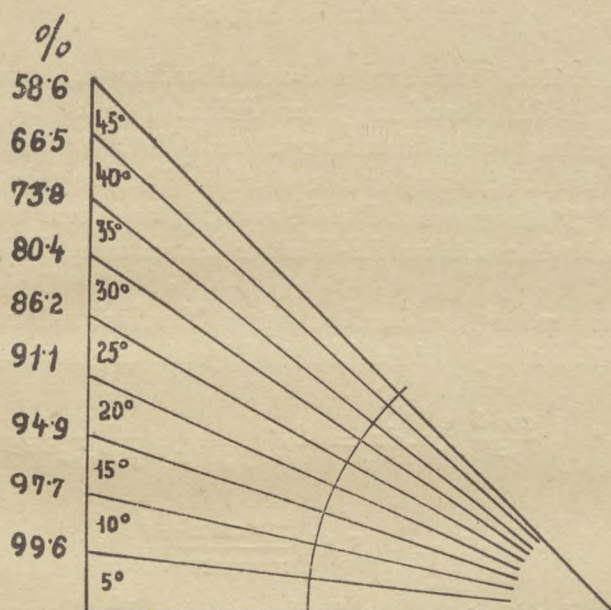


Abb. 2

Der quantitative Zusammenhang zwischen dem halben Einfallswinkel (u) und der Intensität der Strahlung.

und der Empfänger von allen Flächenelementen des Senders in der normalen Richtung liegt, ($\vartheta = 0$) (siehe Abb. 1 u. 2).

$$I_i = S_F^* \frac{Q_x^2 \pi}{r_0^2} = S_F^* \pi_x \operatorname{tg}^2 u \quad \text{sein.}$$

Da aber bekanntlich an einer strahlenden Kreisfläche mit dem halben Öffnungswinkel „ u “ im Punkte x_0 nur ein Bruchteil der obigen Intensität entfaltet wird, so werden

$$Ir = 2\pi S_F^* (1 - \cos u) \quad \text{und}$$

$$\frac{I_i}{I_r} = \varphi = \frac{tg^2 u}{2(1 - \cos u)} \text{ sein.}$$

Mit dem Faktor φ müssen wir dann die gemessenen Intensitätswerte entsprechend multiplizieren. Um die letzteren zu erhalten, sollten wir noch bedenken, daß die Stärke der vom Sender ausgehenden Wirkung sich der Masse des Senders gleichsinnig verhält und dagegen dem Quadrat der von der Sender gerechneten Entfernung umgekehrt proportional ist.

$$\text{Daher} \quad S_M^* = \frac{x_0^2}{M} \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$$

$$\text{bzw.} \quad S_M^* = \frac{x_0^2}{M} \text{ cm}^2_{\text{x}} \text{ g}^{-1}_{\text{x}} 10^4 = \frac{x_0^2}{M} \text{ m}^2_{\text{x}} \text{ g}^{-1}$$

Um dabei nicht ständig mit langen Dezimalbrüchen arbeiten zu müssen, so können wir bei der Berechnung der F -Einheit rein theoretisch auch mit einer Strahlungsstärke-Einheit rechnen, die 1 gr der Materie des Senders auf 1 cm Entfernung hervorruft. Die Gleichung drückt also die Strahlung von 1 gr Materie aus. Die Gesamtstrahlung eines Stoffkomplexes wird einfach mit dem totalen FE -Wert in cm oder m Einheiten ausgedrückt.

Bei der Verwendung von Sendern, deren Oberflächen Parallelegramme sind, gilt nach T. Szélenyi (siehe Abb. 1) folgende allgemeine Formel

$$I_{\cos}^0 = S_F^* \int_0^{y_1} \int_0^{z_1} \frac{\cos \vartheta}{r^2} dy \cdot dz = S_F^* \int_0^{y_1} \int_0^{z_1} \frac{x_0}{(x_0^2 + y^2 + z^2)^{3/2}} dy \cdot dz$$

so wird

$$I_{\cos}^0 = \frac{1}{2} S_F^* \ln \frac{x_0 r_{\max} + f}{x_0 r_{\max} - f}$$

sein, wobei r_{\max} den längsten von Punkte x_0 zum Parallelogramm ziehenden Fahrstrahl und f die Fläche des Parallelogrammes $y_1 z_1$ bedeuten.

Wenn jetzt

$$I_i = \frac{y_1 z_1}{x_0^2} \text{ und } \frac{I_i}{I_{\cos}^0} = \varphi$$

bedeuten, so werden wir die korrigierten Werte in diesem Falle durch die Formel

$$\varphi \cdot S_M^* = \varphi \cdot \frac{x_0^2}{M} \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$$

erhalten. Ich möchte aber gleich bemerken, daß die Anwendung dieser Gleichungen nur dann notwendig sein wird, wenn die Senderfläche verhältnismäßig groß und die von der Senderfläche berechnete Entfernung der Umschlaggrenze klein ausfallen wird.

Da die angewendete Meßmethode die sichere Feststellung einer scharfen Umschlaggrenze nicht ermöglicht und daher eigentlich nur mit 2—5 cm breiten Umschlagbereichen arbeitet, entstehen hier Fehlergrenzen, die namentlich bei kleinen Umschlagsentfernungen auch 20—25% betragen können.

Wenn wir voraussetzen, daß in der Mitte einer kreisförmigen Senderfläche, die unmittelbare Strahlenintensität von

$$I' = S_F \cdot \frac{\varrho^2 \pi}{r_0^2} = S_F \cdot \frac{\varrho^2 \pi}{\varrho^2 \cotg^2 u} = S_F \cdot \frac{\pi}{\cotg^2 u}$$

herrscht, so wird, falls $I' = 100$, die tatsächlich emmittierte Energiemenge in %-en:

$$I = 100 \frac{2\pi(1-\cos u) \cotg^2 u}{\pi_x f} = 200 \cotg^2 u (1-\cos u) \%$$

betragen. Die Größe von I wird daher hauptsächlich von dem Ausmaß des halben Öffnungswinkels (u) abhängen und wird mit der Zunahme dieses Winkels in aufgerundeten Zahlen folgende Werte annehmen:

u°	5,	10,	15,	20,	25,	30,	35,	40,	45,	50,	55,	60,	65,
$I\%$	99'6,	97'7,	95,	91,	86,	80'4,	74,	66'5,	59,	50,	42,	33,	25,
u°	70,	75,	80,	85,	90,								
$I\%$	10,	11,	5,	1'4,	00,								

Man wird daher in Anbetracht der unvermeidlichen Fehlergrenzen der Methode in allen Fällen, wo der halbe Öffnungswinkel die Werte von 20—25° nicht überschreitet, für Berechnung der Strahlungsstärke die bereits entwickelte einfache Gleichung

$$S_M^* = \frac{x_0^2}{M} \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$$

verwenden können, wobei x_0 die kürzeste senkrechte Entfernung der Umschlaggrenze bis zu der Senderfläche und M das Gewicht des Senders bedeuten. Um kleinere Dezimalbrüche zu vermeiden können, wie gesagt, müssen die Werte von FE in Zentimetern ausgedrückt, oder die nach den Meterwerten gewonnenen Resultate mit dem Faktor 10^4 multipliziert werden. Auf Grund dieser Überlegung wurden unsere Intensitätswerte berechnet und die Tabellen und Abbildungen zusammengestellt. Einige typische Berechnungsbeispiele werde ich dann noch in dem Anhang mitteilen.

4. Kurze Besprechung der Untersuchungsergebnisse.

Es ist uns trotz der heute bestehenden Schwierigkeiten gelungen, bis jetzt insgesamt 69 Elemente teils im elementaren Zustande, teils in der Form ihrer Verbindungen zu untersuchen. Ich bringe hier in den Abbildungen 3—15 einige typische Beispiele, die aus der Fülle der Untersuchungsergebnisse derart herausgegriffen sind, daß möglichst aus den beiden großen Gruppen der Elemente, also aus der Gruppe der Nichtmetalle und aus der Gruppe der Metalle, einige Fälle dargestellt werden.

Da die Bestimmungen oft 5—10-mal und unter den verschiedensten Versuchsbedingungen in den verschiedensten Zeitintervallen wiederholt wurden, so führe ich auch einige Bestimmungen an, wo gleichzeitig 2—3 Untersuchungen eines und desselben Elementes, bzw. seiner Verbindungen stattfanden.

Ich lege dabei ein besonderes Gewicht daran, auch Fälle zu zeigen, wo einerseits die einzelnen Elemente aus ihren Verbindungen bestimmt wurden und anderseits die gute Übereinstimmung der einzelnen Intensitätswerte durch Vergleichungsuntersuchungen klar hervorgeht.

In den Abbildungen 38—40 und 43 führe ich dann noch auch die Intensitätsmessungen einiger organischen Verbindungen (Paraffin und CCl_4) an.

Ich möchte noch darauf hinweisen, daß es uns in der letzten Zeit gelungen ist, auch die Strahlungsintensitätswerte der Edelgase: *Ar*, *Ne*, *Kr*, *He* durch eine entsprechende Versuchsanordnung zu messen. Ich zeige in der Abbildung 15 einige Beispiele aus diesen Versuchsreihen.

Die Intensitätsmessungen der einzelnen Elemente wurden dann nach ihrer alphabetischen Reihenfolge und nach der Größe ihrer Intensitätswerte geordnet in den Tabellen I und II zusammengefaßt.

Hier gebe ich zunächst die experimentell gefundenen minimalen und maximalen und sodann auch die durchschnittlichen Werte der Strahlungsintensität der einzelnen Elemente an. Um die Benützung von längeren Dezimalbrüchen auszuschalten, wurden die gefundenen Werte mit dem Faktor von 10^4 multipliziert.

Die mitgeteilten Werte können, wie ich dies schon früher anlässlich der Beschreibung unseres Rechenverfahrens mitteilte, nur als vorläufige und orientierende Annäherungsdaten betrachtet werden, deren Fehlergrenzen durch die Unzulänglichkeit der angewendeten biologischen Meßmethode hinreichend begründet werden.

Ich stellte dann noch in den Abbildungen 44, 45 auch die ermittelten Intensitätswerte nach Atomgewichten, bzw. nach Atomvolumina geordnet zusammen.

Obwohl in dem System noch manche Lücken vorhanden sind, so können wir schon jetzt in großen Umrissen erkennen, daß die Strahlungsstärke

der einzelnen Elemente sich regelmäßig und periodisch ändert. Diese Zusammenhänge können im ganzen und großen auch bei den nach den Atomvolumina geordneten Intensitätswerten festgestellt werden.

Die tabellarischen und bildlichen Zusammenstellungen zeigen übrigens auch deutlich, daß die, durch unsere biologische Methode ermittelten, Intensitätswerte einzelner Elemente die gleichen Eigenschaften der von uns geprüften radioaktiven Elemente: Uran, Kalium, Rubidium und Thorium in einigen Fällen übertreffen. Ein Hinweis dafür, daß wir hier wahrscheinlich eine neue Strahlenart vor uns haben, die wir vorläufig mit den üblichen physikalischen Methoden weder mit der bisher bekannten korpuskularen, noch mit der elektromagnetischen Strahlen der radioaktiven Elemente identifizieren konnten.

II. Die ernährungsphysiologischen Versuche.

1. Methode.

Wir haben bei diesen Untersuchungen vorerst das übliche Kulturverfahren mittels Ton- und Zinkgefäße verwendet. Die Gefäße faßten je nach ihrer Größe 8—12 kg Erde. Als Kulturboden wurde ein ziemlich nährstoffarmer und infolgedessen auch weniger strahlungsaktiver Sandboden verwendet.

Seine wichtigsten chemischen Eigenschaften waren die folgenden: $pH = 7.0-7.2$, $CaCO_3 = 0.9\%$, Humusgehalt $= 0.094\%$, Gesamtstickstoff 22 mg/100 gr, Nitratgehalt 0.61 mg/100 gr, leichtlöslicher P_2O_5 -Gehalt 0.21 mg/100 gr (bestimmt mit Laktatmethode von Egnér), leichtlöslicher Kaligehalt $= 105$ mg (bestimmt mit Aspergillusmethode). Strahlungsintensität $= 0.0010 FE m^2 g^{-1}$. Max. Wasserkapazität in Gewichtsprozenten: ca 21%. Bei einigen Versuchen namentlich bei unseren Holzpflanzen und Tabakversuchen, wurde auch ein bindiger, etwas mit Sand vermengter Tonboden mit einer Wk von zirka 29 Gew.% verwendet. Seine charakteristischen, biochemischen Eigenschaften waren die folgenden: $pH 6.5$, $CaCO_3$ -Gehalt 0.2%. Seine Strahlungsintensität betrug $0.0012 m^2 g^{-1} FE$.

Bei der Durchführung dieser Versuche ist noch der Umstand zu berücksichtigen, daß im Lichte unserer diesbezüglichen neueren Erkenntnisse nicht nur die angewendeten strahlungsaktiven Substanzen: der Versuchsboden und die Gefäßwände, sondern auch die übrigen, aus Glas, Eisen und Holz angefertigten Bestandteile des Gewächshauses strahlungsaktiv sind und infolgedessen den quantitativen Verlauf der Versuche oft merklich beeinflussen können. Die Herstellung eines strahlungsfreien Raumes ist kaum möglich, da, wie unsere Untersuchungen zeigen, fast alle Elemente und die aus ihnen aufgebauten Materialien strahlungsaktiv sind. In Anbetracht

dieser Umstände waren wir bestrebt in unseren Versuchsräumen eine möglichst gleichmäßige Strahlung herzustellen, so daß schließlich die Versuchsergebnisse nur die Mehrwirkung der angewendeten strahlungsaktiven Sub-

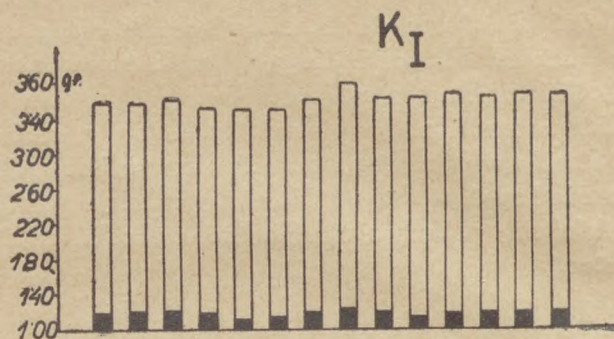


Abb. 31.

Trockensubstanzbestimmung bei dem Kontrollversuch.

stanzen zeigen konnten. Das Gesamtbild wird auch dadurch verwickelt, daß die Versuchsgefäße, bzw. ihr Inhalt sich auch durch ihre eigene Strahlung gegenseitig beeinflussen. Auch aus diesem Grunde möchte ich hier

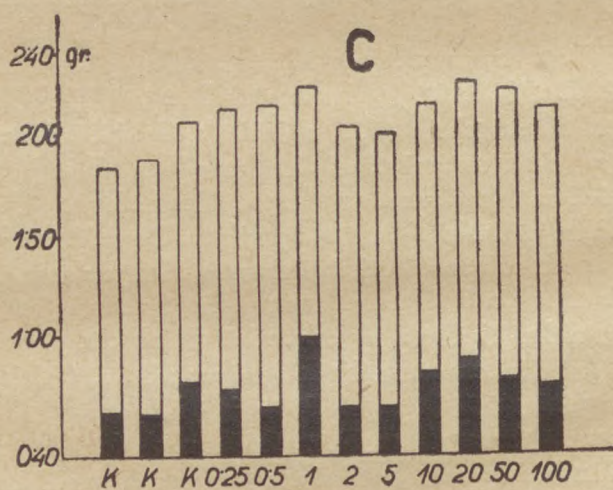


Abb. 32.

Trockensubstanzbestimmung mit C.

Es bedeuten hier und bei den folgenden Abbildungen K = Kontrollversuch, K_1 = Versuch mit leerem Glasbehälter.

auf den orientierenden Charakter dieser ersten Versuche hinweisen. Die weiteren Einzelheiten können dann im quantitativen Sinne erst im Laufe der späteren Forschungen geklärt werden.

Die strahlungsaktiven Substanzen wurden teils in krystallinischer oder in amorpher Form in geschlossenen Petri-Schalen und Reagenzgläsern oder in der Form von Lösungen oder Aufschwemmungen in ebenfalls geschlossenen Reagenzgläsern verabreicht. Die Petri-Schalen wurden in ho-

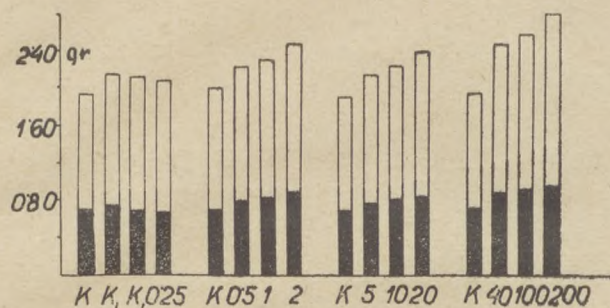


Abb. 33.

Trockensubstanzbestimmung mit H_3BO_3 .

rizontaler Lage 20 cm tief in dem Boden versetzt, die Reagenzgläser vertikal bis zu ihrem obersten Rande in dem Boden gesetzt. Auch die letzteren wurden natürlich mit Paraffinverschluß entsprechend abgeschlossen. Bei

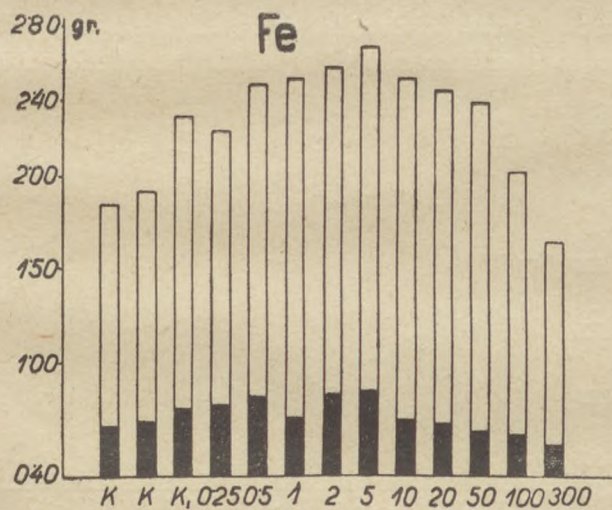


Abb. 34.

Trockensubstanzbestimmung mit Fe.

dieser Versuchsanordnung war natürlich jede Möglichkeit einer unmittelbaren chemischen Einwirkung ausgeschlossen. Da, wie schon erwähnt wurde, auch das Glas strahlungsaktiv ist, wurde dieser Umstand bei der Anlage der Versuche durch Einschaltung von, leere Glasgefäße enthaltenden, Kon-

trollproben berücksichtigt. Die Gesamtstrahlungsaktivität der Petri-Schalen betrug zirka 0'03—0'05 FE, die der Reagensgläser 0'008—0'01 FE.

Anschließend an diese Versuche haben wir später auch gleichlaufende

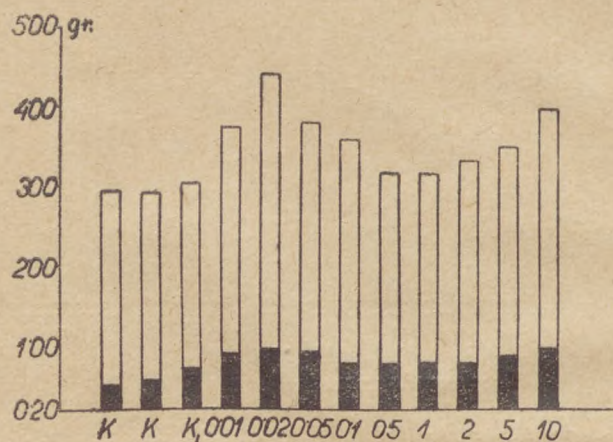


Abb. 35.

Trockensubstanzbestimmung mit Kalium.

Versuchsserien eingesetzt, bei den, wo es ihre Beschaffung zuließ, die Strahlensender nicht in geschlossenen Glasgefäßen, sondern frei in den Boden

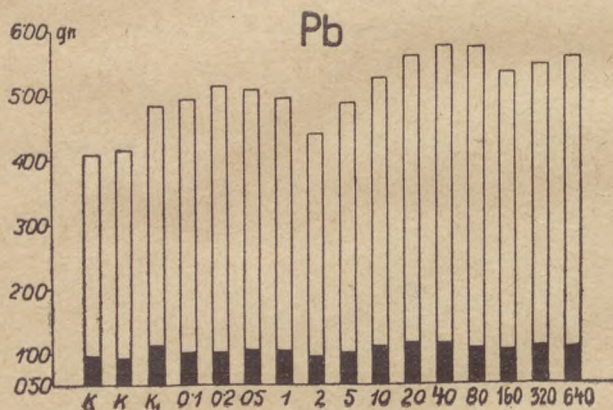


Abb. 36.

Trockensubstanzbestimmung mit Pb.

versetzt wurden. Alle diese Umstände werden bei den einzelnen Versuchen noch besonders angegeben. Der Wassergehalt des Versuchsbodens wurde durch Abwägen ständig auf dem, bei den früheren Versuchen ermittelten, optimalen 65—70% Sättigungsgrad der maximalen *Wk*-Gehalten.

Bei der Durchführung dieser Versuche sollte naturgemäß besonders berücksichtigt werden, daß möglichst Gefäße von gleicher Strahlungsintensität verwendet werden. Ein Umstand dessen Vernachlässigung bei den Kontrollkulturen sich oft recht unliebsam bemerkbar machen kann.

Es ist daher unbedingt zu raten, vorerst durch eigens dazu angelegte Kontrollversuche die Strahlenwirkung der Gefäße zu prüfen und nur solche Gefäße zu verwenden, deren Versuchspflanzen bei den Kontrollversuchen keine auffallende Wachstumsunterschiede aufweisen. In der Abbildung 16 bringe ich zur Orientierung eine von unseren Kontrollversuchen.

Als Versuchsobjekt haben wir auch bei diesen Untersuchungen vorwiegend die raschwüchsige und gut reagierende Erbse verwendet. Später wurde dann allmählich auch die Tabakpflanze, die Tulpe (*Tulipa Gesneriana*) und die Hyazinthe (*Hyacinthus orientalis*), sowie einige Holzpflanzen: die ebenfalls ziemlich raschwüchsige *Robinia pseudacacia*, die Fichte und die beiden Kiefernarten: *Pinus silvestris*, *Pinus nigra* verwendet. Die letzteren sind auch noch heute in der Kultur. Die quantitative Erfassung der Versuchsergebnisse wurde nach der üblichen Lichtbildaufnahme bei den durch mehrere Jahre hindurch zu kultivierenden Holzpflanzen durch vorläufige Höhenmessungen, bei den übrigen auch durch Trockensubstanzbestimmungen durchgeführt. In der letzten Zeit haben wir dann auch Versuche in 1'5—2'0 m langen, zirka 25—30 cm hohen und 1—15 cm breiten hölzernen Trögen angelegt, die den Zweck hatten, der Erkenntnis der linearen Fortpflanzung der primären und sekundären Strahlenwirkung nahe treten zu können. (Siehe Abb. 37.)

Um unsere Versuchsarbeit räumlich und zeitlich erweitern zu können, wurde ein Teil der Parallelversuche in den Versuchsgewächshäusern der Versuchsanstalt Kisújszállás durchgeführt. Ich werde bei den einzelnen Versuchen diesen Umstand gesondert angeben.

Die diesbezüglichen Versuchsergebnisse teile ich in den Abbildungen 17—36 mit, wobei neben den Lichtbildern auch die Ergebnisse der Trockensubstanzbestimmungen entsprechend dargestellt werden. (Siehe auch Tabelle III.)

Wir haben in den vergangenen Jahren eine Reihe von Elementen und Verbindungen, auf die ernährungsphysiologische Wirkung ihrer Strahlenemission untersucht. Ich zähle sie mit ihren vorläufigen, in *FE* ausgedrückten Intensitätswerten in ihrer alphabetischen Reihenfolge auf:

Elemente.

Al, As, Bi, Ce, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Na, Pb, S, Si, Sb, Sn, U, Zn.

Bezüglich der *FE*-Werte siehe die Daten der Tabelle I u. II.

Verbindungen. FE*)

	cm ² g ⁻¹	m ² g ⁻¹
CaCO ₃	0'0026	26
Fe ₂ O ₃	0'0007	7
H ₂ O	0'0018	18
H ₃ BO ₃	0'0027	27
HNO ₃	0'0074	74
K ₂ SO ₄	0'0051	51
KCl	0'016	160
MgO	0'019	190
NaCl	0'025	250
TiO ₂	0'023	230
U ₃ O ₈	0'029	290
UO ₂ (NO ₃) ₂ · 6 H ₂ O	0'026	260
Superphosphat (17% P ₂ O ₅)	0'0015	15

Ich teile in den Abbildungen 17—36 einige charakteristische Beispiele mit. Die Versuche wurden hierbei nicht nach Versuchspflanzen, sondern nach den verabreichten strahlenden Substanzen gruppiert.

Die Dosierung der geprüften Stoffe erfolgte in steigenden Gaben, deren Größe bei den einzelnen Versuchen angegeben wird.

2. Kurze Besprechung der Versuchsergebnisse.

Die mit der Erbse durchgeführten Gefäßversuche haben die ernährungs-physiologische Wirkung der untersuchten Elemente und Verbindungen klar erwiesen. Die Trockengewichtsbestimmungen zeigen uns klar, daß hier eine Erhöhung der assimilatorischen Ausbeute stattfindet, die dann in der Zunahme der organischen Stoffproduktion zum Ausdruck kommt. In vielen Fällen konnten zweigipfelige Optimumkurven wahrgenommen werden, auf die übrigens bei der Behandlung der physiologischen Wirkung der sogenannten Spurenelemente schon auch *Scharer* hingewiesen hat.

Die optimale Erhöhung der Wachstums- und Stoffproduktionskurven tritt gewöhnlich bei den niedrigen und höheren Substanzgaben auf. Eine Erscheinung, die wir auf Grund der bisherigen Resultate noch nicht hinreichend erklären können.

Die biologische Wirkung selbst kann in unseren Fällen in zwei zeitlich aufeinander folgende Perioden gegliedert werden. Die erste ist die Reizwirkung, die sich kurz nach der Keimung, also in einer Zeit, wo die jungen Pflanzen sich teilweise noch aus den Speichervorräten ihrer Samen ernähren, bemerkbar macht. Die zweite, längere Periode umfaßt den Zeitraum der erhöhten assimilatorischen Stoffproduktion, die neben den Trok-

*) Annähernde Durchschnittswerte.

kengewichtszunahme teilweise schon auch durch das gesteigerte Höhenwachstum wahrgenommen werden kann.

Was jetzt die Einwirkung, der in den Boden gesetzten strahlenden Substanzen betrifft, kann auf Grund der bisherigen Ergebnisse noch nicht hinreichend erklärt werden.

Wir können als recht wahrscheinlich annehmen, daß neben der Einwirkung der primären, durchdringenden Strahlung, auch der sekundären Strahlung, der, durch die Primärstrahlen angeregten Bodenteilchen eine gewisse Bedeutung zukommen wird.

Die Versuche mit der Tabakpflanze und mit den Holzpflanzen zeigen auch gleiches Bild. Bei den letzteren konnte jedoch vorläufig nur ihr Höhenwachstum als Maßstab verwendet werden, da die Trockengewichtsbestimmungen erst später erfolgen werden.

Lehrreich sind die Superphosphatversuche mit der Tabakpflanze (Abbildung 25), die durch die Reizwirkung der Strahlung zeitlich beschleunigte Blütenbildung und das gesteigerte Höhenwachstum andeuten. Die Versuche zeigen auch, daß die anfänglichen, größtenteils durch Reizwirkung ausgelösten, Höhenunterschiede bis zu einem gewissen Grade später teilweise ausgeglichen werden.

Die in der Abbildung 37 dargestellte Langversuche ergaben gewisse Anhaltspunkte, die vermuten lassen, daß neben der primären Strahlenwirkung auch eine sekundäre entsteht, die sich in dem Boden auf verhältnismäßig längere Entfernungen fortpflanzen kann. Ich möchte noch auch auf den Umstand hinweisen, daß wir bei den Versuchen, wo die Substanzen im freien Zustande ohne Behälter in den Boden versetzt wurden, natürlich zwischen Elementen und Verbindungen, die während der Dauer des Versuches von dem Bodenwasser mehr oder weniger gelöst und somit von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden können und zwischen Stoffen, die weder vom Bodenwasser gelöst, noch von den Pflanzenwurzeln wesentlich angegriffen werden können, unterscheiden müssen. Das Verhalten der Versuchspflanzen zeigte diese Unterschiede ganz deutlich bei den Versuchen an. Stoffe, die vom Bodenwasser nicht angegriffen werden konnten, zeigten fast dieselbe physiologische Wirkung, die in den geschlossenen Glasgefäßen verabreichte gleiche Substanzen hervorriefen. Deutlich konnte dagegen in den Parallelversuchen die starke hemmende Wirkung, der starken Gaben der in den Boden unmittelbar versetzten leichtlöslichen Verbindungen beobachtet werden.

Die Versuche mit der Tulpe und mit der Hyazinthe können hauptsächlich in reizphysiologischer Hinsicht ausgewertet werden, da es sich hier um Zwiebelpflanzen handelt und die Versuche nach der Ausbildung der Blüten abgebrochen wurden. Sie zeigen übrigens bezüglich dem Verlaufe der optimalen Wachstumskurven das bei den übrigen Versuchen gewohnte Bild.

III. Die physiologischen Beziehungen der Versuchsergebnisse.

Ich habe schon erwähnt, daß mit der pflanzenphysiologischen Wirkung einiger radioaktiven Elemente, bzw. ihrer Verbindungen: Thorium, Uran und Kalium, sich schon *Stoklasa* eingehend beschäftigt hat.

Ich möchte in diesem Belange kurz auf seine einschlägigen Arbeiten in dem Schrifttum verweisen.

In der letzten Zeit hat auch *V. Rivera* auf die biologische Wirkung der vermutlichen Strahlung einiger metallischen Elemente in seinen verschiedenen Arbeiten hingewiesen.

Stoklasa hat schon seinerzeit mit Nachdruck auf die günstige biologische Rolle der niedrigen Gaben der von ihm untersuchten radioaktiven Stoffe hingewiesen. Die von uns erfaßten reizphysiologischen Wirkungen blieben ihm jedoch verborgen.

Unsere Ergebnisse zeigen dagegen klar, daß die fragliche strahlenartige Einwirkung der Elemente und ihrer Verbindungen nicht allein an den engbegrenzten Kreis der bisher radioaktiv erkannten Elemente beschränkt ist.

Die von uns erfaßten tropischen und ernährungsphysiologischen Wirkungen scheinen eher eine allgemeine, bisher kaum bekannte Eigenschaft der Elemente darzustellen.

Über die innere Natur und über die inneren physiologischen Zusammenhänge lassen die bisherigen Forschungsergebnisse die Ableitung von endgültigen Schlußfolgerungen noch nicht zu.

Die Erfassung der dabei ausgelösten Reizbewegungen war in dem Rahmen unserer Zielsetzung bisher eher Mittel zur Erreichung des Zweckes, als Selbstziel gewesen. Wir wollten damit vorerst die spezifischen Strahlungswirkung der Elemente und die weiteren quantitativen Zusammenhänge unserer Fragestellung erfassen. Es erscheint uns jedoch wahrscheinlich, daß es sich zunächst auch hier um die reizphysiologische Beeinflussung des Auxins, dieses wichtigen regulativen Stoffes des Pflanzenwachstums handelt. Es kann weiter vorläufig auch angenommen werden, daß die zu der Auslösung der tropischen Reizbewegungen notwendige strahlende Energie durch die lebende Substanz des Protoplasma aufgenommen und umgeformt wird.

Da es sich hier aller Wahrscheinlichkeit nach um eine recht durchdringende harte Strahlung handelt, so ist es nicht ausgeschlossen, daß ein großer Teil der Strahlen, infolge ihrer großen Durchdringungsfähigkeit, das Plasma wirkungslos durchsetzt und nur ein Teil ihrer, wahrscheinlich recht wirksamen Quanten absorbiert wird. Es liegt in der inneren biophysikalischen Natur der ganzen Erscheinung, daß die physiologische Wir-

kung der Quanten wahrscheinlich vorwiegend durch die Auslösung der gestreuten Compton-Elektronen hervorgerufen wird.

Bei den ernährungsphysiologischen Versuchen können wir schon mit Rücksicht auf die dort zur Anwendung gebrachte Versuchsanordnung annehmen, daß die von den verschiedenen mehr oder weniger strahlungsaktiven Stoffen emittierten Strahlen den Boden teils unmittelbar, teils in der Form einer sekundären Strahlung durchsetzen und auf diese Art und Weise das Wurzelsystem, wo sie dann perzipiert werden, erreichen.

Inwieweit dabei eine sekundär erregte Strahlung des Bodens noch zur Geltung kommen und das Wurzelwachstum infolge ihrer auch nach außen hin gerichteten Strahlung und somit die assimilatorische Stoffproduktion der oberirdischen Organe beeinflussen kann, muß noch durch weitere Forschungen geklärt werden.

Die bisherigen Ergebnisse weisen jedoch schon jetzt darauf hin, daß die allem Anschein nach sehr wirksamen Quanten dieser Strahlen die assimilatorische Stoffproduktion je nach ihrer Stärke fördernd oder hemmend beeinflussen. Als sichtbare und sichere Beweise dieser Wirkung können wir mit gutem Recht das gesteigerte Höhen- und Längenwachstum und die Ergebnisse der mitgeteilten Trockensubstanzbestimmungen betrachten.

Die Ergebnisse der Langversuche, von denen ein typisches Beispiel in der Abbildung 37. gezeigt wird, deuten auch darauf hin, daß wir die Fortpflanzung zu einem gewissen Teile auf eine, durch die primäre Strahlung induzierte Sekundärstrahlung zurückführen können.

Auch diese Überlegungen zeigen uns, daß zur endgültigen Lösung dieser Fragestellung die Erweiterung und Vertiefung der bisherigen Forschungsarbeiten unerläßlich notwendig ist.

IV. Die physikalische Natur der Strahlen.

Da eine physikalische Erfassung der Strahlenwirkung mit den uns zur Verfügung stehenden physikalischen Apparaten bisher noch nicht geglückt ist, so möchte ich in dieser Beziehung hier nur jene Folgerungen darlegen, deren Ableitung die bisherigen Ergebnisse unserer biologischen Versuche erlauben. Da ich im Verlaufe der bisherigen Erörterungen immer bestrebt war, mich vorwiegend auf das Gebiet der Tatsachenforschung zu beschränken, möchte ich den orientierenden Charakter der folgenden Ausführungen mit Nachdruck betonen und mich in keine überflüssige und durch entsprechende, positive Ergebnisse nicht begründete theoretischen Feststellungen, die uns bei den noch folgenden experimentellen Arbeiten an bestimmte Richtungen binden könnten, einlassen.

Bei der bisher erfolgten Besprechung meiner Forschungsergebnisse habe ich auf Grund der ermittelten Zusammenhänge die jetzt erstmalig erkann-

ten reiz- und ernährungsphysiologischen Einflüsse der Elemente mit dem Ausdruck „Strahlung“ und „Strahlenwirkung“ bezeichnet.

Es ist bekannt, daß außer den Uran-, Radium-, Thorium- und Aktinium-Reihen bisher nur die Elemente Kalium, Rubidium, Samarium und Cassiopeium als radioaktiv erkannt worden sind. Die Strahlungsintensität dieser Elemente, bzw. ihrer Verbindungen läßt sich durch die Anwendung von Elektrometern, infolge ihrer Eigenschaft die Luft zu ionisieren, erfassen.

Am stärksten ionisieren die α -Strahlen. Die β -Strahlen 10^{-3} -mal und die γ -Strahlen 10^{-5} -mal weniger. Die Elektrometer können diese Strahlenwirkung nur mittelbar messen.

Um dem inneren Wesen der von uns erkannten und auf biologischem Wege erfaßten Strahlung auch physikalisch nahetreten zu können, habe ich versucht, mit dem Wulf'schen Einfadenelektrometer wenigstens jene Elemente, deren auf biologischem Wege ermittelte Strahlungsstärke der Strahlungsaktivität des Urans nahekommt, teils in der Form ihrer Verbindungen auf ihr Ionisationsvermögen zu untersuchen. Ich konnte aber dabei bisher keine sichere und positive Erfolge erzielen.

Da jedoch das Ionisationsvermögen der Strahlenwirkung des Urans und des Thoriums mit dem Einfadenelektrometer leicht und deutlich gemessen werden kann und anderseits in dieser Hinsicht auch die ihm, bezüglich ihrer biologisch gemessenen Strahlungsstärke ganz nahe stehenden Elemente, bzw. ihre Verbindungen sich als inaktiv erwiesen haben, so konnte ich mit gutem Recht folgern, daß diese Elemente kurzwellige, elektromagnetische, biologisch sehr wirksame Strahlen emittierten, deren Ionisationsvermögen mit dem angewendeten Wulf'schen Einfadenelektrometer nicht erfaßt werden konnte.

Ich entschloß mich daher, sie vorläufig als kurzwellige, durchdringende „Biostrahlen“ der Elemente zu bezeichnen.

Ich fühlte mich dazu auch auf Grund folgender, durch unsere experimentellen Forschungen erhärteten, Tatsachen berechtigt.

1. Der von uns erkannte Einfluß ist eine ausgesprochene Fernwirkung, deren oft mehrere Meter betragende, recht beträchtliche Reichweite durch die Wirkung der bisher in der pflanzlichen Reizphysiologie bekannten verschiedenen Reizquellen (mit Ausnahme des Lichtreizes, der ja bei unserer Versuchsanordnung gänzlich ausgeschaltet ist), nicht befriedigend erklärt werden konnte.

2. Im Laufe der Versuche wurde auch die starke Durchdringungsfähigkeit der Einwirkung, mit der sie Schwermetalle, wie Eisen, Blei usw., durchsetzen kann, deutlich erkannt.

3. Die räumliche Stärke der Wirkung ist der Masse der als Reizquelle dienenden Elemente, bzw. ihrer Verbindungen proportional und bildet eine,

je nach den einzelnen Elementen variierende, spezifische Eigenschaft derselben.

4. Die Abnahme, bzw. die Zunahme der Reizintensität vollzieht sich immer nach den klaren Zusammenhängen des bekannten Entfernungsgesetzes.

5. Die experimentell ermittelten spezifischen Energieintensitäten der einzelnen Elemente bleiben auch in ihren Verbindungen aufrecht.

Um jedoch die Berechtigung dieser vorläufigen Annahme, die durch rein physikalische Messungen noch nicht mit der nötigen Strenge ergründet werden konnte, wenigstens durch die Anwendung unserer biologischen Meßmethode erhärten zu können, haben wir mit *T. Szelényi* auch noch andere Möglichkeiten in den Bereich unserer Erwägungen gezogen und diese dann auch experimentell geprüft.

Wir haben zunächst an die Möglichkeit der Existenz einer langwelligen Wärmestrahlung gedacht. Obwohl die gut übereinstimmenden, zeitlich und räumlich getrennt durchgeführten Parallelbestimmungen gleicher Elemente und Verbindungen diese Annahme schon im vorhinein fraglich erscheinen ließen, führten wir doch eine Reihe von Versuchen mit in Vakumgefäßen (Dewarflaschen) eingesetzten Strahlern durch, von denen ich einen in der Abbildung 39. zeige. Diese Versuche haben klar gezeigt, daß man die Möglichkeit einer spezifischen Wärmestrahlung mit ruhigem Gewissen ausschließen kann.

In der weiteren Folge erwogen wir auf experimentellem Wege auch den Einfluß der kosmischen Ultrastrahlung, obwohl die bereits erwähnte spezifische Energieemission der Elemente, sowie die Übereinstimmung zeitlich und räumlich getrennt ermittelten Messungsergebnisse auch diese Annahme schon als unwahrscheinlich erscheinen ließen.

Dies konnte, wie die Abbildung 38. zeigt, auch auf experimentellem Wege bewiesen werden. In nur in der wagerechten Strahlungsrichtung geöffneten Bleikammern von zirka 2 cm Wanddicke, die die Einwirkung der kosmischen Strahlung bereits erheblich abzuschwächen vermag, hängten wir Substanzen von bekannter Reizintensität auf. Auch Versuche in Bleikammern mit gleicher Wanddicke, die oben geöffnet und dann zugeschlossen waren, ergaben, von der Absorptionswirkung des Bleies abgesehen, keine Veränderung der Strahlenintensität der eingeschlossenen Substanzen.

Als dritte Möglichkeit prüften wir noch in einer Reihe von Versuchen die vermutliche Existenz von elektrostatischen Feldeinflüssen, die sich an den Außenflächen der Sender, oder an ihren Glasbehältern bilden könnten. Obwohl auch diese Annahme, aus den bereits dargelegten Gründen, mehr oder weniger unwahrscheinlich erschien, haben wir einige Versuche durchgeführt, wobei die strahlenden Substanzen von bekannter Intensität in gut

geerdete und allseits geschlossene, dünnwandige Blechdosen von ebenfalls bekannter Strahlungsstärke aufgehängt wurden. Wie die Abbildung 40., die einen unserer Versuche darstellt, zeigt, ist die ursprüngliche spezifische Intensität der Energieemission unverändert geblieben. Uns blieb daher, in Anbetracht der auf diesem indirekten Wege gewonnenen Versuchsergebnisse, nichts anderes übrig, als vorläufig bei unserer bisherigen Annahme, einer der einzelnen Elemente spezifischen, kurzwelligen, durchdringenden Strahlung zu verbleiben, da die Möglichkeit der Einwirkung der korpuskularen α - und β -Strahlen bei unserer Versuchsmethodik und bei der oft beträchtlichen Fernwirkung der Energieemission schon im vorhinein ausgeschlossen war. Nur eine geringe, durch die korpuskularen Strahlen erzeugte, sekundäre Strahlung hätte hier noch übrig bleiben können, die jedoch bei den großen Entfernungen sich kaum ernstlich auswirken konnte.

Ich möchte hier auch noch über die eventuelle Einwirkung von radioaktiven Stoffen, darunter vornämlich der Verbindungen des Urans, die als Beimengungen oder Verunreinigungen der untersuchten Elemente oder Verbindungen vorhanden sein könnten, sprechen. Die Annahme selbst dürfte als solche nicht im vorhinein als unmöglich gelten. Wenn wir aber bedenken, daß die biologisch gemessene Strahlungsstärke einer stattlichen Anzahl von Elementen die biologische Strahlungsintensität des Urans entweder übertrefft, oder ihr fast gleichkommt, so wird uns bei der näheren und vergleichenden Betrachtung der Strahlungswerte der Elemente in der Tab. I—II. die Unhaltbarkeit dieser Voraussetzung bald klar werden.

Auch eine nähere Überprüfung der Intensitätswerte der schwächer strahlenden Elemente wird uns die Unrichtigkeit dieser Annahme beweisen können.

Die Energieemission der schwach strahlenden *Si* beträgt z. B. rund $30 \text{ FE cm}^2 \text{ g}^{-1}$, während Uran selbst $330 \text{ FE cm}^2 \text{ g}^{-1}$ besitzt. Das bedeutet nicht weniger, daß in einer Menge von 100 gr *Si* mindestens 1 gr Uran vorhanden sein müßte um die erwähnte, bereits experimentell zum wiederholtenmale ermittelte biologische Strahlenwirkung des *Si* erzielen zu können. Eine Uranmenge, die sich in dem Elektrometer, wo *Si* vollkommen wirkungslos ist, sich leicht nachweisen ließe.

Da wir unsere Versuchsstoffe vorher immer elektrometrisch prüften, so konnten wir auch diese Möglichkeit ruhig beiseite lassen.

Um auch die eventuelle Möglichkeit des Vorhandenseins einer Neutronenstrahlung prüfen zu können, untersuchten wir auch den Durchgang der Strahlen durch 10—20 cm dicke Paraffinblöcke und *Cd*-Platten, die erfahrungsgemäß die sonst äußerst durchdringenden Neutronen größtenteils absorbieren.

Unsere Versuche überzeugten uns jedoch, daß auch diese Annahme,

wenigstens vorläufig, sich als unhaltbar erwies. Eine Untersuchung mit dem Wulf'schen Einfadenelektrometer auf das Ionisationsvermögen der geprüften Sender ergab nur bei den radioaktiven Elementen positive Resultate.

Da die biologisch gemessene Strahlungsstärke einiger Elemente, auch die des Urans, des Thoriums, des Kaliums und des Rubidiums übertrifft, so haben wir diese mit dem Elektrometer mit besonderer Sorgfalt untersucht. Wir konnten aber ihr Ionisationsvermögen auf diesem Wege nicht nachweisen. Alle diese Ergebnisse und Erfahrungen berechtigen uns, nach meiner Ansicht, zu der vorläufigen Annahme, daß wir hier eine neue durchdringende und kurzweilige, biologisch recht wirksame und vorläufig nur auf biologischem Wege erfaßbare Strahlenart vor uns haben, deren Wesen und Natur und nähere physikalische Eigenschaften noch erforscht wer-

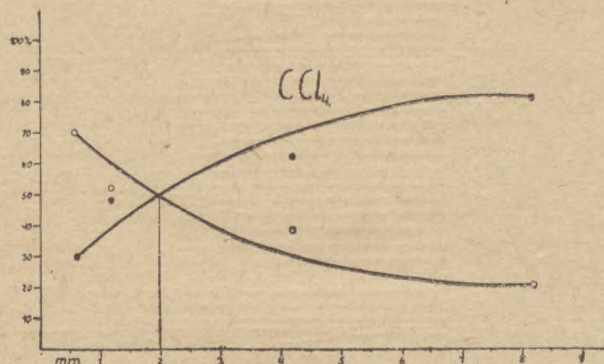


Abb. 43.

Die Absorption der Biostrahlen des CCl_4 durch Blei. Siehe P. 5 des Anhanges.

den müssen. Ich bezeichne sie, wie schon erwähnt wurde, zur Unterscheidung von den übrigen Strahlen, vorläufig auf Grund ihrer deutlichen physiologischen Wirkung als „Biostrahlung“.

Um auch auf dem Gebiete der engeren physikalischen Zielsetzung zu einer Orientierung gelangen zu können, haben wir einige vergleichende Absorptionsversuche mit Bleiplatten durchgeführt, deren Resultate in den Abbildungen 41—43 mitgeteilt werden.

Als Sender haben wir CCl_4 in Glaskugeln und als Vergleichssubstanz Uran verwendet, dessen Absorptionskoeffizienten und D -Werte bezüglich seiner γ -Strahlen hinreichend bekannt sind.

Die Ergebnisse zeigen uns, daß die Halbirungsdicke bei dem Uran ungefähr $D = 0.14$ cm und bei den CCl_4 $D = 0.20$ cm beträgt (Uran X_1 0.30 cm und Uran X_2 0.96 cm).

Die Berechnung der Absorption erfolgt im allgemeinen nach dem bekannten Beer-Lambert'schen Gesetz, wonach

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

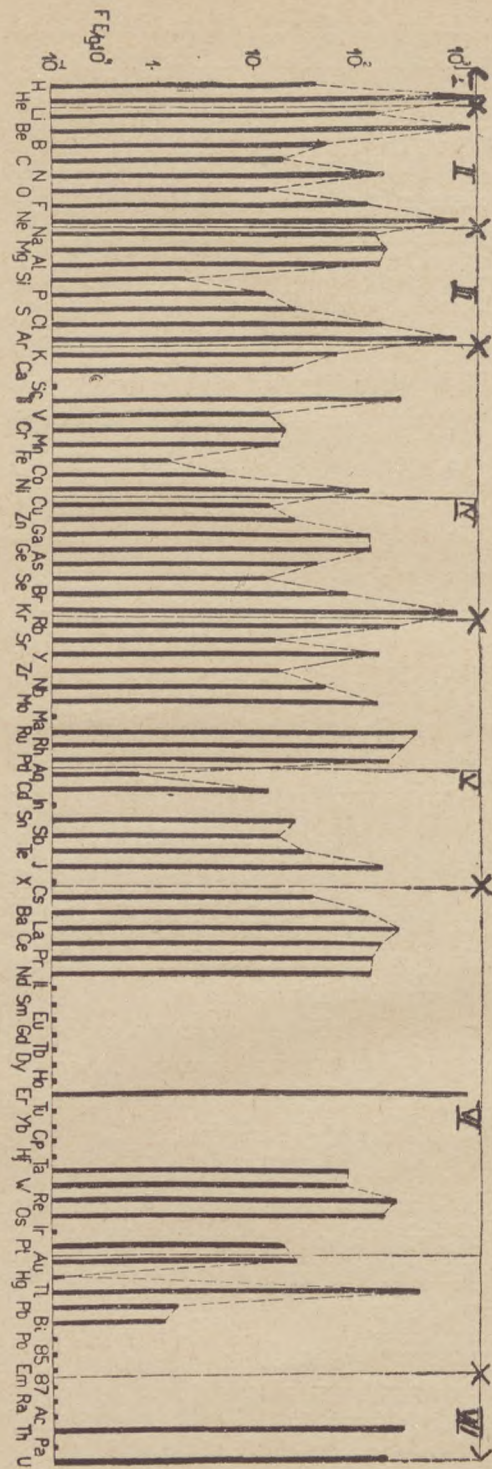


Abb. 44.
Die Intensitätswerte der untersuchten Elemente nach der numerischen Reihenfolge der Atomgewichte.

wo I_0 die auffallende, I die durchgelassene Strahlung, x die Schichtdicke des absorbierenden Mediums und μ Absorptionskoeffizient bedeutet, der sich aus dem wahren Absorptionskonstanten und der Streuung σ zusammensetzt. Daher $\mu = \mu' + \sigma$, dessen Größe annähernd mit der dritten Potenz der Wellenlänge proportional ist

Wir haben in unserem Falle als erste Annäherung die Werte von D einfach zeichnerisch bestimmt.

Die Fortsetzung dieser Versuche, die mangels eines brauchbaren physikalischen Verfahrens, mit der Zuhilfenahme unserer biologischen Methode doch eine gewisse Vertiefung unserer Kenntnisse ermöglichen dürften, ist bereits im Gange. Über ihre Ergebnisse werde ich noch gesondert berichten.

Über die inneren atomphysikalischen Zusammenhänge dieser Strahlung lassen unsere bisherigen Forschungen die Ableitung von befriedigen-

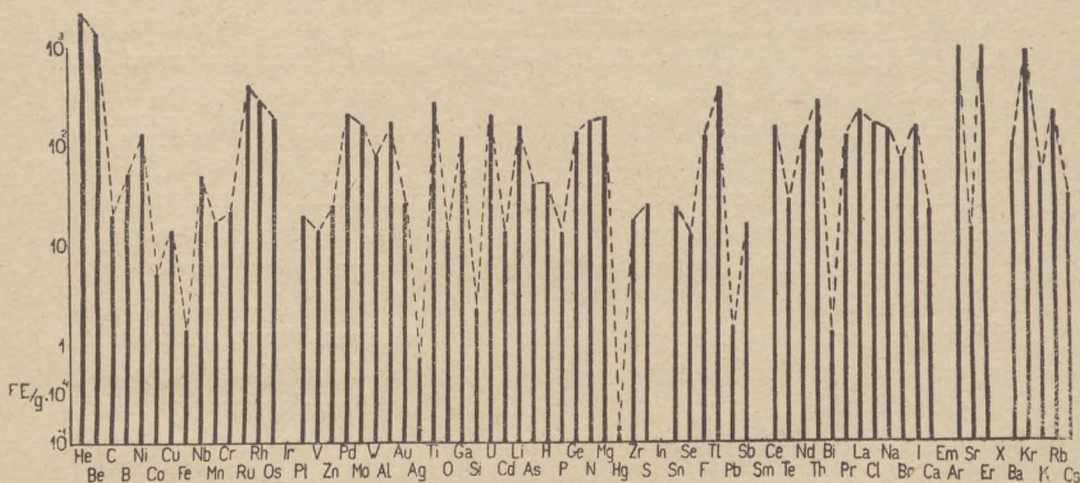


Abb. 45.

Die Intensitätswerte der untersuchten Elemente nach der numerischen Reihenfolge der Atomvolumina.

den Schlüssen noch nicht zu. Auch darüber werden erst die weiteren Forschungen die nötigen Aufklärungen abgeben können.

Ich verweise noch hier auf die Abbildungen 44—45., wo die Intensitätswerte der untersuchten Elemente nach Atomgewichten und Atomvolumina zusammengestellt werden. Trotz der annähernden und vorläufigen Bedeutung dieser Zusammenstellungen läßt sich schon hier die große Linie der periodischen Natur dieser allgemeinen Eigenschaft der Elemente wahrnehmen.

Zusammenfassung.

Durch die Vertiefung und zielbewußte Fortsetzung der sich seit acht Jahren im Gange befindlichen Forschungen des Verfassers gelang es, die biologische Strahlungsstärke von 69 bisher untersuchten Elementen mit

einer eigenen, hierzu ausgearbeiteten reizphysiologischen Methode zu ermitteln und auch mengenmäßig zu erfassen.

Im Laufe der weiteren Forschungen gelang es auch, durch entsprechend angelegte ernährungsphysiologische Versuche auch den Einfluß dieser, vorläufig als Biostrahlung benannten, energetischen Auswirkung der Elemente, bzw. ihrer Verbindungen, auch auf das Wachstum und auf die assimilatorische Stoffproduktion der höheren Pflanzen nachzuweisen.

Zur reizphysiologischen Messung der Strahlungsintensität wurde die *F*-Einheit (*FE*) aufgestellt. Auf Grund der bisherigen Forschungen konnte weiters auch der Beweis erbracht werden, daß nicht nur die bisher als radioaktiv erkannten Elemente, sondern auch die übrigen, eine biologisch recht wirksame, durchdringende und allem Anschein nach kurzwellige Strahlung aussenden. Diese Strahlung hängt mit der Masse des jeweiligen Senders zusammen und ihre Stärke verhält sich mit den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional, Sie ist außerdem eine spezifische Eigenschaft der Elemente, die auch dann, wenn diese in Verbindungen eintreten, immer konstant bleibt.

Da es bis jetzt noch nicht gelungen ist, diese Strahlung auf rein physikalischem Wege zu erfassen, so wurden zwecks ihrer näheren physikalischen Charakterisierung mit der Zuhilfenahme der oben erwähnten biologischen Meßmethode Absorptionsversuche mit Blei durchgeführt, die künftig weiter vertieft werden sollten. Über die näheren atomphysikalischen Zusammenhänge, sowie über die exakte Charakterisierung der physikalischen Natur dieser Strahlung sind noch weitere Forschungsarbeiten notwendig, die bereits im Gange sind. Bezüglich der näheren Einzelheiten wird an die ausführlichen Angaben der Arbeit verwiesen.

Anhang.

Einige Beispiele für die Berechnung der Analysenresultate.

1.

Die Berechnung der Strahlungsintensität des Kupfers. Siehe Abbildung 5. (oben).

Eine quadratische Kupferplatte von 73 gr Gewicht und mit 20×45 cm. Ausmaß

$$t = x_0 = 27 \text{ cm}, f = 10 \times 45 = 450 \text{ cm}^2.$$

Es wird also $r_{\max} = \sqrt{27^2 + 10^2 + 45^2} = 53.4 \text{ cm}$ betragen.

$$I_i = \frac{900}{27^2} = 1.232, I_{\cos} = I_{\text{nat.}} \cdot \frac{27 \times 53.4 + 450}{27 \times 53.4 - 450} = 2.30 \times \log_{10} 1.908 = 0.644$$

$$\text{Wenn } \tau = \frac{I_i}{I_{\cos}} = \frac{1.232}{0.644} = 1.92 \text{ und}$$

$$S_M^* = 1.92 \frac{27^2}{73} = 19 \text{ FE cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ aufgerundet, bzw.} \\ 0.0019 \text{ (aufgerundet) FE m}^2 \text{ g}^{-1}$$

2.

Die Berechnung des *Be* aus einer Legierung und aus $\text{Be}_2\text{CO}_3 \cdot \text{OH}$. Siehe Abb. 7.

- a) Oben, 10 gr, $t = 55-58$ cm, $\text{Be}_2\text{CO}_3 \cdot \text{OH}$, 18·95% *Be*, 12·63% *C*, 67·4% *O*, 1·05% *H*.
 $100 : 18 \cdot 95 = 5 \cdot 26$, Die Strahlungswerte des CO_3 und *OH* können vernachlässigt werden. Die Strahlung des Glasbehälters (Petri-Schale) 0·06 *FE*.
 $0 \cdot 55^2 - 0 \cdot 06 = 0 \cdot 24$, $0 \cdot 24 : 10 = 0 \cdot 024$, $0 \cdot 024 \times 5 \cdot 26 = 0 \cdot 126 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$ bzw.
 wenn $t = 58$ cm $0 \cdot 147 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$
- b) Unten: 54 gr, $t = 50$ cm *Be-Cu*-Legierung mit 2·5% *Be* und 97·5% *Cu*. Die Strahlung des Kupfers $0 \cdot 0017 \times 0 \cdot 98 = 0 \cdot 0016 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$ kann vernachlässigt werden. Strahlung des Glasbehälters 0·06 *FE* $100 : 2 \cdot 5 = 40$, $0 \cdot 50^2 - 0 \cdot 06 = 0 \cdot 19$, $0 \cdot 19 : 54 = 0 \cdot 0035$, $0 \cdot 0035 \times 40 = 0 \cdot 140 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$.

Die berechneten Werte stimmen innerhalb der Fehlgrenzen der Methode gut überein.

3.

Drei räumlich und zeitlich getrennten Messungen der Strahlungsintensität des Cadmiums.
 Siehe Abbildung 9 von oben nach unten.

- a) *Cd* Platte vom 32 g Gewicht $t = 20-23$ cm am 16. V. 1942.
 Die Strahlung des Papierrahmens 0·002 *FE*.
 $0 \cdot 20^2 - 0 \cdot 002 = 0 \cdot 038$, $0 \cdot 038 : 32 = 0 \cdot 0012 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$
 $0 \cdot 23^2 - 0 \cdot 002 = 0 \cdot 051$, $0 \cdot 051 : 32 = 0 \cdot 00159$ (0·0016) $\text{FE m}^2 \text{ g}^{-1}$.
- b) Dieselbe Platte am 10. XI. 1942. $t = 24-25$ cm mit 24 cm berechnet:
 $0 \cdot 0018 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$.
- c) 141 g *Cd* in Pulverform in einer Glasküvette. Eigenstrahlung der letzteren 0·05 *FE*,
 $t = 45$ cm
 $0 \cdot 45^2 - 0 \cdot 05 = 0 \cdot 15$, $0 \cdot 15 : 141 = 0 \cdot 00106$ (0·0011) $\text{m}^2 \text{ g}^{-1}$.

4.

Die Berechnung der Strahlungsintensität des Chlors aus *NaCl*, *KCl* und CCl_4 . Siehe Abb. 10
 Von oben nach unten.

- a) *Na* 58 g 110—120 cm $0 \cdot 020-0 \cdot 026$ (0·023) $\text{FE m}^2 \text{ g}^{-1}$.
- b) *NaCl* 120 g, $t = 1 \cdot 65-1 \cdot 70$, Strahlung der Küvette 0·06 *FE*, Rund 39% *Na* und 61% *Cl*.
 $100 : 61 = 1 \cdot 64$, $\text{Na } 0 \cdot 023 \times 0 \cdot 39 = 0 \cdot 025 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$,
 $1 \cdot 65^2 - 0 \cdot 06 = 2 \cdot 66$, $1 \cdot 70^2 - 0 \cdot 06 = 2 \cdot 83$,
 $2 \cdot 66 : 120 = 0 \cdot 022$, $2 \cdot 83 : 120 = 0 \cdot 024$,
 $0 \cdot 022 - 0 \cdot 009 = 0 \cdot 013$, $0 \cdot 013 \times 1 \cdot 64 = 0 \cdot 021 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$,
 $0 \cdot 024 - 0 \cdot 009 = 0 \cdot 015$, $0 \cdot 015 \times 1 \cdot 64 = 0 \cdot 025 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$,
 Die aus der Strahlung des *NaCl* berechnete Strahlenintensität des Chlors beträgt
 $0 \cdot 021-0 \cdot 025 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$.

- c) Die Strahlungsintensität des Kaliums. Siehe Abb. 11.
 14 gr, $t = 40-45$ cm, Strahlung des Glasbehälters 0·05 *FE*, Strahlung des *K* = $0 \cdot 0080-0 \cdot 011 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$ (Durchschnittswert auf Grund mehrerer Versuche $0 \cdot 0085 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$).
- d) 67 gr *KCl*, $t = 1 \cdot 15$ m, Strahlung der Küvette 0·06 *FE*,
 53% *K* und 47% *Cl*, $1 \cdot 15^2 - 0 \cdot 06 = 1 \cdot 26$, $100 : 47 = 2 \cdot 13$,
 $\text{K } 0 \cdot 0085 \times 0 \cdot 53 = 0 \cdot 0045 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$,
 $1 \cdot 26 : 67 = 0 \cdot 019$, $0 \cdot 0190 - 0 \cdot 0045 = 0 \cdot 0145$, $0 \cdot 0145 \times 2 \cdot 13 = 0 \cdot 031 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$,
 $1 \cdot 10^2 - 0 \cdot 06 = 1 \cdot 15$, $1 \cdot 15 : 67 = 0 \cdot 017$, $0 \cdot 017 - 0 \cdot 0045 = 0 \cdot 0125$,
 $0 \cdot 0125 \times 2 \cdot 13 = 0 \cdot 0266 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$ (0·027).

Berechnet aus NaCl durchschnittlich $0.023 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$

" " KCl " $0.029 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$,

Mittelwert der beiden Berechnungen: $0.026 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$.

- e) 36.0 gr CCl_4 , $t = 85 \text{ cm}$, $8\% \text{ C}$, $92\% \text{ Cl}$. Die Strahlung der Glaskugel und des C können vernachlässigt werden.

$$0.85^2 = 0.72, \quad 100 : 92 = 1.09, \quad 0.72 \times 1.09 = 0.78,$$

$$0.78 : 36 = 0.022 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}.$$

Dieser Wert stimmt mit Berücksichtigung der Eigenabsorption der sich in der Glaskugel befindlichen verhältnismäßig dicken CCl_4 -Schicht gut überein.

5.

I.

Die Absorption der Biostrahlen des Urans im Blei. Siehe die Abb. 41.

Die FE -Werte der Absorptionsplatten: 1. 0.6 mm , 0.023 , 2. 1.2 mm , 0.044 , 3. 2.4 mm , 0.080 , 4. 4.3 mm , 0.13 , 5. 8.2 mm , 0.20 .

- a) $U \ 16 \text{ gr}$, $t = 75 \text{ cm}$. Von oben nach unten. Strahlung der Petri-Schale 0.06 FE
 $0.75^2 - 0.06 = 0.50 \text{ FE}$.
 b) 0.6 mm Platte $t = 64 \text{ cm}$, $0.64^2 - (0.023 + 0.06) = 3.33 \text{ FE}$, $0.50 - 0.33 = 0.17$, 34% absorbiert und 66% durchgelassen.
 c) 1.2 mm $t = 60 \text{ cm}$ 48% und 52% ,
 d) 2.4 mm $t = 53 \text{ cm}$ 72% und 28% ,
 e) 4.2 mm $t = 60 \text{ cm}$ 78% und 22% ,
 f) 8.2 mm $t = 50 \text{ cm}$ 96% und 4% ,
 $D^*) = \text{ca } 0.14 \text{ cm}$.

II.

Die Absorption der Biostrahlen des CCl_4 im Blei. Siehe Abb. 42, 43. Bleiplatten wie oben

- a) 468 g CCl_4 , $t = 145 \text{ cm}$, 2.10 FE
 b) 0.6 mm $t = 125 \text{ cm}$, 30% und 70%
 c) 1.2 mm $t = 110 \text{ cm}$, 53% und 47%
 d) 4.2 mm $t = 100 \text{ cm}$, 62% und 38%
 e) 8.2 mm $t = 83 \text{ cm}$, 80% und 20%
 $D = \text{ca } 0.2 \text{ cm}$

*) D = Halbwertungskonstante

Tabelle I.
Die Intensitätswerte der (untersuchten) Elemente nach alphabetischer
Reihenfolge.

Ordnungs- zahl	Name	Atom- gewicht	Atom- volumen	Intensität der Strahlung	
				Mittel $FE \text{ cm}^2 \text{ gr}^{-1}$	$FE \text{ max.} - \text{min. m}^2 \text{ gr}^{-1}$
89.	Ac.	227.0	—	—	—
47.	Ag.	107.88	10.3	0.85	0.0007—0.00010*
13.	Al.	26.97	9.9	250.0	0.022—0.028*
18.	Ar.	39.944	28.0	1100.0	0.08—0.14*
33.	As.	74.91	13.1	65.0	0.0059—0.0072*
79.	Au.	197.2	10.2	42.0	0.0028—0.0055*
5.	B.	10.82	6.3	72.0	0.0060—0.0084
56.	Ba.	137.36	38.2	110.0	0.0097—0.012
4.	Be.	9.02	4.09	1200.0	0.10—0.14
83.	Bi.	209.0	21.3	1.2	0.00007—0.00016*
35.	Br.	79.916	254.0	92.0	0.0084—0.010*
6.	C.	12.010	5.2	30.0	0.0026—0.0033*
20.	Ca.	40.08	25.9	38.0	0.0033—0.0042*
48.	Cd.	112.41	13.0	14.0	0.0011—0.0017*
58.	Ce.	140.13	20.6	240.0	0.021—0.027
17.	Cl.	35.457	23.5	260.0	0.022—0.029
71.	Cp.	174.99	—	—	—
24.	Cr.	52.01	7.8	140.0	0.013—0.015*
35.	Cs.	132.91	71.0	56.0	0.0047—0.0065
29.	Cu.	63.57	7.1	17.0	0.0015—0.0019*
27.	Co.	58.94	6.7	7.1	0.00057—0.00085*
66.	Dy.	162.46	—	—	—
86.	Em.	222.0	—	—	—
68.	Er.	167.2	35.2	1700.0	0.15—0.19
63.	Ev.	152.0	—	—	—
9.	F.	19.0	16.7	130.0	0.011—0.015
26.	Fe.	55.84	7.1	3.5	0.00030—0.00040*
31.	Ga.	69.72	11.8	150.0	0.014—0.016*
32.	Ge.	72.6	13.9	170.0	0.015—0.018*
64.	Gd.	156.2	—	—	—
1.	H.	1.0081	13.21	65.0	0.0050—0.0081
2.	He.	4.003	2.7	3000.0	0.28—0.32*
80.	Hg.	200.61	14.1	0.13	0.000010—0.000016*
72.	Hf.	178.6	—	—	—
67.	Ho.	164.944	35.2	—	—
49.	In.	114.76	15.8	—	—
77.	Ir.	193.1	8.6	—	—
53.	J.	126.92	25.7	220.0	0.018—0.025*
19.	K.	39.096	45.5	85.0	0.007—0.010*
36.	Kr.	83.7	38.5	1200.0	0.10—0.14*
57.	La.	138.92	22.8	410.0	0.038—0.043
3.	Li.	6.940	13.0	220.0	0.019—0.023
43.	Ma.	—	—	—	—
12.	Mg.	24.32	14.0	310.0	0.027—0.035*
25.	Mn.	54.93	7.5	24.0	0.0022—0.0026*
42.	Mo.	95.95	9.4	220.0	0.018—0.025*
7.	N.	14.008	13.6	280.0	0.024—0.031
11.	Na.	22.997	23.7	230.0	0.020—0.026*
41.	Nb.	92.91	7.4	70.0	0.0065—0.0075*
60.	Nd.	144.27	20.7	130.0	0.010—0.015
10.	Ne.	20.183	—	1500.0	0.13—0.16*
28.	Ni.	58.69	6.7	150.0	0.014—0.017*
8.	O.	16.0	11.3	15.0	0.0012—0.0020
76.	Os.	190.2	8.5	280.0	0.023—0.033
15.	P.	30.98	13.3	12.0	0.0011—0.0013
82.	Pb.	207.21	18.3	2.3	0.00022—0.00024*
91.	Pa.	231.0	—	—	—
46.	Pd.	106.7	9.3	330.0	0.030—0.036
84.	Po.	210.0	—	—	—
59.	Pr.	140.92	21.8	150.0	0.013—0.016
78.	Pt.	195.23	9.1	30.0	0.0025—0.0034*
88.	Ra.	226.05	—	—	—
37.	Rb.	85.48	56.2	440.0	0.039—0.048
75.	Re.	186.31	—	580.0	0.053—0.062*
45.	Rh.	102.19	8.5	460.0	0.038—0.054
44.	Ru.	101.17	8.3	600.0	0.05—0.07
16.	S.	32.06	15.5	41.0	0.0035—0.0047*
51.	Sb.	121.76	18.14	23.0	0.0023—0.0024*
21.	Sc.	45.10	—	—	—
34.	Se.	78.96	16.5	12.0	0.0010—0.0014*
14.	Si.	28.06	12.0	3.0	0.0002—0.0004*
62.	Sm.	150.43	19.4	—	—
50.	Sn.	118.70	16.3	41.0	0.00439—0.00372
38.	Sr.	87.63	34.5	20.0	0.0017—0.0022
73.	Ta.	180.88	—	93.0	0.0076—0.011*
65.	Tb.	152.2	—	—	—
52.	Te.	127.61	20.6	48.0	0.0044—0.0052*
90.	Th.	232.12	21.1	500.0	0.044—0.055
22.	Ti.	47.90	10.7	450.0	0.043—0.046
81.	Tl.	204.39	17.2	640.0	0.059—0.069
69.	Tu.	169.4	—	—	—
92.	U.	238.07	12.7	330.0	0.030—0.036*
23.	V.	50.95	9.1	15.0	0.0014—0.0016*
74.	W.	138.92	9.6	90.0	0.0085—0.0095*
54.	X.	131.3	37.0	—	—
39.	Y.	88.92	—	230.0	0.022—0.024
70.	Yb.	173.04	—	—	—
30.	Zn.	65.38	9.2	40.0	0.003—0.005*
40.	Zr.	91.22	14.3	24.0	0.0022—0.0025*

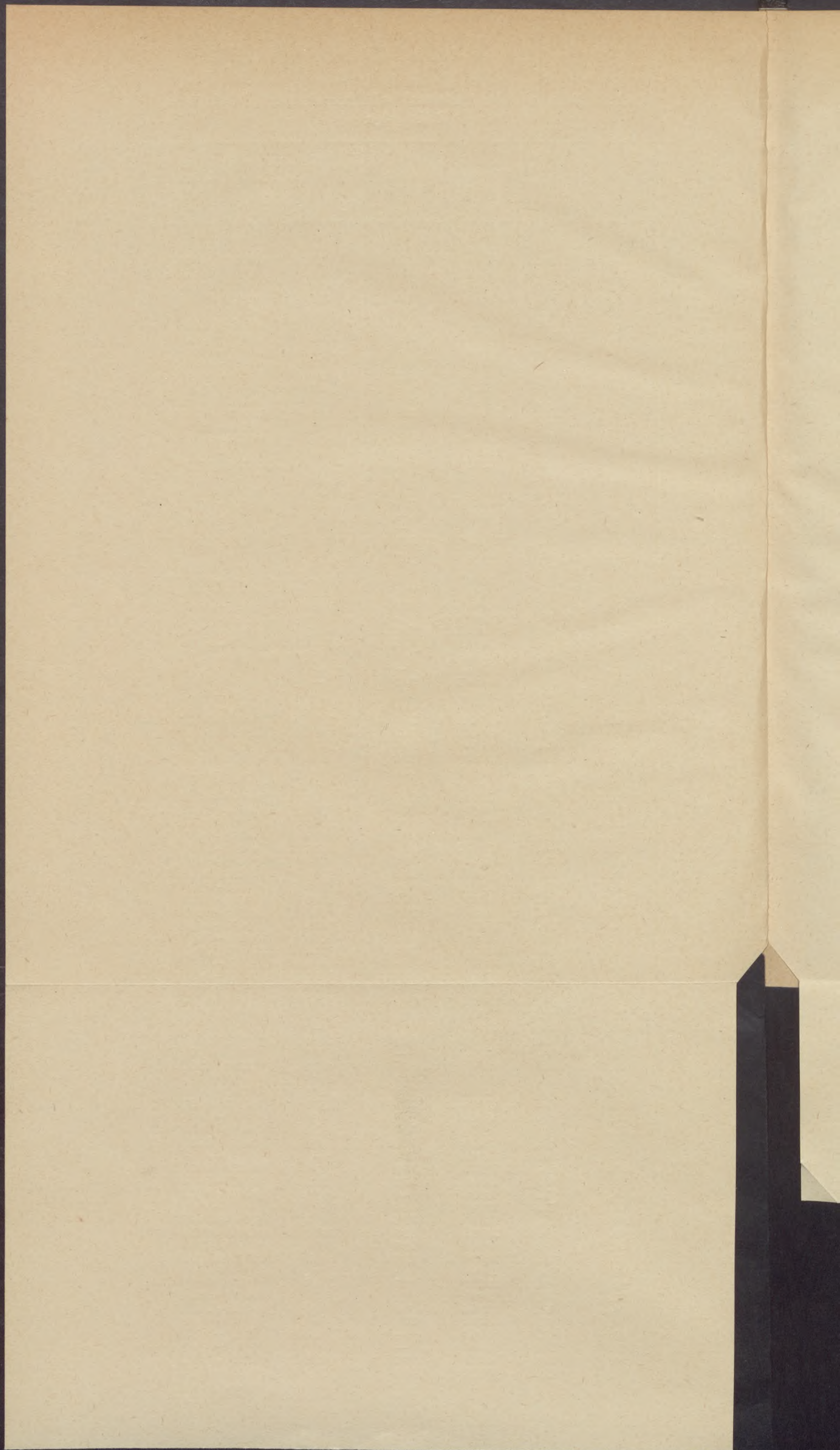


Tabelle II.
Die Intensitätswerte der (untersuchten) Elemente nach ihrer Größen-
ordnung.

Ordnungs- zahl	Name	Atom- gewicht	Atom- volumen	Intensität der Strahlung	
				Durchschnittliche $FE\text{ cm}^2\text{ gr}^{-1}$	$FE\text{ max.} - \text{min. m}^2\text{ gr}^{-1}$
2.	He.	4.003	2.7	3000.0	0.28—0.32
68.	Er.	167.2	35.2	1700.0	0.15—0.19
10.	Ne.	20.183	—	1500.0	0.13—0.16*
4.	Be.	9.02	40.9	1200.0	0.10—0.14
36.	Kr.	83.7	38.5	1200.0	0.10—0.14*
18.	Ar.	39.944	28.0	1100.0	0.08—0.14*
81.	Tl.	204.39	17.2	640.0	0.059—0.069
44.	Ru.	101.17	8.3	600.0	0.05—0.07
75.	Re.	186.31	—	580.0	0.053—0.062*
90.	Th.	232.12	21.1	500.0	0.044—0.055
45.	Rh.	102.19	8.5	460.0	0.038—0.054
22.	Ti.	47.90	10.7	450.0	0.043—0.046
37.	Rb.	85.48	56.2	440.0	0.039—0.048
57.	La.	138.92	22.8	410.0	0.038—0.043
92.	U.	238.07	12.7	330.0	0.030—0.036
46.	Pd.	106.7	9.3	330.0	0.030—0.036
12.	Mg.	24.32	14.0	310.0	0.027—0.035*
7.	N.	14.008	13.6	280.0	0.024—0.031
76.	Os.	190.2	8.5	280.0	0.023—0.033
17.	Cl.	35.457	23.5	260.0	0.022—0.029
13.	Al.	26.97	9.9	250.0	0.022—0.028*
58.	Ce.	140.13	20.6	240.0	0.021—0.027
39.	Y.	88.92	—	230.0	0.022—0.024
11.	Na.	22.997	23.7	230.0	0.020—0.026*
3.	Li.	6.940	13.0	220.0	0.019—0.023
53.	J.	126.92	25.7	220.0	0.018—0.025*
42.	Mo.	95.95	9.4	220.0	0.018—0.025*
32.	Ge.	72.6	13.3	170.0	0.015—0.018*
31.	Ga.	69.72	11.8	150.0	0.014—0.016*
28.	Ni.	58.69	6.7	150.0	0.014—0.017*
58.	Pr.	140.92	21.8	150.0	0.013—0.015
24.	Cr.	52.01	7.8	140.0	0.013—0.015
9.	F.	19.0	16.7	130.0	0.011—0.015
60.	Nd.	144.27	20.7	130.0	0.010—0.015
56.	Ba.	137.36	38.2	110.0	0.0097—0.012
73.	Ta.	180.88	—	93.0	0.0076—0.011*
35.	Br.	79.916	254.0	92.0	0.0084—0.010*
74.	W.	183.92	9.6	90.0	0.0085—0.0095*
19.	K.	39.096	45.5	85.0	0.0070—0.010
5.	B.	10.82	6.3	72.0	0.0060—0.0084
41.	Nb.	92.91	7.4	70.0	0.0065—0.0075*
33.	As.	74.91	13.1	65.0	0.0059—0.0072*
1.	H.	1.0081	13.21	65.0	0.0060—0.0081
55.	Cs.	132.91	71.0	56.0	0.0047—0.0065*
52.	Te.	127.61	20.6	48.0	0.0044—0.0052*
79.	Au.	197.2	10.2	42.0	0.0028—0.0055*
16.	S.	32.06	15.5	41.0	0.0035—0.0047*
50.	Sn.	118.70	16.3	41.0	0.00439—0.00372*
30.	Zn.	65.38	9.2	40.0	0.003—0.003*
20.	Ca.	40.08	25.9	38.0	0.0033—0.0042*
6.	C.	12.010	5.2	30.0	0.0026—0.0033*
78.	Pt.	195.23	9.1	30.0	0.0025—0.0034*
40.	Zr.	91.22	14.3	24.0	0.0022—0.0025
25.	Mn.	54.93	7.5	24.0	0.0023—0.0026*
51.	Sb.	121.76	18.14	23.0	0.0023—0.0024*
38.	Sr.	87.63	34.5	20.0	0.0017—0.0022
29.	Cu.	63.57	7.1	17.0	0.0015—0.0019*
8.	O.	16.0	11.3	15.0	0.0012—0.0020
23.	V.	50.95	9.1	15.0	0.0014—0.0016*
48.	Cd.	112.41	13.0	14.0	0.0011—0.0017*
15.	P.	30.98	13.3	12.0	0.0011—0.0013*
34.	Se.	78.96	16.5	12.0	0.0010—0.0014*
27.	Co.	58.94	6.7	7.1	0.00057—0.00085*
26.	Fe.	55.84	7.1	3.5	0.00030—0.00040*
14.	Si.	28.06	12.0	3.0	0.0002—0.0004*
82.	Pb.	207.21	18.3	2.3	0.00022—0.00024*
83.	Bi.	209.0	21.3	1.2	0.00016—0.00057*
47.	Ag.	107.88	10.3	0.85	0.00007—0.000010*
80.	Hg.	200.61	14.1	0.13	0.000010—0.000016*

* Bestimmt als Element. Die Strahlungsstärke der übrigen wurden aus ihren Verbindungen bestimmt.

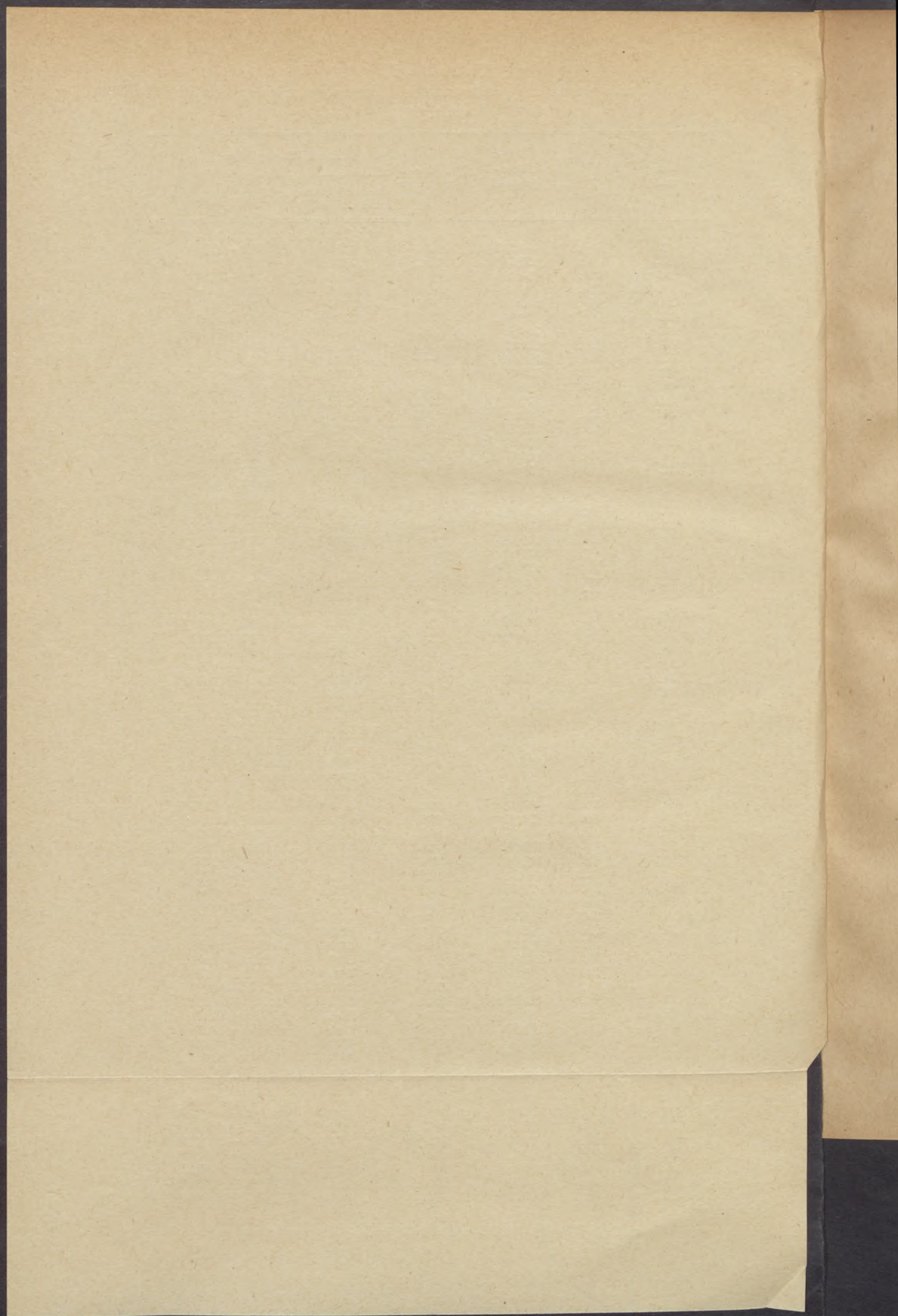


Tabelle III. — III. sz. táblázat.

Die Resultate einiger Trockengewichtsbestimmungen (Blatt, Stengel, Frucht u. Wurzel) einiger Erbsenversuche. Es bedeuten hier K = leerer Kontrollversuch, K_1 = Kontrolle mit leerer Reagenzröhre oder Petri-Schale, K_2 = Kontrolle mit Wasser enthaltender Reagenzröhre oder Petri-Schale.

In %-n des Kontrollversuches ($K = 100\%$).

KCl

	K	K_1	K_2	0.25 g	1 g	2 g	5 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	100	103	109	131	100	92
Földfeletti részek . . .							
	20 g	40 g	100 g	150 g	200 g	300 g	$\Delta^0/\%$ max.
Oberirdische Pflanzenteile	110	95	121	124	163	161	63
Földfeletti részek . . .							

Szuperfoszfát

	K	K_2	0.25 g	0.5 g	1 g	2 g	5 g	10 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	102	84	117	91	80	120	118
Földfeletti részek . . .								
	20 g	40 g	100 g	150 g	200 g	300 g	$\Delta^0/\%$ max.	
Oberirdische Pflanzenteile	118	115	135	118	118	114	35	
Földfeletti részek . . .								

MgO

	K	K	K_2	1 g	2 g	4 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	103	131	141	118	128
Földfeletti részek . . .						
	8 g	16 g	32 g	50 g	$\Delta^0/\%$ max.	
Oberirdische Pflanzenteile	131	134	128	125	41	
Földfeletti részek . . .						

CaCO₃

	K	K	K_2	1 g	2 g	4 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	103	128	137	128	119
Földfeletti részek . . .						
	8 g	16 g	32 g	64 g	$\Delta^0/\%$ max.	
Oberirdische Pflanzenteile	130	130	137	139	39	
Földfeletti részek . . .						

S

	K	K	K_1	1 g	2 g	5 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	102	112	100	156	148
Földfeletti részek . . .						
	10 g	20 g	40 g	80 g	$\Delta^0/\%$ max.	
Oberirdische Pflanzenteile	123	139	143	150	56	
Földfeletti részek . . .						

HNO₃

	K	K_1	0.5 cm ³	1 cm ³	2 cm ³
Oberirdische Pflanzenteile	100	132	142	147	100
Földfeletti részek . . .					
	5 cm ³	10 cm ³	20 cm ³	50 cm ³	$\Delta^0/\%$ max.
Oberirdische Pflanzenteile	162	184	149	169	84
Földfeletti részek . . .					

Mn

	K	K ₁	0.5 g	1 g	2.5 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	123	149	147	142
Földfeletti részek . . .					
	5 g	10 g	20 g	40 g	Δ ⁰ / ₁₀₀ max.
Oberirdische Pflanzenteile	154	184	175	141	84
Földfeletti részek . . .					

H₂O

	K	K ₁	1 cm ³	2 cm ³	5 cm ³
Oberirdische Pflanzenteile	100	146	164	158	134
Földfeletti részek . . .					
Wurzel — Gyökér . . .	100	147	271	198	191
	10 cm ³	20 cm ³	50 cm ³	Δ ⁰ / ₁₀₀ max.	
Oberirdische Pflanzenteile	141	176	164	76	
Földfeletti részek . . .					
Wurzel — Gyökér . . .	203	213	191	171	

As

	K	K ₁	0.25 g	0.5 g	1 g	2 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	126	124	124	106	119
Földfeletti részek . . .						
Wurzel — Gyökér . . .	100	150	163	178	168	185
	5 g	10 g	20 g	50 g	100 g	Δ ⁰ / ₁₀₀ max.
Oberirdische Pflanzenteile	165	155	156	150	144	65
Földfeletti részek . . .						
Wurzel — Gyökér . . .	210	158	183	155	135	110

Sb

	K	K ₁	0.25 g	0.5 g	1 g	2 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	133	114	151	149	148
Földfeletti részek . . .						
Wurzel — Gyökér . . .	100	114	92	142	99	88
	5 g	10 g	20 g	50 g	100 g	Δ ⁰ / ₁₀₀ max.
Oberirdische Pflanzenteile	128	130	144	152	142	52
Földfeletti részek . . .						
Wurzel — Gyökér . . .	78	86	100	109	102	42

C

	K	K	K ₁	0.25 g	0.5 g	1 g	2 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	102	115	115	116	121	110
Földfeletti részek . . .							
Wurzel — Gyökér . . .	100	98	122	117	103	156	103
	5 g	10 g	20 g	50 g	100 g	Δ ⁰ / ₁₀₀ max.	
Oberirdische Pflanzenteile	109	116	122	120	116	22	
Földfeletti részek . . .							
Wurzel — Gyökér . . .	103	128	139	124	121	56	

TiO₂

	K	K ₁	0.1 g	0.25 g	0.5 g	1 g	2 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	106	114	114	103	104	102
Földfeletti részek . . .							
	5 g	10 g	20 g	50 g	100 g	Δ ⁰ / ₁₀₀ max.	
Oberirdische Pflanzenteile	113	112	116	121	131	31	
Földfeletti részek . . .							

<i>Fe₂O₃</i>	K	K ₁	0.25 g	0.5 g	1 g	2 g	5 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	108	120	119	120	120	113
Földfeletti részek . . .	100	111	116	113	118	119	121
Wurzel — Gyökér . . .	100	111	116	113	118	119	121
	10 g	20 g	50 g	100 g	300 g	$\Delta^{\circ}/_{\circ}$ max.	
Oberirdische Pflanzenteile	101	95	88	83	70	20	
Földfeletti részek . . .	114	109	103	113	104	21	
Wurzel — Gyökér . . .	114	109	103	113	104	21	
<i>Uranyl nitrat</i>	K	K	K ₁	0.05 g	0.15 g	0.5 g	1.25 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	100	121	119	119	121	139
Földfeletti részek . . .	100	94	117	122	133	140	158
Wurzel — Gyökér . . .	100	94	117	122	133	140	158
	2.5 g	5 g	10 g	20 g	40 g	$\Delta^{\circ}/_{\circ}$ max.	
Oberirdische Pflanzenteile	137	126	121	120	144	44	
Földfeletti részek . . .	165	125	132	132	162	65	
Wurzel — Gyökér . . .	165	125	132	132	162	65	
<i>Si</i>	K	K ₁	0.1 g	0.2 g	0.5 g	1 g	2 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	175	168	158	162	193	187
Földfeletti részek . . .	100	189	147	189	189	189	215
Wurzel — Gyökér . . .	100	189	147	189	189	189	215
	5 g	10 g	20 g	50 g	100 g	150 g	$\Delta^{\circ}/_{\circ}$ max.
Oberirdische Pflanzenteile	183	182	186	192	218	216	118
Földfeletti részek . . .	205	174	195	231	231	226	131
Wurzel — Gyökér . . .	205	174	195	231	231	226	131
<i>Ca</i>	K	K ₁	0.05 g	0.1 g	0.2 g	0.5 g	1 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	112	106	107	112	111	99
Földfeletti részek . . .	100	120	114	120	126	114	120
Wurzel — Gyökér . . .	100	120	114	120	126	114	120
	2 g	5 g	10 g	20 g	50 g	100 g	200 g $\Delta^{\circ}/_{\circ}$ max.
Oberirdische Pflanzenteile	94	100	113	130	139	137	116 39
Földfeletti részek . . .	120	131	131	137	137	137	126 37
Wurzel — Gyökér . . .	120	131	131	137	137	137	126 37
<i>Cr</i>	K	K	K ₁	0.1 g	0.25 g	0.5 g	1 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	105	133	136	169	195	209
Földfeletti részek . . .	100	115	131	134	138	173	223
Wurzel — Gyökér . . .	100	115	131	134	138	173	223
	2 g	5 g	10 g	20 g	50 g	100 g	$\Delta^{\circ}/_{\circ}$ max.
Oberirdische Pflanzenteile	135	167	179	175	146	111	109
Földfeletti részek . . .	150	131	177	136	131	115	123
Wurzel — Gyökér . . .	150	131	177	136	131	115	123
<i>K</i>	K	K	K ₁	0.01 g	0.02 g	0.05 g	0.1 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	99	103	126	149	128	121
Földfeletti részek . . .	100	109	138	175	186	181	154
Wurzel — Gyökér . . .	100	109	138	175	186	181	154
	0.5 g	1 g	2 g	5 g	10 g	$\Delta^{\circ}/_{\circ}$ max.	
Oberirdische Pflanzenteile	107	107	113	118	134	49	
Földfeletti részek . . .	150	150	154	173	188	88	
Wurzel — Gyökér . . .	150	150	154	173	188	88	

Cu	K	K	K ₁	0.25 g	0.5 g	1 g	2 g		
Oberirdische Pflanzenteile	100	101	130	132	140	173	129		
Földfeletti részek . . .	100	106	116	116	118	171	142		
Wurzel — Gyökér . . .	5 g	10 g	20 g	50 g	100 g	$\Delta^0/\%$ max.			
Oberirdische Pflanzenteile	125	123	124	131	151	73			
Földfeletti részek . . .	138	118	122	129	155	71			
Wurzel — Gyökér . . .									
Kontroll	K	K	K	K	K	K	K		
Oberirdische Pflanzenteile	100	100	101	98	97	97	101		
Földfeletti részek . . .	100	103	103	101	93	95	101		
Wurzel — Gyökér . . .							104		
	K	K	K	K	K	K	$\Delta^0/\%$ max.		
Oberirdische Pflanzenteile	102	102	103	102	103	103	3		
Földfeletti részek . . .	101	97	101	102	102	102	4		
Wurzel — Gyökér . . .									
Pb	K	K	K ₁	0.1 g	0.2 g	0.5 g	1 g	2 g	5 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	101	117	119	125	123	120	105	117
Földfeletti részek . . .	100	98	116	106	108	109	109	99	105
Wurzel — Gyökér . . .	10 g	20 g	40 g	80 g	160 g	320 g	640 g	$\Delta^0/\%$ max.	
Oberirdische Pflanzenteile	127	135	138	137	129	131	135	38	
Földfeletti részek . . .	116	120	120	113	108	113	112	20	
Wurzel — Gyökér . . .									
Zn	K	K	K ₁	K ₁	0.25 g	0.5 g	1 g		
Oberirdische Pflanzenteile	100	103	121	123	132	123	122		
Földfeletti részek . . .	100	100	136	147	157	155	136		
Wurzel — Gyökér . . .	2 g	5 g	10 g	20 g	50 g	100 g	$\Delta^0/\%$ max.		
Oberirdische Pflanzenteile	109	129	138	144	144	148	48		
Földfeletti részek . . .	106	126	147	162	170	170	70		
Wurzel — Gyökér . . .									
Al	K	K	K	0.25 g	0.5 g	1 g	2 g		
Oberirdische Pflanzenteile	100	99	102	111	113	135	123		
Földfeletti részek . . .	100	97	99	120	109	146	142		
Wurzel — Gyökér . . .	5 g	10 g	20 g	50 g	100 g	$\Delta^0/\%$ max.			
Oberirdische Pflanzenteile	119	108	121	126	131	35			
Földfeletti részek . . .	125	122	129	140	143	46			
Wurzel — Gyökér . . .									
U₃O₈	K	K	K ₁	0.1 g	0.2 g	0.5 g	1 g		
Oberirdische Pflanzenteile	100	100	103	109	102	100	100		
Földfeletti részek . . .	100	100	113	119	109	109	109		
Wurzel — Gyökér . . .	2.5 g	5 g	10 g	20 g	40 g	$\Delta^0/\%$ max.			
Oberirdische Pflanzenteile	104	109	112	114	121	21			
Földfeletti részek . . .	116	124	127	127	139	39			
Wurzel — Gyökér . . .									

Ca

	K	K ₁	0.05 g	0.1 g	K	0.2 g	0.5 g	K	1 g	2 g
Oberirdische Pflanzenteile	100	103	104	115	102	110	110	101	109	109
Földfeletti részek . . .										
Wurzel — Gyökér . . .	100	107	114	132	95	130	135	96	131	130
	5 g	K	10 g	20 g	50 g	K	100 g	200 g	Δ ^o /o max.	
Oberirdische Pflanzenteile	105	101	103	106	105	102	103	103	15	
Földfeletti részek . . .										
Wurzel — Gyökér . . .	110	98	104	120	107	95	104	107	35	

H₃BO₃

	K	K ₁	K ₁	0.25 g	K	0.5 g	1 g	2 g	K
Oberirdische Pflanzenteile	100	111	109	106	102	114	118	126	100
Földfeletti részek . . .									
Földfeletti részek . . .	100	105	101	95	97	109	115	121	96
	5 g	10 g	20 g	K	40 g	100 g	200 g	Δ ^o /o max.	
Oberirdische Pflanzenteile	127	115	123	100	126	132	144	44	
Földfeletti részek . . .									
Wurzel — Gyökér . . .	108	113	117	101	122	126	135	35	

Irodalom. — Schrifttum.

1. Bünnig E.: Die Physiologie des Wachstums und der Bewegungen. (J. Springer, Berlin, 1939.)
2. Campbell and Wood: The Radioactivity of the Alkalimetals. (Proc. Cambridge Society, 1906. Bd. 14, H. 1.)
3. Dobler P.: Physikalischer und Photographischer Nachweis der Erdstrahlen. (Verlag Sommer u. Schorr, Feuchtwangen, 1934.)
4. Dobler P.: Natürliche elektrische Wellen und die Einwirkung auf den lebenden Organismus. (Sommer, Feuchtwangen, 1936.)
5. Dobler P.: Biophysikalische Untersuchungen über Strahlung der Materie. (Sommer, Feuchtwangen, 1939.)
6. Elster und Geitel: Die Radioaktivität des Kaliums und Rubidiums. (Jahrbuch der Radioaktivität, 1913, Bd. 10, H. 3.)
7. Fehér D.: Untersuchungen über das autotrophe Wachstum der Pflanzen im Dunkeln. (Mitteilungen a. d. Bot. Inst. d. Univ. Sopron, 1932, H. 2.)
8. Fehér D.: Untersuchungen über die, durch die unsichtbaren Beta- und Gammastrahlen der radioaktiven Stoffe ausgelösten Reizbewegungen der Pflanzen. (Mitteilungen aus dem Bot. Inst. d. Univ. Sopron, 1940, H. 3.)
9. Fehér D.: Untersuchungen über die, durch die unsichtbaren Beta- und Gammastrahlen der radioaktiven Stoffe ausgelösten Reizbewegungen der Pflanzen. II. Quantitative Erfassung der Strahlenwirkung. Die biologische Wirkung der kurzwelligen Erdstrahlen. (Mitteilungen aus dem Bot. Inst. d. Univ. Sopron, 1940, H. 4.)
10. Fehér D.: Untersuchungen über die, durch die unsichtbaren Beta- und Gammastrahlen der Radioaktiven Stoffe ausgelösten Reizbewegungen der Pflanzen. III. Der biologische Nachweis der durchdringenden kurzwelligen Strahlung einiger metallischen Elemente. (Mitteilungen aus dem Bot. Inst. d. Univ. Sopron, 1941, H. 5.)
11. Fehér D.: Untersuchungen über die ernährungsphysiologische Wirkung der kurzwelligen, durchdringenden Strahlung der Elemente. (Mitteilungen aus dem Bot. Inst. d. Univ. Sopron, 1942, H. 6.)

12. *Fehér D.*: Der biologische Nachweis der kurzwelligen, durchdringenden Strahlung der Elemente. (Mitteilungen aus dem Bot. Inst. d. Univ. Sopron, 1942, H. 8.)
13. *Fehér D., Frank M.*: Untersuchungen über die Lichtökologie der Bodenalgae. I. u. II. (Archiv f. Mikrobiologie 7, 1—31, 1936 und 10, 247—265, 1939.)
14. *Fehér D., Frank M.*: Ergänzende Bemerkungen zu unseren Arbeiten über die Lichtökologie der Bodenalgae. (Archiv f. Mikrobiologie, 11, 80—84, 1940.)
15. *Frischmann F.*: Experimentelle Untersuchungen über das Eindringen der strahlenden Energie in den Boden. (Bodenkunde und Pflanzenernährung, 14, 1939.)
16. *Groh Gy.*: Fizikai kémia. (Egyetemi Nyomda, Budapest, 1940.)
17. *Gurwitsch*: Die mitogenetische Strahlung. (Springer, Berlin, 1932.)
18. *Hoffmann*: (Physikalische Zeitschrift, 1923, Bd. 24.)
19. *Hevesy u. Paneth*: Lehrbuch der Radioaktivität. (Barth, Leipzig, 1929.)
20. *Hess V. F.*: Handbuch der Bodenlehre. (J. Springer, Berlin, 1930. Bd. VI., S. 374. I. Ergänzungsband. S. 272. 1939.)
21. *Hanle H.*: Künstliche Radioaktivität. (G. Fischer, Jena, 1939.)
22. *Israel H.*: Radioaktivität. (Barth, Leipzig, 1940.)
23. *Kohlhörster*: Gammastrahlen an Kaliumsalzen. (Die Naturwissenschaften, 1928, H. 2.)
24. *Kostytschew S.—Went F.*: Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. (Springer, Berlin, 1931.)
25. *Lemmermann O.*: Methoden für die Untersuchungen des Bodens. (Verlag Chemie, Berlin, 1932.)
26. *Meyer St. Schweidler E.*: Radioaktivität. (Teubner, Berlin, 1927.)
27. *Pringsheim*: Die Reizbewegungen der Pflanzen. (Springer, Berlin, 1942.)
28. *Penkava J.*: Die biologische Wirkung der Radioaktivität des Kaliums. (Die Ernährung der Pflanze, 1928, 24. Bd, H. 23.)
29. *Petrova J.*: A contribution to the study of radioactivity of potassium and rubidium. (Bulletin International de l'Académie des Sciences de Bohême 1926.)
30. *Prizbram K.*: Radioaktivität. (W. Gruyter, Berlin, 1932.)
31. *Pohl*: Elektrizitätslehre. (J. Springer, Berlin, 1940.)
32. *Popoff*: Die Zellstimulation. (Parey, Berlin, 1931.)
33. *Rivera V.*: Conferme recenti sopra l'azione biologica della radiazione penetrante etc. (Atti. Soc. Ital. Progr. Sci. 6, 1939.)
34. *Rivera V.*: L'azione biologica a distanza dei metalli. Esposizione di fatti e conferme 1929—1936. (Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1936, Roma.)
35. *Rivera V.*: Conferme recenti sull'azione biologica dei metalli a distanza. (Atti del Terzo Congresso dei nuclei italiani di radiobiologia. Bologna, 1937.)
36. *Rivera V.*: Azione biologica a distanza dei metalli attraverso il vetro. (Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei. Vol. XXVIII. serie 6a, 2^o sem., fasc. 12. Roma, 1938.)
37. *Rivera V.*: Azione di presenza del piombo sopra l'accrescimento. (La Ricerca Scientifica. Anno X. n. 5. maggio 1939. XVII. pag. 461.)
38. *Rivera V.*: Conferme recenti sopra l'azione biologica della radiazione penetrante e sopra l'azione biologica a distanza dei metalli. (Società Italiana per il Progresso della Scienza, Roma, 1939. XVII.)
39. *Rivera V.*: Azione Biologica a distanza dei metalli. (Note e Memorie del laboratorio di patologia vegetale R. Istituto Superiore agrario di Perugia. Memoria n. 51. 1935.)
40. *Riehm H.*: Die Bestimmung der laktatslöslichen Phosphorsäure im Boden unter Verwendung eines lichtelektrischen Kolorimeters. (Bodenkunde u. Pflanzenernährung, Berlin, 9—10, 30—50, 1938.)
41. *Reiter T. u. Gábor D.*: Zellteilung und Strahlung. (Springer, Berlin, 1928.)

42. *Overbeck I.*: Phototropismus. (Bot. Review, 5, 1939.)
43. *Stoklasa—Penkava*: Biologie des Radiums und der radioaktiven Elemente. (P. Parey, 1932.) Lásd itt a részletes irodalmi adatokat 1932-ig.
44. *Swardemaker, W. E. Ringer, E. Smits*: (Akad. von Wetensch. Amsterdam. Wisn. en. Nath. Afd. Bd. 32.)
45. *Stern R.*: Elektrophysiologie der Pflanzen. (Springer, Berlin, 1924.)
46. *Scheminzky F.*: Elektro-Biologie. (Juck, Haag, 1941.)
47. *Szelényi T.*: Sífelületi összsugárzása egy elemi gömbre. Fehér Dániel-féle biosugárzás intenzitásának kiszámítása. (Földtani Intézet, Budapest, 1943.)
48. *Szelényi T.*: Die von einer elementaren Kugel aufgenommene Gesamtstrahlung einer Ebene. Intensitätsmessung der Fehér'schen Biostrahlung. (Geologische Anstalt, Budapest, 1943.)
49. *Scharrer*: Biochemie der Spurenelemente. (Parey, Berlin, 1941.)
50. *Wettstein F.*: Fortschritte der Botanik. (Bd. I—VII. J. Springer, Berlin, 1932—1939.)
51. *Zimmer K.*: Strahlungen. (Thieme, Leipzig, 1937.)
52. *Eugster u. Hess*: Die Weltraumstrahlung und ihre biologische Wirkung. (Orel—Füssli, Zürich, 1940.)



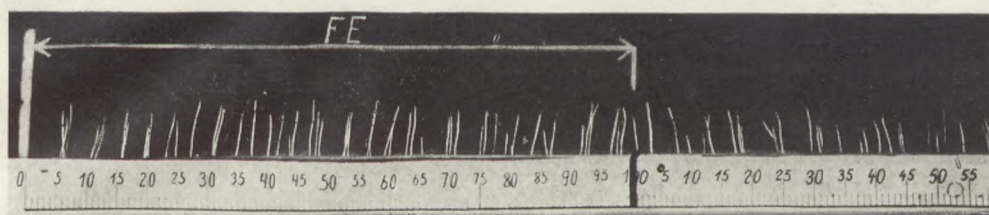


Abb. 3.
Das Versuchsbild der FE. Reizphysiologische Wirkung von 380 gr Paraffin.

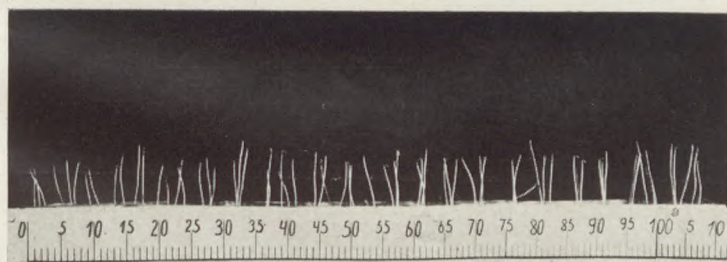


Abb. 4.
Kontrollversuch zum Abtasten der Strahlungsgleichheit des Versuchsraumes.

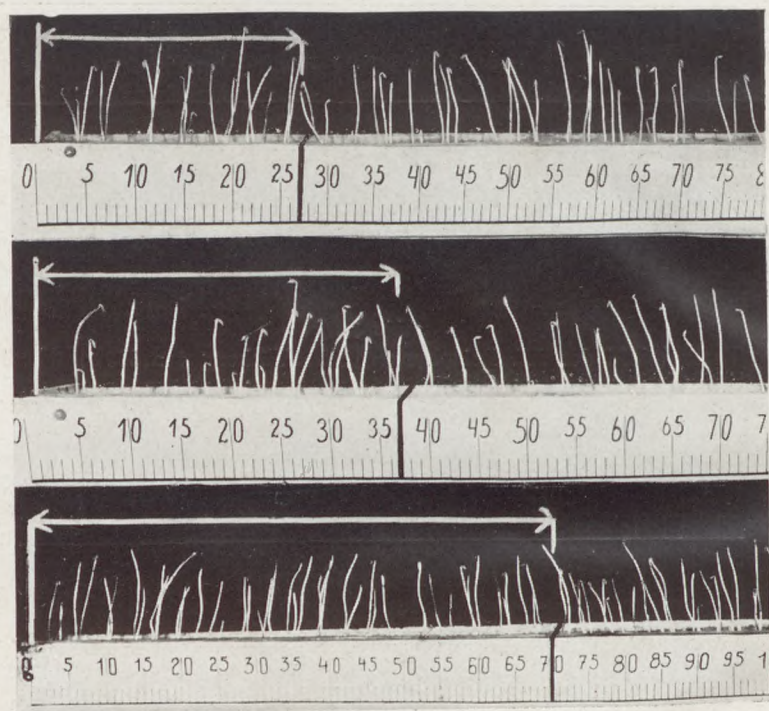


Abb. 5.

Strahlung des Kupfers. Von oben nach unten. Korrigierte Werte.

- | | | | |
|----|--------|--|----------------------|
| 1. | 73 gr | $0.0019 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$ | $t = 27 \text{ cm,}$ |
| 2. | 145 gr | $0.0014 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$ | $t = 37 \text{ cm,}$ |
| 3. | 580 gr | $0.0010 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$ | $t = 70 \text{ cm.}$ |

Der Versuch zeigt die Geltung des Entfernungsgesetzes und die mit der Zunahme der Schichtdicke des Strahlers sich einstellende eigene Absorption. Siehe auch den Anhang.
(P 1)

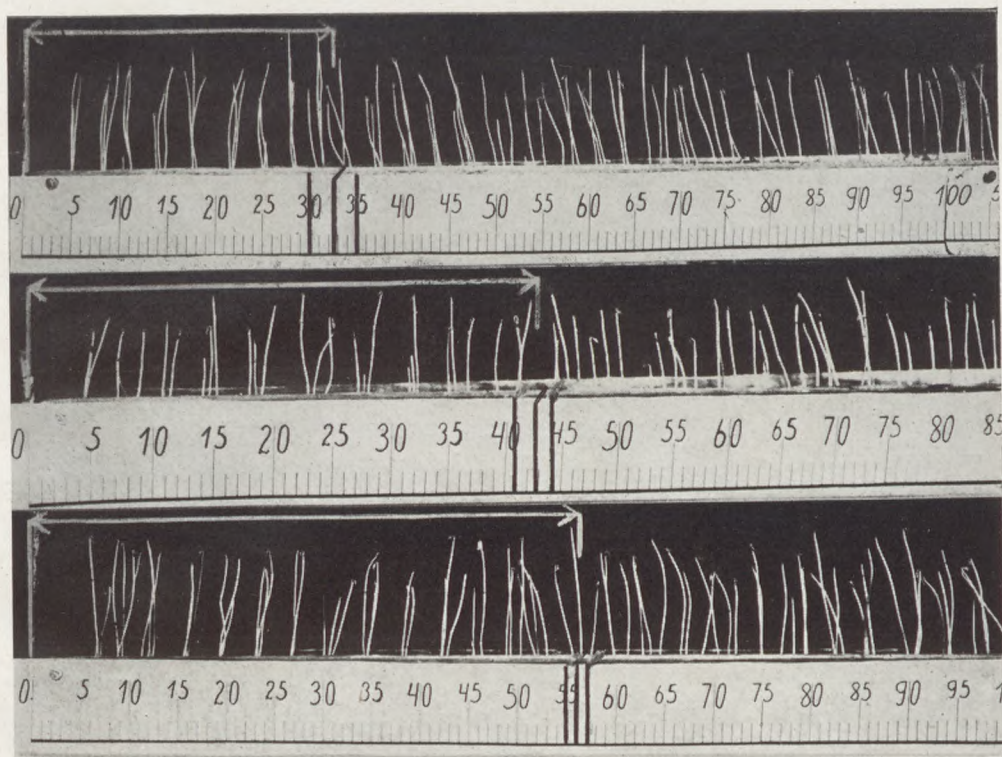


Abb. 6.

Strahlung des Sn. Von oben nach unten. Korrigierte Werte.

1.	22'4 gr	0'00439 $FE\ m^2\ g^{-1}$	$t = 30-35\ cm$
2.	45 gr	0'00438 $FE\ m^2\ g^{-1}$	$t = 41-44\ cm$
3.	93'6 dr	0'00341 $FE\ m^2\ g^{-1}$	$t = 54-57\ cm$

Zum Vergleich

$$32.5 \times \sqrt{2} = 46\ cm$$

$$42 \times \sqrt{2} = 59\ cm$$

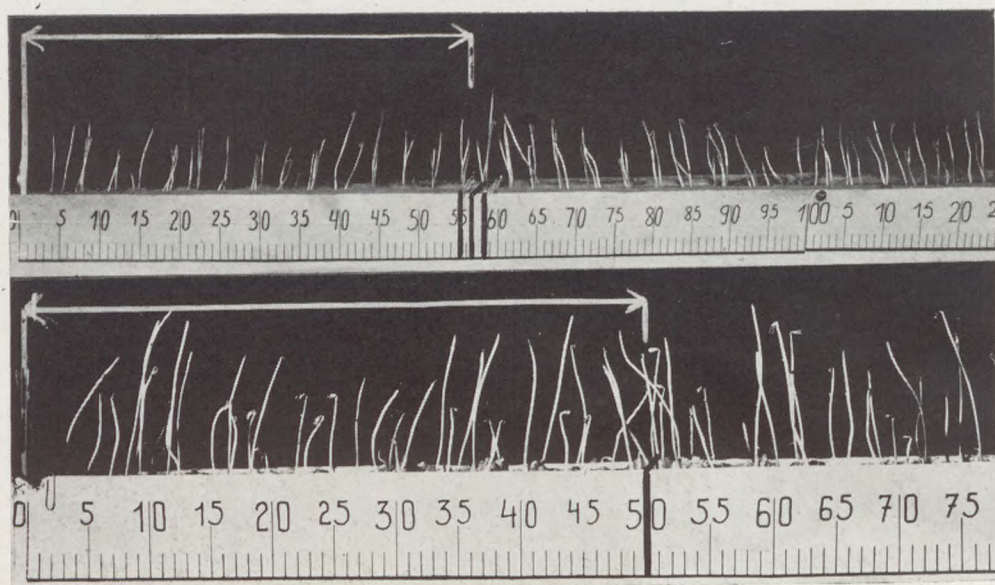


Abb. 7.

Die Berechnung des *Be* aus einer Legierung (unten) und aus $\text{Be}_2\text{CO}_3 \cdot \text{OH}$ (oben).
Siehe P. 2 des Anhanges.

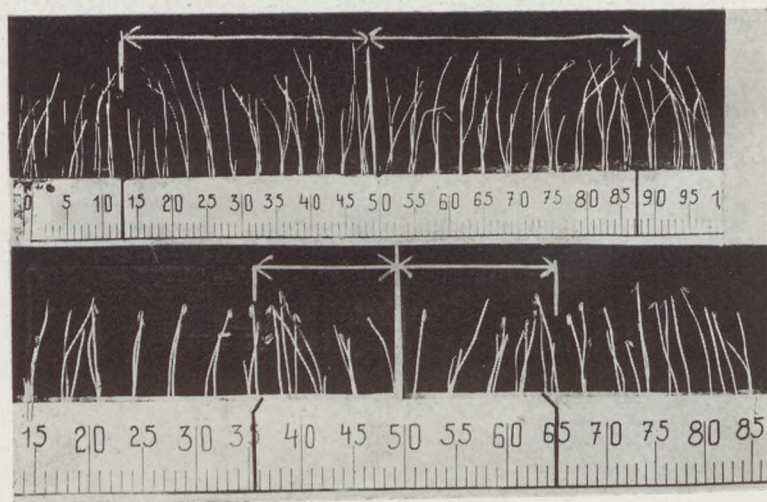


Abb. 8.

Zweiseitige Strahlenwirkung des *Cu* (145 gr) und des *Pb* (175 gr).

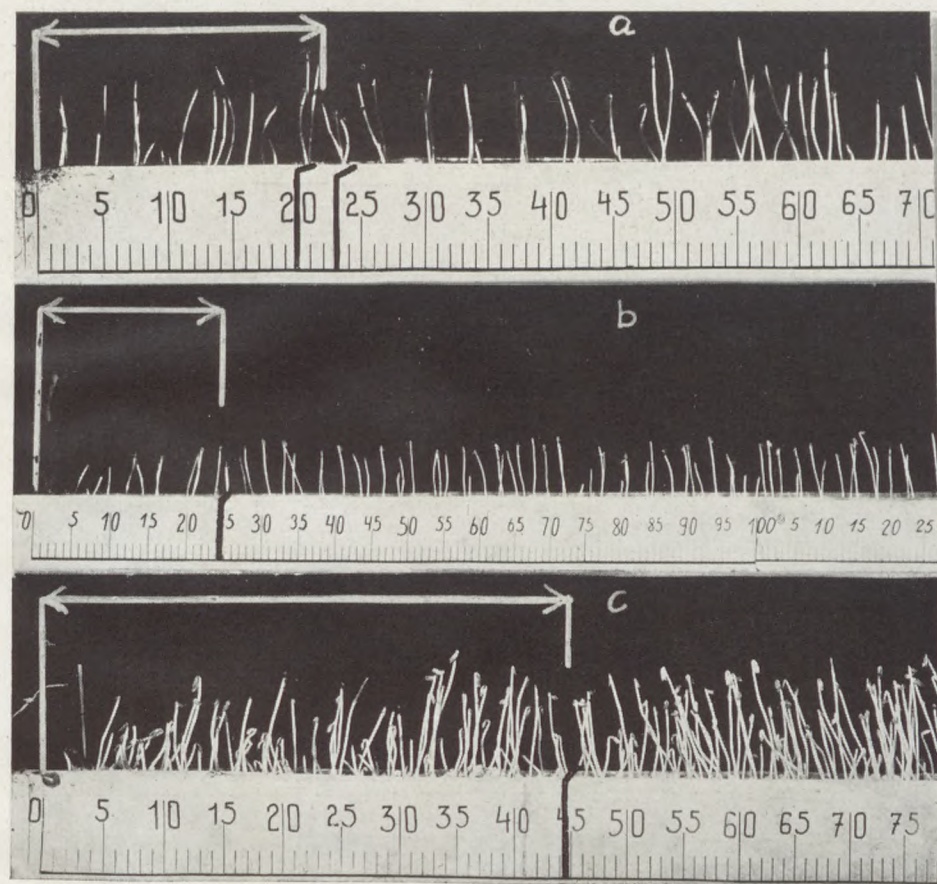


Abb. 9.

Räumlich und zeitlich getrennte Messungen des Cd. Siehe P. 3. des Anhanges.

- | | | |
|--------------------------|----------------|---------------|
| a) 32 gr Platte | $t = 20-23$ cm | 16. V. 1942 |
| b) 32 gr Platte | $t = 24-25$ cm | 10. XI. 1942. |
| c) 141 gr in Glasküvette | $t = 45$ cm | 26. II. 1942 |



Abb. 10.

Die Berechnung der Strahlungsintensität des Chlor aus den Intensitätswerten des NaCl KCl und CCl_4 . Siehe P. 4 des Anhanges. Von oben nach unten Na , NaCl , KCl , CCl_4 . Bezüglich der Strahlungsintensität des K siehe die Abbildung 11.

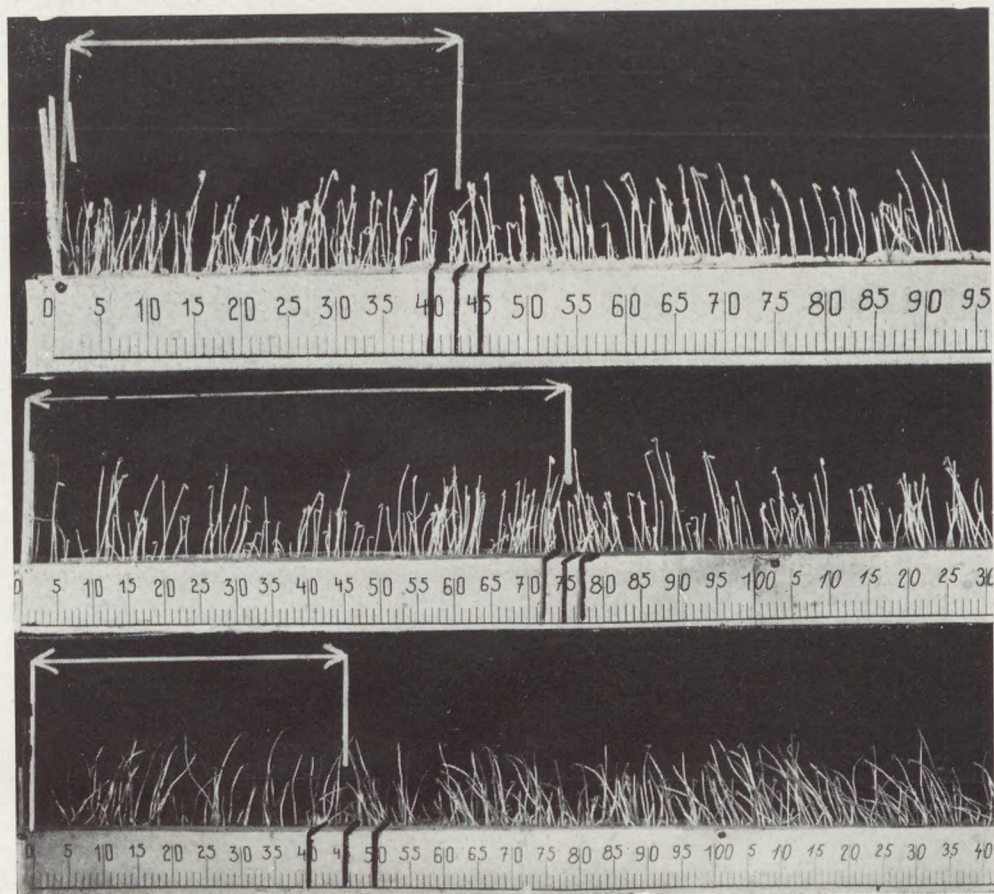


Abb. 11.

Von oben nach unten:

<i>K</i>	14 gr	<i>t</i> = 40—45 cm	0'0085 <i>FE m</i> ² <i>g</i> ⁻¹	Glasstrahlung 0'05,
<i>As</i>	75 gr	<i>t</i> = 72—77 cm	0'0065 <i>FE m</i> ² <i>g</i> ⁻¹	" 0'05,
<i>S</i>	40 gr	<i>t</i> = 40—50 cm	0'0035 <i>FE m</i> ² <i>g</i> ⁻¹	" 0'06.

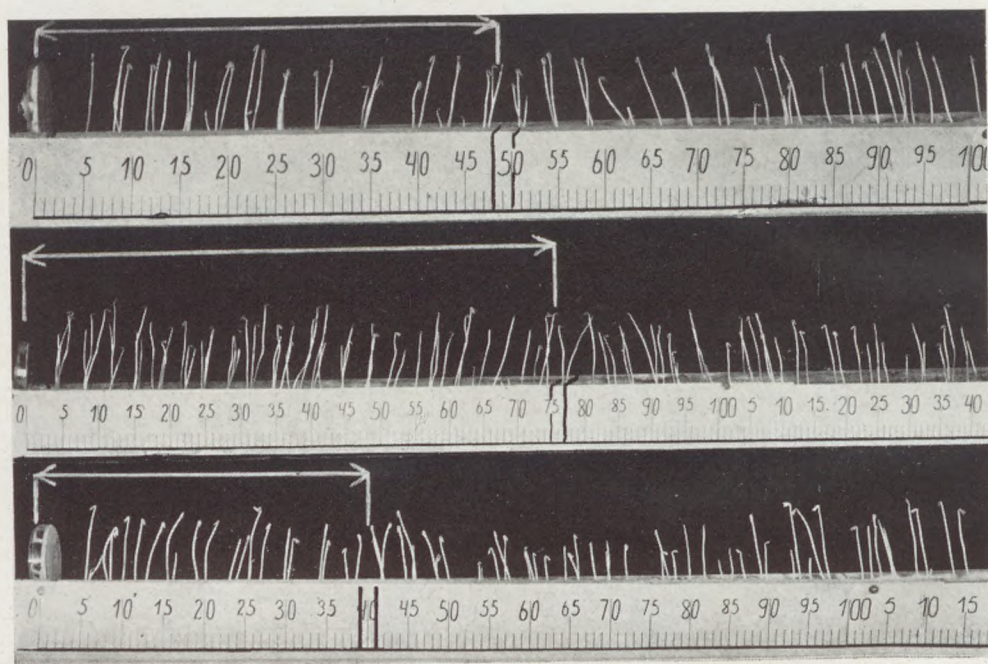


Abb. 12.

Von oben nach unten:

(Y_2O_3)	20 gr	$t = 48-50$ cm	Y	$0.023 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$,
$Er(NO_3)_3$	5 gr	$t = 75-77$ cm	Er	$0.17 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$,
$PrCl_3 \cdot 7H_2O$	10 gr	$t = 39-41$ cm	Pr	$0.016-0.013 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$.

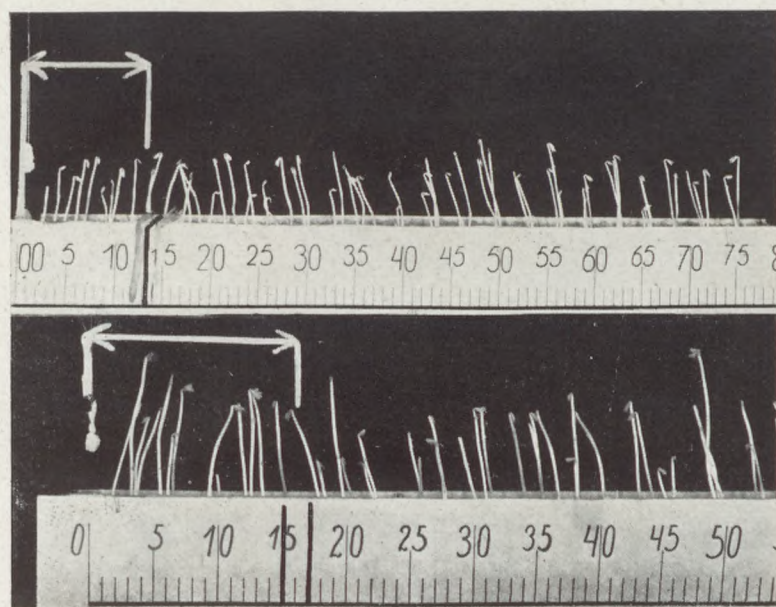


Abb. 13.
Punktförmige Strahler.

- | | | | |
|----|---------------------------|----------------|---------------------------------------|
| a) | Ga 1 gr | $t = 13$ cm | $0.017 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$ |
| b) | $RhCl_3 \cdot 4H_2O$ 1 gr | $t = 15-17$ cm | $0.046 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$ |

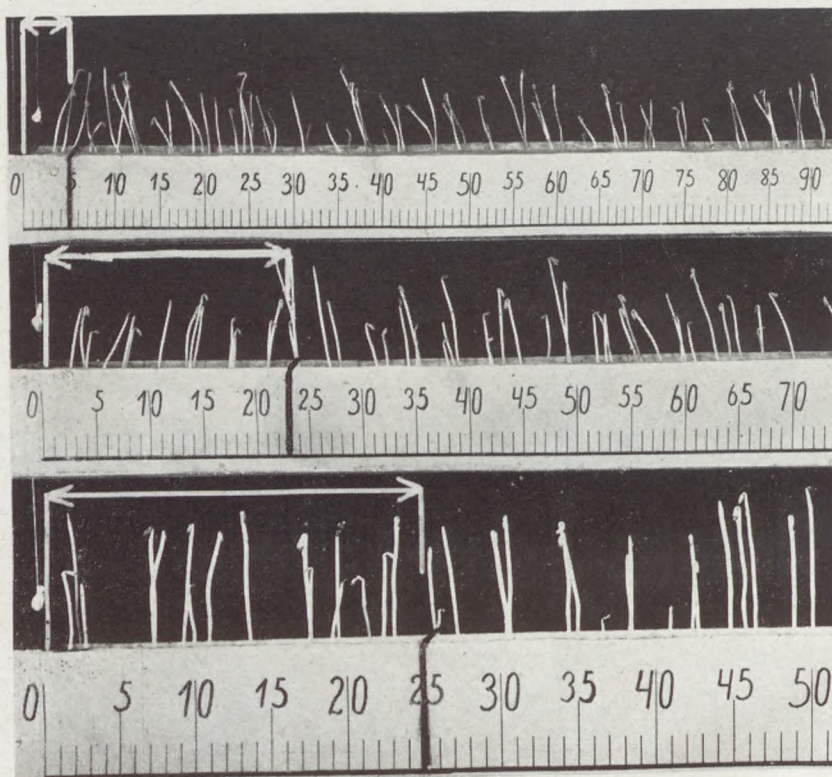


Abb. 14.

Die Berechnung der Strahlenintensität des Elementes *Re*.

a) Strahlung des Papiers

$$0.05^2 = 0.0025 \text{ FE}$$

(kann vernachlässigt werden)

b) *Re* 1 gr $t = 23 \text{ cm}$ $0.23^2 = 0.053 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$

c) *Re* 1 gr $t = 25 \text{ cm}$ $0.25^2 = 0.062 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$

Durchschnitt $0.058 \text{ FE m}^2 \text{ g}^{-1}$



Abb. 15.

Die Bestimmung der Strahlenintensität der Edelgase. Von oben nach unten.

a) Leerer Glaskugel	$t = 5$ cm	0'0025
b) He 0'068 gr	$t = 7$ cm	0'30 $FE\ m^2\ g^{-1}$
c) Ne 0'05 gr	$t = 10$ cm	0'15 $FE\ m^2\ g^{-1}$
d) Ar 0'1 gr	$t = 10-12$ cm	0'08-0'12 $FE\ m^2\ g^{-1}$
e) Kr 0'19 gr	$t = 15$ cm	0'12 $FE\ m^2\ g^{-1}$

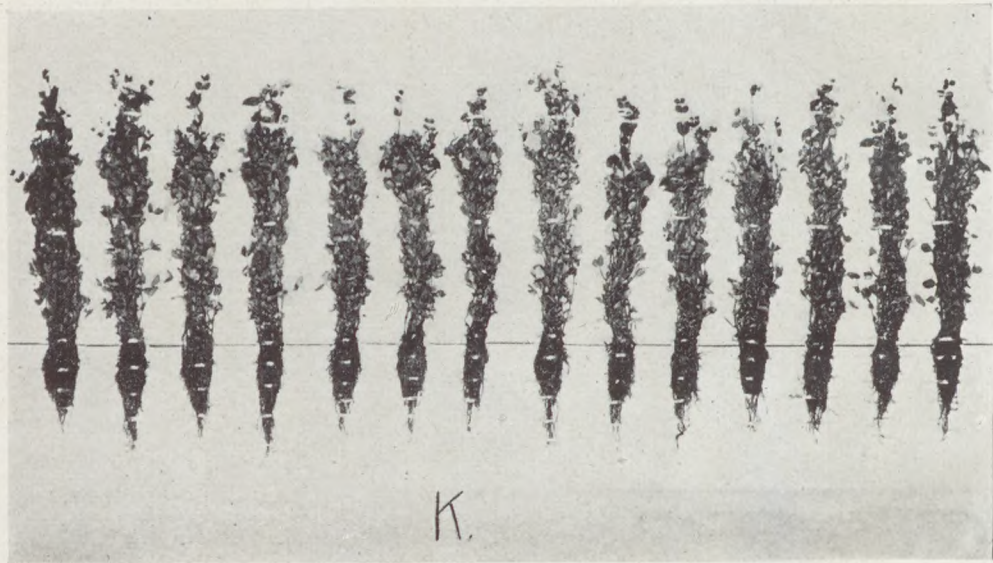


Abb. 16.
Kontrollgefäßversuch. Erbse.



Abb. 17.

Die ernährungsphysiologische Wirkung des Fe und des Cr. Erbse. Hier und bei den folgenden Versuchen K = Kontrollversuch, K₁ = Gefäß mit leerer Reagenzröhre.

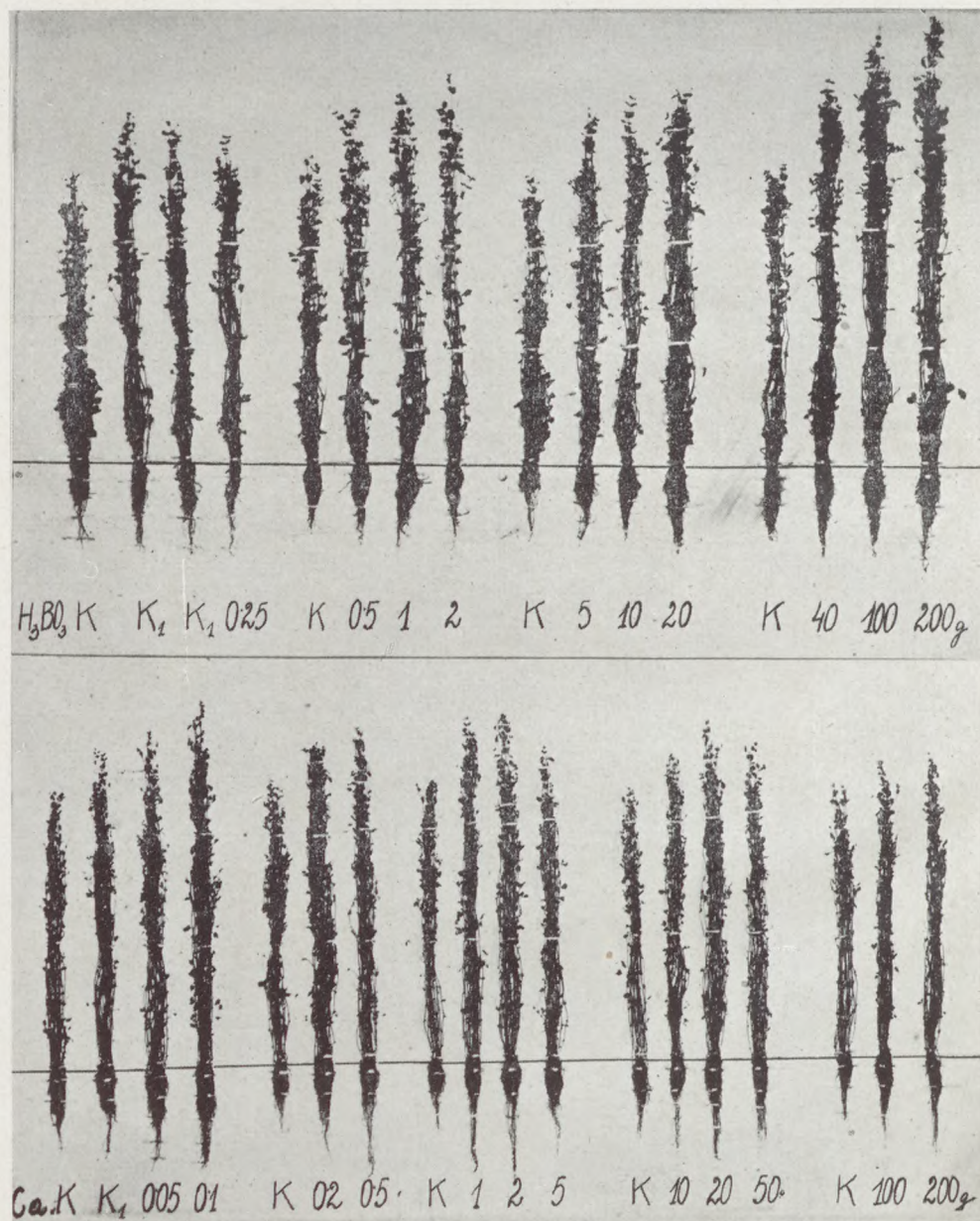


Abb. 18.

Die ernährungsphysiologische Wirkung des H_3BO_3 und des Ca. Erbse.

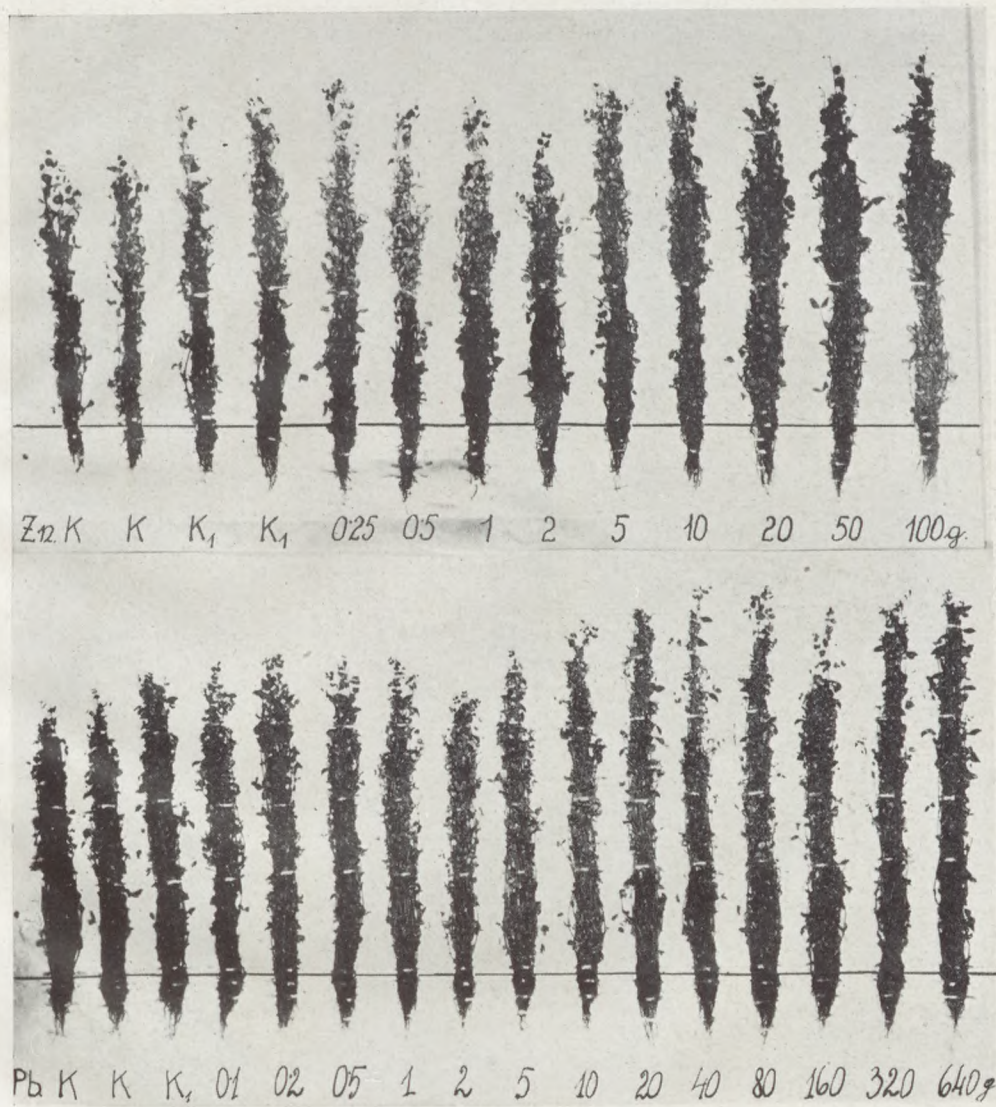


Abb. 19.

Die Ernährungsphysiologische Wirkung des Zn und des Pb Erbse.

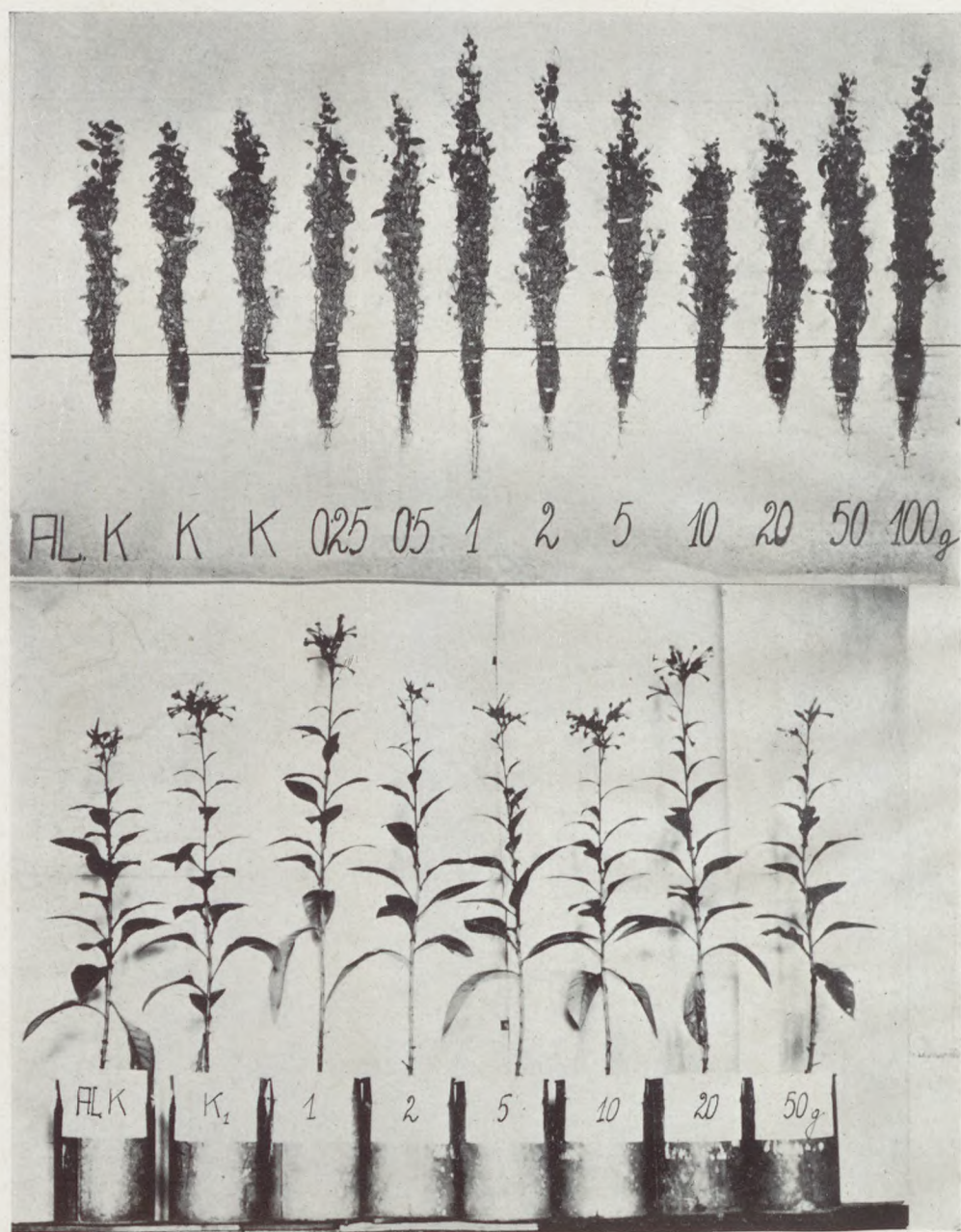


Abb. 20.
Die ernährungsphysiologische Wirkung des Al. Erbse, Tabak.

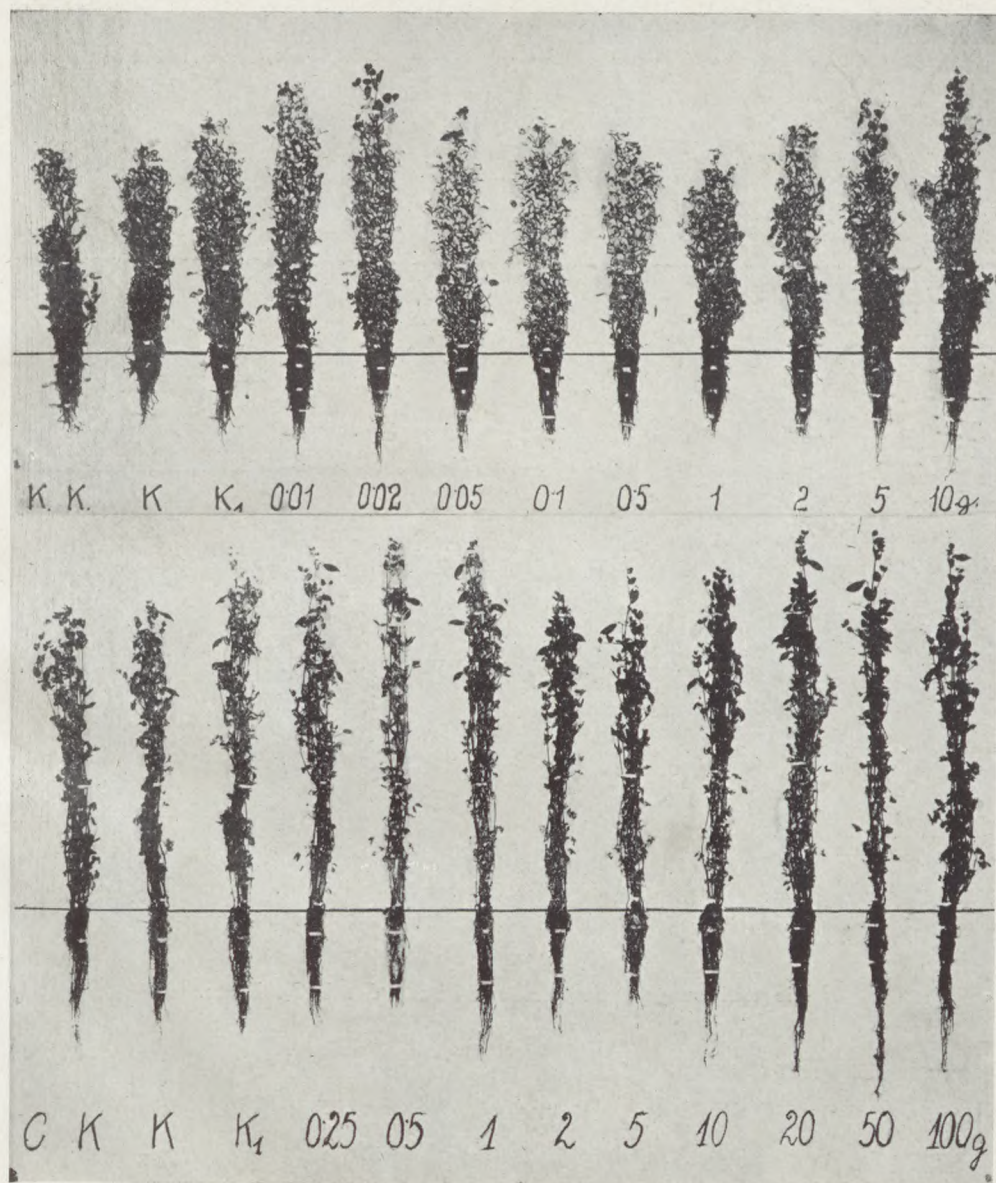


Abb. 21.

Die ernährungsphysiologische Wirkung des K und des C. Erbse.

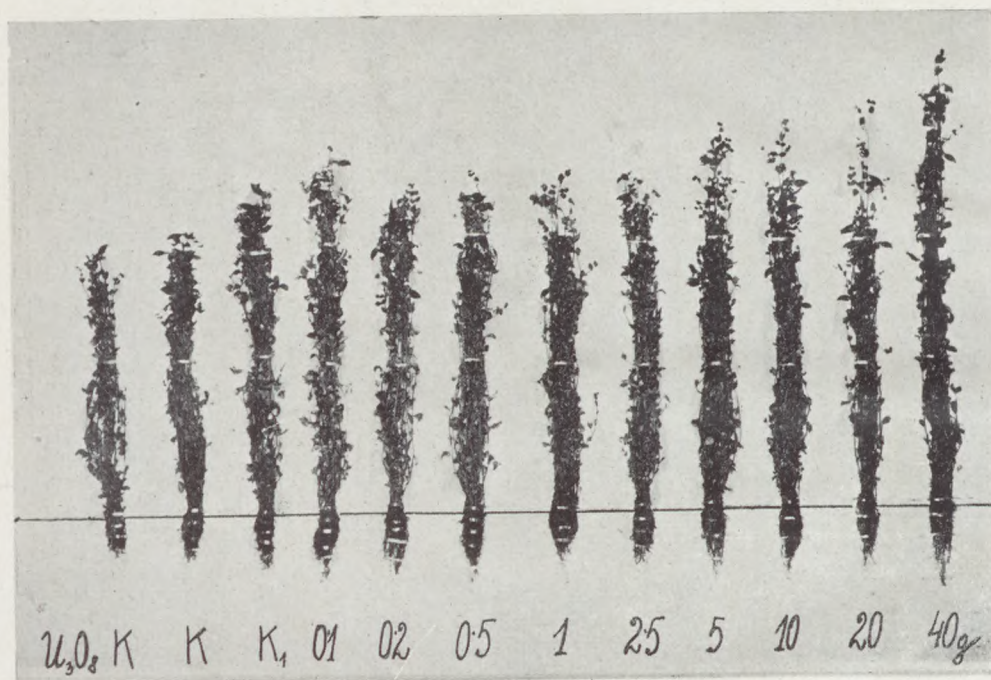


Abb. 22.
Die ernährungsphysiologische Wirkung des U_3O_8 . Erbse.

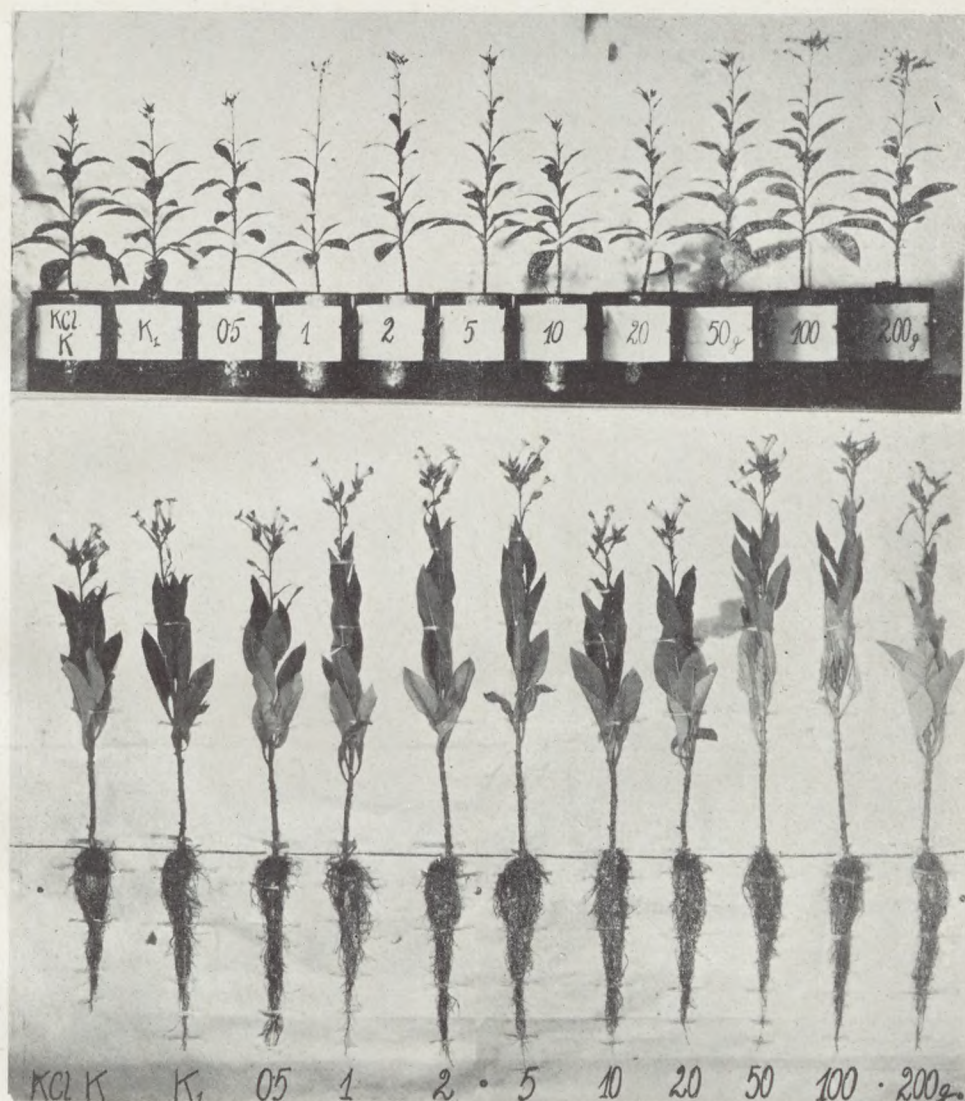


Abb. 23.

Die ernährungsphysiologische Wirkung des KCl . Tabak. Oben in Gefäßen, unten nach Abbruch des Versuches.

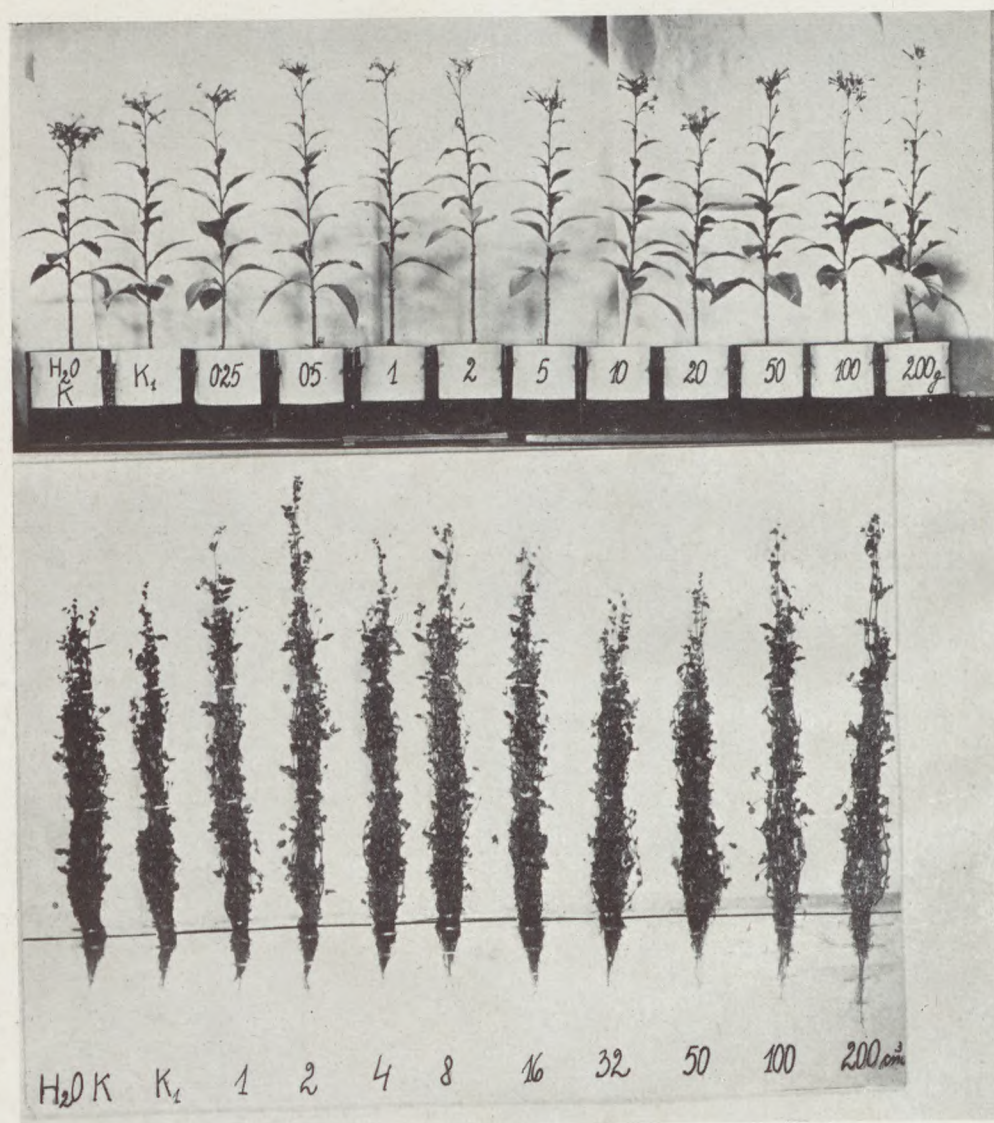


Abb. 24.

Die ernährungsphysiologische Wirkung des H_2O . Tabak, Erbse.

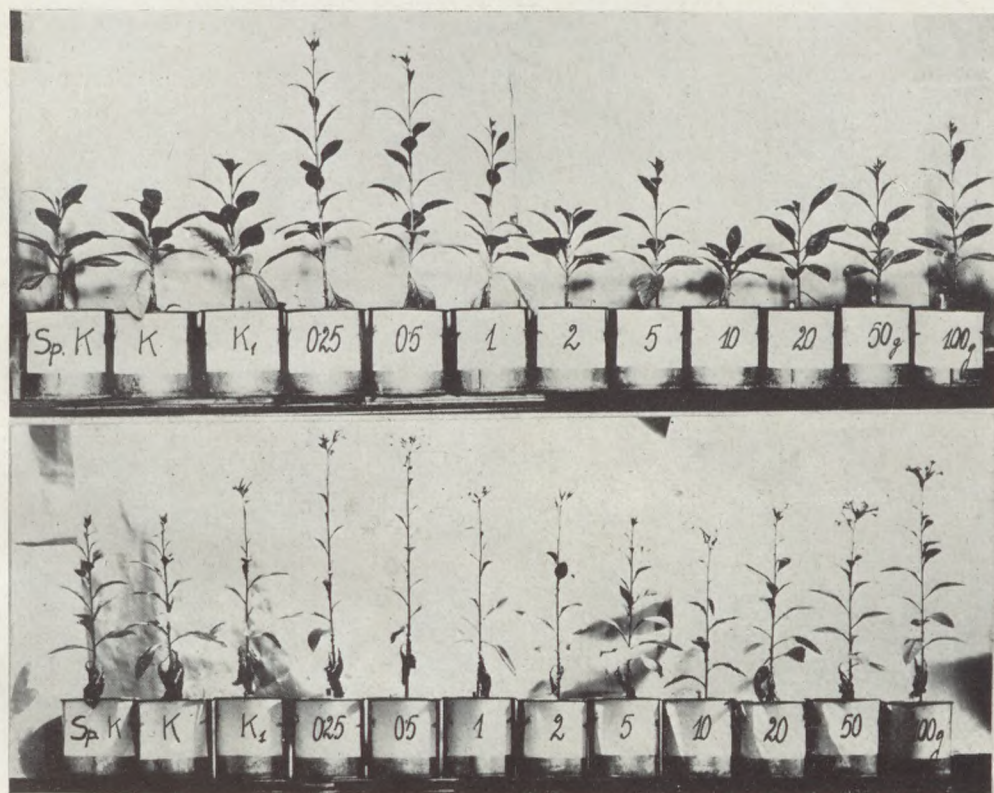


Abb. 25.

Die ernährungsphysiologische Wirkung des Superphosphats. Tabak. Oben 1. VII. 1942,
unten 20. VII. 1942.

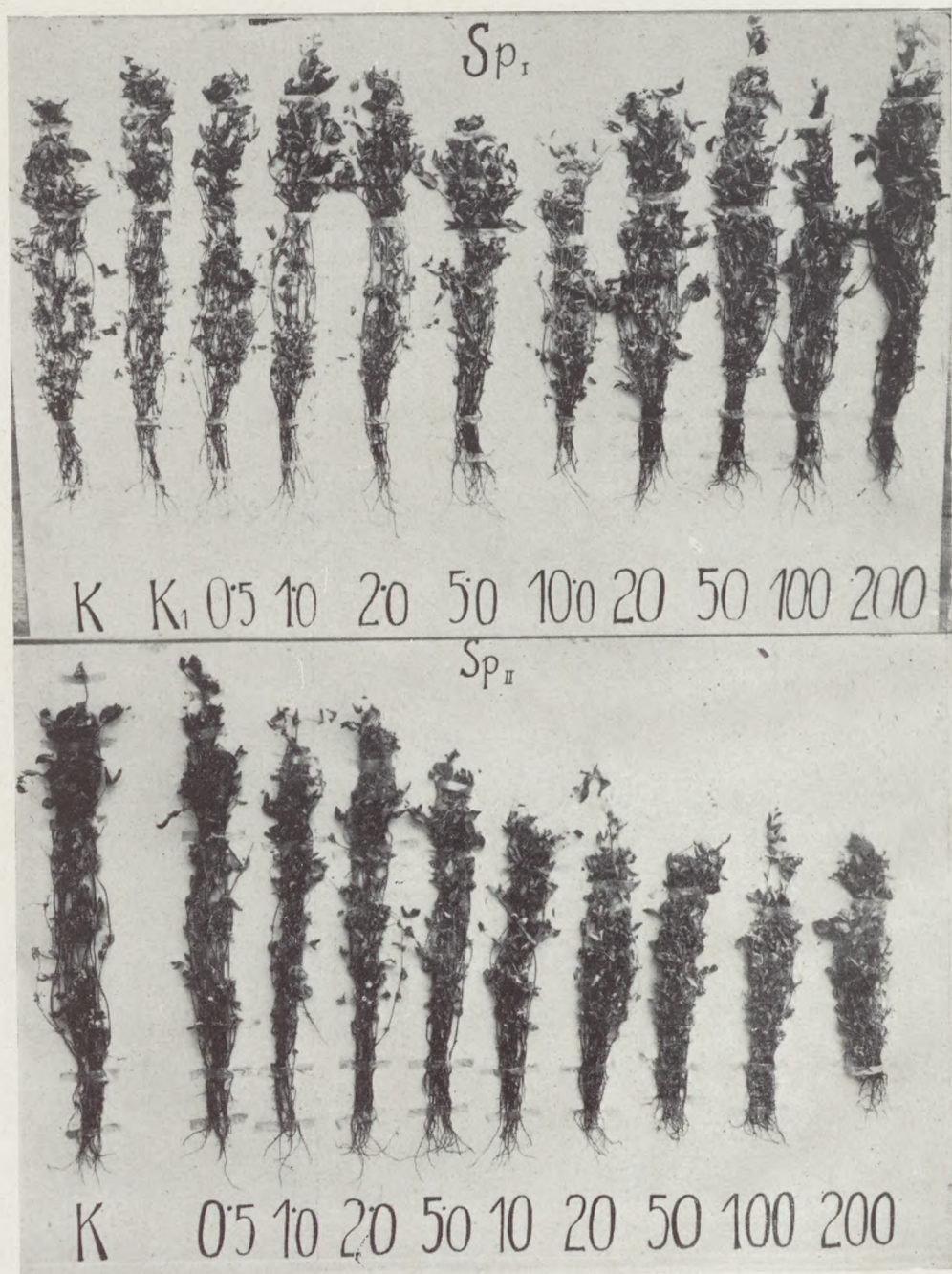


Abb. 26.

Die ernährungsphysiologische Wirkung des Superphosphats. Erbse. Oben in Reagenzröhren, unten in dem Boden versetzt. Versuche der Versuchsanstalt in Kisújszállás.

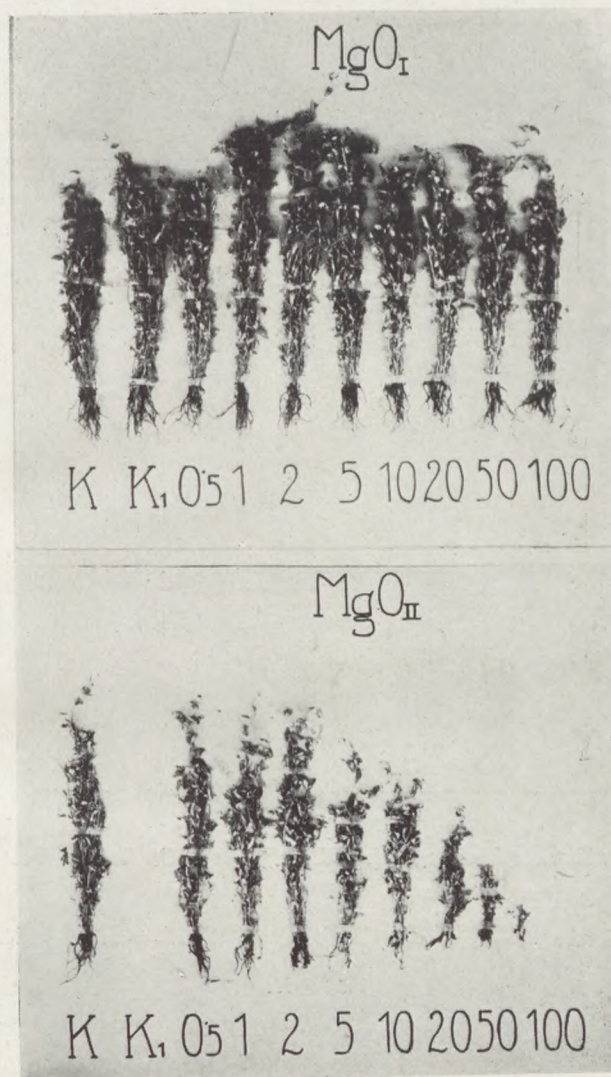


Abb. 27.

Die ernährungsphysiologische Wirkung des MgO . Erbse. Oben in Reagenzröhren, unten in dem Boden versetzt. Versuche der Versuchsanstalt in Kisújszállás.



Abb. 28.

Die ernährungsphysiologische Wirkung des TiO_2 . Tulipa Gesneriana.



Abb. 29.

Die Wirkung der Biostrahlen auf die Entwicklung der Robinie. Von oben nach unten
S, Superphosphat, Kohle.

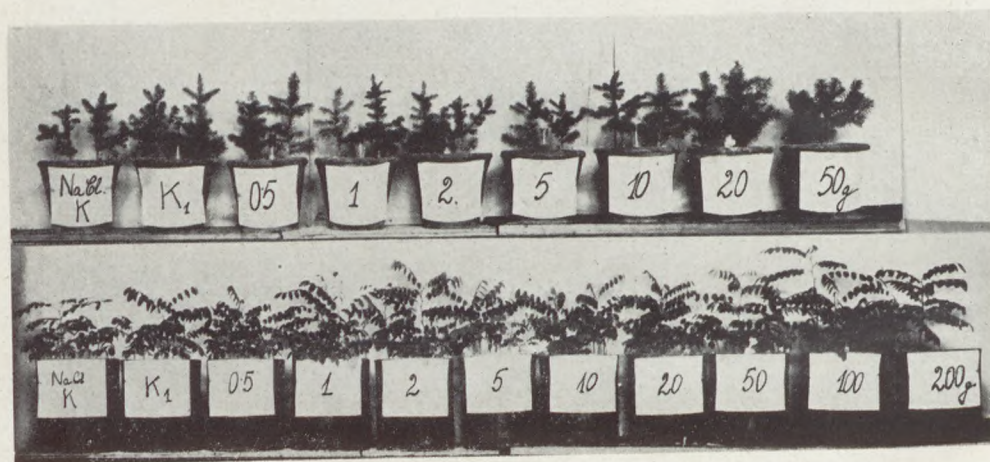


Abb. 30.

Die Wirkung der Biostrahlen des *NaCl* auf die Entwicklung der Fichte und der Robinie



Abb 37.

Langversuche mit der Erbse. Von oben nach unten 0.5 gr S, 5 gr *NaCl* und Kontrollversuch. Die Sendersubstanzen wurden in Petri-Schalen am linken Ende der Tröge in den Boden versetzt

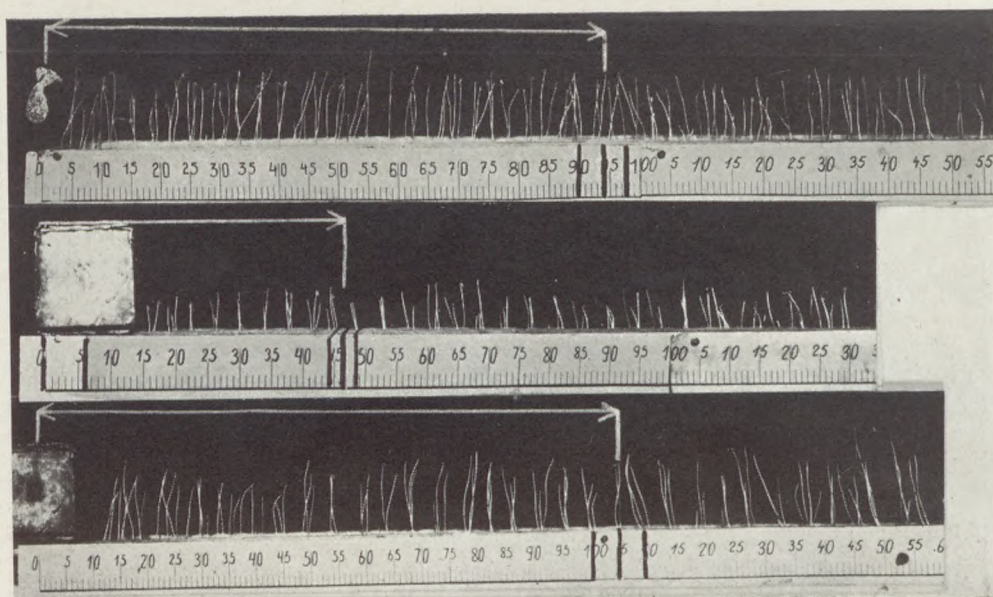


Abb. 38.

Einer der Beweise der primären, von der kosmischen Strahlung unabhängigen Natur der Strahlen.

- a) 53 gr CCl_4 $t = 95$ cm 0.90 FE
- b) Rechts offen stehende Bleikammer mit 2 cm Wanddicke
 $t = 47$ cm 0.22 FE
 $a + b = 0.90 + 0.22 = 1.12$ FE
- c) Die Wirkung von 53 g, in die oben beschriebene Bleikammer eingehängtem CCl_4 $1.05^2 = 1.12$ FE

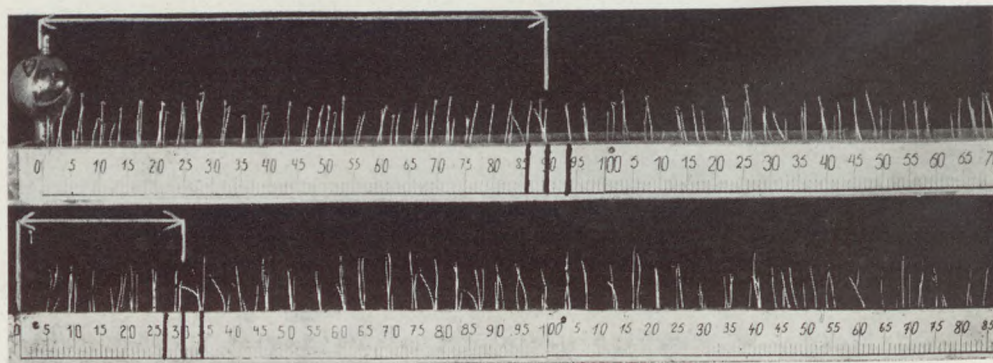


Abb. 39.

Von oben nach unten:

- a) 50 gr CCl_4 in einer Dewar-Flasche
 $t = 90$ cm $0.90^2 = 0.81$ FE
- b) Leeres Dewar-Gefäß
 $t = 30$ cm 0.09 FE

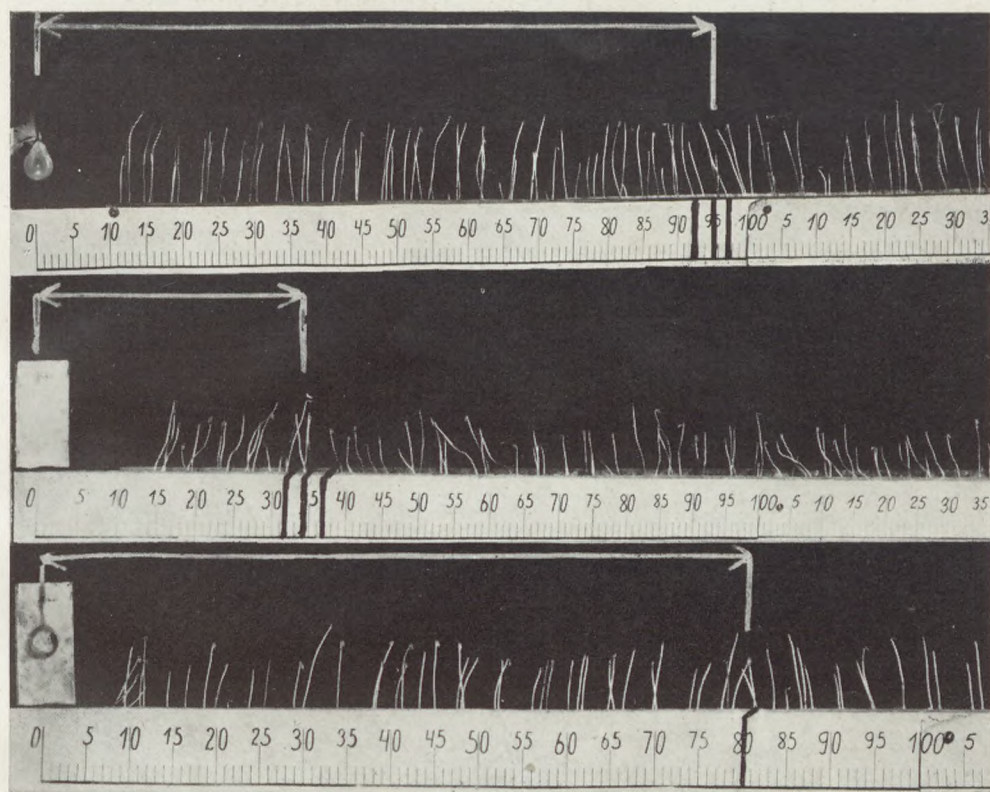


Abb. 40.
Von oben:

- a) 53 gr CCl_4 $t = 95$ cm 0.90 FE
 b) Geerdeter leerer Bleikasten
 $t = 35$ cm 0.12 FE
 $a + b = 1.02$ FE
 c) 53 gr CCl_4 in dem oben beschriebenen Kasten
 $t = 80$ cm 0.64 FE
 $1.02 - 0.64 = 0.38$ FE
 entfallen auf die Absorption des Kastens.

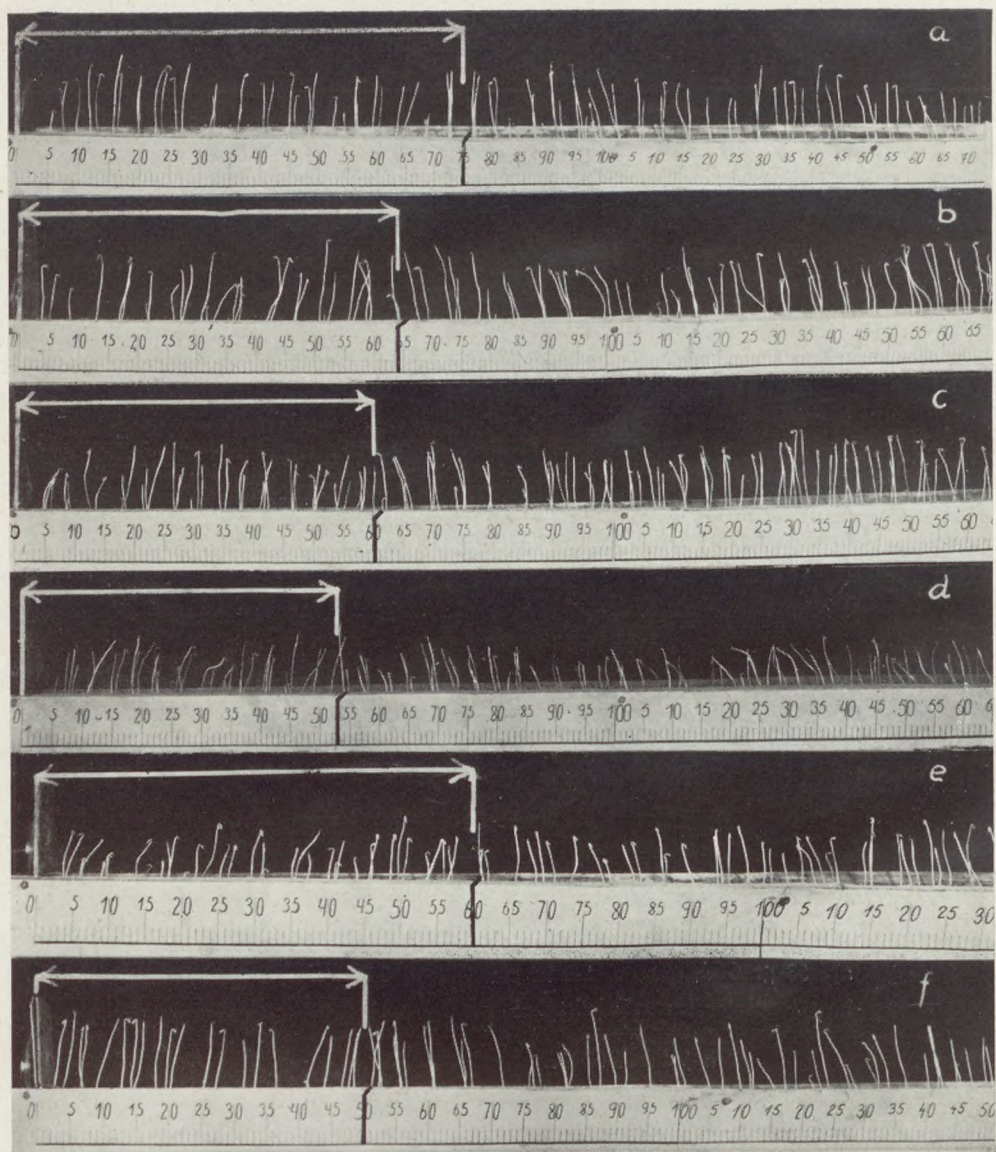


Abb. 41.

Die Absorption der Biostrahlen des Urans durch Blei. Siehe P. 5 des Anhanges.



Abb. 42.

Die Absorption der Biostrahlen des CCl_4 durch Blei. Siehe P. 5 des Anhanges.



