

Etwas defibriniertes Blut des Tieres wurde mit einer schwach alkalischen Lösung von Thorium B versetzt und ein genau bekanntes Volumen davon dem Tier in eine Vene eingespritzt. Dieses aktive Blut vermischt sich sehr rasch so gleichmäßig mit dem Blut des gesamten Kreislaufs, daß man schon nach wenigen Minuten aus der Aktivität, die das aus einer Arterie entnommene Blut zeigt, berechnen kann, auf eine wie große Flüssigkeitsmenge sich das eingeführte mit Thorium B versetzte Blut verteilt hat, also wie groß die am Kreislauf beteiligte Gesamtmenge Blutes in dem Tier ist.

Diese ausgewählten Beispiele dürften genügen, um zu zeigen, daß die Methode der radioaktiven Indikatoren vielseitiger Anwendung fähig ist. Es ist zu hoffen, daß in Zukunft eine immer steigende Zahl von Forschern sich ihrer bedienen und sich dadurch die Lösung vieler Probleme erleichtern wird.

3. Präparate und Instrumente.

Es ist vielleicht nicht überflüssig, eigens zu betonen, daß die apparativen Erfordernisse für die Durchführung solcher Experimente durchaus nicht besonders hohe Kosten verursachen. Wie aus den obigen Beispielen ersichtlich, ist die Mehrzahl aller Untersuchungen mit Thorium B oder Thorium C als Indikatoren ausgeführt worden. Diese beiden Substanzen sind selber recht kurzlebig ($T_{\text{ThB}} = 10,6$ Std.; $T_{\text{ThC}} = 60,5$ Min.), und die in den einzelnen Versuchen verbrauchten radioaktiven Substanzmengen repräsentieren daher praktisch keinen Geldeswert; denn diese Mengen werden vor jedem Experiment frisch gewonnen aus der Muttersubstanz Radiothor, die selber vollständig unverändert bleibt und nur entsprechend ihrer Halbwertszeit ($T = 1,90$ Jahre) zerfällt. Da eine Quantität Radiothor, deren γ -Strahlung der von 1 mg Radium äquivalent ist, eine zu fast allen Indikatorversuchen reichlich genügende Menge von Thorium B und Thorium C liefert, und diese Menge immer 24 Stunden nach der Entnahme wieder

zum größten Teil nachgebildet ist, kann man mit 1 mg Radiothor mehrere Jahre hindurch täglich einen Indikatorversuch sowohl mit Thorium B wie mit Thorium C machen. 1 mg Radiothor kostet gegenwärtig ungefähr 100 Mark. Bei sehr vielen Versuchen wird man auch mit wesentlich geringeren Radiothormengen das Auslangen finden; andererseits gibt es natürlich auch Experimente, bei denen größere Aktivitäten erwünscht sind, ebenso wie sich auch gelegentlich die Heranziehung anderer und schwerer zugänglicher Indikatoren, wie etwa Radium D oder Radium E, nicht vermeiden läßt.

Auch die Kosten für das zu den Messungen notwendige Instrument können in der Regel sehr gering gehalten werden. Ein einfaches Elektroskop, das für fast alle Zwecke völlig ausreichend ist, kann von jedem Institutsmechaniker aus billigem Material (Messingblech, Schwefel, Ebonit usw.) hergestellt werden. Eine Anleitung dazu findet sich z. B. im „Handbuch der Arbeitsmethoden in der anorganischen Chemie“ (2. Band, 2. Hälfte, de Gruyter 1925, S. 1041) in einem Artikel von Paneth und Bothe, der auch über die Gewinnung aller als Indikatoren verwendeten Radioelemente sowie über das — sehr rasch erlernbare — Meßverfahren nähere Angaben bringt. Etwas ausführlicher werden die Meßmethoden behandelt und Bezugsquellen für die käuflichen Elektrometer-Typen angeführt im Beitrag derselben Autoren im „Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physikochemischer Messungen“ von Ostwald-Luther-Drucker (Akademische Verlagsgesellschaft [1925], S. 643).

Die Literaturnachweise für die meisten der oben erwähnten Experimente sind zu finden in dem eben genannten Artikel im „Handbuch der Arbeitsmethoden“. Die neuen Arbeiten von Ehrenberg sind erschienen in der Biochem. Ztschr. 164, 183 [1925], 172, 10 [1926], 183, 63 u. 68 [1927], 197, 467 [1928], in der Ztschr. ges. exp. Medizin 56, 466 [1927], und in der Klin. Wchschr. 7, 847 [1928]. [A. 7.]

Zur Kenntnis des Jodes in Boden und Pflanze.

Von Dr. R. KÖHLER, Berlin.

Preußische Geologische Landesanstalt, Berlin.

(Eingeg. 15. November 1928.)

Von den verschiedensten Seiten sind im letzten Jahrzehnt Veröffentlichungen über das Jod, und zwar vor allem über seine biogenen Eigenschaften, herausgegeben worden. Alle diese Arbeiten haben letzten Endes ihren Ursprung in dem Bestreben, Wege zu finden, um den besonders der Bevölkerung der Schweiz und Österreichs drohenden Gefahren vorzubeugen, zumal auf Grund mannigfacher Versuche sich die Möglichkeit nicht von der Hand weisen ließ, daß das in der gesamten Natur seltenere Element Jod mit der Erscheinung des Kropfes in irgendeiner Beziehung steht. In Deutschland¹⁾ selbst nahmen die Kropferkrankungen hauptsächlich seit dem Weltkrieg mehr und mehr überhand, wobei besonders die Bewohner der höhergelegenen Landschaften, namentlich Süddeutschlands, davon befallen sind.

Die bisherigen Arbeiten beschäftigten sich teils mehr rein chemisch mit dem qualitativen und quantitativen Nachweis des zumeist in äußerst geringen Mengen vorhandenen Jods unter Zuhilfenahme verschie-

dener Arbeitsmethoden, teils behandelten sie die wichtige Frage der Jodaufnahme seitens der Pflanzen.

Weiter lassen die vor allem auch von medizinischer Seite angestellten Untersuchungen heute wohl mit großer Wahrscheinlichkeit schließen, daß die pathologische Erscheinung der Schilddrüsenvergrößerung, der endemische Kropf und weiterhin der Kretinismus mit einer mangelnden Jodaufnahme des Körpers in Verbindung zu bringen sind, daß aber auch noch andere Faktoren, zum Teil individueller Natur, wenn auch erst in zweiter Linie, eine Rolle spielen. Dabei ist der Kropf aufzufassen als eine Reaktion der Schilddrüse auf eine zu geringe Jodaufnahme durch die Nahrung. Die Schilddrüse kann nur normal arbeiten bei einer täglichen Jodzufuhr von 0,04–0,08 mg; sinkt das Jodniveau längere Zeit unter 0,04 mg Jod täglich, so ist hierdurch ein Anlaß zu Kropfendemien gegeben.

Fast gleichzeitig mit der Erkenntnis dieser Tatsachen trat eine weitere wichtige Frage an die Wissenschaft heran. Es handelte sich nunmehr darum, zu untersuchen, in welcher Form und in welcher Menge dem Körper das prophylaktisch wichtige Jod zuzuführen ist. Die beteiligten Länder haben auf verschiedenem Wege diese Frage zu lösen versucht. So stellt man in der

¹⁾ Veröffentlichungen aus dem Gebiete der Medizinalverwaltung Bd. 23, 1927 Heft 6 (Sitzungsbericht des Landesgesundheitsrates am 19. Juni 1926).

Schweiz in den stark verseuchten Kantonen den Bewohnern neben dem gewöhnlichen Kochsalz das sogenannte „Vollsalz“ zur Verfügung, das pro 1 kg Salz 5 mg Kaliumjodid zugesetzt enthält, was bei einem täglichen Verbrauch von etwa 20 g Kochsalz eine Zufuhr von ungefähr 0,07 mg Jod bedeuten würde²⁾. In Württemberg dagegen verabreicht man den Schulkindern, bei denen die Prophylaxe die günstigsten Wirkungen erzielen soll, wöchentlich mehrere Jodtabletten³⁾, die einen Gehalt von 0,005 mg Jod teils anorganisch, teils organisch gebunden enthalten. Durch Zugabe bestimmter Mengen von Natrium- oder Kaliumjodid zum Trinkwasser sucht man in Amerika und zum Teil auch in England⁴⁾ das Auftreten des Kropfes zu verhindern.

Da aber durch eingehende Untersuchungen bald festgestellt wurde, daß der weitaus größte Teil des künstlich zugeführten anorganischen Jodes den Körper unbeeinflusst relativ schnell wieder verläßt, und nur sehr geringe Mengen von den Organen des Körpers aufgenommen werden, ging man dazu über, dem Körper das Jod in organischer Bindung zu reichen. Neben den rein pharmazeutischen Präparaten, die organisch gebundenes Jod enthalten, versuchte man vor allem, durch geeignete Düngung des Ackerbodens mit Kaliumjodid oder Jod enthaltenden Düngemitteln⁵⁾ das Jod in den verschiedensten Pflanzen anzureichern und diese jodreicheren Pflanzen dem menschlichen Körper entweder direkt oder auf dem Umwege über das Tier zuzuführen⁶⁾.

Während die zu der eingangs erwähnten ersten Gruppe gehörigen Arbeiten, die den Nachweis des Jodes in der Umwelt endemischer Kropfgebiete vor allem in Luft, Wasser und Boden bezweckten, häufig mehr lokalen Charakter besitzen, soll es der Grundgedanke der folgenden Zeilen sein, unabhängig vom Auftreten des Kropfes und auch unabhängig zunächst von jeglicher Kritik irgendeiner Prophylaxe Aufschluß zu geben über die im Boden vorhandenen Jodmengen eines größeren Gebietes von Deutschland, und zwar vollkommen unabhängig von der Art der Bindung des Jodes selbst, worüber die Meinungen überdies noch auseinandergehen⁷⁾, und unabhängig von der Löslichkeit des Jodes in Wasser, Pottasche, Salzsäure u. a. Viel brennender erscheint die Frage nach der Menge und der Bestimmung des pflanzenphysiologisch wichtigen Jodes, insbesondere die Frage, ob das in natürlichem Zustande im Boden vorhandene Jod für die Pflanzen verfügbar ist.

Als Grundlage für die Joduntersuchung der Böden diente die bereits von Chatin⁸⁾ angegebene und von Th. v. Fellenberg⁹⁾ wesentlich verbesserte Methode der alkalischen Behandlung, die nur in wenig Punkten kleine Änderungen erfuhr. Da bei den Untersuchungen wohl stets größere Mengen des Bodens zur Verfügung stehen, so ist zunächst nicht ohne weiteres einzusehen, warum man mit einer so geringen Ausgangsmenge von 1–2 g arbeiten soll. Es ist klar, daß bei einer wesentlich größeren Menge an Ausgangsmaterial zunächst eine

viel bessere Durchschnittsprobe zu erzielen ist und daß weiterhin sich die ohnehin relativ große Fehlergrenze hierbei etwas einschränken läßt.

Erwähnt sei noch, daß Kontrollanalysen mit und ohne Boden bzw. mit oder ohne Jodzusatz gemacht wurden, und daß nur jodfreie Reagenzien bei der Untersuchung Verwendung fanden.

In Anlehnung an das oben Erörterte und auf Grund des gesteckten Zieles, das vor allem den Pflanzen zur Verfügung stehende Jod im Boden in seiner Gesamtheit zu erfassen, wurden im allgemeinen 25 g des zu untersuchenden Bodens als Ausgangsmenge genommen. Zur Untersuchung gelangte stets der nach den Angaben des hiesigen Laboratoriums vorbereitete, durch ein 2-mm-Sieb gegebene lufttrockene Feinboden.

Der Boden wurde in einem größeren Eisentiegel mit Pottaschelösung bekannten Gehaltes gut durchtränkt, so daß stets noch Flüssigkeit überstand. Nach einigem Stehen wurde vorsichtig auf dem Babublech unter öfterem Umrühren mit einem reinen Nickelstab, wodurch ein Zusammenbacken vermieden wird, erhitzt. Sollte die Masse sich dennoch zu größeren Klumpen zusammenballen, so zerkleinert man diese vor dem weiteren Erhitzen mit einem Achatpistill, befeuchtet eventuell nochmals mit wenig Pottaschelösung und erhitzt über dem Pilzbrenner allmählich auf höhere Temperatur, immer unter öfterem Umrühren, bis der Boden des Tiegels zur Glut gelangt. Nach dem Abkühlen in der bedeckten Eisenschale dekantiert man mit jodfreiem destillierten Wasser, erwärmt gelinde, wiederholt diese Operation 2- bis 3mal und filtriert schließlich. Die gereinigten Extrakte wurden sodann in der von Th. v. Fellenberg angegebenen Weise weiterbehandelt.

Die dünnwandigen Jodausschüttelungsröhrchen, in die der geringe Eindampfdruckstand mit möglichst wenig Wasser quantitativ überzuführen ist, waren oben trichterförmig etwas erweitert, besaßen eine Länge von 8 cm, einen Durchmesser von 3,5–4 mm und faßten ungefähr 1,4 ccm. Diese Röhrchenform wurde nach längeren Versuchen gewählt, weil hierbei eine bessere Gewähr für die quantitative Überführung gegeben war. Durch peinliches Arbeiten und gutes, mehrfaches Extrahieren konnte die sich auch hier anfangs zeigende Trübe nach Zugabe von Nitrit-Schwefelsäure, die als Kieselsäuregallerte anzusehen ist, stark zurückgedrängt werden, so daß sie in den allermeisten Fällen nicht störend wirkte.

Ein Colorimeter zur Jodbestimmung wurde bei sämtlichen Untersuchungen nicht benutzt; es zeigte sich nämlich, daß eine sehr einfache Anordnung die gleichen Dienste leistete. Stellt man die natürlich gleichmäßig gefüllten zu vergleichenden Röhrchen, die die zu untersuchende Lösung und die Typflüssigkeit enthalten, in einen plangeschliffenen mit reinem Wasser gefüllten Glastrog nebeneinander und beobachtet dann von oben — den Glastrog stellt man zweckmäßig auf eine Unterlage von Filtrierpapier —, so sieht man in den beiden Röhrchen zwei je nach der vorhandenen Jodmenge verschieden stark gefärbte rote Scheiben dicht beieinander liegen, die sich sehr gut vergleichen lassen.

An die colorimetrische Ermittlung des Jodes schloß sich meist nach der Oxydation mit Chlorwasser noch eine titrimetrische Bestimmung nach Winkler¹⁰⁾, so daß stets eine gewisse Kontrolle vorhanden war. Für jede Titration wird die n_{250} -Natriumthiosulfatlösung neu hergestellt bzw. neu eingestellt.

Zur colorimetrischen Bestimmung des Jodes sei noch erwähnt, daß bei vorliegenden Jodmengen von 10 γ an und mehr die Extraktion durch Chloroform durchaus nicht quantitativ vor sich geht, was durch zahlreiche Parallelversuche bestätigt werden konnte. Die über dem gefärbten Chloroformtropfen nach dem Zentrifugieren stehende Flüssigkeit färbt sich bei Zugabe eines Tropfens Stärkelösung sofort blau, wenn mehr als 20 γ durch zwei bis drei Tropfen extrahiert wurden. Überhaupt läßt sich sagen, daß die colorimetrische Me-

²⁾ Th. v. Fellenberg, Das Vorkommen, der Kreislauf und der Stoffwechsel des Jodes. München 1926.

³⁾ Ministerialrat v. Scheurlen, Reichsgesundheitsblatt 1926, Heft 13, S. 327.

⁴⁾ Steffens, Ztschr. angew. Chem. 1926, S. 1098.

⁵⁾ K. Scharrer und Mitarbeiter, Biochem. Ztschr. 180, 313, 338 usw. [1927], s. a. Fortschr. d. Landwirtsch. II, 1927, Zur Biochemie des Jodes I u. II.

⁶⁾ Wilke-Dörfurt, Ztschr. angew. Chem. 40, 1478 [1927].

⁷⁾ Meerburg, Ztschr. physikal. Chem. 130, 105 [1927].

⁸⁾ Chatin, Ztschr. analyt. Chem. 1876, S. 458.

⁹⁾ Th. v. Fellenberg, s. o.

¹⁰⁾ L. W. Winkler, Ztschr. angew. Chem. 28, 496 [1915].

rhode im allgemeinen nur bei sehr geringen Mengen bis etwa 20 γ einigermaßen genau ist, während bei größeren Jodmengen stets der größere Wert auf die Titration zu legen ist.

In Anlehnung an die Befunde von Veil und Sturm¹¹⁾ konnte auch hier bewiesen werden, daß die erhaltenen colorimetrischen Werte um so mehr differieren, je höher der gefundene Wert an Jod war. Je geringer der Gehalt an Jod ist, um so erschöpfender gestaltet sich die Extraktion mittels Chloroform.

Die Jodbestimmung in den relativ viel organische Substanz enthaltenden Torfen und Mooren geschah in der gleichen Weise wie die in einem späteren Abschnitt zu behandelnde Untersuchung von Pflanzenmaterial; es wurde hierbei im wesentlichen nach der von v. Fellenberg angegebenen Methode der Zerstörung organischer Substanz gearbeitet.

Bemerkt sei hier nur, daß bei diesen mehr oder weniger organischen Materialien natürlich von vornherein ein höherer Gehalt an Jod zu erwarten war, weshalb hier geringere Ausgangsmengen zur Analyse gelangten. Es ist empfehlenswert, auch bei silikatischen Böden, bei denen der Jodgehalt sich zu mehr als 200 $\gamma/\%$ ergab, die Untersuchung mit einer geringeren Menge als 25 g Ausgangsmaterial zu wiederholen, da bei diesen größeren Jodmengen die Extraktion in der üblichen Weise nicht genügen dürfte, wodurch ein Verlust an Jod unvermeidbar ist.

Zur Prüfung der Methode auf ihre Genauigkeit und Brauchbarkeit wurde ein in größerer Menge vorhandener Boden in verschiedener Weise auf seinen Jodgehalt hin untersucht. Zunächst wurden wechselnde Mengen mit Pottaschelösung durchtränkt, dann geringere Quantitäten nach Th. v. Fellenberg mit Kalilauge 1:1 aufgeschlossen, und weiterhin dem Boden bestimmte Mengen von anorganisch und organisch gebundenem Jod in geeigneten Lösungsmitteln zugesetzt.

Als Resultat dieser Vorversuche zeigte sich jedenfalls, wie aus einer früheren Arbeit¹²⁾ ersichtlich ist, daß die in unserem Laboratorium benutzte Methode der Jodbestimmung in Böden durchaus brauchbare und vergleichbare Werte ergibt, und daß sowohl anorganisch wie organisch gebundenes Jod in gleicher Weise erfaßt wird.

Wie aus den nachstehenden Zusammenstellungen ersichtlich ist, handelte es sich nicht allein um die bloße Bestimmung des Gesamtjodgehaltes der Böden. Es sollten vielmehr gleichzeitig einige Fragen, die sich im Verlaufe der Arbeit ergeben hatten, einer Prüfung unterzogen werden: Wie unterscheiden sich Oberkrume und Untergrund hinsichtlich ihres Gehaltes an Jod? Inwieweit sind die Bodenart, die Reaktion und der Nährstoffgehalt des Bodens von Einfluß auf die Menge des vorhandenen Jodes, und wie macht sich gegebenenfalls die Entfernung der Entnahmestelle des Bodens vom Meer bemerkbar?

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Joduntersuchung nach der Bodengattung und innerhalb dieser nach der ungefähren Entfernung vom Meer geordnet.

Unterzieht man zunächst die Verteilung des Jodes auf die verschiedenen Bodenarten einer näheren Betrachtung, so ergeben sich aus den angeführten Zahlenbeispielen für die einzelnen Gattungen folgende

ungefähren, mittleren Jodgehalte: Löß 848 γ/kg , Lehm 1198 γ/kg , Ton 1378 γ/kg , Schlick, Torf, Moor 5459 γ/kg .

Hieraus erhellt, daß der Unterschied im Jodgehalt zwischen Lehm- und Tonböden nur verhältnismäßig gering ist, während zwischen Löß einerseits und Lehm und Ton andererseits ein etwas deutlicheres Intervall zu verzeichnen ist. Unverkennbar höher jedoch ist der Jodgehalt der durch große Mengen an organischer Substanz gekennzeichneten Bodengattungen allen anderen gegenüber.

Setzt man in Parallele zu den mittleren Jodgehalten der einzelnen Bodenarten noch die mittleren Gehalte an Humus, so ergeben sich für Löß 1,5%, für Lehm 1,9% und für Ton 3,9% bzw. unter Ausschaltung von Probe Nr. 30 2,9% Humus. Unter allem Vorbehalt könnte hieraus der Schluß gezogen werden, daß bei durchschnittlich höherem Gehalt an organischen Materialien im Boden auch meist ein höherer Gehalt an Jod zu erwarten sei.

Die von vornherein naheliegende Vermutung, daß mit der Entfernung vom Meer ein geringerer Gehalt an Jod im Boden verbunden sei, kann aus diesen wenigen Resultaten nicht bestätigt werden. Aus Tabelle 1 läßt sich nur beim Löß ein verhältnismäßig deutlicheres Abklingen der Jodmengen mit der Meeresferne ersehen, während bei allen anderen Bodengattungen eine derartige Gesetzmäßigkeit sich nicht auffinden läßt. Für eine allgemeine und eindeutige Beantwortung dieser Frage müßten noch an einer großen Menge geologisch und klimatisch vollkommen gleichartiger Böden zahlreiche Untersuchungen vorgenommen werden, wobei es zweifelhaft ist, ob diese äußerst mühsame und zeitraubende Arbeit zu einem einwandfreien, klaren Ergebnis führen würde, da viele, zum Teil unbekannte Faktoren die Höhe des Jodgehaltes beeinflussen werden.

Übergehend zu der Beziehung zwischen dem Jodgehalt und der Reaktion der Böden — die pH-Zahlen wurden mittels des Trénelschen¹³⁾ Apparates bestimmt — ergeben sich für die in der vorstehenden Zusammenstellung angeführten Löss, Lehme und Tone unter Ausschaltung der Proben 30 und 61 folgende Mittelwerte, die erhalten werden durch Gegenüberstellung einmal der Böden mit dem pH-Wert über und unter 7, das andere Mal mit dem pH-Wert über und unter 5,5.

Böden über pH 7 . .	1360 γ J/kg i. M.	2,3% Humus i. M.
Böden unter pH 7 . .	1020 γ J/kg i. M.	1,9% Humus i. M.
Böden über pH 5,5 . .	1450 γ J/kg i. M.	2,6% Humus i. M.
Böden unter pH 5,5 . .	1110 γ J/kg i. M.	1,6% Humus i. M.

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, daß die mehr neutralen und alkalischen Böden den sauren gegenüber einen etwas höheren durchschnittlichen Jodgehalt aufweisen, und daß gleichzeitig auch hier wieder mit einem höheren Gehalt an Jod ein höherer Gehalt an organischer Substanz parallel geht.

Es wäre aber unrichtig, diese Befunde nun etwa zu verallgemeinern oder vielleicht auf eine bestimmte Bodenart beschränken zu wollen, denn auch hier gilt das bereits oben Angeführte, daß zu viele Begleitumstände den Jodgehalt eines Bodens beeinflussen.

Um die Jodverhältnisse von Oberkrume und Untergrund der Böden zu erörtern, sollen zunächst noch einige Erläuterungen zu den in Tabelle 1 angezogenen Profilen gegeben werden. Eine besondere Zusammenstellung, die die Jodgehalte dieser Profile (durch eine Klammer gekennzeichnet) unter gleichzeitiger Angabe

¹¹⁾ Veil u. Sturm, Dtsch. Arch. klin. Med. 147, 169 [1925].

¹²⁾ R. Köhler, Untersuchungen über den Jodgehalt der Böden und die Aufnahme von Jod durch Pflanzen; Mitteilungen aus dem Laboratorium der Preuß. Geol. Landesanstalt Berlin, 1928, Heft 7.

¹³⁾ M. Trénel, Mitteilungen aus dem Laboratorium der Preuß. Geol. Landesanstalt 1926, Heft 6.

Tabelle 1.

Nr.	Analysen-Nr.	Bodengattung	Entnahmetiefe	Herkunft des Bodens (Geol. Blatt; Grad, Abt. u. Nr.)	Jodgehalt* in γ pro kg lufttrocknen Bodens	P _H	% Humus	Ungefähre mittlere Entfernung vom Meer
1	10 560	Lößlehm (Acker)	Oberfläche	Minden 40/46 (westl. Hannover)	1840	6,3	3,12	ca. 180 km
2	10 561	"	0,5 m	"	1460	6,5	1,97	"
3	10 472	" (Acker)	0—0,3 m	" Hildesheim 41/52	1320	7,4	2,28	ca. 200 km
4	10 545	"	Oberfläche	Vechelde 42/43 (westl. Braunschw.)	625	6,2	2,08	ca. 210 km
5	10 546	"	0,5 m	"	760	6,0	0,31	"
6	—	Humoser Sand (Gartenerde)	Oberfläche	Berlin 45/25 (Geolog. Landesanst.)	440	6,7	2,05	ca. 220 km
7	10 436	Vulkanischer lehmiger Sand	"	Neuwied 67/31 (Rhein)	760	6,6	2,31	ca. 360 km
8	10 482	Lößlehm (Acker)	"	Marklissa 60/60 (Niederschlesien)	640	5,2	1,93	ca. 380 km
9	10 483	"	0,5 m	"	190	4,9	0,15	"
10	10 530	"	Oberfläche	" Höchst (Main) 68/55	600	7,7	1,08	ca. 400—420 km
11	10 531	"	0,5 m	"	1200	7,75	0,56	"
12	10 237	Löß	0,5 m	Münsterberg 76/23 (Oberschlesien)	520	6,0	1,38	ca. 450 km
13	10 265	"	0,5 m	Teplivoda 76/22 (Oberschlesien)	670	6,4	0,19	"
14	10 429	Geschiebelehm (Acker)	Ackerkrume	Bremerhaven 23/26	800	4,7	3,25	ca. 10 km
15	10 565	"	0,5—0,7 m	Köhlen 23,25 (östl. Bremerhaven)	920	4,0	0,92	ca. 30 km
16	10 566	"	0,7—0,9 m	"	840	4,1	0,98	"
17	10 541	"	Ackerkrume	Vegesack 23/50 (Unterwes., b. Oldbg.)	960	4,3	1,84	ca. 50—60 km
18	10 542	"	0,5 m	"	1120	4,35	0,60	"
19	10 528	" (Viehweide)	Ackerkrume	Ottenstein 38/58 (westl. Münster)	1040	3,6	—	ca. 170 km
20	10 529	"	0,5 m	"	1800	3,8	2,32	"
21	10 469	Lehm (Acker)	0—0,3 m	" Hildesheim 41/52	480	6,7	1,82	ca. 200 km
22	10 470	" (Gemüseland)	0—0,3 m	"	2800	7,65	3,39	"
23	10 471	" (Acker)	0—0,3 m	"	1200	6,2	2,10	"
24	10 473	"	0—0,3 m	"	1080	6,9	3,98	"
25	10 484	Lehmboden (auf Messenkalk)	Ackerkrume	Alme 54/32 (Kr. Brilon, Westfalen)	2000	5,1	2,40	ca. 250—270 km
26	10 485	"	0,5 m	"	1960	5,0	2,10	"
27	10 234	Oberer Geschiebemergel	0,2—0,3 m	Lindenua 76/29 (Schlesien)	380	7,1	Spur	ca. 450 km
28	10 490	Verwitterungslehm des	0—0,3 m	Groß-Strehlitz 77/30 (Schlesien)	1080	6,5	1,52	ca. 480 km
29	10 491	unteren Muschelkalkes	0,5 m	"	720	6,3	1,18	"
30	10 315	Humoser Ton (auf Niederungsmoor) Wiese	Oberfläche	Weener 22/49 (westl. Oldenburg)	2300	4,9	12,00	ca. 10 km
31	10 461	Toniger Lehm (Acker)	0—0,3 m	Hildesheim 41/52	1400	6,9	1,65	ca. 200 km
32	10 462	"	0—0,3 m	"	2800	7,3	1,83	"
33	10 463	Strenger Ton	0—0,3 m	"	1520	7,1	2,10	"
34	10 464	Ton	0—0,3 m	"	1440	6,6	2,67	"
35	10 465	"	0—0,3 m	"	600	6,9	3,41	"
36	10 466	"	0—0,3 m	"	760	7,0	2,44	"
37	10 467	Brauner Jura-Ton (Obstanlage)	0—0,3 m	"	880	7,1	7,06	"
38	10 468	Weißer Jura-Ton	0—0,3 m	"	1360	7,2	2,60	"
39	10 375	Toniger Boden (Acker)	0—0,3 m	Tost 78/32 (Schlesien)	720	—	—	ca. 500 km
40	—	Schlick	—	Norderney (Nordsee)	2000	—	1,23	0
41	10 322	Schlick (Weideland)	Oberfläche	Westrauderfehn 22/50 (westl. Oldenburg)	27 500	6,7	12,00	ca. 20—30 km
42	10 532	Elbschlick (Acker)	Ackerkrume	Torgau-Ost 58/29	1320	7,1	2,88	ca. 320—340 km
43	10 533	"	0,4—0,5 m	"	1040	6,75	1,80	"
44	—	Diatomeenschlamm	—	Ludwigshof b. Ahlbeck (Kr. Uckermark)	2000	—	21,90	0
45	10 543	Marschboden (Weide)	Oberkrume	Vegesack 23/50 (Unterweser)	4720	6,8	—	ca. 50—60 km
46	10 544	"	0,5 m	"	2700	7,0	—	"
47	10 563	Torfboden (Wiese)	Oberfläche	Grünfließ 35/31 (b. Lykussen, Ostpr.)	7800	6,1	—	ca. 140 km
48	10 564	"	0,4—0,6 m	"	5200	5,9	—	"
49	10 547	Flachmoortorf (Wiese)	Ackerkrume	Vechelde 42/43 (Westl. Braunschw.)	7650	6,6	—	ca. 210 km
50	10 548	"	0,5 m	"	7000	6,3	—	"
51	10 569	Flachmoor (Weide)	0—0,3 m	Bederkesa 23/22 (östl. Bremerhaven)	3600	4,5	—	ca. 30 km
52	10 570	"	0,3—0,6 m	"	1800	4,6	—	"
53	10 558	Niederungsmoor	Oberfläche	Oeynhausen 40/45 (Prov. Hannover)	6600	5,5	—	ca. 180 km
54	10 559	"	0,5 m	"	3400	5,5	—	"
55	10 488	Moorede	0—0,3 m	Groß-Strehlitz 77/30 (Schlesien)	1360	5,5	5,01	ca. 480 km
56	10 489	Flachmoortorf	0,5 m	"	2850	5,5	26,39	"
57	10 567	Hochmoor (Weide)	0—0,3 m	Bederkesa 23/22 (östl. Bremerhaven)	6800	3,0	—	ca. 30 km
58	10 568	"	0,3—0,6 m	"	2800	2,9	—	"
59	—	"	—	Wiesmoor (Ostfriesland)	5000	—	—	"
60	—	Moorboden	—	Bad Reinerz 76/31 (Schlesien)	10—11 000	4,4	—	ca. 460 km
61	10 420	Tropischer Boden	Oberkrume	Neu-Guinea II	4000	4,8	3,75	—

*) 1 γ Jod = 0,000001 g J = 0,001 mg J.

des Humusgehaltes zeigt, ist hier der Kürze halber fortgelassen; die folgenden Zahlen geben die Nummern der in der Tabelle verzeichneten Böden.

4 und 5: Das Jod der hier angewandten jodreichen Düngemittel (Stalldung und Superphosphat) ist wahr-

scheinlich durch Regen in dem verhältnismäßig lockeren Löß zum Teil nach der Tiefe weggeführt worden.

10 und 11: Daß trotz niedrigeren Humusgehaltes höherer Gehalt an Jod hier im Untergrund vorliegt, findet möglicherweise seine Erklärung dadurch, daß das

Land der Probenentnahme seit Jahren brach liegt. Es findet keine Durchmischung des Bodens durch den Pflug statt, so daß durch den Regen im Laufe der Zeit das aus der organischen Substanz allmählich in Freiheit gesetzte Jod mehr und mehr in die Tiefe gelangt und dort vielleicht an mineralische Gele gebunden wird.

19 und 20: Boden von der Oberfläche war zur Humusbestimmung nicht mehr vorhanden. Der Untergrund zeigt jedenfalls einen relativ hohen Gehalt an organischen Materialien, wodurch die Gleichheit des Jodgehaltes von Oberfläche und Untergrund verständlich wird.

55 und 56: Die Oberfläche unterliegt als Acker (Moorerde) der Bewirtschaftung. Der deutlich größere Gehalt des Untergrundes an Jod findet seine natürliche Erklärung durch den sehr hohen Gehalt an Humus desselben.

Aus der Tabelle und den angeführten Argumenten läßt sich folgern, daß in den meisten Fällen der Jodgehalt der Oberfläche ein höherer ist als der des Untergrundes, wenn nicht besonderer Umstände halber abweichende Bedingungen vorliegen. Es hat demnach den Anschein, als ob normalerweise der Jodgehalt des Bodens nach der Tiefe zu abnimmt.

Aber eine Tatsache tritt auch hier wieder hervor und scheint für das gesamte Jodproblem im Boden überhaupt eine nicht zu unterschätzende Rolle zu spielen, der Gehalt an organischer Substanz.

Zuletzt sei die Beziehung des Jodgehaltes der Böden zu den Daten des Salzsäureextraktes noch einer kurzen Betrachtung unterworfen. Auf die Wiedergabe der ausführlichen Tabelle, die 13 Böden der Umgebung von Hildesheim und 6 Bodenproben anderer, verschiedener Entnahmestellen enthält, mußte hier verzichtet werden. Die in der Zusammenstellung angegebenen Zahlen erhält man nach der an der Geologischen Landesanstalt gebräuchlichen Methode¹⁴⁾ durch Kochen von 25 bzw. 50 g lufttrockenen Feinbodens mit 100 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,15) während einer Stunde auf dem Sandbade.

Die Feststellungen besagen jedenfalls, daß die Tatsache, daß mit einem hohen Gehalt an Humus und Kalk bei Gegenwart von wenig Eisenoxyd teilweise ein höherer Jodgehalt zu verbinden sei, sich besonders bei den Mineralböden keineswegs verallgemeinern läßt. Eine bestimmte Gesetzmäßigkeit zwischen dem Nährstoffhaushalt des Bodens und dessen Gehalt an Jod läßt sich ebenfalls nicht erkennen. Es sprechen eben doch noch zu viele andere Momente für den im Boden vorhandenen Jodgehalt mit, die durch die Analyse nicht ohne weiteres erfaßt werden können, wie klimatische Faktoren, Stellung des Bodens im Profil, Durchlässigkeit und Humusgehalt des Bodens, die Art der Bewirtschaftung, insbesondere Düngung usw.

Vorläufiges Ergebnis:

1. Bei den Mineralböden ist keine bestimmte Gesetzmäßigkeit bezüglich der Abhängigkeit des Jodgehaltes von anderen Faktoren mit Sicherheit zu erkennen.

2. Der Jodgehalt der Moor- und Torfböden ist, unabhängig von der Entfernung vom Meer, gleichmäßig relativ sehr hoch.

3. Auf Grund dieser Erkenntnis erscheint es wichtiger zu prüfen, in welcher Höhe der natürliche Jodgehalt der Böden für die Pflanzen aufnehmbar ist, als

¹⁴⁾ R. G a n ß e n, Jahrb. Preuß. Geol. Landesanstalt 1902, Bd. 33; Mitteilungen aus dem Laboratorium der Preuß. Geol. Landesanstalt 1920, Heft 1; 1922, Heft 4. Ztschr. Pflanzenernähr. Düngung Abt. A, 1925, Bd. VIII.

den unregelmäßig wechselnden Jodgehalt der Böden zu bestimmen.

Die im vorangehenden Abschnitt behandelten Fragen und angeführten Argumente ließen bereits klar erkennen, daß es bis auf den heutigen Tag noch nicht möglich ist, irgendwelche allgemeingültigen Gesetzmäßigkeiten über das Vorkommen des Jodes im Boden aufzustellen. Um die gesamte Jodfrage auf eine möglichst breite Basis zu stellen, erscheint es angebracht, auch von der pflanzenphysiologischen Seite an das Problem heranzutreten.

Bis zur Ernte durchgeführte Gefäß- und Feldversuche über die Aufnahme dem Boden in wechselnder Bindung und Menge zugesetzten Jodes durch verschiedene Pflanzen und dadurch erzielte Erhöhung der Erträge sind schon von vielen Forschern¹⁵⁾ angestellt worden und werden auch jetzt noch weitergeführt; die Ergebnisse dieser Arbeiten stimmen aber keineswegs überein, vor allem widersprechen sie sich hinsichtlich der ertragssteigernden Wirkung der Joddüngung. Aus der Fülle der bereits vorliegenden Analysenbefunde erhellt jedenfalls, wie wichtig es ist, möglichst eindeutige Resultate über die Stellung des Elementes Jod zur Pflanzenwelt zu erzielen.

Wie bereits eingangs erwähnt, soll hier keinerlei Kritik ausgeübt werden an den bisherigen Arbeiten, vor allem denen der ertragssteigernden Wirkung der verschiedenen Jodgaben als Dünger, sondern es soll nur durch objektive Versuche und frei von allen spekulativen Interessen der Frage nachgegangen werden, inwieweit die Pflanzen überhaupt befähigt sind, größere Mengen ihnen dargebotenen Jodes aufzunehmen.

Erste Versuche in dickwandigen, zylindrischen Glasgefäßen mit der infolge ihres hohen Jodgehaltes zunächst als besonders geeignet angesehenen Brunnenkresse mußten nach einiger Zeit infolge unüberwindlicher Schwierigkeiten wieder aufgehoben werden. Die Keimfähigkeit des Samens war unter den mehrfach variierten Bedingungen sehr gering, und auch die Pflänzchen selbst entwickelten sich zu kümmerlich, so daß nie genügend Ausgangsmaterial zu vergleichenden Analysen vorhanden war.

Als weiteres Versuchsobjekt wurde sodann Roggen gewählt, der als eine der wichtigsten Getreidearten, die für die menschliche Ernährung in Frage kommen, angesehen werden kann und bisher auf seine Aufnahmefähigkeit für Jod noch nicht untersucht worden ist. Als Arbeitsmethode wurde die auch für andere Zwecke in unserem Laboratorium benutzte, von Neubauer¹⁶⁾ angegebene Keimpflanzenmethode herangezogen.

Die Versuchsanordnung ist kurz folgende: 100 g lufttrockener Feinboden werden mit 70 g gewaschenem, nährstofffreiem Glassand vermischt, auf dem Boden des Glasgefäßes ausgebreitet und mittels Pipette 25 ccm destilliertes Wasser zugeführt, welches gegebenenfalls eine bekannte Menge von Kaliumjodid enthält. Nachdem man weitere 100 g Sand und 25 ccm Wasser eingebracht hat, legt man 100 ausgelesene und

¹⁵⁾ Stoklasa, Fortschr. Landwirtsch. 1, 13 u. 597 [1926]. — M. v. Wrangel, Naturwiss. 15, 70. — Winterstein, Ztschr. physiol. Chem. 104, 54 [1919]. — Dafert u. Brichta, Fortschr. Landwirtsch. 1, 531 [1926]. — v. Feilitzen u. Egnér, Chem.-Ztg. 1924, S. 325. — v. Scheurlen, Reichsgesundheitsblatt 1926, S. 327. — Strobels u. Scharrer, Fortschr. Landwirtsch. 1, 649 [1926]. — Scharrer u. Strobels, Angewandte Botanik 9, 187 [1927]; dasselbe in Biochem. Ztschr. 185, 405 [1927]. — v. Feilenberg, s. o.; außerdem Mitt. Lebensmittelunters. Hygiene XVIII 3/4, 150 [1927].

¹⁶⁾ Neubauer u. Schneider, Ztschr. Pflanzenernähr. Düngung Abt. A, 1923, S. 343; s. a. Benade, Sitzungsber. der Preuß. Geol. Landesanstalt 1927, Heft 2, S. 65.

gebeizte Roggenkörner in möglichst gleichmäßiger Verteilung auf, gibt als Deckschicht noch 130 g Sand und 25 ccm Wasser zu, so daß sich 100 g Boden, 300 g Sand, 75 ccm destilliertes Wasser und 100 Körner in jedem Gefäß befinden.

Zur Aussaat gelangte Original-Petkuser-Roggen mit einem 100-Körner-Gewicht von 3,8–3,9 g. Die Art und Menge der täglichen Wassergabe ist aus den angezogenen Arbeiten zu ersehen. Die Keimfähigkeit betrug durchschnittlich 97–98%.

Die Pflanzen wurden nach einer Vegetationsperiode von 18 Tagen geerntet, durch Abspritzen mit gewöhnlichem und später mit destilliertem Wasser gut von anhaftenden Bodenresten befreit und der Analyse unterworfen.

Um genügend Ausgangsmaterial für die Jodbestimmung zu erhalten, wurden stets vier Gefäße vollkommen gleichmäßig angesetzt und dann zusammen analysiert. Da man als Trockenmasse der Pflanzen pro Gefäß mit ca. 65% des Körnergewichtes rechnen kann, lagen zur Untersuchung jedesmal ungefähr 10 g Trockenmaterial vor.

Der Keimpflanzenmethode entsprechend wurden noch sogenannte Bildversuche angesetzt, bei denen man die Pflanzen nur in nährstoffreiem Sand wachsen läßt, wodurch gleichzeitig das aus den Körnern selbst von den Pflanzen aufgenommene Jod erfaßt wird.

Wie Tabelle 2 zeigt, wurden zunächst Versuche mit demselben Boden unter Zugabe wechselnder Mengen von Kaliumjodid und weiterhin mit noch einigen Böden verschiedenen natürlichen Jodgehaltes unternommen.

Tabelle 2.

Gruppe	Nr. des Bodens (vgl. Tab. 1)	$\gamma = \text{Jod}$ in 100 g Boden (je Gefäß)	$\gamma = \text{Jod}$ pro Gefäß nach Zugabe von KJ	Gefunden $\gamma = \text{Jod}$ je Gruppe (= 4 Gefäße)
I.	{ Blindversuch } { (nur Sand) ; }	—	—	6–7
II.	6 *	44	—	8
III.	6 + 1 KJ*	44	544	64
IV.	6 + 4 KJ**	44	2044	93
V.	6	44	—	8
VI.	8	64	—	12,4
VII.	25	200	—	15,7

*) Pro Gefäß 0,5 mg J als KJ-Lösung zugegeben.

**) Pro Gefäß 2,0 mg J als KJ-Lösung zugegeben.

Zu den Versuchen selbst sei noch erwähnt, daß Wachstumsunterschiede zwischen den einzelnen Pflanzengruppen innerhalb dieser kurzen Vegetationszeit kaum in Erscheinung traten. Nur die Pflanzen der Gruppe IV, die dem höchsten Jodgehalt von 2 mg Jod pro Gefäß ausgesetzt waren, zeigten sich den übrigen gegenüber in den Blättern etwas weniger entfaltet und im Stengel etwas schwächer. Die Höhe der Halme war jedoch überall die gleiche.

Aus der Tabelle geht hervor, daß die Pflanzen der Gruppe II dem Blindversuch gegenüber nur äußerst geringe Mengen von Jod aus dem sehr wenig Jod enthaltenden Boden aufgenommen haben, daß also der größte Teil der gefundenen Jodmenge dem eigenen Vorrat der Roggenkörner entstammt. Die Gruppen III und IV, bei denen Kaliumjodid im Verhältnis 1 : 4 zu dem bei II an-

gewandten Boden zugegeben wurde, zeigen beide jedoch beträchtlich höhere Jodgehalte, die sich demjenigen des Blindversuches gegenüber wie 1 : 9 : 13 verhalten. Wie zu erwarten war, ist von einer genauen Proportionalität nicht die Rede.

Geht man zu den letzten Versuchen der Tabelle 2 über, so erkennt man zunächst die vollkommene Übereinstimmung zwischen den zeitlich auseinanderliegenden Versuchsgruppen II und V. Die Pflanzengruppen V, VI und VII, die auf Böden verschiedenen Jodgehaltes gewachsen waren, ohne daß durch Düngung eine Jodzufuhr stattfand, lassen diese Unterschiede in den gefundenen Jodwerten deutlich hervortreten. Allein durch Anwendung eines jodreicheren Bodens konnte die ursprünglich von dem Roggen aufgenommene Jodmenge glatt verdoppelt werden.

Diese Gefäßversuche beweisen jedenfalls einwandfrei, daß der Roggen imstande ist, je nach der im Nährboden vorhandenen natürlichen Jodmenge, diesem mehr oder weniger Jod zu entziehen. Wird jedoch der Jodhaushalt eines Bodens durch äußere Zufuhr labiler gebundenen Jods wesentlich erhöht, so steigt hierdurch der Jodgehalt der Pflanzen um ein Beträchtliches. Gleichzeitig lassen die Untersuchungen noch erkennen, daß auch von Roggen während dieser kurzen Vegetationsperiode von 18 Tagen nur ein verhältnismäßig geringer Prozentsatz des im Boden vorhandenen Jods aufgenommen wird, auch wenn durch Joddüngung die normalen Bodenverhältnisse wesentlich überschritten werden.

Für die Anwendung der Neubauer-Methode zur Untersuchung der durch Roggen aufnehmbaren Jodmengen ist für uns maßgebend gewesen, daß es durch ihre Benutzung möglich wird, innerhalb kürzerer Zeit bereits greifbare Resultate zu erzielen, während Versuche über die Jodaufnahme bis zur Reife des Roggens erheblich mehr Zeit erfordern und sich über Jahre hinziehen würden. Außerdem war zu erwarten, was ja auch durch die Ergebnisse der vorliegenden Versuche bestätigt wurde, daß schon die Neubauer-Methode uns wertvolle Fingerzeige bezüglich der Ausnutzung der verschiedenen Jodformen geben würde. Es ist natürlich selbstverständlich, daß diese Untersuchungen nur als Vorversuche gewertet werden können, die für die Praxis durch Feldversuche noch ihre Bestätigung erhalten müssen. Die letzteren auszuführen, ist uns leider nicht möglich, da uns Versuchsfelder fehlen. Es ist weiter zu erwarten, daß auch bei längerer Vegetationsdauer bis zur Ernte den jodreicheren Böden durch Roggen mehr Jod entzogen wird als den jodärmeren, und daß nicht nur in Wurzeln und Halmen, sondern auch in den reifen Körnern dann ein höherer Jodgehalt zu verzeichnen sein wird. —

Am Schlusse möchte ich nicht verfehlen, Herrn R. G a n ß e n für die vielfachen Anregungen und freundlichst erteilten Ratschläge meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. [A. 213.]

Chemischer Unsinn in der volkstümlichen Literatur.

Von Dr. HANS WAGNER.

Dozent an der staatlichen Kunstgewerbeschule in Stuttgart.

(Eingeg. 23. Dezember 1928.)

Die wissenschaftliche Durchdringung der technisch-chemischen Betriebe hat in den letzten Jahren ungeheure Fortschritte gemacht. Nicht zuletzt ist das der aufklärenden Tätigkeit des Vereins deutscher Chemiker zu verdanken, und im besonderen der durch ihn ins Leben gerufenen Karl-Goldschmidt-Stelle für wissenschaft-

liche Betriebsführung. Dazu verhalf auch aufklärende Literatur, z. B. Liesegangs kolloidchemische Technologie, und so dürfen wir heute sagen, daß das „Wursteln“ des Empirikers in der Großindustrie ganz verschwunden und auch in den weniger bedeutenden Seitenzweigen der chemisch-technischen Fabrikation gewaltig zurückgegangen ist.