

Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit
Band: 15 (1924)
Heft: 6

Artikel: Untersuchungen über das Vorkommen von Jod in der Natur. Teil IX, Ueber Jodabspaltung und Jodspeicherung durch Mikroorganismen
Autor: Fellenberg, Th. von / Geilinger, H. / Werder, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-984402>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Gestein um das 2—5-fache vermehrt. Auch der Haupttrogenstein folgt dieser Regel: seiner Erde mit der schwachen katalytischen Wirkung entspricht eine starke Jodzunahme.

Wir untersuchten auch eine Anzahl gebeutelte Gesteine auf ihre katalytische Wirkung und konnten eine solche bei manchen Urgesteinen und Sedimenten in mehr oder weniger kräftiger Weise feststellen.

Zusammenfassung. Es wird gezeigt, dass Erden und Gesteine aus zugesetztem Alkalijodid elementares Jod abspalten. Die Reaktion wird weder durch Bakterien, noch durch organische Enzyme bedingt, sondern durch anorganische Katalysatoren. Sie ist an die Gegenwart von Luft-sauerstoff gebunden.

Sehr stark wirkte ferrioxxydhaltiges Gestein, auch wenn es reich an Erdalkalicarbonat war. Die entsprechende Erde, welche das Eisen vorwiegend in der Ferroform enthielt, wirkte hingegen nur schwach. Bei geringen Eisengehalten wirken im allgemeinen die Gesteine um so energischer, je höher ihre Wasserstoffionenkonzentration ist.

Erden wirken im allgemeinen ungefähr gleich stark wie die Gesteine, aus welchen sie entstanden sind, wenn wir in beiden Fällen die Wirkung auf erdalkalicarbonatfreies Gestein umrechnen.

Gedüngte Erde entwickelt scheinbar weniger Jod als ungedüngte, da ein Teil des abgespaltenen Jodes durch die organische Substanz des Düngers aufgenommen wird.

Die katalytische Wirkung der Erde ist von Bedeutung für die Jodspeicherung beim Uebergang des Gesteins in Erde. Erden mit starker katalytischer Wirkung speichern im allgemeinen weniger Jod als solche mit schwacher Wirkung. Eine Meeresmolasseerde aus einer kropfverseuchten Gegend (Hunzenschwil) zeigte weitaus die stärkste Wirkung unter den untersuchten Erden. Eine Erde aus nahezu kropffreier Gegend (Effingen) rangierte hingegen unter denen mit geringer katalytischer Wirkung.

Untersuchungen über das Vorkommen von Jod in der Natur.

Von Dr. Th. von FELLEMBERG und Dr. H. GEILINGER.

(Aus dem Laboratorium des Eidgenössischen Gesundheitsamtes in Bern,
Vorstand: Dr. J. Werder.)

IX.

Ueber Jodabspaltung und Jodspeicherung durch Mikroorganismen.

In der vorhergehenden Arbeit haben wir gesehen, dass Bakterien wohl kaum mitbeteiligt sind an der Entwicklung von Jod aus Jodiden durch die Erde. Ganz abgeklärt war die Sache aber nicht. Eine Mitbeteiligung in geringerem Grade neben den anorganischen Katalysatoren wäre doch noch

möglich gewesen. Auch ist ja nur unter ziemlich eng begrenzten Bedingungen gearbeitet worden. Hier suchten wir nun durch Versuche *in vitro* eine solche Jodabspaltung nachzuweisen. Gleichzeitig wurde die andere, nicht minder wichtige Frage bearbeitet, ob Bakterien oder Schimmelpilze aus Jodiden Jod aufzunehmen vermögen. Diese Frage hat ein zweifaches Interesse. Einmal ist es möglich, dass bei der Zunahme des Jodgehaltes beim Uebergang der Gesteine in Erde Bakterien mitbeteiligt sind, dass das Jod der Erde also zum Teil an Bakterien gebunden ist. Sodann wäre es wichtig, zu erfahren, ob Darmbakterien Jod speichern, wodurch dem Organismus das in den Speisen enthaltene Jod entgehen könnte.

Wir können uns eine Jodspeicherung aus Jodid auf zwei Arten denken. Entweder wird das Jodid direkt aufgenommen und dem Organismus der Bakterie einverleibt oder es wird, sei es auf dem Umweg über Jodwasserstoffsäure oder direkt, zu Jod oxydiert, und dieses reaktionsfähige Element verbindet sich mit der Substanz des Mikroorganismus.

Es zeigte sich nach einigen Vorversuchen, dass es bei diesen Untersuchungen sehr auf Einhaltung einer bestimmten Wasserstoffionenkonzentration ankommt. Bei der ausserordentlichen Sauerstoffempfindlichkeit der Jodwasserstoffsäure musste damit gerechnet werden, dass in sauren Medien bereits durch die Einwirkung der Luft allein eine Jodabspaltung erfolge. War dies der Fall, so konnte man nicht mehr von einer Aufnahme von Jodid durch die Bakterien sprechen, sondern von einer Aufnahme von elementarem Jod.

In der folgenden Versuchsreihe wurde erstens einmal die Jodabspaltung in wässriger Lösung bei bestimmten Wasserstoffionenkonzentrationen untersucht. Dann führte man dieselben Versuche nach Zusatz von Bakterienaufschwemmungen durch. Das Medium bestand aus 0,7% NaCl, 0,5% KJ und 0,003% Stärke. Gemäss dem Molekulargewicht des Kaliumjodides ist diese Lösung ziemlich genau physiologisch isoton.

Stickstoffhaltige organische Nährsubstanzen wurden absichtlich vermieden, um die Verhältnisse nicht dadurch zu komplizieren, dass freigeswordenes Jod sich mit diesen verbinden könnte. Natürlich konnte eine starke Vermehrung der Mikroorganismen auf diese Weise nicht erwartet werden. Es war deshalb auch nur in einem Falle möglich, die abzentrifugierten und gewaschenen Bakterien auf Jod zu untersuchen.

1. *Reaktion der wässrigen Lösung ohne Bakterien.* Man stellte die Lösungen durch Zusatz von $\frac{n}{10}$ -HCl, beziehungsweise $\frac{n}{10}$ -NaOH auf folgende Wasserstoffionenkonzentrationen ein: $P_H = 2,7, 6,0$ (mit HCl), 7,0 (neutral), 8,0 (mit NaOH). Je 10 cm³ der Lösungen wurden in Reagenzgläser gebracht.

Ein Teil der Röhrchen wurde aerob gehalten und mit Wattepfropfen verschlossen. Ein anderer Teil sollte anaerob gehalten werden. Sie wur-

den vor dem Zusatz der Kaliumjodid- und der Stärkelösung 30 Minuten im kochenden Wasserbade erhitzt und dann abgekühlt. Dabei veränderte sich die Wasserstoffionenkonzentration wie folgt:

P_H vor dem Auskochen 2,7, 6,0, 7,0, 8,0;

P_H nach dem Auskochen 2,9, 6,2, 7,15, 7,85.

Die aeroben Röhrrchen wurden kräftig geschüttelt, die anaeroben sofort mit *Wright-Burri*-Verschluss versehen und dann gemischt. Die Proben wurden 24 Stunden im diffusen Licht, dann im Dunkeln aufbewahrt.

Bald nach der Mischung zeigte sich im aeroben Röhrrchen mit P_H 2,7 eine ganz schwache Lilafärbung, die nur beim senkrechten Durchsehen gegen eine weisse Unterlage sichtbar war. Am nächsten Tag waren auch in 3 weiteren Fällen Spuren von Färbung beim senkrechten Durchblicken zu sehen. Die nächste Tabelle bringt die Resultate.

Reaktionen von wässrigen KJ-Lösungen bei verschiedener Wasserstoffionenkonzentration.
Tab. 1.

Zeit	aerob				anaerob			
	P_H 2,7	5,7	7,0	8,0	2,7	5,7	7,0	8,0
1 Tag	sehr schwach lila	sehr schwach schmutzig verfärbt	—	sehr schwach schmutzig verfärbt	sehr schwach lila	—	—	—
5 Tage	etwas deutlicher lila	ebenso	—	ebenso	ebenso	—	—	—
7 »	deutlicher blau, auch bei horizontaler Durchsicht	ebenso	—	ebenso	ebenso	—	—	—
13 »	blauviolett	ebenso	—	ebenso	ebenso	—	—	—

Unter aeroben Verhältnissen ist überall, ausser der neutralen Probe, eine schwache Jodabspaltung erfolgt; bei der am sauersten eingestellten Probe hat sich diese mit der Zeit stark vermehrt.

Die Verfärbung der alkalischen Probe hat uns anfänglich erstaunt, da ja Alkalien Jod binden. Wir konstatierten dann, dass in ganz schwach alkalischen Lösungen tatsächlich die Jodstärkefärbung existieren kann; erst bei stärkerem Zusatz von Lauge verschwindet sie. Das zeigt uns, dass sich hier offenbar Hypojodit bildet, welches wie freies Jod reagiert und erst bei stärkerem Alkalitätsgrad geht dieses in Jodat und Jodid über.

2. Versuch mit *Bacterium coli*. Man führte nun die analoge Versuchreihe mit *Bacterium coli* durch. Agarplatten-Oberflächenkulturen wurden mit einem sterilen Glasspatel abgeerntet, mit physiologischer Kochsalzlösung zu sehr dichter Aufschwemmung verrieben und davon je 1 cm³ zu 9 cm³ der stärke- und jodidhaltigen Kochsalzlösung, beziehungsweise 1/2 cm³ zu 10 cm³ anaerober Lösung zugesetzt. Die Proben standen die ersten 24 Stunden im Dunkeln, dann im diffusen Tageslicht. Die H-ionenkonzentration betrug bei Beginn des Versuches:

P_H vor dem Auskochen 2,7, 4,9, 7,0, 8,0;

P_H nach dem Auskochen 2,7, 6,0, 7,2; 8,0.

Die Proben wurden 10 Tage lang beobachtet. In keinem Fall war Blaufärbung eingetreten. Die H-Ionenkonzentration wurde wieder bestimmt. Sie betrug nun:

P_H aerob 4,5, 6,6, 7,2, 7,3;

P_H anaerob 3,2, 6,2, 6,8, 7,25.

Da die Möglichkeit vorlag, dass die Stärke durch die Bakterien abgebaut und eine Blaufärbung aus diesem Grunde ausgeblieben war, setzte man überall neue Stärkelösung zu, ohne dass dabei irgendwo eine Färbung beobachtet worden wäre. Eine Gegenkontrolle mit Nitrit und Schwefelsäure gab starke Blaufärbungen.

Das Ausbleiben der Färbung muss so gedeutet werden, dass das frei gewordene Jod durch die Bakterien aufgenommen worden ist.

Da die Bakterienmenge sehr klein war, schien keine Aussicht zu bestehen, in den Sedimenten der einzelnen Röhrchen Jod nachweisen zu können. Man zentrifugierte deshalb alle Röhrchen, vereinigte die Sedimente, wusch sie drei mal mit viel physiologischer Kochsalzlösung aus, trocknete sie und bestimmte das Jod. Auf 0,0653 g trockener Bakterienmasse fand man 0,38 γ , das ist pro kg Trockensubstanz 5800 γ .

Da dies den Durchschnitt aller Röhrchen betrifft, fällt auf die aeroben Röhrchen mit saurer Reaktion ohne Zweifel ein weit höherer Gehalt.

Unser Versuch zeigt uns also, dass durch die Coli-Bakterien kein Jod in Freiheit gesetzt, sondern dass im Gegenteil welches gespeichert worden ist.

3. *Versuche mit Fäcesaufschwemmungen.* Es wurden zwei weitere Versuchsreihen in gleicher Weise durch Animpfen mit Fäcesaufschwemmungen vorgenommen. In keinem Falle erfolgte Blaufärbung. Wir müssen also auch hier Jodspeicherung annehmen, obgleich wir das Jod wegen der geringen Materialmenge nicht bestimmt haben.

4. *Versuch mit Bacterium Güntheri.* Ein etwas anderes Resultat ergab eine Versuchsreihe mit Bacterium Güntheri, wieder unter Verwendung der Aufschwemmungen von (anaeroben) Oberflächenkulturen.

Etwa eine Stunde nach der vollzogenen Mischung zeigte sich im aeroben Röhrchen mit P_H 2,7 eine ganz schwache Lilafärbung, die mit der Zeit stärker wurde. Beim anaeroben Röhrchen mit P_H 2,7 trat nach 24 Stunden auch ein leichter Schimmer einer Reaktion auf; er verschwand aber später wieder. Nach 12 Tagen wurde der Versuch abgebrochen. Es war nur noch im aeroben Röhrchen mit P_H 2,7 eine Blaufärbung zu konstatieren. Die Wasserstoffionenkonzentration war

am Anfang: P_H 2,7, 6,0, 7,1, 8,1;

am Schluss: P_H aerob 2,7, 6,3, 7,0, 7,1.

P_H anaerob 2,7, 6,3, 7,0, 7,8.

Auch hier wurde, wie übrigens ebenfalls bei den Versuchen mit Fäcesaufschwemmungen, festgestellt, dass das Ausbleiben der Reaktion nirgends durch Abbau der zugesetzten Stärke vorgetäuscht worden war.

Bacterium Güntheri hatte somit ebenso wie *Bacterium coli* und die Stuhlaufschwemmung kein Jod in Freiheit gesetzt, sondern welches gebunden.

5. *Versuche mit Aspergillus niger*. Nun wurden Versuche mit dem Schimmelpilz *Aspergillus niger* unternommen. Man ging hier etwas anders vor. Kulturen auf Bierwürze liess man 5 Tage lang wachsen, bis ein üppiges Hyphengeflecht und gute Sporenentwicklung erreicht war. Die Häute wurden mit geglühtem Quarzsand und Wasser verrieben, davon je 20 g mit 0,1 g KJ in 200-cm³ Erlenmeyerkolben gebracht und die eine Probe in saurem, die andere in neutralem Zustand auf Jodabspaltung geprüft. Eine genaue Einstellung der Wasserstoffionenkonzentration war hier wegen der Färbung nicht möglich. Aus demselben Grunde wurde die Prüfung nicht mit Stärkelösung in der Flüssigkeit selber, sondern durch Einhängen von Stärkepapierstreifen vorgenommen. Nach 12 Tagen war noch nicht die geringste Reaktion sichtbar.

Bei einem analogen Versuch mit Filtration des verriebenen Pilzmycels und Einstellung auf die üblichen P_H werte, wurde ebenfalls in 12 Tagen keine Jodabspaltung beobachtet. Somit spaltet auch *Aspergillus niger* kein Jod aus Jodid ab.

6. *Vergleichende Versuche mit Aspergillus und mit Eiereiweiss*. Bei einer weiteren Versuchsreihe wollten wir erstens die Jodbindung durch *Aspergillus niger* prüfen, zweitens wollten wir untersuchen, ob die erwartete Reaktion speziell durch Mikroorganismen erfolge, ob also ein spezielles Selektionsvermögen der Mikroorganismen für Jod sich nachweisen liesse, oder ob überhaupt beliebiges vorhandenes Eiweiss, z. B. Hühnereiklar, unter den obwaltenden Umständen sich gleich verhalte.

Drei Parallelversuche mit je 250 cm³ Bierwürze in 1-Liter-Erlenmeyerkolben, welche nachher mit *Aspergillus niger* angeimpft werden sollten, wurden mit folgenden Zusätzen versehen:

1. Ohne Zusatz.
2. + 2,5 mg KJ.
3. + 2,5 mg KJ und steriler Schlämmkreide.

Die anfängliche Wasserstoffionenkonzentration betrug P_H 5,8. Der Durchmesser der Flüssigkeitsoberfläche war 12 cm, wodurch gut aerobe Verhältnisse gegeben waren.

Um die Jodbindung durch Eiweiss zu prüfen, wurden die beiden folgenden Versuche angesetzt:

4. 500 cm³ physiologischer Kochsalzlösung + 5 mg KJ + 4 g frisches Eiereiweiss werden im Wasserbad vorerhitzt, dann 10 Minuten lang auf 120° erhitzt und nach dem Abkühlen mit 0,1 g Milchsäure versetzt. $P_H = 5,45$, nach 2 Stunden 5,8.

5. 500 cm³ physiologischer Kochsalzlösung + 5 mg KJ + 4 g frisches Eiereiweiss werden ebenso erhitzt. Ein Zusatz von Säure unterbleibt. $P_H = 6,55$.

Sämtliche Kolben wurden 15 Minuten bei 120° sterilisiert, dann die drei ersterwähnten mit Sporenaufschwemmung von *Aspergillus niger* geimpft und bei 30° aufgestellt.

Nach 4 Tagen hatten sich die Würzekulturen zu üppigen, derbhäutigen Rasen mit braun-schwarzen Konidien entwickelt. Die Wasserstoffionenkonzentration war nun:

	1	2	3	4	5
P_H	2,9	2,8	3,5	5,7	6,55

Die Kreideaufschwemmung erscheint unerwartet sauer. Sie brauste aber bei weiterem Zusatz von Kreide nicht auf; somit konnte die Säure nur Kohlensäure sein.

Die Verarbeitung der Proben geschah auf folgende Weise: Die als zähe Haut aufschwimmenden Pilzrasen wurden aus den Kolben herausgenommen und 6 mal mit viel Brunnenwasser gewaschen, indem man sie jedesmal einige Minuten im Wasser liegen liess. Dann wurde die Masse mit Filtrierpapier abgetrocknet und gewogen. In einem kleinen Teil davon wurde die Trockensubstanz bestimmt; die Hauptmenge wurde für die Jodbestimmung verwendet.

Die Eiweissaufschwemmungen wurden so gut wie möglich filtriert, auf dem Filter gründlich ausgewaschen, auch mit Filtrierpapier vom anhängenden Wasser befreit, gewogen, getrocknet und analysiert. Hier ist natürlich der Wassergehalt ein etwas zufälliger.

Man erhielt folgende Resultate:

Jodbindung durch Aspergillus niger und durch Eiereiweiss bei verschiedenen Wasserstoffionenkonzentrationen.
Tab. 2.

	P_H	γ Jod im kg frischer Substanz	γ Jod im kg Trockensubstanz
1. <i>Aspergillus niger</i>	5,8—2,9	11	45
2. » » + KJ	5,8—2,8	625	2800
3. <i>Aspergillus niger</i> + KJ + Schlammkreide	5,8—3,5	40	180
4. Eiereiweiss + KJ + Milchsäure	5,7	500	6550
5. Eiereiweiss + KJ	6,55	0	0

Die Zahlen zeigen uns in schöner Uebereinstimmung mit den an Bakterien gefundenen Ergebnissen, dass die Mikroorganismen in saurem Medium bedeutende Mengen Jod aufnehmen können. Die mit Schlammkreide versetzte Probe 3 enthält nur wenig mehr Jod als die Kontrolle ohne Jodzusatz (1). Ob auch hier die bereits etwas saure (kohlensaure) Reaktion zur Bindung einer Spur Jod geführt hat oder ob es sich um adsorbiertes, nicht genügend ausgewaschenes Jodid handelt, lassen wir dahingestellt.

Die Versuche 4 und 5 lassen erkennen, dass die Jodaufnahme keine besondere Eigenschaft der Mikroorganismen ist. Es ist kein aktiver Vorgang, sondern ein passiver. Die Organismen nehmen das Jod nicht eigentlich auf, sondern das durch die saure Reaktion und den Luftsauerstoff in Freiheit gesetzte Jod verbindet sich infolge der enormen Reaktionsfähigkeit, die ihm als Halogen zukommt, mit dem Eiweiss der Mikroorganismen, und zwar in gleicher Weise, wie es sich mit irgend einem beliebigen toten Eiweiss verbindet oder mit andern anwesenden geeigneten Stoffen.

Dieser Vorgang wirft ein klares Bild auf die Jodanreicherung bei Erde. Auch hier muss das Jod, welches sich in elementarer Form in der Luft vorfindet und durch den Regen in die Erde gelangt, teilweise durch die organische Substanz der Erde gebunden werden. Das schliesst nicht aus, dass die Adsorption von Jodid, über die wir weiter oben gesprochen haben, auch zu recht besteht. Die Adsorption der Jod-ionen ist aber in vielen Fällen nur die erste Stufe einer festern Einverleibung des Jodes. Es folgt die Entionisierung unter Mitwirkung der anorganischen Katalysatoren der Erde und die Bindung des freien Jodes an organische Substanz. Weiter dürfen wir wohl annehmen, dass die organischen Jodverbindungen unter geeigneten äussern Bedingungen durch Mikroorganismen-tätigkeit wieder mineralisiert werden. Es wird der Prozess also in beiden Richtungen vor sich gehen und die Pflanze hat daher Gelegenheit, einen Teil des anorganischen Jodes auch ihrerseits aufzunehmen.

Zusammenfassung. Aus neutraler, verdünnter Alkalijodidlösung liess sich in Zeit von 13 Tagen keine Jodabspaltung durch den Luftsauerstoff beobachten. Eine solche erfolgte aber in ganz geringem Masse in alkalischem, stärker in saurem Medium. In Gegenwart von Bakterien oder Schimmelpilzen ist die Jodentwicklung schwächer oder bleibt ganz aus, da das frei gewordene Jod durch die Mikroorganismen gebunden wird. Die Mikroorganismen sind dabei nicht aktiv, sondern rein passiv beteiligt. Das zeigen Versuche mit Hühnereiweiss, die genau gleich ausfielen.

In neutraler Jodidlösung konnte durch *Aspergillus niger* keine deutliche Jodspeicherung wahrgenommen werden.
