

## Werk

**Label:** ReviewSingle

**Ort:** Braunschweig

**Jahr:** 1906

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110\\_0021](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0021) | LOG\_0169

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

fläche nicht erreichen, irgendwie weniger reich sind, und wenn sie so nahe zur Oberwelt aufsteigen, daß ihre Auswürfe die Oberfläche erreichen können, müssen wir den emittierten Wässern einen sehr wichtigen Anteil an der Untergrund-Ökonomie zuschreiben.

Diese allgemeine Frage hat in den letzten Jahren bezüglich der heißen Quellen in Europa mehr Aufmerksamkeit auf sich gezogen als in Amerika. So viele Heilquellen und Badeorte beruhen auf ihnen, daß sie sehr wichtige Grundlagen für örtliche Einrichtungen und einträgliche Unternehmungen sind. Prof. Suess, den ich schon vorhin zitiert habe, hielt vor einigen Jahren eine Rede bei einem Jahresfest in Karlsbad, Böhmen (auf der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Karlsbad, Rdsch. 1905, XVII, 585, 597, 609), in welcher er behauptete, daß im Karlsbader Distrikt die natürlichen Fassungsbecken ungenügend waren, die Wasser zu ergänzen, und daß sowohl die unveränderliche Zusammensetzung als die Menge in feuchten und trockenen Jahreszeiten einem meteorischen Ursprung widersprechen. Man glaubt daher, daß Wasser aus den unterirdischen vulkanischen Gesteinen, deren Existenz an der Lokalität wohl bekannt ist, die Quelle der Thermen ist. Die gleiche Untersuchung hat den Dr. Rudolf Delkeskamp in Gießen und andere Beobachter zu ähnlichen Schlüssen geführt für andere Thermen, so daß die magmatischen Wässer in dieser Beziehung eine so hervorragende Stellung eingenommen haben, daß nur geringe Zweifel über ihre wirkliche Entwicklung und Bedeutung vorhanden sind.

Alle mit den westlichen und südwestlichen Bergdistrikten Vertrauten wissen aus der Erfahrung, daß die metallführenden Adern fast immer vergesellschaftet sind mit intrusiven Gesteinen, und daß in sehr vielen Fällen die Periode der Erzbildung nachweislich hart gefolgt ist dem Eindringen der Eruptionsmassen. Der Schluß war daher natürlich und unvermeidlich, daß die magmatischen (juvenilen) Wässer, wenn nicht das einzige Einführungsmittel gewesen, so doch das überwiegende.

Bezüglich ihrer Emission aus der sich abkühlenden und kristallisierenden Masse geschmolzenen Materials sind wir vielleicht noch nicht ganz im klaren oder gefestigt in unseren Vorstellungen. Solange die Masse hoch temperiert ist, ist das Wasser potentiell anwesend als dissoziiert in Wasserstoff und Sauerstoff. Wir sind nicht genügend unterrichtet über das chemische Verhalten dieser Gase zu den Elementen der metallischen Mineralien. Chlorwasserstoffsäuregas ist sicherlich ein weit verbreiteter Begleiter. Wenn, wie es wahrscheinlich ist, diese Gase allein oder mit anderen Elementen als Vehikel für das Entfernen der Bestandteile der Erze und Gänge dienen können, so sind die Möglichkeiten, überall auszutreten, am größten, während das vulkanische Gestein vollständig oder zum großen Teil geschmolzen ist. Zum Teil können sogar die Erscheinungen der Kristallisation der gesteinsbildenden Mineralien selbst veranlaßt sein durch den Verlust der gelösten Gase. Durch ge-

schmolzenes und noch flüssiges Gestein können die Gase nach außen sieden, wenn der Druck nicht ausreichend ist, sie zurückzuhalten, und sie würden, wären ihre chemischen Kräfte ausreichend, Gelegenheit haben, selbst spärlich verteilte Metalle aufzunehmen.

Wenn andererseits ihr Auswerfen, wie es wahrscheinlich scheint, zum größten Teil eine Funktion des Erstarrungszustandes ist und allmählich erfolgt, während die Masse fest wird, oder bald nachher, dann müssen sie längs der Spalten und Öffnungen, deren Verhältnis zu der ganzen Masse dem oben angegebenen ähnlich sein müßte, entweichen. Sie könnten eine erhöhte Fähigkeit besitzen, und besitzen sie wahrscheinlich wirklich, in einer durchdringenderen und vollkommeneren Weise die fein verteilten Metallteilchen aufzulösen als die verhältnismäßig kalten meteorischen Wässer, welche später das Gestein durchsickern; aber bezüglich des Problems des Auslaugens sind die allgemeinen Verhältnisse der Spalten zur Masse ganz die gleichen für beide, und es ist ebenso wahr, daß die Entdeckung der Metalle durch Analyse vulkanischer Gesteine beweist, daß durch keinen von beiden Prozessen der ganze ursprüngliche Gehalt weggenommen worden.

Wir können jedoch eine vulkanische Gesteinsmasse sogar als die Quelle des Wassers betrachten, wenn nicht der Erze und des Ganggesteins, und dann haben wir ein wohl bestimmtes Reservoir für dieses Lösungsmittel in einem hoch erhitzten Zustande und in der erforderlichen Tiefe innerhalb der Erde. Obwohl von seiner elterlichen Masse wie von dem durchsetzten überlagernden Gestein kann es die Metalle und das Ganggestein entnehmen.

Bei der nach oben gerichteten und besonders bei dem Ende der Wanderung können die Meteorwässer sich mit dem magmatischen mischen, und in dem Maße wie Temperatur und Druck sinken, erfolgt die Fällung der gelösten Ladungen, und unsere Erzmassen entstehen. Allmählich wird die Quelle des Wassers und der Energievorrat erschöpft; die Zirkulationen ersterben, und die Periode der Aderbildung, die, geologisch gesprochen, verhältnismäßig kurz ist, schließt ab. Sekundäre Anreicherung durch die Tätigkeit der meteorischen Wässer bleibt allein zurück, um den Charakter der Erzablagerung zu beeinflussen, und soweit es sich um den Bildungsvorgang unserer Adern in den westlichen Bergdistrikten handelt, ist dies die Vorstellung, welche Jahr um Jahr an Anhängern gewonnen hat, und die im ganzen vollständig übereinstimmt mit den beobachteten geologischen Verhältnissen. Es stimmen mit ihnen, wie ich hinzufügen kann, mehrere andere wichtige Besonderheiten, auf die einzugehen mir die Zeit fehlt.

**Francis L. Usher und J. H. Priestley:** Untersuchung über den Mechanismus der Kohlenstoffassimilation in grünen Pflanzen. (Proceedings of the Royal Society 1906, B. 77, 369—376.)  
Diese wichtige Arbeit nimmt ihren Ausgangspunkt von den bekannten Vermutungen über das Auftreten

von Formaldehyd als erstem Assimilationsprodukt in der Pflanze und knüpft an den vor 13 Jahren veröffentlichten Versuch von A. Bach (vgl. Rdsch. 1893, VIII, 392) an, der zum erstenmal die Zersetzung der Kohlensäure durch das Licht außerhalb der Pflanze nachwies. Bach fand, daß beim Durchgang von reiner Kohlensäure durch eine 1,5proz. Lösung von Uranacetat, die in einer Glasflasche der Einwirkung des Sonnenlichtes ausgesetzt war, ein aus einem Gemisch von Uranperoxyd mit niederen Oxyden bestehender Niederschlag entstand und daß die Lösung Formaldehyd enthielt. Nach Bachs Auffassung wirkt das Uranacetat als chemischer und optischer Sensibilisator und entstehen bei der Zersetzung der Kohlensäure anfänglich Wasserstoffsperoxyd und Formaldehyd.

Die Verff. haben nun zunächst die Versuche Bachs wiederholt und sowohl die Bildung von Uranperoxyd wie von Formaldehyd bestätigt. Die im Laufe von drei Wochen bei hellem Wetter erfolgte Zersetzung war aber nur gering, und hierfür geben die Verff. folgende Erklärung: 1. Das Uranacetat steht als chemischer Sensibilisator hinter dem in der grünen Pflanze wirksamen deshalb weit zurück, weil der Sauerstoff nicht vollständig aus der Aktionssphäre entfernt wird, wie es bei der Pflanze geschieht, sondern als fast unlösliches Peroxyd zurückbleibt, das mit dem anderen Produkt, dem Formaldehyd, wieder eine Umsetzung erfährt. 2. Als optischer Sensibilisator ist das Chlorophyll dem Uranacetat überlegen, da dieses keine Absorption im Rot und nur zwei schwache Banden zwischen *F* und *G* hat.

Um nun die Reaktion zu beschleunigen, führten die Verff. Versuche mit starken Konzentrationen von Kohlensäure aus, indem sie Glasröhren zu drei Vierteln mit Uranacetatlösung füllten, in flüssiger Luft abkühlten und nun Kohlensäure hineinließen. Die Röhren wurden dann versiegelt und dem hellen Sonnenschein ausgesetzt. Es erfolgte Erwärmung bis zur Lufttemperatur, und schon nach einer Viertelstunde begann die Bildung eines Niederschlages; nach 24 Stunden war die Reaktion beendet. In den Röhren fand sich Uranperoxyd und Ameisensäure, aber kein Formaldehyd.

Gegen die hier vertretene Auffassung von der Entstehung des Formaldehyds und der Ameisensäure ließ sich einwenden, daß Uranacetat in Lösung eine beträchtliche Hydrolyse erleidet, und daß jene Verbindungen daher aus der anwesenden Essigsäure entstanden seien. Es konnte aber gezeigt werden, daß Uransulfat sich ganz ebenso verhielt wie das Acetat.

Zu allen hier erwähnten Versuchen wurden Parallelversuche ausgeführt: 1. mit Uranlösung und Kohlensäure im Dunkeln, 2. mit kohlensäurefreier Lösung im Licht. In keinem Falle entstand ein Niederschlag.

Wenn auch in der Pflanze die Kohlensäurezersetzung mit der Bildung von Formaldehyd und einem Peroxyd beginnt, so muß ersteres wegen seiner Giftigkeit jedenfalls rasch weiter umgewandelt werden,

während das Peroxyd alsbald unter Sauerstoffentwicklung zersetzt werden muß.

Als Urheber der Sauerstoffabscheidung vermuteten die Verff. einen Katalysator. Um hierfür einen Beleg zu gewinnen, tauchten sie Wasserpestpflanzen (*Elodea*) in eine verdünnte Lösung von Wasserstoffsperoxyd. Es trat sogleich eine rasche Zersetzung mit Sauerstoffentwicklung ein. Der Prozeß ging im Dunkeln ebenso rasch vor sich wie im Lichte.

Um die Natur des Katalysators zu ermitteln, wurden folgende Versuche ausgeführt: 1. Eine Pflanze (*Elodea*) wurde auf 30 Sekunden in kochendes Wasser und dann in Wasserstoffsperoxydlösung getaucht; es trat keine Wirkung mehr ein. 2. Nach Behandlung mit verdünnten Lösungen von Jod, Quecksilberchlorid und Schwefelwasserstoff erfolgte keine Wirkung. 3. *Elodea*pflanzen wurden zwei Stunden in Luft aufgehängt, die zur Tötung des Protoplasmas mit Chloroformdampf geschwängert war; nachdem ihnen dann weiter zwei Stunden Zeit gelassen war, um sich zu erholen, wurden sie in Wasserstoffsperoxydlösung gebracht; es trat rasch Sauerstoffentwicklung ein. 4. Nach dem Eintauchen in sehr verdünnte Formaldehydlösung wurde Wasserstoffsperoxyd nicht zersetzt.

Diese Versuche scheinen auf die Anwesenheit eines katalysierenden Enzyms zu deuten. Durch 48stündiges Digerieren getrockneter *Elodea* bei 30° und Ausfällen mit absol. Alkohol im Überschuß gelang es, dieses Enzym zu erhalten. Es bildet, getrocknet, ein hellbraunes Pulver, das Diastase enthält und in wässriger Lösung Wasserstoffsperoxyd zersetzt, was gewöhnliche Malzdiastase nicht tut.

Bei der mikroskopischen Beobachtung eines *Elodea*-blattes in verdünntem Wasserstoffsperoxyd wurde erkannt, daß Gasblasen nur von den Chloroplasten abgeschieden wurden, was auf die strenge Beschränkung dieses Enzyms auf den Sitz des photosynthetischen Prozesses hinweist.

Eine große Zahl von Gefäßkryptogamen und Phanerogamen aller Hauptgruppen wurde auf die Anwesenheit des Enzyms geprüft, und in allen Fällen konnte die Fähigkeit der Katalysierung von Wasserstoffsperoxyd nachgewiesen werden, obwohl die Energie der Zersetzung sehr verschieden war. Das Enzym tritt auch in etiolierten Blättern und in Kartoffelknollen auf und scheint danach sowohl an Chloroplasten wie an Leukoplasten geknüpft zu sein.

Um die Anwesenheit von Formaldehyd in der Pflanze nachzuweisen, sind gesunde, assimilierende Blätter nicht geeignet, da, wie hervorgehoben, diese Verbindung in der Pflanze sehr rasch weiter umgewandelt werden muß. Es mußte daher mit getöteten Blättern operiert werden. Aus verschiedenen Gründen war nicht zu vermuten, daß die Kondensation des Formaldehyds zu anderen Kohlenhydraten durch eine in der Pflanze vorhandene chemische Substanz herbeigeführt werde; eine solche müßte allerdings auch nach der Tötung des Protoplasmas und der Enzyme ihre Wirkung ausüben.

Die Verf. tauchten nun gesunde Elodeasprosse 30 Sekunden in kochendes Wasser (wodurch Protoplasma und Enzyme getötet wurden) und setzten sie dann in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser dem Sonnenlichte aus. Im Laufe von einigen Stunden war die tiefgrüne Farbe der Blätter vollständig gebleicht, und als die gebleichten Sprosse in eine mit schwefliger Säure entfärbte Lösung von Rosanilin getaucht worden, trat eine Rötung ein. Das ursprüngliche grüne Material zeigte, als es in derselben Weise behandelt wurde, keine Färbung. Es war also ein Stoff von der Natur eines Aldehyds in den getöteten und gebleichten Blättern anwesend, der in den lebenden fehlte. Man kann sich nun den Vorgang bei diesem Versuch folgendermaßen vorstellen: Normale Photolyse der Kohlensäure führt zur Entstehung von Wasserstoffsuperoxyd und Formaldehyd. Da die Enzyme zerstört sind, so oxydiert das Wasserstoffsuperoxyd, anstatt in gewöhnlicher Weise katalysiert zu werden, das Chlorophyll zu einem farblosen Stoffe, während sich gleichzeitig so viel Formaldehyd anhäuft, wie dem zur Zerstörung des Chlorophylls erforderlichen Wasserstoffsuperoxyd äquivalent ist.

Zur Begründung dieser Erklärung wurden folgende Versuche ausgeführt. Zunächst war festzustellen, ob die oben erwähnte Färbung durch Formaldehyd hervorgerufen wird. Zu diesem Zwecke wurden Blätter, die auf die bezeichnete Weise getötet und in Kohlensäurelösung gebleicht worden waren, 12 Stunden lang in Anilinwasser gelegt und darauf unter dem Mikroskop bei starker Vergrößerung untersucht. Daneben wurden getötete und einfach durch Wasserstoffsuperoxyd gebleichte Blätter in derselben Weise behandelt.

In dem ersteren Falle nun stellten sich die Chloroplasten als Zentren von Aggregaten gut ausgebildeter Kristalle dar, die den künstlich aus Anilinwasser und Formaldehyd hergestellten Kristallen von Methylenanilin gleichen. Sie waren löslich in verdünnten Mineralsäuren und auch in warmem Alkohol, woraus sie in der Zelle beim Abkühlen auskristallisierten.

Die künstlich mit Wasserstoffsuperoxyd gebleichten Blätter zeigten dagegen keine Kristalle.

Nun wurde der Versuch gemacht, den Formaldehyd außerhalb der Pflanze zu erhalten. Dazu wurde eine große Menge grüner Meeresalgen (*Ulva* und *Enteromorpha*) getötet, in Kohlensäurelösung gebleicht und der Dampfdestillation unterworfen. Das Destillat wurde in zwei Teile geteilt und zu dem größeren Anilinwasser gefügt. Nach einiger Zeit bildete sich ein weißer Niederschlag; dieser wurde gesammelt und neben Methylenanilin, das zum Vergleich diente, erhitzt. Er schmolz bei 3° oder 4° unter dem Schmelzpunkt der reinen, künstlich bereiteten Substanz. Der zweite Teil des Destillats wurde mit Ammoniak auf dem Wasserbade eingedampft, und der in Wasser aufgelöste und mit Bromwasser behandelte Rückstand gab das charakteristische Tetrabromderivat des Hexamethylen-tetramins.

Hieraus geht hervor, daß Blätter, in denen Proto-

plasma und Enzyme getötet worden sind, unter günstigen Assimilationsbedingungen Formaldehyd bilden, bis der photolytische Prozeß durch die Zerstörung des Chlorophylls sein Ende erreicht.

Es war nun weiter notwendig zu bestimmen, ob die Kondensation des Formaldehyds zu Kohlenhydraten auf ein von den Chloroplasten ausgeschiedenes Enzym zurückzuführen ist, oder ob sie durch das Chlorophyllkorn-Protoplasma selbst hervorgerufen wird. Hierzu wurden Elodeapflanzen in Luft, die mit Chloroformdampf beladen war, zwei Stunden lang aufgehängt, wodurch das Protoplasma getötet wurde, die Enzyme aber verschont blieben. Darauf wurden sie in gesättigter Kohlensäurelösung dem Sonnenlicht ausgesetzt. In einigen Stunden wurde das Chlorophyll gebleicht, und es fand sich Formaldehyd in der Pflanze.

Mithin ist das Protoplasma des Chloroplasten das kondensierende Agens. Die Bleichung des Chlorophylls beruht in diesem Falle darauf, daß das anfänglich noch wirksame, also Wasserstoffsuperoxyd zersetzende Enzym durch den sich anhäufenden Formaldehyd rasch vergiftet wird. Bei diesem Versuch ist die Grenze der Anhäufung von Formaldehyd in der Pflanze erreicht; es wird davon eine Menge gebildet, die äquivalent ist der Menge von Wasserstoffsuperoxyd, das bis zur Tötung des Enzyms katalysiert wird, plus einer Menge, die dem zur Zerstörung des Chlorophylls erforderlichen Wasserstoffsuperoxyd äquivalent ist.

Daß eine gewisse Menge Wasserstoffsuperoxyd katalysiert wird, wenn allein das Protoplasma tot ist, wurde auf folgende Weise gezeigt. Von drei etwa gleichen Elodeamengen wurde die eine (A) durch Eintauchen in kochendes Wasser getötet, die zweite (B) zwei Stunden lang in Luft, die mit Chloroformdampf gesättigt war, aufgehängt, wobei das Protoplasma, aber nicht die Enzyme getötet wurden, und die dritte (C) diente zum Vergleich. Alle drei wurden in Kohlensäurelösung unter Trichter mit umgekehrten Reagenzgläsern gebracht und 12 Stunden lang der Einwirkung von künstlichem Licht ausgesetzt. Aus A entwickelte sich kein Sauerstoff, von B wurden 0,3 cm<sup>3</sup>, von C 2,8 cm<sup>3</sup> abgegeben. Bei B konnte nach der Lichteinwirkung keine katalytische Wirkung auf Wasserstoffsuperoxyd mehr beobachtet werden, während vorher kräftige Zersetzung stattgefunden hatte.

Als Gesamtergebnis der Untersuchung stellen die Verf. folgende Sätze auf:

1. Die Photolyse der Kohlensäure kann außerhalb der Pflanze bei Abwesenheit von Chlorophyll erfolgen, vorausgesetzt, daß eins der Produkte entfernt wird.
2. Die normalen Produkte der Photolyse sind Wasserstoffsuperoxyd und Formaldehyd, doch kann unter bestimmten Bedingungen Ameisensäure gebildet werden.
3. Die Zersetzung des Wasserstoffsuperoxyds wird in der Pflanze durch ein katalysierendes Enzym von allgemeiner Verbreitung herbeigeführt.
4. Die Kondensation des Formaldehyds hängt von dem gesunden Zustande des Protoplasmas ab.