

Sitzungsberichte

der

Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und
Heilkunde in Bonn.

A. Sitzungen der naturwissenschaftlichen Abteilung.

Sitzung vom 15. Januar 1906.

Vorsitzender: Prof. Dr. Kiel.

Anwesend: 39 Mitglieder und Gäste.

Herr Dr. Schröder wird als Mitglied aufgenommen.

Vortrag von Herrn Prof. Dr. Karsten:

Über die Vegetation in den Tropen.

Sitzung vom 5. Februar 1906.

Vorsitzender: Prof. Dr. Study.

Anwesend 33 Mitglieder und Gäste.

Herr Dr. Binz meldet seinen Austritt an. Neu aufgenommen werden die Herren Oberbergrat Borchers, Oberbergrat Körfer, Bergassessor Lossen.

1. Prof. Dr. Voigt:

**Die Wiederbesiedelung der Rheinlande mit Pflanzen, Tieren
und Menschen nach der Eiszeit.**

2. Dr. Bucherer:

**Elektronenschwingungen in bewegten Systemen und die Form
der Elektronen.**

Die Überraschungen, welche die Elektronenerscheinungen dem experimentierenden Physiker bereitet haben, werden womöglich noch übertroffen von den erstaunlichen Ergebnissen, welche der Theoretiker aus diesen Erscheinungen hat gewinnen

können. Der anfänglich schwer definierbare Begriff eines Elektrons hat schnell an Klarheit und scharfer Umgrenzung gewonnen, und wenn es durch die Verfeinerung der Messmethode heute gelungen ist, bestimmte Aussagen über mögliche Formen der Elektronen zu machen, so bedeutet dies einen noch vor wenigen Jahren kaum geahnten Fortschritt.

Die Frage nach der Form und der Art der Deformierbarkeit eines Elektrons ist wohl heute einer der wichtigsten im ganzen Bereiche der Elektronentheorie. Jede Form, welche wir dem Elektron zuschreiben, führt zu einer theoretisch bestimmbar Ablenkbarkeit eines bewegten Elektrons im magnetischen Felde. Diese Art der Ablenkbarkeit lässt sich an Becquerelstrahlen prüfen. Drei Formen von Elektronen kamen zunächst als möglich in Betracht. Sie unterscheiden sich voneinander durch ihr Verhalten bei translatorischer Bewegung durch den Äther. Alle drei Formen sind Kugeln, wenn das Elektron relativ zum Äther ruht. Bezeichnen wir den Radius des Elektrons mit a , die Geschwindigkeit relativ zum Äther mit u , die Lichtgeschwindigkeit mit v und setzen wir für den fortwährend wiederkehrenden Ausdruck $1 - \frac{u^2}{v^2}$ den Wert s ein, so sind die drei Arten der Elektronen: 1. das starre Abrahamsche, durch die Bewegung nicht beeinflussbare, also eine Kugel mit dem Radius a . 2. Das Lorentzsche, durch die Bewegung deformierte, ellipsoidische $a s^{1/2}$, a , a . 3. Das inkompressible, ellipsoidische mit den Achsen $a s^{1/3}$, $a s^{-1/3}$, $a s^{-1/3}$ von Bucherer. Bei beiden letzteren Formen fällt die kürzere Achse in die Bewegungsrichtung. — Nun hat Kaufmann durch seine Messungen an Becquerelstrahlen gezeigt, dass das Lorentzsche Elektron sich mit dem Experiment nicht in Einklang bringen lässt. Andererseits ist die Lorentzsche Deformation, welche nach seiner Theorie nicht nur auf das Elektron, sondern auf alle Abmessungen eines translatorisch bewegten Systems zu erstrecken ist, nach der heute herrschenden Auffassung die einzige, welche die Nichtbeeinflussung optischer und überhaupt elektromagnetischer Erscheinungen durch die Erdbewegung erklären soll. Das Abrahamsche und das von mir angegebene Elektron fügen sich zwar den von Kaufmann angestellten Versuchen, aber wenn man die Berechtigung der Lorentzschen Schlussfolgerungen anerkennt, so würden sie nicht mit gewissen optischen Erscheinungen in Einklang gebracht werden können, bei denen die Trägheit des Elektrons eine Rolle spielt. Das würde bei den Dispersionserscheinungen zutreffen. Es ist nämlich die Abhängigkeit der Brechungskoeffizienten eines Mediums von

den Wellenlängen bedingt durch die Eigenschwingungen der in der Materie schwingenden Elektronen. Schwingt nun ein Elektron einmal in der Bewegungsrichtung und dann senkrecht dazu, dann soll die Schwingungsperiode in den beiden Fällen im allgemeinen von den schwingenden elektromagnetischen Massen abhängig sein. Im ersteren Falle schwinde die longitudinale Masse, im letzteren Falle die transversale Masse. Und Lorentz folgert weiter, dass diese beiden Massen nur bei seiner Art der Deformation eine Periode der Eigenschwingungen liefern, die unabhängig ist von der Orientierung der Schwingungen gegen die Richtung der Erdbewegung.

Wie nun schon vorausgeschickt werden soll, kann ich das Resultat der Lorentz'schen Analysis nicht für einwandfrei halten. Es kommen aber hier sehr subtile Verhältnisse in Frage, und deshalb sei es gestattet, zunächst die allgemeinen Verhältnisse in einem ruhenden System mit denen in einem translatorisch bewegten zu vergleichen.

In einem im Äther ruhenden System ist bekanntlich die elektrische Kraft:

$$F = \frac{q v^2}{r^2}$$

In einem translatorisch bewegten System ist die Kraft, welche von einem mitbewegten Beobachter gemessen wird

$$F^1 = \frac{q v^2 s}{r^2 \left(1 - \frac{u^2}{v^2} \sin^2 \gamma\right)},$$

wo γ den Winkel bedeutet, den der von der Ladung zum Beobachter gezogene Fahrstrahl mit der Bewegungsrichtung bildet. Die Äquipotentialflächen sind Heavisidesche Ellipsoide, und zwar hat die Kraft auf der Oberfläche eines

solchen den Wert $\frac{q v^2 s}{b^2}$, wenn man mit b die kleinere Achse des Ellipsoids bezeichnet. Auch der Betrag der Ladung scheint ihm verändert. Bildet er nämlich das Oberflächenintegral von F^1 , so findet er nach Division durch 4π in statischem Masse:

$$\frac{1}{4\pi} \int F^1 d g = \frac{q v^2}{2} \left[\frac{s v}{2u} \log \frac{u+v}{v-u} + 1 \right]$$

Machen wir hingegen die Annahme, dass das ganze bewegte System im Verhältnis der Achsen eines Heavisideschen Ellipsoids deformiert sei, so wird der mitbewegte Beobachter, dessen Messinstrumente ja auch in derselben Weise deformiert sind, zunächst eine Änderung der Proportionen und Symmetrieverhältnisse nicht entdecken können. Die Äquipotentialflächen werden wieder Kugelflächen, die Kraft wird also wieder als

zentral erscheinen. Könnte er hingegen nach freiem Willen von dem bewegten System auf ein ruhendes hinübertreten, so würde er die Entdeckung machen, dass nur bei der Lorentz'schen Deformation die nach dem ruhenden System hinübergebrachte Ladung im selben Abstand dieselbe Kraft ausübt. Denn nur, wenn $b = a s^{1/2}$ wird $F = \frac{q v^2}{r^2}$. Bei der

von mir angegebenen Deformation wird hingegen $F = \frac{q v^2 s^{1/3}}{r^2}$.

Es ist selbstverständlich, dass ein derartiger Einfluss der Erdbewegung niemals entdeckt werden kann. Denn der irdische Beobachter wird entsprechend seine Einheiten definieren.

Nunmehr wollen wir uns der Kernfrage zuwenden, ob unter den von Lorentz angegebenen Bedingungen eine Verschiedenheit der Schwingungsperioden auftreten kann, je nachdem bei Verwendung geeigneter Polarisationsvorrichtungen die longitudinale oder die transversale Schwingung beobachtet wird.

Zunächst betrachten wir Schwingungen im ruhenden System. Diese Oscillationen sollen nach den Lorentz'schen Annahmen so beschaffen sein, dass die schwingenden elektromagnetischen Massen als konstant betrachtet werden können. Dies entspricht der durchweg in der Optik üblichen Voraussetzung, dass die Amplituden der Oscillationen sehr klein sind. Diese Annahme deckt sich vollständig mit dem Postulat, dass bei dem Lorentz'schen und bei dem von mir angegebenen Elektron im ruhenden System eine merkliche Formänderung während der Schwingung nicht eintrete. Alle drei Arten von Elektronen schwingen daher mit der auch von Lorentz angegebenen Masse:

$$\frac{2}{3} \frac{q v^2}{a} \text{ bzw. } \frac{4}{5} \frac{q v^2}{a}.$$

Wie gestalten sich nun die so definierten Schwingungen im bewegten System? Nehmen wir zunächst an, der Beobachter, welcher an der Bewegung teilnimmt, untersuche die Elektronenbewegungen, bevor die allgemeine Deformation eingetreten sei. Man denke sich ein Heavisidesches Ellipsoid negativ elektrisch geladen und lasse die Elektronen, welche auf der Oberfläche haften, plötzlich los. Die Elektronen werden sich wegen der elektrostatischen Abstossung mit einer gewissen Geschwindigkeit so bewegen, dass sie stets auf einer Äquipotentialfläche sich befinden. Betrachten wir zwei Elektronen, von denen sich das eine genau in der Richtung der Erdbewegung, das andere genau senkrecht dazu bewegt. Ihre Geschwindigkeiten verhalten sich wie $s^{1/2} : 1$. In einem gegebenen Moment soll der mitbewegte

Beobachter die Bewegung der beiden Elektronen aufheben; er gewinnt dann an relativer kinetischer Energie das eine Mal $\frac{m_1 v_1^2}{2}$ das andere Mal $\frac{m_2 v_2^2}{2}$.

Da beide sich auf derselben Äquipotentialfläche befinden, so muss sein:

$$\frac{m_1 w_1^2}{2} = \frac{m_2 w_2^2}{2} \text{ oder } m_1 : m_2 = 1 : s$$

Mit anderen Worten die von dem mitbewegtem Beobachter wahrgenommenen impulsiven Massen verhalten sich wie die von einem ruhenden Beobachter wahrgenommenen Lorentz-schen longitudinalen und transversalen Massen. Nach Einführung der allgemeinen Deformation wird aber $w_1 = w_2$ und $m_1 = m_2$. Der mitbewegte Beobachter kann also nicht mehr den Unterschied dieser eigentümlichen Massenvariationen entdecken. Aus diesen komplizierten Verhältnissen darf man schon schliessen, welche subtilen Überlegungen erforderlich sind, um die in einem ruhenden System gültigen Begriffe auf ein bewegtes System zu übertragen.

Kehren wir nunmehr zu den beiden Elektronen zurück. Da diese bei ihrer geradlinigen beschleunigten Bewegung beständig auf einer Niveaufläche bleiben, so müssen sie sich auch unter der Wirkung einer oszillierenden Kraft, d. h. wenn sie sich hin und her bewegen, in jedem Zeitpunkt auf einer gemeinsamen Niveaufläche befinden. Ihre Schwingungen haben also dieselbe Periode. Mit anderen Worten, die Periode ist unabhängig von der Orientierung gegen die Richtung der Translation. Dies gilt für die beiden deformierbaren Elektronen ebenso wie für das starre. — Eine weitere Betrachtung lässt sich speziell über langsame Elektronenbewegungen anstellen. Ist die Oscillationsgeschwindigkeit im ruhenden System im Vergleich mit der Erdgeschwindigkeit so langsam, dass eine merkliche Formänderung weder des Lorentz-schen noch des meinigen eintritt, so muss notwendig der einzige Unterschied der beiden zueinander senkrechten Bewegungen für das Lorentz-schen und das meinige darin bestehen, dass die schwingenden Elektronen etwas verschiedene Grössen besitzen. Da sie aber geometrisch ähnlich sind, so müssen die Verhältnisse der beiden senkrecht zueinander schwingenden Massen für die Lorentz-sche und meine Deformation identisch sein. Dann folgt aber sofort, dass die Schwingungsperioden senkrecht und parallel zur Erdbewegung auch für mein Elektron dieselben sind. Mit anderen Worten, man darf auf einem bewegten System longitudinale und transversale Massen unterscheiden.

Aber diese Massen, von denen wir vorausgesetzt haben, dass sie langsam schwingen, d. h. dass sie äusserst kleine Amplituden haben, sind nicht zu verwechseln mit den gewöhnlichen, d. h. von einem ruhenden Beobachter wahrgenommenen longitudinalen und transversalen Massen. Hierin liegt der Kern des Lorentz'schen Fehlschlusses. Wir wollen die Massen, welche ein mitbewegter Beobachter wahrnimmt, als Translationsmassen bezeichnen. Es erübrigt nur noch, darauf hinzuweisen, dass diese Unterscheidungen der beiden Translationsmassen fortfallen, sobald die allgemeine Deformation eingetreten ist.

Sitzung vom 5. März 1906.

Vorsitzender: Prof. Dr. Kiel.

Anwesend: 22 Mitglieder und Gäste.

Die Rechnungsablegung wird genehmigt.

Prof. Dr. Noll:

Über den Substanzquotienten pflanzlicher Entwicklungsstadien.

Sitzung vom 14. Mai 1906.

Vorsitzender: Prof. Dr. Study.

Anwesend: 24 Mitglieder und Gäste.

Die Herren cand. phil. Roth und Laibach werden als neue Mitglieder aufgenommen.

1. Frings:

Hybridationsversuche bei Schmetterlingen.

2. Apotheker H. Schweikert:

Über Reinigung von Wasser mittels Eisenhydroxyd und ein einfaches und billiges Verfahren zur Herstellung einer hierzu geeigneten Lösung von kolloidalem Eisenhydroxyd ohne Dialyse.

Einem einfachen und billigen Verfahren zur Reinigung von Wasser kommt unzweifelhaft für die Wasserversorgung besonders von Städten und Ortschaften eine große Bedeutung zu.

Ich glaube nun, daß bis jetzt kaum ein anderes Mittel zu diesem Zwecke bekannt ist, welches mit Einfachheit, verhältnismäßiger Billigkeit und völliger Gefahrlosigkeit günstigere Wirkung verbindet als das Eisenhydroxyd.

Schon längst hat man zur Reinigung von Wässern die Erzeugung von Niederschlägen in denselben durch Zusatz von Chemikalien angewandt, um durch diese Niederschläge die in dem Wasser vorhandenen Schwebstoffe niederzureißen und so das Wasser zu klären. Aber diese Reinigung und Klärung

war meistens nur eine mechanische, um an und für sich brauchbare Wässer lediglich von den mehr oder minder zufällig vorhandenen festen Partikelchen (Lehm, Ton, Fett etc.) zu befreien¹⁾.

Zu diesem Zwecke benutzt man die verschiedensten Stoffe. So führt Koenig²⁾ nicht weniger als 75 derartige Verfahren an, darunter nicht weniger als 30, welche sich der Eisenverbindungen entweder für sich allein oder in Kombination mit anderen Stoffen bedienen.

Der Wirkung dieser chemischen Fällungsmittel steht Koenig im allgemeinen ziemlich skeptisch gegenüber. Er sagt darüber: „Durch die meisten derselben wird ein fauliges Abwasser zwar mehr oder weniger geruchlos, aber auf die gelösten Stoffe sind alle Fällungsmittel mehr oder weniger ohne Einfluß; unter Umständen werden sogar, besonders bei Anwendung von überschüssigem Kalk, die Schwebestoffe zum Teil in Lösung übergeführt“³⁾.

Wohl weist Koenig aber darauf hin⁴⁾, daß die Bildung der Niederschläge von Eisenoxydoxydulhydrat oder von Eisenoxydhydrat in dem zu reinigenden Wasser die Ausfällung der gelösten organischen Stoffe begünstigt.

Die zur Reinigung von Trinkwasser brauchbaren und angewandten Methoden werden von diesem Autor⁵⁾ in 3 Abteilungen gebracht. In der ersten finden sich solche, welche bloß eine chemische Wirkung äußern, ohne die Bestandteile des Wassers als solche wesentlich zu verändern. Hierzu gehört in erster Linie das Eisenchlorid mit oder ohne Anwendung von Kalk oder Natriumbikarbonat; diese Methode interessiert uns hier um deswillen besonders, weil der dabei entstehende Niederschlag von Eisenhydroxyd mit dem Niederschlag durch die von mir empfohlene Eisenhydroxydlösung übereinstimmt.

Nach Kirchner⁶⁾ wurde vom Preußischen Kriegsministerium bereits im Jahre 1878 ein Zusatz von 0,45 bis 0,675 gr Eisenchlorid und 0,20 bis 0,30 gr Natriumbikarbonat für 1 Liter Wasser vorgeschlagen. Plagge⁷⁾ findet dieses Verfahren als

1) Hans Reisert, Cöln a. Rh., Abt. III, Wasserreinigungsanlagen.

2) Koenig, Die Verunreinigung der Gewässer etc., 2. Aufl. 1899. Band I. S. 353 ff.

3) Koenig, Die Verunreinigung d. Gew. etc. Bd. I. S. 360.

4) Ebenda, S. 361.

5) Ebenda, S. 191 ff.

6) Kirchner, Grundriß d. Milit. Gesundheitspflege 1891. S. 152.

7) Plagge in: Veröffentl. aus d. Geb. d. Milit.-Sanitätsw.,

außerordentlich wirksam und zur Zeit seiner Einführung von den Truppen nur nicht genügend gewürdigt. Der sich bildende voluminöse Niederschlag von Eisenoxydhydrat reißt nach Plagge nicht nur die gröberen Trübungen des Wassers, sondern auch nahezu sämtliche Bakterien mit zu Boden, und die obenstehende klare Flüssigkeit ist fast vollkommen keimfrei.

Koenig¹⁾ aber kommt zum Schluß seiner Erörterungen über die Reinigung des Trinkwassers durch Chemikalien zu folgendem Urteil: „Im übrigen gilt, wenn schon die Anwendung von Chemikalien zur Reinigung von Schmutzwasser als ein Notbehelf angesehen werden muß, dieses besonders für Reinigung von Trinkwasser. Die Wirkung ist eine unsichere, und sind die Verfahren in der praktischen Ausführung um deswillen schwierige, weil die Menge der Zusätze jedesmal genau dem zu reinigenden Wasser angepaßt werden muß. Setzt man zu wenig Chemikalien zu, so bleibt die reinigende oder sterilisierende Wirkung mehr oder weniger ganz aus, setzt man aber etwas zuviel zu, so wird das Wasser leicht ungenießbar.“

Auch die eben erwähnte von Plagge als so außerordentlich wirksam befundene Methode mit Eisenchlorid und Natriumbikarbonat leidet an diesem letzten von Koenig gerügten Mangel. Die beiden Lösungen müssen genau abgewogen werden, weil sonst die Gefahr entsteht, daß entweder das Wasser eisenhaltig wird, wenn man zu viel Eisenchlorid zusetzt, oder durch überschüssiges Natriumbikarbonat alkalisch wird und laugenartigen Geschmack annimmt. Ferner wird durch das zugefügte Natriumbikarbonat eine entsprechende größere Menge Chlornatrium gebildet, welche im Wasser gelöst bleibt und dieses stark chlorhaltig macht. Drittens aber entwickelt sich durch das zugefügte Natriumbikarbonat bei der Zersetzung des Eisenchlorids eine entsprechende Menge von Kohlensäure, welche sich in feinen Bläschen an den gebildeten Eisenhydroxyd-Niederschlag ansetzt und bewirkt, daß sich derselbe nur schwierig zu Boden setzt, denselben vielmehr in der Schwebe erhält oder wohl gar an die Oberfläche des Wassers hebt, und nur durch längeres kräftiges Umrühren kann dieser Übelstand in etwa beseitigt werden.

Alle diese, wie auch die anderen von Koenig gerügten Mängel bei Anwendung von Chemikalien treten jedoch bei Anwendung der kolloidalen Eisenhydroxydlösung gar nicht oder doch nur in ganz verschwindendem Maße auf.

Die kolloïdale Eisenhydroxydlösung hat die hervorragende Eigenschaft sowohl durch sehr geringe Mengen kaustischer oder kohlen-saurer Alkalien und alkalischer Erden, wie auch durch sehr geringe Mengen von Mineralsäuren und durch die meisten Neutralsalze koaguliert und vollständig gefällt zu werden. Da aber die zur Wasserversorgung benutzten Wässer nie ganz frei von solchen Salzen sind, so wird das Eisenhydroxyd aus seiner Lösung dadurch vollständig ausgeschieden, und liegt eine Gefahr der Verunreinigung des Wassers durch Eisen hierbei nicht vor, wenn man nicht unvernünftig viel von der Eisenhydroxydlösung zusetzt. Selbst wenn man das Mehrfache der im allgemeinen zur Reinigung des Wassers ausreichenden Menge (1:1000) zusetzt, wird in der Regel alles Eisenhydroxyd gefällt, und das Wasser ist nach dem Absetzen oder Abfiltrieren vollkommen frei von Eisenoxyd.

Andererseits aber geht das Eisenhydroxyd mit den meisten im Wasser vorkommenden gelösten organischen Substanzen, besonders auch mit Eiweiß- und anderen Protein-Substanzen, Huminstoffen u. s. w. unlösliche Verbindungen ein, so daß sie, wenn sie im Wasser vorhanden sind, mit niedergeschlagen werden, das Wasser also dadurch davon befreit wird.

Ein weiterer Vorzug der kolloïdalen Eisenhydroxydlösung aber ist, daß das Wasser, wenn es etwa Sulfate, z. B. Gips in größerer Menge enthält, mehr oder weniger durch dieselbe davon befreit wird, indem sie sich zum Teil mit den Sulfaten umsetzt und mit niederfallendes basisch-schwefelsaures Eisenoxyd bildet.

Da aber weiter die kolloïdale Eisenhydroxydlösung nur einen sehr geringen Gehalt an Chlor hat, nämlich bei einem Gehalte von 3,5% Eisen nur höchstens 0,6 bis 0,7% Chlor, und der niederfallende Niederschlag von Eisenhydroxyd außerdem noch ziemlich stark chlorhaltig ist, so ist auch die Vermehrung der Chlorverbindungen im Wasser verschwindend klein.

Diese hervorragenden Eigenschaften der kolloïdalen Eisenhydroxydlösung zur Reinigung von Wasser sind schon früher mehrfach erkannt worden¹⁾.

Auch aus den von mir angestellten und von Herrn Dr. Gronover²⁾ bestätigten chemischen Untersuchungen von Elbwasser, welches ich dem freundlichen Entgegenkommen des Magistrats der Stadt Magdeburg in größerer Menge verdanke,

1) Hager, Handbuch der pharmazeut. Praxis, Ergänzungsband, 1883. S. 103; sowie Biltz u. Kröhnke: Berichte d. Chem. Gesellsch. 1904, Heft 7. S. 1751. III,

2) z. Z. Direktor des Städt. Untersuchungsamt in Mühlhausen i. E.

ergibt sich, daß der Gehalt an sogen. organischer Substanz nach Zusatz von Eisenhydroxydlösung im Verhältnis von 1:1000 auf weniger als die Hälfte herabging, bei einem Zusatz von 2:1000 und 3:1000 aber auf ca. den vierten Teil, und daß dabei der Chlorgehalt nur um 1 Teil auf 100 000 Teile Wasser zunahm. Die Tabelle gibt über das Resultat der chemischen Untersuchung näheren Aufschluß.

In 100 000 Teilen Elbwasser sind gefunden worden:	I. Rohwasser		II. Mit Eisenhydroxyd geklärt im Verhältnis von			
	Schweikert	Dr. Gronover	1:1000		2:1000	3:1000
			Schweikert	Gronover	Schweikert	Schweikert
Abdampfrückstand	52,0	54,4	49,7	54,7	50,7	51,8
Glühverlust	8,5	9,8	10,0	10,7	6,2	8,1
Organische Substanz ¹⁾	14,0	11,0	6,0	4,8	4,25	3,75
Chlor	17,4	17,2	18,4	18,25	18,8	19,9
Schwefelsäure	5,7	4,9	5,6	4,6	5,5	5,6
Salpetersäure	?	0,24	?	0,24	?	?
Ammoniak	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt
Salpetrige Säure	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt
Eisen ²⁾	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur

Gleich günstig war das Ergebnis der bakteriologischen Untersuchungen des Elbwassers im hygienischen Institut der Königlichen Universität zu Bonn³⁾.

In 1 ccm Wasser sind gefunden worden:	Rohwasser	Mit Eisenhydroxyd geklärt Wasser im Verhältnis von			
		0,5:1000	1:1000	2:1000	3:1000
Bakterienkeime	1470	750	364	178	72

Auch hier ist die Zahl der Keime in dem 1:1000 geklärten Wasser auf ca $\frac{1}{4}$; bei dem 2:1000 geklärten auf ca. $\frac{1}{8}$ und bei dem 3:1000 geklärten sogar auf $\frac{1}{20}$ herabgemindert worden.

1) Die Bestimmung der organischen Substanz erfolgte mit Kaliumpermanganat, und zwar von Dr. Gronover in alkalischer Lösung, während ich selbst nach Kubel in saurer Lösung bestimmte. Dadurch dürfte sich die Differenz in beiden Bestimmungen erklären. Der starke Chloridgehalt des Wassers wird, wie wohl anzunehmen ist, in saurer Lösung das Resultat ungünstig beeinflußt haben, und werden auch dem entsprechend die bei dem im Verhältnis 2:1000 und 3:1000 geklärten Wasser gefundenen Zahlen für organische Substanz herabzusetzen sein.

2) Unwägbare; nur im Abdampfückstand nachweisbar.

3) Ausgeführt durch Herrn Privatdozent Dr. Selter.

Weiter hat Herr Dr. Hugo Fischer¹⁾ mit dem Elbwasser und der ihm von mir übergebenen Eisenhydroxydlösung bakteriologische Untersuchungen angestellt. Er berichtet u. a.: „In den nicht (mit Eisenhydroxydlösung) behandelten Kulturen waren stets eine Menge Keime, pro Tropfen mehrere Hunderte im Durchschnitt, nachweislich; im Filtrat war die Keimzahl mindestens auf etwa den fünften Teil herabgesetzt, manche Schälchen erwiesen sich als völlig steril; in einem Versuch z. B. ging in drei Schälchen zusammen nur ein einziger Keim auf.“

Als ganz besonders wichtig für die hygienische Seite der Frage erscheint eine Abhandlung von O. Müller²⁾: „Über den Nachweis von Typhusbazillen im Trinkwasser durch Fällung mit Eisenoxychloridlösung“, aus welcher hervorgeht, daß eine Eisenoxychloridlösung (bezw. Eisenhydroxydlösung) eine sehr hohe Fällungskraft für Typhusbazillen besitzt. Müller hat 3 Liter reines Wasser künstlich mit einer bestimmten Anzahl Typhuskeime infiziert, dann mit 5 ccm Eisenlösung gefällt und im Niederschlage fast die gesamte Menge der Typhusbazillen wiedergefunden, während das abfiltrierte Wasser davon freigegeben wurde.

Nach alledem dürfte die ausgezeichnete Wirksamkeit der kolloidalen Eisenhydroxydlösung für die Reinigung von Wasser außer allem Zweifel stehen.

Ich möchte noch mit einigen Worten auf die Reinigung des Wassers durch Sandfiltration, welche ja bisher die im großen am meisten angewandte Reinigungsmethode ist, eingehen.

Die Wirkung der Sandfiltration besteht nach C. Piefke³⁾: erstens in der mechanischen, d. h. in der Zurückhaltung der Schwebestoffe; zweitens in der sogen. physiologischen, d. h. in der möglichst vollständigen Zurückhaltung der Mikroorganismen aller Art; von einer frischen Sandschicht werden diese nur unvollkommen zurückgehalten, vollkommen erst dann, wenn sich die sogen. „Schleimschicht“ auf den Filtern gebildet hat; aber selbst diese Schmutzdecke, welche bei Filtration unreiner Wässer auf der Oberfläche des Filters entsteht, kann nicht verhindern, daß der unter ihr befindliche sterile Sand längere Zeit für Mikroorganismen durchlässig bleibt; drittens in der chemischen Wirkung, d. h. in der Umsetzung und Oxy-

1) Derzeit Privatdozent der Botanik u. d. Bakteriologie an der Königl. Univers. Bonn u. an der Landw. Akademie Bonn-Poppelsdorf.

2) Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt.-Krankh. Bd. 51 (1905) S. 1 ff.

3) Koenig: Die Verunreinigung d. Gew. etc. Bd. 1, S. 133.

dation der gelösten, besonders der organischen Stoffe. Diese Wirkung ist aber nach Koenigs Angaben nur gering.

Aus den Ausführungen Koenigs geht überhaupt hervor, daß die Sandfiltration nach allen drei angegebenen Richtungen hin unvollkommen wirkt. Dazu kommt, daß nach der Reinigung der Sandfilter das filtrierte Wasser so lange wieder einen höheren Keimgehalt besitzt, bis sich die Schleimschicht von neuem gebildet hat¹⁾. Die Gewinnung eines keimfreien oder keimarmen Filtrats hängt also ganz von der Dicke und Filtrierfähigkeit der vorhandenen Schleimschicht ab; wenn die Schleimschicht aber eine gewisse Stärke erreicht hat, so läßt sie kein Wasser mehr durch; sie muß dann entfernt, bezw. der Sand gereinigt werden.

C. Piefke²⁾ hat auch Versuche darüber angestellt, welche von den drei Hautdecken, aus welchen sich die Schleimschicht bildet, nämlich Algen, Lehm und Eisenoxyd, die Bakterien — er wählte den *Bacillus violaceus* — am meisten zurückhalten; er fand die Lehmdecke am besten wirkend, von 63165 Keimen im Rohwasser blieben im Filtrat nur 19 in 1 cm. Aber auch die Eisenoxyddecke wirkte fast ebenso günstig; es blieben im Filtrat nur 25 in 1 cm, während bei der Algendecke immerhin 45 blieben.

Nach den Versuchen von C. Fränkel und C. Piefke³⁾ sind die Sandfilter keine keimdicht wirkenden Apparate; weder die gewöhnlichen Wasserbakterien noch auch Typhusbazillen und Cholera-Bakterien werden von denselben mit Sicherheit zurückgehalten. Die Menge der in das Filtrat übergehenden Mikroorganismen ist abhängig von der Anzahl der im unfiltrierten Wasser vorhandenen Keime und von der Schnelligkeit der Filtration. Anfang und Ende einer jeden Gebrauchsperiode des Filters sind besonders gefährliche Zeiten; im ersteren Falle haben die Filter noch nicht ihre volle Leistungsfähigkeit erlangt, im letzteren Falle begünstigt die Pressung der oberen Filterschichten, vielleicht auch das selbständige Durchwachsen der Bakterien ein Abwärtssteigen der Mikroorganismen.

Es geht hieraus klar hervor, daß bei den Sandfiltern die „Schleimschicht“ — nach den eben erwähnten Versuchen von C. Piefke — durch eine Eisenhydroxydschicht erfolgreich ersetzt werden kann.

1) Ebenda S. 135.

2) Koenig: Die Verunr. d. Gew. Bd. 1, S. 136; bezw. Zeitschrift für Hygiene u. Infektionskrankheiten, Bd. 16, 1894. S. 181.

3) Zeitschr. f. Hygiene etc. 1890 Bd. 8 1.

Da aber weiter die Filtration um so wirksamer ist, je langsamer sie vor sich geht, so sind andererseits ausgedehntere Filteranlagen notwendig, um die nötige Menge Wasser zu liefern.

Ich habe nun, allerdings nur im Kleinen und mit Papierfiltern, Versuche über die Filtrationsgeschwindigkeit angestellt und zwar:

1. bei Rohwasser;
2. bei mit Eisenhydroxyd geklärtem Wasser, und hierbei je nachdem
 - a) der Eisenhydroxyd-Niederschlag mit auf das Filter gebracht wird, also gewissermaßen die „Schleimschicht“ ersetzt;
 - b) das Eisenhydroxyd sich abgesetzt hat und nur das geklärte Wasser auf das Filter gelangt.

Angewandt wurde, um ein möglichst leichtes Abfließen des Filtrates zu erzielen, und die ganze Filterfläche wirken zu lassen, ein sorgfältig sternförmig gefaltetes Filter von gut durchlassendem doppelstarkem Filtrierpapier von Schleicher & Schüll Nr. 598. Der Flächeninhalt des Filters, welches während des Versuches immer möglichst voll gehalten wurde, betrug 500 cm². Die Ergebnisse dieser Versuche ergeben sich aus der nachstehenden Tabelle:

Es filtrierten:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	15	Liter
1. Rohwasser in:	2	4	6 ¹ / ₂	10 ¹ / ₂	15 ¹ / ₂	23	33	45 ¹ / ₂	66 ¹ / ₂	—	—	Minuten
Das Filtrat war:	trübe	trübe	trübe	fast klar	fast klar	klar	klar	klar	klar	—	—	—
2. Mit Eisenhydroxyd geklärtes Wasser a. Niederschlag aufs Filter gebracht, in:	2 ¹ / ₂	5	8 ¹ / ₄	—	16	21 ¹ / ₄	—	32	38 ¹ / ₄	59	—	Minuten
Das Filtrat war:	klar	klar	klar	klar	klar	klar	klar	klar	klar	klar	—	—
b. Geklärtes Wasser ohne Niederschlag aufs Filter gebracht, in:	—	—	3 ¹ / ₄	—	—	6 ³ / ₄	—	—	10 ¹ / ₂	14 ¹ / ₂	18 ³ / ₄	Minuten

Hiernach wurde klares Wasser bei rohem Wasser erst nach 15¹/₂ Minuten erzielt, nachdem 5 Liter trübe abgelaufen waren. Die Filtrationsgeschwindigkeit nahm dann rasch ab,

so daß in den folgenden 51 Minuten nur 4 Liter klares Wasser erhalten wurden.

Bei dem mit dem Eisenoxydhydrat-Niederschlage auf das Filter gebrachten geklärten Wasser lief das Filtrat sofort klar ab, auch war die Verlangsamung der Filtration in den späteren Stadien des Versuches eine weit geringere wie bei dem rohen Wasser.

Das durch Absetzenlassen von dem Eisenhydroxyd-Niederschlage befreite Wasser zeigte, wie vorauszusehen, neben einer doppelt bis dreifach so großen Anfangsgeschwindigkeit später nur eine sehr unbedeutende Verlangsamung¹⁾. Das Filtrat war selbstverständlich auch hier von Anbeginn vollkommen klar.

Auch über die Filtrationsgeschwindigkeit bei Beschickung des Filters mit einer größeren Menge des Eisenhydroxyd-Niederschlages, also gewissermaßen einer künstlichen „Schleimschicht“, habe ich Versuche angestellt, die zugleich auf die Bestimmung der organischen Substanz in den Filtraten mittels Permanganat nach Kubel ausgedehnt wurden.

Zu diesem Zwecke wurden 200 ccm rohes Elbwasser mit 3 ccm Eisenhydroxydlösung gemischt, unter öfterem Umrühren eine $\frac{1}{2}$ Stunde lang stehen gelassen, und sodann das Gemisch nach gutem Umrühren auf das Filter gebracht und dieses bis zum Rande gefüllt. Das Filtrat war vollkommen klar und farblos und frei von Eisenoxyd. Nachdem das Wasser abgelaufen war, hatte sich der Niederschlag anscheinend ziemlich gleichmäßig auf dem Filter abgelagert, nach unten naturgemäß etwas stärker. Es wurde nun rohes Elbwasser nachgefüllt und das Filter beständig bis zum Rande des aufgelagerten Eisenhydroxyd-Niederschlages vollgehalten. Das Filtrat war sofort vollkommen blank und klar. Es gebrauchte zum Durchlaufen

das erste Liter 20 Minuten,
das zweite Liter 45 Minuten,
weitere 0,8 Liter 75 Minuten.

Wir sehen also auch hier bei Filtration von rohem Wasser eine ganz bedeutende Abnahme der Filtrationsgeschwindigkeit. Es filtrierte in 140 Minuten nur 2,8 Liter klares Wasser, während ohne den Eisenhydroxyd-Niederschlag auf das Filter gebrachtes geklärtes Wasser in $18\frac{3}{4}$ Minuten 15 Liter reines klares Wasser lieferte.

Die Bestimmung der organischen Substanz ergab folgende Resultate:

1) Die wohl auf die Quellung der Papierfasern zurückzuführen ist.

Die zuerst mit dem Eisenhydroxyd-Niederschlage auf das Filter gebrachten 200 ccm Wasser ergaben ein Filtrat, welches auf 100 000 Teile 3,4 Teile organische Substanz enthielt.

Im ersten Liter des nachfolgenden Filtrats von dem mit rohem Elbwasser gespeisten Filter wurden gefunden
 auf 100 000 Teile 3,9 Teile organ. Substanz;
 im zweiten Liter des nachfolgenden Filtrats 5,0 Teile,
 in den 0,8 Liter des dritten Filtrats 6,1 Teile,
 im Gesamtgemisch der Filtrate (3 Liter) 5,1 Teile organ. Subst.
 auf 100 000 Teile oder annähernd dieselbe Menge, welche oben¹⁾
 in dem im Verhältnis 1:1000 geklärten Elbwasser gefunden
 worden ist.

Die reinigende Wirkung, auf den Gehalt an organischer Substanz bezogen, ist hiernach ungefähr gleich groß, gleichviel ob man die gesamte Menge des zu reinigenden Wassers mit der entsprechenden Menge Eisenhydroxydlösung mischt und dann nach dem Absetzen abfiltriert, oder ob man die der gesamten Menge des zu reinigenden Wassers entsprechende Menge der Eisenhydroxydlösung zuerst einer wesentlich kleineren Menge des rohen Wassers zufügt — bei obigem Versuch war es nur $\frac{1}{15}$ der Gesamtmenge —, dann den Niederschlag auf das Filter bringt, und die übrige der angewandten Menge Eisenhydroxydlösung entsprechende Menge Rohwasser nachfüllt.

Die bei letzterem Verfahren eintretende Verringerung der Filtrationsgeschwindigkeit ist aber so bedeutend, daß dem ersteren Verfahren unbedingt der Vorzug zu geben ist, besonders da das Absetzen in der Regel schon nach $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde ziemlich vollständig eintritt.

Ein bedeutender Vorteil dürfte dabei für den Großbetrieb dadurch erwachsen, daß die Filter weit einfacher konstruiert werden können, wenn sie nur den Zweck erfüllen, die geringen Reste des übrigen ziemlich großflockigen Niederschlages von Eisenhydroxyd zurückzuhalten, welche etwa noch mit auf das Filter gelangen. In Folge der bedeutend größeren Filtrationsgeschwindigkeit kann die Ausdehnung der Filteranlagen eine weit beschränktere sein, um dabei doch dasselbe Quantum reinen Wassers zu liefern. Besonders aber würde bei der Reinigung des Wassers mittels Eisenhydroxyd der oben (S. 7) erwähnte, von Fränkel und Piefke festgestellte, große Übelstand vermieden werden, daß Anfang und Ende jeder Gebrauchsperiode der Sandfilter besonders gefährliche Zeiten sind, und daß das Ablaufenlassen des Filtrats und damit eine nicht unbedeutende

1) Vergleiche die Tabelle Seite 10.

Wasservergeudung nach jeder sich ziemlich oft wiederholenden Reinigung der Filter solange nötig wird, bis sich die „Schleimschicht“ wieder in genügender Dicke gebildet hat. Auch würden die Filter eine stetige sehr lange Wirkungsdauer erhalten.

Der Anwendung des Verfahrens im Großbetriebe stand bisher die Umständlichkeit und Langwierigkeit der Herstellung der kolloidalen Eisenhydroxydlösung, welche nur durch Dialyse zu erzielen war, hindernd im Wege.

Man hat deshalb auch wohl mehrfach die einfacher und leichter herzustellende Eisenoxychloridflüssigkeit (den Liquor Ferri oxychlorati des Deutsch. Arzneib.) zu dem Zwecke empfohlen, welcher ja auch eine nicht geringe Menge kolloidalen Eisenhydroxyds enthält. Dieser aber erweist sich doch weit weniger dazu geeignet, wie die kolloidale Eisenhydroxydlösung (der Liquor Ferri oxydati dialysatus).

Zunächst enthält der Liq. Ferri oxychlorati einen bedeutend höheren Chlorgehalt; infolgedessen ist er weniger leicht vollständig koagulierbar, und es erwächst die Gefahr, daß durch einen übermäßigen Zusatz das Wasser eisenhaltig wird, und daß die gefällten organischen Eisenoxydverbindungen durch einen Überschuß des Fällungsmittels wieder in Lösung gehen. Ferner führt Oxychloridflüssigkeit infolge ihres wesentlich höheren Chlorgehaltes dem Wasser mehr Chlorverbindungen zu, als die kolloidale Eisenhydroxydlösung.

Es ist deshalb mein Bestreben gewesen, ein einfaches und billiges Verfahren ausfindig zu machen, um eine alle Eigenschaften des kolloidalen Eisenhydroxyds zeigende Lösung herzustellen, ohne die umständliche und langwierige Dialyse.

Dies ist mir nun nach jahrelangen Versuchen und Untersuchungen, wie ich glaube, in zufriedenstellender Weise endlich gelungen. Das diesbezügliche Verfahren habe ich zum Patent angemeldet. Das Kaiserl. Patentamt hat dann auch die Erteilung des Patentbeschlusses am 31. Mai 1906 unter Nr. 173773 beschlossen, mit der Maßgabe, daß das Patent vom 8. Juli 1904 an läuft.

Über die Herstellungsart der Eisenhydroxydlösung enthält die nachfolgend abgedruckte Patentschrift das Nähere.

Beschreibung.

Die vorliegende Erfindung betrifft die Herstellung einer Lösung von Eisenhydroxyd, welche die Eigenschaften der kolloidalen Eisenhydroxydlösung besitzt und sich wegen ihrer

billigen und einfachen Herstellungsweise zur Reinigung von Wasser im Großbetriebe eignet.

Die Darstellung dieser Lösung geschieht wie folgt:

Zu einer mäßig verdünnten Eisenchloridlösung, welche frei von Schwefelsäure ist, wird in kleineren Portionen eine Lösung von Natriumkarbonat oder Natriumbikarbonat, die gleichfalls möglichst frei von Schwefelsäure sein muss, in der Weise hinzugefügt, daß man den entstehenden Niederschlag sich immer erst wieder auflösen läßt, bevor man eine neue Menge der Natriumkarbonatlösung hinzufügt. Dieses wird so lange fortgesetzt, bis eine Probe der Flüssigkeit, mit Wasser verdünnt, auf Zusatz von Rhodansalzen nicht mehr oder doch nur ganz schwach blutrot gefärbt wird, aber noch eine im durchfallenden Lichte klare Lösung darstellt.

Ist dieses erreicht, so fügt man vorsichtig noch soviel von einer stark verdünnten Lösung von Natriumkarbonat oder von Natriumbikarbonat hinzu, daß sich das Eisenhydroxyd abscheidet, die Flüssigkeit nach dem Absetzen oder Abfiltrieren farblos erscheint, aber noch schwach sauer bleibt oder neutral, nicht aber alkalisch wird.

Den entstandenen Niederschlag sammelt man nach dem Absetzen, läßt ihn vollkommen abtropfen und wäscht ihn durch Aufgießen von kleineren Mengen Wasser so lange aus, bis sich entweder das abtropfende Wasser stärker gelb zu färben anfängt, oder aber nur noch schwache Chlorreaktion zeigt.

Sodann befreit man den Niederschlag durch völliges Abtropfen und Absaugen auf einer Wasser gut aufsaugenden Unterlage¹⁾ soweit von Feuchtigkeit, daß er in seiner Masse Risse bildet und sich leicht von der Unterlage abheben läßt, und löst ihn dann durch Anrühren mit Wasser auf.

Wenn bei der Fällung des Eisenhydroxyds die Flüssigkeit noch schwach sauer blieb, und beim Auswaschen sich das abtropfende Wasser gegen Ende gelb zu färben anfing, so wird sich der Niederschlag jetzt leicht und klar im Wasser auflösen, und die Lösung wird nur im auffallenden, nicht aber im durchfallenden Lichte wenig trübe erscheinen. War hingegen die Flüssigkeit nach der Fällung neutral, so tritt keine klare Lösung ein.

Im letzteren Falle, wenn keine klare Lösung eintritt, fügt man noch soviel Eisenchlorid hinzu, daß das Verhältnis des Eisengehaltes (als Metall berechnet) zum Chlorgehalte in der Lösung nicht mehr beträgt als auf je 3,5 Teile Eisen 0,6 bis

1) Oder durch Centrifugieren.

0,7 Teile Chlor, oder soviel Eisenchlorid, daß beim Erwärmen soeben klare Lösung erzielt wird, die Lösung jedoch nicht mit Rhodansalzen reagiert.

Die hierzu nötige Menge Eisenchlorid kann man zweckmäßig auch in einer aliquoten Menge des Niederschlages durch einen vorsichtig angestellten Probeversuch feststellen.

Die erhaltene Lösung soll eine vollkommen klare dunkelbraunrote Flüssigkeit von schwach saurer Reaktion darstellen, welche auf das spezifische Gewicht 1,050 bis 1,051 gebracht in 100 Teilen annähernd 3,5 Teile Eisen enthält. Mit Wasser zwanzigfach verdünnt und zum Sieden erhitzt, soll sie sich nicht trüben, und sich weder mit Rhodansalzen blutrot färben, noch aus Kaliumjodid Jod frei machen. Sie wird sowohl durch Alkalien wie auch durch Säuren und durch viele Neutralsalze koaguliert, zeigt also alle chemischen Eigenschaften der kolloidalen Eisenhydroxydlösung, bezw. des Liquor Ferri oxydati dialysati. Durch ihr Verhalten gegen Rhodansalze und Jodkalium unterscheidet sich die nach dem vorliegenden Verfahren darzustellende Eisenlösung scharf von einer Eisenoxychloridlösung, wie sie nach der Vorschrift des deutschen Arzneibuches und nach Hager, pharmazeutisches-technisches Manuale 7. Aufl. 1903. S. 422 durch Auflösen von frisch gefälltem Eisenhydroxyd in wenig Salzsäure erhalten wird.

Patentanspruch.

Verfahren zur Herstellung einer zur Reinigung von Wasser im Großbetriebe geeigneten Lösung von Eisenhydroxyd ohne Dialyse, welche die Eigenschaften der kolloidalen Eisenhydroxydlösung besitzt, gekennzeichnet durch die Vereinigung nachstehender Maßnahmen:

Eisenchloridlösung, welche frei von Schwefelsäure sein muß, wird allmählich mit einer in kleineren Mengen zugefügten gleichfalls schwefelsäurefreien Sodalösung in der Weise versetzt, daß man den entstehenden Niederschlag sich immer erst wieder auflösen läßt, und zwar so lange, bis die Lösung sich mit Rhodansalzen nicht mehr blutrot färbt, aber im durchfallenden Lichte noch klar erscheint.

Alsdann fügt man der Lösung noch soviel einer stark verdünnten Sodalösung hinzu, daß das Eisen sich als chlorhaltiges Eisenhydroxyd abscheidet, die Flüssigkeit aber noch schwach sauer bleibt.

Hierauf läßt man den Niederschlag abtropfen, wäscht ihn mit Wasser in nicht zu reichlicher Menge nach und befreit ihn möglichst von Feuchtigkeit durch Absaugen.

Endlich wird der noch feuchte gelatinöse Niederschlag in der nötigen Menge Wasser, erforderlichenfalls unter Zusatz einer ganz geringen Menge Eisenchlorid aufgelöst.

Die Vergleichung einer nach dem vorliegenden Verfahren hergestellten Lösung von Eisenhydroxyd mit einem aus der chemischen Fabrik von E. Merck in Darmstadt bezogenen nach der Vorschrift des Ergänzungsbuches zum Deutschen Arzneibuche¹⁾ durch Dialyse aus Liquor Ferri oxychlorati hergestellten Liquor Ferri oxydati dialysati ergab ein völlig übereinstimmendes Verhalten beider Präparate gegen Reagentien.

Präparat	Spezifisches Gewicht bei 17° C.	Eisengehalt in 100 Teilen	Chlorgehalt in 100 Teilen	Silbernitrat	Rhodan-ammon mit Aether	Kaliumjodid mit Stärkelösung	Kaliumferrocyanid	20 fache Verdünnung zum Sieden erhitzt
Lig. Ferri oxydati dialysati (Merk)	1,04996	3,680	0,3918	keine Trübung	blieb farblos	keine dunkle Färbung	keine Bildung von Berlinerblau	blieb klar und unverändert
Eisenhydroxydlösung (Schweikert)	1,04953	3,548	0,4730	keine Trübung	blieb farblos	keine dunkle Färbung	keine Bildung von Berlinerblau	blieb klar und unverändert

Die Kosten der Herstellung der Eisenhydroxydlösung nach dem vorliegenden Verfahren, die für die Verwendung derselben im Großbetriebe naturgemäß wesentlich ausschlaggebend sind, sind so gering, daß sie kein Hindernis für seine Einführung bilden dürften. Zudem bedarf es keiner besonderen komplizierten Apparate und Einrichtungen für die Gewinnung der betreffenden Flüssigkeit, welche auf den Wasserwerken selbst leicht vorgenommen werden kann.

Nach vorläufigen Ermittlungen und Berechnungen stellt sich der Preis der Rohmaterialien, welche zur Herstellung von 1000 Liter einer Eisenhydroxydlösung mit 3,5% Eisengehalt

1) Herausgegeben vom Deutschen Apothekerverein.

und einem spez. Gewicht von 1,050 nötig sind, etwa wie folgt:

38 kg	Eisenspäne (0/0 kg = \mathcal{M} 4.—)	\mathcal{M} 1.52
290 „	Salzsäure (33 0/0 ig) arsenfrei (0/0 kg = \mathcal{M} 4.75)	„	13.78
34 „	Braunstein (85 0/0 ig) (0/0 kg = \mathcal{M} 15.—)	„ 5.10
116 „	calcinierte Soda (90 0/0 ig) (0/0 kg = \mathcal{M} 13.50)	. „	11.30
			Summa \mathcal{M} 31.70

Da mit 1000 Liter Eisenhydroxydlösung im allgemeinen 1000 Kubikmeter Wasser gereinigt werden können, so würden sich demnach die Kosten der Rohmaterialien für die Reinigung von ein Kubikmeter Wasser auf 3,2 Pfennige stellen.

Bei der Darstellung der Eisenhydroxydlösung entstehen aber noch Nebenprodukte, nämlich Wasserstoffgas, Manganchlorür, Chlornatrium und Kohlensäure, ferner fällt bei der Reinigung des Wassers Eisenhydroxyd ab. Inwieweit sich diese anderweit vorteilhaft nutzbar machen lassen, ist eine besondere Frage, die ich hier nur streifen will.

Beim Auflösen des Eisens in Salzsäure erhält man aus der obigen Menge von 36,75 kg Eisen 1,3 kg Wasserstoffgas oder annähernd 15 Kubikmeter, die vielleicht als Beimischung zum Leuchtgase zur Erhöhung seiner Heizkraft verwendet werden könnten. Auch das bei der Chloridierung des Eisenchlorürs zu Eisenchlorid entstehende Manganchlorür ist jedenfalls von gewissem Werte. Fraglicher erscheint, ob sich das bei der Klärung des Wassers niederfallende und mit Schmutzstoffen aus dem Wasser beladene noch chlorhaltige Eisenhydroxyd, welches sich bei größeren Wasserwerken in bedeutenden Mengen ansammeln würde, nutzbar verwerten ließe. Aber es will mir nicht unmöglich erscheinen, daß dasselbe sich wieder verarbeiten ließe, vielleicht auch nach Reinigung von den Schmutzteilen wieder im Kreislauf des Prozesses in Eisenchlorid umgewandelt werden könnte.

Gelänge die Einführung solcher Nebenprozesse, so wären dadurch die Kosten des Verfahrens auf ein Minimum zurückgeführt.

Aber auch im anderen Falle erscheint bei dem geringen Preise der Rohmaterialien, der Einfachheit der Herstellung und Anwendung der Eisenhydroxydlösung und ihrer unzweifelhaft großen Brauchbarkeit für die Wasserreinigung eine Prüfung des Verfahrens im Großbetriebe mit Rücksicht auf die oben (S. 10 Abs. 2) erwähnten großen Vorteile sicher gerechtfertigt, zumal wo es sich um Leben und Gesundheit vieler Menschen handelt.

Sitzung vom 2. Juli 1906.

Vorsitzender: Prof. Dr. Study.

Anwesend: 22 Mitglieder.

Herr Dr. Löb, der nach Berlin verzogen ist, erklärt seinen Austritt.

Herr Prof. Nußbaum spricht über
experimentelle Beiträge zur Lehre von der Mutation tierischer Embryonen.

[Der Vortrag ist im Verlage von Cohen (Bonn) erschienen.]

Sitzung vom 3. November 1906

(im physikalischen Institut).

Vorsitzender: Prof. Dr. Study.

Anwesend: 26 Mitglieder.

Experimentalvortrag des Herrn Dr. Pflüger über
stehende elektromagnetische Wellen.

Sitzung vom 3. Dezember 1906.

Vorsitzender: Prof. Dr. Study.

Anwesend: 41 Mitglieder.

Herr G. Steinmann:

Über das Diluvium am Rodderberge (mit Textfigur).

Unter den Auswurfsmassen des Rodderberges finden sich Brocken von Löß. Diese bestätigen die Altersbestimmung des Ausbruchs, zu der Laspeyres¹⁾ gelangt ist, ganz im allgemeinen: er fällt in die Lößzeit. Aber die Lößzeit ist nach den eingehenden Untersuchungen im Oberrheingebiet lange kein einheitlicher historischer Begriff mehr; denn schon auf dem Blatte Hartheim-Ehrenstetten der geologischen Karte von Baden (1898) habe ich älteren und jüngeren Löß auch kartographisch ausgeschieden, und wir wissen, daß zwischen die Bildung dieser beiden Abteilungen die Aufschüttung einer ge-

1) Laspeyres, Das Siebengebirge am Rhein, 1901, p. 429, 430.

sonderten fluvioglazialen Terrasse, der Mittelterrasse, fällt. So stellte sich die Aufgabe heraus, den Zeitpunkt der Eruption des Rodderberges noch genauer zu fixieren, als es bisher geschehen war, unter der Voraussetzung, daß auch im Niederrheingebiet der Löß in zwei größere, zeitlich ziemlich weit auseinander fallende Abteilungen gegliedert werden kann. Ehe ich darlege, ob diese Voraussetzung zutrifft, mögen einige Worte über den kontaktmetamorphen Löß vorausgeschickt werden.

Diesen fand ich mit den stellenweise noch fest daran haftenden Schlacken in der untersten Schlackengrube oberhalb Mehlem, die noch jetzt in Betrieb ist. Der Löß unterscheidet sich vom unveränderten Gestein schon auffällig dadurch, daß er im Wasser nicht zerfällt, sondern nur unter Anwendung von Gewalt zerdrückt werden kann. Er läßt sich deshalb auch erst schlämmen, nachdem man Stück für Stück zerkleinert hat. Andererseits besitzt er aber die hellgelbe bis graugelbe Farbe des normalen Löß, und die zahlreichen Abdrücke von *Helix hispida*, *Pupa muscorum* und die selteneren von *Succinea oblonga* beweisen, daß wir es mit einem normalen, kalkhaltigen Löß zu tun haben. Die Schalen dieser Schnecken selbst sind zwar nicht erhalten, wohl aber ihre deutlichen Abdrücke und Steinkerne. Offenbar ist das Kalkkarbonat der Schalen durch die Metamorphose ebenso verschwunden und aufgezehrt, wie der allgemeine Karbonatgehalt des Gesteins, denn mit Salzsäure entwickelt sich keine Kohlensäure mehr daraus; die ursprünglich als Karbonat vorhandene Kalkerde und Magnesia sind offenbar durch den Frittungsvorgang an Kieselerde gebunden worden. Das bestätigen auch unzweideutig die Analysen, die Herr Professor Rimbach in zuvorkommendster Weise durch Herrn cand. chem. Scholl im hiesigen Universitätslaboratorium davon anfertigen ließ. Der ungeschlammte Löß enthält zwar keine Kohlensäure, wohl aber 6,53% CaO, was unter Zurechnung von etwas MgO einem ursprünglichen Karbonatgehalt von etwa 12% entspricht. Zwei andere Proben von geschlammtem Löß, die auch mehr aus dem Innern des Lößbrockens genommen wurden, ergaben 5,63% und 5,19% CaO ¹⁾. Um zu wissen, in welcher Form die Kalkerde mit der Kieselsäure verbunden ist, wurde auch eine Probe mit heißer konzentrierter Salzsäure behandelt. Dabei ging nur sehr wenig Kalkerde in Lösung, woraus geschlossen werden darf, daß das

1) Der Karbonatgehalt des Löß bei Mehlem und Bachem schwankt nach den 4 Mollischen Analysen (Laspeyres, l. c. p. 421) zwischen 10,26% und 15,20%.

neugebildete Ca-haltige Silikat eher Granat oder Vesuvian als Wollastonit oder Kalkfeldspat ist. Daß aber eine mikroskopische Untersuchung ein genaueres Resultat geben wird, erscheint mir zweifelhaft, weil das neugebildete Silikat, soweit ich feststellen konnte, nur äußerst zarte Überzüge über den Quarzkörnern bildet, aus denen das Material fast ausschließlich besteht.

Alle Befunde deuten aber übereinstimmend darauf hin, daß ursprünglich normaler, karbonat- und schneckenreicher¹⁾ Löß durch die Eruption mit ausgeworfen und unter Verlust seines Kohlensäuregehaltes gefrittet worden ist. Die randlichen Teile des Lößbrockens zeigen dabei eine größere Festigkeit als die inneren, sie sind auch rissig in unmittelbarer Nähe der vulkanischen Schlacken, mit denen sie ziemlich fest vereinigt sind, so daß man beide nicht ohne Anwendung von Gewalt voneinander trennen kann.

Der Rodderberg wird bekanntlich bis weit hinauf von Löß überdeckt, und auch das innere des Kraters ist mit mächtigem Löß erfüllt. Überall, wo die Verhältnisse es gestatten, sieht man die Schlacken unter der Lößdecke verschwinden, und daß die Hauptmasse des Löß am Rodderberge erst nach der Eruption gebildet worden ist, geht ja unzweifelhaft aus den Aufschlüssen in den Kies- und Lößgruben am Ostfuße des Berges zwischen Mehlem und Rolandswert hervor, die Pohlig und Laspeyres untersucht haben²⁾. Dort liegt über Schotter und Kies mächtiger Löß, in dessen tieferen Teilen sich Einschaltungen von Lapilli des Rodderberges befinden; Laspeyres hat nachgewiesen, daß diese geschwemmt sind, daß also die Eruption der Bildung dieses Lößabsatzes vorausgegangen sein muß. Der Löß, der in diesen Aufschlüssen oder als Hangendes der Schlackenmassen am Rodderberge sichtbar ist, besitzt aber durchgängig die Merkmale des jüngeren Löß, d. h. er ist frei von großen Konkretionen, und es fehlen ihm auch die eingeschalteten Verlehmungszonen, die den älteren Löß im Ober-rheingebiet so häufig dort kennzeichnen, wo er in größeren Aufschlüssen untersucht werden kann. Den Charakter des jüngeren Löß besitzt aber auch die tiefste Lößlage in den Kiesgruben n. Rolandswerth, die den dortigen Kies zunächst überlagert, und über der die Lapilli-Einschaltungen folgen.

1) Das einzige bis jetzt bekannte Lößvorkommnis am Rodderberg, das sicher älter ist als der Ausbruch des Vulkans (Laspeyres, l. c. 429, 430) und somit dem ausgeworfenen Löß am meisten gleichen sollte, ist ebenfalls sehr schneckenreich.

2) Pohlig, Sitzungsber. Niederrh. Ges. 1883, p. 240; Zschr. d. Deutsch. geol. Ges. 39, 1887, p. 811. Laspeyres, l. c. 421, 422.

Weiterhin hat Laspeyres den Nachweis dafür, daß der Ausbruch des Rodderbergs in die Lößzeit fällt, durch ein Profil geführt, das in dem Hohlwege am oberen Ausgange der Mehlemer Kiesgruben auch jetzt noch aufgeschlossen ist. Dort folgen von oben nach unten:

Jüngerer Löß, z. T. verschwemmt,

Bomben, Lapilli und Schlackentuffe des Rodderberges, etwa 1 m mächtig,

Älterer Löß mit faustgroßen Lößkindeln, die an der oberen Grenze pflasterartig sich aneinander fügen, und mit reichlichen Lößschnecken, 1—1,5 m mächtig, Diluvialkies, -sand und -ton in großer Mächtigkeit, mindestens 15 m.

Ohne die Unterscheidungsmerkmale zwischen älterem und jüngerem Löß zu kennen, hat Laspeyres das Bezeichnende des älteren Löß, nämlich die großen und hier bankartig zusammenschließenden Lößkindel, ganz richtig angegeben. Die tiefere Lößlage ist typischer älterer Löß, und dieser liegt auf den Kiesen und Sanden der Mehlemer Kiesgruben ebenso konkordant auf, wie der jüngere Löß den Kiesen in den Gruben von Rolandswerth. Für die Altersbestimmung des Rodderbergausbruches ist weiterhin aber noch die Beschaffenheit des älteren Löß von Wichtigkeit. Er schließt hier nach oben mit einer geschlossenen Lößkindellage ab, d. h. es fehlt hier die Lößlehm-lage im Hangenden der Kindelzone, aus der das in den Kindeln zusammengeführte Karbonat ausgelaugt worden ist. Der ältere Löß ist also hier nicht mehr vollständig, seine oberen Lagen sind schon abgetragen gewesen, als die Lapilli und Schlacken des Rodderberges darauf fielen. Zwischen die Ablagerung des älteren Löß und die Auffüllung der vulkanischen Auswurfsmassen fällt also

1. eine Periode der Verwitterung, in der die oberen Lagen des Löß ausgelaugt und die Kindel in ihrem Liegenden gebildet wurden,

2. eine Periode der Abtragung, in der die hangende Lößlehm-schicht abgetragen und die Lößkindel frei gelegt wurden. Das Ausmaß dieser Zwischenzeit zwischen der Bildung des älteren Löß und der Eruption des Rodderberges läßt sich nicht genauer feststellen, aber sie begreift jedenfalls einen beträchtlichen Zeitraum. Da nun die verschwemmten Auswürflinge des Rodderberges schon in den tieferen Lagen des jüngeren Löß bei Rolandswerth erscheinen, so muß die Eruption stattgefunden haben, ehe die Bildung des jüngeren Löß begann, oder ganz im Anfang seiner Bildung. Die Kiese im Liegenden des jüngeren Löß bei Rolands-

werth enthalten aber nach den übereinstimmenden Beobachtungen von Pohlig und mir kein vulkanisches Material vom Rodderberg, obwohl solches bei der unmittelbaren Nähe des Vulkans hier ebensogut erwartet werden dürfte, wie in den hangenden Lößschichten. Hiernach kann man den Ausbruch des Rodderberg-Vulkans wohl unbedenklich in den Beginn der Absatzzeit des jüngeren Löß verlegen.

Das Profil am Ausgange der Mehlemer Kiesgruben hat uns gezeigt, daß hier der ältere Löß nach dem gleichen Merkmal wie im Oberrheingebiet, nämlich nach dem Auftreten großer, sehr häufig sogar bankweise zusammenschließender Lößkindel, vom jüngeren Löß getrennt werden kann. Denn diesem fehlen sie, soweit meine Beobachtungen im Niederrheingebiet reichen, ebenso allgemein wie im Oberrheingebiet. In weitaus den meisten Lößaufschlüssen, selbst in solchen von mehreren Meter Tiefe, bekommt man ja nur die jüngere Abteilung zu sehen, und da in dieser die mächtigen Lößkindel fehlen, so ist es auch begreiflich, daß frühere Beobachter das Vorkommen großer Konkretionen im Löß gewöhnlich ausdrücklich hervorgehoben haben, so v. Dechen¹⁾ für die Gegend von Münstermaifeld und Kalt, wo ich seine Angaben bestätigt fand, Holzapfel²⁾ für die Gegend von St. Goar, wo die Konkretionen sogar zur Mörtelbereitung gewonnen wurden, Kaiser³⁾ für das Lößvorkommen von Allner, ö. Siegburg usw., Laspeyres u. a.

Es fragt sich nun weiter, ob am Niederrhein auch das Verhältnis der beiden Lößabteilungen zu den diluvialen Schotter- und Kiesaufschüttungen dasselbe ist, wie am Oberrhein, d. h. ob die Bildung des älteren Löß der Aufschüttung der zweitältesten der großen Aufschüttungen, der Hochterrasse gefolgt ist, und ob sich zwischen die Bildungszeit des älteren und jüngeren Löß die Bildung der zweitjüngsten Schotterterrasse, der Mittelterrasse, einschiebt, endlich ob die jüngste Schotterterrasse, die Niederterrasse, auch hier frei von primärer Lößbedeckung ist, wie im Oberrheingebiete⁴⁾.

Es werden am Niederrhein gewöhnlich drei Diluvialterrassen unterschieden. Kayser⁵⁾ hat sie bei Koblenz be-

1) Geogn. Führer zu dem Laacher See, 1864, 502, 505.

2) Das Rheintal von Bingerbrück bis Lahnstein, 115.

3) Geol. Darstell. d. N. Abf. d. Siebengeb. (Verh. nat. Ver. etc. 54, 1897, 168).

4) Vergl. Steinmann: Über die Entwicklung des Diluviums in Südwest-Deutschland (Z. d. d. g. G. 50, 1898, Verh. 83-106).

5) Geol. Spezialk. von Preußen, Bl. Koblenz.

obachtet, Laspeyres¹⁾ kennt ihrer ebenfalls drei, unterscheidet auf der Karte aber nur die „diluvialen“ von den „alluvialen“ (= Niederterrasse und jüngerer). Kaiser trennt in seiner jüngst erschienenen Arbeit über „Das akademische Gut Dikopshof“²⁾, Nieder-, Mittel- und Hauptterrasse als diluviale Bildung von dem eigentlichen Alluvium und den (wahrscheinlich vor-diluvialen) Kieseloolithschottern. Gibt es, wie es hiernach scheinen könnte, vielleicht nur drei Diluvialterrassen, oder ist die Gliederung verwickelter? Zur Beantwortung dieser Frage hilft gerade die Unterscheidung des Löß in älteren und jüngeren wesentlich mit.

I. Niederterrasse. Was als Niederterrasse am Niederrhein aufzufassen ist, kann nicht zweifelhaft sein. Es ist die jüngste Schotter-, Kies- und Sandaufschüttung, die im Querschnitt fast vollständig eben erscheint und keine Lößdecke trägt, höchstens am Rande von aufgeschwemmtem Löß in der Form seitlicher Schuttkegel überkleidet wird. Denn der kalkarme sandige Lehm, der die Schotter und Kiese in geringer und wechselnder Mächtigkeit überdeckt, wird zwar häufig als Tallöß bezeichnet, er verdient diese Bezeichnung aber nicht, da man diesen Namen ursprünglich auf die in den Tälern liegenden, vielfach aber echten kalkreichen Lößvorkommnisse angewendet hat.

Dieser Terrasse entspricht das Alluvium von Laspeyres, die Niederterrasse Kaisers. Ihre Oberfläche liegt am Fuß des Rodderberges in beiläufig 65 m, und der Rhein hat in ihr eine Anzahl unbeständiger Erosionsterrassen bis zum jetzigen Niveau (51 m) hinab eingeschnitten. Schon öfters ist betont worden, wie scharf sich zwischen Bonn und dem Rodderberg die erodierte Oberkante dieser Terrasse abhebt.

II. Mittelterrasse. Kaiser hat unterhalb Bonn die Mittelterrasse nach denselben Merkmalen ausgeschieden, die ich im Oberrheingebiet für sie angegeben habe. Sie ist nur wenig älter als die Niederterrasse, und daher liegt ihre Oberkante selbst in den zur Diluvialzeit andauernd erhöhten und daher immer tiefer erodierten Gebieten wie am Niederrhein nur wenige Meter über der der Niederterrasse, so am Fuß des Rodderberges etwa 4—5 m und etwa ebensoviel am Dikopshof unterhalb Bonn. Sie trägt stets eine Decke von jüngerem Löß, mit dem sie meist durch eine Übergangslage von sandigem Löß verknüpft ist. Daher liegt dieser jüngere Löß konkordant

1) Ebenda.

2) Herausgegeben v. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanst., 1906.

auf dem groben Material der Mittelterrasse und zeigt in seinen tieferen Lagen deutliche Anzeichen des Wassertransports (Lapilli des Rodderbergs bei Rolandswerth). Nach oben zu wird er reiner. Älterer Löß ist bis jetzt noch niemals auf der Mittelterrasse gefunden worden. Der jüngere Löß läßt sich aber von ihr aus vielfach ununterbrochen bis auf die Höhen der Berge, so auch fast bis zum Kamm des Rodderbergkraters verfolgen. Er transgrediert im Gegensatz zu den Kiesen und Sanden der Mittelterrasse über die älteren höher gelegenen Diluvialbildungen und geht schließlich in den Höhenlehm der Hochflächen über, der freilich in hiesiger Gegend vielfach auch heute noch als eine vom Löß verschiedene Bildung, sei es als Verwitterungslehm oder als fluviatiler Absatz aufgefaßt wird. Er ist aber hier wie auch anderorts nur entkalkter Löß, von diesem stratigraphisch nicht zu trennen, und enthält daher auch in seinen tiefsten Lagen zuweilen noch vereinzelt Karbonat oder einzelne Konkretionen¹⁾. Seine stratigraphische Stellung zu den älteren Diluvialbildungen läßt sich gerade am Rodderberge sehr klar erkennen. Er transgrediert nicht nur über diese, sondern er liegt ihnen auch diskordant an. Das ist in der Mehlemer Kiesgrube an zwei Stellen der Ostwand außerordentlich deutlich zu beobachten. Man sieht dort in einer Meereshöhe von 90—100 m ü. M. Diluvialschotter und -kiese in viel höherer Lage als die der Mittelterrasse (65—70 m) vom Gehänge schräg abgeschnitten. Diese Schotterauffüllung ist also tief erodiert worden durch den Rhein, und der jüngere Löß hat sich erst darauf abgesetzt, nachdem dies geschehen war. Er liegt daher den Schottern dort, wo sie durch die Erosion abgescrängt wurden, seitlich an und nur dort, wo eine horizontale Oberfläche erhalten blieb, konkordant auf ihnen. In dem angelagerten Löß unterscheidet man deutlich von oben nach unten:

- a) braunen, am Gehänge verschwemmten Löß und Lößlehm mit einzelnen Geröllen, die von oben her aus den Kiesen herabgespült sind,
- b) hellgelben reinen Löß mit Schnecken in der Mitte,
- c) gelbbraunen unreinen Löß, dem ebenfalls Gerölle und Sand beigemischt sind.

Es ist das das Bild eines Lößes, der in einem Steilgehänge zum Absatz gelangt ist. Reiner Löß ist nicht eher abgesetzt, als bis die Neigung des Untergrundes durch Einspülung von oben hinreichend abgeschwächt war. In dieser

1) Holzapfel, l. c. 115.

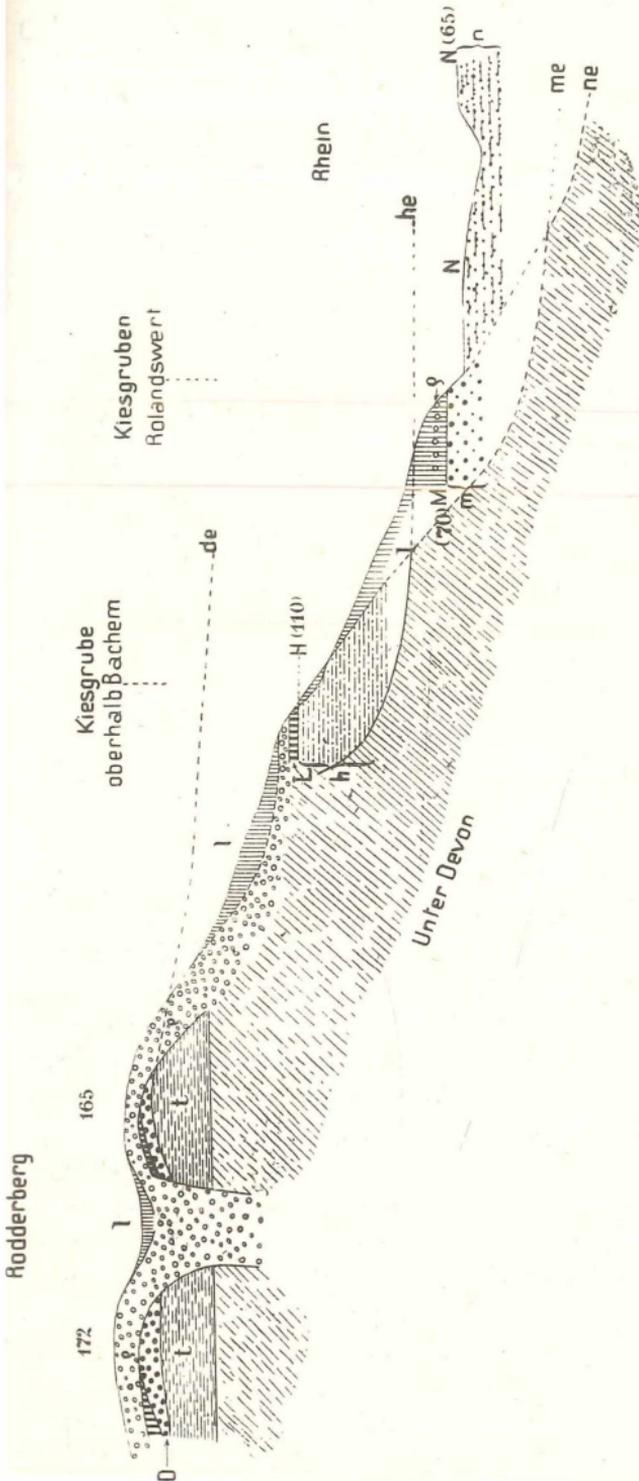
diskordanten Anlagerung transgrediert der jüngere Löß nicht nur über diese und die bis zu etwa 110 m hinaufreichenden Schotter, Sande und sandigen Tone, sondern auch über den älteren Löß, den ich vorhin als ihnen konkordant aufgelagert erwähnt habe. Klarer als hier läßt sich die erhebliche Altersverschiedenheit zwischen älterem und jüngerem Löß und die Selbständigkeit dieser höheren Kiesterrasse und ihre Unabhängigkeit von der Mittelterrasse nicht wohl erweisen. Diese dritte Terrasse muß nach Analogie mit der Gliederung im Oberrheingebiet als

III. **Hochterrasse** bezeichnet werden. Ihre Kies- und Sandmassen sind in der Mehlemer Kiesgrube fast 20 m mächtig aufgeschlossen; ihre Oberkante liegt bei 110 m, also 40 m höher als die der Mittelterrasse. Es fällt also zwischen die Bildung der Hochterrasse und des darauf gelagerten älteren Lößes und den Absatz der Mittelterrasse und des jüngeren Löß eine Zeit ungeheurer Erosion, die mindestens 50 m, wahrscheinlich aber noch mehr beträgt. Laspeyres hat nun Mittel- und Hochterrasse zu seinem Gehängediluvium vereinigt; die Bezeichnung ist aber nur insoweit zu rechtfertigen, als beide am Gehänge liegen im Gegensatz zur Niederterrasse, die die Rheinebene in der Tiefe bildet und zur höchsten Terrasse, die in der Gegend des Rodderberges auf der Hochfläche liegt. Kaiser spricht in einer früheren Arbeit ¹⁾ von Mittelterrassen, worin die Hochterrasse wohl mit eingeschlossen ist.

Steigen wir am Rodderberg noch weiter über jüngeren Löß und Schlacken hinauf, so treffen wir in Höhen zwischen 160 und 190 m ü. M. die älteste Schotterterrasse, die Hauptterrasse Kaisers, das Plateaudiluvium Laspeyres'. Diese Schotterauffüllung würde nach Maßgabe der Bezeichnung am Oberrhein als

IV. **Deckenschotter** zu benennen sein. Ihre Oberkante am Rodderberg und auf dem benachbarten Zilliger Heidchen hat Laspeyres nach der Grenze zwischen Schotter und hängendem Lehm auf 190 m festgelegt. Daraus folgt, daß zwischen ihrer Bildung und der der Hochterrasse eine Erosion im Betrage von mindestens 100 m, wahrscheinlich aber noch mehr fällt. Sie ist zumeist von Höhenlehm, bei Kalt und Münster-eifel an der unteren Mosel aber auch von älterem Löß mit großen Konkretionen bedeckt. Es versteht sich ja von selbst,

1) Die Ausbildung des Rheintales zwischen Neuwieder Becken und Bonn-Cölner Bucht (Verh. d. 14. d. Geographentages, Köln 1903, 211).



Figur 1. Kombiniertes Profil durch den Rodderberg.

t = Miocän; p = Auswurfmaterial des Rodderberg-Vulkans; p' = dasselbe verschwemmt im jüngeren Löß bei Rolandswerth. D = Deckenschotter, de = seine Grundfläche; h = Hochterrassenschotter, H = seine Oberkante, he = seine Auflagerungsfläche; m = Mittelterrassenschotter, M = seine Oberkante, me = seine Grundfläche; n = Niederterrassenschotter, N = seine Oberkante, ne = seine Auflagerungsfläche. L = älterer Löß, l = jüngerer Löß.

NB. Die hypothetische Einzeichnung des älteren Löß über dem Deckenschotter und unter den Auswürflingen des Rodderbergs fußt auf der Tatsache, daß älterer Löß sich unter den Auswürflingen befunden hat, also im Bereiche des Schlots angestanden haben muß.

daß sowohl älterer wie jüngerer Löß in unverlehmtem oder verlehmtem Zustande auf dieser Schotterstufe liegen kann. Wir wissen bis jetzt aber noch nichts darüber, ob noch ältere Lößbildungen existieren, deren Entstehung zwischen die Decke und die Hochterrasse fällt. Aber schon der beträchtliche Vertikalabstand zwischen beiden gestattet eine leichte und bequeme Unterscheidung. Die Mächtigkeit des Deckenschotters scheint recht bedeutend zu sein.

Die vier Diluvialterrassen samt den für ihre Trennung so bedeutsamen Löß einschaltungen finden sich am Rodderberge in geradezu vorbildlicher Weise entwickelt. Man kann sämtliche Glieder des niederrheinischen Diluviums bequem auf einem halbtägigen Spaziergange kennen lernen und in ihrer Selbständigkeit überschauen, hauptsächlich infolge der anscheinend andauernden Hebung, die das Schiefergebirge während der Diluvialzeit erfahren hat. Auf dem Profil, Fig. 1, habe ich der Einfachheit halber die Aufschlüsse auf der Ostseite mit denen der Nordseite kombiniert. Es veranschaulicht in etwas schematisierter Weise die wiederholten Vorgänge der Kies- und Löß-Aufschüttung, sowie der Erosion während der Diluvialzeit unter dem Einfluß des Hebungsvorganges. Es zeigt uns, wie die älteste Aufschüttung sich auf einer breiten und nur schwach vertieften Talsohle vollzog, während die jüngeren Aufschüttungen in einem Tale zum Absatz gelangten, das immer enger, tiefer und steilwandiger wurde. Hierin prägt sich bei aller sonstigen Übereinstimmung mit den Verhältnissen des Oberrheingebietes der Gegensatz zu ihnen am besten aus. Denn dort fand anscheinend eine ununterbrochene Senkung während der Diluvialzeit statt, und so kommt es, daß die älteren Rheinterrassen, die sich bei Basel und oberhalb Basel ebenfalls stufenartig über die jüngeren erheben wie am Niederrhein, unterhalb Basel immer tiefer sinken, bald unter den ungeheuer mächtigen Schottern der Niederterrasse verschwinden und am Mittelrhein oberhalb des rheinischen Schiefergebirges tief unter der Oberfläche versenkt liegen¹⁾. Aber von diesem mehr zufälligen Unterschiede abgesehen, ist die Übereinstimmung der Diluvialstufen in beiden Gebieten überraschend groß, ganz besonders der drei jüngsten, die wir durch ihre Beziehungen zum Löß so ausgezeichnet scharf unterscheiden können. Durch das Fehlen einer primären Lößbedeckung ist die Niederterrasse in beiden Gebieten ebenso scharf charakte-

1) Ich erinnere nur daran, daß bei Mannheim das Diluvium durch Bohrung bis unter das Meeresniveau nachgewiesen ist.

risiert, wie durch ihre Stellung als jüngste Aufschüttung, die nur von den lebenden, wenn auch zuweilen verlegten Flüssen (Neckar) durchschnitten wird. Die Mittelterrasse trägt in beiden Gebieten nur jüngeren Löß. Ein eigenartiges Merkmal erhält sie ferner durch den Umstand, daß zwischen ihr und der Niederterrasse nur ein verhältnismäßig kleiner Abstand besteht, so daß sie selbst in einem stark aufsteigenden Gebiete wie am Niederrhein mit ihrer Oberkante nur wenige Meter höher liegt als die Niederterrasse. Dies Verhalten läßt es begreiflich erscheinen, daß in gesenkten Gebieten, wo die Rhein-Mittelterrasse in oder unter das Niveau der Niederterrasse zu liegen gekommen ist, wie im Elsaß, sie mit dieser eine untrennbare Einheit zu bilden scheint, und daß sie erst dort wieder als gesondertes Glied deutlich hervortritt, wo sich die älteren Terrassen aus dem Niveau der Niederterrasse herausheben, wie bei Basel und weiter aufwärts¹⁾. Bei uns ist ihr Abstand von der Hochterrasse recht bedeutend, am Rodderberg 40 m, aber nicht so groß wie die Differenz zwischen Hochterrasse und Decke, die mindestens 50—60 m, wahrscheinlich 70—80 m beträgt. Durch Bedeckung mit älterem Löß ist die Hochterrasse scharf von der Mittelterrasse unterschieden, am Ober- wie am Niederrhein. Bei dieser schlagenden Übereinstimmung der drei jüngsten Stufen in beiden Gebieten wäre es merkwürdig, wenn nicht auch das älteste Glied unseres Diluviums am Oberrhein sein Analogon fände. Die Hauptterrasse von Philippson²⁾ und Kaiser³⁾, die ich hier als Deckenschotter bezeichnet habe, wird man nur mit dem jüngeren Deckenschotter des subalpinen Gebietes in Parallele stellen können, denn zwischen ihr und der Hochterrasse scheint sich kein weiteres Glied einzuschalten. Sollte es auch nicht gelingen, die Hauptterrasse als aus zwei

1) Die Mittelterrasse bei Basel hat Gutzwiller (Die Diluvialbildungen in der Umgebung von Basel, Verh. nat. Ges. Basel, 10, 1895) zuerst als getrennte Aufschüttung erkannt. Tschudi (Zur Altersbestimmung der Moränen im unteren Weratale, Basel, Inaug.-Diss., 1904) konnte an der Ausmündung des Weratales außer den vier bekannten Terrassen des alpinen Diluviums ebenfalls eine fünfte nachweisen, die die Stellung der Mittelterrasse einnimmt. Auch Mühlberg (Boden von Aarau, 1896) hatte unabhängig davon fünf Aufschüttungsperioden unterschieden, indem er eine fünfte zwischen Hoch- und Niederterrasse einschob und auf ihre Übereinstimmung mit der Mittelterrasse hindeutete.

2) Entwicklungsgesch. d. Rheinischen Schiefergebirges (Stzb. Niederrh. Ges. f. Nat. u. Heilk. Bonn 1899.)

3) Die Ausbildung des Rheintals usw. (Verh. d. D. Geographentages, 1903, p. 206).

Gliedern zusammengesetzt zu erweisen, die dem älteren und jüngeren Deckenschotter entsprächen, so bliebe nur als letzte Möglichkeit, die Kieseloolithschotter als ein Äquivalent des älteren Deckenschotters aufzufassen, denn in ihnen haben wir ja, wie Kaiser dargelegt hat, eine weit verbreitete und durch das Gesteinsmaterial scharf getrennte älteste Aufschüttung zu erblicken. Ich sehe keinen Grund, der einer solchen Gleichstellung hindernd im Wege stünde, da wir nicht wissen, ob die Kieseloolithschotter paläontologisch dem Pliocän oder dem Quartär zugehören. Setzen wir sie dem älteren Deckenschotter gleich, so stimmen Zahl, Abstufung und Verhalten zum Löß bei den rheinischen Diluvialaufschüttungen von Bonn bis ins subalpine Gebiet hinauf vollständig überein. Sollte sich aber erweisen lassen, daß die Kieseloolithschotter eine ähnliche Stellung zu den diluvialen Schotterauffüllungen einnehmen, wie die pliocänen Gerölle und Sande der Pfalz und des Oberelsaß oder die pliocänen Quarzitgerölle des französischen Zentralplateaus, d. h. nach der Auffassung Pencks¹⁾ nicht dem Quartär angehören und nicht mit glazialen Phänomenen in Beziehung stehen, so bliebe zunächst noch ein Unterschied zwischen Ober- und Niederrhein bestehen, indem im oberrheinisch-alpinen Gebiet allgemein zwei Glieder des sog. Deckenschotters vorhanden sind, während im niederrheinischen bisher nur eins davon nachgewiesen ist.

Zum Schluß möchte ich noch ausdrücklich darauf hinweisen, welche große Bedeutung der Löß für die Unterscheidung der Diluvialstufen, zunächst der drei jüngsten, besitzt. Da die gleichen Beziehungen zwischen dem Löß und den drei jüngsten Aufschüttungen am Nord- wie am Süden des rheinischen Lößgebietes bestehen, so darf man als wahrscheinlich voraussetzen, daß sie auch für das übrige Deutschland Geltung besitzen. Freilich steht das Rheintal einzig da, was Vollständigkeit und Übersichtlichkeit der verschiedenen Diluvialstufen, sowie Verknüpfung der glazialen mit den fluvioglazialen und mit den Lößbildungen anbetrifft. Auch kennen wir kein zweites Gebiet in Deutschland, wo die diluvialen Niveauschwankungen so großzügig und klar ausgeprägt sind. Was bis jetzt über die Verbreitung und Ausbildung der Lößbildungen in Mittel- und Norddeutschland ermittelt worden ist, scheint sich anstandslos in das rheinische Schema einzufügen. Ich möchte nur die Tatsache erwähnen, daß beide Lößglieder übereinander bisher aus Thüringen bekannt geworden sind²⁾, wo sie sich ähnlich

1) Die Alpen im Eiszeitalter, Lfr. 6, 1902, p. 648.

2) Keilhack, Ztschr. d. D. Geol. Ges. Verh. 50, 1898, p. 179.

wie im Rheingebiet durch die größere Mächtigkeit der Lehmdecke des älteren Löß voneinander unterscheiden. Das liegende ist hier dementsprechend unterer Geschiebemergel; der obere ist nicht bis hierher gelangt, sonst würde der ältere Löß mit fortgenommen worden sein. Wo sich der obere Geschiebemergel ausgebreitet hat, wie im Bereiche der Magdeburger Börde, da fehlt auch der ältere Löß, und hier liegt auf ihm (oder auf der Steinsohle) ausschließlich jüngerer Löß¹⁾. Aber dieser transgrediert nicht auf das Gebiet der baltischen Endmoräne und ihrer Abschwemmungsprodukte, weil der erneute Vorstoß des Eises, der die Hauptendmoräne geschaffen hat, die Mecklenburgische Stufe (oder Würmeiszeit), keinen Löß von allgemeiner Verbreitung mehr erzeugt hat. Wenn man, wie dies von verschiedenen Seiten befürwortet wird, die obere Grundmoräne außerhalb der Hauptendmoräne (die Polnische Stufe) nicht als besonderes Glied von der oberen Grundmoräne abtrennt, so verschmäht man es, eine überall deutlich hervortretende Altersverschiedenheit zwischen den beiden Bildungen zum Ausdruck zu bringen. Das entspricht aber nicht der historischen Methode geologischer Forschung. Die nicht unbeträchtliche Erosion, die zwischen der Bildung der Mittelterrasse (und des jüngeren Löß) und der Niederterrasse Platz gegriffen hat, ermöglicht zumal in den zur Diluvialzeit aufgestiegenen Gebieten auch eine stratigraphische Trennung zwischen beiden, wie sie Kaiser bei der Kartierung des Dikopshofs auch mit Erfolg ausgeführt hat. Was man im Rheinland trennen kann und trennt, sollte aber auch im Tieflande Norddeutschlands getrennt werden, wo beide Stufen auch regional so weit auseinander fallen.

1) Herr Wahnschaffe bestätigt mir eben noch ausdrücklich, daß sich im Bereiche der Magdeburger Börde keine Gliederung des Löß hat durchführen lassen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussischen Rheinlande](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [63](#)

Autor(en)/Author(s): diverse

Artikel/Article: [Sitzungsbericht te der IS! iederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn. A.](#)

Sitzungen der naturwissenschaftlichen Abteilung 1-33