Schranken, auch die Einzeller gehen nicht mehr völlig in ihren Nachkommen auf, auch sie hinterlassen eine Art Kadaver, den Großkern eben, auch bei ihnen war mithin die Unsterblichkeit nur eine scheinbare.

Der Vorgang fügt sich also genau und leicht in das allgemeine Schema ein, und die Einzeller sind nunmehr, wenigstens in dieser Beziehung ihrer Sonderstellung entkleidet.

Ref. erörtert zum Schluß, daß wir auch durch die Preisgabe des schönen Weismann'schen Gedankens doch eigentlich nichts verloren haben, im Gegenteil gelang es uns, zwei früher von einander streng geschiedene Organismengruppen, die Ein- und Vielzeller, zu nähern und eine Grenze zu erwischen, indem Einheit geschaffen wurde, wo sie früher nicht vorhanden war. Jede derartige Vereinheitlichung bedeutet eben auf unserem Gebiete stets eine Errungenschaft. *Weismann* würde nach den schönen Beobachtungen von *Woodruff* seinen Satz zurücknehmen, «daß zwsichen Einzelligen und Vielzelligen die Einführung des physiologischen, d. h. normalen Todes liegt, und diese Wahrheit durch keine Sophismen umgestoßen werden kann.» Sophismen haben sie nicht umgestoßen, wohl aber das unverdrossene Eindringen in die Wirklichkeit der Erscheinungen, welchem in der Wissenschaft stets das letzte Wort zukommt.» (Autorreferat.)

Nachdem der Vorsitzende Hrn. Klein den Dank aller Versammelten ausgedrückt hatte, wurde die Sitzung geschlossen.

Der Schriftführer: Prof. F. HEUERTZ.

Das Rosten des Eisens.

Studien und Untersuchungen von Dipl.-Ing. P. MEDINGER.
(Fortsetzung).

Anders liegen die Verhältnisse beim Wasser und bei neutralen und alkalischen Lösungen. Diese haben ein in der Regel mit der Konzentration abnehmendes Lösungsvermögen für Sauerstoff. Dieser Sauerstoff verwandelt das primär entstehende relativ lösliche Ferrohydroxyd in unlösliches Ferrihydroxyd und fällt es aus. Infolgedessen geht auch wegen der Verarmung der Lösung an $Fe(OH)_2$ die am Eisen haftende Schutzhülle von Ferrohydroxydhydrat in Lösung. Der sich unter Mithilfe dieser Schutzschicht aus Ferrohydroxydhydrat in sauerstoffreier Lösung ausbildende Gleichgewichtzustand zwischen osmotischem Druck und Lösungstension, durch den der Prozeß in ruhendem Elektrolyten schließlich zum Stehen kommt, wird also durch die Gegenwart von Sauerstoff unmöglich gemacht, und der Rostprozeß schreitet ohne Unterbrechung weiter. Auch wird durch Bildung der unlöslichen Ferrioxyde der osmotische Druck der Eisenionen vermindert, also die

Lösungstension des Eisens gesteigert. Wir haben aber bereits gesehen, daß meist das Gegenteil der Fall ist, was daher kommt, daß der Sauerstoff, besonders unter dem katalytischen Einfluß des bereits gebildeten Oxydes den Wasserstoff wegoxydiert und so die Legierung des Eisens mit Wasserstoff verhindert. Der Luftsauerstoff bewirkt also, daß der Rostprozeß stets weitergeht, aber in verlangsamtem Maße.

Man kann also in manchen Fällen durch Fernhalten von Luftsauerstoff das Eisen in wirksamer Weise vor Rosten schützen. So beruht z. B. die rostschützende Wirkung der Holzkohle darauf, daß sie ein großes Absorptionsvermögen für Sauerstoff hat und ihn in großen Mengen festhält. Auf die Rolle des Sauerstoffes werde ich in den nächsten Kapiteln noch öfter zurückkommen und u. a. zeigen, daß andrerseits unter besonderen Umständen gerade durch den Mangel an Sauerstoff große Verheerungen am Eisen entstehen können.

Kehren wir zu den Lokalströmen zurück. Ihren Ursprung verdanken sie, wie bereits erwähnt, der inhomogenen Natur des Eisens, seinen Verunreinigungen u. s. w. Auch an der Eisenoberfläche vorhandene Druck-, Spannungsdifferenzen lösen Lokalströme aus, und zwar steigt das Potential des Eisens mit dem Druck. Daß bei den Herstellungsverfahren des Eisens und Stahles solche Spannungsdifferenzen nicht vermieden werden können, liegt auf der Hand. Ihre Wirkung zeigt sich darin, daß die Stellen, die unter höherer Spannung stehen, zuerst rosten. Ramsay hat sogar Potentialdifferenzen zwischen Metallstücken von verschiedener Höhenlage, infolge des Einflußes der Schwerkraft, nachweisen können.[2])

Als Verunreinigungen des Eisens, die zur Erhöhung oder Erniedrigung seiner Lösungstension, also zur Bildung von Lokalelementen Veranlassung geben können, kommen in Betracht vor allem der Kohlenstoff in seinen verschiedenen Modifikationen, dann Silicium und Legierungen des Eisens mit andern Metallen (Mangan, Kupfer, Nickel, Chrom usw.), sowie Phosphor, Schwefel, durch Risse und Blasen bewirkte Gas- und Schlackeneinschlüsse usw.

Was zunächst den Kohlenstoff betrifft, so ist es klar, daß der im grauen Gußeisen ausgeschiedene Graphitkohlenstoff Lokalströme bewirken muß. Inbezug auf die übrigen Bindungsformen des Kohlenstoffes im Eisen, wie auch die des Siliciums und die Legierungen mit andern Metallen liegen die Verhältnisse außerordentlich verwickelt und noch sehr wenig geklärt, sodaß ich darauf hier nicht weiter eingehen kann. Dies um so weniger, als

[2]) Zeitschrift f. physik. Chemie 41. p. 121.

ich selbst wegen der Schwierigkeit der Beschaffung des geeigneten Materials usw. nicht in der Lage bin, Kontrollversuche hierüber anzustellen. Es wird dies eine Aufgabe der Hüttenlaboratorien sein, die ja in letzter Zeit erfreulicherweise sich mehr und mehr für rein wissenschaftliche Untersuchungen interessieren und einrichten. Ihnen stehen alle nötigen Versuchsmaterialien in allen erwünschten Zusammensetzungen, sowie ihre genauen analytischen Daten zur Verfügung, wie auch die zu ihrer Untersuchung nötigen Apparate und Einrichtungen. Auch die Mitheranziehung der metallographischen Methoden wird bei diesen Untersuchungen von sehr großem Nutzen sein, indem jedenfalls auch die Struktur des Materials eine sehr wesentliche Rolle beim Rostprozeß spielt.

Die Phosphor- und Schwefelverbindungen sowie die Gas- und Schlackeneinschlüsse müssen allen bisherigen Erfahrungen nach als stark rostfördernde Medien angesehen werden.

Auch die Berührung verschiedener Sorten Eisen gibt zu Potentialdifferenzen, also zur Bildung von Lokalströmen Veranlassung. Nach Heyn und Bauer wird bei Berührung von Guß- und Flußeisen letzteres durch jenes vor Rosten geschützt, wie es ihrer Natur nach ja zu erwarten ist. Auch bei Berührung von stark überhitzten (wasserstoffreiem) Eisen mit nicht überhitztem wird letzteres in Gegenwart von Wasser stärker angegriffen. Selbstverständlich wird auch die Berührung des Eisens mit edleren Metallen mehr oder weniger starke Lokalströme bewirken und in demselben Maße das Rosten des Eisens beschleunigen. So verstärkt (Heyn und Bauer) die Berührung des Eisens mit Kupfer in Wasser den Rostangriff um 25%, in Salzwasser um 47%; die Berührung mit Nickel im Wasser um 14—19%. Weitere Angaben und Messungen hierüber finden sich in meinen Abhandlungen «Ueber die Giftwirkung der Infanteriegeschosse».[3])

Endlich wäre als Ursache der Lokalstrombildung der Rost selbst zu nennen. Blankes Eisen ist gegen rostiges Eisen deutlich elektropositiv. Von einem Stück blank poliertem Eisen trennte ich die Hälfte ab und bewahrte sie im Exsikkator rostfrei auf. Die andere Hälfte war nach dreiwöchentlichem Liegen an feuchter Luft (auf freiem Felde) gleichmäßig mit Rost bedeckt. Die Messung der Potentialdifferenz zwischen beiden Hälften ergab den sehr konstanten Wert von 0,192 Volt in Leitungswasser. Bei Abschluß der Luft ist die Differenz wesentlich höher. Dieses Experiment beweist auch, daß durch den Rost das Eisen «edler» geworden ist (da ja das Potential des rostigen Eisens um 0,192 Volt niedriger ist als das des blanken Metalles), daß also durch

[3]) Festschrift zum 25jähr. Jub. der Ges. Lux. Naturfreunde, sowie «Schuß und Waffe», Jahrgang 1915, p. 157 ff.

den Rost das Rosten verlangsamt wird. Eine dünne festhaftende Rostschicht, die durch Umstände (andauernden Gebrauch, Erschütterungen, Trockenheit, usw.) am Weiterwachsen gehemmt wird, schützt das Eisen in ähnlicher Weise, wenn auch in geringerem Maßstabe wie die dünne Oxydschicht mancher Metalle (z. B. Blei) diese vor stärkerem Oxydieren schützt.

Eisen, das in der beschriebenen Weise in Lösung geht: $Fe \rightarrow Fe^{++} + 2\,L\,(-)$, nennen wir aktives Eisen. Es ist aber schon seit langem bekannt, daß unter Umständen das Eisen ein ganz abweichendes Verhalten zeigt und sich gegen Elektrolyte und sogar gegen Säuren wie ein edles Metall verhält. Diesen Zustand nennt man, im Gegensatz zum aktiven, den passiven Zustand. Um das Eisen zu «passivieren» taucht man es in starke Oxydationsmittel, wie starke Salpetersäure, Chromsäure, Kaliumchromat oder auch in Laugen mittlerer Konzentration. In Chromsäure z. B. hält sich Eisen unbegrenzt lange blank. Auch durch anodische Polarisation kann man Eisen passivieren. Dieses Passivwerden des Eisens ist aber nur ein relativer Begriff, indem dadurch das Metall mehr oder weniger rostfähig bleibt, außerdem verliert sich die Passivität meist ziemlich rasch.

Zur Erklärung dieses Zustandes sind im Laufe der Zeit eine ganze Reihe von Theorien aufgestellt worden. Die älteste, von Hittorf, nimmt die Bildung von äußerst dünnen Oxydhäutchen auf dem Eisen an (analog wie beim Zink, Blei, Kupfer), die das Metall vor weiterem Angriff schützen sollen. Es haben aber W. J. Müller und J. Königsberger[4]) gezeigt, daß zwischen aktivem und passivem Eisen sich absolut kein Unterschied in den optischen Eigenschaften zeigt. Auch läßt sich gar kein Uebergangswiderstand beim passiven Eisen feststellen. Zudem müßte dieses Oxydhäutchen die Fähigkeit haben, sich in starken Säuren zu lösen.

Leblanc nimmt in seiner «Reaktionsgeschwindigkeitstheorie» an, daß das Metall seine Ionen nur äußerst langsam aussende, sich in oxydierenden (passivierenden) Flüssigkeiten jedoch soviel schneller Sauerstoff am Metall abscheide, (der die Lösung des Eisens im Gegensatz zum Wasserstoff hemmt), daß das Inlösunggehen des Eisens ganz aufhöre.

Friedenhagen nimmt an,[5]) daß der Sauerstoff dabei mit der Eisenoberfläche eine feste Lösung bilde, nähert sich demnach wieder der Oxydhauttheorie.

Am vollkommensten und meiner Ansicht nach am richtigsten erklärt Förster den passiven Zustand des Eisens.[6]) Er sieht, wie

[4]) Zeitschrift für Elektrochemie 13. 659.
[5]) Z. f. Elektrochemie 11. 857.
[6]) Handbuch der angewandten physik. Chemie. Band I. Leipzig.

bereits erwähnt, das Gebrauchseisen als eine Eisen-Wasserstofflegierung an. Dabei setzt er, wie bereits Leblanc, voraus, daß wirklich reines Eisen seine Ionen anfangs nur äußerst träge in Lösung sende. Immerhin werden bereits einige Wasserstoffionen entladen, diese wirken beschleunigend auf den Prozeß, es entladet sich Wasserstoff in stärkerem Maße, bis schließlich das Eisen mit Wasserstoff gesättigt ist, d. h. der Wasserstoff im Eisen unter Atmosphärendruck steht. Dann zeigt das Eisen den konstanten Potentialwert 0,435 Volt. Enthielt das Eisen aber schon Wasserstoff, so geht der Lösungs- oder der Rostprozeß wesentlich rascher vor sich. Daß in Wirklichkeit das Potential des Eisens beim Eintauchen in einen Elektrolyten stets langsam ansteigt, habe ich bei allen meinen Potentialmessungen am Eisen stets festgestellt.[7]) Bringen wir nun unser gewöhnliches, also wasserstoffhaltiges Eisen in ein Sauerstoff abspaltendes Oxydationsmittel, so wird von letzterem der Wasserstoff des Eisens wegoxydiert, und so hätten wir in dem passiven Eisen ein wasserstoffarmes oder -freies Eisen. Aber auch die passivierende Wirkung der Laugen, die sich nach den andern Theorien schwer oder gar nicht erklären läßt, wird nach Förster's Theorie verständlich. Laugen haben bekanntlich eine äußerst geringe Wasserstoffionenkonzentration. Es wird also das Potential, der Lösungsdruck des Wasserstoffes in diesen Lösungen sehr hoch sein, und es werden sich nicht nur keine Wasserstoffionen am Eisen entladen, sondern es wird sogar legierter Wasserstoff vom Eisen in Lösung gehen.

Als ich im vorigen Jahre die zahlreichen Potentialmessungen zwischen verschiedenen Metallen und in verschiedenen Elektrolyten ausführte, die ich in der bereits mehrfach erwähnten Arbeit «Ueber die Giftwirkung der Infanteriegeschosse» in einer Tabelle zusammengestellt habe, fiel mir auf, daß das Potential des Eisens in neutralen und sauren Lösungen stets langsam anstieg, während es in alkalischen Lösungen, besonders stärkerer Konzentration, stets langsam sank. Nach dem eben gesagten erklärt sich diese Erscheinung sehr leicht. Im ersten Fall belädt sich das Eisen nach und nach mit Wasserstoff, wodurch sein Potential steigt; im zweiten dagegen findet eine solche Beladung mit Wasserstoff entweder nicht statt, oder es geht sogar Wasserstoff, der mit dem Eisen nach Förster legiert war, in Lösung. Es ist eben in Laugen mittelstarker Konzentration der Lösungsdruck des Wasserstoffes höher als der des Eisens, das Eisen also vor der Hand das edlere Metall.

Aber nur in Laugen von mittlerer Konzentration ist das Eisen merklich passiv. In schwächeren Laugen ist einmal der Lösungs-

[7]) P. Medinger l. c.

druck des Wasserstoffes nicht so hoch, dann haben diese dünnen Laugen noch ein merkliches Lösungsvermögen für Sauerstoff, der die sich bildende Schutzschicht von Oxydul zerreißt. In sehr starken Laugen dagegen bildet das Eisen komplexe Ionen, wodurch die Eisenionen weggefangen werden und die Lösungstension des Eisens natürlich wesentlich gesteigert wird.

Wir hätten es also nach Förster beim aktiven Eisen mit wasserstoffhaltigem, beim passiven Eisen dagegen mit wasserstoffarmem oder -freiem Eisen zu tun. Eine starke Stütze findet diese Annahme übrigens in der Tatsache, daß Eisen, das durch starke Ueberhitzung einen Teil seines Wasserstoffes verloren hat, nur sehr wenig zum rosten neigt.

Es bliebe noch ein Wort zu sagen über den Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit des Eisens auf den Rostprozeß. Ein jeder weiß aus eigener Erfahrung, daß Eisenstücke mit blank polierter Oberfläche, wie z. B. Rasiermesserklingen, viel geringere Rosttendenz zeigen als solche mit unebener rauher Oberfläche. Auf Grund meiner Beobachtungen und Versuche erkläre ich mir diese Erscheinung in folgender Weise. Wie wir gesehen haben, ist es, damit das Eisen roste, erfordert, daß sich auf ihm Wassertröpfchen niederschlagen, daß es von flüßigem Wasser befeuchtet werde. Auf rauhen Oberflächen setzt sich das Wasser in den Vertiefungen, Ritzen fest, und von dort aus kann man unter dem Mikroskop, wie Seite 15 beschrieben, das Entstehen und das Fortschreiten des Rostens beobachten. Auf ganz blanken Eisenflächen nehmen Wassertröpfchen eine stark konvexe, fast kugelige Gestalt an und benetzen das Metall nur sehr wenig oder gar nicht. Der Grund dafür ist der, daß diese blankpolierte Oberfläche mit einer dünnen Gashaut,[8]) und auch wohl fast immer mit einer dünnen Fett- und Staubschicht bedeckt ist, die ein Benetzen durch die winzig kleinen, äußerst leichten Wassertröpfchen verhindert. Das Einreiben eiserner Gegenstände, Waffen usw. mit einem Oel oder Fett kommt im Wesentlichen auf eine Verstärkung dieser natürlicher Schutzhaut heraus, wie ich in einem späteren Abschnitt dieser Arbeiten (Ueber das Rosten der Schußwaffen und seine Verhütung) zeigen werde. Die geringe Benetzbarkeit blanker Eisenflächen zeigt auch bereits das bekannte Experiment der schwimmenden Nähnadel. Ich habe zahlreiche mehr oder weniger blanke Eisenstücke im stereoskopischen Mikroskop beim Rosten beobachtet und konnte stets feststellen, daß das Rosten von Ritzen in der Oberfläche aus begann, oder aber bei sehr kräftig abgeriebenen blanken Eisenteilen als zahllose winzig kleine Pünk-

[8]) Die neugegründete Universität Frankfurt hat als Thema für ihr erstes Preisausschreiben das Studium dieser Gashaut gewählt.

chen, was in der oben bezeichneten kugelförmigen Form der Wassertröpfchen o seine Erklärung findet.

Was den Einfluß der Temperatur auf das Rosten des Eisens betrifft, so haben wir bereits zu Anfang dieser Abhandlung auf eine indirekte Wirkung von Temperaturdifferenzen hingewiesen, die darin besteht, daß sich in wärmerer feuchter Luft auf kälterem Eisen Wasser kondensiert, das dann den Anstoß zum Rosten gibt. Mit höherer Temperatur wird die Zahl der Eisenionen vergrößert, einerseits weil das Ferrohydroxyd löslicher wird, andrerseits auch die Dissoziation zunimmt. Der schützende Ueberzug von Ferrooxydhydrat bildet sich demnach später und so wird der Angriff des Eisens begünstigt. Zugleich fällt aber mit steigender Temperatur die Löslichkeit des Sauerstoffes in den Flüssigkeiten. Heyn und Bauer haben die Intensität der Rostbildung in verschiedenen Elektrolyten und bei verschiedenen Temperaturen untersucht, und finden, daß kein proportionales Steigen der Rostbildung mit der Temperatur stattfindet. Nach ihnen besteht für jeden Elektrolyten eine kritische Temperatur, bei der der Angriff des Eisens einen maximalen Betrag erreicht. E. Brosshard und K. Pfenninger[9]) haben in letzter Zeit Rostversuche bei verschiedenen Temperaturen an Dampfkesseln angestellt und sind in mancher Hinsicht zu entgegengesetzten Schlüssen gekommen. Besonders finden sie für Magnesiumchlorid einen bedeutend stärkeren Angriff als Heyn und Bauer. Eine Erklärung dafür geben sie nicht an. M. E. beruht dieser starke Angriff des Eisens durch Magnesiumchlorid einmal auf der Bildung von Oxychlorid (unlöslich) dann aber hauptsächlich auf teilweiser Dissoziation des $MgCl_2$ in Mg_2OCl_2 u. HCl. Zwar wird Magnesiumchlorid in wässeriger Lösung beim Erhitzen zum Kochen nicht merklich dissoziiert, wie es aber damit bei höheren Temperaturen steht, ist m. W. nicht bekannt. Sicher ist aber, daß das Salz $MgCl_2$ schon beim Erhitzen auf 104° C. Ströme von Salzsäure aussendet. Es ist demnach sehr wohl anzunehmen, daß etwa an nicht von Wasser benetzten Stellen des Dampfkessels auskrystallisierte Spuren von $MgCl_2$ bei der dort herrschenden Temperatur von weit über 104° freie Salzsäure abspalten, wodurch natürlich das Eisen sehr stark angegriffen wird. Es sei noch erwähnt, daß die Erfahrung gezeigt hat, daß, wenn es auch wegen des Mangels an Luftsauerstoff in Dampfkesseln nicht zu merklicher Rostbildung unterhalb des Wasserspiegels kommt, dennoch mitunter unter Einwirkung von Lokalströmen sehr starke Korrosionen entstehen können.

Auch über das Rosten der Eisenbahnschienen wäre im Anschluß an diese theoretischen Erörterungen einiges zu sagen, beson-

[9]) Chemiker Zeitung. 1916, p. 5 ff.

ders deshalb, weil wir darin ein klares Bild des Rostprozesses unter gewöhnlichen Umständen sehen. Es ist eine wohl allbekannte Erscheinung, daß Schienenstränge, die im Gebrauch sind, nicht oder nur äußerst wenig rosten, während tote Geleise sehr rasch sich mit dicken Rostschichten bedecken. Ob und wie diese Erscheinung bisher eine Erklärung gefunden hat, ist mir nicht bekannt; durch das Studium der mir zur Verfügung stehenden Literatur, sowie durch Umfragen auch bei technischen Eisenbahnbeamten konnte ich darüber nichts in Erfahrung bringen.

Ich erkläre mir diese Tatsache in folgender Weise (wobei ich durchaus nicht behaupten will als erster diese Deutung gefunden zu haben, ich halte es vielmehr für sehr wahrscheinlich, daß die Sache auch wohl bereits von andern auf dieselbe oder ähnliche Weise erklärt wurde.) Wir haben gesehen: Ohne flüssiges Wasser kein Rost. Sauerstoff, der zum Rosten auch erfordert ist, ist im Ueberschuß vorhanden. Regnet es, so wird das Wasser besonders lange auf der horizontalen Oberfläche der Schienen stagnieren und von hier aus wird der Rost seine Tätigkeit einsetzen, wie gesagt, stets dort wo das Wasser am längsten mit dem Eisen in Berührung ist. Auf gebrauchten Schienen kann es zu einer intensiveren Rostbildung hier nicht kommen, da durch das Ueberfahren derselben Wasser und etwa gebildete Rostansätze stets wieder entfernt werden. An den vertikalen Seitenflächen der Schienen kann das Wasser nicht längere Zeit haften; es kommt hier noch hinzu, daß durch das verspritzende Schmieröl der Wagenräder die Schienen schließlich mehr oder weniger «eingeölt» werden, wodurch die Benetzbarkeit noch mehr herabgesetzt wird. Sollte sich an den Seitenflächen eine dünne Rostschicht gebildet haben, so wird sie durch die Erschütterungen und Durchbiegungen beim Ueberfahren der Schienen stets bald wieder abgetrennt. Es bleibt nur eine sehr dünne fest haftende Oxydschicht, die, wie wir gesehen haben, das Eisen edler macht und seine Rosttendenz vermindert. Diese Schienen trocknen dann ziemlich rasch und damit ist weiterem Rosten hintangehalten. Bei ungebrauchten, ruhenden Schienen dagegen bildet sich bald eine dicke poröse Schicht von Rost, die wegen ihrer schwammigen Natur sich mit Wasser vollsaugt, außerordentlich rasch vom Wasser benetzt wird, und es hartnäckig zurückhält. Unter diesen Umständen muß der Angriff des Eisens, wenn auch durch den Rost verlangsamt, doch unaufhaltsam weiterschreiten, und dies umsomehr, je dicker die wasserhaltigen Rostschichten werden.

Es ist dem Laien längst bekannt, wie es alte Sprichwörter wie «Rast 'ich, so rost' ich» und »Gebrauchter Schlüssel rostet nicht» beweisen, daß auch bei sonstigen Gegenständen und Werkzeugen aus Eisen mutatis mutandis dasselbe gilt, was wir

eben bei den Schienen gesehen haben. Zwei völlig gleiche, blanke Eisenstäbe desselben Materials ließ ich während zwölf Monaten in Regen, Nebel, Schnee und Sonnenschein vor dem Fenster an freier Luft liegen. Das eine Stück blieb während der ganzen Zeit ruhig liegen, das andere wurde alle ein bis drei Tage einmal in die Hände genommen und aus einer Höhe von ca 50 ctm mehrere Male auf eine Steinplatte fallen gelassen. Nach einem Jahre legte ich die beiden Eisenstücke in einer Sektionssitzung der Gesellschaft Luxemburger Naturfreunde vor. Wie sich die damals Anwesenden überzeugen konnten, war das «rastende» Stück mit einer dichten, schwammigen Rostschicht überzogen, während das andere eine dünne, glatte Oxydhaut zeigte, wie wir sie an gebrauchten Werkzeugen, Zangen, Hämmern usw. zu sehen gewohnt sind.

Kommen wir auf die Eisenbahnschienen zurück. Es bleibt hier noch ein Wort zu sagen über das unheimlich schnelle Rosten derselben in Tunnels. Die Ursache liegt einesteils in der zu Anfang dieser Arbeit erwähnten Kondensation von Wasserdämpfen aus warmer Luft (oder hier des Wasserdampfes der Lokomotiven) auf kaltem Eisen. Als wesentlicher Faktor kommt dann aber hier hinzu der Gehalt des Lokomotivrauches an Kohlensäure, und vor allem an Schwefeliger- und an Schwefelsäure. Um besonders letztere Säuren zu neutralisieren und unschädlich zu machen, streicht man die Schienen in Tunnels vielfach mit Kalkmilch an, welcher Anstrich jedoch sehr oft zu erneuern ist. Die eben erwähnte schwefelige Säure in dem Lokomotivrauch entsteht aus dem Pyrit (Schwefelkies), den die Steinkohle als Verunreinigung enthält. Dieser gibt beim Erhitzen schweflige Säure ab und verwandelt sich dabei in Eisenoxyd. Dieses wirkt nun katalytisch als Sauerstoffüberträger, und so wird ein Teil der schwefligen Säure zu Schwefelsäure oxydiert. Ich führe dieses Beispiel an im Anschluß an die in diesem Artikel mehrfach erwähnte katalytische Wirkung des Eisenoxydes (Rostes) bei der Oxydation des Wasserstoffes. Während meiner früheren Tätigkeit als Betriebsleiter einer Ultramarinfabrik hatte ich Gelegenheit in dieser Hinsicht interessante Erfahrungen zu machen. In den Ultramarinöfen mischen sich den Rauchgasen große Mengen von schwefligsauren Gasen bei. Wenn nun die Steinkohlen stark pyrithaltig waren, so stieg der Schwefelsäuregehalt der Rauchgase ganz enorm. Das aus dem Pyrit entstehende feinpulverige Eisenoxyd wurde als Flugstaub von den Gasen mitgeführt, und legte sich in dünner Schicht auf den oberen Gewölben der Muffeln, über die die Feuergase strichen, ab. Hier oxydierten sie dann das später darüber streichende Schwefligsäure-Luft-Gemisch, und so entstanden große Mengen Schwefelsäure, die natürlich zu Unannehmlichkeiten aller Art führen.

In kurzer Zusammenfassung beantwortet sich also die Frage: Wie entsteht der Rost? wie folgt:

Das Rosten wird bedingt und eingeleitet durch Aussendung von Ferroionen, die durch Entladung von Wasserstoffionen beschleunigt wird. Durch Oxydation des sich so bildenden Ferrohydroxydes entsteht dann der Rost.

Beschleunigt wird das Rosten durch Verstärkung der Konzentration der Wasserstoffionen, durch Verminderung der Eisenionen (Komplexbildung, Bildung unlöslicher Eisensalze usw.), durch Kontakt mit edleren Metallen; kurz, durch jeden Prozeß, der die Lösungstensionen des Eisens erhöht, oder die des Wasserstoffes erniedrigt.

Alle Prozesse von entgegengesetzter Wirkung haben demnach eine Verminderung der Rosttension zur Folge.

Bericht

über die

geologische Herbstexkursion

Sandweiler-Dalheim-Mondorf-Scheuerberg

5. und 6. September 1916.

Trotz dem am Morgen des 5. September herrschenden Regen- und Sturmwetter entstiegen dem Halbzehnuhrzuge in **Sandweiler-Contern** zwanzig unerschrockene G. L. N.-er, um dem Boden ihres Heimatlandes neue Erkenntnisse abzuringen, „mente et malleo", durch Geistesarbeit und Hammerschlag.

Vor Beginn der Wanderung liess der Leiter derselben an die Teilnehmer farbige Prospekte verteilen, welche enthielten: eine geologische Karte der zu begehenden Gegend im Maßstab von 1 zu 50.000 (nach der immer seltener werdenden van Werveke'schen Karte); eine Übersicht der in Betracht kommenden Formationen mit ihren Unterabteilungen; ein geologisch-tektonisches Profil Scheidhof-Dalheim-Mondorf-Bürmeringen im Maßstab von 1 zu 37.500, sowie eine Auswahl von zwanzig charakteristischen Fossilien. Nachdem an der Hand dieses „Führers" durch einige einleitende Worte eine allgemeine Basis geschaffen war als Fundament für die neu zu erarbeitenden Kenntnisse, brachte uns eine kurze Wanderung von zehn Minuten an die jetzt schon klassisch zu nennende Fossilienfundstätte, welche Schreiber dieser Zeilen vor einigen Jahren an der **Strasse von Sandweiler nach Contern,** kurz vor dem Bahnübergang, aufgefunden hatte. An den beiden Seiten der Strasse sind die *Davoei-schichten* des Mittleren Lias (Lias γ) in einer