Société des Naturalistes luxembourgeois

(Anc. Société g.-d. de Botanique et anc. Fauna fusionnées).

N° 9. 30. 9. 1917.

Inhaltsverzeichnis: *P. Medinger:* Das Rosten des Eisens. Kap. VII. — *N. Funck:* Reise-Abenteuer. Geschichte eines Hundes.

In Clerf verschied am 9. September unser Vereinsmitglied, Herr Michel Joseph SCHRŒDER, Student der Medizin. — Der Verstorbene ruhe sanft!

Das Rosten des Eisens.

Studien und Untersuchungen von Dipl.-Ing. P. MEDINGER.

Kapitel VII.

Verhütung, Entfernung und Konservierung des Rostes.

Über das Rosten des Eisens findet sich, wie bereits mehrfach erwähnt, eine umheimlich angeschwollene Literatur vor, aus der über Rostschutz jedoch unverhältnismäßig wenig praktisch brauchbares zu entnehmen ist. Zwar findet man in den Handbüchern und Zeitschriften aller Länder, aller Zeiten und aller Stände unzählige Rezepte und Verfahren zu diesem Zwecke angegeben, aber wenn irgendwo, so gilt hier das Wort: «Rezepte sind wie Frauen: oft unverstanden oder unverständig.» Und besonders unverständig im höchsten Grade sind viele dieser Vorschriften.

Nach allem, was in den vorhergehenden Kapiteln über die Ursache und das Entstehen des Rostes gesagt wurde, ergibt sich, daß es zur Verhütung des Rostens nur zwei Wege gibt: Entweder müssen wir das Eisen seiner Natur nach so umändern, daß seine Lösungstension sehr gering wird, oder wir müssen durch Schutzüberzüge die Berührung des Eisens mit den zum Rosten notwendigen Agentien, Feuchtigkeit und Sauerstoff, verhindern.

Das Ideal wäre demnach die Herstellung von Eisensorten, resp. Eisenlegierungen, die nicht oder nur wenig zum Rosten neigen. Dieses Ziel hat Cushman*) durch die Herstellung eines besonders reinen, vor allem möglichst wasserstoffreien Eisens zu erreichen gesucht. Sein «Lingoteisen», das zum Zweck der möglichst vollständigen Entgasung (Entfernung des Wasserstoffes)

*) Proc. of N. American Soc. for Testing materials XI. 387.

bei außerordentlich hoher Temperatur hergestellt wird, enthält: 0,008 bis 0,02 % Kohlenstoff, 0,015 bis 0,02 % Mangan, 0,002 bis 0,006 % Silizium, 0,014 bis 0,019 % Schwefel und 10,001 bis 0,005 % Phosphor. Es wird in der Tat von Säuren viel weniger angegriffen als gewöhnliches Eisen und rostet auch weniger leicht. Aber rosten tut es schließlich doch, und die sehr großen Kosten und Schwierigkeiten seiner Herstellung lohnen sich nicht.

Bessere Resultate erzielte man durch die Herstellung entsprechend zusammengesetzter Legierungen des Eisens mit andern Metallen. So hat ein geringer Zusatz von Kupfer zum Eisen eine sehr günstige Wirkung gezeigt, wo doch theoretisch eher das Gegenteil zu erwarten war. Wir haben es hier mit einer weiteren Eigentümlichkeit der Legierungen zu tun, deren Verhalten und Wesen ja in so vielen Punkten nicht genügend erforscht ist. Viel bessere Ergebnisse in Bezug auf geringe Rosttendenz ergaben Eisen-Nickellegierungen. So haben sich die bereits in Kapitel III erwähnten amerikanischen «special smokeless steel»-Marken außerordentlich gut bewährt und rosten selbst unter dem Einfluß saurer Gase nur sehr wenig. Auch die bekannten Anticorrostahlläufe, die ebenfalls dem Rosten fast gar nicht ausgesetzt sind, bestehen aus Nickelstahl.

Eine weitere Art und Weise, das Rosten des Eisens zu verhindern, besteht in der Umwandlung des Metalles in nicht oder wenig rostende Verbindungen. In erster Linie wäre hier die Guß- und Walzhaut des Eisens zu erwähnen. Diese würde zwar einen ziemlich wirksamen Rostschutz abgeben, wenn sie nur genügend homogen und kontinuierlich wäre. Das ist sie leider fast nie und dadurch wird ihre Rostschutzwirkung stark beeinträchtigt, ja ganz illusorisch. Dies besonders auch deshalb, weil diese natürliche Schutzhaut die Eigenschaft hat, bei der Bildung der ersten Rostspuren abzublättern. Dadurch wird sie eigentlich nur schädlich und hinderlich, da man gezwungen ist, sie vor dem Anstreichen des Eisens zu entfernen, andernfalls der Anstrich mit abblättert.

Unzählige Patente sind verteilt worden auf Verfahren, die auf der Umwandlung der Eisenoberfläche in Phosphorverbindungen u. a. beruhen; über ihre praktischen Erfolge ist jedoch wenig bekannt geworden. Sehr interessant und aussichtsvoll erscheint hingegen ein Verfahren von Hanaman (1913) das auf einer Nitrierung der Eisenoberfläche beruht. Das Eisen wird in einer Stickstoffatmosphäre oder in Ammoniakgas längere Zeit auf etwas über 600° C. erhitzt. Solches Eisen soll nach den bisherigen Veröffentlichungen gegen Rost sehr wirksam geschützt sein, nicht allerdings gegen Säuren. Ein großer Vorteil der Nitrierung besteht darin, daß der Stickstoff ziemlich tief in das Eisen eindringt und seine Konzentration dabei von der Oberfläche nach innen

continuierlich abnimmt, sodaß keine eigentliche aufgelagerte Schicht besteht. Ein Abblättern und Abspringen dieser, wie z. B. bei der Gußhaut, kann also nicht stattfinden.

Zu dieser Gruppe der Rostschutzmittel gehören auch die zahlreichen Rezepte zur Brünierung des Eisens. Von diesen Rezepten taugen viele gar nichts und bewirken eher eine Beschleunigung der Rostbildung. Von den brauchbaren und bewährten von ihnen gilt überdies, daß sie zwar angeben «wie's gemacht wird» aber nicht «wie man's macht». Das heißt, es gehört zu ihrer Anwendung eine ziemliche Erfahrung und Übung — und viel Sorgfalt und Geduld. Die besten dieser Methoden sind zudem recht kompliziert und langwierig und verlangen eine ziemlich kostspielige spezielle Einrichtung. Die wirklich guten Verfahren sind außerdem oft Geheimnis einzelner Firmen.

Als ein Verfahren, das große Verbreitung gefunden hat, und hauptsächlich zum schwarzoxydieren von Gewehrläufen, Uhrgehäusen u. s. w. dient, und bei relativer Einfachheit sehr gute Resultate gibt, sei folgendes erwähnt:

Die eisernen Gegenstände werden unter Zuhilfenahme von Schmirgel, Kreide u. s. w. blank geputzt, (besser im Sandstrahlgebläse), dann mit aufgeschlemmtem reinem Kalk behufs Entfettung abgebürstet. Man spült sie, ohne sie mit den Fingern wieder zu berühren, mit Wasser ab und bestreicht sie mit folgender Lösung:

70 gr. kristallisiertes Ferrochlorid,
10 gr. Ferrichlorid,
2 gr. Sublimat und einige Tropfen Salzsäure.

Die Gegenstände kommen dann etwa eine halbe Stunde in einen auf ca 100° C. geheizten Trockenschrank. Sie überziehen sich dabei mit einer gleichmäßigen dünnen Rostschicht, die nirgends Lücken oder Flecken zeigen darf. Darauf kommen sie eine halbe Stunde in Wasserdampf und schließlich ca 20 Minuten in kochendes Wasser, wobei der Überzug tiefschwarz wird. Man kratzt sie nun vorsichtig und möglichst gleichmäßig mit einer weichen Eisenbürste, wiederholt das Bestreichen mit obiger Lösung sowie alle nachfolgenden Operationen noch einmal, ev. auch zweimal. Dann werden die Waren, am besten durch schnell rotierende Kratzbürsten scharf gekrazt, wobei sie einen glänzenden, gleichmäßigen, tiefschwarzen Überzug erhalten. Man taucht sie nun in heißes Leinöl, wäscht dieses mit Seifenlösung ab, und trocknet rasch in warmen Sägespänen.

Gute Ergebnisse erhält man nach eigenen Erfahrungen mit den Verfahren, die Wismuth- und Quecksilbersalze verwenden. Als eines der bewährtesten sei folgendes beschrieben:

In 70 cm³ Salzsäure löst man

20 gr Sublimat,
10 gr Wismuthchlorid,
10 gr Kupferchlorid,

gibt 60 cm³ Alkohol hinzu, schüttelt kräftig und läßt ca eine Stunde stehen. Mit der klaren Lösung wird das wie vorher beschrieben gereinigte und entfettete Eisen gleichmäßig bestrichen mittelst einer Bürste oder eines Tuchlappens. Das Einreiben wird noch zwei- oder dreimal wiederholt, bis der gewünschte Ton erreicht ist. Sollte sich die Lösung schlecht auf dem Eisen verteilen, so gibt man etwas Wasser zu. Nach beendeter Brünierung kocht man die Gegenstände 10 Minuten in Leinöl, wäscht dieses nach dem Erkalten mit Seifenwasser ab und trocknet. Es empfiehlt sich den Gegenstand dann leicht mit der Wachsbürste zu bearbeiten.

Viel erwähnt findet man das Einreiben des Eisens mit einer Paste von Olivenöl und Antimonbutter: es scheidet sich auf dem Eisen ein Antimonbelag aus.

Auch durch das Aufbrennen organischer Stoffe, die auf dem Eisen verkohlt werden, kann man eine ziemlich gut schützende Schwarzfärbung erreichen. So werden Eisenstücke mit Öl, oder Talg oder Wachs, oder Mischungen dieser dünn eingerieben und dann langsam und gleichmäßig auf 300 bis 400° C. erhitzt. Man erhält so eine erst braune, dann tiefschwarze, gut haftende Farbe.

Ein sehr einfaches Verfahren, das sich bei meinen Versuchen gut bewährt hat, ist folgendes: In einem ca. 30 ctm hohen gußeisernen Topf breitet man auf dem Boden eine ca. 2 ctm hohe Schicht Steinkohlenstaub oder Gries aus. In einer Höhe von 2 ctm über dieser Schicht bringt man einen Rost aus Eisendraht an, auf den man die zu behandelnden (vorher gut gereinigten) Eisenstücke legt. Man schließt den Topf und stellt ihn auf ein gutes Feuer. Man hält während ungefähr einer halben Stunde den Boden des Topfes auf Dunkelrotglut, stellt dann den Topf bei Seite und öffnet ihn nach einiger Zeit.

Die Kohle ist in Koks verwandelt; die eisernen Gegenstände, die auch ziemlich hoch erhitzt wurden, sind mit einer sehr festen, emailartigen schwarzen Schicht überzogen, die außerordentlich fest haftet und dabei den großen Vorteil hat, sehr elastisch zu sein. So behandelte Gegenstände können scharf gebogen werden, und großen Temperaturdifferenzen ausgesetzt werden, ohne daß die Schutzschicht abspringt oder beschädigt wird.

Auch das in letzter Zeit viel besprochene, von der Gen. Electric Co. Schenectady N. Y. ausgearbeitete «Kalorisieren des Eisens» wäre hier zu erwähnen. Zwar wirkt es nur ganz wenig rost-

schützend, und ist vor allem bestimmt, das Eisen (und auch andere Metalle) in hoher Hitze vor dem Verbrennen zu schützen, aber dieses Verbrennen in hoher Hitze ist ja auch eine Oxydation wie das Rosten. Das Verfahren besteht in der Umwandlung der Metalloberfläche in eine aluminiumreiche Legierung. Zu diesem Zwecke werden die Metallstücke in eine Mischung von Tonerde, Aluminiumpulver (bis 50%) und ein bis zwei % Ammoniumchlorid gepackt und auf ca. 900 bis 950° C. erhitzt. Die sich dabei bildende Schutzschicht schützt das Metall ganz bedeutend gegen die Einwirkung von Temperaturen bis zu 1100° C. Das so behandelte Eisen rostet jedoch an der Luft, während kalorisiertes Kupfer auch gegen die Einwirkung feuchter Luft und Kohlensäure geschützt ist. Leider ist die Schicht sehr spröde, so daß die Methode für dünne Bleche und Drähte nicht in Betracht kommt.

Dem Kalorisieren nahe verwand ist das «Sherardisieren» des Eisens. Nach diesem Verfahren werden bekanntlich die eisernen Kriegsmünzen gegen Rost geschützt. Es stellt eine sogenannte Trockenverzinkung dar, die sich besonders für kleine Massenartikel wie z. B. Münzen bequem ausführen läßt. Die zu behandelnden Gegenstände werden zusammen mit technischem Zinkpulver in eine gut schließende Trommel eingefüllt, und diese unter beständigem Umdrehen mehrere Stunden auf ca. 250 bis 400° C. erhitzt. Nach Beendigung der Operation wird die Trommel über einem Sieb entleert. Der durchfallende Zinkstaub wird wieder verwendet. Obwohl der Siedepunkt des Zinkes bei 930° liegt, verdampft das Zink bei 250° schon recht merklich. Bei 350° wurden in einer Stunde von einem m² Eisenfläche 15 gr Zink aufgenommen; bei 400° — 100 gr, bei 450° — 258 gr. Der Zinkdampf destilliert in das Eisen langsam hinein. Je nach der Menge des aufgenommenen Zinkes ist das Eisen nach der Behandlung silberweiß bis mattgrau. Das Sherardisieren stellt eines der besten Rostschutzmittel dar, was Wirksamkeit angeht, die wir bis heute kennen. Da der Zinkdampf überall hindringt, lassen sich auch Gegenstände mit recht komplizierter Form, Hohlräumen und Vertiefungen mit Leichtigkeit innen und außen verzinken. Bei den eisernen 10 Pfennigstücken macht das Zink etwa 1/60 des Gewichtes aus und die Dicke der Zinkeisenschicht beträgt ungefähr 1/70 mm.

Auf derselben Grundlage beruht das Cowperisieren des Eisens, bei welchem Eisen und Zink in getrennten Räumen erhitzt werden, wobei über das Zink behufs rascheren Verdampfens und Verhütung von Oxydation Wasserstoffgas geleitet wird. Eine gewisse Ähnlichkeit mit diesen beiden hat ein anderes Verfahren, das darin besteht, daß vorher verkupferte Eisenstücke in einer Packung von Kohle und Zinkoxyd erhitzt werden, wobei sich ein

fest haftender Messingüberzug bildet. Große Bedeutung haben diese Methoden jedoch nicht erlangt.

Wir wären damit zu den Rostschutzverfahren gekommen, die auf dem Überdecken des Eisens mit einer Schicht eines andern widerstandsfähigeren Metalles beruhen. Vor allem ist hier das Verzinnen und das Verzinken des Eisens zu nennen. Das Überziehen des Eisens mit Zinn oder Zink geschieht noch heute fast ausschließlich auf trocknem Wege, d. h. durch Eintauchen des Eisens in das geschmolzene Metall, ev. nach entsprechender Präparierung des Eisens. Überzüge mit andern Metallen werden meist auf galvanischem Wege hergestellt.

Die Dauerhaftigkeit dieser Metallüberzüge wird abhängen von der Widerstandsfähigkeit des betreffenden Metalles gegenüber den Atmosphärilien und Säuren und gegenüber mechanischen Einwirkungen. Zinn ist in dieser Hinsicht dem Zink überlegen; auch ist das Verzinnen leichter ausführbar. Ferner kommt es auf die Homogenität, die Lückenlosigkeit der Schutzschicht an. Bei nicht völlig lückenloser Schicht und bei späterer Verletzung derselben kommt dann als neuer wesentlicher Faktor die Stellung des betreffenden Metalles zum Eisen in der elektrischen Spannungsreihe hinzu. Metalle die darin über dem Eisen stehen, also negativer sind, werden auch bei Verletzung der Schutzschicht noch Schutzwirkung zeigen, während elektropositivere Metalle in diesem Falle das Rosten wesentlich begünstigen und beschleunigen. Über diese Frage befinden sich in Kapitel III dieser Studien nähere Angaben. Auf dem elektronegativen Charakter des Zinkes gegenüber Eisen beruht auch zum großen Teil die große Haltbarkeit der verzinkten Bleche und Drähte. Nach Pettenkofer beträgt die Abnutzung bei Zinkdächern innerhalb 27 Jahren 0,042 Kgr Zink pro m^2. Demnach würden galvanisierte Eisenbleche, die heute leicht mit 0,55 kgr Zink pro m^2 auf jeder Seite hergestellt werden können, eine Dauer von 350 Jahren haben. «Würden haben» — wenn nicht aus galvanischen Gründen das Zink in Berührung mit Eisen rascher zerstört würde als sonst. Immerhin bildet von allen Metallüberzügen die praktisch in Betracht kommen, der Zinküberzug noch heute das beste Rostschutzmittel. Auch das Verbleien des Eisens hat wegen der vorzüglichen Eigenschaften dieses Metalles gegenüber Säuren besonders für den Apparatebau der chemischen Industrie größere Bedeutung erlangt. Dünnere Bleiüberzüge können durch Eintauchen erzeugt werden; von größerer Bedeutung ist die sogenannte homogene Verbleiung geworden. Diese geschieht durch Aufschmelzen von Bleiblechen auf das vorher verzinnte, oder dünn verbleite Eisen. Es ist also eine Art Metallplattierung, die heute von manchen Fabriken in außerordentlicher Vollkommenheit und Dauerhaftigkeit ausgeführt wird.

Überzüge von Kupfer auf Eisen werden weniger angewandt, sind auch wegen der positiven Natur des Kupfers dem Eisen gegenüber nicht zu empfehlen, es sei denn daß die Kupferschicht ganz homogen sei, die betreffenden Eisenstücke keinerlei mechanischen Beanspruchung ausgesetzt seien, oder daß die Kupferschicht entsprechend dick gemacht werde. Viel größere Bedeutung hat dagegen die Vernickelung des Eisens erlangt. Es liegt dies vor allem an den guten mechanischen Eigenschaften dieses Metalles und an der Leichtigkeit der Herstellung auch starker Nickelüberzüge auf galvanischem Wege. Vielfach wird noch das Eisen vor der Vernickelung verkupfert und manche Nickelbäder verlangen dies. Dieses vorherige Verkupfern hat aber meist nicht die erwarteten Vorteile, bestehend in einem besseren Haften des Nickelüberzuges und einer größeren Dauerhaftigkeit, gezeigt. Nach eigenen vergleichenden Versuchen war oft das Gegenteil der Fall. Nun, das mag jeweilig von den Bädern und der Arbeitsweise der betreffenden Firmen abhängen.

Besonders in der Fahrradindustrie hat sich die Vernickelung der Eisen- und Stahlteile gut bewährt — nur nicht die der Radfelgen! Schuld daran sind nach eigenen Beobachtungen u. a. vor allem — die Hunde! Und das kommt so: In Kapitel III habe ich gezeigt, daß in Berührung mit Ammoniakhaltigen (auch harnstoffhaltigen) Flüssigkeiten Nickel, wenn in Berührung mit Eisen, sich rasch auflöst. Steht da ein neues Rad mit prachtvoll glänzenden Nickelfelgen an die Mauer gelehnt — Harnstoff- und ammoniakhaltige Flüssigkeit, Hund und Radfelge kann sich jeder leicht zusammenreimen, und die Folge ist eine kurze Lebensdauer der Vernickelung, ein baldiges Auftreten von zahllosen nadelstichförmigen Rostpunkten u. s. w.

Ein neues, außerordentlich aussichtsvolles Verfahren zur Herstellung von Metallüberzügen aller Art ist die Metallisierung nach Schoop. Durch komprimierte Luft (oder andere Gase) wird das betreffende Metall (Zink, Zinn, Blei, Aluminium, Kupfer, Messing u. s. w. in geschmolzenem Zustande zerstäubt und auf die zu metallisierende Fläche aufgeblasen. Es bildet sich so ein gut haftender, homogener Niederschlag, dem man eine beliebige Dicke geben kann. Nicht nur Eisen und Metalle, sondern alle beliebigen Stoffe lassen sich auf diese Weise bequem mit Metallschichten überziehen. Das dazu dienende Instrument ist die «Metallisator» genannte Spritzpistole. Im Innern dieser befindet sich ein Zahnradgetriebe, das z. B. einen Zinkdraht von gegebener Dicke mit einer bestimmten Geschwindigkeit vorwärts bewegt. Zu dem Zinkdraht treten aus einer Düse drei Gasströme: Sauerstoff und Wasserstoff (in neuern Apparaten auch Leuchtgas) zur Speisung des Knallgasgebläses, das den Zinkdraht schmilzt, und komprimierte Luft, die das geschmolzene Metall zerstäubt

und abschleudert. Diese komprimierte Luft treibt zugleich eine kleine Turbine, die das erwähnte Zahnradgetriebe in Bewegung setzt. Die heutigen Spritzpistolen Schoops, die nur drei Pfund wiegen, arbeiten schon mit einem Druck von 3 ½ Atmosphären bei einem stündlichen Luftverbrauch von 300 Liter. Da das zerstäubte Metall eine Temperatur von nur 70 bis 80° C. hat, werden die zu behandelnden Stahlteile nicht ausgeglüht und nicht enthärtet, was von großer Bedeutung ist. Besonders ist hervorzuheben, daß auf diesem Wege es endlich möglich wird, Eisen mit gut haftenden dicken Aluminiumüberzügen zu versehen, was bekanntlich bisher auf galvanischem Wege unmöglich war — trotz aller Patente die darauf genommen wurden.

Einen außerordentlich wirksamen Rostschutz gibt der Email ab, der an Beständigkeit und Dauerhaftigkeit nicht zu übertreffen ist, leider aber den Nachteil hat, gegen Stöße empfindlich zu sein und wegen seiner Sprödigkeit leicht abzuspringen. Auch macht das Emaillieren konvexer Flächen Schwierigkeiten, die jedoch in letzten Jahren von manchen Firmen überwunden wurden.

Blanke Eisenwaren, denen das blanke metallische Aussehen gewahrt bleiben soll, sowie arbeitende Flächen, bei denen Überzüge oder Anstriche nicht angebracht werden sollen oder können, schützt man vor Rosten durch einfetten oder einölen. Selbstverständlich muß das Öl oder Fett säurefrei sein und auch wasserfrei. Gewöhnliche Fette zersetzen sich an der Luft unter Freiwerden von Fettsäuren, diese geben demnach keinen dauernden Rostschutz ab. Nur völlig neutrale und indifferente Oele sind zu gebrauchen, wie Paraffinöl, Vaseline, geschmolzenes Paraffin, Ceresin, Wachs und dergleichen. Sie müssen eine gewisse Consistenz besitzen, damit sie nicht zu leicht abfließen, und in nicht zu dünner Schicht zurückbleiben. Wie ich in Kapitel III nachgewiesen habe, sind diese Mittel alle für Feuchtigkeit, Kohlensäure und Sauerstoff nicht absolut undurchlässig und gewähren demnach keinen dauernden und sicheren Rostschutz, immerhin genügen sie in nicht allzuungünstigen Verhältnissen und bei gelegentlicher Erneuerung der Behandlung für die meisten Zwecke. Viel wirksamer, auch bei ungünstigen Verhältnissen sind die ebendort besprochenen alkalischen Oele, die Ammoniakseifen enthalten. Die rostschützenden Eigenschaften der sogenannten Bohröle sind seit langem bekannt, wenn man sie mit etwas Sorgfalt und zweckmäßig herstellt, so hat man darin ein Mittel, das Rosten selbst in säurehaltiger Atmosphäre und in Wasserdampf wirksam zu bekämpfen.

Ich möchte hier noch einmal darauf hinweisen, daß die Ammoniakseifen enthaltenden Öle Messing, Kupfer, Bronze und Nickel angreifen und ihrerseits von diesen Metallen zersetzt

werden. Man hüte sich also z. B. messingene Putzbürsten in das Oel zu tauchen, oder gar darin zu belassen.

Einen sehr guten Rostschutz geben auch wachshaltige Öle oder ein Überzug des Eisens mit Wachslösungen ab. Ich bin z. Z. mit Versuchen zur Herstellung eines Rostschutzmittels beschäftigt, das nebst anderm, als wesentlichen Bestandteil teilweise verseiftes Wachs enthält. Das Gemisch scheint außerordentlich gut zu wirken, doch bedürfen dergleichen Versuche naturgemäß lange Zeit zu ihrer entgültigen Würdigung.

Paraffin in flüssigem Paraffin gelöst, gibt je nach dem Mischungsverhältnis beliebig konsistente Massen, die wegen der großen Indifferenz und Beständigkeit des Paraffins dauernden Schutz gewähren. Die American Society for testing Machines, die über Schutzmittel gegen Rost unter den allerungünstigsten Verhältnissen eingehende Versuche angestellt hat, empfiehlt als eines der wirksamsten Schutzmittel die Umhüllung mit paraffiniertem Papier. Die eisernen Gegenstände werden erst blank geputzt, mit einer Bleifarbe bestrichen, und dann mit paraffiniertem Papier fest umwickelt, sodaß dieses an der noch feuchten Farbe festklebt. So präparierte Eisenteile zeigten in Rauch, Säuredämpfen, Meerwasser, kurz unter den ungünstigsten Bedingungen eine außerordentliche Haltbarkeit. Allerdings ist das Verfahren nur sehr beschränkt anwendbar.

Das älteste und der Praxis bei weitem am meisten angewendete Verfahren des Rostschutzes besteht in der Verwendung von Farbanstrichen. Ganz wie bei den bisher erwähnten Behandlungsarten war auch hier der leitende Gedanke das Eisen durch einen undurchdringlichen Anstrich vor der Berührung mit den Rostagentien: Kohlensäure, Wasser und Sauerstoff zu schützen. Die Güte und Wirksamkeit eines Anstriches wird demach in erster Linie abhängen von seiner Undurchlässigkeit für diese Agentien. Am undurchlässigsten sind Anstriche, die unter Zuhilfenahme von Kautschuklösungen hergestellt sind; völlig undurchdringlich aber ist keiner. Die außerordentlich oft und überall beobachtete Erscheinung, daß sich unter der Farbschicht Rost bildet, der diese aufbeult und schließlich absprengt, beweist dies zur Genüge.

Im allgemeinen wird der Wert einer Farbe bestimmt durch zwei Faktoren: erstens durch seine Rostschutzwirkung, und zweitens durch seine Dauerhaftigkeit. Unter Dauerhaftigkeit oder Wetterbeständigkeit versteht man die relative Zeit, die der Anstrich den Enwirkungen der Atmosphäre gegenüber beständig ist. Eine Farbe von guter Rostschutzwirkung soll dann während ihrer Lebensdauer das Rosten des Eisens möglichst verhüten. Je nach den äußeren Bedingungen kommt es jeweilig mehr auf den einen

oder auf den anderen der beiden Faktoren an. In trockener Atmosphäre, wo wenig Rosttendenz besteht, wird die Dauerhaftigkeit der Farbe den Ausschlag geben; während es bei rostfördernden Bedingungen mehr auf die Rostschutzwirkung des Anstriches ankommt. Nachdem man erkannt hatte, daß völlige Undurchläßigkeit gegenüber Feuchtigkeit Sauerstoff u. s. w. nicht zu erreichen ist, hat man die Rostschutzwirkung durch geeignete Auswahl der Farbkörper, Pigmente, zu erreichen gesucht. Diese letzteren können in der Tat den Rostprozeß in ganz erheblichem Maße beeinflussen. Manche Pigmente wirken direkt rostfördernd, sei es, daß sie von der Fabrikation herrührende Spuren von Verunreinigungen, besonders Säuren oder saure Salze enthalten, sei es, daß sie gegenüber dem Eisen ungünstige Potentialdifferenzen aufweisen. Bei Gegenwart von genügend Feuchtigkeit kommt es dann zur Bildung von Lokalelementen, in denen das Eisen Lösungselektrode ist. In diesem Sinne ist z. B. Zinkoxyd besonders gefährlich, es zeigt nach Liebreich gegen Eisen 0,150 Volt. Auch Bleiweiß ist in dieser Hinsicht ziemlich ungünstig gestellt. Was die zur Ausbildung der Lokalelemente nötige Feuchtigkeit angeht, so ist außer der Durchlässigkeit aller Farbschichten noch zu bemerken, daß das Leinöl beim Trocknungsprozeß Wasser abspaltet.

Man sollte annehmen, daß die Firnisschicht als schlechter Leiter die Partikelchen des Farbkörpers gegen das Eisen isolieren würde, und daß dadurch das Auftreten von wirksamen Lokalspannungen verhindert würde. Daß dem aber nicht so ist, beweist die Tatsache, daß in Leinöl gebettete Metallfarben sich in Elektrolyten ungestört elektrolytisch betätigen, und daß Metalloxydleinölfarbanstriche an verdünnte Säuren Metall abgeben.

Walker und Lewis *) haben gezeigt, daß die Bildung dieser Lokalelemente nur den Anstoß zum Rosten gibt, daß die Hauptursache für das Weiterrosten aber in dem Wasserstoff liegt, den die Lokalelemente zur Abscheidung, resp. Entladung bringen. Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet, erscheint die Absorptionsfähigkeit und die Okklusionsfähigkeit einer Farbschicht für Wasserstoff von der größten Bedeutung. Auf dieser Wasserstoffabsorption beruht nach Walker die Tatsache, daß lackiertes Eisen gegen unlackiertes positiv ist, sodaß das unlackierte in Berührung mit dem lackierten Eisen zum Rosten gebracht wird. Nur so ist auch die oft beobachtete Tatsache erklärlich, daß Pigmente, wie Glimmer, Quarz u. s. w. die so außerordentlich beständig und indifferent gegenüber Eisen sind, in feuchter Luft sehr rasche Rostbildung zur Folge haben. Infolge ihrer muscheligen, flächen-

*) Journal of Ind. and Eng. Chem. I. 754.

haften Beschaffenheit sind sie zur Okklusion von minuskulen Wasserstoffbläschen ganz besonders geeignet. Der Rost zeigt sich bei diesen Pigmenten denn auch in Form von unzähligen nadelstichgroßen Punkten.

Nach alledem bleibt uns, wenn wir durch das Pigment Rostschutz bewirken wollen, nur mehr die eine Möglichkeit, solche Farbkörper zu wählen, die die Lösungstension des Eisens herabsetzen, dieses also gewissermaßen passivieren. In dieser Richtung bewegen sich denn auch seit langen Jahren alle diesbezüglichen Versuche. Wir haben in Kapitel II gesehen, daß es zwei Möglichkeiten gibt, den Lösungsprozeß des Eisens zu hemmen, nämlich die Passivierung des Eisens entweder durch stark oxydierende Mittel wie Chromsäure, Chromsalze, oder durch wasserstoffionenarme Medien (Laugen). Wirkt die in der Farbschicht vorhandene Feuchtigkeit zugleich auf Chromverbindungen oder auf Hydroxylionen abspaltende Pigmente ein, so wird dadurch das Eisen passiviert, das Rosten verhindert. Damit ist das Prinzip des Rostschutzes gegeben, und es ist Sache der Technik, die jeweilig geeigneten Verhältnisse zu finden. Die eben erwähnten alkalischen Öle wirken in derselben Weise. In Amerika hat man seit 1895 besonders die Chromverbindungen empfohlen, während man sich in Europa nach dem Vorgehen Liebreichs mehr den basischen Verbindungen zuwandte. Schließlich machte dann auch in Amerika Gardner darauf aufmerksam, daß sich eigentlich nur die Chromverbindungen als wirklich wirksam erwiesen hätten, die zugleich basisch sind, und seither geht man auch dort mehr und mehr zu den basischen Schutzpigmenten über.

Einesteils wegen der relativen Kostspieligkeit der Schutzpigmente, meist aber weil diese nicht die gewünschte Farbe ergeben, geht man in der Praxis meist so vor, daß man Schutzpigmente nur zum ersten Grundanstrich verwendet, und darüber einen oder zwei Deckanstriche mit Pigmenten von großer Dauerhaftigkeit und gewünschter Nüance aufträgt. Zu diesen Deckanstrichen kann man dann auch ohne Schaden Pigmente benutzen, die ganz geringen oder keinen Rostschutz gewähren, dafür aber besonders beständig und dauerhaft sind. Die Dauerhaftigkeit eines Anstriches ist allerdings nicht nur vom Pigment abhängig, sondern auch vom Vehikel, dem verwendeten Bindemittel, Öl.

Um die Dauerhaftigkeit der Pigmente in dem meist angewendeten reinen Leinölfirnis festzustellen, hat die American Society for Testing Materials (Cushman) grundlegende Versuche angestellt, deren Resultate ich wegen ihrer großen Bedeutung in folgender Tabelle wiedergebe. Die einzelnen Pigmente wurden

PIGMENT.	W. H. Walker.	P. H. Walker.	H. A. Gardner.	C. Chapman.	Durchschnitt.
Amer. Vermeillon (basisches Bleichromat)	10	10	10	10	10
Chromgrün	10	10	10	9,5	9,8
Zink- und Bleichromat gemischt	10	9,5	10	9,5	9,7
Zinkchromat	9	9	10	9,5	9,5
Magnet, Eisenoxyd (schwarz)	9	9,5	10	9,5	9,5
Bleisulfat (White Lead)	9	9,5	9	8,5	9
Preussisch Blau	9	9,5	9,5	9	9
Bleimennige	9	9	9	6,5	8,3
Eisenoxyd (Eisenmennige)	8,5	9	8	7	8,1
Venezianisch Rot (Eisenoxyd (künstlich)	7	9	7	9	8
Bleichromat	7	7,5	8,5	8	7,7
Graphit (natürlich)	6	9	4	9,5	6,8
Brauner Glimmer	5	7,5	6	8	6,3
Lampenruss	5	7,5	5	8	6,3
Kaolin (China Clay)	6	6	7	6,5	6,3
Graphit (künstlich)	5	7,5	5	8	6,3
Ocker (französisch, gelb)	5	7	2	8	5,5
Asbestine (Magnesiumsilikat)	5	4,5	6	5	5,1
Zink- und Bleiweiss gemischt	3	4	5	7	4,7
Bleiweiss (Fällungsverfahren)	4	4	3	6	4,2
Bleiweiss (holländisches Verfahren)	2	3	3	5	3,7
Lithopone	2	1,5	2	3,5	2,2
Schwerspat (gefällt)	2	1,5	2	2	1,8
Gips (Calciumsulfat)	1	1	1	3	1,7
Zinkoxyd	1	1,5	1	2,5	1,5
Schwerspat (natürlich)	1	1	1	0	0,7
Kreide	0	0	0	0	0
Ultramarin	0	0	0	0	0
Dreimaliger Anstrich von Leinölfirnis ohne Pigment	1	0	1	4	1,5
Einmaliger Anstrich von Chromresinat in Öl	1	0	0	2	0,7
Teeranstrich über Bleimennige	4	8	2	7	5,2

unter Aufsicht der Gesellschaft mit dreimaligem Anstrich auf rostfreie Tafeln aufgetragen. Das Pigment war mit reinem Leinölfirnis zur Streichfähigkeit angerührt. Sowohl beim Aufstreichen, wie beim Befestigen der Tafeln u. s. w. wurden alle erdenklichen Vorsichtsmaßregeln beobachtet. Die Versuchsdauer betrug beinahe vier Jahre. Die Versuche wurden in Atlantic City an der nordamerkanischen Ostküste nahe am Meere vorgenommen, also in typischem Seeklima. Die Beobachtung und Beurteilung geschah durch vier von einander unabhängige Beobachter: W. H. Walker, P. H. Walker, H. A. Gardner und C. Chapman.

Jeder Anstrich wurde in drei Serien auf drei Arten von Eisenplatten aufgetragen, und zwar auf Platten aus Bessemerstahl, reinem Eisenblech, und Martinstahl. Bei einigen der Pigmente machte sich die rostfördernde Wirkung recht deutlich bemerkbar, so beim Glimmer und beim Graphit. Auch beim Eisenoxyd, beim Ocker und beim Lampenruß zeigten sich bald massenhaft punktförmige Roststellen. Die übrigen Pigmente staubten oder platzten schließlich ab, meist in der Richtung der Pinselstriche. Die Pigmente mit Prädikat unter 5 waren nach vier Jahren ganz oder fast ganz verschwunden; bei denen mit über 8,5 war zu dieser Zeit noch kein Rosten zu bemerken. Auch hatten diese Pigmente die Eigenschaft, an künstlich freigelegten Stellen, die an jeder Tafel angebracht waren, das Weiterumsichgreifen des Rostes zu verhindern.

Es scheint nach den Erfahrungen der Praxis die Verwendung eines Gemisches verschiedener Pigmente von möglichst verschiedener Korngröße in Bezug auf Dauerhaftigkeit und Undurchlässigkeit günstig zu wirken.

Als Vehikel wird fast ausschließlich das Leinöl verwendet; erst in neuerer Zeit sind die vorzüglichen Eigenschaften des Holzöles mehr und mehr zur Geltung gekommen. Es trocknet in außerordentlich wasserdichter und harter Schicht auf, die ungewöhnlich fest haftet. Seine Verwendbarkeit hängt von seiner entsprechenden Herstellungsweise ab, und manche Firmen stellen es für Anstriche in außerordentlicher Weise sich eignender Qualität her. Auch in Mischung mit Leinöl gibt es sehr wetterbeständige Anstriche. Andere, besonders nicht trocknende Öle sind weniger zu empfehlen, wenn auch in manchen Fällen ein geringer Zusatz davon von Nutzen ist.

In der Praxis unterscheidet man, wie bereits erwähnt, zwischen dem Grundierungs- und dem Deckanstrich. Ersterer soll rostschützend wirken, letzterer soll wetterfest sein. Zum ersten Anstrich wird man chromhaltige oder besser basische Pigmente benutzen. Diese verseifen sich zum Teil mit dem Oel und bilden dann in geringem Maße, ähnlich wie beim Bohröl,

Waffenöl, gewissermaßen alkalische Seifenlösungen, deren vorzügliche Rostschutzwirkung wir a. a. O. erwähnt und erklärt haben. In diesem Sinne wirkt auch die viel verwendete Bleimennige. Für den Deckanstrich wird man beständige, indifferente Pigmente wählen, wie Ruß, Graphit, Glimmer u. s. w. und als Vehikel Holzöl mit Leinöl. Im übrigen ist es nicht möglich eine Universalfarbe für alle Umstände anzugeben. Jeder Fall erfordert eine besondere Behandlung, und es ist Sache des Fachmannes und der Farbenfabriken, nach ihren Erfahrungen für jeden Fall die zutreffende Zusammensetzung zu bestimmen.

Sehr wichtig ist beim Anstreichen ein möglichstes Abhalten von Feuchtigkeit. Schutzanstriche auf Eisen sollen daher stets bei trockner Witterung vorgenommen werden; Eisenrohre der Gas- und Wasserleitungen sollen möglichst heiß geteert werden. Besonders schlimm wirken auch nur Spuren von Feuchtigkeit, wenn es, wie es meist der Fall ist, nicht möglich war, den auf dem Eisen vorhandenen Rost vor dem Anstrich vollständig zu entfernen. Bei Zudringen von Feuchtigkeit führt jeder bleibende Rostfleck bald zum Aufbeulen und Abblättern des Anstriches. Zu den wichtigsten Schutzmaßregeln gehört demnach die möglichst vollständige Entfernung aller vorhandenen Rostspuren vor Aufbringung der Farbschichten. Es geschieht dies in der Praxis meist auf mechanischem Wege durch Abkratzen, am besten durch ein Sandstrahlgebläse. Chemische Mittel sind hier kaum brauchbar, auch wegen der durch ihre meist stark saure Natur bedingten Gefahr des Nachrostens nicht zu empfehlen. Auch ein Abbrennen mit der Lötlampe gibt gute Resultate. Es wird allerdings dadurch der Rost kaum je vollständig entfernt (was ja auch sonst, wie gesagt, meist nicht möglich ist) wenigstens wird aber der verbleibende Rost entwässert, und dadurch viel weniger schädlich. Dazu kommt, daß der entwässerte poröse Rost das Öl aufsaugt und dadurch ein nachträgliches Eindringen von Wasser verhindert wird. Man hat aus diesem Grund auch empfohlen, durch sehr dünnflüssigen Anstrich erst den Rost auf diese Weise zu «fixieren».

Wir kämen damit zur Frage der Entfernung des Rostes, die nicht nur als Vorbereitung beim Anstreichen, sondern auch in Bezug auf das Reinhalten und Putzen von eisernen Gegenständen interessiert. In den meisten Fällen wird der Rost auf mechanischem Wege, durch abkratzen, abreiben entfernt. Hilfsmittel dabei sind Schmirgelpapier, Bimsteinpulver, Sand u. dergl. Auch Pasten die als wirksamen Bestandteil eines dieser Mittel enthalten, sind zu diesem Zwecke im Handel zu haben. Sehr praktisch und bequem zur Entfernung schwacher Rostflecken sind die Glasbürsten, die aus einem ca. 1 bis 2 ctm. dicken, mit Schnur um-

wickelten Bündel aus Glashaaren bestehen. Besser wirken diese beim Putzen von Bronce, Messing, Kupfer und Silber, für Eisen sind sie etwas weich. Versuche die ich anstellte mit ähnlichen Bürsten aus Quarzfäden, die ja bedeutend härter sind, gaben ein unbefriedigendes Resultat, da die Quarzfäden zu leicht abbrechen, zu wenig elastisch sind. Bei feineren Apparaten ist nach mechanischer Entfernung des Rostes die betreffende Stelle immer möglichst gut nachzupolieren, da an diesen Stellen sonst immer wieder bald Rost sich bildet. Ein jeder, der in dieser Hinsicht Beobachtungen angestellt hat, wird bestätigen, wie schwer es ist, einigermaßen alte Rostflecken wirklich vollkommen zu entfernen. Wenn man die Operation des Entrostens unter dem Mikroskop, am besten unter dem stereoskopischen Mikroskop verfolgt, muß man staunen darüber, wie tief solche Rostflecken sich in Höhlen und Nebenhöhlen in das Eisen eingefressen haben, und wie der Rost im Eisen geradezu eingewurzelt ist. Um ältere Rostflecken wirklich vollständig bis auf die letzten Spuren zu entfernen, müsste man das Metall sehr tief abtragen, was in den meisten Fällen nicht tunlich ist. Es werden also in der Praxis fast stets Spuren des Rostes zurückbleiben, die, wenn nicht besonders behandelt, (nach Austrocknung mit Öl getränkt und dergl.) immer wieder wachsen. Dies auch, wenn sie so klein sind, daß sie mit dem bloßen Auge gar nicht mehr wahrgenommen werden können, und daher kommt es, daß das Eisen fast immer wieder zuerst dort zu rosten beginnt, wo schon einmal Rost vorhanden war.

Die letzten Rostspuren könnte man auch versuchen durch chemische Mittel zu entfernen. Das naheliegende wäre ein Auflösen des Rostes in einem entsprechenden Lösungsmittel. Ein solches spezifisches Lösungsmittel für Rost, das praktisch brauchbar wäre, gibt es nun aber bis heute leider nicht. Am besten löst sich Rost in 80 %iger kochender Schwefelsäure, aber, und das haben fast alle Lösungsmittel des Rostes gemein, das Eisen löst sich darin noch viel rascher. Es sind von verschiedenen Seiten zur Lösung des Rostes organische Säuren, wie Citronensäure, Weinsäure, Rosolsäure, Oxalsäure empfohlen worden, ob diese praktisch brauchbar sind, ist mir nicht bekannt geworden, und ich möchte es sehr bezweifeln. Zudem greifen auch sie das Eisen selbst stark an.

Von der Tatsache ausgehend, daß der Rost ein Oxyd darstellt, hat man versucht, ihm mit Reduktionsmitteln zu Leibe zu gehen. Man hat in dieser Hinsicht zwar Erfolge erzielt, aber wie der Rost zu seiner Bildung meist lange Zeit gebraucht hat, so brauchen auch diese Reduktionsmittel lange Zeit zu seiner Zerstörung, in andern Worten, sie wirken nur langsam. Als er-

schwerendes Moment kommt noch hinzu, daß sich die so sehr unlöslichen und indifferenten Beimengungen des Eisens, Siliciumverbindungen, Kohlenstoff u. s. w. beim Entrosten immer mehr anreichern. Am häufigsten findet man zur Reduktion des Rostes eine konzentrierte Lösung von Zinnchlorür empfohlen. Diese greift jedoch, da sie stets freie Säure in mehr oder weniger großer Menge enthält, auch das Eisen an; zudem rostet so entrostetes Eisen außerordentlich leicht wieder. Ein weiterer Nachteil dieser Methode ist der relativ hohe Preis des Mittels. Längeres Einlegen verrosteter Eisenstücke in Polysulfidlösungen wird ebenfalls empfohlen. Nach eigenen Versuchen ist die Wirkung dieses Mittels sehr schwach und langsam, außerdem wird das Eisen, wie in allen schwefelhaltigen Entrostungsmitteln tiefschwarz gefärbt. Hydrosulfid entrostet nach meinen Versuchen ziemlich energisch, die schwarze Färbung, die das Eisen darin annimmt, muß dann mit verd. Säure entfernt werden. Es sei hier erwähnt, daß Hydrosulfid (Blankit) ein vorzügliches Mittel ist, um Rostflecken aus Wäsche und aus Papier zu entfernen. Das zu diesem Zwecke von der Bad. Anilin- und Sodafabrik in den Handel gebrachte «Burmol» ist Hydrosulfid. Auch eine schwach alkalische kochende Lösung von Hydrazinsulfat entrostet, ist aber ziemlich teuer. Kleine Gegenstände, die ein Erhitzen vertragen, erwärmt man auf Rotglut und wirft sie in Methylalkohol oder Brennspiritus. Dadurch wird der Rost fast vollständig abgesprengt und zum Teil reduziert.

Ein viel empfohlenes Verfahren, das besonders in Museen angewendet wird, besteht in der Behandlung der Eisenstücke mit einer Paste von Zinkstaub und Natronlauge. Durch den sich dabei entwickelnden Wasserstoff wird der Rost reduziert ohne daß das Eisen angegriffen wird. Auch werden die Eisenstücke mit schmalen Zinkstreifen umwickelt und so in 5 %ige Lauge gesteckt. (Stets ist aber dabei das Eisen an einigen Stellen blank zu kratzen!) Man kann sogar statt Lauge auch Säure nehmen, die Wirkung ist dann viel rascher und solange Zink mit dem Eisen in Berührung ist, wird letzteres nicht angegriffen. Größere Gegenstände legt man auf eine Schicht Zinkschnitzel in eine Holzbütte, bedeckt sie mit Zinkschnitzeln und übergießt das Ganze mit verdünnter Säure. Hier, wie immer, wenn beim Entrosten oder Reinigen des Eisens dieses mit Säure in Berührung kam, ist eine sorgfältige Nachbehandlung mit dünner Lauge oder Sodalösung absolut erfordert, um jede Spur der Säure zu neutralisieren. Danach werden die Gegenstände mit Wasser, (besser alkoholhaltigem Wasser) gut abgespült und in Sägespänen getrocknet.

Bei allen Entrostungsverfahren ist es ratsam, vorerst den meisten Rost mechanisch zu entfernen. Dies wird sehr erleichtert,

wenn man nach altbekanntem Rezept den Rost mit Petroleum, Oel oder Seifenpulver einige Tage benetzt. Diese Flüßigkeiten von geringer Oberflächenspannung dringen in die feinsten Poren des Rostes ein und lockern sein Gefüge. Damit dies der Fall sei, muß aber der Rost vorher so vollständig, wie nur möglich, von Feuchtigkeit befreit werden, denn wenn die feinsten Poren des Rostes mit Wasser gefüllt sind, dringt das Petroleum oder Oel nicht hinein. Am besten erhitzt man die Gegenstände einige Stunden in einem Trockenschrank auf ca. 120°. Will man nach der Behandlung mit Petroleum chemische Mittel zum Entrosten anwenden, müssen natürlich vorher die letzten Spuren des Oeles entfernt werden, entweder durch Erwärmen oder durch Waschen mit Benzin.

Die eleganteste, wirksamste und beste Methode der Entrostung ist aber unstreitig das elektrolytische Verfahren. Die zu entrostenden Gegenstände werden als Kathode in ein Bad von z. B. Glaubersalzlösung gehängt, in das als Anode eine Platinelektrode oder ein Kohlenstab taucht. Schickt man nun durch das Bad einen elektrischen Strom, so entwickelt sich am Eisen Wasserstoff, der den Rost reduziert und absprengt. Die Stromstärke mag zwischen 1/5 bis 1/20 Ampère pro cm^2 betragen, je stärker der Strom, desto rascher die Wirkung. Schwächere Ströme geben jedoch bessere Ausbeute. Von Zeit zu Zeit nimmt man das Eisenstück aus dem Bade und bürstet es unter einem Wasserstrahl mit einer steifen Bürste gut ab. Mittelmäßig rostige Gegenstände werden in 1 bis 2 Stunden rostfrei; stärker verrostete in 6 bis 8 Stunden. Der große Vorteil der Methode liegt in der Sauberkeit, besonders aber in der absoluten Unmöglichkeit, daß dabei das Eisen selbst angegriffen werde. Sie eignet sich ebensogut zum gründlichen Reinigen von oxydierter Bronze (Wilder Patina), Kupfer, Zink, Messing u. s. w. Bronze und Kupfer erhalten dabei in einem gewissen Moment eine sehr schöne braune Patina. Die so behandelten eisernen Gegenstände haben meist ein unansehnliches grauschwarzes Aussehen, das durch eine Nachbehandlung mit verdünnter Säure und Lauge unter Bürsten verbessert werden kann.

In der Folge meiner Versuche bin ich jedoch von den neutralen Bädern abgekommen, und habe verdünnte Salzsäure oder Schwefelsäure als Bad gewählt. Saure Bäder arbeiten nämlich viel rascher und sparen viel Strom, einmal wegen der besseren Leitfähigkeit, dann auch, weil sich in ihnen das durch Reduktion entstehende Eisenoxydul gleich auflöst. Auch haben die in saurem Bade behandelten Stücke ein besseres Aussehen. Dabei ist auch in sauern Bädern ein Angriff des Eisens vollkommen ausgeschlossen, solange man den Strom nicht unterbricht. Man zieht

die Stücke also stets ohne Stromunterbrechung zum Abbürsten heraus, und taucht sie sofort in Wasser. Mit keinem der genannten Entrostungsmittel kann man Eisen metallisch blank erhalten. Das kann nur durch polieren erreicht werden. Will man kleinere Eisengegenstände silberweiß-metallisch glänzend haben, so taucht man sie nach elektrolytischer Entrostung für einen Bruchteil einer Sekunde in konzentrierte Salpetersäure und spült sofort energisch mit Wasser ab.

Ich habe die elektrolytische Entrostungsmethode an zahlreichen, zum Teil sehr stark verrosteten Objekten erprobt und kann sie nur empfehlen. Besonders für wertvollere Gegenstände, Altertümer ist sie geradezu unentbehrlich, und sie sollte unbedingt in allen Altertumsmuseen zur Anwendung kommen. Übrigens hat die derzeitige rührige Direktion unserer Section historique und unsers Altertumsmuseums beschlossen, dieses in allernächster Zeit mit einer kompleten Einrichtung zur elektrolytischen Entrostung zu versehen.

Da wir nun bei den Altertümern aus Eisen angekommen sind, sei noch erwähnt, daß sie oft als solche dadurch charakterisiert sind, daß sie eben nur mehr aus Rost bestehen. Wollte man solche Objekte, die immerhin sehr interessant und wertvoll sein mögen, völlig entrosten, so bliebe entweder gar nichts übrig, oder die Form und Art der Gegenstände wäre gar nicht mehr erkennbar. Hier muß man sich damit begnügen, entweder auf mechanischem Wege oder elektrolytisch (in neutralem Bade!) den gröbsten Rost und Schmutz zu entfernen, so daß die Form der Objekte möglichst gewahrt bleibt. Ich habe hierbei mit dem elektrolytischen Verfahren sehr gute Resultate erzielt, indem dabei gerade die lockeren Schichten, die ja doch abblättern würden, rasch abgesprengt werden, und man den Entrostungsprozeß genau verfolgen und überwachen kann. Hat man so die gröbsten lockeren Rostschichten entfernt, so stellt sich ein neues Problem: das der Konservierung des Rostes. Nicht allein Eisenrost ist in Museen und Sammlungen zu konservieren, sondern auch der Rost anderer Metalle, vor allem die edle Patina der Bronzen.

Das Prinzip der Konservierung des Rostes besteht in seiner Isolierung gegen die Rostagentien, vor allem gegen Feuchtigkeit. Kleinere verrostete Gegenstände mag man nach Austrocknen im Trockenschrank in hermetisch verschlossene Glasgefäße bringen, auf deren Boden man einige Stücke Ätzkali gebracht hat. Für größere Gegenstände kommen Rostschutzmittel in Betracht. Hier muß aber mehr denn je dafür gesorgt werden, daß der Rost vor weiterer Behandlung möglichst vollkommen entwässert wird. Die scharf getrockneten Gegenstände wird man dann mit dünnflüssigen Lösungen möglichst indifferenter Oele oder Fette (Paraffin oder Wachs) tränken. Am besten hat sich bei meinen Versuchen

eine Lösung von Wachs in Tetrachlorkohlenstoff bewährt. Erst arbeitete ich mit Lösungen von Wachs in Benzin, diese sind aber zu dünn, da die Löslichkeit des Wachses in Benzin nur relativ gering ist. In Tetrachlorkohlenstoff erhält man jedoch leicht sehr konzentrierte Lösungen. Diese dringen in die feinsten Poren des trocknen Rostes ein, das Lösungsmittel verdampft rasch, und die Poren bleiben fast vollkommen angefüllt mit Wachs, das bekanntlich einer der resistentesten organischen Körper ist, die wir kennen. Die so behandelten Objekte haben ein mattglänzendes Aussehen; man merkt ihnen eine Schutzschicht fast gar nicht an. Ich habe so behandelte Altertümer in der Laboratoriumsluft nun über ein Jahr beobachtet, sie zeigen nicht die geringste Veränderung, während zum Vergleich nicht behandelte Objekte deutlich weiter rosteten und weiter zerstört wurden. So kann man selbst in verzweifelten Fällen oft wertvolle Objekte sicher konservieren; und sie behalten dabei ihre Form und ihr typisches Aussehen und vor allem das Merkmal ihres Alters und ihres Wertes: den «*veredelnden Rost der Jahrhunderte*».

Reise-Abenteuer.

Geschichte eines Hundes.

Von N. FUNCK.

Es war in dem schönen romantischen Staate Mexico, in dem Lande, wo mächtige Gebirgszüge, mit ewigem Schnee gekrönte Bergkuppen die ausgedehnten Hochebenen dominieren und tiefe Erdrisse — Barancas — die Landschaft in allen Richtungen durchkreuzen. Wir hatten in der Nähe der deutschen Kolonien Mirador und Zacualpan eine verlassene Hütte bezogen, welche uns von einigen der dortigen Kolonisten angewiesen worden war. Diese Wohnung, auf einem Plateau gelegen, bestand aus zwei, durch einen Gang getrennten Zimmern; dicht hinter derselben dehnte sich der Wald aus, rechts und links zierten allerlei hübsche Bäume, Gesträuche und Schlingpflanzen die abwechselnden Erhöhungen und Vertiefungen des Bodens, und vor uns entfaltete sich in der Ferne das erste Hochgebirge, auf welchem der 18 000 Fuß hohe Kegel des Orizababerges sein mit ewigem Schnee bedecktes Haupt hoch über die Wolken erhob. Der Anblick war reizend, die Aussicht großartig. Mit Hülfe unserer einheimischen Bedienten — Peones — und einiger unserer Landsleute hatten wir bald die zum Teil verwüstete Wohnung wieder in Stand gesetzt und hinter derselben, vermittelst Palmenstämmen und Blättern eine zweite Hütte errichtet, welche zur Küche und zugleich zur Wohnung unserer Peones dienen sollte. Das Mobiliar beschränkte sich auf einen hölzernen Tisch und zwei dergleichen