

nicht durch die ganze Blechdicke gehen, daher auch noch nicht leck sind. Ob solche Gefahr in sich bergen, sofort reparirt werden müssen, oder bei Beseitigung der Ursache bestehen bleiben können, hängt von den Umständen jedes einzelnen Falles ab und muss durch einen Sachverständigen sorgfältig untersucht werden. Nicht selten sind es auch nur von unganzen, schiefrigen Stellen herrührende Risse und haben dann keinerlei Bedeutung.

Beulen in den Blechen sind betreffs ihrer Schädlichkeit sehr verschiedener Natur. Manche sind entstanden durch zufälliges, einmaliges Erglühen der bezüglichen Stelle, wobei der Dampfdruck die weiche Stelle herausbog; diese können im Blech vollkommen ganz und fest sein, vorausgesetzt, die Beule ist nicht so weit herausgetrieben, dass die Blechstärke zu gering würde; es ist dann nur dafür zu sorgen, dass die Ursache des Erglühens für immer fern gehalten wird. Andere Beulen sind nur langsam durch stets sich wiederholende Einwirkung von Ueberhitzung und Abkühlung entstanden. Dadurch ist gewöhnlich das Blech sehr spröde und brüchig geworden und eine nur flache Beule kann bei genügender Blechstärke schon Risse und Brüche haben, oder es können sich solche jeden Augenblick bilden. Bei allen Beulen ist daher eine genaue sachgemässe Untersuchung geboten.

Das Abspringen von Nietköpfen ist ohne Zweifel auch eine Schwächung der betreffenden Nahtstellen. Der Grund dazu liegt gewöhnlich in einem Fehler, welcher sich in der Niete bei der Fabrication gebildet hat, und es ist dann dem fehlenden Nietkopfe keinerlei Bedeutung beizumessen. Es kommt aber auch vor, dass manche Nahtstellen besonders starker Beanspruchung ausgesetzt sind, dass dann ein fehlender Nietkopf den Verlust einiger benachbarten Nieten nach sich zieht und die Gefahr eines plötzlichen Weiterreissens und Explosion dann recht nahe gerückt wird. Ist eine Niete nicht zu tief unter Mauerwerk versteckt, so ist es ohne weiteres empfehlenswerth, sie zu erneuern, da dies eine einfache, billige Arbeit ist.

3. Zusammengesetzte chemische Wirkungen.

Ogleich der Rostprocess auch ein chemischer Vorgang ist, glaubten wir doch mit Rücksicht auf seine besonderen Eigenthümlichkeiten den einfachen und jedermann bekannten Vorgang des Rostens in einem besonderen Abschnitte besprechen zu müssen. Das Thema des vorliegenden Abschnittes ist ohnehin so verwickelt, dass man es gar nicht genug zergliedern kann. Wir wollen auch hier möglichst allgemein verständlich sein und deshalb von streng wissenschaftlichen Erörterungen absehen und uns besonders an die Thatsachen halten.

Unter der chemischen Verbindung zweier Körper versteht man eine solche, die nach gewissen, ganz bestimmten Naturgesetzen und zwischen den allerkleinsten Theilchen der Körper vor sich geht. Das Resultat der Verbindung ist ein vollständig neuer Körper, in welchem keiner von den Einzelbestandtheilen wieder zu erkennen ist. In dem bröcklichen, erdigen Rost würde man das feste zähe Eisen ebenso wenig wiedererkennen als den leichten, luftigen Sauerstoff.

Wie mit dem Sauerstoff so verbindet sich das Eisen auch mit vielen anderen Körpern und da der entstandene neue Körper nicht mehr die Eigenschaften des zähen, widerstandsfähigen Eisens hat, so bedeutet solche unbeabsichtigte Verbindung bei einem Kesselbleche eine Zerstörung desselben. Die für uns wichtigen Körper, welche sich mit dem Eisen chemisch verbinden können, sind, ausser dem schon genannten Sauerstoff, diejenigen, welche in dem Wasser und in den Kohlen enthalten sind. Die Bestandtheile des Wassers kommen mit den Innenflächen, die Bestandtheile der Kohlen mit den Aussenflächen der Bleche in Berührung. Die Unterscheidung ist also auch hier eine sehr bestimmte, weshalb wir beide Fälle getrennt besprechen.

a) Die chemische Zerstörung der Kessel im Inneren.

Zerstörung durch Säure. Säuren sind meist Verbindungen des Sauerstoffes mit anderen einfachen Körpern und haben die Eigenthümlichkeit, das Eisen anzuregen, sich mit Sauerstoff zu verbinden, wie wir schon von der Kohlensäure erwähnt haben, dass sie die Verbindung des Eisens mit dem Sauerstoff der Luft anregt. Andere Säuren wirken aber noch energischer und so vermag z. B. die Schwefelsäure die Verbindung des Eisens mit dem Sauerstoff des Wassers zu vermitteln; Salpetersäure (Scheidewasser) giebt sogar selbst einen Theil seines eigenen Sauerstoffes ab, damit er sich mit dem Eisen verbinde. Salzsäure unterscheidet sich von den genannten Säuren dadurch, dass sie keinen Sauerstoff enthält, sondern aus Chlor und Wasserstoff besteht, welche gasförmige Verbindung in Wasser aufgelöst worden ist. Diese Säure giebt an das Eisen seinen Chlor ab und bildet Eisenchlorür, einen dem Rost ähnlichen Körper.

Andere Säuren, von welchen man weiss oder annimmt, dass sie zerstörend auf Eisen wirken, sind: Phosphorsäure, Kieselsäure, Fettsäure, Humussäure, Torfsäure, Gerbsäure u. s. w.

Kohlensäure ist in der Natur ausserordentlich weit verbreitet, in der Luft, auf der Erdoberfläche und im Erdinneren. Ueberall findet das Wasser Gelegenheit, dieselbe aufzunehmen. Im Inneren der Erde findet oft eine Sättigung des Wassers mit Kohlensäure in hohem Grade statt, wie viele Mineralquellen zeigen. Wie schon im vorigen Capitel

erwähnt, kann der Kohlensäuregehalt des Speisewassers nur bei gleichzeitiger Gegenwart von Sauerstoff nachtheilig werden, weshalb man die Kohlensäure als solche nicht zu fürchten braucht; ihre Bekämpfung geht mit der des Sauerstoffes Hand in Hand.

Die Schwefelsäure kommt gewöhnlich in Grubenwässern vor, indem die der Luft und der Kohlensäure zugänglichen Gesteine in den Bergwerken verwittern und in ihre Bestandtheile zerfallen. Dadurch wird Schwefelsäure frei, theilt sich dem dort unten sich sammelnden und zu Tage geförderten Wasser mit, wodurch die „sauren Grubenwässer“ entstehen, die oft zum Speisen der Dampfkessel Verwendung finden. Da dieses Wasser sehr stark zerstörend auf die Kesselwände wirkt, so ist es natürlich gerathen, soviel nur irgend möglich seine Benutzung zu vermeiden. Es kommt aber vor, dass kein anderes als solches Wasser beschafft werden kann, in welchem Falle die Säure so weit als möglich unschädlich zu machen ist.

Ganz geringe Spuren von Säure wirken in kaum wahrnehmbarer Weise auf das Eisen, zumal in den Kesseln, in welchen das Wasser immer in lebhafter Bewegung ist. Wird die Zerstörung merklich, so hilft oft schon ein Theeranstrich, wenn derselbe zulässig ist. Bei starkem Säuregehalt muss die Säure aus dem Wasser geschafft werden, bevor es in den Kessel kommt. Das kann nur geschehen durch Zusatz von Alkalien, wie Ammoniak, Aetzkalk, Soda und dergl., welche in einem Reservoir zu einem bestimmten Quantum Wasser in genau abgewogenen Mengen gemischt werden müssen. Sich etwa bildende Niederschläge müssen zum Absetzen Zeit haben, weshalb ein zweites Reservoir nothwendig ist, in welches das reine Wasser abgezapft wird und aus welchem während des Klärens im ersten Reservoir die Speisung erfolgt. Die dazu erforderlichen Vorkehrungen haben, wie man bemerkt, viele Aehnlichkeit mit denen zur Entfernung des Kesselsteines aus dem Speisewasser, und lassen sich beide Operationen sehr gut gemeinschaftlich und gleichzeitig vornehmen.

Die Salpetersäure ist nicht mineralischen, sondern organischen Ursprunges und bildet sich auf der Erdoberfläche durch Fäulnisprocesse. Hierbei wird sie jedoch alsbald gebunden an Alkalien, welche sich im Boden vorfinden, und gelangt deshalb wohl nur selten und in sehr geringen Mengen auf natürlichem Wege in das Wasser. Dagegen kann sie in Abfallstoffen chemischer Fabriken enthalten sein und möglicherweise in schädlicher Menge dem Kessel zugeführt werden. In solchem Falle muss sie gleichfalls durch Neutralisation vernichtet werden.

Salzsäure kann vorkommen in Brunnen-, Quell- und Flusswässern aus Verunreinigungen des Bodens, des fließenden Wassers, durch Abgänge von industriellen und chemischen Anlagen herstammend.

Phosphorsäure kommt in Grubenwässern vor, kann aber auch in Brunnen- und Quellwasser enthalten sein, wenn die Quellen von bebautem Boden umgeben sind, und greift Eisen energisch an.

Kieselsäure, von der man noch nicht bestimmt weiss, ob sie die Kesselbleche angreift, kommt wohl seltener in genügend reichlichen Mengen im Bachwasser vor, welches über viel Kieselgestein geflossen ist.

Eine sehr wichtige Rolle spielt die Fettsäure im Kesselbetriebe. Da gewöhnlich die Dampfmaschinen mit Fett und fetten Oelen geschmiert werden, gelangt solches mit dem abgehenden Dampfe in den Condensator oder den Vorwärmer und von da mit dem Speisewasser in den Kessel. Schon in der Maschine zum Theil und dann auch im Kessel zersetzt sich das Fett in seine Bestandtheile, von denen einer Fettsäure ist. Wartha stellte fest (Dingler, Bd. 219, S. 252), dass Eisen durch Oelsäure unter Wasserstoffentwicklung (analog der Wirkung der Schwefelsäure) aufgelöst wird. Dass Fettsäure in den Kesseln thatsächlich derartig wirkt, geht aus den Zersetzungsproducten sicher hervor. Es ist auch nachgewiesen (Fischer, Chemische Technologie des Wassers S. 215), dass reines Fett unter dem Drucke und der Temperatur eines Dampfkessels zerstörend auf Gusseisen und Schmiedeeisen einwirkt.

Dennoch macht man häufig genug die Wahrnehmung, dass beständige Anwesenheit von Fett in den Kesseln keinen Schaden verursacht. Worin diese Verschiedenheiten ihren Grund haben, ist noch nicht genügend aufgeklärt, wahrscheinlich in den chemischen Wechselwirkungen mit oder zwischen anderen in dem Kessel und dem Wasser vorhandenen Stoffen. Ein Ueberschuss von Kalk im Wasser kann alles Fett verseifen; Ueberschuss von Fett kann Fettsäure geben. Jedenfalls hat man immer aufmerksam zu beobachten, ob Fett in den Kessel gelangt und ob es demselben schadet. Da Condensationswasser sich sonst gut zum Speisen eignet, lässt man es nicht gern unbenutzt, und ist es nach Fischer rathsam, das mit wenig Kalkmilch versetzte Condensationswasser in einem Behälter absetzen zu lassen und es daraus mit der Vorsicht zu verwenden, dass weder die obenschwimmende Schicht Fett noch die gefällte Kalkseife in den Kessel kommt. Auch die Entfettung mit Erdöl (Mineralöl) soll sich bewährt haben.

Benutzt man den Abgangsdampf zum Vorwärmen des Speisewassers, so ist Sorge zu tragen, dass der Dampf mit dem Wasser nicht in directe Berührung kommt, damit er demselben das Fett nicht übertragen kann, sondern man lässt das Wassergefäss nur vom Dampfe umspülen.

Am sichersten kommt man jedoch um diese Calamität des Fettes herum, wenn man dasselbe überhaupt nicht zum Schmieren verwendet. Abgesehen von vielen anderen Vorzügen haben die mineralischen Oele die Eigenschaft, bei jeder in der Dampftechnik vorkommenden Temperatur unzersetzbar zu sein, also auch keine Fettsäure bilden zu kön-

nen. Die Mineralöle sind Verbindungen des Kohlenstoffes mit Wasserstoff und werden aus demselben Rohmaterial gefertigt, aus welchem das Petroleum gewonnen wird. Dieselben kommen in verschiedenen Sorten und unter verschiedenen Namen (Staröl, Valvoline u. s. w.) in den Handel. Das spezifische Gewicht guten mineralischen Schmieröles muss zwischen 0,872 und 0,894 liegen bei 15° C., der Siedepunkt liegt über 360°; bei 250° etwa fängt es an langsam zu verdampfen.

Das Mineralöl findet gegenwärtig als Schmiermaterial sehr ausgedehnte Anwendung. Eine Bezugsquelle für „Valvoline“ ist die Firma Breymann & Hübener in Hamburg.

Fettsäure kann aber auch noch auf anderen Wegen als durch die Dampfmaschine in das Speisewasser gelangen; besonders wird sie in fließendes Wasser übergeführt durch manche industrielle Anlagen, wie Leimfabriken, Wollwäschereien und dergl.

Bei Anwendung von Speisewasser, welches aus Torfmooren entnommen wurde, sind Zerfressungen der Kesselbleche öfters beobachtet worden, und schreibt man dieselben einer aus dem Moore ausgelaugten „Torfsäure“ zu.

Nach Dr. Müller (Zeitschrift des Verb. der Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereine, Decemhernummer 1880) kommt Humussäure in vielen Wässern vor und hat die Eigenschaft, bei Temperaturen unter 100° Eisen anzugreifen, bei höheren Temperaturen dagegen nicht. Dadurch soll sich das häufige Zerfressen der Siederohre bei den Siederohrkesseln erklären. Diese Säure kann demnach unschädlich gemacht werden durch Erhitzen des Speisewassers bis 100° (Vorwärmen) oder durch Neutralisation mit Aetzkalk.

Manche Wässer enthalten ausserhalb des Kessels keine Spur freier Säuren, zeigen dagegen im Kessel saure Eigenschaften. Es giebt Salze, welche im Inneren des Kessels sich zersetzen können und deren freiwerdende Säure sich dann des Eisens bemächtigt. Ein solches Salz ist die schwefelsaure Magnesia (Bittersalz), welche in manchen Quellwässern und besonders im Meerwasser vorkommt, also auch in einem Speisewasser enthalten sein kann. Ueberdies haben wir beim chemischen Ausscheiden des Kalkes aus dem Speisewasser behufs Reinigung desselben gesehen, dass durch diesen Process viel schwefelsaure Magnesia in den Kessel gelangen kann. Es ist von diesem Salze bekannt, dass es an der Luft verwittert und Schwefelsäure frei macht, und so ist es auch nicht fernliegend, dass die Gesamtwirkung von Wärme, Luft und Eisen im Kessel eine Zersetzung des Salzes bewirkt. Diese Zersetzung kann aber mit Sicherheit verhindert werden durch gleichzeitige Anwesenheit irgend eines Alkalis im Wasser, wie bei Bohlig & Heyne's Wasserreinigungsverfahren stets ein Ueberschuss von alkalischer kohlenaurer Magnesia im Kessel enthalten ist. Dann

lassen sich ja auch erforderlichenfalls solche Alkalien absichtlich zusetzen, z. B. Soda.

Nicht selten findet man das Blech um die Mannlöcher herum von innen stark zerfressen, welcher Umstand auf den ersten Blick die Ursache in dem Dichtungsmaterial erkennen lässt. Entweder enthält letzteres (wenn aus Kitt bestehend) Fett, das sich zersetzt und Fettsäure liefert, oder das Dichtungsmaterial enthält direct freie Säuren als Unreinigkeiten.

Wirkungsweisen der Säuren. Je nach den verschiedenen Eigenschaften der Säuren treten ihre Zerstörungen auch in verschiedener Art und an verschiedenen Stellen des Kessels auf. Fettsäure ist specifisch leichter als Wasser, schwimmt daher auf der Oberfläche desselben und wird besonders die Bleche am Wasserspiegel angreifen. Humussäure wird in den Kesseln durch hohe Temperatur zerstört, kann deshalb nur in den kühleren Abtheilungen, den Siederohren, wirksam auftreten. Schwefelsäure dagegen ist sehr beständig und mischt sich innig mit dem Wasser; die Bleche werden daher auch auf der ganzen wasserberührten Fläche angefressen, wenn die Säure in genügender Menge vorhanden ist. Bei zu geringen Quantitäten der Säure bemerkt man nur eine Zerstörung in der Wasserspiegellinie der Bleche, indem die über dem Wasserspiegel liegenden Blechstellen durch das Wogen und Spritzen des Wassers benässt werden. Diese an den Wänden des Dampfraumes hängende dünne Wasserschicht verdampft mit und lässt die schwerer siedende Schwefelsäure in stärkerer Concentration an dem Bleche zurück, in welchem Zustande nun dieselbe energisch wirken kann.

Zerstörung durch Alkalien. Alkalien sind in chemischer Beziehung die Gegensätze der Säuren; durch Vereinigung beider heben sie gegenseitig ihre Eigenschaften auf. Eine von der Chemie noch nicht begründete, aber im Kesselbetriebe täglich zu beobachtende Erscheinung ist, dass Alkalien bei inniger Berührung mit Eisen und gleichzeitig gegenwärtigem feuchtem Sauerstoff (atm. Luft) auf das Eisen anregend einwirken, sich mit dem Sauerstoff zu Rost zu verbinden. Dieser Vorgang findet innerhalb des Kessels nicht, resp. weniger statt als ausserhalb desselben und wird deshalb weiter unten näher besprochen werden. Dagegen können alkalische Verunreinigungen im Inneren in noch anderer Weise wirken. Das Speisewasser kann z. B. verunreinigt sein mit Ammoniak, eine alkalische Verbindung von Wasserstoff und Stickstoff; letzterer kann sich aber mit Eisen chemisch verbinden zu Stickstoffeisen, einem spröden Körper. Es ist in der That mehrfach beobachtet worden, dass ammoniakhaltiges Wasser die Bleche angegriffen hat.

Zerstörung durch Chlor. Das Chlor hat eine starke che-

mische Anziehungskraft zu Eisen und bei seiner ausserordentlichen Verbreitung in der Natur, sowie seiner vielseitigen Anwendung in der Industrie ist die mannigfachste Gelegenheit gegeben, mit demselben auch Kesselspeisewasser zu verunreinigen, zumal Chlor vom Wasser leicht und in grossen Mengen absorbiert wird. Chlor verbindet sich direct mit dem Eisen in zwei Verhältnissen (zu Eisenchlorür und Eisenchlorid); es veranlasst aber auch das Eisen, sich mit dem Sauerstoff des Wassers zu Rost zu verbinden.

Besonders leicht gelangt das Chlor in Form eines Salzes (Chlormagnesium) in das Speisewasser, so unter anderem bei dem Reinigungsverfahren von E. de Haën; beim Vorhandensein dieses Salzes wird das Eisen sehr stark zerstört, was Fischer experimentell unzweifelhaft festgestellt hat. (Dingler. Band 222, S. 244.) Doch kann auch hiergegen ein vorhandener Ueberschuss eines Alkalis schützen.

Ein interessanter Fall von Wasserverunreinigung, welchen die „Pharmaceut. Ztg.“ mittheilt, möge hier Erwähnung finden. An dem Wasserrade eines Mühlenwerkes in einer englischen Colonie waren die eisernen Theile auffallend zerstört worden, und wurde Thompson dadurch zu einer eingehenden Untersuchung des betreffenden Flusswassers veranlasst. Auf gewöhnliche Methode geprüft, fanden sich keine schädlichen Beimengungen. Deshalb wurde in den Wasserlauf ein kleiner Apparat eingehängt, bestehend aus einem mehrzölligen mässig dicken Platin- und einem gleich langem Eisendrahte, welche an einem Endpunkte mit Silber zusammengelöthet waren, demnach ein auf einer Seite offenes Dreieck umschlossen. Nach Jahresfrist war der Eisendraht stark corrodirt und der Platindraht geschwärzt. Auf einem Uhrglase mit Salpetersäure behandelt, liess sich eine blasse Lösung von Kupfernitrat nachweisen. Der sohin absolut nicht nachweisbare Kupfergehalt des Wassers war auf diese einfache Art festgestellt. Demnach wurden in alle Zuflüsse des Wassers solche Apparate an Seidenfäden eingehängt und auf diesem Wege nach wenigen Monaten jener herausgefunden, der den Kupfergehalt des Hauptwassers verschuldete. Bei genauer systematischer Untersuchung dieses Wasserlaufes fand sich bald jener Punkt, an welchem der Kupfergehalt des Wassers auftrat. Auf Grund dieser Ergebnisse wurden Nachgrabungen angestellt, die in geringer Tiefe unter der Erdoberfläche ein Felsgestein zu Tage förderten, das von mächtigen Adern des Kupfererzes durchzogen war. Der gefundene Kupfergehalt betrug 30 Proc., sodass sich der hüttenmännische Betrieb als sehr lohnend erwies. Mit gleichen Apparaten und bei demselben Vorgehen wurde in einem anderen Falle das Vorhandensein von schwachen Bleierzen constatirt.

Zerstörung durch Schwefel. Da Eisen und Schwefel eine grosse chemische Anziehungskraft zueinander besitzen, so ist es auf

der Hand liegend, dass man schwefelhaltige Substanzen von Dampfkesseln mit grosser Sorgfalt fern zu halten hat. Am meisten ist Schwefelwasserstoff geeignet, das Speisewasser zu verunreinigen, welcher sich leicht durch seinen Gestank nach faulen Eiern bemerklich macht und durch Eisensalze leicht ausgeschieden werden kann.

Mannlochdeckel werden häufig mit Ringen aus vulcanisirtem (geschwefeltem) Kautschuk gedichtet, dessen Schwefelgehalt oft merkbar zerfressend auf die davon berührte Blechstelle wirkt.

Zerstörung durch Dampf. Bringt man Wasserdampf mit heissem Eisen zusammen, so verbindet sich das Eisen chemisch mit dem Sauerstoff des Wassers zu Rost, indem der übrig bleibende Wasserstoff entweicht. Dieser Vorgang geht schon langsam vor sich bei einer Temperatur des Eisens von 150° C. Bei einer Spannung im Kessel von 5 At Ueberdruck, wie sie jetzt vielfach angewendet wird, hat der Dampf, mithin auch die Kesselwände, schon eine Temperatur von 153° C. folglich muss in allen diesen Fällen schon eine Oxydation der Bleche im Dampfraume stattfinden. Thatsächlich findet man diese Bleche auch stets mit einer dünnen Kruste überzogen, jedoch ist der Process unter diesen Verhältnissen nur noch sehr schwach und nimmt ab mit der Dicke der sich bildenden Schicht.

Energischer tritt die Erscheinung auf, wenn durch schadhaf gewordenes Mauerwerk die Flamme bis über den Wasserspiegel hinauf reicht und einen Theil der Bleche des Dampfraumes auf eine höhere Temperatur erhitzt, ohne dieselben zum Erglühen zu bringen. Man hat also Ursache, auf stets guten Zustand des Mauerwerks zu halten, auch an Stellen, die von dem Feuerherd weiter entfernt liegen.

Bei manchen Kesselsystemen bedingt die Construction eine Ueberhitzung der Bleche des Dampfraumes. Man führt häufig den letzten Zug des Feuers über den Dampfraum des Kessels weg, um eine Trocknung des Dampfes zu erzielen. Dabei können die Bleche gut und oft bis auf 250° erwärmt werden, wodurch der Oxydation im Inneren Vorschub geleistet wird. Noch schlimmer ist die Sache bei kleinen stehenden Röhrenkesseln (Fig. 7 Taf. 2), bei welchen die Feuerröhren durch den Dampfraum führen. Hier kommt noch dazu, dass durch das Schwanken des Wasserspiegels die Rohre dicht über demselben abwechselnd abgekühlt und überhitzt werden, das Material muss sich also an dieser Stelle fortwährend zusammenziehen und ausdehnen; dadurch springt aber die schützende Oxydschicht fortwährend ab und die Folge ist eine thatsächliche schnelle Zerstörung solcher Feuerrohre über dem Wasserspiegel.

Gesamtwirkung verschiedener Zerstörungsursachen. Von den vorstehend besprochenen chemisch wirkenden Bestandtheilen

des Wassers können mehrere gleichzeitig vorhanden sein und kann jeder Stoff für sich die ihm eigenthümliche Zerstörungsweise üben. Es können sich aber auch zwei Stoffe gegenseitig ergänzen und unterstützen, sodass die gemeinschaftliche Wirkung schädlicher ist als die der einzelnen Stoffe zusammengenommen. Ferner können sich zwei oder mehrere Zerstörungsursachen abschwächen, ja sogar aufheben. Endlich können Substanzen in dem Wasser enthalten sein, die für sich gar keine, mit anderen Stoffen gemeinschaftlich dagegen wesentliche Zerstörungen hervorbringen. Die chemischen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Stoffen sind ausserordentlich vielseitig und mannigfaltig und diese werden beim Kesselbetriebe durch die stattfindende Erwärmung, durch die auflösende Kraft des Wassers und durch die lange Zeit, welche den Processen gelassen wird, noch begünstigt. Dadurch werden die Spuren der Wirkungen einzelner Stoffe verwischt, die charakteristischen Merkmale modificirt und die Beurtheilung der chemischen Zerstörungsursachen sehr erschwert. Es genügt zur Erforschung derselben in solchen Fällen nicht die Wissenschaft allein, auch nicht die practische Erfahrung allein, sondern es müssen dazu alle Momente zu Rathe gezogen werden. Die Untersuchung des Wassers auf seine Bestandtheile vor und nach Eintritt desselben in den Kessel, sowie der schlammigen Niederschläge und der Zersetzungsproducte durch chemische Analyse bilden den wissenschaftlichen Theil der Aufgabe, deren Ergebnisse zu der richtigen Wahl der Gegenmittel die Grundlage abgeben. In Anbetracht der speciellen Kenntnisse und Einrichtungen, welche zu diesen Arbeiten erforderlich sind, ist die Errichtung der Heizversuchsstation zu München für die Dampfkesseltechnik von hoher Bedeutung. Dieselbe führt Werthbestimmungen von Brennmaterialien aus, sowie alle mit dem Kesselbetriebe zusammenhängenden chemischen Analysen und kann Interessenten zur Benutzung angelegentlichst empfohlen werden.

Einfluss der chemischen Zusammensetzung des Eisens. Chemisch reines Eisen kommt in der Technik nicht vor, indem dasselbe eine unbrauchbare, pulverförmige oder schwammartige Masse bildet. Seine werthvollen Eigenschaften erhält das Eisen erst durch eine Verbindung desselben mit Kohlenstoff. Durch einen Zusatz von ca. $\frac{1}{2}$ Proc. Kohlenstoff zu chemisch reinem Eisen entsteht Schmiedeeisen, durch ca. $1\frac{1}{2}$ Proc. Kohlenstoff wird Stahl gebildet, und Gusseisen enthält ca. 5 Proc. Kohlenstoff. Da dieser bei nicht zu hoher Temperatur mit Sauerstoff keine Verbindung eingeht, so schützt er auch das Eisen davor, und zwar umsomehr, je mehr Kohlenstoff in dem Eisen enthalten ist. Daher kommt die bekannte Erscheinung, dass Gusseisen viel weniger leicht verrostet als Stahl und dieser wieder weniger als Schmiedeeisen; sehr leicht verbindet sich dagegen das

pulverförmige chemisch reine Eisen mit Sauerstoff, indem es, an die Luft gebracht, sich von selbst entzündet und verbrennt.

Alles Eisen wird nun bis jetzt aus dem Hohofen als Gusseisen gewonnen und im Frischprocess in Schmiedeeisen verwandelt, indem auf die glühende Eisenmasse Luft geblasen und der nothwendige Theil Kohlenstoff verbrannt wird. Die Luft wirkt aber nur auf die Oberfläche eines Eisenklumpens, den man durch Kneten und Wenden zu mischen und gleichmässig zu machen sucht. Letzteres gelingt aber nur theilweise und so entstehen kohlenstoffreichere und kohlenstoffärmere Theile und Stellen in dem Stücke. Durch Strecken, Schmieden und Walzen derselben werden die Theile in die Länge gezogen, wodurch die kohlenstoffreicheren Partien sehnige Gestalt und Form annehmen. Wenn man ein solches Stück Eisen mit einer polirten Fläche versieht und Scheidewasser darauf giebt, so lösen sich die kohlenstoffärmeren Massen leichter und schneller auf und die anderen treten als sehnartige Gebilde hervor. Ganz ähnlich verhält sich das Eisen des Kesselbleches zu anderen chemisch einwirkenden Stoffen, sodass von dem Bleche gewöhnlich nicht eine gleichmässige Schicht abgefressen wird, sondern es bildet sich eine ungleichmässige, unebene, sehnige Oberfläche. Die Luftblasen werden sich auch an kohlenstoffärmeren Stellen leichter und in derselben Zeit tiefer einfressen als an den kohlenstoffreicheren Stellen; Bleche, die also recht gleichmässig und nicht zu stark gefrischt sind, müssen den chemischen Zerstörungen besseren Widerstand leisten als die anderen und sind aus diesem Grunde für die Verwendung als Kesselmaterial besser geeignet. Sie sind freilich härter und weniger geschmeidig, stemmen sich deshalb schwerer und leiden mehr beim Biegen, Bohren und sonstigen Bearbeitungen im Kesselbau. Aus diesem Grunde ist man von den Kesseln aus Stahlblech wieder zurückgekommen, obwohl ihnen manche gute Eigenschaft zur Seite steht.

Es kommt nicht selten vor, dass Bleche bei ihrer Verarbeitung im Feuer stellenweise verbrennen, d. h. an diesen Stellen zu weit ihres Kohlenstoffes beraubt werden. Diesem Umstande ist es zuzuschreiben, dass manchmal das Blech nur an einer oder wenigen Stellen verrostet, während es sich im allgemeinen gut hält.

Schliesslich ist es auch denkbar, dass dem Eisen Stoffe beigemengt sein können, welche nicht, wie der Kohlenstoff, conservirend, sondern im Gegentheil verderblich wirken, wozu vielleicht der leicht oxydirbare Phosphor gezählt werden kann. Untersuchungen und Beobachtungen in dieser Beziehung liegen jedoch noch nicht vor. Aber die Richtigkeit der schon öfter ausgesprochenen Annahme, dass die chemische Beschaffenheit des Eisens bei seiner Zerstörung eine Rolle spielt, liegt sehr nahe.

b) Die chemische Zerstörung der Kesselbleche von aussen.

Mit den Aussenseiten der Bleche kommen während des Betriebes die Verbrennungsgase, ausser der Betriebszeit die atmosphärische Luft in Berührung.

Die Verbrennung ist ein höchst intensiver und energischer chemischer Process, bei welchem nicht nur die Kohlen als Feuerungsmaterial, sondern auch die meisten ihrer Beimischungen mit verbrennen; manche Beimischungen verbrennen auch nicht, sondern werden nur vergast und ziehen mit den übrigen Verbrennungsgasen durch die Züge; noch andere verändern sich nicht oder wenig im Feuer und werden als Asche und Schlacke ausgeschieden.

Zunächst kommen die Verbrennungsgase in Betracht. Wir wollen uns nicht in die Menge von fremden Bestandtheilen vertiefen, welche den verschiedensten Brennmaterialien alle beigemischt sind, da hieraus ein practisches Resultat nicht hervorgehen würde, sondern wir wollen nur die Thatsache erwähnen, dass bei Feuerungen mit Holz, Torf und Braunkohlen sich wohl niemals schädliche Einflüsse auf die Kesselbleche geltend machen, wenn diese Brennstoffe nicht eine besondere künstliche Verunreinigung oder Verfälschung erfahren haben, weshalb uns dieselben hier auch nicht weiter beschäftigen können.

Anders ist die Sache bei Steinkohlen. Diese greifen das Blech stärker an, schon wegen des schärferen Feuers, welches sie geben.

Ausserdem haben aber auch die Steinkohlen verschiedenen Ursprungs sehr verschiedene Zerstörungswirkungen. Bei manchen Kohlenarten bemerkt man selbst nach sehr langer Betriebszeit gar keine Zerstörung; andere Sorten dagegen greifen die Bleche schnell und stark an, und zwar besonders an denjenigen Stellen, welche vorzugsweise heiss werden, z. B. an den Doppelblechstellen der Nähte über und in der Nähe des Feuerherdes, gewöhnlich in der Weise wie es in Fig. 7 u. 8 Taf. 1 dargestellt ist. Diese Wirkung schreibt man dem Schwefel- und dem Chlorgehalt der Kohlen zu. Ist in den Kohlen Schwefel enthalten, was wohl bei jeder Sorte mehr oder weniger der Fall sein dürfte, so verbrennt ein Theil des Schwefels zu schwefliger Säure, welche mit den Verbrennungsgasen fortzieht. Ein anderer Theil des Schwefels sublimirt nur über, um in Dampfform ebenfalls von den Feuergasen fortgeführt zu werden, und kommt dabei mit den Blechen in Berührung. Es ist nun aus der Chemie bekannt, dass Eisen und Schwefel, in Berührung gebracht und gelinde erhitzt, sich miteinander chemisch verbinden. Dasselbe muss hier der Fall sein, wenn der Schwefel mit passend erhitzten Blechen in Berührung kommt, wie mit den erwähnten Nahtstellen. Mehr noch als der Schwefelgehalt scheint der Chlorgehalt der Kohlen dem Eisen während des Betriebes gefährlich zu werden, und thatsächlich kann dieses in den Kohlen vorkommen

als Chlornatrium (Kochsalz). Es sind ganz rapide Zerstörungen von Feuerblechen vorgekommen, welche man dem Chlorgehalt der Kohlen zugeschrieben hat. Erfahrungs- und naturgemäss werden die Nähte um so weniger angegriffen, je weiter sie hinter dem Feuerherde liegen, und der Uebelstand wird bei stark schwefelhaltigen Kohlen ganz umgangen, wenn die Feuerplattenhinternaht um ca. die ganze Rostlänge hinter der Feuerbrücke liegt.

Grössere Feuerplatten als bis $2\frac{1}{2}$ m Länge wird man freilich schwer erhalten können und man muss dann, um bei grösseren Anlagen, trotz der beschränkten Länge von $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ m, die erforderliche Rostfläche zu erzielen, dieselbe durch grössere Breite erstreben. Kommt man bei schon bestehenden Kesseln in die Lage, schwefelhaltige Kohle verwenden zu müssen, und liegt in zu grosser Nähe des Feuerherdes eine Naht, so ist es rathsam, dieselbe durch einen Chamottestein-Gewölbebogen zu schützen, wenn man nicht zu befürchten hat, dass durch die Verkleinerung der Heizfläche ein nachtheiliger Effectverlust entsteht, denn eine Verkleinerung der Feuerplattenheizfläche ist von bemerkenswerthem Einfluss. Am besten ist es wenn es so einzurichten geht, dass der Schutzbogen gerade über der Feuerbrücke liegt, weil dadurch für die Entwicklung der Flamme kein Widerstand entsteht, sondern im Gegentheil hinter dem Roste eine Verengung geschaffen wird, die, rund herum aus schlechtem Wärmeleiter bestehend, für die Verbrennung sehr günstig wirkt. Solche Schutzbogen müssen freilich, wenn sie nicht zu schnell verbrennen sollen, aus gutem Material hergestellt und sorgfältig gearbeitet werden, dann können sie aber auch dieselbe Dauer erreichen wie das übrige Gemäuer des Feuerherdes. — Die Hinterkante des Schutzbogens wird vortheilhafterweise abgeschrägt, wie in Fig. 8 Taf. 2 gezeichnet, um die Feuergase möglichst leicht an das Kesselblech heran zu lenken.

Ueber die Momente, welche bei Herstellung der Kesselnah zu beachten sind, um sie möglichst vor Erhitzung zu bewahren, ist im ersten Abschnitte das Erforderliche mitgetheilt worden.

Dass die Bleche durch schwefelhaltige Kohlen auf ihrer ganzen Ausdehnung angegriffen werden, ist nicht anzunehmen, ist jedoch bei Chlorgehalt beobachtet worden; es ist besonders möglich, wenn die betreffenden Bleche durch schlechte Kühlung (infolge andauernd dicken Kesselsteinansatzes) überhitzt werden. Die Aussenfläche solcher Bleche bekommt dann ein zerklüftetes Aussehen, ähnlich wie die Rinde alter Bäume.

Derjenige Theil des Schwefels, welcher, zu schwefliger Säure verbrannt, mit den Feuergasen fortzieht, kann scheinbar keine zerstörende Wirkung auf die Bleche während des Betriebes ausüben. Aber die schweflige Säure wird von dem sich an die Bleche anhängenden Russe aufgesaugt und zurückgehalten, wie von einem saugenden Schwamme

das Wasser. Bleibt dann der Kessel einige Zeit ausser Betrieb stehen, so zieht die schweflige Säure Feuchtigkeit aus der Luft an.

Es ist nun aus der Chemie bekannt, dass solche wässrige schweflige Säure unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft in Schwefelsäure übergeht, welche wir schon als einen gefährlichen Feind der Kesselbleche kennen gelernt haben.

Diese Art der Zerstörung durch Schwefelsäure wird ausserordentlich oft beobachtet und sie dürfte sich bei allen Kesseln, welche mit Steinkohlen gefeuert werden, nachweisen lassen, ein Beweis gleichzeitig dafür, dass in allen diesen Kohlensorten auch Schwefel enthalten ist.

Wir haben zuletzt noch die Asche als Bestandtheil der Kohlen auf ihre Schädlichkeit für die Kesselbleche zu betrachten.

Im zweiten Abschnitte dieser Abhandlung besprachen wir, wie Feuchtigkeit aus undichten Verschraubungen und Packungen die Bleche äusserlich durch Rost zerstören kann. Man kann nun vielfach die Wahrnehmung machen, dass diese Zerstörung ausserordentlich beschleunigt wird, wenn in der Nähe oder auf solchen Stellen Asche liegt, wie z. B. auf den unter dem Feuerherd aus dem Mauerwerk hervorragenden Siedern der Siederohrkessel. Ein anderer Fall ist der, dass die über das Mauerwerk herausragenden Kesselbleche mit Asche abgedeckt werden. Aus undichten Packungen, Hähnen und Ventilen, durch ein schlechtes Dach etc. dringt oft viel Wasser auf die Kessel, welches durch die Asche sickernd dieselbe auslaugt und in dieser Beschaffenheit ein viel energischeres Rosten bewirkt, als in reinem Zustande.

4. Folgen ungleichmässiger Erwärmung oder Abkühlung der Wandungen.

Den Erscheinungen, welche uns in diesem Abschnitte zu beschäftigen haben, liegt die Thatsache zu Grunde, dass Eisen, wie die meisten anderen Körper, durch Erwärmung sich ausdehnt, grösser wird, durch Abkühlung sich wieder zusammenzieht.

Ein Eisenstab von 812 mm Länge dehnt sich bei einer Temperaturerhöhung von 100° um 1 mm aus; bei einer Erwärmung von 10° auf 210° wird er also ca. um 2 mm länger. Diese Temperaturdifferenz dürfte etwa bei einem Dampfkessel, welcher einmal ausser und dann wieder in Betrieb genommen wird, vorkommen. Hat ein solcher Kessel eine Länge von 10 m, so wird er im Betriebe um ca. 25 mm länger sein als im kalten Zustande.

Daraus folgt, dass die Enden des Kessels während der Temperaturwechsel Bewegungen ausführen und alles, was denselben entgegensteht, bei Seite schieben, was die mannigfachsten Unzuträglichkeiten und Zerstörungen verursacht.