

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Berichte über Geheimmittel welche zur Verhütung und Beseitigung von Kesselstein dienen sollen

Eckermann, G.

Hamburg, 1905

I. Kesselspeisewasser und dessen Reinigung

[urn:nbn:de:bsz:31-289880](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-289880)

I.

Kesselspeisewasser und dessen Reinigung.

Für die Technik ist das Wasser kaum von geringerer Bedeutung, wie für den menschlichen und tierischen Organismus. Hier wie dort ist die gedeihliche Entwicklung mit der Beschaffenheit dieses wichtigen Rohstoffes eng verknüpft. Und was von der Technik im allgemeinen, das gilt im besonderen vom Kesselbetrieb. Kennt doch jedermann die lästigen Ausscheidungen, die sich bei hartem Wasser im Dampferzeuger bilden, weiß doch jedermann, wie sehr die Lebensdauer der Kessel bei schlechtem Wasser durch Anfrassungen des Materials beeinträchtigt werden kann.

Ein gutes Wasser ist daher die erste Bedingung für einen gesunden Kesselbetrieb.

Aber auch bei verhältnismäßig gutem Speisewasser können die Kessel durch unrichtige Behandlung, wie ungebührlich lange Ausdehnung der Betriebsperioden und dergleichen, erheblich notleiden, und häufig lassen sich nur bei Einhaltung bestimmter Vorsichtsmaßregeln ernste Schäden vermeiden, die von der Einwirkung des Wassers auf das Kesselmaterial bedingt werden.

Die zweite Vorbedingung für einen gesunden Kesselbetrieb ist daher eine verständige Behandlung der Dampfessel.

Diese beiden Anforderungen sollen nun im folgenden eingehend erörtert werden, um eine sichere Grundlage für praktische Folgerungen zu gewinnen.

I. Beschaffenheit des Wassers.

Die Beschaffenheit des Wassers ist bedingt durch die Art und Menge der im Wasser gelösten Stoffe.

Das Wasser an sich ist eine Substanz von völlig gleichbleibenden Eigenschaften, und nur die in ihm gelösten Stoffe befähigen es zu besonderen Wirkungen. So ergibt sich in erster Linie die Frage:

»Welcher Art sind die im Gebrauchswasser enthaltenen gelösten Stoffe?«

Diese Frage läßt sich am einfachsten beantworten, wenn man das Wasser auf seinem Wege verfolgt, den es bis zur Gebrauchsstelle zurücklegt.

Alles Wasser, das uns die Natur liefert, stammt aus den Wolken und in letzter Linie aus dem Meere; unter dem Einfluß der Sonnenwärme vollzieht sich fortwährend ein großartiger Destillationsprozeß: das Meerwasser verdunstet, der entstehende Wasserdampf wird durch die Luftströmungen über die Kontinente fortgeführt, kondensiert sich wieder zu Nebeln und Wolken, wenn er in höhere kältere Regionen gelangt, oder wenn kalte Luftströme die Abkühlung bewirken, und fällt als Regen oder Schnee, als Hagel oder Reif, zu Boden.

Das Regen- oder Schnee-Wasser ist also gewissermaßen destilliertes Wasser. Es ist sehr rein, fast frei von mineralischen Stoffen, aber stark lufthaltig. Von den aufgelösten Luftbestandteilen, Sauerstoff (O_2) und Stickstoff (N_2) ist der indifferente Stickstoff nicht von Belang, der Sauerstoff dagegen ist wesentlich, da er Oxydationen zu bewirken vermag. Das in Form der meteorischen Niederschläge auf die Erdoberfläche gelangte Wasser durchsickert nun zunächst die oberste Bodenschicht (die Humusdecke), in welcher organisches Leben wurzelt und abgestorbene Vegetationen modern. Der Vermoderungsprozeß liefert neben anderen Produkten reichliche Mengen von Kohlensäure, die von dem Wasser begierig aufgenommen wird. Auch organische Stoffe, welche durch die Vermoderung löslich geworden sind, nimmt es auf, doch werden diese schon bald durch den im Wasser gelösten Sauerstoff oxydiert, wobei wiederum Kohlensäure entsteht. So verliert das Wasser seinen Sauerstoffgehalt und dafür gewinnt es reichlich Kohlensäure. Mit dieser beladen sickert es in die Tiefe hinab durch das Geröll oder durch die Poren und die feinen Spalten und Risse der verwitterten Gesteine, bis es endlich zu einer undurchlässigen Schicht (Ton, Lehm) gelangt, auf welcher es, dem Gesetze der Schwere folgend, als „Grundwasser“ sich seinen Weg nach tiefer liegenden Orten sucht.

Aus diesen Grundwasserströmen schöpfen die Brunnen, aus ähnlichen Wasserführungen entspringen die Quellen, die sich zu Bächen und Flüssen vereinigen.

So ist es einleuchtend, daß das Wasser bei seiner innigen Berührung mit den Gesteinsarten im Boden reichlich Gelegenheit hat, mineralische Stoffe aufzulösen, deren Art und Menge in erster Linie von der Natur der durchsickerten Gesteine, d. h. von den geologischen Verhältnissen der betreffenden Gegend, abhängig sein wird.

Ganz allgemein verbreitet findet sich in der Natur der kohlen-saure Kalk, der an vielen Orten zu gewaltigen Kalksteinlagern angehäuft ist, und der ganze Gebirgszüge bildet (Jura, Alpen), meist vermischt mit mehr oder minder großen Mengen von kohlen-saurer Magnesia, letztere besonders in den Dolomiten. Diese kohlen-sauren Salze (Karbonate) des Kalks und der Magnesia sind beide nur sehr wenig löslich im Wasser; da dieses aber, wie oben gezeigt, freie

Kohlensäure enthält, so nehmen die einfach kohlensauen Salze noch weiter Kohlensäure auf, und es entstehen die doppelt kohlensauen Salze (Bikarbonate), die wesentlich leichter löslich sind.

So löst das kohlensäurehaltige Wasser kohlensauen Kalk (CaCO_3) und kohlensaure Magnesia (MgCO_3) durch Überführung derselben in die doppeltkohlensauen Salze, wobei indessen immer noch ein mehr oder minder großer Betrag von freier Kohlensäure im Wasser übrig bleibt.

Ebenfalls sehr allgemein verbreitet findet sich in den oberen Bodenschichten der Gips (schwefelsaurer Kalk) (CaSO_4), allerdings meist nur in untergeordneter Menge, hie und da aber auch in mächtigen Lagern.

Der Gips ist leichter löslich als der kohlensaure Kalk (etwa 1 Teil in 400 Teilen Wasser) und bedarf zu seiner Lösung nicht erst der Mitwirkung von Kohlensäure. Auch er wird vom Wasser aufgelöst, wo dieses gipshaltige Schichten durchströmt. Sehr schwer löslich sind Kieselsäure, Tonerde und deren Verbindungen, wie sie in den Gesteinen vorkommen (Sandstein, Granit, Gneis), so daß diese nur in geringer Menge vom Wasser aufgenommen werden. Auch die Eisenverbindungen sind äußerst schwer löslich, und nur stellenweise finden sich leichter lösliche Eisensalze, so z. B. das kohlensaure Eisenoxydul, das sich unter Mitwirkung der freien Kohlensäure im Wasser als Bikarbonat in geringer Menge löst, auch das humussaure Eisenoxydul, das in moorigen Gegenden auftritt.

Viel leichter löslich als die im vorstehenden genannten Verbindungen, »Mineralien«, sind die folgenden, die der gewöhnliche Sprachgebrauch als »Salze« bezeichnet.

In erster Linie ist hier das Kochsalz zu nennen (Chlornatrium, NaCl), welches in der obersten Bodenschicht überall, wenn auch meist nur in geringer Menge, anzutreffen ist, an vielen Orten aber auch in größerer Menge die tieferen Schichten durchsetzt und stellenweise selbst in ungeheuren Lagern auftritt. Das Wasser enthält daher fast immer mehr oder weniger Kochsalz. Neben dem Kochsalz finden sich vielfach auch ähnliche Verbindungen, wie sie in den Salzen des Meerwassers vorkommen, allerdings meist nur in untergeordneter und nur stellenweise in nennenswerter Menge: Chlormagnesium (MgCl_2), Chlorcalcium (CaCl_2) und schwefelsaure Magnesia (MgSO_4).

Endlich ist noch eine Reihe von Verbindungen anzuführen, welche durch örtliche Verunreinigungen des Bodens in das Grundwasser gelangen.

Überall in der Nähe menschlicher Wohnstätten und wo Bodenkultur getrieben wird, wo Abgänge von Menschen und Tieren in den Boden gelangen, entsteht durch die Verwesung der stickstoffhaltigen organischen Abfallstoffe Ammoniak, das neben organischen Stoffen

vom Wasser gelöst und soweit es nicht zu vegetativen Zwecken dient, dem Grundwasser zugeführt wird.

Die Anwesenheit von Ammoniak im Wasser deutet also stets darauf hin, daß in nächster Nähe der Entnahmestelle der Boden mit verwesenden stickstoffhaltigen Abfallstoffen durchsetzt ist (Einfluß von Dungstätten u. s. w.). Das Ammoniak aber wird rasch oxydiert zu salpetriger Säure (N_2O_3), die ebenso wie das Ammoniak auf Verunreinigung des Wassers mit menschlichen oder tierischen Abgangstoffen deutet. Aber auch die salpetrige Säure ist unbeständig. Sie oxydiert sich weiter zu Salpetersäure (N_2O_5), deren Salze sich stets im Grundwasser finden, welches durch bewohnten und kultivierten Boden geflossen ist.

Die Anwesenheit salpetersaurer Salze (Nitrate) zeigt an, daß das Wasser Verunreinigungen der oben gekennzeichneten Art erfahren, daß es aber seitdem einen längeren Weg im Boden zurückgelegt hat, auf welchem die verunreinigenden Stoffe vollkommen oxydiert (nitriert) worden sind.

Faßt man die im vorstehenden genannten Stoffe zusammen, so ergibt sich folgende Übersicht, in welcher die wichtigsten Verbindungen durch fetten Druck vor den übrigen nur in kleinen Mengen und nur gelegentlich vorkommenden Stoffen hervorgehoben und die chemischen Formeln, wie sie gewöhnlich in der Wasseranalyse angeführt werden, beigelegt sind.

Im Wasser gelöste Stoffe.

Gelöste Gase	Schwerlösliche Stoffe Kesselsteinbildner	Leichtlösliche Salze	Produkte lokaler Verun- reinigungen
Kohlensäure (CO_2)	Kohlensaurer Kalk ($CaCO_3$)	Chlornatium ($NaCl$)	Ammoniak (NH_3)
Sauerstoff (O_2)	Kohlensaure Mag- nesia ($MgCO_3$)	Chlorcalcium ($CaCl_2$)	Salpetrige Säure (N_2O_3)
Stickstoff (N_2)	Gips ($CaSO_4$)	Chlormagnesium ($MgCl_2$)	Salpetersäure (N_2O_5) (als Salze)
	Kieselsäure (SiO_2)	Schwefelsaure Magnesia ($MgSO_4$)	organische Stoffe
	Tonerde (Al_2O_3)		
	Kohlensaures Eisenoxydul ($FeCO_3$)		

Welche von den hier genannten Verbindungen nun in einem Wasser bestimmter Herkunft vorkommen und in welcher Menge sie in demselben enthalten sind, hängt, wie schon oben ausgeführt wurde, von den geologischen und örtlichen Verhältnissen ab. Wasser, das aus dem Urgebirge stammt, und nur schwerlösliche Gesteinsarten

durchsickerte, ist meist sehr rein, enthält nur wenig Kesselsteinbildner, wie auch in der Regel nur geringe Mengen anderer Salze. Das gleiche gilt von den Quellen in Sandsteingebieten.

Wasser aus Kalkgebirgen enthält stets mehr oder minder große Mengen von Kalk- und Magnesiumsalzen (Kesselsteinbildner) neben wechselnden Mengen leichtlöslicher Salze.

Das Grundwasser der Tiefebenen endlich zeigt mancherlei Charakter, je nach der Bodenbeschaffenheit. Hier finden sich neben Kalk- und Magnesiumverbindungen, neben mehr oder minder großen Salzgehalten, nicht selten auch Eisenverbindungen in verhältnismäßig größerer Menge.

In dieser kurzen Charakterisierung sollen natürlich nur einige allgemeine Anhaltspunkte gegeben werden, keine feststehenden Regeln. Welche Beschaffenheit das Wasser im einzelnen Falle besitzt, welcher Art die gelösten Stoffe und in welcher Menge sie gelöst sind, darüber kann nur die chemische Analyse des Wassers bestimmte Auskunft geben.

2. Härte. (Kesselsteinbildner).

Es würde zu weit führen, hier die Methoden der Wasseranalyse im einzelnen zu besprechen. Nur eine einfache und rasch auszuführende Prüfung, die ein allgemeines Urteil über das Wasser ermöglicht, möge hier erwähnt werden. Sie gründet sich auf das Verhalten der Kalk- und Magnesiumsalze gegenüber der Seife.

Wird Seife in reines Wasser gebracht, das wenig oder keine Kalk- und Magnesiumsalze enthält, so läßt sich leicht ausgiebiger Schaum erzeugen. In solchem Wasser entsteht auf der Haut beim Waschen mit Seife sofort das Gefühl der Weichheit, und man bezeichnet daher das Wasser selbst als »weich«.

Anders bei Wasser mit großem Gehalt an Kalk- und Magnesiumverbindungen. Hier wird die zugeführte Seife durch die Kalk- und Magnesiumsalze zersetzt. Es entsteht Kalkseife und Magnesiumseife, die beide fast unlöslich sind und sich als weißer oder grauer Niederschlag abscheiden. Ein Schäumen ist daher zunächst nicht zu erzielen, und man hat beim Waschen das Gefühl der Härte. Daher die Bezeichnung »hartes Wasser«.

Erst bei weiterem Zusatz von Seife tritt Schäumen ein, und es ist um so mehr Seife zur Erzielung von Schaum erforderlich, je mehr Kalk- und Magnesiumsalze das Wasser enthält, also je härter dasselbe ist. Nach der Härte des Wassers läßt sich daher der Gehalt an Kalk- und Magnesiumsalzen bemessen, und da diese Salze im wesentlichen die Kesselsteinbildung verursachen, so gibt die Härtebestimmung Anhaltspunkte für die Beurteilung des Wassers hinsichtlich seines Gehaltes an »Kesselsteinbildnern«.

Man mißt die Härte nach sogenannten »Härte-Graden«, die in verschiedenen Ländern verschieden definiert werden (deutsche, französische, englische Härte-Grade). 1 deutscher Härtegrad (D. H.-Gr.) ist die Härte, welche von 1 Teil Kalk (CaO) in 100 000 Teilen oder 10 mgr CaO in 1 Liter Wasser hervorgebracht wird.

In diesem Maße gemessen, kann man im allgemeinen ein Wasser als »weich« bezeichnen, das weniger als 8 deutsche Härtegrade aufweist. Wasser von 8 bis 16 D. H.-Gr. nennt man »mittelhart«, solche von mehr als 16 D. H.-Gr. sind »hart«. Dementsprechend ist die Menge der Kesselsteinbildner als gering, mäßig oder groß zu bezeichnen.

Bezüglich der Ausführung der Härtebestimmung selbst, möge auf die in den Handbüchern der technischen Analyse zu findenden ausführlichen Angaben hingewiesen werden.

3. Verhalten der gelösten Stoffe beim Kesselbetrieb.

Wird das Wasser allmählich bis zum Kochen erhitzt, so entweichen zunächst die aufgelösten Gase (Spalte 1 der obigen Tabelle) Sauerstoff und Stickstoff und freie Kohlensäure, größtenteils in Form feiner Bläschen.

Bei weiterem Erhitzen beginnt dann eine Zersetzung der doppeltkohlen-sauren Salze (Spalte 2 der Tabelle) in der Art, daß sie beim Kochen Kohlensäure abspalten und dabei in einfachkohlen-saure Salze übergehen. Diese aber sind, wie schon eingangs hervorgehoben wurde, sehr schwer löslich. Sie scheiden sich daher aus dem Wasser aus und bilden teils Schlamm, teils auch mehr oder minder feste Krusten, Kesselstein.

Anders verhält sich der Gips. Dieser bleibt zunächst in dem kochenden Wasser gelöst. Wenn dasselbe aber mehr und mehr verdampft, so wird schließlich die Menge des Wassers nicht mehr genügen, um den vorhandenen Gips in Lösung zu halten. Dann muß auch er sich ausscheiden, und das geschieht meist in Form harter Kristallmassen; denn der Gips besitzt ein gutes Kristallisationsvermögen, und zudem erfolgt seine Ausscheidung nur langsam und allmählich, was die Bildung größerer Kristalle begünstigt. Ähnlich verläuft der Prozeß bei gipshaltigem Speisewasser im Dampfkessel. Auch hier verdampft Wasser, und zum Ersatz des verdampften Anteils wird wieder gipshaltiges Wasser zugespeist. Zu dem im Kesselinhalt gelösten und bei der Verdampfung zurückbleibenden Gips wird demnach eine weitere Menge dieses Salzes hinzugeführt, sodaß der Gipsgehalt des Kesselwassers allmählich mehr und mehr steigt. Schließlich reicht auch hier die vorhandene Wassermenge nicht mehr aus, um allen Gips in Lösung zu halten, und es beginnt die Ausscheidung desselben, vorwiegend in Krusten (Kesselstein).

Und wie der Gips, so verhalten sich auch die übrigen schwerlöslichen Stoffe im Wasser (namentlich Kieselsäure und Tonerde), die indessen ihrer verhältnismäßig geringen Mengen wegen gegenüber den anderen Kesselsteinbildnern in der Regel nur eine untergeordnete Rolle spielen. Aus dem Gesagten folgt:

Die in Spalte 2 der Tabelle aufgeführten schwerlöslichen Stoffe scheiden sich beim Kesselbetrieb, teils als Schlamm, teils in Form harter Krusten im Kessel ab und heißen deshalb kurzweg »Kesselsteinbildner«.

Weitaus in den meisten Fällen wird die Hauptmenge des Kesselsteins durch die Ausscheidung von kohlensaurem Kalk, kohlenaurer Magnesia und Gips bedingt, daher sind diese Salze die wesentlichen Kesselsteinbildner. Sie lassen sich in zwei Gruppen zusammenfassen, die sich verschieden verhalten.

Die erste Gruppe umfaßt die kohlen-sauren Salze, die schon beim einfachen Kochen des Wassers zur Ausscheidung gelangen, indem sie in der Kochhitze die halbgebundene Kohlensäure verlieren.

Die zweite Gruppe enthält als wesentlichen Kesselsteinbildner nur den Gips, der sich erst beim Verdampfen des Wassers ausscheidet, wenn der Gehalt des Kesselwassers an Gips über dessen Löslichkeitsgrenze zu steigen beginnt.

Es bleibt noch übrig das Verhalten der »leichtlöslichen Salze« (Spalte 3 der Tabelle) zu besprechen, zu denen auch die Produkte der lokalen Verunreinigungen (Spalte 4) zu rechnen sind. Diese Stoffe bleiben im Kesselinhalt gelöst, da das Kesselwasser, selbst bei lange fortgesetztem Eindampfen, immer noch genügt, um sie in Lösung zu halten. Da sie aber beim Verdampfen des Wassers im Kessel zurückbleiben und mit dem Speisewasser immer neue Mengen davon in den Kessel eingeführt werden, so reichern sie sich beim Betrieb im Kesselinhalt allmählich mehr und mehr an, bis sie schließlich eine Salzlauge bilden, die unter Umständen auf das Kesselmaterial zerstörend einwirken kann.

Sowohl die lästige Kesselsteinbildung als auch die meist schädliche Anreicherung der leichtlöslichen Salze wird natürlich unter sonst gleichen Verhältnissen um so stärker sein, je mehr gelöste Stoffe das Wasser enthält

Aber es gibt einfache und praktische Mittel, um in rationeller und wirksamer Weise solchen Nachteilen vorzubeugen.

Diese Mittel sind:

1. Die chemische Reinigung des Speisewassers zur Entfernung bzw. Verminderung der Kesselsteinbildner.
2. Die rationelle Behandlung der Dampfkessel zur Vermeidung von Korrosionen.

4. Wasserreinigung.

a. Reinigung mit Kalk und Soda.

Wie im vorigen Abschnitt gezeigt wurde, sind es im wesentlichen 2 Gruppen von Verbindungen, welche den Kesselstein bilden, nämlich kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia einerseits, schwefelsaurer Kalk oder Gips andererseits. Es ist daher die Aufgabe der chemischen Wasserreinigung, diese Stoffe möglichst vollständig aus dem Rohwasser zu beseitigen.

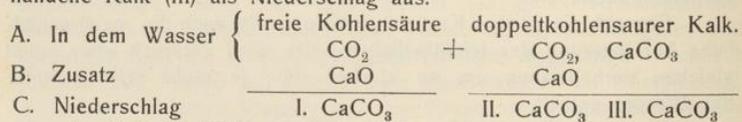
Der Weg zur Erreichung dieses Zieles ergibt sich unmittelbar aus dem Verhalten der gelösten Stoffe selbst:

Was zunächst den kohlensauren Kalk anbelangt, so ist derselbe, wie schon hervorgehoben wurde, an sich sehr schwerlöslich und ist nur durch Kohlensäure als doppeltkohlensaurer Kalk gelöst. Entzieht man ihm wieder die aufgenommene sogen. »halbgebundene« Kohlensäure, so wird wieder einfachkohlensaurer Kalk zurückgebildet, und dieser muß sich infolge seiner geringen Löslichkeit aus dem Wasser ausscheiden.

Ähnlich verhält sich die kohlensaure Magnesia. Man kann demnach diese Salze aus dem Wasser ausfällen, indem man die Kohlensäure, welche dieselben in Lösung hält, chemisch bindet. Am besten und billigsten geschieht dies durch Zusatz bestimmter Mengen von Ätzkalk zum Wasser, der bekanntlich energisch Kohlensäure anzieht und dabei selbst in unlöslichen kohlensauren Kalk übergeht.

Wird gebrannter Kalk (CaO) zu Kalkmilch gelöscht und in dieser Form dem Rohwasser zugesetzt, so nehmen die ersten Anteile des zugeführten Kalkes zunächst die freie Kohlensäure für sich in Anspruch und vereinigen sich mit ihr zu kohlensaurem Kalk, der sich als Niederschlag ausscheidet. I.

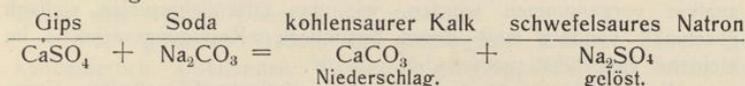
Bei weiterem Zusatz von Kalk entzieht dieser auch dem doppeltkohlensauren Salz die Hälfte der Kohlensäure (die halbgebundene Kohlensäure), und es scheidet sich, wie die Formeln erkennen lassen, sowohl der zugesetzte Kalk (I und II) als auch der im Wasser vorhandene Kalk (III) als Niederschlag aus.



In ähnlicher Weise verläuft die Reaktion auch bei kohlensaurer Magnesia, nur mit dem Unterschiede, daß hier der zugesetzte Kalk auch der zunächst gebildeten einfach kohlensauren Magnesia noch die Kohlensäure entzieht, sodaß schwerlösliche Magnesia als Niederschlag ausgefällt wird.

Die Ausscheidung von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia aus dem Rohwasser bietet somit keinerlei Schwierigkeiten.

Es bleibt nur übrig, auch noch den Gips unschädlich zu machen; das aber kann durch Zusatz von Soda zum Wasser geschehen, wodurch der Gips zersetzt wird: schwefelsaurer Kalk (Gips) und kohlensaures Natron (Soda) geben dabei durch chemische Wechselwirkung kohlensaurer Kalk und schwefelsaures Natron wie folgendes Schema zeigt:



Der hierbei entstehende kohlensaure Kalk scheidet sich als unlöslicher Niederschlag ab, während das schwefelsaure Natron als leichtlösliches Salz im Wasser gelöst bleibt. So bietet auch die Entfernung des Gipses aus dem Wasser keine Schwierigkeiten.

Die rationelle chemische Wasserreinigung besteht also in der systematischen Ausscheidung der Kesselsteinbildner aus dem Wasser vor seiner Verwendung durch Einwirkung chemischer Mittel.

So einfach und klar nach den vorstehenden Ausführungen das Prinzip der rationellen chemischen Wasserreinigung ist, so einfach ist auch die praktische Durchführung derselben. Soll aber der Erfolg ein befriedigender sein, so muß das Verfahren auch in richtiger Weise angewandt werden.

Das erste Erfordernis ist die richtige Bemessung der Zusätze (Kalk und Soda), denn die Zugabe unnötig großer Mengen dieser Stoffe zum Rohwasser führt ebenso leicht zu Unzuträglichkeiten, wie umgekehrt ein Mangel an diesen Zusätzen den Reinigungserfolg beeinträchtigt.

Das ist ohne weiteres einleuchtend, wenn man berücksichtigt, daß alle chemischen Umsetzungen nach ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen verlaufen. So erfordern 44 Teile Kohlensäure (CO_2) zu ihrer Bindung 56 Teile Kalk (CaO), ferner brauchen 136 Teile Gips (CaSO_4) zur Zersetzung 106 Teile Soda (Na_2CO_3). Demnach ist die zur Reinigung von 1 cbm Rohwasser erforderliche Menge von Kalk abhängig von dem Gehalt des Wassers an freier und halbgebundener Kohlensäure, die Größe des Sodazusatzes abhängig von dem Gehalt an Gips. Da nun der Gehalt der verschiedenen Wässer an gelösten Stoffen je nach den örtlichen Verhältnissen innerhalb sehr weiter Grenzen schwanken kann, so müssen die zur Reinigung erforderlichen Mengen von Kalk und Soda für jedes Wasser durch chemische Analyse ermittelt werden.

Ist das einmal geschehen, so sind die gefundenen Mengen in der Regel dauernd anwendbar, denn für ein und dasselbe Wasser pflegt die Art und Menge der gelösten Stoffe sehr annähernd konstant zu

bleiben, und nur ausnahmsweise findet unter besonderen Verhältnissen ein Schwanken in der Beschaffenheit des Wassers statt. In solchen Fällen sind dann besondere Maßnahmen erforderlich, die im einzelnen zu besprechen hier zu weit führen würde.

Die Ermittlung der erforderlichen Zusatzmengen aber kann nicht durch Berechnung aus den Ergebnissen der üblichen Wasseranalyse vorgenommen werden, wie das fälschlicherweise vielfach geschieht, sondern muß durch besondere »Reinigungsversuche im kleinen« ausgeführt werden.

Es ist hier nicht der Ort auf analytische Einzelheiten einzugehen, doch möge wenigstens das Prinzip dieser Reinigungsversuche angedeutet werden. Zur Ermittlung des Kalkzusatzes wird in der Regel $\frac{1}{2}$ Liter Wasser mit 100 ccm reinem Kalkwasser von bekanntem Kalkgehalt versetzt und erwärmt. Nach Abscheidung des Niederschlags und geeigneter Filtration wird der Überschuß an Kalk zurücktitriert. Die Differenz zwischen dem zugesetzten und dem wiedergefundenen Kalk gibt die zur Reinigung verbrauchte Kalkmenge pro $\frac{1}{2}$ Liter Wasser.

Zur Bestimmung des erforderlichen Sodazusatzes wird wieder $\frac{1}{2}$ Liter Wasser mit 20 ccm $\frac{1}{10}$ normal Sodalösung versetzt und völlig eingedampft. Der Rückstand wird mit destilliertem Wasser ausgezogen und im Auszug die überschüssig zugesetzte Soda zurücktitriert. Auch hier gibt die Differenz zwischen der zugesetzten Soda und der beim Zurücktitrieren gefundenen die zur Reinigung nötige Sodamenge pro $\frac{1}{2}$ Liter Rohwasser.

Mit den so ermittelten Mengen von Kalk und Soda wird dann endlich $\frac{1}{2}$ Liter des betreffenden Wassers gereinigt und der Reinigungserfolg durch Bestimmung der Härte und der Alkalinität im gereinigten Wasser festgestellt.

Erstere soll zwischen 2 und 3 deutschen Härtegraden liegen, letztere für 100 ccm nicht mehr als 1,3 ccm $\frac{1}{10}$ norm. Säure zur Neutralisation erfordern. (Methylorange als Indikator.)

Die Ausführung der Reinigung im großen kann in sehr verschiedener Weise geschehen, und es muß hier davon abgesehen werden auf Einzelheiten einzugehen, nur das Prinzip möge hier kurz angedeutet werden. Für einfache Verhältnisse genügt in vielen Fällen die Aufstellung zweier übereinanderstehender Behälter aus beliebigem Material und von solcher Größe, daß sie den Tagesbedarf an Speisewasser fassen. In dem oberen Behälter wird die eigentliche Reinigung des Rohwassers vorgenommen, der untere dient zur Aufnahme des gereinigten Speisewassers.

Der obere Behälter wird bis zu einer darin angebrachten Marke mit Rohwasser gefüllt, dann wird die für dieses Wasserquantum erforderliche Menge von gebranntem Kalk zu Kalkmilch gelöst in

den Behälter geschüttet und auch die erforderliche Soda zugegeben. Nach gutem Durchrühren, wenn möglich auch Anwärmen, wird das Wasser einige Zeit der Ruhe überlassen. Dabei scheiden sich die Kesselsteinbildner aus und setzen sich am Boden ab. Nach einigen Stunden wird das klare Wasser in den Speisewasserbehälter abgezogen, der Schlamm aus dem Reinigungsbehälter entfernt und in gleicher Weise eine weitere Wasserfüllung gereinigt.

Für größeren Bedarf an gereinigtem Wasser dienen die kontinuierlich arbeitenden Wasserreinigungsapparate, bei denen die Zusätze zu dem Rohwasser in dem Maße, wie dasselbe den Apparat durchströmt, automatisch zugeführt werden. In einer besonderen Abteilung des Apparates wird dann das gereinigte Wasser geklärt bzw. filtriert.

Alle diese verschiedenen Wasserreinigungsapparate, die von einer großen Anzahl von Fabriken gebaut und vertrieben werden, beruhen auf dem gleichen Reinigungsprinzip. Sie unterscheiden sich nur durch konstruktive Einzelheiten und durch die Anordnung ihrer Teile. Sie alle liefern bei richtiger Handhabung und sorgfältiger Bedienung ein Speisewasser, das keinen oder nur sehr wenig festen Kesselstein mehr absetzt. Zur Erreichung dieses Erfolges aber ist die Anwendung guter Reinigungsmaterialien unerlässlich.

Der Kalk muß möglichst rein, nicht mager, und gut gebrannt sein. Da er an der Luft Feuchtigkeit und Kohlensäure aufnimmt und dadurch unwirksam wird, so ist er in gut bedeckten dichten Gefäßen (Kisten, Fässern, Blechbüchsen) aufzubewahren.

Die Soda soll reine calcinierte Soda sein, die als 98prozentige Ware in den Handel kommt.

Was die Kosten des Verfahrens anlangt, so richten sich dieselben ganz nach der Beschaffenheit des Wassers, namentlich nach dem Gipsgehalt desselben, der für die anzuwendende Sodamenge maßgebend ist. In der Regel werden sich die Materialkosten für 1 cbm des zu reinigenden Wassers zwischen 1 und 3 Pfennigen bewegen und selten den Betrag von 5 Pfennigen übersteigen. Selbstverständlich wird man das Verfahren bei weichem, also kesselsteinarmem Wasser nicht anwenden, da hier überhaupt eine Reinigung überflüssig und nutzlos ist. Dagegen ist seine Anwendung bei mittelhartem und hartem Wasser stets zu empfehlen.

b. Reinigung mit Ätznatron.

In ähnlicher Weise wie bei dem vorstehend beschriebenen Kalk-Soda-Verfahren lassen sich die Kesselsteinbildner auch durch Ätznatron aus dem Wasser ausscheiden.

Das Ätznatron ist bekanntlich eine stark alkalische in Wasser sehr leichtlösliche Substanz, die, wie der Ätzkalk, begierig Kohlensäure

aufnimmt. Ein Zusatz von Ätznatron zum Rohwasser wirkt daher auch ähnlich wie ein Zusatz von Ätzkalk: freie und halbgebundene Kohlensäure werden dem Wasser entzogen und die darin als Bikarbonate gelösten Kesselsteinbildner, kohlensaurer Kalk und Magnesia, werden ausgeschieden. Dabei entsteht aus dem Ätznatron durch Aufnahme von Kohlensäure das kohlensaure Natron, das ist Soda, die nun ihrerseits den etwa im Wasser enthaltenen Gips zersetzt. Demnach können durch geeigneten Zusatz von Ätznatron die Kesselsteinbildner vollständig aus dem Wasser entfernt werden.

Nur ein Umstand darf dabei nicht übersehen werden: von der aus dem Ätznatron durch Aufnahme von Kohlensäure gebildeten Soda wird in der Regel nur ein verhältnismäßig kleiner Teil zur Zersetzung des im Wasser enthaltenen Gipses verbraucht, der Rest bleibt im Wasser gelöst und macht dasselbe stark alkalisch. Wird nun dieses Wasser zur Kesselspeisung benutzt, so reichert sich die Soda im Kesselinhalt beim Betrieb allmählich mehr und mehr an und kann dann zu Mißständen Veranlassung geben, indem Dichtungen und Armaturteile, namentlich die Wasserstandsgläser, beschädigt und unter Umständen ein Schäumen des Kesselinhaltes herbeigeführt werden können.

Um diese Übelstände zu vermeiden, pflegt man dem Wasser nur soviel Ätznatron zuzusetzen, daß die aus demselben entstehende Soda eben ausreicht, um den im Wasser enthaltenen Gips zu zersetzen, und daß nur noch ein kleiner Überschuß an Soda verbleibt. Dabei werden allerdings die doppelkohlensaurer Salze nicht sofort völlig zersetzt, und es bedarf erst einer starken Erhitzung des Wassers, um wenigstens den größten Teil der Kesselsteinbildner zu fällen. Der Rest kommt erst im Kessel zur Abscheidung, in der Regel als Schlamm, der von Zeit zu Zeit durch den Schlammhahn entfernt werden muß.

Aber auch bei dem verminderten Zusatz von Ätznatron zum Speisewasser muß durch häufiges Ablassen eines Teils vom Kesselinhalt dafür gesorgt werden, daß das Wasser im Kessel nicht zu stark alkalisch wird.

Bei Beobachtung dieser Vorsichtsmaßregeln gibt das Reinigungsverfahren mit Ätznatron, namentlich bei gipsreichen Wässern, befriedigende Resultate, dagegen ist es weniger zu empfehlen bei Wässern, die hauptsächlich kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia neben wenig Gips als Kesselsteinbildner enthalten.

c. Reinigung mit Soda.

Unter geeigneten Bedingungen lassen sich die Kesselsteinbildner auch durch Soda soweit aus dem Wasser ausscheiden, daß die Bildung von festem Kesselstein völlig verhindert wird.

Die chemischen Reaktionen, auf welchen dabei die Wirkung der Soda beruht, sind etwas verwickelter als die vorher besprochenen.

Mit Übergehung der Einzelheiten lassen sich die Vorgänge kurz folgendermaßen darstellen:

Wird dem Wasser soviel Soda zugesetzt, als zur Zersetzung des darin enthaltenen Gipses erforderlich ist, so wird in den meisten Fällen nicht unmittelbar eine Ausscheidung erfolgen, denn in der Regel findet der kohlen saure Kalk, soweit er durch die Einwirkung der Soda aus dem Gips entsteht, genug freie Kohlensäure in dem Wasser vor, um mit ihr den leichtlöslichen doppeltkohlen sauren Kalk zu bilden.

Wird aber Soda im Überschuß zugesetzt, so wirkt dieselbe nicht nur auf den Gips zersetzend, sondern auch auf die Bikarbonate kohlen säure entziehend, ähnlich wie das Ätznatron, nur schwächer als dieses. Kohlen saures Natron und doppeltkohlen saurer Kalk liefern dabei durch chemische Umsetzung doppeltkohlen saures Natron und einfach kohlen sauren Kalk. Letzterer scheidet sich namentlich beim Erwärmen des Wassers aus, während das doppeltkohlen saure Natron gelöst bleibt.

Wird nun das Wasser gekocht, so zersetzt sich das doppeltkohlen saure Natron unter Abspaltung der aufgenommenen Kohlensäure, und es wird wieder einfachkohlen saures Natron (Soda) zurückgebildet.

Wenn man nun in dieser Weise das Speisewasser dauernd durch Sodazusatz reinigt, so wird die Menge der Soda im Kesselwasser bald so groß werden, daß dieselbe zu Unzuträglichkeiten führt; statt immer neue Soda dem Speisewasser zuzusetzen, kann man mit gleichem Erfolge die im Kesselwasser »regenerierte« Soda immer wieder benützen, indem man einen bestimmten Teil des sodahaltigen Kesselwassers dem Rohwasser zusetzt. Man braucht dann jeweils nur soviel neue Soda hinzu zu geben, als durch die Zersetzung des im Speisewasser enthaltenen Gipses verbraucht wird.

Auf diesem Prinzip beruhen die sogen. »Regenerativverfahren«, bei denen die Wasserreinigung etwa in folgender Weise geschieht:

Um das erforderliche sodahaltige Kesselwasser herzustellen, wird von vornherein eine gewisse Menge Soda in den Kessel eingeführt, etwa 3 bis 5 kg auf jeden Kubikmeter Wasserraum.

Zur Reinigung des Rohwassers wird dasselbe in einem besonderen Reinigungsbehälter mit soviel Soda versetzt, als zur Zersetzung des Gipses erforderlich ist; dann wird eine genügende Menge von dem heißen sodahaltigen Kesselwasser hinzugefügt und dadurch die Ausscheidung der Kesselsteinbildner bewirkt. Nachdem der Niederschlag sich abgesetzt hat, wird das gereinigte Wasser in einen Reinwasserbehälter abgezogen.

Bei diesem Verfahren kehrt die aus dem Kessel zum Rohwasser zugeführte Soda in dem gereinigten Speisewasser als Bikarbonat in den Kessel zurück und wird hier wieder zu Soda »regeneriert«. Es wird daher zu der Reinigung nur diejenige Sodamenge verbraucht, die zur Zersetzung des Gipses erforderlich ist.

Wenn das Rohwasser viel Gips und größere Mengen leichtlöslicher Salze enthält, so werden nach längerem Betrieb diese Salze und das gebildete schwefelsaure Natron sich stark im Kesselwasser anreichern, und es können Störungen auftreten. Bei Rohwässern, deren Kesselsteinbildner hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk neben wenig Magnesia und Gips bestehen, und die nur geringe Mengen leichtlöslicher Salze enthalten, liefert das Verfahren befriedigende Resultate.

d. Verwendung von Soda im Kessel.

Wo die Aufstellung eines Reinigungsapparates wegen örtlicher Verhältnisse oder aus anderen Gründen nicht zugänglich ist, da leistet als Notbehelf schon ein einfacher Sodazusatz zum Speisewasser gute Dienste, namentlich wenn gleichzeitig das Kesselwasser durch einen mäßigen Sodaüberschuß dauernd schwach alkalisch gehalten wird. Eine eigentliche »Speisewasser-Reinigung« findet dabei allerdings nicht statt, denn die Kesselsteinbildner kommen nicht vor der Benutzung des Wassers, sondern erst im Kessel selbst zur Abscheidung, hier aber nicht als harter Stein, sondern als loser Schlamm, der sich durch das übliche Entschlammn des Kessels entfernen läßt.

Die chemischen Vorgänge, auf denen hier die Wirkung der Soda beruht, sind dieselben, wie bei dem vorher besprochenen Regenerativverfahren, nur insofern besteht gegen dieses ein Unterschied, als die Ausfällung der Kesselsteinbildner nicht in einem besonderen Reinigungsbehälter geschieht, sondern im Dampfkessel selbst.

Im Betrieb kann man etwa in folgender Weise verfahren: In den Kessel wird zunächst die zur Ausfällung der Kesselsteinbildner erforderliche Soda eingeführt, deren Menge nach dem Wasserinhalt des Kessels zu bemessen ist, zweckmäßig $\frac{1}{2}$ bis 1 kg Soda auf jeden Kubikmeter Kesselinhalt. Zum Speisewasser ist dann jeweils nur soviel Soda zuzusetzen als zur Zersetzung des darin enthaltenen Gipses erforderlich ist. Zur Entfernung der im Kessel entstehenden Niederschläge muß regelmäßig entschlammt werden. Dabei wird mit dem abgehenden Kesselwasser stets auch ein Teil der im Kesselinhalt gelösten Soda abgeführt, der verloren geht. Diese Soda muß daher von Zeit zu Zeit wieder ersetzt werden.

Das beschriebene Verfahren findet wegen seiner Einfachheit vielfache Anwendung.

Wie aus den vorstehenden Ausführungen ersichtlich ist, besitzt die Technik wissenschaftlich wohl begründete und praktisch erprobte Wasserreinigungsverfahren, durch deren Anwendung die Kesselsteinbildung sicher und ohne große Kosten vermieden werden kann. Dieser Zweck wird erreicht durch chemische Zersetzung und Ausscheidung der kesselsteinbildenden Stoffe. Da aber die Art und die Menge dieser Stoffe je nach Herkunft und Beschaffenheit des Wassers sehr verschieden ist, so muß auch die Menge der zur Wasserreinigung erforderlichen Zusätze für jedes Wasser durch chemische Analyse besonders ermittelt werden. Die chemische Wasseranalyse bildet daher die Grundlage jeder rationellen Wasserreinigung. Aber nicht durch Berechnung aus den dabei gefundenen Gehalten an Kalk, Magnesia und Schwefelsäure ist die Menge der Zusätze zu ermitteln, sondern stets durch besondere Reinigungsversuche im kleinen, wie sie in dem Abschnitt über Wasserreinigung mit Kalk und Soda kurz beschrieben wurden.

5. Kessel-Korrosionen.

Nicht selten treten im Innern der Dampferzeuger an den Wandungen, Röhren, Nietköpfen u. s. w. Anfressungen oder Anrostungen auf, d. h. chemische Zerstörungen, die man im allgemeinen mit dem Namen Korrosionen bezeichnet. Die Ursache solcher Schäden wird meist in Fehlern des Kesselmaterials oder in schlechter Beschaffenheit des Speisewassers gesucht, während eine dritte Quelle derselben, nämlich die unverständige Behandlung des Kessels, vielfach außer acht gelassen wird.

Was nun zunächst die schlechte Beschaffenheit des Kesselmaterials anlangt, so führt dieselbe nur selten zu Korrosionen. Sie äußert sich meist in ernsteren Defekten, wie Rissen und dergl., die auf mechanische Ursachen zurückzuführen sind.

Dagegen ist die schlechte Beschaffenheit des Speisewassers allerdings häufig genug Ursache von Korrosionen, u. zw. teils unmittelbar, teils im Zusammenwirken mit ungünstigen Betriebsverhältnissen.

Unmittelbar vermag das Wasser zerstörend auf das Kesselmaterial zu wirken, wenn es freie Säure enthält.

Allerdings ist die Wirksamkeit der verschiedenen Säuren sehr verschieden. Kohlendioxid greift z. B. das Eisen im normalen Kesselbetrieb nicht an, organische Säuren, wie Fettsäuren, bei ölhaltigem Wasser und dergleichen, sind von nur geringer Wirksamkeit, dagegen sind freie Mineralsäuren in hohem Maße korrodierend. Glücklicherweise sind die Fälle, in denen das Rohwasser freie Mineralsäure enthält, nur selten, indessen kommen solche Verhältnisse beispielsweise in Bergwerken bei den sog. Grubenwässern vor. Um hier einer raschen Zerstörung des Kessels vorzubeugen, muß dem Speise-

wasser regelmäßig soviel Soda oder Ätznatron zugesetzt werden, daß die freie Säure im Wasser völlig neutralisiert wird.

Aber nicht nur freie Säuren vermögen chemisch auf das Eisen zu wirken, sondern auch neutrale Salze, wenn sie in größerer Menge im Wasser gelöst sind. Nun ist freilich die Konzentration der Salze im Rohwasser nur in seltenen Ausnahmefällen so bedeutend, daß unmittelbar ein Angriff auf das Eisen zu fürchten wäre. Wenn aber beim Kesselbetrieb das Wasser verdampft, und mit dem zugespeisten Wasser immer neue Mengen gelöster Salze in den Kessel eingeführt werden, so reichern sich dieselben im Kesselinhalt allmählich mehr und mehr an, bis dieser schließlich eine Salzlauge bildet, die unter Umständen in Frage kommen kann, das Kesselmaterial anzugreifen.

Dieser Zustand wird um so eher eintreten, je mehr gelöste Salze das Rohwasser enthält und je mehr Wasser im Kessel verdampft wird, d. h. je stärker derselbe beansprucht ist.

Hier ist es also die Wasserbeschaffenheit im Zusammenwirken mit den Betriebsverhältnissen, welche die Ursache der Korrosionen bildet.

Auch hier ist die Wirksamkeit der Salze eine sehr verschiedene, je nach der chemischen Natur derselben. Besonders schädlich sind nach den Erfahrungen der Praxis die Chlorverbindungen und unter diesen hauptsächlich das Chlormagnesium. Letzteres kann unmittelbar Zerstörungen verursachen, wenn es Gelegenheit hat, unter Kesselsteinschichten auf das hochehitze Eisen einzuwirken. Unter diesen Umständen kann sich das Chlormagnesium bei Gegenwart von Wasser unter Abspaltung von Salzsäure zersetzen. Die dabei entstehende Säure vermag dann das Eisen anzugreifen, wobei unter Wasserstoffentwicklung das lösliche Eisenchlorür entsteht.

Eine solche Zersetzung des Chlormagnesiums durch Wasser tritt aber erst bei höherer Temperatur ein, wie sie im Kessel nur gelegentlich unter Kesselsteinschichten vorkommen kann.

Sind in dem Wasser Stoffe gelöst, welche leicht Sauerstoff abgeben, wie z. B. die salpetersauren Salze, so können dieselben oxydierend wirken und dadurch die Einwirkung des Chlormagnesiums auf das Eisen unterstützen. Der Angriff erfolgt dann viel leichter und schon bei Temperaturen, wie sie überall im Kessel bei den gewöhnlichen Betriebsverhältnissen vorhanden sind.

Daraus folgt, daß bei gleichzeitiger Anwesenheit von salpetersauren Salzen und Chloriden im Wasser besonders leicht Anfressungen des Kesselmaterials (Korrosionen) auftreten können.

Natürlich spielt auch hier die Menge dieser Salze eine wesentliche Rolle. Dagegen ist die Art derselben nicht von Belang. Denn überall, wo Magnesiaverbindungen neben Chloriden und salpetersauren

Salzen irgend welcher Art im Wasser gelöst sind, da sind auch die Elemente für die oben angedeutete Reaktion gegeben.

Deshalb ist allgemein bei der Verwendung von Wasser, das viel Chloride und salpetersaure Salze enthält, besondere Vorsicht geboten. Vor allem muß einer Anreicherung dieser Salze im Kesselinhalt nach Möglichkeit vorgebeugt werden. Das kann am einfachsten und ohne Betriebsstörung durch häufiges Ablassen eines Teils vom Kesselinhalt, etwa vom höchsten bis zum niedrigsten Wasserstande, durch den Schlammhahn geschehen. Denn dadurch wird immer ein Teil der gelösten Salze aus dem Kessel entfernt, und ihre Konzentration im Kesselinhalt kann ein gewisses Maß nicht überschreiten.

Aber auch bei gutem, salzarmem Speisewasser können Schäden der hier genannten Art auftreten, wenn das Ablassen eines Teils vom Kesselinhalt gänzlich unterbleibt und die Betriebsperioden von einer Kesselreinigung zur anderen ungebührlich lange ausgedehnt werden. Denn auf solche Weise kann selbst bei gutem Speisewasser die Konzentration der Salze im Kesselinhalt bis zu schädlicher Höhe steigen. Hier ist dann die unrationelle Behandlung des Kessels die eigentliche Ursache der etwa auftretenden Anfressungen.

Die Mittel zur Vermeidung dieser Schäden ergeben sich aus dem Gesagten ohne weiteres: Regelmäßiges Ablassen eines Teils vom Kesselinhalt und gegebenen Falles auch Abkürzung der Betriebsperioden von einer Kesselreinigung zur anderen.

Ein Mittel aber, das in allen Fällen gute Dienste leistet, wo derartige Schäden im Kessel durch chemische Wirkung des Wassers verursacht werden, bleibt noch zu erwähnen. Es ist das wiederum ein mäßiger Zusatz von Soda zum Kesselspeisewasser, der so zu bemessen ist, daß der Kesselinhalt dauernd schwach alkalische Reaktion zeigt. Denn es ist eine wissenschaftlich wohl begründete und durch die praktische Erfahrung stets noch bestätigte Tatsache, daß das Eisen gegen schwach alkalisches Wasser widerstandsfähiger ist, als gegen neutrales. Aber selbstverständlich darf auch bei Zusatz von Soda zum Speisewasser das regelmäßige Ablassen eines Teils vom Kesselinhalt nicht unterlassen werden.

Hierher gehört noch eine Gruppe von Korrosionen, die mit der Beschaffenheit des Wassers nur mittelbar zusammenhängen. Es sind das die sogenannten »Luftkorrosionen«, also Verrostungen, die unter dem Einfluß von Luft und Wasser, meist unter Mitwirkung von Kohlensäure vor sich gehen.

Jedes Speisewasser ist mehr oder minder lufthaltig, namentlich Flußwasser, denn sobald dasselbe mit Luft in Berührung kommt, nimmt es deren Bestandteile, Stickstoff und Sauerstoff, begierig auf. Wird dasselbe nun während des Betriebes in den Kessel

gespeist, so entweichen bei der hier stattfindenden Erhitzung die aufgenommenen Gase zusammen mit der freien Kohlensäure in Form von Bläschen und werden mit dem entwickelten Dampf fortgeführt. So sind sie unschädlich.

Wird aber der Kessel nach Einstellung des Betriebes nochmals mit frischem Wasser aufgespeist, so scheiden sich auch hier bei der Erwärmung die genannten Gase in Bläschen ab. Da aber keine Dampfantnahme mehr stattfindet, so bleiben sie im Kessel, und nun sind alle Bedingungen für die Verrostung des Eisens gegeben. Wo sich die Bläschen ansetzen können, an rauen Stellen der Bleche, an Nieten und Vorsprüngen etc., entstehen kleine Rostnarben, die sich durch stete Wiederholung des Vorganges allmählich vergrößern. Auch an der ruhigen Wasseroberfläche, namentlich am Rande derselben, sammeln sich die Bläschen an und verursachen Verrostung des Eisens. So entstehen vielfach die Korrosionen in der Wasserlinie. Auch im Dampfraum können naturgemäß Verrostungen entstehen, wenn die aus dem Wasser ausgetriebenen Gase sich dort sammeln können.

Es empfiehlt sich daher in der Praxis, nach Einstellung des Betriebes den Kessel nicht nochmals aufzuspeisen.

Zu den hier beschriebenen Erscheinungen gehören auch die häufig vorkommenden Verrostungen in Vorwärmern, die hauptsächlich an solchen Stellen auftreten, wo die ausgetriebenen Gase sich in größerer Menge sammeln können (Luftsäcke), oder wo keine genügende Wasserbewegung stattfindet, um die angesetzten Bläschen fortzuführen (tote Ecken). Hier kann nur geeignete Konstruktion der Apparate Abhilfe schaffen.

Im allgemeinen werden die sogenannten Luftkorrosionen um so leichter eintreten können, je lufthaltiger das Speisewasser ist. Man sollte daher, wo derartige Schäden sich zeigen, alles vermeiden, was den Luftgehalt des Wassers steigern kann, vielmehr Bedacht darauf nehmen, denselben durch möglichst starkes Erhitzen des Wassers vor der Verwendung zu vermindern. Auch die Entfernung der Kohlensäure, wie sie bei der Wasserreinigung mit Kalk und Soda geschieht, ist hier von Vorteil. Liegen aber die Verhältnisse ganz ungünstig, sodaß mit den gewöhnlichen Mitteln Abhilfe nicht geschaffen werden kann, so ist als Notbehelf ein dünner Innenanstrich im Kessel bzw. Vorwärmer mit Asphaltlack oder dergl. statthaft. Doch sollte dieses Auskunftsmittel erst nach Einholung sachverständigen Rates angewandt werden.