

Man hat daher an der zum Binden der Salze erforderlichen Menge Seifenlösung ein Maß für die Härte. Für eine genauere Bestimmung, welche auch über die Natur der Beimengungen Aufschluß gibt, ist natürlich eine chemische Analyse nötig. Eine solche wird zweckmäßig schon bei dem Entwurf der Kesselanlage vorgenommen, da die Natur des Speisewassers für manche Einzelheit, gegebenenfalls sogar für die Wahl des Kesselsystems entscheidend sein kann.

Die Frage, wann eine Reinigung des Speisewassers vorzunehmen ist, ist unter Berücksichtigung der Betriebsverhältnisse und der Kesselbauart zu beantworten. Im allgemeinen soll für leicht zu reinigende Kessel von 12 deutschen Härtegraden, bei Wasserrohrkesseln von 6 bis 7 Härtegraden an das Wasser jedenfalls gereinigt werden.

Beispiel 35: Wieviel kg kohlensaurer Kalk werden aus Speisewasser von 12 deutschen Härtegraden in einem Flammrohrkessel von 100 qm Heizfläche bei 10stündigem Betriebe und normaler Anstrengung von 20 kg/qm in 1 Monat ausgeschieden?

12 deutsche Härtegrade = $17,9 \cdot 12$ g CaCO_3 in 1 cbm, in einem Monat werden verdampft $20 \cdot 100 \cdot 10 \cdot 30$ kg = 600 cbm, also Gewicht an ausgeschiedenem Kalk:

$$G = 17,9 \cdot 12 \cdot 600 = 129000 \text{ g} = 129 \text{ kg.}$$

3. Die Löslichkeit der Kesselsteinbildner.

Kohlensaurer Kalk CaCO_3 wird vom Wasser in normalem Zustande im Verhältnis 1 : 50 000 gelöst, d. h. 1 cbm kann 20 g enthalten. Ist das Wasser mit Kohlensäure gesättigt, so steigt die Löslichkeit schon bei gewöhnlichem Druck auf 1 : 1140 oder 0,88 kg in 1 cbm, bei erhöhtem Druck bis auf 3 kg in 1 cbm oder 1 : 330; dabei hat sich doppeltkohlensaurer Kalk $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ gebildet. Wird solches Wasser in den Kessel gepumpt, so wird durch die hohe Temperatur die Kohlensäure ausgetrieben und die entsprechende Menge CaCO_3 niederschlagen; diese setzt sich an den Heizflächen an und kann festbrennen.

Kohlensaure Magnesia MgCO_3 ist löslich im Verhältnis von 1 : 2000 oder von 0,5 kg in 1 cbm; schwefelsaurer Kalk CaSO_4 im Verhältnis 1 : 400 oder von 2,5 kg in 1 cbm; beide werden bei Temperaturen von 130 bis 144° C ausgeschieden.

4. Chemische Reinigung.

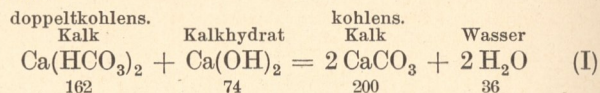
Die Reinigung des Wassers von den gelösten Beimengungen zielt zunächst darauf hin, die löslichen Bestandteile in unlösliche zu verwandeln und dann diese unlöslichen Niederschläge aus dem Wasser zu entfernen; es ist also immer mit der chemischen Reinigung auch eine mechanische zu verbinden. Die doppeltkohlensaurer Kalk- und Magnesiasalze lassen sich auch ohne Chemikalien zum Teil durch bloße Lüftung des Wassers, indem dasselbe als Sprühregen herabfällt, wirksamer noch durch Erhitzung ausscheiden. In beiden Fällen wird die Hälfte der Kohlensäure ausgetrieben und das zurückbleibende einfachkohlensaure Salz ist nicht mehr löslich und schlägt nieder.

Als chemische Reagenzien kommen hauptsächlich Ätzkalk, Soda, Ätznatron und vereinzelt kohlensaurer Baryt in Betracht.

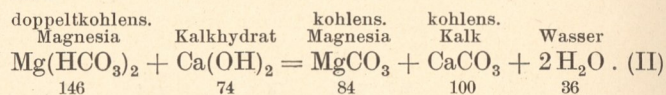
A. Reinigung mit Ätzkalk.

Der Ätzkalk oder gelöschte Kalk bindet die im Wasser etwa vorhandene freie Kohlensäure und entzieht

dem doppeltkohlensaurer Kalk und der doppeltkohlensaurer Magnesia die Hälfte der Kohlensäure nach den Formeln:



und

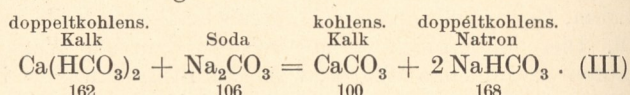


Das Kalkhydrat wird aus gebranntem Kalk CaO durch Auflösen in Wasser als Kalkmilch hergestellt. Die zuzusetzende Kalkhydratmenge muß so bemessen sein, daß auch die im Wasser vorhandene freie Kohlensäure gebunden wird; bei Mangel an Kalkhydrat wird nicht Magnesiumhydroxyd, sondern nach Formel (II) kohlensaure Magnesia gebildet, welche sich nur unvollständig ausscheidet.

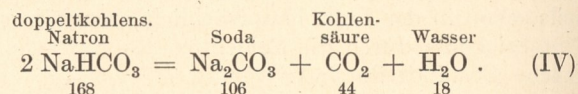
B. Reinigung mit Soda.

Soda dient ebenfalls zur Zersetzung des doppeltkohlensaurer Kalkes; die Einwirkung muß jedoch, um eine vollständige Zersetzung zu erzielen, unter Erwärzung geschehen.

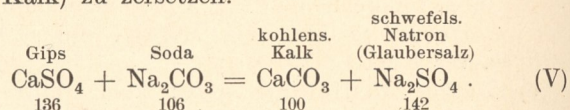
Dieselbe erfolgt zunächst nach der Formel



Beim Sieden im Kessel wird das gebildete doppeltkohlensaure Natron zerlegt nach



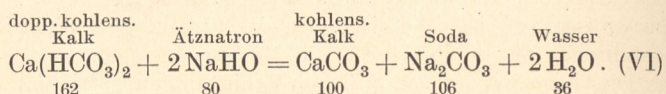
Soda ist ferner das einzige Mittel, um Gips (schwefelsaurer Kalk) zu zersetzen.



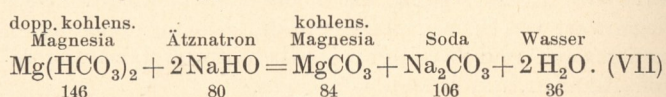
C. Reinigung mit Ätznatron NaHO .

Ätznatron ist zunächst in denselben Fällen zu gebrauchen, in denen man Ätzkalk und Soda anwendet, jedoch ist es teurer.

a) Gegen doppeltkohlensaurer Kalk:



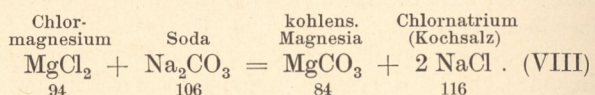
b) Gegen doppeltkohlensaure Magnesia:



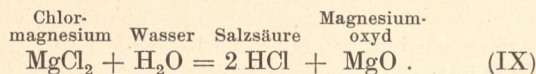
c) Ist in dem Wasser auch noch Gips enthalten, so wird derselbe durch das eben entstandene kohlensaure Natron zersetzt nach Formel (V).

d) Gegen Chlormagnesium:

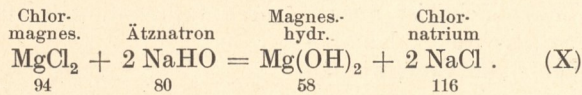
Dasselbe kann zwar auch durch Soda zersetzt werden nach



Jedoch ist die Zersetzung keine vollständige, und wenn auch nur geringe Mengen $MgCl_2$ in den Kessel gelangen, so haben dieselben eine äußerst schädliche Wirkung, da sich dieselben unter Bildung von Salzsäure zersetzen nach:

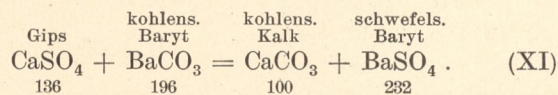


Ätznatron zersetzt das Chlormagnesium nach:



D. Reinigung mit kohlensaurem Baryt $BaCO_3$.

Dieses Mittel wird seit kurzer Zeit in Verbindung mit Ätzkalk von Hans Reisert angewendet, um Gips auszuschleiden nach:



Die Reaktion erfolgt verhältnismäßig langsam und erfordert einen großen Überschuß von schwerlöslichem kohlensaurem Baryt. Als Vorteil wird angegeben, daß die Zersetzungsprodukte der Gl. (XI) unlöslich sind, also kein gelöstes Salz in den Kessel gelangt.

E. Bestimmung der Menge der Zusätze.

Aus den Formeln (I) bis (XI) ergeben sich mit Benützung der beigefügten Verbindungsgewichte die zum Fällen der Kesselsteinbildner erforderlichen Mengen an Chemikalien, sowie die Gewichte der entstandenen Niederschläge nach folgender Aufstellung:

- 1 g kohlensaurer Kalk $CaCO_3$ in Form von doppelt-kohlensaurem Kalk im Wasser gelöst, erfordert 0,56 g Ätzkalk¹⁾ und bildet 2 g Schlamm (I)
 oder 1,06 „ Soda „ „ 1 „ „ (III)
 oder 0,8 „ Ätznatron „ „ 1 „ „ (VI)
- 1 g kohlensaure Magnesia $MgCO_3$ erfordert 0,67 g Ätzkalk u. bildet 2,19 g Schlamm (II)
 oder 0,95 „ Ätznatron „ „ 1 „ „ (VII)
- 1 g Gips $CaSO_4$ erfordert 0,78 g Soda und bildet 0,74 g Schlamm (V)
 oder 1,44 „ kohlensaures Baryt und bildet 2,44 g Schlamm (XI)

1 g Chlormagnesium $MgCl_2$ erfordert 0,85 g Ätznatron und bildet 0,62 g Schlamm (X)

Aus vorstehender Übersicht geht hervor, daß Soda und Ätznatron fast überall zum Fällen der Kesselsteinbildner genügen, der erheblich billigere Ätzkalk jedoch nur für die kohlensauen Salze geeignet ist. Wo nur solche im Speisewasser vorhanden sind, würde man mit letzterem auskommen. Da jedoch in der Regel Kesselsteinbildner verschiedener Art zugleich vorhanden sind, so hat man danach die Zusätze einzurichten. Ein verbreitetes Verfahren ist die Reinigung mit Ätzkalk und Soda, indem der Ätzkalk die Kohlensäure bindet, während die Soda den schwefelsauren Kalk zersetzt. Zu beachten ist hier die bekannte Erfahrung, daß die meisten chemischen Reaktionen bei höherer Temperatur schneller und intensiver verlaufen; es ist daher vorteilhaft, das Speisewasser bei der Reinigung vorzuwärmen, zumal die dafür aufgewendete Wärme

¹⁾ 0,56 g CaO ist die Menge gebrannten Kalkes, welche gekauft und im Kesselhause durch Löschen in $Ca(OH)_2$ verwandelt wird.

dem Kessel zum größten Teile wieder zugeführt wird. Zum Fällen magnesiahaltiger Salze ist die Vorwärmung unbedingt erforderlich.

F. Lösliche Salze.

Der größte Teil der vorher angeführten Prozesse ergibt außer dem Niederschlag ein lösliches Salz, welches mit dem Speisewasser in den Kessel gelangt, und zwar sind solche Salze: Soda Na_2CO_3 , Glaubersalz Na_2SO_4 und seltener Kochsalz $NaCl$. Diese Salzlösungen sind zwar für die Kesselwandungen nicht schädlich, werden jedoch bei stärkerer Konzentration, die naturgemäß im Laufe der Betriebszeit erfolgt, lästig durch Erhöhung des Siedepunktes und indem sie das Material der Armaturen angreifen. Es ist daher zweckmäßig, in solchen Fällen je nach der Stärke der Lösung, die durch ein Aräometer festgestellt werden kann, den Kessel möglichst jeden Tag wiederholt etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Minute lang und nach 6 bis 8 Wochen ganz abzublasen.

Eine vollständige Reinigung, d. h. bis auf nahezu 0 Härtegrade, gelingt in den wenigsten Fällen und nur unter Aufwendung erheblicher Kosten. Im allgemeinen wird eine Reinigung bis auf etwa 2 Härtegrade erreicht, und die Kosten betragen zwischen 1,5 und 3 Pf. für 1 cbm.

G. Das Permutitverfahren.

Permutit ist ein Aluminatsilicat, entstanden durch Zusammenschmelzen von Tonerdesilicaten und Soda im Glaswannenofen, und hat die Eigenschaft, sein Natrium gegen das im harten Speisewasser enthaltene Calcium oder Magnesium auszutauschen und dadurch das Wasser zu enthärten. Durch Zusatz warmer Kochsalzlösung wird der Rückstand wieder regeneriert, so daß nur ein einmaliger Zusatz einer Menge Permutit in den Filterapparat nötig ist. Darauf beruhen die Vorzüge dieses von Dr. R. Gans erfundenen Verfahrens, bestehend in der Einfachheit der Bedienung und dem Fortfall von Zusätzen; ferner tritt die Reaktion auch bei kaltem Wasser ein, und es wird kein Schlamm niedergeschlagen. Dagegen ist als Nachteil des Verfahrens anzusehen, daß alle Säuren im Wasser bleiben, und daß größere Mengen Soda in den Kessel gelangen. Ausgeführt werden die Apparate von J. D. Riedel, Berlin.

H. Geheimmittel.

Außer den vorher erwähnten Chemikalien werden noch immer häufig Mittel gegen die Bildung von Kesselstein empfohlen, deren Zusammensetzung geheim gehalten, deren Wirksamkeit aber in hohen Tönen gepriesen wird. In einer verdienstvollen Arbeit von G. Eckermann unter Mitwirkung von Dr. H. Bunte und Dr. P. Eitner¹⁾ sind über 200 solcher Mittel unter Angabe der chemischen Analyse gekennzeichnet. Danach unterscheidet man:

- a) Anstrichmassen, welche das Festsetzen des Kesselsteines an den Wänden verhindern sollen;
- b) Geheimmittel gegen Kesselsteinbildung:
 - α) bestehend aus mineralischen Stoffen,
 - β) aus organischen Stoffen,
 - γ) aus beiden gemischt.

Verhältnismäßig am harmlosesten sind diejenigen, welche die vorstehend angeführten Chemikalien enthalten. Der Käufer hat nur das Zehnfache des vollen

¹⁾ Verl. Boysen & Maasch, Hamburg.

Preises oder noch mehr zu zahlen, und hat nicht die Möglichkeit, Menge und Art des Mittels dem Wasser anzupassen. Alle sonstigen Bestandteile der Geheimmittel bedeuten nur eine Verunreinigung, welche dem Speisewasser noch künstlich beigebracht wird, teils können sie sogar direkt schädlich wirken.

5. Die mechanische Reinigung.

A. Allgemeines.

Ist γ das spez. Gewicht eines das Wasser verunreinigenden Stoffes, γ_1 dasjenige des Wassers, so wird ein Körperteilchen des Stoffes im Wasser

1. aufsteigen, wenn $\gamma < \gamma_1$,
2. schweben, wenn $\gamma = \gamma_1$,
3. sinken, wenn $\gamma > \gamma_1$

ist. Danach ergeben sich von selbst folgende Verfahren der mechanischen Reinigung:

- I. Abschöpfen oder Abfließenlassen von der Oberfläche;
- II. Filtrieren;
- III. Absetzenlassen (Dekantieren).

Nun handelt es sich aber bei der Wasserreinigung fast immer um Verunreinigungen, bei denen die Stoffe sich in Form äußerst kleiner Körperchen im Wasser befinden. Mit abnehmender Größe der Körperchen wächst aber bei gleichem spez. Gewicht der Reibungswiderstand gegen die auf- oder absteigende Bewegung. Es wird also die senkrechte Geschwindigkeit nicht nur von dem Unterschiede der spez. Gewichte, sondern auch davon abhängen, ob der Stoff mehr oder weniger fein verteilt ist.

Dieser Umstand erklärt, daß man nicht einfach nach dem spez. Gewicht sich für das erste, zweite oder dritte Verfahren entscheiden kann.

Das Verfahren II ist nicht immer wirksam genug, weil die Fettstoffe häufig in Form von Emulsion, also sehr fein verteilt im Wasser enthalten sind; ebenso kann im Falle III die Sinkgeschwindigkeit sich der Grenze Null so nähern, daß man auch hier das Filtrierverfahren vorsieht; in vielen Fällen ist das Filtrierverfahren mit einem der beiden anderen vereinigt, indem die ersteren die kompakteren Mengen beseitigen und so das Filter entlasten.

B. Das Absetzverfahren.

Dieses Verfahren ist immer in Verbindung mit der chemischen Reinigung anzuwenden, da die bei derselben gefällten Stoffe hohe spez. Gewichte haben.

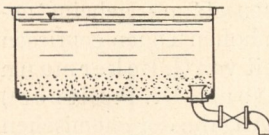


Fig. 612.

a) Reinigung durch Stehenlassen im Klärgefäß (Fig. 612). Das verunreinigte Wasser wird in ein Gefäß gefüllt, wenn außerdem chemisch

gereinigt werden soll, werden die Chemikalien zugefügt und durch Umrühren vermischt; nach einer Zeit ruhigen Stehens bilden die Beimengungen einen Bodensatz und das klare Wasser wird über demselben abgelassen. Da die zur Klärung erforderliche Zeit auch von dem Wege abhängt, den jedes Teilchen bis zum Boden zurückzulegen hat, empfiehlt es sich, das Gefäß niedrig zu machen; dabei ist zu beachten, daß beim Ablassen der Bodensatz nicht wieder aufgerührt wird.

Nachteil: Es ist eine große Bodenfläche erforderlich und der Betrieb kann nicht ununterbrochen geführt werden.

b) Einfaches Klärgefäß mit ununterbrochenem Betriebe (Fig. 613). Das schmutzige Wasser wird ununterbrochen unten eingeführt und fließt oben rein ab; der Niederschlag wird von Zeit zu Zeit abgelassen. Bedingung ist, daß die Wassergeschwindigkeit von unten nach oben immer kleiner als die Sinkgeschwindigkeit der mitgeführten Stoffe ist.

Die Höhe soll auch hier gering sein; die Größe der Bodenfläche ist aber dadurch begrenzt, daß auch die wagerechte Komponente der Geschwindigkeit zwischen der Eintritts- und Ausflußstelle nicht zu groß sein darf (Fig. 614). Es ist auch der Grundsatz zu beachten, daß die Wege aller Wasserteilchen möglichst gleich groß sein sollen, da sonst auf dem kürzesten Wege eine große Geschwindigkeit sich entwickeln wird, während der Raum in den toten Ecken für den Vorgang nicht ausgenutzt wird.

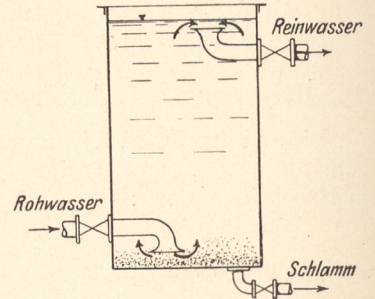


Fig. 613.

c) Mehrfaches Klärgefäß mit ununterbrochenem Betrieb (Fig. 615). Die Leistungsfähigkeit, bezogen auf die Bodenfläche, wird erhöht, indem man mehrere Gefäße nach Fig. 614 übereinander anordnet.

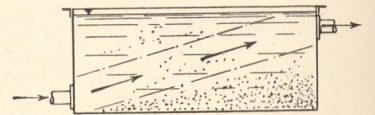


Fig. 614.

d) Reinigung mit Benützung der Massenbeschleunigung. Läßt man das mit den Beimengungen beladene Wasser senkrecht nach unten fließen und vermindert dann an einer bestimmten Stelle die Geschwindigkeit des Wasserstromes unter gleichzeitiger Richtungsänderung, so werden die spez. schwereren Sinkstoffe infolge ihrer Massenbeschleunigung die

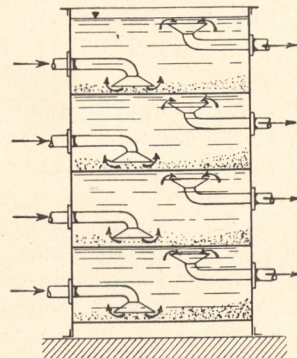


Fig. 615.

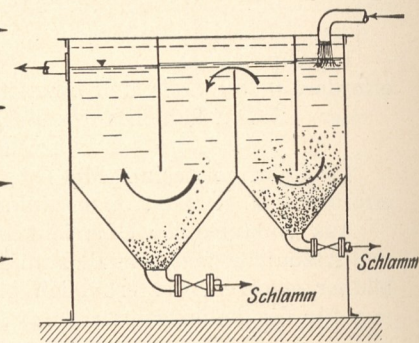


Fig. 616.

frühere Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit noch eine Weile beibehalten und können dadurch aus dem kräftiger fließenden Strom nach Orten ruhigen Wassers abgelenkt werden, wo sie niederschlagen.

Dieser Gedanke in Verbindung mit dem Grundsatz möglichst gleicher Geschwindigkeiten für alle Wasserfäden ist bei vielen der neueren Wasserreinigungsapparate benützt, von denen in Fig. 616 bis 618 einige Grundformen schematisch skizziert sind.

In der Anordnung nach Fig. 618 wird durch die Unterteilung mit den zahlreichen Klärschirmen beabsichtigt, für diejenigen Teilchen, welche bei der Umkehr des Wasserstromes infolge ihrer Leichtigkeit mit aufwärts