

Kesselspeisewasser geradezu unbrauchbar zu machen vermag. Auch die Zusammensetzung des Flußwassers ändert sich übrigens wie die des Regenwassers mit der Jahreszeit.

Am meisten gelöste Stoffe enthält das Meerwasser; es kann demnach direkt nicht zur Kesselspeisung herangezogen werden.

## 2. Prüfung des Wassers auf seine Eignung zur Kesselspeisung.

Die Eignung eines Wassers zur Dampfkesselspeisung kann schon auf verhältnismäßig einfache Weise festgestellt werden, wenn außergewöhnliche Verunreinigungen nicht in Erwägung zu ziehen sind.

Folgende Prüfungen dürften in den meisten Fällen genügen.

**Prüfung auf freie Säuren.** Eine größere Menge Wasser wird auf kleines Volumen eingedampft und dann mit blauem Lakmuspapier geprüft; Rotfärbung weist auf nichtflüchtige freie Säuren hin. Man kann auch ähnlich, wie bei der Untersuchung der Schmiermittel angegeben wurde (Seite 108), den Verbrauch von  $\frac{1}{10}$  normaler Kalilauge (in diesem Falle ist eine wässrige Lösung von Kaliumhydroxyd zu verwenden) bestimmen, der bis zur Rotfärbung von Phenolphthalein nötig ist.

Freie Kohlensäure ist schwieriger einwandfrei festzustellen. Gibt man zu Wasser klares Kalkwasser, so gibt Trübung oder die Bildung eines weißen Niederschlages Kohlensäure zu erkennen, doch wird dadurch nicht nur die freie, sondern auch die als Bikarbonat vorhandene Kohlensäure nachgewiesen. Da starke Trübung aber auf jeden Fall eine Reinigung des Wassers empfiehlt, ist die Probe ausreichend genau.

**Prüfung auf Schwefelsäure.** Selbst wenn das Wasser keine freie Säuren enthält, ist doch noch die Prüfung auf gebundene Schwefelsäure (in Form von Sulfaten) empfehlenswert, da größere Mengen von Gips, in welcher Form die gebundene Schwefelsäure fast ausschließlich vorkommt, starke Kesselsteinbildung hervorrufen.

Die Untersuchung geschieht durch Hinzufügen einer Bariumchloridlösung zu dem mit etwas Salpetersäure versetzten Wasser; Trübung oder ein weißer Niederschlag weisen auf Schwefelsäure hin.

**Bestimmung des Abdampfrückstandes.** Auf diese einfache Weise läßt sich die Brauchbarkeit eines Wassers zur Kesselspeisung sicher feststellen. Alle Wässer, die beim Verdampfen viel Rückstand hinterlassen, sind als Speisewässer nur nach vorheriger Reinigung verwendbar. Steht eine genaue Wage zur Verfügung, so empfiehlt es sich, die Menge des Rückstandes durch Wägung zu ermitteln.

Zu diesem Zwecke verdampft man eine gemessene Menge Wasser (1—2 l) in einer gewogenen Porzellanschale auf dem Wasserbade. Ein solches kann man leicht aus einem mit Wasser halbgefüllten Blechgefäß

herstellen, wenn man darauf eine Blechscheibe mit kreisrunder Öffnung, zur Aufnahme der Porzellanschale, bringt. Ist das (allmählich zugegebene) gesamte Wasser verdampft, so wird der Rückstand noch einige Zeit durch die heißen Wasserdämpfe getrocknet und die (außen gut abgetrocknete) Schale gewogen.

**Bestimmung der Härte.** Diese Untersuchung ist für die Beurteilung eines Wassers für Kesselspeisung die wichtigste, da sie auch einen Einblick in die Art der gelösten Bestandteile ermöglicht; sie hat ferner den Vorteil, daß sie auch ohne besondere chemische Kenntnisse durchgeführt werden kann.

Unter der Härte des Wassers versteht man seinen Gehalt an gelösten Calcium- und Magnesiumsalzen.

Die durch die primären Karbonate (Bikarbonate) der genannten Metalle bedingte Härte verschwindet beim Kochen des Wassers unter Abscheidung von sekundären Karbonaten; sie heißt deshalb *temporäre Härte* (Karbonathärte). Von anderen Salzen kommen lediglich die *Sulfate*, in erster Linie Gips in Betracht. Da die Sulfate durch Kochen nicht ausgeschieden werden, wird die durch sie bedingte Härte dabei nicht verändert, sie heißt daher *bleibende* oder *permanente Härte* (Sulfathärte). Temporäre und permanente Härte geben zusammen die *Gesamthärte*.

Um die Härte eines Wassers zahlenmäßig zum Ausdruck bringen zu können, hat man bestimmte Einheiten, die sogenannten *Härtegrade* festgesetzt, die bei verschiedenen Völkern verschiedene Werte haben.

Die *deutschen Härtegrade* geben an, wie viele Teile *Gesamtkalk* (Calciumoxyd und die äquivalente Menge Magnesiumoxyd) in 100 000 Teilen Wasser enthalten sind. Es entspricht demnach 1 deutscher Härtegrad 1 mg Calciumoxyd in 100 cm<sup>3</sup> Wasser. Da Calciumsalze von sauerstofffreien Säuren, beispielsweise Salzsäure, in der Regel nur in verschwindend kleinen Mengen vorkommen, ist die Annahme des Calciumoxydes als eines Bestandteiles sämtlicher Calciumsalze einwandfrei möglich. Hingegen muß bei Magnesiumsalzen die äquivalente Menge Calciumoxyd eingesetzt werden, also für 1 Teil MgO 1,4 Teile CaO.

In *Frankreich* und *England* wird das *Calciumkarbonat* als Grundlage der Härte gewählt, 1 französischer Härtegrad entspricht also 1 mg Calciumkarbonat in 100 cm<sup>3</sup> Wasser. Bei Gegenwart merklicher Sulfatmengen ist eine solche Annahme nicht statthaft, da sie auf einer falschen Grundlage ruht.

Die Beziehung zwischen französischen und deutschen Härtegraden ergibt sich aus der Gleichung:

$$\text{französische Härtegrade} \times 0,56 = \text{deutsche Härtegrade.}$$

Die praktische Bestimmung der Härte gründet sich auf das Verhalten der calcium- beziehungsweise magnesiumhaltigen Wasser gegenüber einer Lösung von Seife in verdünntem Alkohol. Destilliertes Wasser gibt schon nach Zugabe von wenig Seifenlösung beim Schütteln einen starken Schaum, während harte Wasser oft beträchtliche Mengen von Seifenlösung erfordern, um Schaumbildung zu ermöglichen. Bei harten Wässern muß eben zuerst durch die Seifenlösung das gesamte Calcium und Magnesium als unlösliche Kalk- bzw. Magnesiaseife gefällt werden, was schon an der auftretenden Trübung bemerkbar ist, und erst dann gibt sich der Überschuß an Seifenlösung beim Schütteln durch Schaumbildung zu erkennen.

Aus dem Volumen der Seifenlösung kann man den Grad der Härte des Wassers feststellen, wenn der Wirkungsgrad der Seifenlösung<sup>1)</sup>, also ihr Titer genau bekannt ist.

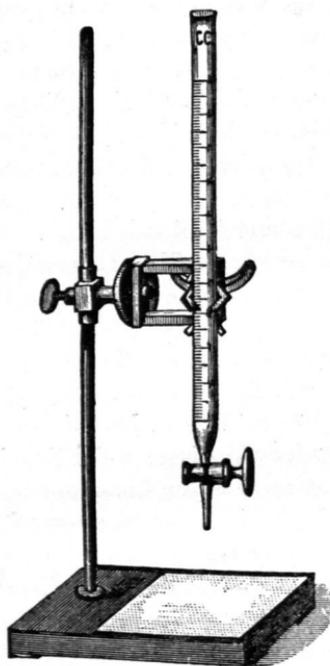


Fig. 37. Bürette.

Für die von Clark angegebene Methode der Härtebestimmung bedient man sich einer Seifenlösung, von der 45 cm<sup>3</sup> nötig sind, um in 100 cm<sup>3</sup> Wasser, die 12 mg Calciumoxyd enthalten (also 12 deutschen Härtegraden entsprechen), beim Schütteln Schaumbildung zu ermöglichen.

Um die Gesamthärte zu ermitteln, verfährt man dann in folgender Weise: In einen hohen, mit Glasstöpsel versehenen Glaszylinder von 200 cm<sup>3</sup> Inhalt, bringt man 100 cm<sup>3</sup> des zu prüfenden Wassers und läßt aus einer in  $\frac{1}{10}$  cm<sup>3</sup> geteilten Bürette (vgl. Fig. 37) allmählich die Seifenlösung zufließen, wobei nach jedesmaligem Zusatz kräftig geschüttelt wird. Sobald ein einige Minuten nahezu unverändert bleibender Schaum auftritt, wird das Volumen der Seifenlösung abgelesen. Für genaue Bestimmungen empfiehlt es sich, den Versuch zweimal durchzuführen; das erste

Mal wird die Härte annähernd, das zweite Mal, wo die Seifenlösung zum Schlusse tropfenweise zugesetzt wird, genau ermittelt.

<sup>1)</sup> Geeignete „titrierte“ Seifenlösung wird von chemischen Fabriken hergestellt und in den Handel gebracht.

Da der Seifenverbrauch den Härtegraden nicht genau proportional ist, haben F a i ß t und K n a u ß eine Tabelle aufgestellt, aus der die richtigen Werte abgelesen werden können.

Verbrauchte Seifenlösung	Härtegrad	Verbrauchte Seifenlösung	Härtegrad
3,4 cm <sup>3</sup>	0,5	22,6 cm <sup>3</sup>	5,5
5,4 „	1,0	24,4 „	6,0
7,4 „	1,5	26,2 „	6,5
9,4 „	2,0	28,0 „	7,0
Differenz von 1 cm <sup>3</sup> Seifenlösung = 0,25°		29,8 „	7,5
		31,6 „	8,0
		Differenz von 1 cm <sup>3</sup> Seifenlösung = 0,277°	
11,3 cm <sup>3</sup>	2,5	33,3 cm <sup>3</sup>	8,5
13,2 „	3,0	35,0 „	9,0
15,1 „	3,5	36,7 „	9,5
17,0 „	4,0	38,4 „	10,0
18,9 „	4,5	40,1 „	10,5
20,8 „	5,0	41,8 „	11,0
Differenz von 1 cm <sup>3</sup> Seifenlösung = 0,26°		43,4 „	11,5
		Differenz von 1 cm <sup>3</sup> Seifenlösung = 0,3°	

Bei höheren Härtegraden, besonders aber, wenn viel Magnesiumsalze vorhanden sind, muß das Wasser mit destilliertem Wasser verdünnt werden, um Irrtümer zu vermeiden. Die gefundene Härte wird dann natürlich noch mit dem Verdünnungskoeffizienten multipliziert. Man erkennt die Notwendigkeit der Verdünnung durch einen Vorversuch, bei dem man den Grad der Trübung beim Zusatz der Seifenlösung beobachtet und sein Augenmerk ferner darauf richtet, ob sich an der Oberfläche des Wassers eine durch Magnesiumsalze bedingte schaumige Haut (die von Seifenschaum aber leicht zu unterscheiden ist) bildet.

Zur Bestimmung der permanenten Härte kocht man zunächst ein gemessenes Volumen Wasser durch eine halbe Stunde unter Ersatz des verdampften Wassers durch destilliertes, läßt hierauf erkalten, füllt auf das ursprüngliche Volumen auf, filtriert vom Niederschlag ab und bestimmt im Filtrat die Härte wie früher.

Die Differenz aus der gesamten Härte und der permanenten Härte gibt die temporäre Härte.

### 3. Schädigung der Dampfkessel durch das Speisewasser.

Speisewässer für Dampfkessel können auf zweierlei Weise schädlich wirken:

1. Indem sie das Kesselblech direkt angreifen und allmählich zerstören.

2. Durch Bildung von festen Ablagerungen, dem sogenannten Kesselstein.