

**Darstellung der Kupferlösung.** Man läßt bei 4—6° Ammoniak auf Kupferspäne in Gegenwart von Milchsäure einwirken; nach 10 Tagen ist die Flüssigkeit genügend konzentriert.

**Lösen der Zellulose in Kupferammonium.** Fremery und Urban (Pauly) haben, gestützt auf Arbeiten von Mercer, das Lösen in der Kälte eingeführt (D. R. P. 98 642, franz. Pat. 286 692 und Zusatzpatente). Eine wesentliche Beschleunigung des Lösungsprozesses erreichte Bronnert durch Anwendung von mercerisierter Zellulose (Veröff. ind. Ges. Mulh. 1900, Maiheft), mit denen er 8%ige und stärkere Lösungen erhielt. 100 kg Zellulose werden mit 1000 l einer Lösung von 30 kg Soda und 50 kg Ätznatron im Autoklav unter 2,5 Atm. 3 $\frac{1}{2}$  Stunden erhitzt, gewaschen, mit Chlorkalk gebleicht, dann mercerisiert, gewaschen und 7—8 kg der so hydratisierten Zellulose mit 100 l Cuprammonium gerührt, wobei nach einiger Zeit ein Auflösen stattfindet (D. R. P. 119 230, 121 430, 125 310).

**Verspinnen der Lösung.** Unter einem Druck von 2—4 Atm. tritt die Lösung in Kapillaren von 0,20 mm Durchmesser ein und als halbflüssiger Faden, der sofort durch ein Schwefelsäurebad von 30—65% Monohydratgehalt koaguliert wird, heraus. Thiele (D. R. P. 154 507) läßt eine sehr konz. Zelluloselösung durch Kapillaren von 0,5 mm in Flüssigkeiten austreten, die sie langsam zu koagulieren vermögen, wie Benzin, Schwefelkohlenstoff, Ligroin usw., und bringt den Faden in einem zweiten Bade zum Erstarren.

**8. Kunstseiden ohne Anwendung der Zellulose.** Bernstein (amerik. Pat. 712 756) verspinnt ein Gemisch von Gelatine und wässrigem Extrakt der Naturseide und koaguliert mit Formaldehyd. Jannin (franz. Pat. 342 112) geht ebenfalls von der Gelatine aus. Millar stellt Vandurascide aus heißer Chromatgelatine dar (D. R. P. 88 225).

**9. Kunstfäden aus plastischen Stoffen.** Cadoret verwendet (franz. Pat. 256 854) Lumpen, die er mit Natronlauge in eine verspinnbare Masse verwandelt. Nach Breuer werden Zylinder mit einer dichten Schicht von Kollodium und Gelatine überzogen und zu feinen Lamellen durchgeritzt.

Ein großer Übelstand aller Kunstseiden ist ihre geringe Festigkeit in feuchtem Zustande. Bary versuchte (franz. Pat. 314 464) durch Behandlung mit Schwefelsäure, Thiele (D. R. P. 134 312) durch solche mit Chlorcalcium, Alkohol und überhitztem Wasserdampf die Widerstandsfähigkeit zu erhöhen, anscheinend ohne irgend welchen Erfolg.

Cl.

## Zur Praxis der kalorimetrischen Heizwertbestimmung mittels der Bombe.

(Mitteilung der thermochemischen Prüfungs- und Versuchsanstalt in Hamburg.)

Von Dr. D. AUFHÄUSER.

(Eingeg. d. 11./11. 1905.)

### Die Strahlungskorrektur.

Alle Untersuchungen der quantitativen Wärmemessung haben den Übelstand, daß der Wärme-

Ch. 1906.

austausch des Kalorimeters mit der Umgebung nicht genau bestimmt werden kann. Zur annähernden Bestimmung dieser Fehlergröße gibt es verschiedene Methoden. Die bekanntesten davon sind die auf dem Newtonschen Strahlungsgesetz beruhende Formel von Regnault-Pfaundler<sup>1)</sup> und eine empirische Bestimmung, die von Berthelot<sup>2)</sup> vorgeschlagen wurde. Am besten ist es immerhin, durch geeignete Versuchsbedingungen — Rumfordscher Kunstgriff — den Wärmeaustausch von vornherein möglichst klein zu machen.

Die ganze Frage hat eine erhöhte Bedeutung gewonnen, seitdem die Heizwertbestimmung von Brennstoffen mittels der kalorimetrischen Bombe allgemein eingeführt wurde und für die Technik große Bedeutung erlangt hat. Wurde doch gerade wegen der Strahlungskorrektur die Genauigkeit des Verbrennungskalorimeters wiederholt und bis in die neueste Zeit angezweifelt<sup>3)</sup>.

Dem gegenüber soll gleich eingangs betont werden, daß die Bestimmung der Verbrennungswärme von allen kalorimetrischen Untersuchungsmethoden überhaupt eine der kleinsten Strahlungskorrekturen hat; denn die letztere ist in erster Linie abhängig von der Versuchsdauer. Die Verbrennung in der Bombe verläuft momentan, es kommt somit nur auf die Wandstärke an, wie lange die entwickelte Wärme braucht, um sich vollständig dem Wasser mitzuteilen und so der Beobachtung zugänglich zu werden.

Seitdem man in der Handhabung der Bombe weniger ängstlich geworden ist und zu dünneren Wandstärken überging, ist auch darin ein Fortschritt eingetreten. Bei den älteren Modellen dauerte der Wärmeausgleich 5—7 Minuten. Bei den neueren Modellen ist er in 3—3 $\frac{1}{2}$  Minuten beendet, wenn sie innen emailliert sind, bei innen platinieren sogar in noch kürzerer Zeit.

Die Anfangstemperatur läßt sich sehr genau ermitteln, da sie direkt abgelesen wird und außerdem durch den Gang des Thermometers während des Vorversuchs sich selbst kontrolliert. Die Endtemperatur dagegen ist um die Strahlungskorrektur von ihrem tatsächlichen Wert verschieden.

Die ganze Temperaturdifferenz beträgt bei den gebräuchlichen Ausmessungen des Apparats 2,5 bis 3,5°. Man arbeitet daher, um nicht zu große Unterschiede von der Temperatur der Umgebung zu bekommen, wohl allgemein mit der Rumfordschen Kompensation, d. h. man bereitet sich für den Versuch ein Wasser, dessen Temperatur ebensoviel unter der Umgebung ist, als sie am Ende des Versuches voraussichtlich darüber sein wird. Demzufolge nimmt das ganze System während des Vorversuchs Wärme aus seiner Umgebung auf, während es im Nachversuch Wärme abgibt. Aus diesen beiden Größen berechnet sich der durchschnittliche Wärmeaustausch pro Zeiteinheit des Hauptversuchs nach Größe und

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. 129, 102 (1866).

<sup>2)</sup> Praktische Anleitungen zur Ausführung thermochem. Messungen von M. Berthelot (deutsch von G. Siebert).

<sup>3)</sup> Technische Messungen, insbesondere bei Maschinenuntersuchungen, von A. Gramberg (Berlin 1905, Springer).

Vorzeichen. Man bedient sich dazu bestimmter Formeln, deren Rechnungsgang auf der Überlegung beruht, bis zu welchem Zeitpunkt die Wärmeaustauschverhältnisse gleich bzw. ähnlich sind denen des Vorversuchs, und daß sie von da ab gleich oder ähnlich sind denen des Nachversuchs.

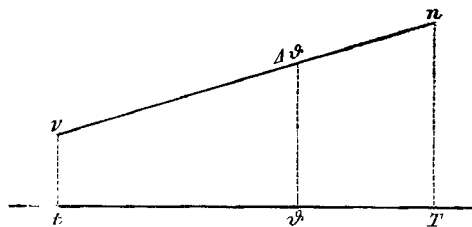


Fig. 1.

Über die Anwendung solcher Formeln im allgemeinen ist zu bemerken, daß jede logisch aufgestellte Formel zu gebrauchen ist unter der Voraussetzung, daß man sie konsequent anwendet, d. h. auch für die Wasserwertbestimmungen. Selbst wenn der Rechnungsgang dem tatsächlichen Vorgang nicht ganz entspricht, erhält man auf diese Weise doch richtige Resultate, indem der durch die Formel bedingte Fehler in dem Wasserwert enthalten ist. Es soll dies um so ausdrücklicher bemerkt werden, als es vielfach üblich ist, bei der Eichung des Kalorimeters die Formel von Regnault-Pfaundler anzuwenden, sodann aber mit einer vereinfachten Formel weiterzuarbeiten.

Die Berechnung nach dem arithmetischen Mittel aus Vor- und Nachversuch ist, wie aus dem folgenden noch ersichtlich, direkt falsch, da sie widersinnige Vorzeichen ergibt.

Als die exakteste Formel gilt die von Regnault-Pfaundler. Ihre Anwendung ist indessen kompliziert und langwierig, ohne daß sie für den vorliegenden Zweck eine größere Genauigkeit bietet. Vielmehr kommt man gerade mit Regnaults Überlegung, wenn man sie auf den Vorgang im Verbrennungskalorimeter anwendet, ganz von selbst zu einer vereinfachten Formel, wie im folgenden ausgeführt werden soll.

Regnault ging aus von dem Newtonschen Strahlungsgesetz, welches besagt, daß der Wärmeaustausch eines Mediums mit seiner Umgebung dem Temperaturüberschuß (der natürlich auch negativ sein kann) proportional ist. Kennt man demnach für einen bestimmten Temperaturanfangszustand  $t$  den Wärmeaustausch  $v$  (Vorversuch) und ebenso für den Endzustand  $T$  den Wärmeaustausch  $n$  (Nachversuch), so ist für jeden dazwischen liegenden Temperaturzustand  $\vartheta$  (Hauptversuch oder Mittelperiode) der Wärmeaustausch  $\Delta \vartheta$  durch seine Proportionalität gegeben.

Oder in graphischer Darstellung (s. Fig. 1):

Trägt man auf der Abszissenachse die Temperaturabstände  $t$  und  $T$  auf, und deren Wärmeaustauschgrößen  $v$  bzw.  $n$  als Ordinaten, so erhält man für jede dazwischen liegende Temperatur  $\vartheta$  den Wärmeaustausch, wenn man die Endpunkte der Ordinaten  $v$  und  $n$  durch eine Gerade verbindet und sodann den Schnittpunkt dieser Geraden mit der in  $\vartheta$  errichteten Ordinate aufsucht.

Der gesamte Wärmeaustausch während eines bestimmten Zeitraumes, also während des ganzen Hauptversuchs ( $s$ ), stellt sich somit dar als eine Summe von Ordinaten und führt zu der Regnault-Pfaundlerschen Gleichung in ihrer einfachsten Form:

$$\sum \Delta \vartheta = s \cdot v + \frac{n-v}{T-t} \left( \sum_1^{n-1} \vartheta + \frac{\vartheta_0 + \vartheta_n}{2} - s \cdot t \right).$$

Man erkennt sogleich, daß die Formel dann von besonderem Wert sein wird, wenn die Zwischentemperaturen  $\vartheta_0 \dots \vartheta_n$  möglichst verschieden sind, d. h. wenn im Hauptversuch ein ziemlich regelmäßiger Anstieg stattfindet, der alle Abstände von  $\vartheta_0$  bis  $\vartheta_n$  gleichmäßig umfaßt. Regnault selbst hat mit einem derartigen Anstieg gerechnet; denn er gibt an<sup>4)</sup>, daß die Temperaturen des Hauptversuchs ungefähr ansteigen wie die Ordinaten einer Parabel, oder in Worten, daß ihre mittlere Höhe ca.  $\frac{2}{3}$  der Endtemperatur (größte Ordinate) beträgt.

Diese Verhältnisse treffen bei der kalorimetrischen Bombe nicht zu. Zunächst ist der Hauptversuch in der ersten Zeit nach der Zündung einer genauen Beobachtung nicht zugänglich, wie es die Anwendung der Regnaultschen Formel eigentlich verlangt. Das Thermometer steigt rapid an, bleibt aber trotzdem hinter der wahren Temperatur zurück. Außerdem sind seine Angaben nicht konstant, sondern abhängig von dem mehr oder minder großen Abstände des Thermometers von der Bombe. Die Beobachtung des Hauptversuchs im Anfangsstadium zeigt vielmehr nur das eine, daß die Temperatur bereits nach sehr kurzer Zeit die mittlere Höhe überschreitet und sich der Endtemperatur nähert.

Im folgenden sei nun eine kalorimetrische Verbrennung im Verlauf ihres Hauptversuchs graphisch dargestellt nach Regnault-Pfaundler. Als Temperaturanstieg gelangt ein durchschnittlicher zur Darstellung, der aus zahlreichen Versuchen mit einer Kroekerschen Bombe erhalten wurde. Die Zeitdauer  $s$  des Hauptversuchs betrug 3 Minuten.

<sup>4)</sup> Pogg. Ann. 122, 280.

## Hauptversuch

## Vor- bzw. Nachversuch

	I	II	III
	16,896	} konstant	16,894
	16,899		16,898
	16,902		16,902
$\vartheta_0$ 16,902	> + 0,003	16,902	> + 0,004
$\vartheta_1$ 19,2			
$\vartheta_2$ 19,67			
$\vartheta_3$ 19,710	19,710	> - 0,004	19,710
	19,707		
	19,704		
	> - 0,003	> - 0,004	} konstant

Für den Wärmeaustausch im Vor- und Nachversuch sind die drei allgemeinsten Fälle angenommen, welche bei Anwendung der R u m f o r d -schen Kompensation vorkommen.

Man erkennt in der graphischen Darstellung (Fig. 2) in allen drei Fällen, daß schon die zur ersten Ablesung  $\vartheta_1$  gehörige Ordinate um höchstens  $0,001^\circ$  kleiner ist als die zu  $\vartheta_3$  gehörige Ordinate; oder in Worten:

Schon nach Ablauf der ersten Minute ist die Größe des Wärmeaustausches gleich oder nahezu gleich der entsprechenden Größe des Nachversuchs.

Dieses Ergebnis ist bei dem überaus schnellen Temperaturanstieg nur zu erwarten. Man kann sich ein anschauliches Bild davon machen, wenn man die Zeichnung um  $90^\circ$  dreht und die Linie der Anfangstemperatur  $\vartheta_0$  zur Abszissenachse der Zeit des Hauptversuchs macht. Errichtet man sodann in gleichen Abständen, welche je einer Minute entsprechen, Ordinaten und sucht deren Schnittpunkte mit den Temperaturen  $\vartheta_1$ ,  $\vartheta_2$  und  $\vartheta_3$  auf, so erhält man, wenn man die Schnittpunkte verbindet, die rasch ansteigende Kurve des Temperaturanstiegs im Hauptversuch.

Aus dieser Betrachtungsweise resultiert, daß die vollständige Durchrechnung nach der Formel von Regnault-Pfaundler in diesem Fall keinen besonderen Vorteil bietet; sondern daß sich vielmehr eine Vereinfachung des Rechnungsganges ergibt, welche zu formulieren ist:

„Bis zum Aufstieg auf die mittlere Höhe

$\left(\frac{T-t}{2}\right)$  ist der Wärmeaustausch gleich oder annähernd gleich dem des Vorversuchs, und von dem gleichen Zeitpunkt ab ist er gleich oder annähernd gleich der entsprechenden Größe des Nachversuchs.“

Nach meinen Beobachtungen an kalorimetrischen Bomben verschiedener Herkunft (Golaz, Desaga, Peters) beträgt die Zeit, in welcher die Wärmeverteilung ihre mittlere Höhe erreicht, rund  $\frac{1}{6}$  der totalen Zeitdauer des Hauptversuches, ein Ergebnis, welches auch durch die graphische Darstellung des Anstiegs (siehe Fig. 2) bestätigt wird.

Demzufolge berechnet sich die Strahlungskorrektur:

$$\begin{aligned}\sum A \vartheta &= -\frac{s}{6} v + \left(s - \frac{s}{6}\right) n \\ &= s \left(n - \frac{v+n}{6}\right).\end{aligned}$$

In dieser Formel stellt der Ausdruck  $n - \frac{v+n}{6}$  die durchschnittliche Strahlungskorrektur pro Zeiteinheit (Min.) dar.

Als zum Hauptversuch gehörig muß auch das kleine Zeitintervall betrachtet werden, in welchem das Thermometer entweder a) konstant bleibt, oder b) um weniger fällt, als im Nachversuch, eine Erscheinung, die sehr häufig auftritt. Im Falle b) ist sodann der geringe Temperaturabfall, welcher beobachtet wurde, von der gesamten Korrektur in Abzug zu bringen.

Die obige Formel gibt natürlich, ebenso wie die von Regnault-Pfaundler, nur einen

Annäherungswert für den Wärmeaustausch, dessen wahre Größe bekanntlich weder rechnerisch, noch

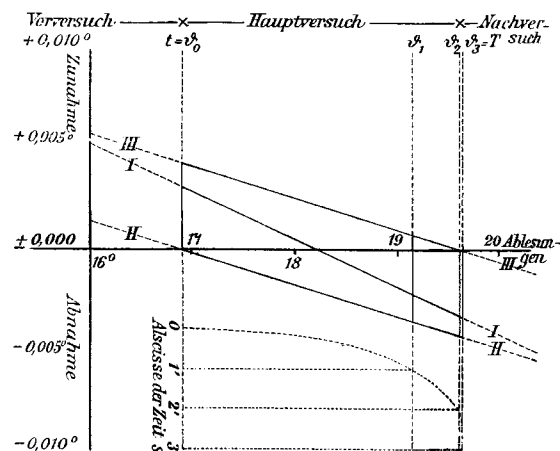


Fig. 2.

empirisch genau bestimmt werden kann. Die Abweichung ist indessen so minimal, daß sie bei dem ohnehin nur kleinen Bruchteil, den die gesamte Strahlungskorrektur in dem Endresultat  $T-t$  ausmacht, keinen Fehler mehr bedingt.

Normale Versuchsbedingungen sind die Voraussetzung für die Anwendung der Korrektur überhaupt. Die größtmögliche Genauigkeit wird erreicht, wenn man die 3 folgenden Bedingungen einhält:

1. Der Wert der Korrektur soll nicht mehr als höchstens 0,75% der Temperaturdifferenz  $T-t$  betragen.
2. Im Vor- und Nachversuch darf der Wärmeaustausch nicht zu groß sein.  $v$  und  $n$  sollen, wenn man sie nach ihrem numerischen Wert addiert, also ohne Rücksicht auf das Vorzeichen, höchstens  $0,010^\circ$  ergeben.
3. Bei Parallelversuchen (die ja wohl immer ausgeführt werden) richte man es so ein, daß man Korrekturen erhält, die nach Größe oder Vorzeichen verschieden sind. (Man kompensiert auf diese Weise den kleinen Fehler der Korrektur.)

Die Einhaltung dieser 3 Bedingungen erscheint auf den ersten Blick schwer, denn sie erfordert ein genaues Einstellen des Apparates auf eine bestimmte Anfangstemperatur  $t$ . Man kann zwar das Wasser sehr genau temperieren, nicht aber die große Metallmasse der Bombe, deren Einfluß auf die Temperatur des ganzen Systems sich nicht berechnen läßt.

Es gibt indessen ein sehr einfaches, merkwürdigerweise wenig gebrauchtes Mittel, um eine auf  $1/10^\circ$  genaue Temperatur herzustellen. Dieses Mittel besteht darin, kälteres Wasser zu nehmen und es sodann durch einen elektrischen Widerstand zu erwärmen.

Man bedient sich dazu mit Vorteil eines Probierrohres aus Glas, welches einen sogenannten Hitzdraht, z. B. Konstantan, enthält. Man kann auch einen Eisendraht nehmen, den man mittels eines Glühlampenwiderstandes in die Leitung einschaltet. Noch einfacher ist es, eine elektrische

Glühlampe zu nehmen und zwar am besten eine von möglichst schmalzylindrischer Form, wie sie für dekorative Beleuchtungskörper (Schilfrohr) hergestellt werden.

Wenn man einige Male mit einer solchen Wärmequelle gearbeitet hat, so kennt man die Temperaturerhöhung, welche sie pro Zeiteinheit im Kalorimeter hervorbringt. Sodann ist man instande, durch bloßes Einschalten auf bestimmte Zeit jede Temperaturerhöhung hervorzubringen.

Will man eine kalorimetrische Bestimmung ausführen, so stellt man zunächst das ganze System mit kälterem Wasser zusammen, läßt den Rührer gehen und beobachtet den Anstieg. Sodann taucht man den Widerstand ein, den man auf bestimmte Zeit einschaltet. Je nach der Zeitdauer des Stromdurchganges kann man einen kleinen Anstieg, Konstanz oder Abnahme der Temperatur erhalten. Bevor man den Widerstand in das Kalorimeter bringt, taucht man ihn in Wasser, um den Fehler auszugleichen, der durch anhängendes Wasser beim Herausnehmen entstehen würde.

Die Methode ist von besonderem Wert für Wasserwertbestimmungen, da sie gestattet, alle möglichen Versuchsbedingungen herzustellen, wodurch ein brauchbarer Mittelwert erhalten wird.

Hamburg, im November 1905.

## Zur Deutung technischer Wasseranalysen.

Von Dr. E. E. BASCH.

(Eingeg. d. 23./II. 1906.)

Es ist immer interessant und lehrreich, über die Grenzen seines Landes zu blicken. James O. Handy, Chemiker im „Pittsburg Testing Laboratory“ Pittsburg, Pa., hat in den Engineering News vom 26. Mai 1904 eine Abhandlung mit der Überschrift: „Water Softening“, erscheinen lassen. Er betont zunächst die Notwendigkeit, daß eine genaue Analyse des Wassers, welches weich gemacht werden soll, vorliege. Der „angesehene“ Betriebsleiter einer „wohlbekannten“ Bahngesellschaft (die Vorliebe des schriftstellernden Amerikaners für schmückende Beiwörter ist bekannt) hat dem Verf. mitgeteilt, daß von 6 Chemikern, die an der Analyse ein und desselben Wassers arbeiteten, nur ihrer drei in den Angaben so ziemlich übereinstimmten. Nun ist wohl sicher anzunehmen, daß diese Verschiedenheit sich nicht auf die unmittelbaren Resultate der Analyse bezieht, sondern vielmehr auf deren Deutung. Die Bindung der Säurean die Basenradikale wird in sehr verschiedener Weise vorgenommen. Es ist begreiflich, daß diese Unsicherheit auf den Laien, der ihren Grund nicht kennt, einen schlechten Eindruck macht. Nun wäre ein sicherer Weg, um Widersprüche zu vermeiden, wohl der, nur die gefundenen Mengen der Säuren und Basen anzuführen und von einer Zuteilung derselben gänzlich abzusehen. Damit ist jedoch, selbst unter der vorläufigen Voraussetzung, daß es sich nur um Wasser normaler Beschaffenheit und um Zwecke der Kesselspeisung handelt, dem Nichtfachmann schlecht gedient. Denn diese

toten Zahlen für Schwefelsäure oder gar  $\text{SO}_3$  usw. reden nicht zu ihm und verwirren nur. Auf Grund solcher Analysen kann er nicht einmal entscheiden, welches von zwei vorliegenden Wässern das geeignetere oder für die Enthärtung billigere ist.

In dieser Hinsicht haben wir nun in Europa ein vorzügliches Auskunftsmittel gefunden, das in gleicher Weise den Zwecken der Chemiker und der Laien dient, das aber in Amerika so gut wie unbekannt ist: ich meine den Begriff der Härte. Das ist eine greifbare Zahl und unabhängig von theoretischen Erwägungen. Ohne Rücksicht auf die Art der Bindung wird damit die Summe der Kesselsteinbildner oder, richtiger gesagt, die Summe der Erdalkalisalze angegeben. Durch die weitere Unterscheidung in vorübergehende und bleibende Härte, welche wieder empirische objektive Angaben sind, ergibt sich ohne weiteres die Beurteilung eines Speisewassers und der Vergleich mehrerer. Auch die Menge der zur Weichmachung erforderlichen Chemikalien, gewöhnlich Kalk und Soda, kann mit genügender Genauigkeit aus diesen Angaben unmittelbar berechnet werden.

Daß dieser Begriff der Härte nicht zugeflogen, sondern von uns erworben ist, wird dadurch bezeugt, daß von den Kulturvölkern Europas jedes seine eigene Härteeinheit besitzt. Bekanntlich rechnen wir in Deutschland sämtliche Calcium- und Magnesiasalze auf die äquimolekulare Menge Calciumoxyd um und bezeichnen den Gehalt von 10 mg CaO in einem Liter also je 1 Teil in 100 000 Teilen Wasser als einen deutschen Härtegrad. In analoger Weise wird unter 1° französischer Härte 1 Teil  $\text{CaCO}_3$  in 100 000 Teilen Wasser verstanden, wobei wieder sämtliche Härtebildner auf Calciumcarbonat umgerechnet sind. Demgemäß ist das Verhältnis der deutschen zur französischen Härte wie das von CaO zu  $\text{CaCO}_3 = 0,56 : 1$ .

Auch in England ist der Begriff der Härte eingebürgert. Je 1 grain  $\text{CaCO}_3$  in 1 gallon Wasser wird 1° Clark genannt. Clark<sup>1)</sup> hat die ursprüngliche Methode der Härtebestimmung mittels Seifenlösung angegeben, welche später mehrfach modifiziert worden ist. Da 1 grain = 0,064 80 g und 1 gallon = 4,5436 l, und weil das Verhältnis 0,0648 : 4543,6 nahezu = 1 : 70 000, so läßt sich demnach 1° Clark auch definieren als 1 Teil  $\text{CaCO}_3$  oder die äquivalente Menge eines anderen Calcium- oder Magnesiumsalzes in ca. 70 000 Teilen Wasser. Das Verhältnis dieser englischen zur französischen Härteeinheit ist demnach 0,70 : 1.

In den Vereinigten Staaten Nordamerikas werden die Analysenresultate im allgemeinen in grains per U. S. gallon angegeben. Ich komme sehr oft in die Lage, diese Angaben in französische Härtegrade umrechnen zu müssen. 1 U. S. gallon = 3,785 l und 1 g = 15,432 grains. Daraus folgt das Verhältnis grain zu gallon mit 1 : 58 410. Es ist nur eine Frage der Zeit, daß der Begriff der Härte auch jenseits des Wassers eingeführt wird. Schon vor einigen Jahren hat eine erste deutsche Wasserreinigungs-Firma in New-York eine Zweigniederlassung gegründet, deren Analysenberichte in alle Teile des Landes gelangen. Das bekannte

<sup>1)</sup> Jahrb. f. Chemie 1850, 608.