

# Die Vergleichung der Dichte des Leitungswassers von Osaka, Japan und von Cambridge, U.S.A.

Von Toshizo TITANI und Noriyoshi MORITA.

(Eingegangen am 28. April 1938.)

**Inhaltsübersicht.** Die Dichte des gereinigten Osaka- und Cambridge-Leitungswassers wurde untereinander verglichen. Daraus ergab sich, dass die beiden Wasser innerhalb  $\pm 0.2 \gamma$  dieselbe Dichte besitzen. Zu gleicher Zeit fanden wir, dass die zeitliche Schwankung der Dichte des Osaka-Leitungswassers innerhalb  $\pm 0.1 \gamma$  liegt. Die Änderung der Dichte des Wassers wegen der isotopischen Fraktionierung bei dessen Destillation und wegen der Veränderung des Sättigungsgrades der Luft in demselben wurde diskutiert und zugleich experimentell geprüft. Bei der genauen Vergleichung der Dichte des Wassers müssen die beiden zu vergleichenden Wasser unter möglichst gleichen Versuchsbedingungen gereinigt und behandelt werden.

**Geschichtliche Einleitung.** Eine der zuverlässigsten Methoden zur Bestimmung des Gehaltes des gewöhnlichen Wassers an schwerem Wasserstoff bzw. Deuterium liegt darin, dass man ein praktisch deuteriumfreies Wasser bzw. leichtes Wasser aus dem betreffenden Wasser bereitet und die Dichteabnahme des so gewonnenen leichten Wassers dem originalen Wasser gegenüber genau bestimmt.<sup>(1)</sup> Nach dieser Methode wurden schon ziemlich viele Arten von Wasser, meistens Leitungswasser, aus den verschiedensten Orten auf der Erde nach dessen Gehalt an Deuterium untersucht. Die Ergebnisse dieser vielen Versuche stimmen miteinander im allgemeinen gut überein, falls man dabei unter Umständen eine geeignete Korrektion in Rechnung bringt.<sup>(1)</sup> Aber trotzdem kann man noch bei genauerer Vergleichung einen kleinen Unterschied zwischen einzelnen Bestimmungen herausfinden. So wurde z.B. nach der oben erwähnten Methode von uns gefunden, dass das Vorkommenverhältnis von schwerem (D) und leichtem (H) Wasserstoff in Osaka-Leitungswasser  $D:H = 1:5600$  ist.<sup>(1)</sup> Dagegen führten Greene und Voskuyl in Cambridge (U.S.A.) einen ähnlichen Versuch mit dem örtlichen Leitungswasser aus und erhielten einen Wert, der von unserem ein wenig verschieden war.<sup>(2)</sup> Da aber diese beiden Versuche nach ähnlicher Methode durchgeführt wurden, liegt nun die Vermutung nahe, dass es sich, wenn auch um einen kleinen, doch wirklichen Unterschied des Gehaltes an Deuterium bzw. der Dichte der beiden Arten von Leitungswasser handeln kann. Aus diesem

---

(1) N. Morita und T. Titani, dies Bulletin, 11 (1936), 403.

(2) Noch nicht veröffentlichte Arbeit.

Grund hat Herr Dr. Greene uns vorgeschlagen, die beiden örtlichen Leitungswasser gegenseitig auszutauschen und deren Dichte untereinander zu vergleichen. Diesem Vorschlage folgend schickten wir nach Cambridge eine Menge des Osaka-Leitungswassers und zugleich bekamen wir von Cambridge eine Menge des örtlichen Leitungswassers. Dabei versprachen wir zugleich, auf Ersuchen von Dr. Greene hin, die mit diesem Wasser erhaltenen Versuchsergebnisse am 14. Juni 1937 uns gegenseitig mitzuteilen. Die vorliegende Arbeit wurde von uns ausgeführt und zwar mit dem Resultat, dass das Versuchsergebnis, wie weiter unten noch zu erwähnen sein wird, mit dem von Dr. Greene und Dr. Voskuyl gut übereinstimmte.

**Reinigung des Wassers.** Das in diesem Versuch verwendete Cambridge-Leitungswasser wurde von Dr. Greene am 22. Dezember 1936 in Cambridge gesammelt und uns in einer reinen Blechbüchse in gutem Zustand übermittelt. Das damit zu vergleichende Osaka-Leitungswasser wurde von uns in hiesigem Laboratorium am 17. Dezember 1935 sowie am 25. Oktober 1937 gesammelt, und das erstere war bis zu diesem Versuch in einem zugeschmolzenen Glasrohr aufbewahrt. Alle diese Arten von Wasser wurden vor der Dichtebestimmung sorgfältig gereinigt. Da aber die Reinigung auf übliche Weise durch wiederholte Destillationen ausgeführt wurde, gaben wir dabei auf die Änderung der Dichte des Wassers wegen der isotopischen Fraktionierung bei der Destillation besonders acht. In der Praxis arbeiteten wir immer mit einer bekannten Menge von Wasser und bei dessen Destillation massen wir zugleich die Menge des Wassers, das am Anfang und Ende der Destillation weggeschüttet wurde. Der dabei benutzte Reinigungsprozess bestand aus nacheinander folgenden vier Stufen von Destillationen, nämlich (1), (2), (3) und (4).

(1) In der ersten Stufe der Destillation wurde ein verschiedenes Volumen von Wasser, das entweder 20 c.c., 25 c.c. oder 200 c.c. betrug, in einem Glaskolben mit einem Rückflusskühler unter Zusatz von einer kleinen Menge von KOH und KMnO<sub>4</sub> einige Stunden lang sieden gelassen und darauf abdestilliert. Dabei schütteten wir am Anfang der Destillation verschiedenes, aber wohl bekanntes Volumen des ersten Destillats weg und liessen zugleich am Ende der Destillation verschiedenes Volumen des Wassers im Destillierkolben zurück.

(2) Das Destillat aus der (1) Destillation wurde unter Zusatz einer kleinen Menge von P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und KMnO<sub>4</sub> abermals abdestilliert. Dabei schütteten wir genau dasselbe Volumen des ersten Destillats wie bei der (1) Destillation weg und zugleich liessen wir am Ende der Destillation

ebenfalls genau dasselbe Volumen des Wassers wie bei der (1) Destillation im Destillierkolben zurück.

(3) Auf dieser Stufe der Destillation nahmen wir gegen (1) und (2) immer dieselbe Menge (ca. 15 c.c.) des Wassers aus dem Destillat (2) und destillierten dies unter Zusatz einer kleinen Menge von  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  im  $\text{CO}_2$ -freiem Luftstrom ab.

(4) Diese letzte vierte Stufe der Destillation führten wir unter Verwendung der ganzen Menge des Destillats aus der (3) Destillation ebenfalls in  $\text{CO}_2$ -freiem Luftstrom aber ohne Zusatz und durch einen Pyrexkühler durch. Bei dieser (4) und der letzten (3) Destillation gossen wir am Anfang der Destillation immer dieselbe Menge des ersten Destillats weg und liessen zugleich am Ende der Destillation immer dieselbe Menge des Wassers im Destillierkolben zurück.

Auf diese Weise arbeiteten wir in den (1) und (2) Destillationen mit verschiedenen Volumen von Wasser; zugleich gossen wir am Anfang jeder Destillation verschiedene Menge des ersten Destillats weg und liessen am Ende der Destillation ebenfalls verschiedene Menge von Wasser im Destillierkolben zurück. Dagegen behandelten wir in den letzten beiden Destillationen (3) und (4) immer dieselbe Menge von Wasser unter genau denselben Versuchsbedingungen. Folglich, falls man irgendeine Änderung im Dichteunterschied zwischen zwei denselben Wasserarten infolge der ungleichen Reinigungsprozesse herausfinden kann, muss man die Ursache dafür ausschliesslich in den ungleichen Versuchsbedingungen bei den ersten zwei Destillationsprozessen (1) und (2) suchen.

**Dichtevergleichung des Wassers.** Die Dichte des wie oben gereinigten Wassers wurde in einigen Fällen ohne weiteres aber in den anderen Fällen nach dem Auspumpen der darin eingelösten Luft untereinander verglichen. Beim letzteren Fall wurde das gereinigte Wasser im Vakuum solange ausgespumpt bis keine Luftblasen mehr auftraten. Die Vergleichung der Dichte des Wassers führten wir nach der Schwebemethode mittels eines Quarzschwimmers bei  $9.5^\circ\text{C}$ . durch. Das Volumen des dazu benutzten Quarzschwimmers betrug ca. 1 c.c. und das des untersuchten Wassers ca. 12 c.c. Die dadurch erhaltenen Messergebnisse geben wir in Tabellen 1 und 2 wieder. Dabei führten wir die Dichtevergleichung nicht nur zwischen Osaka- und Cambridge-Leitungswasser (Tabelle 1), sondern auch zwischen zwei Wasserproben aus demselben Leitungswasser (Tabelle 2) durch, die aber bei den Reinigungsdestillationen (1) und (2) unter verschiedenen Bedingungen behandelt wurden. Die letzteren Versuche wurden zu dem Zweck durchgeführt, um daraus über den Einfluss der Destillation auf die Dichte des Wassers Kenntnis zu gewinnen.

**Messergebnisse. Abkürzungen :**

Osaka (35) : das Osaka-Leitungswasser, das am 17. Dez. 1935 gesammelt wurde.

Osaka (37) : das Osaka-Leitungswasser, das am 25. Okt. 1937 gesammelt wurde.

Cambridge (36) : das Cambridge-Leitungswasser, das am 22. Dez. 1936 gesammelt wurde.

*L* : lufthaltig.

*O* : Luft ist möglichst vollständig ausgepumpt.

*V* : das Volumen des Wassers, das bei den Destillationen (1) und (2) (siehe oben) verwendet wurde.

*V<sub>a</sub>* : das Volumen des ersten Destillats, das am Anfang der Destillationen (1) und (2) respektive weggegossen wurde.

*V<sub>e</sub>* : das Volumen des Wassers, das am Ende der Destillationen (1) und (2) resp. im Destillierkolben zurückblieb und weggegossen wurde.

*T* : Ablesung des Beckmannthermometers, das bei der Dichtebestimmung nach Schwebemethode im Thermostat eingetaucht war.

*ΔT* : die Differenz zwischen *T* der beiden zu vergleichenden Wasserarten.

*Δs* : der Dichteunterschied zwischen zwei Wasserproben, der nach Gl. (1) aus *ΔT* berechnet wurde ;

$$\Delta s = -79 \times \Delta T \quad (1).$$

*Δs* (korr.) : der korrigierte Dichteunterschied (siehe weiter unten).

Tabelle 1. Vergleichung der Dichte des Osaka- und Cambridge-Leitungswassers.

Versuchs-nr.	Wasserart	<i>V</i> c.c.	<i>V<sub>a</sub></i> c.c.	<i>V<sub>e</sub></i> c.c.	<i>T</i>	<i>ΔT</i>	<i>Δs</i> $\gamma$	<i>Δs</i> (korr.) $\gamma$
1	Osaka (35) <i>L</i>	20	1	1	4.381	-0.002	+0.2	+0.2
	Cambridge (36) <i>L</i>	20	1	1	4.383			
2	Osaka (37) <i>O*</i>	25	3	1	3.840	-0.002	+0.2	+0.2
	Cambridge (36) <i>O**</i>	25	3	1	3.842			
3	Osaka (35) <i>L</i>	200	2	2	3.826	-0.004	+0.3	+0.3
	Cambridge (36) <i>L</i>	200	2	2	3.830			
4	Osaka (37) <i>O***</i>	200	10	2	3.838	-0.004	+0.3	+0.3
	Cambridge (36) <i>O****</i>	200	10	2	3.842			

Tabelle 1.—(Fortsetzung)

Versuchs-nr.	Wasserart	$V$ c.c.	$V_a$ c.c.	$V_e$ c.c.	$T$	$\Delta T$	$\Delta s$ $\gamma$	$\Delta s$ (korrig.) $\gamma$
5	Osaka (35)L Cambridge (36)L	200	2	2	3.764	-0.006	+0.5	+0.1
		20	1	1	3.770			
6	Csaka (35)L Cambridge (36)L	200	2	2	4.591	-0.009	+0.7	+0.3
		20	1	1	4.600			
7	Osaka (37)O*** Cambridge (36)O**	200	10	2	3.838	-0.004	+0.3	+0.3
		25	3	1	3.842			
8	Osaka (37)O* Cambridge (36)O****	25	3	1	3.840	-0.002	+0.2	+0.2
		200	10	2	3.842			

Tabelle 2. Änderung der Dichte desselben Leitungswassers wegen der verschiedenen Bedingungen bei den Destillationen.

Versuchs-nr.	Wasserart	$V$ c.c.	$V_a$ c.c.	$V_e$ c.c.	$T$	$\Delta T$	$\Delta s$ $\gamma$
9	Osaka (35)L Osaka (35)L	200	2	2	3.829 3.834	-0.005	+0.4
		20	1	1			
10	Osaka (37)O Csaka (37)L	200	10	2	3.838	-0.011	+0.9
		200	10	2	3.849		
11	Osaka (37)O*** Osaka (37)O*	200	10	2	3.838	-0.002	+0.2
		25	3	1	3.840		
12	Cambridge (36)O**** Cambridge (36)O**	200	10	2	3.842	$\pm 0.000$	$\pm 0.0$
		25	3	1	3.842		

\*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*, resp. dasselbe Probewasser.

**Diskussion der Ergebnisse.** Wie man von vornherein erwarten kann und wirklich aus den oben angegebenen Tabellen ersieht, wird der direkt gefundene Dichteunterschied  $\Delta s$  zwischen zwei Wasserproben ziemlich stark von den Versuchsbedingungen bei deren Reinigungsprozess beeinflusst. Behandelt man nämlich bei den Reinigungsdestillationen (1) und (2) (vgl. oben) die gleiche Menge von Wasser unter möglichst gleichen Versuchsbedingungen, so erhält man innerhalb der Messfehlergrenze immer dieselben Ergebnisse, wie dies bei den Versuchen 1, 2, 3 und 4 in Tabelle 1 der Fall ist. Aus diesen Versuchen (1, 2, 3 und 4) folgt deshalb ohne weiteres, dass das Osaka-Leitungswasser durchschnittlich um  $0.2 \pm 0.2 \gamma$  schwerer als das Cambridge-Leitungswasser ist. Als wir

dagegen, wie bei den Versuchen 5 und 6 in Tabelle 1, das Volumen der beiden zu vergleichenden Wasser bei den Reinigungsprozessen (1) und (2) ungleich gross wählten, zeigte sich, dass der Dichteunterschied zwischen beiden Wasserarten deutlich zunahm. Durch diese ungleiche Behandlung konnten wir sogar zwischen denselben Wassersorten einen erheblichen Dichteunterschied herausfinden, wie dies beim Versuch 9 in Tabelle 2 der Fall ist. Alle diese Ergebnisse weisen ohne Zweifel darauf hin, dass das Wasser bei seiner Destillation eine ziemlich merkliche Änderung in seiner Isotopenzusammensetzung erleidet und dadurch seine Dichte verändern kann. Um diese teils schon wohl bekannte Tatsache zu vermeiden, verfährt man aber gewöhnlich so, dass man das Volumen des Wassers, das am Ende der Destillation im Destillierkolben zurückbleibt, möglichst gleich wie das des ersten Destillats wählt, das am Anfang der Destillation abdestilliert und weggeschüttet wird. Aber wie aus einer einfachen Rechnung sofort ersichtlich ist, kann man auf diese Weise die Änderung der Dichte des Wassers bei der Destillation nicht vollkommen vermeiden.

Bezeichnet man nämlich den isotopischen Trennfaktor der z.B. Wasserstoffisotope bei der Destillation des Wassers mit  $\alpha$ , dann kann man die Konzentration des schweren Wasserstoffisotops D in dem ersten Destillat gleich  $1/\alpha$  der im originalen Wasser setzen, wenn die D-Konzentration in demselben wie beim gewöhnlichen Wasser genügend klein ist. Dagegen muss die D-Konzentration im Wasser, das am Ende der Destillation im Destillierkolben zurückbleibt gleich  $n^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}$  der im originalen Wasser sein, falls das Volumen des ersteren  $1/n$  des letzteren ist. Aus dieser Rechnung ersieht man deshalb, dass das Mittel- bzw. Hauptdestillat eine gewisse Änderung in seiner Isotopenzusammensetzung erleiden muss, wenn man das Volumen des ersten Destillats einfach gleich gross wie das des zurückbleibenden Wassers, d.h.  $1/n$  des ganzen zu destillierenden Wassers wählt. Um diese Änderung der Dichte des Mitteldestillats zu vermeiden, muss man folglich das Volumen des wegzuschüttenden ersten Destillats um einige mal so gross wie das des zurückbleibenden Wassers wählen. Setzt man nun dafür den Faktor  $k$ , so kann er offenbar durch Gl. (2) errechnet werden, weil dabei die D-Konzentration  $c_{ia}$  im Mitteldestillat gleich gross wie die  $c$  im originalen Wasser sein muss,

$$c_m = \frac{Vc - Vc \frac{k}{n} \frac{1}{\alpha} - Vc \frac{1}{n} n^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}}{V - V \frac{k}{n} - V \frac{1}{n}} = c \quad (2).$$

wo  $V$  das ganze Volumen des zu destillierenden Wassers ausdrückt. Aus dieser Gl. (2) folgt ohne weiteres, dass

$$k = \frac{n^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} - 1}{1 - \frac{1}{\alpha}} \quad (3)$$

ist. Das aber der Trennfaktor  $\alpha$  der Wasserstoffisotope bei der Destillation des Wassers beinahe gleich 1 ist, so kann man diese Gl. (3) weiter wie folgt vereinfachen:

$$k = \frac{\alpha \left(1 + \left(\frac{\alpha-1}{\alpha}\right) \ln n - 1\right)}{\alpha - 1} = \ln n = 2.3 \log n \quad (4).$$

Wenn man demnach das Volumen des ersten Destillats  $k/n$  mal, dagegen das des zurückbleibenden Wassers  $1/n$ -mal so gross wie das ganze Volumen des zu destillierenden Wassers wählt, dann kann das Wasser ohne Änderung der Dichte abdestilliert werden. Falls man dagegen, wie schon oben erwähnt, das Volumen des ersten Destillats und des zurückbleibenden Wassers einfacherweise beide gleich  $1/n$ -mal so gross wie das ganze Wasservolumen wählt, dann muss die Dichte des Mittel- bzw. Hauptdestillats des Wassers durch einmalige Destillation um einen gewissen Betrag  $\Delta s$  vermindert werden, und zwar wird dieser Betrag  $\Delta s$  offenbar durch Gl. (5) angegeben:

$$\Delta s = s \frac{(k-1)(1-1/\alpha)}{n-2} = s(\alpha-1) \frac{2.3 \log n - 1}{n} \quad (5),$$

wo  $s$  die Dichteabnahme des deuteriumfreien Wassers dem gewöhnlichen Wasser gegenüber darstellt. Weil aber genau dieselbe Form von Gl. wie (5) auch für die Dichteänderung des Wassers wegen der Fraktionierung der Sauerstoffisotope gilt, kann man aus den beiden so gewonnenen Gln. die gesamte Dichteabnahme des Wassers bei einmaliger einfacher Destillation rechnerisch ermitteln. Die Tabelle 3 gibt die auf diese Weise berechnete Dichteabnahme des Wassers  $\Delta s(H)$  und  $\Delta s(O)$  wegen der Verarmung der schweren Isotope des Wasserstoffs und Sauerstoffs bei einmaliger Destillation mit verschiedenen Werten von  $n$  (siehe oben) wieder. Bei dieser Berechnung setzten wir in Gl. (5)  $s(H) = 17 \gamma$ ,  $a(H) = 1.05$  bzw.  $s(O) = 220 \gamma$ ,  $a(O) = 1.01$ .

Tabelle 3. Dichteabnahme des Wassers bei einmaliger Destillation.

$n$	$\Delta s(H)$	$\Delta s(O)$	$\Delta s(H) + \Delta s(O)$
100	0.03	0.08	0.11
30	0.07	0.18	0.25
20	0.09	0.22	0.31
10	0.11	0.29	0.40

Gemäss dieser Berechnung muss die Dichte des Wassers um etwa  $0.6\gamma$  abnehmen, wenn man 20 c.c. Wasser zweimal destilliert und jedesmal 1 c.c. des ersten Destillats weggoss und zugleich dasselbe Volumen des Wassers am Ende der Destillation im Destillierkolben zurückliess. Dagegen beträgt die Abnahme der Dichte nur  $0.2\gamma$ , falls man statt 20 c.c. mit 200 c.c. arbeitet und immer 2 c.c. davon am Anfang und Ende der Destillation weggiesst. Folglich muss die Dichte des Hauptdestillats bei der ersteren Art der Destillation um etwa  $0.4\gamma$  weniger als die der letzteren sein, auch wenn wir dabei mit ein und derselben Wasserart arbeiteten. Dieser Wert stimmt aber mit dem Dichteunterschied, den wir beim Versuch 9 in Tabelle 2 mit Osaka-Leitungswasser experimentell fanden, sehr gut überein. Weil aber die Versuche 5 und 6 in Tabelle 1 mit Osaka- und Cambridge-Leitungswasser unter sonst genau denselben Versuchsbedingungen wie beim Versuch 9 ausgeführt wurden, können wir auch bei diesen beiden Versuchen 5 und 6 dieselbe Grösse des Dichteunterschieds wie beim Versuch 9, nämlich  $0.4\gamma$ , wegen der blossen isotopischen Fraktionierung erwarten. Zieht man aus diesem Grund aus dem direkt gefundenen Dichteunterschied  $\Delta s = 0.5\gamma$  beim Versuch 5 und  $0.7\gamma$  beim Versuch 6 resp. den Betrag  $0.4\gamma$  ab, dann ergibt sich der so korrigierte Dichteunterschied  $\Delta s(\text{korr.}) = 0.1\gamma$  beim ersten und  $0.3\gamma$  beim letzten Versuch. Diese beiden Werte stehen aber offenbar mit denen der anderen normal ausgeführten Versuche 1 bis 4 sehr gut im Einklang.

Bei den Versuchen 7 und 8 in Tabelle 1 sowie 11 und 12 in Tabelle 2 verwendeten wir ebenfalls wie bei den oben genannten Versuchen 5, 6 und 9 immer verschiedenes Volumen von zwei zu vergleichenden Wasser zu Reinigungsdestillationen. Aber weil wir bei diesen Versuchen, nämlich bei den Versuchen 7, 8, 11 und 12, das Volumen des Wassers, das am Ende der Destillation im Destillierkolben zurückblieb, nicht gleich sondern gemäss Gl. (4)  $1/k$ -mal so wenig wie das des ersten Destillats wählten, stimmte der direkt gefundene Dichteunterschied  $\Delta s$  ohne weiteres mit denen bei den anderen normal ausgeführten Versuchen sehr gut überein.

Wir konnten so den Einfluss der isotopischen Fraktionierung bei der Destillation des Wassers auf dessen Dichte richtig in Rechnung bringen. Der andere wichtige Moment für die Änderung der Dichte des Wassers liegt aber darin, dass die Menge bzw. der Sättigungsgrad der gelösten Luft im untersuchten Wasser unter Umständen variieren kann. Nach Marek<sup>(3)</sup> beträgt der Unterschied der Dichte des lufthaltigen und des luftfreien Wassers bei verschiedenen Temperaturen wie in Tabelle 4 angegeben ist.

Tabelle 4. Unterschied der Dichte  $s_L$  des lufthaltigen und  $s_0$  luftfreien Wassers (nach Marek):

Temp. °C.	0	5	8	9	10	15	20
$s_0 - s_L$ in $\gamma$	2.5	3.3	3.4	3.3	3.2	2.2	0.4

Gemäss diesem Versuch verändert sich die Dichte des Wassers um etwa  $0.1 \gamma$ , falls die Menge der darin gelösten Luft bei  $10^\circ\text{C}$ . um etwa 3% variiert. Dieser Einfluss muss aber bei der vorliegenden Arbeit insofern in Betracht gezogen werden, als wir die Destillate aus der letzten Reinigungsdestillation in einigen (in Tabellen mit  $L$  gekennzeichneten) Fällen ohne weiteres, dagegen in den anderen (in Tabellen mit  $O$  gekennzeichneten) erst nach dem möglichst vollständigen Auspumpen der gelösten Luft zur Dichtebestimmung verwendeten. Aber wie man aus den oben angegebenen Tabellen 1 und 2 ohne weiteres ersieht, war es unmöglich einen nennenswerten Unterschied zwischen den Ergebnissen dieser beiden Reihen von Versuchen herauszufinden, solange die zwei zu vergleichenden Wasserarten beide gleich lufthaltig oder ausgepumpt verglichen wurde. In dieser Hinsicht führten wir den Versuch 10 in Tabelle 2 weiter. Bei diesem Versuch verglichen wir die Dichte zweier derselben Osaka-Leitungswasser, von denen das eine lufthaltig, das andere dagegen möglichst vollständig ausgepumpt worden war. Dabei fanden wir, wie aus Tabelle 2 ersichtlich, dass das ausgepumpte Wasser um  $0.9 \gamma$  dichter als das lufthaltige war. Obwohl wir damit keinen Dichteunterschied des luftfreien und lufthaltigen Wassers behaupten wollen, kann man daraus doch wohl schliessen, dass ein eventuell aufzutretender kleiner Unterschied in der Menge der gelösten Luft keinen merklichen Einfluss auf das Endresultat ausüben kann, solange die beiden zu vergleichenden

(3) Marek, *Ann. Physik*, [3], **44** (1891), 171; Landolt-Börnstein-Roth-Scheel, „Physikalisch-chemische Tabellen,“ 5. Aufl., Hw., I, 73.

Wasserarten unter möglichst gleichen Bedingungen behandelt und verglichen werden.

Aus diesem Grunde legten wir beim Vergleich der in der letzten Vertikalreihe der Tabelle 1 angegebenen korrigierten Werte  $\Delta s$ (corr.) des Dichteunterschiedes zwischen Osaka- und Cambridge-Leitungswasser gleiches Gewicht auf die Werte der beiden Reihen der Versuche, von denen eine mit lufthaltigem dagegen die andere mit ausgepumptem Wasser durchgeführt wurden. Bei diesem Vergleich ersieht man sofort, dass das Osaka-Leitungswasser durchschnittlich um  $0.2 \pm 0.2 \gamma$  dichter als das Cambridge-Leitungswasser ist. Aber weil dieser Betrag kaum ausserhalb des Messfehlerbereiches unserer Dichtebestimmung ( $\pm 0.2 \gamma$ ) liegt, so möchten wir lieber schliessen, dass die beiden Arten von Wasser innerhalb des Messfehlerbereiches dieselbe Dichte besitzen. Genau zu demselben Resultat kamen aber auch die Cambridge Forscher, Greene und Voskuyl. Die beiden Autoren teilten uns nämlich mit, dass bei ihrem Versuch das Osaka-Leitungswasser sich um  $0.07 \gamma$  dichter als das Cambridge-Leitungswasser erwies, aber dieser Betrag schon innerhalb ihres Messfehlerbereiches lag.

Aus diese Weise fanden wir, dass das untersuchte Osaka-Leitungswasser innerhalb  $\pm 0.2 \gamma$  dieselbe Dichte wie das Cambridger Wasser besitzt. Aber zugleich zeigte sich bei dem vorliegenden Versuch auch, dass das Osaka-Leitungswasser, das am 17. Dezember 1935 gesammelt wurde, innerhalb des Messfehlerbereichs ( $\pm 0.1 \gamma$ ) wieder genau dieselbe Dichte wie die des am 25. Oktober 1937 gesammelten Leitungswassers an demselben Ort besass. Damit versicherten wir uns der Tatsache, dass die Dichte des Osaka-Leitungswassers mindestens während dieser Jahresfrist sehr konstant geblieben ist.

Zum Schluss möchten wir nicht verfehlten, Herrn Dr. Greene in Cambridge, U.S.A., der zu dieser internationalen Arbeit Veranlassung gegeben hat, unsere Hochachtung und unseren Dank auszusprechen. Der Nippon Gakujutsu-Shinkohkai (der Japanischen Gesellschaft zur Förderung der wissenschaftlichen Forschungen) sowie der Hattori-Hohkohkai (der Hattori-Stiftung) sind wir auch für ihre finanzielle Unterstützung zu wärmsten Dank verpflichtet.

*Physikalisch-chemisches Laboratorium  
der Kaiserlichen Universität zu Osaka  
und  
Siomi-Institut für physikalische  
und chemische Forschung.*

---