IV.

EINIGE BEMERKUNGEN UND VERSUCHE

über

*die vom Bürger HASSENFRATZ erregten
Zweifel gegen die Richtigkeit der ge-
wöhnlichen hydrostatischen Bestimmung
des specifischen Gewichtes fester
und flüssiger Körper,*

von

G. G. SCHMIDT,

Prof. der Mathematik zu Gießen. *)

Der Bürger Hassenfratz hat in einem *Memoire de l'Aréometrie* **) den Satz aufgestellt: „das Ge-

*) Die Dunkelheit, welche der genannte französische Chemiker über die Areometrie verbreitet hatte, so gründlich und durch so entscheidende Versuche, wie in diesem Aufsatze durch einen um die Areometrie schon so verdienten Physiker, wie Herr Prof. Schmidt, zerstreut zu sehn, war gewiß der Wunsch sehr vieler Leser; und sie werden sich mit mir der Zufage eines der geschätztesten Mitarbeiter des seel. Gren's, zur fernern Theilnahme an diesen Annalen, freuen. Möge es übrigens mit den andern Zweigen der neuen Revolution, welche Herr Hassenfratz, (wie wir in seinem Briefe in *Schönerer's allgemeinem Journale der Chemie*, II, 210, lesen,) der Chemie in Frankreich bereitet, besser als mit diesem ersten areometrischen Sprößlinge derselben aussehn. d. H.

**) 4tes St. des 1ten B. der *Annalen der Physik*, S. 396.

wicht eines in eine Flüssigkeit eingetauchten festen Körpers werde durch die Adhärenz der Flüssigkeit gegen den Körper vermindert, und folglich der Gewichtsverlust an der Wage gröfser gefunden, als er nach blofs hydrostatifchen Gefetzen erfolgen würde. Die Gröfse der Adhärenz hänge theils von der Verwandtschaft zwischen dem festen und flüssigen Körper, theils von der Menge der Berührungspunkte zwischen beiden ab, daher werde der Fehler, welchen man in der Bestimmung des specifischen Gewichts fester Körper durch die hydrostatifche Abwiegung begehe, desto gröfser, je gröfser die Oberfläche des eingetauchten Körpers gegen sein Volumen sey. Aus ähnlichen Gründen gebe das Areometer den Verlust in der Flüssigkeit, folglich auch das specifische Gewicht bald zu groß, bald zu klein an; zu klein, wenn die Flüssigkeit mehr Verwandtschaft gegen das Areometer besitzt, als das Wasser; zu groß, wenn sie weniger dagegen äußert. *) Blofs die Hombergische Methode, nach welcher man gleiche Volumina der Körper in einem mit einem engen Halse versehenen Gefäße abwägt, sey diesen Fehlern nicht unterworfen.“

Wegen der Thatfache, worauf Haffenfratz diese Behauptungen stützt, verweise ich auf das oben angeführte Stück der Annalen, und schränke mich hier auf folgende Bemerkungen ein. Es ist, dünkt

*) Der Theorie nach sollte man gerade das Gegentheil erwarten. Davon unten. S.

nich, eine den Naturforschern längst bekannte That-
sache, daß fein zertheilte feste Körper sich gerau-
me Zeit in specifisch leichtern Flüssigkeiten schwe-
bend erhalten können, und man braucht, um sich
hiervon zu überzeugen, nicht zu künstlichen Ver-
suchen seine Zuflucht zu nehmen. Der in der Luft
schwimmende Staub, die in einer Leimenbrühe
schwimmende Erde beweisen es hinreichend. Sehen
wir näher auf die Umstände, welche diese Erschei-
nungen begleiten, so ergeben sich die nachstehen-
den Bedingungen, unter welchen sie erfolgen. Ein
fester Körper erhält sich in einer Flüssigkeit desto
leichter und länger schwebend, 1. je größer die
Oberfläche des Körpers bei ungeänderter Masse ist;
2. je geringer der Unterschied zwischen dem specifi-
schen Gewichte der Flüssigkeit und des Körpers ist;
3. je größer die *Affinität des festen Körpers gegen*
die Flüssigkeit und die davon herrührende Adhäsion
ist; 4. je größer die *Cohäsion der flüssigen Theilchen*
unter sich, (die Klebrigkeit der Flüssigkeit,) ist.

Ein Körper, welcher sich in einer Flüssigkeit
bewegt, (es geschehe nun dies durch seine relati-
ve Schwere, oder durch jede andere Kraft,) muß
Theilchen der Flüssigkeit aus der Stelle treiben, wel-
che vermöge ihrer Trägheit widerstehen, und die-
ser Widerstand wächst bei übrigens gleichen Um-
ständen mit der Menge der aus der Stelle getriebe-
nen flüssigen Theilchen, welche der Größe der
Oberfläche, oder, bestimmter, des auf die Richtung
der Bewegung senkrechten Querschnittes des Kör-

pers proportional ist. Hieraus fließt die *erste* Bedingung.

Aus dem Verhältnisse des specifischen Gewichts des Körpers gegen das specifische Gewicht der Flüssigkeit läßt sich die Gröfse des Verlusts an Gewicht, folglich das relative Gewicht des Körpers in der Flüssigkeit bestimmen. Es ist $= 0$, wenn das specifische Gewicht der Flüssigkeit dem specifischen Gewichte des Körpers gleich ist; desto größer, je kleiner das specifische Gewicht der Flüssigkeit gegen das specifische Gewicht des Körpers ist. Das relative Gewicht drückt die bewegende Kraft des in die Flüssigkeit eingetauchten Körpers aus, sein absolutes Gewicht die zu bewegende Masse. Diese in jene dividirt, giebt die beschleunigende Kraft, welche daher im directen Verhältnisse des relativen Gewichts, und im umgekehrten der Masse steht, woraus sich die *zweite* Bedingung ergibt.

Wenn ein Körper, in eine Flüssigkeit getaucht, benetzt aus derselben wieder hervortritt, so sagt man, er adhärirt mit der Flüssigkeit. Die Gröfse der Adhäsion ist im zusammengesetzten Verhältnisse der Menge der Berührungspunkte oder der Oberfläche des Körpers, und der Verwandtschaft desselben gegen die Flüssigkeit. *A* bezeichne einen in eine Flüssigkeit getauchten Körper; um denselben legt sich, vermöge der Adhäsion, eine Schicht der Flüssigkeit *B* an, welche mit dem Körper ein Ganzes bildet und an seiner Bewegung Theil nimmt. Hier sind zwei Fälle zu unterschei-

den; das specifische Gewicht der Schicht *B* bleibt entweder ungeändert, oder es wird durch die anziehende Kraft des Körpers *A* vergrößert. Im ersten Falle bleibt die bewegende Kraft des gesammten Körpers nach wie vor dieselbe, dem relativen Gewichte gleich; sie heiße $= R$. Die zu bewegende Masse ist $A + B$, folglich die beschleunigende Kraft

$$F = \frac{R}{A + B}, \text{ desto kleiner, je kleiner } R \text{ gegen}$$

$A + B$ ist. Im andern Falle, wenn die Flüssigkeit verdichtet wird, aber doch nicht zu dem Grade als der feste Körper *A*, bewirkt die Adhäsion immer noch eine Verminderung der beschleunigenden Kraft, welche alsdann nicht mehr Statt findet, wenn die Schicht *B* eben so dicht als *A*, oder gar noch dichter würde, wie aus folgender Betrachtung erhellet. $n : m : 1$ bezeichnen die Verhältnisse der Dichtigkeiten des Körpers *A*, der Schicht *B*, und der Flüssigkeit; so ist die beschleunigende Kraft des Körpers nebst der adhärirenden Schicht in der Flüssigkeit allge-

$$\text{mein } F = \frac{A \cdot \frac{n-1}{n} + B \cdot \frac{m-1}{m}}{A + B}. \text{ Soll diese}$$

der beschleunigenden Kraft von $A = \frac{n-1}{n}$ gleich

seyn, so folgt $\frac{n-1}{n} = \frac{m-1}{m}$, welches nur für

n und m beide $= \infty$, oder für $n = m$ Statt finden

kann. So lange $m < n$, ist auch $\frac{m-1}{m} < \frac{n-1}{n}$,

daher F kleiner als die beschleunigende Kraft von A ohne die adhärende Schicht. Für $m > n$ hat man $\frac{m-1}{m} < \frac{n-1}{n}$, daher die beschleunigende Kraft F gröfser als die beschleunigende Kraft von A . Die beiden Fälle $m = n$, und $m > n$ sind an sich unwahrscheinlich, und werden bis jetzt durch keine Erfahrung bestätigt. Aus der Wirkung der Adhäsion, welche mit der Gröfse der Oberfläche zunimmt, folgt daher ein weiterer Grund für die *erste* Bedingung.

Ist aufser dem Widerstande, welchen die Theile der Flüssigkeit, vermöge ihrer Trägheit, der Bewegung des festen Körpers entgegen setzen, noch eine besondere Kraft vonnöthen, um die Theilchen der Flüssigkeit zu verschieben, welches man die von der Cohäsion herrührende Klebrigkeit nennt, so erhellet, dafs dieser Widerstand nicht minder einen Theil von der bewegendenden Kraft des eingetauchten Körpers aufzehren werde. Setzt man eine Flüssigkeit ohne alle Klebrigkeit, deren Theilchen vollkommen verschiebbar sind, voraus; so erhellet, dafs zwar die beschleunigende Kraft eines in eine solche Flüssigkeit eingetauchten specifisch-schwerern Körpers durch die Wirkung der Adhäsion und Trägheit der Flüssigkeit sehr vermindert, aber nie ganz aufgehoben werden könne. Mit andern Worten, ein schwerer Körper würde in einer specifisch-leichtern Flüssigkeit, nach Beschaffenheit der Umstände, viele 100, ja viele 1000 mal langsamer als

im leeren Raume fallen, aber er würde doch nicht vollkommen in der Flüssigkeit schwebend erhalten können. — Das Wasser ist eine Flüssigkeit, deren Klebrigkeit bei einer mittlern Temperatur von 15° — 20° R. schon sehr geringe ist, daher bestätigen die folgenden Erfahrungen die aufgestellten Sätze. Man zerstoße Kieselsteine, Kalksteine, Thonsteine, jede besonders in einem Mörtel, und siebe die Pulver durch ein feines Haarsieb. Hierauf bringe man von jeder Gattung eine gleiche Menge in eine bestimmte Menge Wasser, rühre die verschiedenen Gemenge um, und stelle sie ruhig hin. Das Gemenge, welches die Kieseelerde enthält, wird sich zuerst auflösen, indess die Erde aus dem Wasser zu Boden fällt, wobei die gröbern Theilchen zuerst, die feinern zuletzt sinken; nächst dem das die Kalkerde, zuletzt das die Thonerde enthaltende Gemenge. Nun ist es aber bekannt, daß das Wasser zur Thonerde unter den genannten Erden die stärkste Adhäsion besitzt.

Ich komme jetzt auf die Hauptfrage: *Kann die Wirkung der Adhäsion eines in eine Flüssigkeit eingetauchten Körpers an einer hinlänglich empfindlichen Wage bemerkt werden?* Die Frage richtig zu beantworten, bedenke man, daß unsere Wagen bloß bewegende, nicht beschleunigende, Kräfte messen; denn das gestörte Gleichgewicht der Wage wird nicht durch eine bestimmte Geschwindigkeit, sondern überhaupt aus ihrer Bewegung erkannt. —

Setzen wir eine vollkommne Flüssigkeit voraus, und die dem Körper adhärende Schicht derselben wird nicht verdichtet, so zeigt die Wage nichts von der Wirkung der Adhäsion. Wird hingegen die am Körper hängende Flüssigkeit verdichtet, so wird das relative Gewicht des Körpers, folglich die bewegende Kraft an der Wage vermehrt; dessen ungeachtet könnte der Körper, wie ich oben gezeigt habe, langsamer in der Flüssigkeit zu Boden sinken, als ohne die Wirkung der Adhäsion. *) Befindet

*) Diesen Fall hatte ich vor Augen, als ich die in meinen *physisch-mathematischen Abhandlungen* beschriebenen Gewichtsverminderungen, welche ich bei elektrisirten Körpern, und einigen andern, deren Oberfläche mit Oehl bestrichen war, bemerkt hatte, aus der verminderten Adhäsion der Luft an diese Körper erklärte. Herr von Arnim erwähnt S. 421 des ersten Bandes der *Annalen der Physik*, meine Versuche, und meint, es sey wahrscheinlicher, daß die Adhäsion der Luft an einen Körper denselben leichter mache, weil sie ihn an die umgebende Luft fessele, und das Oehl habe wohl die Adhäsion der Luft vermehrt, welches auch mit der Erfahrung übereinstimme, daß das Oehl schon bei einer niedrigeren Temperatur den Sauerstoff aus der Luft anziehe, und so verderbe. Hierauf antworte ich, erstens: daß, wenn man ein Fesseln des Körpers gegen die umgebende Luft annehmen wollte, man nicht bloß den Lusttheilchen Adhäsion gegen den Körper, sondern auch eine bemerkbare Cohäsion unter sich zuschreiben müsse, welche letztere Voraussetzung der Natur einer ex-

sich der Körper in einer unvollkommenen Flüssigkeit, so vermindert der von der Klebrigkeit der zu verschiebenden Theilchen herrührende Widerstand die bewegende Kraft des Körpers, und er wird leichter an der Wage.

Die Erfahrung muß lehren, ob dieser Widerstand so groß ist, daß er einen merklichen Einfluß auf die gewöhnliche Bestimmung des specifischen Gewichts der Körper haben kann. Die von dem Bürger Haffenratz bemerkten Unterschiede in dem specifischen Gewichte der Körper bei vermehrter Oberfläche derselben sind so auffallend groß, daß man geneigt wird, sie irgend einer andern Ursache, als dem von der Klebrigkeit des Wassers herrührenden Widerstande zuzuschreiben. Ich beschloß, zu meiner Belehrung, die Versuche zu wiederholen. Die Resultate davon enthält das Nachstehende.

Versuch 1. An der in meinen *physisch-mathematischen Abhandlungen* beschriebenen äußerst em-

panisibeln Flüssigkeit geradezu widerspricht. Zweitens darf man aus der Verwandtschaft eines Körpers gegen den Sauerstoff nicht gerade auf die Adhäsion des Körpers gegen die Luft schließen. Besitzt doch wohl das Wasser auch weniger Verwandtschaft zum Sauerstoffe der Atmosphäre als das Oehl, und dessen ungeachtet eine größere Adhäsion gegen die Luft. Wenigstens scheint dies das bekannte Phänomen des Stillen der Meereswellen durch aufgegossenes Oehl zu beweisen,

S.

pfundlichen Wage von Hauf, wog ich einen *Stanniolfstreifen*, der 8 pariser Zoll lang, und 2 Zoll breit war, zuerst in der Luft und dann unter destillirtem Wasser von 15° Temperatur nach Reaumur ab, und fand das specifische Gewicht des Stanniols, 7,430. Hierbei ist zu bemerken, daß der Stanniolfstreifen, welcher an einem feinen Menschenhaare aufgehängt war, lothrecht so ins Wasser herab hing, daß er das Wasser bei den Oscillationen der Wage mit der kleinsten scharfen Seite durchschnitt. Die an dem Stanniol hängenden Luftbläschen waren mit einer Federpuhle sorgfältig abgewischt worden, und unter diesen Umständen ging die Beweglichkeit der Wage bis zu $\frac{1}{2}$ Richtpfennigtheil.

Versuch 2. Der Stanniolfstreifen wurde mit beiden Enden zusammengeschlagen und an dem Haare so aufgehängt, daß der untere aus einander gebogene Theil dem Wasser eine Stofsfläche von ungefähr 2 Quadrat-Zoll entgensetzte. Die Wage blieb bei dem aufliegenden Gewichte des vorhergehenden Versuchs zwar noch im Gleichgewichte; aber ihre Beweglichkeit war bis auf 8 Richtpfennigtheile vermindert; offenbar bloß eine Folge vom Widerstande des Wassers. Sie würde bei diesem Versuche in der Bestimmung des specifischen Gewichts eine Unrichtigkeit von 0,44 Theilen veranlaßt haben.

Versuch 3. Der Stanniolfstreifen wurde unter dem Wasser bis auf $\frac{1}{4}$ Quadratzoll Oberfläche zusammengefaltet, und so viel wie möglich zusammenge-

preßt. Das specifische Gewicht und die Beweglichkeit der Wage fanden sich genau wie in dem ersten Versuche.

Versuch 4. Ein Stanniolfstreifen wurde, wie in dem ersten Versuche, unter Wasser aufgehängt, und hierauf das Wasser in das Vacuum der Luftpumpe gebracht. Es entwickelten sich eine Menge Luft- und Dampfblasen aus dem Wasser, von welchen sich so viel an den Stanniolfstreifen anhängen, daß er davon auf die Oberfläche des Wassers getrieben wurde. Nachdem diese Blasen mit einer Feder-*spuhle* weggenommen worden waren, bestimmte ich das specifische Gewicht des Stanniolfstreifens; es fand sich $= 7,428$.

Versuch 5. Der Stanniolfstreifen wurde bis auf $\frac{3}{4}$ Quadrat-Zoll Oberfläche zusammengefaltet, abermals mit dem Wasser unter die Glocke der Luftpumpe gebracht, und hierauf das specifische Gewicht $= 7,00$ gefunden.

NB. Während des Evacuïrens kam eine Menge Luftblasen nicht bloß aus dem Wasser, sondern auch zwischen den Blättern des zusammengefalteten Stanniols hervor, welche dadurch aus einander getrieben wurden. Die nach dem Auspumpen an den äußern Seiten des Stanniols hängenden Luftblasen konnten zwar hinweggenommen werden, aber nicht wohl die zwischen den Blättern befindlichen.

Versuch 6. Der Stanniolfstreifen wurde zusammengerollt in einer Flasche voll Wasser unter die

Luftpumpe gebracht, und hierauf dessen specifisches Gewicht nach der Hombergischen Methode = 7,41 gefunden.

Aus diesen Versuchen ziehe ich die Folge, daß der von der Cohäsion und Trägheit der Flüssigkeiten herrührende Widerstand gegen die Bewegung der in sie eingetauchten Körper allerdings einen schädlichen Einfluß auf die gewöhnliche Bestimmung des specifischen Gewichts haben kann, welcher desto größer wird, je größer die der Flüssigkeit ausgesetzte Stoßfläche des eingetauchten Körpers, je kleiner sein relatives Gewicht, und je unempfindlicher die hydrostatische Wage ist.

Zweitens scheint die von dem Bürger Haffenfratz angewendete Methode, die Körper von der ihnen unter Wasser anhängenden Luft durch das Vacuum der Luftpumpe zu befreien, nicht die beste zu seyn, weil sie nur dazu dient, eine Menge Luft aus dem Wasser zu entbinden, welche sich zum Theil an den festen Körper und in dessen Zwischenräume begiebt, und es daher von andern zufälligen Umständen abhängt, ob der Körper auf die Weise ganz von der ihm unter dem Wasser anhängenden Luft befreiet werde.

Sollten sich wohl aus diesen beiden Ursachen die von dem Bürger Haffenfratz gefundenen beträchtlichen Unterschiede der specifischen Gewich-

te bei vergrößerter Oberfläche der Körper erklären lassen? Die nachstehenden Versuche beweisen mir wenigstens, daß das nach meinem Vorschlage von Ciarcy verbesserte Fahrenheitische Areometer das specifische Gewicht der Flüssigkeiten mit einer für die Ausübung hinlänglichen Genauigkeit angiebt, und daß man keinesweges genöthigt sey, jedesmal zu der umständlichern Homburgischen Methode seine Zuflucht zu nehmen. Ich fand nämlich das specifische Gewicht

	mit dem <i>Areometer,</i>	nach der Homb. <i>Methode</i>
eines sehr reinen wasser-		
hellen Provenceröhl	0,9235 —	0,9202
des Weingeistes	0,8135 —	0,8135
einer Auflösung des Kup-		
fers in Salmiakgeist	1,0205 —	1,01999
bei 15° Temperatur nach Reaumur. Der Unterschied zwischen den beiderlei Angaben ist bei dem Oehle am größten, wie wegen der Klebrigkeit dieser Flüssigkeit zu erwarten war.		

Ich wiederhole bei dieser Gelegenheit die schon anderwärts gegebene Vorschrift, daß man, um mit dem allgemeinen Areometer recht genaue Resultate zu erhalten, nicht veräumen darf, das Instrument vor dem Gebrauche recht wohl zu reinigen, und in die zu untersuchende Flüssigkeit bis an das Normalpünktchen einzutauchen, damit durch das Benetzen die Wirkung der Adhäsion der Luft an das Glas aufgehoben werde. Auch ist es gut, da, wo

man einen hinreichenden Vorrath von der zu untersuchenden Flüssigkeit hat, sich eines Gefäßes zu bedienen, in welchem das Areometer nach allen Seiten hin, hinlänglichen Spielraum habe, weil nach hydraulischen Erfahrungen der Widerstand der Flüssigkeiten in engen Kanälen gröfser als in weiten ist.

Bei dieser Gelegenheit noch ein Paar Worte über die von dem Bürger Haffenfratz angegebenen specifischen Gewichte einiger reinen Erden. Man sehe die *Annalen*, 1. Bd, 4. St., S. 425. Es war mir auffallend, das specifische Gewicht der reinen Bittererde = 0,346 angegeben zu finden, da es doch bekannt ist, daß sich die Bittererde aus der Auflösung des Bitterfalzes in Wasser nicht nur durch kauftisches Kali fällen läßt, sondern daß auch die ganz frisch gebrannte Bittererde, sobald sie nur vom Wasser benetzt, und eben dadurch von der ihr adhären- den Luft befreiet ist, im Wasser sehr bald zu Boden sinkt. Sollte die Verbindung des Wassers mit der reinen Bittererde ihr specifisches Gewicht über das Dreifache vergrößern, so müßte das specifische Gewicht der ungebrannten Bittererde wohl auch beträchtlich gröfser, als der gebrannten Bittererde seyn.

Ich stellte darüber zuerst nach dem von Haffenfratz angegebenen Verfahren einige Versuche an, und fand durch Abwiegen in Quecksilber das

specifische Gewicht der gebrannten Bittererde $= 0,254$, der ungebrannten $= 0,347$. Hier-
auf untersuchte ich auch das specifische Gewicht
derselben Erden nach der Hombergischen Methode,
bediente mich aber statt des Quecksilbers eines voll-
kommen gesättigten Kalkwassers, und nun fand
ich das specifische Gewicht der gebrannten Bitterer-
de $= 2,187$, der ungebrannten $= 1,225$.

Woher dieser auffallende Unterschied zwischen
den beiden Resultaten? Ich bin geneigt, denselben
aus folgenden Umständen zu erklären: Das Queck-
silber äußert keine Adhäsionskraft gegen die Bitter-
erde, und dringt daher, selbst durch den Druck
der Atmosphäre unterstützt, bei weitem nicht in
alle Zwischenräume der lockern Erde, vielmehr
dient jener mechanische Druck der Luft auf das
Quecksilber bei dem Hassenfratzischen Verfahren,
nur die lockere Erde in der Hombergischen Flasche
zusammenzudrücken, wobei, nach Beschaffenheit
der Umstände, mehr oder weniger Zwischenräume,
ja selbst noch Luft innerhalb der Erde zurück-
bleibt, welches man sehr deutlich wahrnimmt, wenn
man einen Klumpen von der so zusammengeballten
Bittererde in Kalkwasser oder jede andere Flüssig-
keit wirft, welche die Erde, ohne sie aufzulösen,
durchdringt, wobei eine Menge Luftbläschen her-
vorkommt. Mir scheint daher bis jetzt das von
Herrn Richter angegebene Verfahren, das specifi-
sche Gewicht der im Wasser auflöslichen Körper,
in den gesättigten Auflösungen derselben im Wasser

zu bestimmen, eins der vorzüglichsten. Man erhält da durch zwar das speciſche Gewicht der Körper in einem Zustand-, worin ſie von allen durch phyſiſche Anhängens-Kräfte durchdringbaren Zwischenräumen befreit ſind, aber auch feſtere Verhältniſſe als bei dem von Haſſenfratz oder Kirwan eingeſchlagenen Verfahren, wo die Zwischenräume der lockern Erden und Salze bloß durch mechanische Kräfte zerſtört werden, und daher bald mehr, bald weniger zurückbleiben.