

von Platinerzen, nach der Vorschrift von Berzelius, nicht übersehen werden. Berzelius nämlich schreibt vor, das Gemenge aus Platin- mit Rhodium- und Iridiumoxyd, welches nach der Zersetzung ihrer Kalidoppelsalze mit kohlensaurem Natron bleibt, mit Salzsäure zu digeriren, um ihnen einen Antheil Alkali zu entziehen, den die Oxyde von Rhodium und Iridium aufgenommen hatten. Hierbei wird jedesmal von der Salzsäure Iridium und Platin gelöst, was dann besonders berücksichtigt werden muß, wenn die Analyse genau ausfallen soll.

XX. *Ueber die Cohäsion der flüssigen Körper;*
von M. L. Frankenheim ¹⁾.

Professor in Breslau.

Die Adhäsion, die man bei Haarröhrchen, Tropfen oder Adhäsionsplatten wahrnimmt, ist im Allgemeinen von der Beschaffenheit der festen sowohl als der flüssigen Körper abhängig. Sobald aber ihre Intensität eine gewisse Gränze überschreitet, wird der Stoff, aus dem der feste Körper besteht, ganz ohne Einfluß. Glas und Metall und selbst Siegellack wirken mit gleicher Stärke, und die Adhäsion hängt bloß von der Flüssigkeit ab. In diesem Falle ist der feste Körper mit einer dünnen Schicht der Flüssigkeit überzogen, welche auch dann noch haften bleibt, wenn man ihn auch von dem Gefäße, in dem sich die Flüssigkeit befindet, ganz entfernt, und man mißt nicht die Anziehung des festen Körpers zu dem

1) Größtentheils nach einem im Anfange des vorigen Jahres erschienenen Buche: *Die Lehre von der Cohäsion, umfassend die Elasticität der Gase, die Elasticität und Cohärenz der flüssigen und festen Körper, und die Krystallkunde.* 502 S. 8. Die Tabelle enthält jedoch mehrere erst späterhin angestellte Versuche.

flüssigen, sondern diejenige, welche die Flüssigkeit gegen die ihr gleichartigen, aber an dem festen Körper haftenden Theilen besitzt. Da es der Physik an einem Ausdrucke für diese Art der Anziehung zwischen homogenen Stoffen fehlt, so habe ich mich in meinem Werke des Wortes *Synaphie* bedient.

Die Synaphie ist dem Anschein nach leicht zu beobachten. Aber die erste Bedingung, welche man bei der Beobachtung erfüllen muß, ist die vollständige Benetzung der Adhäsionsplatte oder der Röhre, und diese hervorzubringen ist oft sehr schwer. Sie kann durch eine Verunreinigung mit einer fremden Substanz verhindert werden, wenn auch die Quantität derselben so klein ist, daß sie weder mit dem Auge noch durch Reagentien zu erkennen ist. Wird ihre Anziehung zur Flüssigkeit größer als die des Glases der Röhre oder der Platte, so entzieht sie sie den umgebenden Theilen; wird sie kleiner, so wird sie ihr von dem Glase entzogen; in beiden Fällen aber die Benetzung unvollständig. Man kennt die große Schwierigkeit, Drähte von Platin und anderen Metallen so zu reinigen, daß sie auf Wasserstoffgas oder als Polardrähte einer voltaischen Säule ihre normale Wirkung hervorbringen. Die Schwierigkeit, Glas oder Metall zu Adhäsionsversuchen zu reinigen, ist um nichts kleiner, und bei Haarröhrchen ist sie noch größer.

Mehrere Flüssigkeiten verändern sich an der Luft, indem sie Wasserdampf oder auch Sauerstoff aufnehmen oder abgeben. Bei anderen, besonders den zugleich concentrirten und schweren wäßrigen Auflösungen, habe ich Erscheinungen beobachtet, die an die *Katalyse* von Berzelius erinnern aber nicht sowohl in einer chemischen Zersetzung als in einer Veränderung der *physischen* Verbindungen, welche z. B. zwischen Kali- oder Schwefelsäurehydrat und Wasser stattfindet, zu bestehen scheinen. Andere Beispiele dieser Thätigkeit bietet die Diffusion der Flüssigkeiten dar, indem die meisten physi-

schen Auflösungen durch poröse Membrane oder Steine zersetzt werden, und die Reinigung einer Salz- und Zuckerkrlösung von theils beigemengten, theils beigemischten Substanzen durch Kohle (siehe das angeführte Buch, S. 159 und 231). So gering auch die Quantiät des auf diese Weise zersetzten Stoffes ist, so befindet sie sich doch am Rande der Adhäsionsplatte oder in der Nähe der Oberfläche der flüssigen Säule in den Haarröhrchen, also in der günstigsten Lage, um sehr störend auf die Beobachtung einzuwirken, wenn sie nicht durch die Flüssigkeit selbst überzogen oder fortgeschafft wird. Dieses ist aber nun bei dem Aether, den ätherischen Oelen und anderen leicht bewegten Flüssigkeiten der Fall; sie halten sich während einer zur Beobachtung hinlänglichen Zeit in ihrem Normalzustande, während andere Flüssigkeiten kaum den höchsten Stand in der sorgfältig gereinigten und benetzten Röhre erreicht haben, als sie schon zu sinken anfangen, so dafs man kaum Zeit genug zu einer Beobachtung findet.

Ich habe sowohl mit Haarröhren als mit Adhäsionsplatten Versuche angestellt, indessen sind die Zahlen der Tabelle blofs aus den Versuchen mit Haarröhren abgeleitet, welche einer höheren Genauigkeit fähig sind als die Beobachtungen an Platten. Die Röhren waren 0,6 bis 2,0 Millim. weit und 100 bis 150 Millim. lang, und aus einer sehr grofsen Menge käuflicher Röhren ausgesucht. Man mufs ihrer viele vorrätzig haben, weil man von keiner Flüssigkeit die Synaphie für hinlänglich genau bestimmt halten darf, wenn nicht mehrere Röhren von verschiedener Weite übereinstimmende Resultate geben, und weil man die einmal gebrauchten Röhren nur nach sehr sorgfältiger Reinigung wieder anwenden darf. Die Durchmesser wurden selbst bei den engsten Röhren sehr genau durch Quecksilber bestimmt.

Alle einer Berücksichtigung werthen Versuche über die Synaphie habe ich berechnet und a. a. O. mitgetheilt.

Die Anzahl der zuverlässigen Versuche ist aber sehr gering. Mit den von Gay-Lussac an Wasser, Wein-geist und Salpetersäure gefundenen Resultaten stimmen die meinigen vollkommen überein.

Diese habe ich in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Das specifische Gewicht ρ ist, mit sehr wenigen Ausnahmen von mir selbst bestimmt. Es bezieht sich auf Wasser von gleicher Temperatur. Bei den geringen Variationen, die das Wasser zwischen 0° und 20° erleidet, kann man die Correction auf das Maximum vernachlässigen.

Die in der Tabelle angegebene Temperatur bezieht sich auf die Beobachtung der *Synaphie*, die nur selten um einige Grade von derjenigen verschieden war, welche bei der Bestimmung des spec. Gewichts stattfand.

H ist das berechnete Product aus dem Radius der Haarröhre und dem Unterschiede der Niveaus bei sehr engen Röhren. Wenn h und r die beobachteten Höhen und Radien waren, so ist

$$H = (h + \frac{1}{3}r)r.$$

M ist der Modulus der *Synaphie*, oder das Gewicht, welches eine Adhäsionsplatte von sehr großem Umfange tragen kann, der atmosphärische Druck von 760 Millim. bei 0° als Einheit genommen. Die Zahlen der Tabelle bezeichnen Milliontel Atmosphären, da, um Raum zu sparen, die Nullen weggelassen sind. Wasser z. B. hängt mit einer Kraft von 0,0005366 Atmosphäre an der benetzten Adhäsionsplatte.

M ist so aus H berechnet, daß

$$M^2 = 2\rho^2 H : m$$

m ist = 10313. So viel Milligramme beträgt nämlich der Druck einer Atmosphäre auf ein Quadrat-Millimeter.

$M : \rho$ oder der Modulus der *spec. Synaphie* entspricht der für feste Körper sehr wichtigen spec. Elasticität und spec. Festigkeit.

Stoff.	Temp. C.	Sp. Gew. ρ.	Milliontel M.	Atmosph. M : ρ.	Capill. H.
Wasser	0 °	1,000	536,6	536,6	15,30 ¹⁾
	16,5	0,999	527,9	528,4	14,84
Schwefelsäure ²⁾	14,5	1,849	663,8	359,0	6,85
	17,5	782	703,9	395,0	8,30
	-	609	676,9	420,7	9,40
	-	522	660,1	433,7	10,00
	-	382	642,6	465,0	11,50
	-	195	585,2	489,2	12,74
	-	127	566,0	502,2	13,41
Phosphorsäure	13	1,141	563,6	495,4	13,00
Arseniksäure. .	-	309	619,2	473,0	11,90
Salzsäure. . . .	17,5	1,153	556,8	482,9	12,40
	-	113	548,3	492,6	12,90
	-	057	540,5	511,4	13,90
Salpetersäure ³⁾	16	1,500	491,1	327,4	5,70
	-	432	537,7	375,5	7,50
	-	372	557,7	406,8	8,80
	19	271	568,6	447,5	10,65
	13	223	563,6	460,9	11,30
	19	117	546,1	488,9	12,71
Citronensäure ⁴⁾	13	1,140	544,7	477,8	12,14
Aepfelsäure . .	-	136	545,4	480,1	12,26
Weinsäure. . .	19	114	556,6	499,6	13,30

- 1) Alle Angaben sind aus dem mittleren Werthe mehrerer Beobachtungen abgeleitet. Wo diese so sehr von einander abwichen, daß die erste Decimale nicht ganz zuverlässig war, habe ich an die Stelle der zweiten gewöhnlich 0 gesetzt.
- 2) Die concentrirte Schwefelsäure ist sehr schwer zu beobachten. Sie fließt zwar ziemlich leicht, aber sie sinkt sehr schnell vor ihrem Normalstande in die Röhren herab. Verdünnte Säure ist leichter zu beobachten.
- 3) Die concentrirte floß sehr schwer, erreichte jedoch allmählig ihren Normalstand. Die Unregelmäßigkeit in dem Gange von *M* findet sich auch bei Gay-Lussac. Sie ist bei mir nur deshalb stärker, weil meine Säure concentrirter war. Eine viel salpetrige Säure haltende Salpetersäure gab minder gute Resultate. Sie hat jedoch, wie es scheint, beinahe dieselbe Synaphie, wie reine Säure von gleichem spec. Gewichte.
- 4) Die Citronensäure ist mit der Aepfelsäure isomer. Auch in der Synaphie sind sie einander fast gleich.

Stoffe.	Temp. C.	Sp. Gew. ρ.	Millfontel M.	Atmosph. M : ρ.	Capill. H.
Essigsr. ¹⁾ conc.	19°	1,068	391,8	366,9	7,16
verdünnt	13	044	424,0	406,1	8,77
Ameisensäure .	-	060	429,7	405,4	8,74
Kali ²⁾	19	1,405	491,2	349,6	6,50
	-	334	594,5	446,4	10,60
	-	274	607,7	477,0	12,10
	13,5	241	494,5	479,0	12,20
	19	159	559,6	482,9	12,40
Natron ³⁾ . . .	16	1,338	637,4	476,3	12,07
	-	239	627,7	506,6	13,70
Kohlensaur. Kali	18	1,530	729,8	477,0	12,10
-	14	276	631,0	494,5	13,00
- - doppelt	16	081	554,2	512,7	13,97
- Natron	17	156	560,4	492,6	12,90

- 1) Den VVeingeist ausgenommen, ist bei allen wässrigen Auflösungen von dem specifischen Gewichte reiner Essig- und Ameisensäure $H=13$ bis 14 Millimeter. Die geringe Synaphie dieser beiden Säuren habe ich aber in allen Versuchen constant gefunden. Auch fließt die Essigsäure fast so leicht wie Aether. Die fünf von mir untersuchten organischen Säuren sind sämmtlich Hydrate, aber die Hydrate der drei ersten sind in gewöhnlicher Temperatur fest, und bedürfen zur Auflösung eine gewisse Quantität VVasser. Die Ameisen- und Essigsäure dagegen sind schon in gewöhnlicher Temperatur flüssig, und enthalten in der von mir angewendeten Form weniger *freies* VVasser als jene. Der überwiegende Einfluss des VVassergehalts geht aus sämmtlichen Beobachtungen der Tabelle hervor.
- 2) Concentrirtes Aetzkali ist sehr schwer zu beobachten, weil es auf mehrfache VVeise an der Luft verändert wird, schnell von dem höchsten Stande, den es in der Röhre erlangt hatte, herabsinkt. Dieser höchste Stand hat jedoch, nach vielen Versuchen bei Röhren von verschiedener VVeite, ziemlich übereinstimmend den in die Tabelle gesetzten VVerth von H gegeben. Auch das verdünnte Kali war nicht ganz leicht zu beobachten.
- 3) Das Natron gab bei gleichen spec. Gewichten bessere Resultate als das Kali. Auch die *Aetzammoniak*-Lösung hatte eine beträchtlich geringere Capillarität als VVasser.

Stoff.	Temp. C.	Sp. Gew. g	Milliontel M.	Atmosph. M : g.	Capill. H.
Kohlensaures Ammoniak	17°	1,093	521,1	477,0	12,10
Schwefelsaures Natron ¹⁾	15	1,154	594,4	515,1	14,10
- Talk	18	193	601,1	503,9	13,50
- Thonerde	16	126	500,9	564,0	13,34
- Kupfer-Ammoniak	-	071	516,6	552,8	14,18
- Zink	19	430	465,0	664,9	11,50
- Mangan-oxydul	-	455	473,0	688,2	11,90
- Eisenoxydul ²⁾	-	212	484,9	587,7	12,50
Chromsaur. Kali	13,5	070	520,5	556,9	14,40
Phosphorsaures Natron	19	1,043	535,5	513,2	14,00
Arseniksaures Ammoniak	-	223	611,0	499,6	13,30
Arseniks. Kalk	-	176	592,6	503,9	13,50
Salpetersaur. Kali	19	1,137	557,9	490,7	12,80
- Natron	-	373	663,1	483,0	12,40
- Baryt	-	046	534,4	510,9	13,88
- Kupfer	-	346	641,5	476,6	12,08
Weinsaur. Kali ³⁾	19	1,475	688,8	467,0	11,60
- Kali-	-	254	618,2	467,0	12,92
- Natron	16	217	601,1	493,9	12,97
Essigsaur. Natron	19	1,150	562,6	489,2	12,75
- Eisen	14	050	494,5	471,0	11,80
- Blei	17,5	213	564,3	465,2	11,53

1) Dieses Salz floß nicht leicht. Die Angaben sind daher um einige Hunderttheile ungewiß.

2) Da es sehr langsam durchfiltrirt war, so enthielt es viel Oxyd. Jedoch war die Auflösung noch ganz klar.

3) Auch das weinsaure Kali floß schlecht, und gab in verschiedenen Versuchen bedeutende Variationen. Die Angaben der Tabelle beziehen sich auf einige nahe übereinstimmende Beobachtungen.

Stoff.	Temp. C.	Sp. Gew. ρ.	Milliontel M.	Atmosph. M : ρ.	Capill. H.
Essigsaures Blei	17°,5	1,099	556,8	506,6	13,70
- Kupfer	19	1,426	545,3	517,9	14,26
Chlornatriumlösung ¹⁾	-	200	615,8	513,2	14,00
Chlorammoniumlösung ²⁾	-	070	556,9	520,5	14,40
Chlorcalciumlös.	17°,5	336	659,2	492,6	12,90
- - -	-	178	594,1	504,3	13,52
- - -	-	119	578,4	516,8	14,20
Chlormagniumlösung	18	231	631,3	512,8	13,98
Chloreisenlös.	17°,5	098	568,5	515,9	14,15
Chlorkupferlös.	-	1,426	651,5	456,9	11,10
Eisenkaliumcyanür-Lösung	16	1,089	508,2	553,4	13,73
Zuckerwasser	19	185	597,2	503,9	13,50
Schwefelkohlenstoff	13	1,265	404,8	320,0	5,44
Schwefelchlor ³⁾	24	687	514,7	305,1	4,95
Phosphorchlorür ⁴⁾	21	450	385,4	265,8	3,75
Arsenikchlor. ⁵⁾	15	2,200	616,2	280,1	4,17
dito in Alkohol	-	1,093	364,6	325,4	5,63
Zinnchlorid ⁶⁾	24			216,8	2,50
Weingeist ⁷⁾	17	0,810	268,4	331,4	5,83

Wein-

- 1) und 2) Diese beiden Salze flossen schwer, und die Synaphie ist daher nur annähernd richtig.
- 3) und 4) Das specifische Gewicht dieser beiden Stoffe habe ich aus den Lehrbüchern entlehnt.
- 5) und 6) Es waren sogenannte Arsenikbutter und Spiritus Libavii. Für den letzten habe ich in meinem Buche $H=2,70$ gegeben. 2,50 ist der mittlere Werth mehrerer Versuche, die ich mit einem reinen Chloride angestellt habe. Die große Flüssigkeit macht den Versuch sehr beschwerlich und das Beschlagen der Röhre und der Gefäße mit dem wasserhaltigen krystallinischen Salze die Resultate etwas unsicher. Die specifischen Gewichte waren, wie ich glaube, bisher noch nicht bestimmt.
- 7) Die sehr geringe Synaphie des nur etwa 0,25 Alkohol halten-

Stoff.	Temp. C.	Sp. Gew. ρ.	Milliontel M.	Atmosph. M : ρ.	Capill. H.
Weingeist . . .	20°	0,857	286,7	334,5	5,95
	17	895	302,1	341,4	6,20
	-	931	328,3	352,5	6,60
	-	1,967	368,3	380,8	7,71
Benzin ¹⁾ . . .	24	1,209	426,0	352,3	6,60
Schwefeläther .	19	1,728	224,6	309,6	5,10
Oxaläther ²⁾ .	24	1,093	368,7	337,3	6,05
Terpenthinöl	13	0,897	318,6	355,2	6,71
- -	-	944	358,2	379,5	7,66
Steinöl	-	787	280,3	356,2	6,75
Lavendelöl . .	-	897	321,8	358,8	6,84
Nelkenöl	-	1,040	378,0	360,3	6,90
Mandelöl ³⁾ . .	-	0,910	342,0	373,4	7,40
Schwerer Salz- äther ⁴⁾	20	1,134	352,1	310,5	5,13

Bei *Brom* schien $H=4$ bis 5 Millimeter zu seyn.

Um die Beobachtungen an verschiedenen Körpern mit einander vergleichen zu können, müßten sie auf *eine* Temperatur reducirt werden. Ich habe deshalb bei dem Wasser und Weingeist von verschiedenen Graden der Concentration einige Versuche zwischen 0° und ihrem Siedpunkte angestellt. Das (S. 88 d. a. B.) Resultat war, daß die specifische Synaphie zwar mit der Zunahme der Temperatur abnimmt, aber so, daß bei Wasser, selbst in seiner Siedhitze, H wenigstens 14 Millimeter und bei Weingeist der Unterschied für gleiche Temperatur-Intervalle verhältnißmäßig noch kleiner ist. Man kann daher überall, wo man die Ausdehnung, welche die Wärme her-

den Weingeistes ist merkwürdig. Sie findet sich auch bei Gay-Lussac, und bei Versuchen, die ich mit der Adhäsionsplatte angestellt habe.

1) 2) und 3) Das specifische Gewicht ist aus den Lehrbüchern genommen.

4) Er floß sehr schwer, konnte aber noch beobachtet werden.

Poggendorff's Annal. Bd. XXXVII.

vorbringt vernachlässigt, auch von den Variationen der Capillarität absehen.

Ordnet man die beobachteten Körper nach ihrer specifischen Synaphie oder ihrer Capillarität, so steht das *Wasser* an der Spitze der Reihe, als der Körper, dessen Cohäsion am kleinsten ist. Auf das Wasser folgen zunächst die wässrigen Auflösungen, bei denen die specifische Synaphie so regelmäfsig mit dem Wassergehalt zunimmt, dafs beinahe

$$M : \rho = A(\rho - 1),$$

wenn A eine von der Natur des festen Bestandtheils abhängige Constante ist. Die Uebereinstimmung würde noch vollständiger, und die Constante selbst von der Beschaffenheit des festen Körpers beinahe unabhängig seyn, wenn man an die Stelle des spec. Gewichtes (ρ) die Wassermenge setzt, die sich in einem Volumen der Auflösung befindet.

An dem Ende der Reihe steht das Zinnchlorid und einige andere Chlorverbindungen. Alkohol und Oele haben eine ebenfalls sehr niedrige Capillarität, von denen die höchste noch nicht die Hälfte von der des Wassers ist. Für das *Quecksilber* ergiebt sich aus Beobachtungen von Morveau an Gold, Silber oder Kupfer, d. h. solchen Metallen, die vom Quecksilber benetzt werden, an denen es also nicht die Adhäsion (Prosaphie), sondern die Synaphie zeigt, H etwa $= 4,6$. Das Wasser ist also, wenn man von den Lösungen in Wasser absieht, durch eine weite Kluft von allen übrigen Körpern getrennt. Ob diese Lücke durch eine vollständige Untersuchung ausgefüllt werden kann, mufs dahin gestellt bleiben. Ich halte es für wahrscheinlich, und möchte daher vor allen Theorien warnen, welche auf der überwiegenden specifischen Synaphie des Wassers beruben. Bis jetzt hat man sich noch immer geirrt, wenn man einzelne Stoffe, wie Sauerstoff, Wasserstoff, Kohle, Schwefel, als ausschliessliche Substrate einer Thätigkeit ansah.

Die beiden Extreme in der Reihe nach der Syna-

phie bilden auch die äußersten Glieder in der Reihe nach dem Mischungsgewichte oder dem specifischen Gewichte der Dämpfe. Dem größeren Mischungsgewichte scheint, wenn es von dem Einflusse des specifischen Gewichts befreit ist, die kleinere Cohäsion zu entsprechen. Aber in den Mittellinien verlieren die beiden Reihen ihren Parallelismus.

Eben so verhält sich die Reihe nach $M : \rho$ zu der der *Licht-Brechungskraft* $nn - 1$. Dem Wasser mit seiner kleinen Brechungskraft und seiner hohen Synaphie stehen die Oele und die metallischen Flüssigkeiten mit ihrer sehr starken Brechungskraft, aber sehr kleinen Synaphie, entgegen. Bei dem Lichte hat man jedoch einige Körper gefunden, die dem Wasser in der Reihe vorangehen, nämlich Kohlensäure, Chlor, Cyan, wenn sie liquid geworden sind. Einige andere Substanzen stehen dem Wasser gleich oder nahe, und die große Kluft, welche in der Synaphie das Wasser von den übrigen untersuchten Körpern trennt, ist in der Brechungskraft ausgefüllt. Bei dem Lichte scheint Sauerstoff an der Spitze der Reihe zu stehen, und das Wasser die geringe Intensität seiner Brechungskraft von dem sehr starken Sauerstoffgehalte zu verdanken, welche den entgegengesetzten Einfluß des Wasserstoffs überragt. Ob in der Synaphie etwas Aehnliches stattfindet, ob zwischen ihr und den elektrischen Eigenschaften der Körper ebenfalls eine nahe Verbindung stattfindet, dieß können nur genaue, sich zugleich auf die thermischen und optischen Eigenschaften der Flüssigkeiten erstreckende Versuche entscheiden.