

# Untersuchung über die Beziehungen zwischen dem spezifischen Brechungsvermögen und der Concentration von Salzlösungen

Autor(en): **Forster, Erich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern**

Band (Jahr): - **(1878)**

Heft 937-961

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-318921>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

**Erich Forster.**

~~~~~

## Untersuchung über die Beziehungen zwischen dem spezifischen Brechungsvermögen und der Concentration von Salz- lösungen.

—

In einer Abhandlung „Ueber den Einfluss der atomistischen Zusammensetzung C-, H- und O-haltiger flüssiger Verbindungen auf die Fortpflanzung des Lichtes“ (Pogg. Annal. CXXIII 595) liefert **Landolt** den Nachweiss, dass :

1) Dichte  $d$  und Brechungsindex  $n$  eines Körpers sich unter dem Einfluss der Temperatur in der Art ändern, dass der Werth  $\frac{n-1}{d}$ , der als spezifisches Brechungsvermögen bezeichnet wird, stets constant bleibt.

2) Die Beziehungen zwischen dem spezifischen Brechungsvermögen einer Mischung  $\left(\frac{N-1}{D}\right)$  und denjenigen ihrer Bestandtheile  $\left(\frac{n-1}{d}, \frac{n_1-1}{d_1}, \dots\right)$  ausgedrückt werden kann durch die Formel :

$$\frac{N-1}{D} P = \frac{n-1}{d} p + \frac{n_1-1}{d_1} p_1 + \frac{n_2-1}{d_2} p_2 + \dots$$

wo  $p$   $p_1$  ... die Gewichtsmengen der Bestandtheile in  $P$  Gewichtstheilen der Mischung bedeuten.

Berechnet man nun, bei einer Mischung aus zwei Bestandtheilen, aus der Dichte und dem Brechungsindex das spezifische Brechungsvermögen bei irgend welcher Temperatur und kennt man ferner die entsprechenden Werthe für die beiden Bestandtheile, so kann man leicht die Gewichtsverhältnisse derselben ermitteln. Ist  $P = 100$ , so erhalten wir:

$$\frac{n-1}{d} p + \frac{n_1-1}{d_1} (100-p) = \frac{N-1}{D} 100$$

oder nach  $p$  aufgelöst:

$$p = \frac{100 \left( \frac{N-1}{D} - \frac{n_1-1}{d_1} \right)}{\frac{n-1}{d} - \frac{n_1-1}{d_1}}$$

$$p_1 = 100 - p.$$

Auf diese Methode fassend, hat Landolt eine Anzahl optischer Analysen ausgeführt, deren wichtigste Resultate hier kurz angeführt werden mögen:

### Mischungen von Amylalkohol und Aethylalkohol.

|               | Mischung I. | Mischung II. |
|---------------|-------------|--------------|
| Amylalkohol   | 48,9        | 79,3         |
| Aethylalkohol | 51,1        | 20,7         |
|               | 100,0       | 100,0        |

Vermittelst der Methode gefunden:

|               | Mischung I. | Mischung II. |
|---------------|-------------|--------------|
| Amylalkohol   | 48,8        | 79,4         |
| Aethylalkohol | 51,2        | 20,6         |
|               | 100,0       | 100,0        |

### Mischungen von Alkohol und Wasser.

|            | Winkel<br>d. kleinsten<br>Ablenkung<br>$\alpha$ | Brechungs-<br>Winkel<br>des Prisma<br>$\varphi$ | Brechungs-<br>index<br>n | Temps<br>t | Spec.<br>Gewicht<br>d | Spec.<br>Brechungs-<br>vermögen<br>$\frac{n-1}{d}$ |
|------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|------------|-----------------------|----------------------------------------------------|
| Alkohol    | 20° 2'                                          | 49° 40'                                         | 1,3606                   | 22° 1      | 0,7964                | 0,4528                                             |
| Wasser     | 18° 20'                                         | 49° 33'                                         | 1,3324                   | 20° 2      | 1,0000                | 0,3324                                             |
| Mischung A | 19° 20'                                         | 49° 30'                                         | 1,3500                   | 22° 3      | 0,9627                | 0,3636                                             |
| Mischung B | 19° 58'                                         | 49° 30'                                         | 1,3609                   | 22° 0      | 0,9168                | 0,3937                                             |
| Mischung C | 20° 7'                                          | 49° 30'                                         | 1,3635                   | 22° 0      | 0,8603                | 0,4225                                             |

Aus diesen Zahlen ergeben sich folgende Zusammensetzungen :

| Optische Analyse.  | Wirkliche Zusammen-<br>setzung. | Differenz. |
|--------------------|---------------------------------|------------|
| Mischung A.        |                                 |            |
| Alkohol 25,9 p. C. | 25,6 p. C.                      | 0,3 p. C.  |
| Wasser 74,1 p. C.  | 74,4 p. C.                      |            |
| Mischung B.        |                                 |            |
| Alkohol 50,9 p. C. | 50,7 p. C.                      | 0,2 p. C.  |
| Wasser 49,1 p. C.  | 49,3 p. C.                      |            |
| Mischung C.        |                                 |            |
| Alkohol 74,8 p. C. | 74,9 p. C.                      | 0,1 p. C.  |
| Wasser 25,2 p. C.  | 25,1 p. C.                      |            |

### Mischung von Alkohol und Aether.

|          | $\alpha$ | $\varphi$ | n      | t     | d      | $\frac{n-1}{d}$ |
|----------|----------|-----------|--------|-------|--------|-----------------|
| Alkohol  | 20° 2'   | 49° 40'   | 1,3606 | 22° 1 | 0,7964 | 0,4528          |
| Aether   | 19° 24'  | 49° 40'   | 1,3498 | 22° 5 | 0,7117 | 0,4915          |
| Mischung | 19° 44'  | 49° 40'   | 1,3555 | 22° 5 | 0,7410 | 0,4798          |

|         | Optische Analyse. | Wirkliche Zusammensetzung. |
|---------|-------------------|----------------------------|
| Alkohol | 30,2 p. C.        | 29,8 p. C.                 |
| Aether  | 69,8 p. C.        | 70,2 p. C.                 |

**Mischung von Alkohol und Schwefelkohlenstoff.**

|                     | $\alpha$ | $\varphi$ | n      | t      | d      | $\frac{n-1}{d}$ |
|---------------------|----------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Alkohol             | 20° 2'   | 49° 40'   | 1,3606 | 22° 1' | 0,7964 | 0,4528          |
| Schwefelkohlenstoff | 36° 22'  | 49° 31'   | 1,6267 | 22° 0' | 1,2624 | 0,4964          |
| Mischung A          | 30° 37'  | 49° 31'   | 1,5370 | 22° 0' | 1,1097 | 0,4839          |
| Mischung B          | 21° 21'  | 49° 31'   | 1,3844 | 21° 5' | 0,8387 | 0,4583          |

|                     | Optische Analyse. | Wirkliche Zusammen-<br>setzung. |
|---------------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Mischung A.</b>  |                   |                                 |
| Alkohol             | 28,7 p. C.        | 28,4 p. C.                      |
| Schwefelkohlenstoff | 71,3 p. C.        | 71,6 p. C.                      |
| <b>Mischung B.</b>  |                   |                                 |
| Alkohol             | 87,4 p. C.        | 87,2 p. C.                      |
| Schwefelkohlenstoff | 12,6 p. C.        | 12,8 p. C.                      |

**Mischung von Amylalkohol und Aethylalkohol.**

|               | $\alpha$ | $\varphi$ | n      | t      | d      | $\frac{n-1}{d}$ |
|---------------|----------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Amylalkohol   | 22° 43'  | 49° 30'   | 1,4076 | 23° 0' | 0,8099 | 0,5033          |
| Aethylalkohol | 20° 2'   | 49° 30'   | 1,3620 | 21° 9' | 0,7975 | 0,4539          |
| Mischung A    | 20° 18'  | 49° 30'   | 1,3666 | 22° 0' | 0,7997 | 0,4584          |
| Mischung B    | 20° 53'  | 49° 30'   | 1,3766 | 21° 0' | 0,7982 | 0,4718          |
| Mischung C    | 22° 11'  | 49° 30'   | 1,3986 | 22° 0' | 0,8069 | 0,4940          |

|                    | Optische Analyse. | Wirkliche Zusammen-<br>stellung. |
|--------------------|-------------------|----------------------------------|
| <b>Mischung A.</b> |                   |                                  |
| Amylalkohol        | 9,1 p. C.         | 9,25 p. C.                       |
| Aethylalkohol      | 90,9 p. C.        | 90,75 p. C.                      |

Optische Analyse.

Wirkliche Zusammen-  
stellung.

**Mischung B.**

|               |            |            |
|---------------|------------|------------|
| Amylalkohol   | 36,2 p. C. | 35,9 p. C. |
| Aethylalkohol | 63,8 p. C. | 64,1 p. C. |

**Mischung C.**

|               |            |            |
|---------------|------------|------------|
| Amylalkohol   | 81,2 p. C. | 81,3 p. C. |
| Aethylalkohol | 18,8 p. C. | 18,7 p. C. |

**Mischung von Essigsäure und Buttersäure.**

|             | $\alpha$ | $\varphi$ | n      | t     | d      | $\frac{n-1}{d}$ |
|-------------|----------|-----------|--------|-------|--------|-----------------|
| Essigsäure  | 20° 42'  | 49° 40'   | 1,3720 | 20°,0 | 1,0530 | 0,3533          |
| Buttersäure | 22° 12'  | 49° 40'   | 1,3973 | 20°,0 | 0,9608 | 0,4135          |
| Mischung    | 21° 26'  | 49° 40'   | 1,3844 | 20°,2 | 1,0061 | 0,3821          |

Optische Analyse.

Wirkliche Zusammensetzung.

|             |            |             |
|-------------|------------|-------------|
| Essigsäure  | 52,2 p. C. | 52,15 p. C. |
| Buttersäure | 47,8 p. C. | 47,85 p. C. |

|                | n      | d      | $\frac{n-1}{d}$ | Gefundene<br>Zusammen-<br>setzung | Wahre<br>Zusammen-<br>setzung |
|----------------|--------|--------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Amylalkohol    | 1,4057 | 0,8135 | 0,4987          | 47,4                              | 47,8                          |
| Aethylalkohol  | 1,3279 | 0,7964 | 0,4117          | 52,6                              | 52,2                          |
| Mischung       | 1,3640 | 0,8038 | 0,4529          | 100,0                             | 100,0                         |
| Essigsäure     | 1,3706 | 1,0518 | 0,3523          | 40,3                              | 40,0                          |
| Buttersäure    | 1,3955 | 0,9610 | 0,4116          | 59,7                              | 59,5                          |
| Mischung       | 1,3850 | 0,9930 | 0,3877          | 100,0                             | 100,0                         |
| Aethylalkohol  | 1,3606 | 0,8011 | 0,4501          | 49,8                              | 50,0                          |
| Ameisensäure   | 1,3693 | 1,2211 | 0,3024          | 50,2                              | 50,0                          |
| Mischung       | 1,3610 | 0,9602 | 0,3760          | 100,0                             | 100,0                         |
| Bittermandelöl | 1,5391 | 1,0474 | 0,5147          | 69,8                              | 69,7                          |
| Ameisensäure   | 1,3693 | 1,2211 | 0,3024          | 30,2                              | 30,3                          |
| Mischung       | 1,4900 | 1,0876 | 0,4505          | 100,0                             | 100,0                         |

Man erkennt aus den mitgetheilten Zahlen, dass die Methode von Landolt auf die verschiedensten Flüssigkeitsgemische angewendet sehr gute Resultate liefert. Zur ferneren Bestätigung von Landolt's wichtiger Arbeit habe ich aus den durch van der Willigen (Fort-schritte der Phys., 1869, Pag. 288) gemachten Bestimmungen der Brechungsexponenten und Dichten von Gemischen aus Alkohol mit Wasser und Glycerin mit Wasser die betreffenden spec. Brechungsvermögen und hieraus die Zusammensetzung der Gemische nach Landolt's Formel berechnet. Die Dichtigkeiten des Wassers bei den Versuchstemperaturen wurden der Arbeit von Hagen (Abhandlg. der Akademie der Wis-senschaften in Berlin 1855, Pag. 26) entnommen.

Bezeichnen wir mit  $N$  den Brechungsindex, mit  $D$  Dichte der Mischung, mit  $n$  Brechungsindex und mit  $d$  Dichte des Wassers, so haben wir für Alkohol und Wasser für Linie A, D und H folgende Werthe :

*Linie A.*

| N       | D       | n       | d         | Proc. | Temp.  |
|---------|---------|---------|-----------|-------|--------|
| 1,35700 | 0,79087 | 1,32820 | 0,9971470 | 98,9  | 25,25° |
| 1,35955 | 0,82434 | 1,32842 | 0,9976313 | 86,8  | 22,75° |
| 1,35729 | 0,90327 | 1,32837 | 0,9976313 | 53,9  | 23,30° |
| 1,35284 | 0,93524 | 1,32799 | 0,9963477 | 38,8  | 27,60° |

*Linie D.*

| N        | D       | n       | d         | Proc. | Temp.  |
|----------|---------|---------|-----------|-------|--------|
| 1,36070. | 0,79087 | 1,33228 | 0,997147  | 98,9  | 25,25° |
| 1,36343  | 0,82434 | 1,33250 | 0,9976313 | 86,8  | 22,75° |
| 1,36127  | 0,90327 | 1,33245 | 0,9976313 | 53,9  | 23,30° |
| 1,35686  | 0,93524 | 1,33207 | 0,9963477 | 38,8  | 27,60° |

*Linie H.*

| N       | C       | n       | d         | Proc. | Temp.  |
|---------|---------|---------|-----------|-------|--------|
| 1,37193 | 0,79087 | 1,34274 | 0,997147  | 98,9  | 25,25° |
| 1,37473 | 0,82434 | 1,34296 | 0,9976313 | 86,8  | 22,75° |
| 1,37250 | 0,90327 | 1,34281 | 0,9976313 | 53,9  | 23,30° |
| 1,36795 | 0,93524 | 1,34253 | 0,9963477 | 38,8  | 27,60° |

Lösen wir nun die Landolt'sche Formel nach  $\frac{n_1-1}{d_1}$  auf, so erhalten wir

$$\frac{n_1-1}{d_1} = \frac{\frac{N-1}{D} P - \frac{n-1}{d} P}{P_1}$$

Nach dieser Formel bezeichnete ich die vorhin angeführten Zahlen und kam zu folgenden Resultaten:

| Linie | Mittel | %      | Diff.   | %      | Diff.    | %      | Diff.    | %      | Diff.   |
|-------|--------|--------|---------|--------|----------|--------|----------|--------|---------|
|       |        | 38,8   |         | 53,9   |          | 86,8   |          | 98,9   |         |
| A     | 0,4527 | 0,4531 | +0,0004 | 0,4523 | --0,0004 | 0,4524 | --0,0003 | 0,4528 | +0,0001 |
| D     | 0,4573 | 0,4577 | +0,0004 | 0,4570 | --0,0003 | 0,4572 | --0,0001 | 0,4574 | +0,0001 |
| H     | 0,4715 | 0,4717 | +0,0002 | 0,4712 | --0,0003 | 0,4714 | --0,0001 | 0,4717 | +0,0002 |

Aus dieser Zusammenstellung geht deutlich hervor, dass  $\frac{n_1-1}{d_1}$  für verschiedene Concentrationen ziemlich unbedeutend ändert und in der That als constant angenommen werden kann. Setzt man nun die, für die einzelnen Linien erhaltene Mittel, für jede Concentration besonders, in die Formel

$$p = \frac{\left(\frac{N-1}{D} - \frac{n_1-1}{d_1}\right) 100}{\frac{n-1}{d} - \frac{n_1-1}{d_1}} \text{ ein,}$$

so erhalten wir folgende Zahlen:



|                               | %    | Diff. | %    | Diff. | %    | Diff. | %    | Diff. |
|-------------------------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| Aus A berechnet               | 98,9 | 0,0   | 86,6 | — 0,2 | 53,7 | — 0,2 | 38,9 | + 0,1 |
| Aus D berechnet               | 99,0 | + 0,1 | 86,8 | 0,0   | 53,8 | — 0,1 | 38,9 | + 0,1 |
| Aus H berechnet               | 99,0 | + 0,1 | 86,8 | 0,0   | 53,8 | — 0,1 | 38,9 | + 0,1 |
| Wirklicher Procent-<br>Gehalt | 98,9 |       | 86,8 |       | 53,9 |       | 38,8 |       |

Die grösste Differenz beträgt 0,2 %.

Man sieht leicht ein, dass man vermittelst dieser Methode, wenn der Werth  $\frac{n_1 - 1}{d_1}$  einmal bestimmt, nur mehr N und D zu bestimmen braucht, um in angegebener Weise den Procentgehalt der Mischung zu berechnen. Für Glycerin und Wasser habe ich ebenfalls Tabellen berechnet, die hier folgen mögen. Wie schon bemerkt, sind die Brechungsindices, die Dichten und der Procentgehalt, auch für diese Mischung, einer Arbeit, die van Willigen zu einem anderen Zwecke ausgeführt, entnommen. Für Glycerin und Wasser ergeben sich folgende Zahlen:

*Linie A.*

| N       | D       | n       | d         | Proc. | Temp.  |
|---------|---------|---------|-----------|-------|--------|
| 1,42998 | 1,19286 | 1,32946 | 0,9976313 | 80,98 | 22,45° |
| 1,41341 | 1,16270 | 1,32930 | 0,9980752 | 68,76 | 20,50° |
| 1,38805 | 1,11463 | 1,32922 | 0,9982817 | 49,69 | 19,50° |

*Linie D.*

| N       | D       | r       | d         | Proc. | Temp.  |
|---------|---------|---------|-----------|-------|--------|
| 1,43471 | 1,19286 | 1,33345 | 0,9976313 | 80,98 | 22,45° |
| 1,41803 | 1,16270 | 1,33329 | 0,9980752 | 68,76 | 20,50° |
| 1,39242 | 1,11463 | 1,33321 | 0,9982817 | 49,69 | 19,50° |

*Linie H.*

| N       | D       | n       | d         | Proc. | Temp. |
|---------|---------|---------|-----------|-------|-------|
| 1,44780 | 1,19286 | 1,34401 | 0,9976313 | 80,98 | 22,45 |
| 1,43080 | 1,16270 | 1,34385 | 0,9980752 | 68,76 | 20,50 |
| 1,40457 | 1,11463 | 1,34377 | 0,9982817 | 49,69 | 19,50 |

Hieraus berechnete ich, nach bekannter Formel,  $\frac{n_1-1}{d_1}$  und stellte folgende Tabelle zusammen.

| Linie | Mittel | %      | Diff.   | %      | Diff.   | %      | Diff.   |
|-------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
|       |        | 49,69  |         | 68,76  |         | 80,98  |         |
| A     | 0,3672 | 0,3667 | -0,0005 | 0,3672 | 0,0     | 0,3676 | +0,0004 |
| D     | 0,3711 | 0,3706 | -0,0005 | 0,3712 | +0,0001 | 0,3715 | +0,0004 |
| H     | 0,3822 | 0,3818 | -0,0004 | 0,3823 | +0,0001 | 0,3826 | +0,0004 |

Die grösste Differenz zwischen dem Mittel und den einzelnen spezifischen Brechungsvermögen beträgt  $-0,0005$ , also erst eine Abweichung in der vierten Decimale,

Betrachten wir  $\frac{n_1-1}{d_1}$  auch in diesem Falle als constant, indem wir für dasselbe das Mittel aus den einzelnen spezifischen Brechungsvermögen in Rechnung ziehen, so erhalten wir, nach angegebener Formel, die Procente, wie folgende Zusammenstellung veranschaulicht :

|                           |       | Diff. |       | Diff. |       | Diff. |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Aus A berechnet           | 81,77 | +0,79 | 68,76 | 0,0   | 49,10 | -0,59 |
| Aus D berechnet           | 81,82 | +0,84 | 68,88 | +0,12 | 48,98 | -0,71 |
| Aus H berechnet           | 81,84 | +0,86 | 69,00 | +0,24 | 49,16 | -0,53 |
| Wirklicher Procent-Gehalt | 80,98 |       | 68,76 |       | 49,69 |       |

Ergeben sich auch aus dieser Tabelle grössere Differenzen als bei Alkohol und Wasser, so erhält man dennoch wenigstens die ganzen Procente vollständig richtig, da die Abweichungen nur in den Zehntelprocenten bemerkbar werden.

---

Eine andere und wichtige Frage ist nun, ob  $\frac{n_1-1}{d_1}$  auch bei Lösungen fester Körper, als constant betrachtet werden darf. Landolt sagt, dass ein Versuch von Gladstone über das Verhältniss des spezifischen Brechungsvermögens des Steinsalzes zu seiner wässerigen Lösung, niedergelegt in dem Journal of the Chemical Society, Mai 1865, einige Hoffnung zur Bejahung dieser Frage gegeben habe, doch möchten fernere Beobachtungen erst den entscheidenden Beweis liefern. Den von Gladstone angestellten Versuch kann ich hier nicht wiedergeben, da mir bis jetzt wenigstens, leider, die bewusste Abhandlung nicht zugänglich ist. Um nun die Sache womöglich zu entscheiden, berechnete ich in erster Linie, bei einer Anzahl von Salzen,  $\frac{n_1-1}{d_1}$  und hieraus den Procentgehalt. Die hiezu nöthigen Faktoren fand ich in der schon genannten Abhandlung von van der Willigen und ich berechnete daraus  $\frac{n_1-1}{d_1}$  für folgende Salze: 1) Chlorcalcium mit vier Concentrationen; 2) Chlornatrium mit sieben Concentrationen; 3) Chlorammonium mit sechs Concentrationen und schliesslich 4) Chlorzink mit vier Concentrationen. Für Chlorcalcium haben wir:

*Linie A.*

| N       | D       | n       | d         | Proc. | Temp. |
|---------|---------|---------|-----------|-------|-------|
| 1,36910 | 1,14348 | 1,32815 | 0,9968902 | 16,75 | 25,80 |
| 1,39107 | 1,22407 | 1,32841 | 0,9976313 | 24,38 | 22,90 |
| 1,41060 | 1,29697 | 1,32853 | 0,9978584 | 31,79 | 21,50 |
| 1,43722 | 1,39945 | 1,32816 | 0,9968902 | 40,64 | 25,65 |

*Linie D.*

| N       | D       | n       | d         | Proc. | Temp. |
|---------|---------|---------|-----------|-------|-------|
| 1,37392 | 1,14348 | 1,33223 | 0,9968902 | 16,75 | 25,80 |
| 1,39633 | 1,22407 | 1,33249 | 0,9976313 | 24,38 | 22,90 |
| 1,41611 | 1,29697 | 1,33261 | 0,9978584 | 31,79 | 21,50 |
| 1,44313 | 1,39945 | 1,33224 | 0,9968902 | 40,64 | 25,65 |

*Linie H.*

| N       | D       | n       | d         | Proc. | Temp. |
|---------|---------|---------|-----------|-------|-------|
| 1,38699 | 1,14348 | 1,34269 | 0,9968904 | 16,75 | 25,80 |
| 1,41059 | 1,22407 | 1,34295 | 0,9976313 | 24,38 | 22,90 |
| 1,43179 | 1,29697 | 1,34307 | 0,9978584 | 31,79 | 21,50 |
| 1,46035 | 1,39945 | 1,34270 | 0,9968902 | 40,64 | 25,65 |

Ich fand heraus durch Rechnung  $\frac{n_1-1}{d_1}$  wie folgt:

| Linie | Mittel | %      | Diff.   | %      | Diff.   | %      | Diff.   | %      | Diff.   |
|-------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
|       |        | 16,75  |         | 24,38  |         | 31,79  |         | 40,64  |         |
| A     | 0,2894 | 0,2910 | +0,0016 | 0,2894 | 0,0     | 0,2894 | 0,0     | 0,2879 | -0,0015 |
| D     | 0,2942 | 0,2959 | +0,0017 | 0,2943 | +0,0001 | 0,2940 | -0,0002 | 0,2924 | -0,0018 |
| H     | 0,3096 | 0,3120 | +0,0024 | 0,3096 | 0,0     | 0,3096 | 0,0     | 0,3073 | -0,0023 |

Berechnet man hiernach die Procente, so erhalten wir :

|                          | %     | Diff. | %     | Diff. | %     | Diff. | %     | Diff. |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Aus A berechnet          | 16,06 | -0,69 | 24,39 | +0,01 | 31,76 | -0,03 | 42,13 | +1,49 |
| Aus D berechnet          | 16,03 | -0,72 | 24,31 | -0,07 | 31,93 | +0,14 | 42,56 | +1,92 |
| Aus H berechnet          | 15,59 | -1,16 | 24,39 | +0,01 | 31,82 | +0,03 | 43,37 | +2,73 |
| Wirklicher Procentgehalt | 16,75 |       | 24,38 |       | 31,79 |       | 40,64 |       |

## II. Chlornatrium.

### *Linie A.*

| N       | D       | n       | d         | Proc. | Temp. |
|---------|---------|---------|-----------|-------|-------|
| 1,34264 | 1,05794 | 1,32832 | 0,9973941 | 8,65  | 23,90 |
| 1,35520 | 1,11194 | 1,32854 | 0,9978584 | 15,85 | 21,45 |
| 1,35670 | 1,11745 | 1,32803 | 0,9966237 | 16,61 | 27,10 |
| 1,36398 | 1,15019 | 1,32799 | 0,9963477 | 20,73 | 27,55 |
| 1,36561 | 1,15785 | 1,32838 | 0,9976313 | 21,69 | 23,20 |
| 1,36789 | 1,16731 | 1,32794 | 0,9963477 | 22,78 | 28,10 |
| 1,37475 | 1,19845 | 1,32787 | 0,9960624 | 26,58 | 28,90 |

### *Linie D.*

| N       | D       | n       | d         | Proc. | Temp. |
|---------|---------|---------|-----------|-------|-------|
| 1,34702 | 1,05794 | 1,33240 | 0,9973941 | 8,65  | 23,90 |
| 1,35981 | 1,11194 | 1,33262 | 0,9978584 | 15,85 | 21,45 |
| 1,36119 | 1,11745 | 1,33211 | 0,9966237 | 16,61 | 27,10 |
| 1,36873 | 1,15019 | 1,33207 | 0,9963477 | 20,73 | 27,55 |
| 1,37046 | 1,15785 | 1,33246 | 0,9976313 | 21,69 | 23,20 |
| 1,37259 | 1,16731 | 1,33202 | 0,9963477 | 22,78 | 28,10 |
| 1,37963 | 1,19845 | 1,33195 | 0,9960624 | 26,58 | 28,90 |

*Linie H.*

| N       | D       | n       | d         | Proc. | Temp. |
|---------|---------|---------|-----------|-------|-------|
| 1,35850 | 1,05794 | 1,34286 | 0,9973941 | 8,65  | 23,90 |
| 1,37224 | 1,11194 | 1,34308 | 0,9978584 | 15,85 | 21,45 |
| 1,37378 | 1,11745 | 1,34257 | 0,9966237 | 16,61 | 27,10 |
| 1,38180 | 1,15019 | 1,34253 | 0,9963477 | 20,73 | 27,55 |
| 1,38364 | 1,15785 | 1,34292 | 0,9976313 | 21,69 | 23,20 |
| 1,38615 | 1,16731 | 1,34248 | 0,9963477 | 22,78 | 28,10 |
| 1,39365 | 1,19845 | 1,34241 | 0,9960624 | 26,58 | 28,90 |

$\frac{n_1-1}{d_1}$  für Chloratrium ergab sich :

| Linie | Mittel | %      | Dif.    | %      | Dif.    | %      | Dif.    | %      | Dif.    | %      | Dif.    | %      | Dif.    | %      | Dif.    |
|-------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| A     | 0,2678 | 0,2679 | +0,0001 | 0,2674 | -0,0004 | 0,2693 | +0,0019 | 0,2677 | -0,0001 | 0,2674 | -0,0004 | 0,2678 | 0,0     | 0,2672 | -0,0006 |
| D     | 0,2720 | 0,2725 | +0,0005 | 0,2718 | -0,0002 | 0,2730 | +0,0010 | 0,2720 | 0,0     | 0,2720 | 0,0     | 0,2716 | -0,0004 | 0,2712 | -0,0008 |
| H     | 0,2869 | 0,2872 | +0,0003 | 0,2867 | -0,0002 | 0,2881 | +0,0012 | 0,2867 | -0,0002 | 0,2866 | -0,0001 | 0,2870 | +0,0001 | 0,2862 | -0,0007 |

Hieraus berechnen sich die Procente, wie die nächste Tabelle es zeigt :

### Chloratrium.

Berechnete Procente.

|                      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |      |       |
|----------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| Aus A berechnet      | 8,64 | Dif.  | -0,01 | 15,95 | Dif.  | +0,10 | 16,19 | Dif.  | -0,42 | 20,75 | Dif.  | +0,02 | 21,82 | Dif.  | +0,13 | 22,79 | Dif. | +0,01 | 26,83 | Dif. | +0,25 |
| Aus D berechnet      | 8,57 | -0,08 | 15,89 | +0,04 | 16,34 | -0,27 | 20,73 | 0,0   | 21,71 | +0,02 | 22,94 | +0,16 | 26,92 | +0,34 |       |       |      |       |       |      |       |
| Aus H berechnet      | 8,60 | -0,05 | 15,90 | +0,05 | 16,25 | -0,36 | 20,81 | ÷0,08 | 21,81 | +0,12 | 22,75 | -0,03 | 26,90 | +0,32 |       |       |      |       |       |      |       |
| Wirtl. Procentgehalt | 8,65 | 15,85 | 16,61 | 20,73 | 21,69 | 22,78 | 26,58 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |      |       |

### III. Chlorammonium.

#### *Linie A.*

| N       | D       | n       | d         | Proc. | Temp. |
|---------|---------|---------|-----------|-------|-------|
| 1,34669 | 1,02597 | 1,32910 | 0,9991513 | 9,72  | 15,25 |
| 1,35045 | 1,03202 | 1,32802 | 0,9966237 | 11,79 | 27,20 |
| 1,35559 | 1,04004 | 1,32834 | 0,9973941 | 14,51 | 23,65 |
| 1,36468 | 1,05364 | 1,32826 | 0,9971470 | 19,58 | 24,50 |
| 1,36500 | 1,05399 | 1,32817 | 0,9968902 | 19,68 | 25,50 |
| 1,37446 | 1,06757 | 1,32803 | 0,9966237 | 24,83 | 27,05 |

#### *Linie D.*

| N       | D       | n       | d         | Proc. | Temp. |
|---------|---------|---------|-----------|-------|-------|
| 1,35098 | 1,02597 | 1,33318 | 0,9991513 | 9,72  | 15,25 |
| 1,35495 | 1,03202 | 1,33210 | 0,9966237 | 11,79 | 27,20 |
| 1,36015 | 1,04004 | 1,33242 | 0,9973941 | 14,51 | 23,65 |
| 1,36948 | 1,05364 | 1,33234 | 0,9971470 | 19,58 | 24,50 |
| 1,36980 | 1,05399 | 1,33225 | 0,9968902 | 19,68 | 25,50 |
| 1,37947 | 1,06757 | 1,33211 | 0,9966237 | 24,83 | 27,05 |

#### *Linie H.*

| N       | D       | n       | d         | Proc. | Temp. |
|---------|---------|---------|-----------|-------|-------|
| 1,36291 | 1,02597 | 1,34364 | 0,9991513 | 9,72  | 15,25 |
| 1,36715 | 1,03202 | 1,34256 | 0,9966237 | 11,79 | 27,20 |
| 1,37273 | 1,04004 | 1,34488 | 0,9973941 | 14,51 | 23,65 |
| 1,38266 | 1,05364 | 1,34280 | 0,9971470 | 19,58 | 24,50 |
| 1,38300 | 1,05399 | 1,34271 | 0,9968902 | 19,68 | 25,50 |
| 1,39347 | 1,06757 | 1,34257 | 0,9966237 | 24,83 | 27,05 |



$\frac{n_1-1}{d_1}$  für Chlorammonium berechnet :

| Linie  | %      | Diff.  | %       | Diff.  | %       | Diff.  | %       | Diff.  | %       | Diff.  | %       | Diff.  | %       | Diff. |
|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|-------|
| Mittel | 9,72   |        | 11,79   |        | 14,51   |        | 19,58   |        | 19,68   |        | 24,83   |        |         |       |
| A      | 0,4166 | 0,4172 | +0,0006 | 0,4177 | +0,0011 | 0,4167 | +0,0001 | 0,4156 | -0,0010 | 0,4161 | -0,0005 | 0,4164 | -0,0002 |       |
| D      | 0,4228 | 0,4223 | -0,0005 | 0,4241 | +0,0013 | 0,4229 | +0,0001 | 0,4220 | +0,0008 | 0,4226 | -0,0002 | 0,4227 | -0,0001 |       |
| H      | 0,4442 | 0,4447 | +0,0005 | 0,4458 | +0,0016 | 0,4444 | +0,0002 | 0,4428 | -0,0014 | 0,4434 | -0,0008 | 0,4438 | -0,0004 |       |

81

**Chlorammonium.**

Berechnete Procente :

|                     |      | Diff. |       | Diff. |       | Diff. |       | Diff. |       | Diff. |       | Diff. |  | Diff. |
|---------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|-------|
| Aus A berechnet     | 9,79 | +0,07 | 11,94 | +0,15 | 14,53 | +0,02 | 19,35 | -0,23 | 19,57 | -0,11 | 24,76 | -0,07 |  |       |
| Aus D berechnet     | 9,66 | -0,06 | 11,96 | +0,17 | 14,52 | +0,01 | 19,42 | -0,16 | 19,63 | -0,05 | 24,81 | -0,02 |  |       |
| Aus H berechnet     | 9,76 | +0,04 | 11,98 | +0,19 | 14,54 | +0,03 | 19,32 | +0,26 | 19,52 | -0,16 | 24,71 | -0,12 |  |       |
| Wirklicher %-Gehalt | 9,72 |       | 11,79 |       | 14,51 |       | 19,58 |       | 19,68 |       | 24,83 |       |  |       |

IV. Chlorzink.

*Linie A.*

| N       | D       | n       | d         | Proc.. | Temp. |
|---------|---------|---------|-----------|--------|-------|
| 1,37071 | 1,21011 | 1,32840 | 0,9976313 | 23,00  | 23,00 |
| 1,38654 | 1,30021 | 1,32820 | 0,9971470 | 31,05  | 24,60 |
| 1,38755 | 1,30553 | 1,32815 | 0,9968902 | 31,50  | 25,80 |
| 1,39732 | 1,36070 | 1,32807 | 0,9966237 | 38,98  | 26,60 |

*Linie D.*

| N       | D       | n       | d         | Proc. | Temp, |
|---------|---------|---------|-----------|-------|-------|
| 1,37548 | 1,21011 | 1,33248 | 0,9976313 | 23,00 | 23,00 |
| 1,39169 | 1,30021 | 1,33233 | 0,9971470 | 31,05 | 24,60 |
| 1,39273 | 1,30553 | 1,33223 | 0,9968902 | 31,50 | 25,80 |
| 1,40264 | 1,36070 | 1,33215 | 0,9966237 | 38,98 | 26,60 |

*Linie H.*

| N       | D       | n       | d         | Proc. | Temp. |
|---------|---------|---------|-----------|-------|-------|
| 1,38878 | 1,21011 | 1,34294 | 0,9976313 | 23,00 | 23,00 |
| 1,40601 | 1,30021 | 1,34279 | 0,9971470 | 31,05 | 24,60 |
| 1,40716 | 1,30553 | 1,34269 | 0,9968902 | 31,50 | 25,80 |
| 1,41780 | 1,36070 | 1,34261 | 0,9966237 | 38,98 | 26,60 |

$\frac{n_4 - 1}{n_4}$  für Chlorzink berechnet :

| Linie | Mittel | %<br>23,00 | Diff.    | %<br>31,05 | Diff.    | %<br>31,50 | Diff.    | %<br>38,98 | Diff.    |
|-------|--------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|
| A     | 0,2292 | 0,2299     | + 0,0007 | 0,2266     | - 0,0026 | 0,2266     | - 0,0026 | 0,2338     | + 0,0046 |
| D     | 0,2328 | 0,2333     | + 0,0003 | 0,2301     | - 0,0027 | 0,2303     | - 0,0023 | 0,2374     | + 0,0046 |
| H     | 0,2451 | 0,2460     | + 0,0009 | 0,2423     | - 0,0028 | 0,2425     | - 0,0026 | 0,2496     | + 0,0045 |

Die Prozente ergeben sich hieraus, wie folgt :

## Chlorzink.

Berechnete Procente :

|                        |       |                 |       |                 |       |                 |       |                 |
|------------------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|
| Aus A<br>berechnet     | 22,84 | Diff.<br>— 0,16 | 31,87 | Diff.<br>+ 0,82 | 32,33 | Diff.<br>+ 0,83 | 37,19 | Diff.<br>— 1,79 |
| Aus D<br>berechnet     | 22,87 | — 0,13          | 31,87 | + 0,82          | 32,29 | + 0,79          | 37,19 | — 1,79          |
| Aus H<br>berechnet     | 22,78 | — 0,22          | 31,93 | + 0,88          | 32,32 | + 0,82          | 37,22 | — 1,76          |
| Wirklicher<br>%-Gehalt | 23,00 |                 | 31,05 |                 | 31,50 |                 | 38,98 |                 |

Da die von mir berechneten Tabellen ohne weitere Erklärung verständlich sind, so gehe ich zu den weiter angestellten Versuchen über. Um die Anzahl der Tabellen zu vermehren und um, hierauf gestützt, sichere Schlüsse ziehen zu können, habe ich für eine weitere Reihe von Salzlösungen,  $\frac{n_1-1}{d_1}$  bestimmt und daraus die Procente bezeichnet. Die Arbeit zerfiel in vier Theile, nämlich :

- 1) Herstellung und Verdünnung bei gewöhnlicher Temperatur gesättigten Lösungen,
- 2) Bestimmung des Procentgehaltes der Lösungen,
- 3) Bestimmung des specifischen Gewichtes,
- 4) Bestimmung der Brechungsexponenten.

Zuerst wurden die, durch mehrfaches Umkrystallisiren rein gewonnenen Salze mehrere Tage mit Wasser zusammengebracht, um durch öfteres Umrühren und Umschütteln eine möglichste Sättigung der Lösung bei gewöhnlicher Temperatur zu bewirken. Nachdem dies geschehen, wurde ein Theil der Lösung etwa auf die Hälfte verdünnt, indem man zu einer abgewogenen

Menge derselben ungefähr das gleiche Gewicht Wasser zusetzte und dann das Ganze wieder wog; das jetzt entstehende plus gab das Gewicht des zugesetzten Wassers an.

Der Procentgehalt wurde bei den verschiedenen Salzen in verschiedener Weise bestimmt; natürlich führte ich Controlversuche aus und das Mittel aus diesen nahm ich als wahren Procentgehalt an. Bei der Bromnatrium-Lösung bestimmte ich den Gehalt vermittelst Fällung mit Silbernitrot; das Chlorbarium wurde als schwefelsaurer Baryt gefällt und gewogen, das Bleinitrat durch Fällung als Bleisulfat bestimmt und das Silbernitrat als Chlorsilber gefällt. Bei den übrigen Salzlösungen wurde der Gehalt direkt durch Eindampfen zur Trockene und Erwärmen im Luftbad bis zur jeweilig entsprechenden Temperatur bestimmt. Da ich so den Gehalt der concentrirten Lösungen kannte, war es leicht, je nach der Menge des zur ursprünglichen Lösung zugesetzten Wassers auch den der verdünnten Lösungen zu berechnen.

Zur Ermittlung des specifischen Gewichts bediente ich mich bei der Alaunlösung eines 22 cc. Wasser fassenden Picnometers; für die übrigen Lösungen benutzte ich ein Picnometer von 50 cc. Rauminhalt.

Zur Bestimmung der Brechungsexponenten verwandte ich ein nach Angaben von Wild gefertigtes Universalinstrument aus der mechanischen Werkstätte von Herrmann & Pfister in Bern. Die Ablesungen geschahen an einem 9zölligen Kreis, vermittelst vierer Nonien und erlaubten eine Genauigkeit von etwa 2 bis 3 Secunden. Jede Bestimmung wurde auch hier doppelt ausgeführt und das Mittel aus beiden in Rechnung gezogen. Nachdem ich den brechenden Winkel

des Primas durch mehrmalige Versuche genau bestimmt, schritt ich zur Bestimmung der Minimalablenkungen der einzelnen Lösungen nach bekannter Methode. Die so erhaltenen Zahlen werden in die

Formel  $n = \frac{\sin \frac{a + \varphi}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}}$  eingesetzt, in welcher  $n$  Bre-

chungsindex der Flüssigkeit,  $a$  die Minimalablenkung,  $\varphi$  brechende Winkel des Primas bezeichnet. Der brechende Winkel des Primas wurde trotzdem, dass ich das Prisma auf dem Tische des Refractometers unverändert liess und es vermittelt einer mit Caoutchouc-kugel versehenen Pipette mit den zu untersuchenden Flüssigkeiten füllte, von Zeit zu Zeit der Sicherheit halber wieder neu bestimmt. Die Bestimmung der Dichten und Brechungsexponenten erfolgten bei derselben Temperatur und möglichst schnell hintereinander.

Zur Wägung bediente ich mich der Schwingungsmethode. Zuerst bestimmte ich die Einstellung der Waage.

Die Waage schwingt ohne Belastung frei :

|              |             |      |      |        |
|--------------|-------------|------|------|--------|
|              |             |      |      | Mittel |
| Umkehrpunkte | 16,3        | 16,1 | 16,0 | 16,13  |
|              | 8,3         | 8,5  |      | 8,40   |
|              | E, = 12,27. |      |      |        |

|     |             |      |      |        |
|-----|-------------|------|------|--------|
|     |             |      |      | Mittel |
| Uk. | 15,9        | 15,8 | 15,3 | 15,67  |
|     | 8,9         | 9,0  |      | 8,95   |
|     | E, = 12,31. |      |      |        |

Hauptmittel  $\frac{E + E_1}{2} = \frac{12,27 + 12,31}{2} = 12,29$

Einstellung = 12,29.

*Bestimmung der Empfindlichkeit der unbelasteten Waage.*

1 Mgr. Ueberlastung.

|     |           |      | Mittel |      |
|-----|-----------|------|--------|------|
| Uk. | 17,9      | 17,7 | 17,5   | 17,7 |
|     | 8,1       | 8,2  |        | 8,05 |
|     | E = 12,93 |      |        |      |

Differenz der Einstellung =  $12,93 - 12,29 = 0,64$   
Empfindlichkeit = 0,64

2te Bestimmung.

|     |           |      | Mittel |      |
|-----|-----------|------|--------|------|
| Uk. | 15,9      | 15,8 | 15,7   | 15,8 |
|     | 10,1      | 10,1 |        | 10,1 |
|     | E = 12,95 |      |        |      |

Differenz =  $12,95 - 12,29 = 0,66$   
Empfindlichkeit = 0,66

Hauptmittel der Empfindlichkeit  
= 0,65

*Empfindlichkeit der belasteten Waage.*

a) mit 20 Gramms.

|     |           |      | Mittel |       |
|-----|-----------|------|--------|-------|
| Uk. | 15,9      | 15,8 | 15,8   | 15,83 |
|     | 8,1       | 8,2  |        | 8,15  |
|     | E = 11,99 |      |        |       |

1 Mgrm, entfernt (durch Drehen).

|     |           |      | Mittel |       |
|-----|-----------|------|--------|-------|
| Uk. | 16,0      | 16,0 | 15,9   | 15,97 |
|     | 9,7       | 9,8  |        | 9,75  |
|     | E = 12,86 |      |        |       |

Differenz  $12,86 - 11,99 = 0,87$ .

Belastung 70 Gramms.

|     |                   |      |      |        |
|-----|-------------------|------|------|--------|
|     |                   |      |      | Mittel |
| Uk. | 16,0              | 15,9 | 15,7 | 15,87  |
|     | 6,0               | 6,1  |      | 6,05   |
|     | E = 10,96         |      |      |        |
|     | 1 Mgrm. zugefügt: |      |      |        |

|     |           |      |      |        |
|-----|-----------|------|------|--------|
|     |           |      |      | Mittel |
| Uk. | 15,0      | 14,9 | 14,8 | 14,9   |
|     | 8,1       | 8,2  |      | 8,15   |
|     | E = 11,53 |      |      |        |

Differenz = 11,53 - 10,96 = 0,57

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| Empfindlichkeit im Mittel | 0,65  |
|                           | 0,87  |
|                           | 0,57  |
|                           | <hr/> |
|                           | 2,09  |

$$\frac{2,09}{3} = 0,697$$

Empfindlichkeit im Mittel  
= 0,70 Theilstrich für 1 Mgrm.

*Untersuchung der Waage auf Gleicharmigkeit.*

Alle Ablesungen erfolgten durch ein 2 Meter entfernt aufgestelltes Fernrohr.

a) Bestimmung der Einstellung der unbelasteten Waage :

|     |           |      |      |        |
|-----|-----------|------|------|--------|
|     |           |      |      | Mittel |
| Uk. | 15,8      | 15,6 | 15,4 | 15,6   |
|     | 8,0       | 8,1  |      | 8,05   |
|     | E = 11,83 |      |      |        |

*b) Wägung mit Vertauschung der Gewichte.*

|          |                                          |
|----------|------------------------------------------|
| Links.   | Rechts.                                  |
| 50 Grms. | (20 + 10 + 10 + 5 + 2 + 1 + 1 + 1 Grms.) |

|       |                                   |      |      | Mittel |
|-------|-----------------------------------|------|------|--------|
| Umkp. | 16,1                              | 16,0 | 15,9 | 16,0   |
|       | 5,9                               | 6,1  |      | 6,0    |
|       | Einstellung 11,00.                |      |      |        |
|       | Differenz der Einstellungen 11,83 |      |      |        |
|       | <u>11,00</u>                      |      |      |        |
|       | 0,83                              |      |      |        |

Die Empfindlichkeit der Waage war 0,70 Theilstrich für 1 Mgrm., daher :

$\frac{0,83}{0,70} = 0,00118$  Grms = Gewicht, welches auf der rechten Seite hinzugefügt wäre, um die Waage zum Einstellen zu veranlassen.

|       | Links.                                 | Rechts.  |
|-------|----------------------------------------|----------|
|       | 20 + 10 + 10 + 5 + 2 + 1 + 1 + 1 Grms. | 50 Grms. |
|       |                                        | Mittel   |
| Umkp. | 16,1 16,0 15,8                         | 15,97    |
|       | 6,5 6,7                                | 6,60     |
|       | Einstellung 11,29                      |          |
|       | Differenz der Einstellungen 11,83      |          |
|       | <u>11,29</u>                           |          |
|       | 0,54                                   |          |

daher  $\frac{0,54}{0,70} = 0,00077$  Grms = Gewicht, welches auf der rechten Seite hinzugefügt werden muss, um die Waage zum Einstellen zu veranlassen.

Wir haben also für Einstellung der Waage

$$\begin{aligned}
 &\text{links} && \text{rechts} \\
 50 = P &= (20 + 10 + 10 + 5 + 2 + 1 + 1 + 1) + \\
 &0,00118 = p + u, (20 + 10 + 10 + 5 + 2 \\
 &+ 1 + 1 + 1) - 0,00077 = p + u_1 = \\
 &50 = P.
 \end{aligned}$$



Bezeichnen wir mit:

$L_r$  = Länge des Waagebalkens rechts

$L_l$  = Länge des Waagebalkens links,

so ist

$$L_l \cdot P = L_r (p + u_r)$$

$$L_l (p + u_l) = L_r \cdot P.$$

hieraus

$$\frac{L_r (p + u_r)}{L_l} = \frac{L_l (p + u_l)}{L_r}$$

$$\frac{L_r}{L_l} = \sqrt{\frac{p + u_l}{p + u_r}}$$

für diesen Ausdruck, kann mit genügender Annäherung (Kohlrausch, prakt. Phys. XX) gesetzt werden

$$\frac{L_r}{L_l} = \sqrt{1 + \frac{u_l - u_r}{p}} = 1 + \frac{1}{2} \frac{u_l - u_r}{p}$$

$$\frac{L_r}{L_l} = 1 + \frac{1}{2} \frac{-0,00077 - 0,00118}{50} = 1 - 0,0000195$$

$$\frac{L_r}{L_l} = 0,9999805; \quad L_r = L_l \cdot 0,9999805$$

d. h. 10 Grms. Belastung auf der rechten Seite würden 9,999805 Grms. auf der linken Seite das Gleichgewicht halten.

Die Wägungen wurden mit Hülfe eines verificirten Gewichtssatzes des physikal. Cabinetes der Universität ausgeführt.

Da ich bei meiner Untersuchung nur mit verhältnissmässig kleinen Mengen operirt habe, so kann, wie leicht einzusehen ist, der sehr geringe Fehler der Waage unmöglich von irgend welchem Einfluss auf die erhaltenen Resultate sein, um so mehr, da bei der Dichtigkeitsbestimmung das Gewicht des Picnometers + Lösung von dem des Picnometers + Wasser, selbst

bei den concentrirtesten Lösungen, nur um einige Gramme differirte, so dass der Fehler verschwindend klein werden musste. Dies ist der Grund, warum ich es bei dieser Arbeit nicht für angemessen hielt, nach der Borda'schen Methode zu wägen. Nachdem ich nun auf die Apparate und Methoden, mit welchen die Arbeit zur Ausführung gelangte, näher eingetreten bin, kann ich gleich zu den so erhaltenen Resultaten übergehen. Ich untersuchte je zwei Concentrationen von folgenden Salzlösungen:

- 1) Bromnatriumlösung von 23,61 und 12,04 Proc.;
- 2) Glaubersalzlösung von 14,10 und 7,19 Proc.;
- 3) Natriumnitratlösung von 42,9 und 21,23 Proc.;
- 4) Boraxlösung von 2,65 und 1,34 Proc.;
- 5) Bittersalzlösung von 21,13 und 10,79 Proc.;
- 6) Chlorbariumlösung von 21,01 und 11,13 Proc.;
- 7) Alaunlösung von 6,29 und 3,15 Proc.;
- 8) Chromsaure Kalilösung von 8,44 und 8,26 Proc.;
- 9) Bleinitratlösung von 31,65 und 14,27 Proc.;
- 10) Silbernitratlösung von 57,87, von 29,01 und 15,82 Procent.

Ich will hier noch bemerken, dass für Alaun der Brechungsexponent vermittelst eines Alaunprismas, dessen Flächen jedoch nicht vollkommen eben geschliffen waren, so dass Beugungsstreifen entstanden, welche ein genaueres Einstellen sehr erschwerten, bestimmt wurde.

Für I. Bromnatrium haben wir:

*Lösung (a)*

Gehalt bestimmt durch Fällung mit Silbernitrat, getrocknet bei  $110^{\circ}$  C. = 23,61 %.

Dichte bei  $24,8^{\circ}$  C. = 1,2100

Minimalablenkung = 26° 26' 25"

Brechender Winkel des Prisma = 60° 4' 0"

Brechungsexponent = 1,36908

Dichte des Wassers bei 24,8 = 0,9971470

Brechungsexponent bei 24,8 = 1,33255

Hieraus ergibt sich nach der Formel

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = \frac{\frac{N - 1}{D} P - \frac{n - 1}{d} p}{P_1} =$$

$$= \frac{\frac{1,36908 - 1}{1,2100} (100) - \frac{1,33255 - 1}{0,9971470} (76,39)}{23,61}$$

$$= 0,2128$$

*Lösung (b).*

Gehalt in früher angegebener Weise durch Verdünnung  
der ursprünglichen Lösung bestimmt = 12,04 ‰

Dichte bei 24,0° C. = 1,0982

Minimalablenkung = 24° 55' 0"

Brechender Winkel des Prisma = 60° 4' 5"

Brechungsexponent = 1,3496

Dichte des Wassers bei 24° C. = 0,9973941

Brechungsexponent bei 24° C. = 1,33264

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = \frac{\frac{1,3496 - 1}{1,0982} (100) - \frac{1,33264 - 1}{0,9973941} (87,96)}{12,04}$$

$$= 0,2075.$$

Mittel aus beiden erhaltenen Brechungsvermögen  
= 0,2101.

In die Formel

$$p = \frac{\left( \frac{N - 1}{D} - \frac{n - 1}{d} \right) 100}{\frac{n - 1}{d} - \frac{n - 1}{d}}$$

eingesetzt, erhalten wir:

|                    |         |                    |
|--------------------|---------|--------------------|
| Brechende Procente |         | Wahrer Gehalt      |
| Lösung (a)         | 23,08 % | 23,61 %            |
|                    |         | Differenz = - 0,53 |
| Lösung (b)         | 12,29 % | 12,04 %            |
|                    |         | Differenz = + 0,25 |

Bezeichnen wir wie früher mit N Brechungsindex der Lösung, mit D Dichte derselben, mit n Brechungsindex des Wassers und mit d Dichte desselben, so haben wir für

## II. Glaubersalz.

|            | N       | D      | n       | d         | Proc. | Temp. |
|------------|---------|--------|---------|-----------|-------|-------|
| Lösung (a) | 1,35396 | 1,1394 | 1,33273 | 0,9976313 | 14,10 | 23,0° |
| Lösung (b) | 1,34373 | 1,0687 | 1,33273 | 0,9976313 | 7,19  | 23,2° |

### Lösung (a).

Der Gehalt wurde direct durch Abdampfen einer abgewogenen Menge von Lösung zur Trockene und Erhitzen im Luftbad bei 150° C. bis zu constantem Gewicht erhalten.

$$\text{Minimalablenkung} = 25^{\circ} 15' 25''$$

$$\text{Brechender Winkel des Prisma} = 60^{\circ} 4' 5''$$

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,1713$$

### Lösung (b).

Gehalt aus der Verdünnung der ursprünglichen Lösung ermittelt.

$$\text{Minimalablenkung} = 24^{\circ} 27' 40''$$

$$\text{Brechender Winkel des Prisma} = 60^{\circ} 4' 5''$$

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,1682$$

$$\begin{aligned} \text{Mittel der Brechungsvermögen} \\ = 0,1698 \end{aligned}$$

|                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| <b>Berechneter Gehalt</b> | <b>Wahrer Gehalt</b> |
| Lösung (a) 13,96 %        | 14,10 %              |
| Differenz = — 0,13        |                      |
| Lösung (b) 7,26 %         | 7,19 %               |
| Differenz = + 0,07        |                      |

### III. Natrumnitrat.

|            | N       | D      | n       | d         | Proc. | Temp. |
|------------|---------|--------|---------|-----------|-------|-------|
| Lösung (a) | 1,38339 | 1,3442 | 1,33255 | 0,9971470 | 42,90 | 25,0° |
| Lösung (b) | 1,35653 | 1,1519 | 1,33255 | 0,9971470 | 21,23 | 25,0° |

#### Lösung (a).

Der Gehalt ist hier ebenfalls durch Eindampfen und Trocknen im Luftbad etc. direct bestimmt.

$$\text{Minimalablenkung} = 27^\circ 34' 25''$$

$$\text{Brechender Winkel d. Pris.} = 60^\circ 4' 5''$$

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,2210$$

#### Lösung (b).

Der Gehalt ist aus der Verdauung der concentrirten Lösung berechnet.

$$\text{Minimalablenkung} = 25^\circ 27' 25''$$

$$\text{Brechender Winkel d. Pris.} = 60^\circ 4' 5''$$

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,2205$$

$$\text{Mittel} = 0,2208$$

|                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| <b>Berechneter Gehalt.</b> | <b>Wahrer Gehalt.</b> |
| Lösung (a) 42,84 %         | 42,90 %               |
| Differenz = — 0,06.        |                       |
| Lösung (b) 21,28 %         | 21,23 %               |
| Differenz = + 0,05.        |                       |

**IV. Borax.**

|            | N      | D      | n       | d        | Proc. | Temp. |
|------------|--------|--------|---------|----------|-------|-------|
| Lösung (a) | 1,3373 | 1,0247 | 1,33264 | 0,997344 | 2,65  | 24,0° |
| Lösung (b) | 1,3347 | 1,0105 | 1,33264 | 0,997344 | 1,34  | 2,40° |

*Lösung (a).*

Der Gehalt wurde durch Eindampf und Erhitzen bis sämtliches Krystallwasser entlassen, bestimmt

Minimalablenkung = 23° 57, 55"

Brechender Winkel d. Pris. = 60° 4' 5"

$$\frac{n_1-1}{d_1} = 0,1697$$

*Lösung (b).*

Die ursprüngliche Lösung wurde auf etwa die Hälfte verdünnt und der Gehalt so berechnet.

Minimalablenkung = 23° 45' 45"

Brechender Winkel d. Pris. = 60° 4' 5"

$$\frac{n_1-1}{d_1} = 0,1628$$

Mittel aus den Brechungsvermögen  
= 0,1663

| Berechneter Gehalt | Wahrer Gehalt |
|--------------------|---------------|
| Lösung (a) 2,60    | 2,65          |
| Differenz = — 0,05 |               |
| Lösung (b) 1,31    | 1,34          |
| Differenz = — 0,03 |               |

**V. Bittersalz.**

|            | N       | D      | n       | d         | Proc. | Temp. |
|------------|---------|--------|---------|-----------|-------|-------|
| Lösung (a) | 1,37000 | 1,2009 | 1,33273 | 0,9976313 | 21,13 | 23,0° |
| Lösung (b) | 1,35102 | 1,0973 | 1,33264 | 0,9973941 | 10,79 | 24,0° |

*Lösung (a).*

Der Gehalt ist direct durch Eindampfen und Erhitzen auf 150° ermittelt; das so erhaltene Bittersalz enthält also noch ein Mol. Wasser.

$$\begin{aligned} \text{Minimalablenkung} &= 26^\circ 30' 50'' \\ \text{Brechender Winkel des Prisma} &= 60^\circ 4' 5'' \end{aligned}$$

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = \underline{0,2132}$$

*Lösung (b).*

Der Gehalt ist aus der Verdünnung berechnet.

$$\begin{aligned} \text{Minimalablenkung} &= 25^\circ 1' 40'' \\ \text{Brechender Winkel des Prisma} &= 60^\circ 4' 5'' \end{aligned}$$

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = \underline{0,2073}$$

$$\text{Mittel} = \underline{0,2102}$$

| Berechneter Gehalt  | Wahrer Gehalt |
|---------------------|---------------|
| Lösung (a) 20,61 %  | 21,13 %       |
| Differenz = — 0,52. |               |
| Lösung (b) 11,04 %  | 10,79 %       |
| Differenz = + 0,25  |               |

**VI. Chlorbarium.**

|            | N       | D      | n       | d         | Proc. | Temp. |
|------------|---------|--------|---------|-----------|-------|-------|
| Lösung (a) | 1,36772 | 1,2101 | 1,33273 | 0,9976313 | 21,01 | 23,0° |
| Lösung (b) | 1,34970 | 1,1061 | 1,33264 | 0,9973941 | 11,13 | 24,0° |

*Lösung (a).*

Der Gehalt wurde durch Fällung mit Schwefelsäure bestimmt.

$$\begin{aligned} \text{Minimalablenkung} &= 26^\circ 20' 5'' \\ \text{Brechender Winkel des Prisma} &= 60^\circ 4' 5'' \end{aligned}$$

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,1817$$

*Lösung (b).*

Der Gehalt wurde aus der Verdünnung der Lösung (a) berechnet.

$$\text{Minimalablenkung} = 24^\circ 55' 30''$$

$$\text{Brechender Winkel des Prisma} = 60^\circ 4' 5''$$

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,1776$$

$$\text{Mittel} = 0,1797$$

| Berechneter Gehalt | Wahrer Gehalt |
|--------------------|---------------|
| Lösung (a) 20,73 % | 21,01 %       |
| Differenz = — 0,28 |               |
| Lösung (b) 11,28 % | 11,13 %       |
| Differenz = + 0,15 |               |

### VII. Alaun (Kali-Alaun).

|            | N      | D      | n       | d         | Proc. | Temp. |
|------------|--------|--------|---------|-----------|-------|-------|
| Lösung (a) | 1,3430 | 1,0547 | 1,33264 | 0,9973441 | 6,29  | 24,3° |
| Lösung (b) | 1,3377 | 1,0279 | 1,33264 | 0,9973441 | 3,15  | 24,0° |

*Lösung (a).*

Der Alaun wurde als wasserfreier Alaun (alumen ustum) gewogen.

$$\text{Minimalablenkung} = 24^\circ 24' 0''$$

$$\text{Brechender Winkel des Prisma} = 60^\circ 3' 40''$$

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,2021$$

*Lösung (b).*

Die ursprüngliche Lösung wurde etwa auf die Hälfte verdünnt und hieraus der Gehalt berechnet.

$$\text{Minimalablenkung} = 23^\circ 59' 30''$$



Brechender Winkel des Prisma = 60° 4' 0''

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,1756$$

Mittel = 0,1889

| Berechneter Gehalt | Wahrer Gehalt |
|--------------------|---------------|
| Lösung (a) 5,74 %  | 6,29 %        |
| Differenz = — 0,55 |               |
| Lösung (b) 3,44 %  | 3,15 %        |
| Differenz = + 0,29 |               |

Ich will hier gleich die für das Alaunprisma erhaltenen Zahlen folgen lassen.

Brechender Winkel des Alaunprismas = 60° 15' 10''  
 Minimalablenkung = 33° 39' 30''

Hieraus ergibt sich der Brechungsexponent  
 $n = 1,4561$

Das spezifische Gewicht des Alauns wurde in Benzin bestimmt und auf Wasser zurückgerechnet; es ergab sich zu 1,7517

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,2604$$

Das Mittel der spezifischen Brechungsvermögen für wasserhaltigen krystallisirten Alaun aus den Lösungen bestimmt, ist 0,2549.

Setzen wir hierfür in die bekannte Gleichung das direkt für das Alaunprisma bestimmte Brechungsvermögen 0,2604 ein, so erhalten wir:

| Wahrer Gehalt      | Berechneter Gehalt |
|--------------------|--------------------|
| Lösung (a) 11,46 % | 11,35 %            |
| Differenz = — 0,11 |                    |
| Lösung (b) 5,74 %  | 6,80 %             |
| Differenz = + 1,06 |                    |

### VIII. Kaliumbichromat.

|            | N      | D      | n       | d        | Proc. | Temp. |
|------------|--------|--------|---------|----------|-------|-------|
| Lösung (a) | 1,3482 | 1,0601 | 1,33264 | 0,997344 | 8,44  | 24,0° |
| Lösung (b) | 1,3474 | 1,0581 | 1,33264 | 0,997344 | 8,26  | 24,0° |

#### Lösung (a).

Der Gehalt wurde durch Eindampfen einer abgewogenen Menge der Lösung bestimmt.

Minimalablenkung 24° 48' 0"

Brechender Winkel 69° 4' 0"

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,2737$$

#### Lösung (b).

Gehalt ebenfalls direkt durch Abdampfen bestimmt.

Minimalablenkung 24° 44' 45"

Brechender Winkel 60° 4' 5"

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,2707$$

$$\text{Mittel} = 0,2722$$

Wahrer Gehalt

Berechneter Gehalt

Lösung (a) 8,44 %

8,24 %

Differenz — 0,20

Lösung (b) 8,26 %

8,46 %

Differenz + 0,20

### IX. Bleinitrat.

|            | N      | D      | n       | d         | Proc. | Temp. |
|------------|--------|--------|---------|-----------|-------|-------|
| Lösung (a) | 1,3808 | 1,3695 | 1,33264 | 0,9973441 | 31,65 | 24,0° |
| Lösung (b) | 1,3511 | 1,1400 | 1,33255 | 0,9971470 | 14,27 | 25,2° |

#### Lösung (a).

Das Blei wurde als Bleisulfat gefällt und gewogen.

Minimalablenkung 27° 22' 10"

Brechender Winkel 60° 4' 5"

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,1584$$

*Lösung (b).*

Die ursprüngliche Lösung wurde auf ungefähr die Hälfte verdünnt und so der Gehalt berechnet.

Minimalablenkung 25° 2' 0"

Brechender Winkel 60° 4' 5"

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,1547$$

Mittel = 0,1565

Wahrer Gehalt Berechneter Gehalt

Lösung (a) 31,65 % 31,34 %

Differenz — 0,31 %

Lösung (b) 14,27 % 14,42 %

Differenz + 0,15 %

### X. Silbernitrat.

|          | N       | D      | n       | d         | Proc. | Temp. |
|----------|---------|--------|---------|-----------|-------|-------|
| Lösung a | 1,43650 | 1,8652 | 1,33264 | 0,997344  | 57,87 | 24,0° |
| Lösung b | 1,37044 | 1,3106 | 1,33273 | 0,9976313 | 29,01 | 23,0° |
| Lösung c | 1,35093 | 1,1497 | 1,33264 | 0,997344  | 15,82 | 24,0° |

*Lösung (a).*

Das Silber wurde als Chlorsilber gefällt und gewogen.

Minimalablenkung 31° 52' 25"

Brechender Winkel 60° 4' 5"

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,1616$$

*Lösung (b).*

Gehalt aus der Verdünnung der Lösung a berechnet.

Minimalablenkung  $26^{\circ} 32' 55''$

Brechender Winkel  $60^{\circ} 4' 5''$

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,1582$$

*Lösung (c).*

Der Gehalt ist aus der Verdünnung der ursprünglichen Lösung berechnet.

Minimalablenkung  $25^{\circ} 1' 15''$

Brechender Winkel  $60^{\circ} 4' 5''$

$$\frac{n_1 - 1}{d_1} = 0,1548$$

$$\text{Mittel} = 0,1582$$

| Wahrer Gehalt         | Berechneter Gehalt |
|-----------------------|--------------------|
| Lösung (a) 57,87 %    | 56,75 %            |
| Differenz = - 1,12 %  |                    |
| Lösung (b) 29,01 %    | 29,01 %            |
| Differenz 0,0         |                    |
| Lösung (c) 15,82 %    | 16,13 %            |
| Differenz = + 0,31 %. |                    |

Auf diese von mir ausgeführten Analysen fassend, glaube ich die im Anfang der Abhandlung gestellte Frage, ob die Landolt'sche Methode auch auf Lösungen fester Körper ausgedehnt werden könne, bejahen zu sollen. Liefert sie auch nicht die gleiche Genauigkeit, wie bei Flüssigkeitsgemischen, so ist das Resultat immerhin noch bis auf 1 Procent (im ungünstigsten Falle 1,5 Procent) genau, was in den meisten Fällen ausreichen wird; die Entscheidung der Frage ist jeden-

falls auch theoretisch nicht ohne Interesse. Hiermit glaube ich meine Untersuchung schliessen zu können.

Das Reinigen und Umkrystallisiren der Salze wurde im Universitätslaboratorium, die übrigen Arbeiten wurden im physikalischen Cabinet der Universität ausgeführt und es ist mir hier eine angenehme Pflicht, den Vorständen beider Anstalten für ihre bereitwillige Unterstützung bei dieser Untersuchung meinen besten Dank auszusprechen.



**A. Lutz.**

## Untersuchungen über die Cladoceren der Umgebung von Bern.

Vorgetragen in der allgemeinen Sitzung, den 2. März 1878.

Veranlasst durch eine von der Universität Bern ausgeschriebene Preisfrage, unternahm ich es, die Cladocerenfauna Berns näher zu studiren. Die Resultate, die sich im Laufe eines Frühlings und Sommers gewinnen liessen, werde ich auf diesen Blättern kurz darzulegen versuchen.

Die Cladoceren sind bekanntlich Süsswasserbewohner. Am häufigsten und in der grössten Artenzahl finden sie sich in beständigen stehenden und langsam fliessenden Gewässern, in Seen, Teichen, Torfmooren und schlammigen, pflanzenreichen Wassergräben; nur ausnahmsweise in schnellfliessenden Flüssen, in Bächen, Quellen, selbst Brunneutrögen. Sie bevorzugen soge-