1869. ANNALEN №. 6.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CXXXVII.

I. *Ueber die Cohäsion des Steinsalzes in krystallographisch verschiedenen Richtungen; von Dr. L. Sohncke in Königsberg.*

§. 1. *Einleitung.* Eine genauere Einsicht in das Wesen derjenigen Kräfte zu erlangen, welche die Krystallformen bedingen, kann man, wie mir scheint, nur dann hoffen, wenn man das Verhalten der Krystalle gegen äufsere mechanische Einwirkungen *messend* verfolgt. Bisher hat man dies noch wenig gethan. Man hat sich begnügt anzugeben, dafs ein Krystall nach gewissen Ebenen spaltbar sei, und etwa nach der einen leichter als nach der anderen; aber zu ermitteln, *wie viel* vollkommener die Spaltbarkeit nach der einen als nach der anderen Ebene sei, ist nirgends versucht. Etwas angebauter ist das Feld der Härteuntersuchungen; doch kann man nicht sagen, dafs sich dieselben bisher besonders fruchtbar bewiesen hätten. — Es ist mir daher nicht überflüssig erschienen, die Cohäsion der Krystalle auf eine andere Art zu untersuchen, welche die Erlangung sicherer Zahlenangaben in Aussicht stellte: nämlich durch Zerreifsung von Säulen, welche in verschiedenen Richtungen aus demselben Krystall geschnitten waren. Zunächst habe ich mich auf das am leichtesten zu beschaffende und zu bearbeitende regulär krystallisirende Mineral: auf Steinsalz beschränkt. Man findet also im Folgenden zunächst »*die Untersuchung der Zugfestigkeit des Steinsalzes in krystallographisch verschiedenen Richtungen*«.

§. 2. *Zugfestigkeit einiger verwandten Substanzen.* Die meisten bisherigen Versuche über Zugfestigkeit erstrecken sich auf Metalldrähte oder -stäbe und auf Hölzer, und nur vereinzelt auf krystallinisch-körnige und schiefrige Substanzen und auf Gläser. In Gebler's physikalischem Wörterbuch (Artikel Cohäsion) findet man als Zerreifsungsgewichte (auf 1 rhein. Quadratzoll und alte Berliner Pfunde bezogen) nach Tredgold folgende Zahlen:

Schiefer von Westmoreland 8098, weifser Marmor 1863, Mauerziegel 283, und einige andere. Durch Reduction dieser Zahlen auf die im Folgenden angewandten Einheiten findet man:

Ein Stab von 1 Quadratmillimeter Querschnitt von	reifst bei Belastung mit
Schiefer von Westmoreland	309,9 preufs. Loth
weifsem Marmor	71,3 » »
Mauerziegel	10,8 » »

Nach Versuchen von Chevandrier und Wertheim (Pogg. Annal. Ergbd. II S. 117) liegen die Zerreifsungsgewichte verschiedener Glassorten zwischen 0,665 und 1,768 Kilogramm auf dem Quadratmillimeter, d. h. zwischen

39,90 und 105,78 Loth auf dem Quadratmillimeter.

Diese Zahlen zur Vergleichung mit den folgenden Angaben über das Steinsalz! Von Stoffen, die dem Steinsalz näher stehen, ist die Zugfestigkeit nicht bekannt.

Abschnitt I.

§. 3. *Zurichtung der Steinsalzsäulen.* Das Material meiner Versuche bestand in grofsen klaren Steinsalzwürfeln aus Stafsfurt. Aus ihnen wurden möglichst quadratische Säulen von etwa 2 Centimeter Länge und ungefähr 4 Millimeter Breite und Dicke in verschiedenen Richtungen herausgeschnitten. Laubsäge und Schlichtfeile, sowie ein Anlegegoniometer reichten als Werkzeuge völlig aus. Die Untersuchung erstreckte sich nur auf 4 verschiedene Richtungen; entweder machte ich die Säulenaxe senkrecht zu einer Würfelfläche oder zu einer Granatoëderfläche ($a : a : \infty a$) oder zu einer Oktaëderfläche, oder zu einer Fläche des gewöhnlichen Pyramidenwürfels ($\frac{1}{2} a : a : \infty a$).

Die Säulen mußsten nun an jedem Ende mit einer Fassung versehen werden, um sie einerseits aufzuhängen, andrerseits die Schale mit den Gewichten anzubringen, wodurch die Zerreifsung herbeigeführt werden sollte. Als zweckmäfsig stellte sich folgende Einrichtung der Fassungen heraus. Jede ist eine etwa 12 Mm. lange und 4 Mm. breite und dicke, quadratische, beiderseits offene Röhre von nicht zu dickem Messingblech, an deren einem Ende ein starker Messingbügel zwei gegenüberstehende Seiten verbindet, um als Oese zu dienen. Vom anderen Ende aus sind die Kanten der Röhre etwa bis zur Hälfte ihrer Länge oder noch weiter aufgeschnitten, so dafs die Röhre *hier* aus 4 gegenüberstehenden zusammenhangslosen Blechblättern besteht. (Fig. 8 Taf. IV). In diese Fassungen wurde die Krystallsäule eingekittet, jedoch so, dafs nur ein möglichst kurzes Stück des Krystalls sich in der Fassung befand. Als Kitt diente Wasserglas und feines Gypsmehl; und zwar wurden die durch Hineinhauchen angefeuchteten Innenwände der Fassung mit Gypsmehl bedeckt und dann das in Wasserglas getauchte Ende der Säule hineingesteckt. Jetzt wurde das untere Ende der Fassung mit starkem Zwirn fest umwunden, so dafs die losen Wände gegen die Säulenwände geprefst wurden. Diese Befestigungsart bewährte sich stets als haltbar, wenn man nur etwa 12 Stunden bis zur Zerreifsung vergehen liefs, damit der Kitt ordentlich trocknete. Der Kitt allein in unaufgeschlitzter Fassung, oder die aufgeschlitzte Fassung ohne Anwendung von Kitt zusammengeschnürt, erwiesen sich als nicht festhaltend.

§. 4. Die Vermehrung der Belastung bis zum Zerreifsen geschah dadurch, dafs Schrotkörner in zusammenhängendem aber schwachem Strahl aus möglichst geringer Höhe in die angehängte Schale gegossen wurden. Weil aber die alleinige Anwendung von Schrot eine zu grofse Schale und zu viel Schrot erfordert hätte, benutzte ich zwei durch Ketten verbundene übereinander befindliche Schalen, setzte in die untere von vornherein ein Gewicht, das jedoch noch erheblich kleiner als das Zerreifsungsgewicht war, und schüttete nun Schrot in die obere Schale. — Um die durch das Zuschütten des Schrots bewirkten kleinen Stöfse zu vermeiden, wandte ich auch noch eine andere Methode an, indem ich einen Träger unter die Schale setzte, letztere belastete, den Träger durch Zurückschrauben entfernte; falls noch keine Zerreifsung eintrat, den Träger wieder hinzufügte, die Belastung etwas vermehrte u. s. f. Dieses Verfahren ist aber viel mühsamer, ohne doch irgend besser übereinstimmende Zahlenreihen zu liefern, oder sich sonst als genauer zu erweisen. Daher habe ich es viel seltener angewandt und beschreibe es hier nicht genauer. — Um zu verhindern, dafs nach dem Zerreifsen die herabfallende Krystallhälfte zerstofsen wurde, schlängte ich einen starken Bindfaden locker durch die Oesen beider Fassungen; nach dem Zerreifsen spannte sich dieser straff an und hielt die untere Fassung mit der unteren Krystallhälfte und mit der Schale. — Um ferner nach dem Zerreifsen genau zu erkennen, wie die beiden Hälften an einander gehörten, wurde jedes Mal vorher eine ganze Säulenseite mit Bleistift geschwärzt.

§. 5. *Verbesserte Gestalt der Säulen.* Wurden die Zerreifsungsversuche auf diese Art mit den gleichmäfsig dicken Säulen angestellt, so zeigten die Zerreifsungsgewichte gleichartig geschnittener Säulen von gleichem Querschnitt die allergröfsten Unregelmäfsigkeiten, und zwar besonders bei denjenigen Säulen, deren Axe der Granatoëderflächennormale oder der Oktaëderflächennormale parallel war. Da sich aber herausstellte, dafs das Zerreifsen stets unmittelbar an oder sogar in der Fassung erfolgte, so lag es nahe, den Grund der Unregelmäfsigkeiten in dem seitlichen Druck zu suchen, der durch das Festschnüren hervorgebracht wurde. Um also das Zerreifsen fern von den Fassungen zu bewirken, feilte ich fortan die Krystallsäulen in der mittleren Partie dünner, so dafs sie an jedem Ende mit einem plötzlichen Absatz in eine Verdickung übergingen. (Fig. 9 Taf. IV). Einige Male, als die mittlere Partie im Vergleich zu den

Endverdickungen noch nicht dünn genug gefeilt war, erfolgte die Zerreifsung doch noch in der Fassung bei dem dickeren Querschnitt; und da Fehler im Krystall nicht beobachtet waren, diente dies zum besten Beweise für das Vorhandensein eines störenden Einflusses der Fassung. Bei Säulen parallel der Würfelflächennormale genügte es, die Enden 1 Mm. dicker zu lassen als die mittlere Partie; bei den übrigen Säulen machte ich sie etwa 2 Mm. dicker.

§. 6. *Querschnittsmessung.* Da es nicht möglich ist, den verschiedenen Säulen ganz gleichen Querschnitt zu geben, mufs man die Zerreifsungsgewichte durch Rechnung auf denselben Querschnitt reduciren, um sie miteinander vergleichen zu können. Dazu wird die allgemein als evident angesehene Voraussetzung gemacht, dafs das Zerreifsungsgewicht dem Querschnitt proportional ist. Reifst also eine Säule vom Querschnitt Q bei der Belastung L, so schliefst man, dafs eine Säule vom Querschnitt 1 bei der Last $\frac{L}{Q}$ reifst. Die Messung des Querschnitts ist also vom gröfsten Einflufs auf die Genauigkeit der schliefslichen Zahlenangaben. Aber die genaue Querschnittsmessung ist höchst schwierig. Ich bediente mich dazu eines vorzüglich gearbeiteten sogenannten Schusterlineals mit Millimetertheilung und Nonius, das mir Herr Geheimrath Neumann gütigst zur Verfügung stellte. Dem Querschnitte wurde beim Schleifen eine möglichst rechteckige Gestalt gegeben; es liefs sich aber fast nie vermeiden, dafs die Flächen nach aufsen ein wenig gewölbt waren, wodurch der Querschnitt ein krummlinig begrenztes Viereck mit nahe rechten Winkeln wurde. (Fig. 10 Taf. IV). Brachte man nun diese Säulen zwischen die Zinken des Schusterlineals, so ergab sich der Abstand derselben zu grofs; mafs man aber den Abstand zweier benachbarten Säulenkanten, so war dieser kleiner als der mittlere Abstand der Gegenseiten des Querschnitts. Durch Benutzung beider Messungen kam man der Wahrheit näher; doch war es einfacher, statt dessen die Säule so zwischen die Zinkenspitzen zu legen, dafs man den Abstand zweier Punkte ab der Gegenseiten des Querschnitts mafs (Fig. 10 Taf. IV), die ungefähr um $\frac{1}{4}$ der ganzen Seiten von den Ecken abstanden. — Bei denjenigen Säulen, wo die Zerreifsung wirklich nach dem Querschnitt erfolgte, verfuhr ich nun so: Ich mafs die Distanz ab an der einen Hälfte des Krystalls, desgleichen an der anderen, und nahm das Mittel beider $= m_1$. Ebenso mafs ich $\alpha\beta$ (Fig. 10 Taf. IV) an beiden Hälften und nahm das Mittel beider $= m_2$. Das Mittel dieser beiden Zahlen, also $\frac{m_1 + m_2}{2}$, nahm ich als mittleren Abstand dieser zwei Gegenseiten des Querschnitts. Wenn auf dieselbe Art der mittlere Abstand der anderen beiden Gegenseiten gefunden war, ergab sich der Flächeninhalt des Querschnitts durch Multiplication beider Abstände, indem ich den Querschnitt als Rechteck aus diesen beiden Seiten ansah. — Bei denjenigen Säulen, wo die Zerreifsung nicht nach dem Querschnitt erfolgte, dachte ich mir an jeder Hälfte an einer Stelle, die der Zerreifsungsstelle möglichst nahe lag, und die doch noch einem unverletzten Querschnitt angehörte, diesen Querschnitt wirklich construirt und mafs die Seiten dieser zwei Querschnitte, nahm aus je 2 entsprechenden Seiten des einen und des anderen Querschnitts das Mittel und verfuhr weiter wie vorher.

§. 7. *Zugfestigkeit von Steinsalzsäulen, deren Axe parallel einer Würfelflächennormale ist.* Die folgende Tabelle enthält in der ersten Colonne die Nummer des Versuchs, in der zweiten das absolute Gewicht L, durch welches die Zerreifsung herbeigeführt wurde (natürlich incl. des Gewichts der angehängten Schale), ausgedrückt in preufsischen Lothen, von denen 30 ein Pfund oder ein halbes Kilogramm ausmachen, in der dritten die Gröfse des Querschnitts Q in Quadratmillimetern. *Die Zahlen der vierten Colonne* $\frac{L}{Q}$ sind durch Division der Zahlen beider vorhergehenden Colonnen erhalten, *und geben das Gewicht in Lothen an, bei dem eine Säule von 1 Quadratmillimeter*

Querschnitt reifst. Die Zerreifsungsfläche ist hier jedes Mal ein zur Axe senkrechter *Querschnitt* der Säule, welcher eine spiegelnde Würfelfläche darstellt, so wie man sie sonst als Spaltungsfläche erhält.

Tabelle I.

No.	L	Q	$\frac{L}{Q}$
1	490,5	13,7	35,8
2	427,9	13,0	32,9
3	445,6	14,6	30,5
4	322,7	9,6	33,6
5	376,9	10,2	36,9
6	409,5	10,7	38,3
7	296,9	7,6	39,1
8	330,4	10,6	31,1
9	321,8	8,8	36,6
10	451,7	11,7	38,6
11	497,0	13,5	36,8
12	279,7	8,9	31,5
13	407,1	12,2	33,3

Nimmt man das Mittel aller Zahlen der letzten Colonne, *so ergiebt sich, dafs die Zugfestigkeit des Steinsalzes in der Richtung der Würfelflächennormale* 35,0 *Loth auf* 1 *Quadratmillimeter Querschnitt beträgt.*

§. 8. *Zugfestigkeit in der Richtung der Granatoëderflächennormale.*

Säulen in der Richtung der Granatoëderflächennormale wurden folgendermafsen erhalten. Ich spaltete von einem Steinsalzwürfel eine Tafel ab, etwa von der Dicke, welche die Säulen haben sollten, und zersägte dieselbe längs Linien, die einer Diagonale der (quadratischen) Tafel parallel liefen. Also wurden 2 Gegenseiten der Säulen von Würfelflächen gebildet, während die anderen beiden die Lage von Granatoëderflächen hatten. — *Die Zerreifsung erfolgte nun stets nach Würfelflächen,* welche unter 45° gegen die granatoëdrischen Seitenflächen geneigt sind; und zwar kamen in der Regel 2 Würfelflächen als Rifsflächen zum Vorschein, beide ausgehend von derselben Stelle einer granatoëdrischen Seitenfläche, und unter 90° gegeneinander geneigt, so dafs ein, von der Seite gesehen, dreieckiges Stück ganz heraussprang (Fig. 11 Taf. IV); oder es war blofs eine von jenen beiden Würfelflächen Rifsfläche, während die andere nur als Sprung auftrat. Die beobachteten Zahlen sind folgende:

Tabelle II.

No.	L	Q	$\frac{L}{Q}$
(1	318,7	6,6	48,3)
2	404,8	7,6	53,3
3	363,0	5,2	69,8
4	520,9	6,2	84,0
5	402,1	4,8	83,8
6	449,4	6,4	70,2
7	595,3	10,4	57,2

Die Zahlen $\frac{L}{Q}$ sind zwar sämmtlich gröfser als in der Tabelle I, aber doch von nicht grofser Uebereinstimmung. Bildet man das Mittel derselben (mit Ausschlufs des ersten Versuchs), so findet man *als Zugfestigkeit in der Richtung der Granatoëderflächennormale* 69,7 *Loth auf* 1 *Quadratmillimeter Querschnitt.*

Der erste Versuch ist wegen des auffallend niedrigen Zerreifsungsgewichts ausgeschlossen; vermuthlich hatte irgend eine bedeutende Unregelmäfsigkeit stattgefunden. Zu grofs dageggen können die Gewichte kaum ausfallen.

§. 9. *Zugfestigkeit in der Richtung der Oktaëderflächennormale.* Um Säulen von der Richtung der Oktaëderflächennormale zu erhalten, sägte ich aus dem Steinsalzwürfel zuerst Tafeln parallel einer Granatoëderfläche heraus. Jede solche Tafel hat als 1 Paar Gegenseiten parallele Würfelflächen, die gegen die Tafelfläche senkrecht stehen. Die weitere Zersägung der Tafeln erfolgte nun nach Linien, die gegen die erwähnten Würfelflächen unter 35° 15′ 51″,8 geneigt sind. (Fig. 12 Taf. IV). Dann haben die Säulenaxen die Richtung der Oktaëderflächennormale. Freilich läfst sich mit dem Anlegegoniometer und der darauf folgenden Zersägung gewifs durchschnittlich keine gröfsere Genauigkeit als höchstens bis auf $\frac{1}{2}$ Grad erreichen. — In einer solchen aufrechtstehend gedachten Säule liegen die Würfelflächen derartig, dafs die eine von ihnen eine Säulenfläche in einer horizontalen Linie schneidet. — *Die Zerreifsung erfolgte wiederum stets nur nach Würfelflächen,* und zwar kamen entweder alle drei, da sie ja gegen die Säulenaxe gleich geneigt sind, als Rifsflächen zum Vorschein, wobei einzelne Stückchen ganz absprangen und die Säulenhälften mit 3 seitigen Pyramiden endigten; oder blofs zwei oder eine von ihnen waren Rifsflächen, während die anderen nur als Sprünge sichtbar waren.

In dieser und den folgenden Tabellen sind beim Querschnitt noch Hundertel angegeben, da ich von nun an bei den Ablesungen am Schusterlineal noch Hundertel Millimeter zu schätzen versuchte. Die so erreichte gröfsere Genauigkeit ist indessen von geringer Bedeutung, da die Abweichungen zwischen den verschiedenen Versuchen zu erheblich sind.

Tabelle III.

No.	L	Q	$\frac{L}{Q}$
1	373,5	4,84	77,2
2	258,8	3,95	65,5
3	222,9	3,51	63,5
4	383,3	5,15	74,4
5	423,3	4,48	94,5
6	318,3	4,70	67,7
7	305,8	4,40	69,5
8	351,1	3,93	89,3
9	165,8	2,20	75,4

Die Uebereinstimmung der Reifsgewichte ist hier höchst unbefriedigend, denn sie variiren von 63,5 bis 94,5 auf den Quadratmillimeter Querschnitt. Uebrigens ist zu bemerken, *dafs die höheren Zerreifsungsgewichte mehr Wahrscheinlichkeit für sich haben*, da die meisten störenden Einflüsse ein zu frühes Zerreifsen bewirken. (Vergl. die folgende Diskussion der Fehlerquellen). Mehrmals trat die

Zerreifsung auch ganz an einem Ende des dünn geschliffenen Mittelstücks ein, wo noch der seitliche Druck der Fassung störend wirken konnte. Hieraus ist zu schliefsen, dafs das Mittel aller Zahlen der letzten Colonne eine zu kleine Zahl wird; es würde 75,2 *als Zugfestigkeit in der Richtung der Oktaëderflächennormale ergeben.*

§. 10. *Fehlerquellen.* Ueberblickt man die für die Zugfestigkeit in jeder der 3 Richtungen erlangten Zahlen, so kann man sich nicht verhehlen, dafs auch in der Tabelle I, wo die Zahlen noch die gröfste Uebereinstimmung zeigen, die Abweichungen doch ziemlich bedeutend sind. Hier variiren die Zerreifsungsgewichte von 30,5 bis 39,1; die Abweichung der kleinsten Zahl vom Mittel aller, 35,0, beträgt also 4,5 Loth, d. i. etwa 0,129 des ganzen Mittelwerthes. Indessen finden sich so grofse Differenzen nicht bei meinen Versuchen allein, sondern sie scheinen sich bei Untersuchungen über Zugfestigkeit überhaupt kaum vermeiden zu lassen. Das lehrt ein Blick z. B. auf die bei Eytelwein (Handb. der Statik, II Bd.) zusammengestellten Beobachtungen. Allerdings erlangte in neuerer Zeit Wertheim bei seinen Versuchen eine gröfsere Genauigkeit. — Sucht man sich nun Rechenschaft von den Ursachen dieser Differenzen zu geben, so entdeckt man eine grofse Anzahl von Fehlerquellen, die zum Theil im Stoffe selbst liegen, z. Th. mit der Untersuchungsmethode zusammenhängen.

So wäre es zunächst möglich, dafs die verschiedenen Steinsalzstücke, aus denen die Säulen zubereitet wurden, von nicht ganz gleicher Beschaffenheit gewesen wären, obwohl sie äufserlich alle dasselbe wundervoll durchsichtige, reine und wasserhelle Ansehen hatten. Ferner können sich in den Krystallen kleine Sprünge oder fremde mechanische Beimengungen befinden. Ja es können irgend welche kleinen Unregelmäfsigkeiten in der Lagerung der Moleküle stattfinden. — Sodann scheint die Art und Weise der Belastung von wesentlichem Einflufs auf das Zerreifsungsgewicht zu sein. Das läfst sich aus Wertheim's Beobachtungen (Pogg. Ann. Ergb. II, S. 1 ff.) erkennen. Wertheim wandte nämlich 2 Methoden an: Entweder liefs er den Stab oder Draht unter der Wirkung des Gewichts sich *langsam* bis zur Zerreifsung ausziehen, oder er vergröfserte die Last *schnell* bis zur Zerreifsung. Bei seinen äufserst zahlreichen Versuchen mit Metallen ist die äufserste Abweichung eines der beiden Reifsgewichte vom Mittel beider durchschnittlich nur klein, doch nimmt sie bei einigen auch erhebliche Werthe an; so beträgt sie bei ausgezogenem Stahldraht 0,17 des Mittelwerths, bei gegossenem Blei 0,28, bei gehämmertem und bei 100° angelassenem Zinn sogar 0,36. Diese Zahlen erlauben die Vermuthung, dafs wohl auch bei meinen Versuchen die nicht gleiche Zeit, während welcher die Säulen die Last zu tragen hatten, Verschiedenheiten in den Zerreifsungsgewichten herbeigeführt haben mag. — Ferner konnten die kleinen Stöfse der fallenden Schrotkörner oder auch eine etwaige Erschütterung des ganzen Hauses zu frühes Zerreifsen bewirken. — Sodann konnte ich nie sicher sein, die Säulen auch *ganz gerade* eingeklebt zu haben. Und in solchem Falle trat nicht reine Zerreifsung, sondern eine Art Zerbrechung ein. Ebensowenig liefs es sich mit Genauigkeit erreichen, dafs die Säulenaxe wirklich die verlangte krystallographische Richtung hatte. Zum Theil hieraus erklärt es sich, dafs die Zerreifsungsgewichte bei den Säulen der dritten Art sämmtlich kleiner sind, als sie nach der Berechnung des folgenden Paragraphen sein müfsten. — Von besonderem Einflufs ist ferner die Mangelhaftigkeit der Querschnittsmessung der Säulen. — Zu all diesen Fehlerquellen kommt noch das Bedenken, dafs sogar die Annahme nicht streng richtig zu seyn scheint, die von vorn herein gemacht wurde: »Dafs das Zerreifsungsgewicht dem Querschnitt proportional sey.« Hat doch eine vor Jahren von der Pariser Academie zur Untersuchung dieser Frage ernannte Commission ermittelt, dafs eiserne Stangen von 0,0045 bis 0,0315 Meter Dicke auf 1 Millimeter 40 Kilogramm trugen, dagegen von 0,0315 bis 0,2700 Meter Dicke nur 21 Kilogramm! (Gehler's Wörterb.: Artikel Cohäsion.) Dieses Variiren der bei verschiedenen Querschnitten für 1 Millimeter berechneten Zugfestigkeit findet seine Erklärung wohl nur darin, dafs die Oberflächenschicht eine andere Beschaffenheit hat als das Innere. In der That trugen gezogene Drähte verhältnifsmäfsig viel mehr, verloren aber die grofse Tragkraft durch Abschaben der Oberfläche. So könnte vielleicht auch bei meinen Versuchen die Oberfläche durch das Feilen modificirt seyn. — Es mufs genügen, diese möglichen Fehlerquellen angeführt zu haben, da es nicht ausführbar ist, sie in Rechnung zu ziehen. Da aber die meisten und einflufsreichsten Fehlerquellen darauf hinwirken, die Zerreifsung zu früh eintreten zu lassen, so bleibt es fraglich, ob es nicht richtiger wäre, von den sämmtlichen Zerreifsungsgewichten einer Tabelle *nicht* das Mittel zu nehmen, sondern die niedrigeren Gewichte ganz unbeachtet zu lassen und nur die höchsten Zahlen als die der Wahrheit am nächsten kommenden zu berücksichtigen.

§. 11. *Berechnung der Zugfestigkeit für Säulen von jeder beliebigen krystallographischen Richtung. Untere Gränze für die Cohäsion.* Die mitgetheilten Beobachtungen über das Steinsalz enthalten das wichtige Resultat, dafs *die Zerreifsung immer nur nach Würfelflächen stattfindet;* (wenigstens liegt kein Grund zu der Vermuthung vor, dafs irgend eine nicht untersuchte Richtung ein anderes Resultat als die 3 untersuchten liefern könnte).

Aus dieser Thatsache folgt, dafs im Vorhergehenden zwar die Zugfestigkeit ermittelt, dafs aber das eigentliche Ziel der Untersuchung: »*Die Gröfse der Cohäsion des Steinsalzes in verschiedenen krystallographischen Richtungen aufzufinden*«, nur unvollständig erreicht ist. Bei der Zerreifsung ist nämlich nicht die Cohäsion in der Richtung der jedesmaligen Säulenaxe, sondern stets die Cohäsion in der Richtung der Würfelflächennormale, also immer die nämliche, überwunden! Also lernt man, für jede untersuchte Richtung, durch das Zerreifsungsgewicht nicht die Cohäsion selbst, sondern nur eine *untere Gränze* derselben kennen. *Für diesen Gränzwerth ist nun der genaue Ausdruck zu* *entwickeln, und gleichseitig zu zeigen, wie die Beobachtung der Zugfestigkeit in Einer Richtung genügt, um daraus die Zugfestigkeit von Säulen jeder beliebigen anderen Richtung zu berechnen.*

Aus einem Steinsalzhexaëder sey eine Säule mit parallelen Kanten, aber von beliebig gestaltetem Querschnitt, dessen Gröfse Q sey, in beliebiger Richtung herausgeschnitten. Die Richtung der Säulenaxe, d. h. der Normale des Querschnitts, werde mit n bezeichnet. Diejenige von den 3 Würfelflächen, welche mit dem Querschnitt den kleinsten Winkel bildet, habe, soweit sie in die Säule hineinfällt, die Gröfse W; die Richtung ihrer Normale sey w. (Fig. 13 Taf. IV). Da nun für jeden beliebigen schiefen Durchschnitt der Säule die senkrechte Projektion auf die Ebene des Querschnitts dieser Querschnitt selbst ist, so hat man die Gleichung:

$$1) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad W = \frac{Q}{\cos(n, w)}$$

Wenn nun durch ein unten angebrachtes Zuggewicht L_n Zerreifsung nach der Würfelfläche W erfolgt, so kommt von der Kraft L_n nur die zu W senkrechte Componente zur Wirkung, d. h. $L_n \cos(n, w)$. Andererseits weifs man durch Versuche mit Säulen, deren Axe der Würfelflächennormale parallel ist (für welche also n und w zusammenfallen), dafs sie nach dem Querschnitt (d. h. nach der Würfelfläche) zerreifsen durch eine senkrecht gegen dieselbe wirkende Kraft $C = 35$, wenn der Querschnitt $= 1$ ist; also durch die Kraft $C . W$, wenn der Querschnitt $= W$ ist. Im vorliegenden Falle ist nun die Componente $L_n \cos(n, w)$ eine senkrecht gegen die Würfelfläche W wirkende Kraft, welche Zerreifsung herbeiführt; also ist:

$$2) \quad . \; . \; . \; . \quad L_n . \cos(n, w) = C . W.$$

Aus den Gleichungen 1) und 2) folgt:

$$3) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad L_n = \frac{C . Q}{\cos^2(n, w)},$$

oder wenn der Querschnitt $Q = 1$ ist:

$$4) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad L_n = \frac{C}{\cos^2(n, w)}.$$

Resultat: Wenn eine in beliebiger Richtung aus einem Steinsalzwürfel geschnittene Säule vom Querschnitt 1 *nicht nach ihrem Querschnitt, sondern nach der gegen ihn am mindesten geneigten Würfelfläche reifst, (was wohl immer der Fall ist), so geschieht dies bei der Belastung* $\frac{C}{\cos^2(n,w)}$, *wo* (n,w) *den Winkel der Säulenaxe gegen die Rifsflächennormale, und* C *diejenige Belastung bedeutet, bei der eine der Würfelflächennormale parallele Säule von gleichem Querschnitt zerreifst.*

Wenn mehrere Würfelflächen gegen den Querschnitt gleich geneigt sind, so *kann* Zerreifsung nach allen eintreten, und sie tritt wirklich ein. Die Beobachtungen lehren (§. 8), dafs bei den Säulen, deren Axe der Granatoëderflächennormale parallel ist, jede der beiden als Rifsflächen auftretenden Würfelflächen die Säule der ganzen Breite nach durchsetzt, indem beide von derselben Linie in einer Seitenfläche ausgehen. Hier gilt die eben angestellte Betrachtung unmittelbar für jede der beiden Würfelflächen. Etwas anders ist es bei den Säulen, deren Axe der Oktaëderflächennormale parallel ist. Die Beobachtungen ergaben (§. 9), dafs eine oder 2 oder alle 3 Würfelflächen als Rifsflächen erschienen, und zwar hier nicht über, sondern nebeneinander, so dafs nach der Zerreifsung eine Säulenhälfte durch *eine* Würfelfläche, oder durch 2 in schräg laufender Kante zusammenstofsende, oder durch 3 eine Würfelecke bildende Würfelflächen beendigt wurde. Um die vorige Betrachtung auf diesen Fall auszudehnen, denke man sich die ganze Säule in so viele einzelne Säulen mit parallelen Kanten zerlegt, als Würfelflächen nebeneinander auftreten, jede Säule von einer dieser Würfelflächen beendet. Zur Zerreifsung einer jeden dieser Säulen ist nach Gl. 3 die Belastung erforderlich:

$$\frac{C\,.\,q}{\cos^2(n,w)},$$

also zur Zerreifsung des ganzen Säulencomplexes, d. h. der ganzen Säule, die Belastung

$$L_n = \Sigma \frac{C \cdot q}{\cos^2 (n, w)},$$

wo durch Σ die Summation über alle einzelnen Säulen ausgedrückt werden soll. Da nun alle auftretenden Würfelflächen gegen den Querschnitt gleich geneigt sind, so ist Winkel (n, w) für alle derselbe, also ist das Zerreifsungsgewicht

$$L_n = \frac{C \cdot \Sigma q}{\cos^2 (n, w)}.$$

Σq bedeutet den Gesammtquerschnitt der Säule, $= Q$. Also erhält man als Zerreifsungswicht wieder die Formel 3) gültig, auch wenn mehrere gleichgeneigte Würfelflächen Rifsflächen sind.

Diese Formel ist nun mit den Beobachtungen zu vergleichen:

1) Für Säulen parallel der Granatoëderflächennormale ist $(n, w) = 45^0$, also das Zerreifsungsgewicht nach Gleichung 4) $= 2\,C$. Aber C ist durch Beobachtungen $= 35{,}0$ Loth gefunden, also müfsten diese Säulen bei 70,0 Loth reifsen. In der That ist als Mittel der Beobachtungen in Tabelle II gefunden 69,7. Weil C etwa von 30 bis 40 variirt, wird $2\,C$ etwa von 60 bis 80 variiren, wie es jene Tabelle ebenfalls lehrt. Diese Uebereinstimmung ist höchst befriedigend.

2) Für Säulen parallel der Oktaëderflächennormale ist $\cos (n, w) = \sqrt{\tfrac{1}{3}}$, also das Zerreifsungsgewicht nach Gleichung 4) $= 3 \,.\, C$ oder $=$ 105 Loth. Die Beobachtungen aus Tabelle III geben als mittleres Reifsgewicht nur 75,2, während das höchste erlangte Reifsgewicht 94,5 ist. Die Uebereinstimmung läfst also viel zu wünschen übrig; freilich war vorausgesehen (§. 9), dafs das Mittel zu klein sein würde. Ferner ist zu bedenken, dafs jede Abweichung der Säulenaxe von der Richtung der Oktaëderflächennormale das Zerreifsungsgewicht *kleiner* macht, indem dann (n, w) kleiner ist, als er sein sollte, also sein cos gröfser, also L_n kleiner. Aber die Nichtübereinstimmung der Beobachtungen mit der berechneten Formel ist trotz dieser Entschuldigungsgründe so auffallend, dafs der Verdacht ent-

steht, die Rechnung müsse auf nicht ganz richtigen Voraussetzungen beruhen.

Die hauptsächliche Voraussetzung war nun die, dafs bei der Zerreifsung nach einer Würfelfläche nur die zu derselben senkrechte Componente der Belastung wirksam sei. Statt dessen könnte man sich allerdings vorstellen, dafs auch die zur Würfelfläche parallele Componente mitwirke, indem bei der Zerreifsung *ein Gleiten der einen Säulenhälfte an der anderen längs der Würfelfläche stattfinde.* Diese Componente müfste bei denjenigen Säulen am meisten zur Geltung kommen, in denen die Würfelfläche gegen den Querschnitt am meisten geneigt ist; und dies sind eben die Säulen parallel der Oktaëderflächennormale. Indessen soll dies nur als Vermuthung hingestellt werden.

Untere Gränze für die Cohäsion in jeder Richtung. Im Vorstehenden ist gezeigt, dafs eine Säule von der Richtung n bei der Belastung $\frac{C}{\cos^2(n, w)}$ zerreifst, und dafs die Rifsfläche eine Würfelfläche ist. Demnach ist bei diesen Versuchen die Cohäsion in der Richtung der Säulenaxe n noch nicht überwunden; die Säule würde noch zusammenhalten, wenn nicht die Cohäsion in jener anderen Richtung (nämlich der Würfelflächennormale) so gering wäre, dafs sie bereits überwunden wird. *Somit ist die Cohäsion in der Richtung n gröfser als*

$$\frac{C}{\cos^2(n, w)},$$

d. h. gröfser als »*die Cohäsion parallel der Würfelflächennormale, dividirt durch das Quadrat des Cosinus beider Richtungen*«.

Dies der für die Cohäsion in jeder beliebigen Richtung gefundene untere Gränzwerth!

Abschnitt II.

§. 12. *Neue Methode, um die Cohäsion in der Richtung der Granatoëderflächennormale zu ermitteln.*

Wenn es gelänge, die Zerreifsung einer Steinsalzsäule von beliebiger krystallographischer Richtung nach ihrem

Querschnitt, statt nach schräg sie durchsetzenden Würfelflächen, zu erzwingen, so wäre die Cohäsion in jener Richtung bestimmt. Dieses Ziel suchte ich dadurch zu erreichen, dafs ich der Säule an einer einzigen bestimmten Stelle einen erheblich kleineren Querschnitt gab. Zu dem Zweck wurde in der Mitte der Säule von 2 gegenüberliegenden Seiten aus mit der Säge je ein tiefer Einschnitt angebracht, so dafs zwischen beiden nur ein schmaler Wall übrig blieb. Jetzt hatte die Säule also eine bestimmte schwache Stelle, an der sie zerreifsen mufste, wenn die Einschnitte nur tief genug waren. Die Einschnitte wurden auf denjenigen beiden Seitenflächen der Säule gemacht, welche die Lage von Würfelflächen hatten (vergl. §. 8); dann konnte der Wall nicht nach Einer Würfelfläche zerreifsen, weil keine ihn ganz durchsetzte; während dies in der That möglich gewesen wäre, wenn die Einschnitte auf den anderen beiden Seitenflächen gemacht wären. (Fig. 14 Taf. VI) zeigt die Vorderansicht dieser Säulen; *W* bedeutet eine Würfel-, *G* eine Granatoëderfläche). Nicht selten war es indefs nothwendig, auch auf den beiden anderen Seiten Einschnitte zu machen, um Sprünge u. dergl. zu entfernen.

Bei den ersten mit diesen Säulen angestellten Versuchen zerrifs nun nicht der Wall, sondern von einem seiner Enden entsprangen zwei rechtwinklig auf einanderstehende Würfelflächen, deren jede eine Säulenhälfte durchsetzte. (Fig. 15.) Die Einschnitte schienen demnach zunächst unnütz gewesen zu sein, da die Zerreifsung ganz in der früheren Weise vor sich ging. Ich benutzte daher von nun an dickere Säulen, deren Querschnitt etwa 36 Quadratmillimeter betrug, die also auch gröfsere Fassungen erforderten. Gleichzeitig machte ich die Einschnitte tiefer, so dafs der Wall schmaler war als vorher. Waren hier die Einschnitte tief genug, so zerrifs nun wirklich der Wall. Ich bemerke noch, dafs die Dimensionen des Wallquerschnitts *vor* der Zerreifsung gemessen werden mufsten, da es nachher nicht immer genau möglich war.

In der folgenden Tabelle enthält die erste Colonne die Nummer des Versuchs, die zweite das Zerreifsungsgewicht L in Lothen, die dritte die beiden Seiten des rechteckigen Querschnitts des Walls, die vierte die Gröfse dieses Querschnitts in Quadratmillimetern, die fünfte, $\frac{L}{Q}$, das für 1 Quadratmillimeter berechnete Zerreifsungsgewicht.

Die ersten 4 Versuche sind mit Säulen von etwa 16, alle folgenden mit Säulen von etwa 36 Quadratmillimeter Querschnitt angestellt.

Tabelle IV.

No.	L	Seiten des Querschnitts des Walls	Q	$\frac{L}{Q}$
1	432,2	1,80 3,54	6,37	67,8
2	414,0	1,50 4,13	6,19	66,9
3	316,2	1,90 2,50	4,75	66,6
4	346,9	2,00 2,25	4,50	77,1
5	375,7	1,18 3,55	4,19	89,7
6	398,4	0,80 5,70	4,56	87,4
7	455,3	0,85 5,90	5,01	90,9
8	421,6	0,75 5,80	4,35	96,9
9	258,3	0,60 6,10	3,66	70,6
10	290,1	0,65 5,80	3,77	76,9
11	284,3	0,80 5,80	4,64	61,3

Bei den ersten 5 Versuchen geschah die Zerreifsung nicht durch den Wall, sondern von einem Ende desselben nach 2 Würfelflächen durch die dicke Säule hindurch *Hier war also die gesuchte Cohäsion parallel der Granatoëderflächennormale noch nicht überwunden; also ist sie gröfser als das Mittel dieser fünf auf* 1 *Quadratmillimeter reducirten Zerreifsungsgewichte; es beträgt* 73,6. Die im vorigen Abschnitt berechnete untere Gränze für die Cohäsion in dieser Richtung betrug 70. Sie scheint also jetzt weiter hinausgerückt.

Bei den Versuchen 6 bis 11 zerrifs der Wall, *aber nicht nach einer glatten Fläche, sondern zahnartig;* und zwar waren bei den Versuchen 10 und 11 nur unter rechten Winkeln aneinander gereihte Würfelflächen, bei den Versuchen 6 bis 9 abwechselnd Würfel- und Granatoëderflächen bemerkbar. Die Granatoëderflächen hatten ziemlich starken Glanz und ein fasriges bis schwach muschliges Aussehen. *Die Cohäsion parallel der Granatoëderflächennormale ist also auch gröfser als das Mittel der Reifsgewichte bei diesen* 6 *Versuchen, d. h.* $> 80{,}7$; *und vielleicht ist sie gleich dem Mittel der Reifsgewichte bei den Versuchen* 6 *bis* 9, *wo auch Granatoëderflächen auftraten, d. h.* $= 86{,}5$. Mit diesem wahrscheinlichen Resultat mufs man sich vorläufig begnügen, da die Beobachtungen noch keine sichreren Schlüsse zulassen. Die Versuche sind aber so mühsam anzustellen (man ist z. B. so häufigem Zerbrechen der Säulen während ihrer Bearbeitung ausgesetzt), dafs es keine leichte Aufgabe ist, die Zahl der Versuche noch bedeutend zu vermehren. — Es wäre interessant gewesen, den Wall auch bei gröfserer Dicke zum Zerreifsen zu bringen, denn in obigen Versuchen hat er immer sehr nahe dieselbe Dicke von 0,6 bis 0,8 Mm. Ich versuchte auch einen von Herrn Geheimrath Neumann in Vorschlag gebrachten Gedanken auszuführen, indem ich jede der beiden Hälften, in welche die Säule durch die Einschnitte zerlegt wird, für sich zusammendrückte durch Bebindung mit Seidenfäden parallel den Säulenkanten. Dadurch wurde alsdann das Zerreifsen der dicken Säule nach

Würfelflächen erschwert. Ich kam aber zu keinem Resultat, da die so präparirten Säulen immer aus den Fassungen rissen. Eine derselben hatte bei 1,4 Mm. Dicke des Walls schon 71,4 Loth auf 1 Quadratmillimeter des Walls getragen, als sie aus der Fassung riſs.

Was den Vorgang der Zerreiſsung betrifft, so muſs man ihn sich, wie mir scheint, so denken: Bei der Zerreiſsungsart in der ersten Gruppe von Versuchen, 1) bis 5), wo der Wall im Ganzen unversehrt blieb, beginnt die Zerreiſsung offenbar an einem Ende des Walles. Denn: wäre er gar nicht vorhanden gewesen, so hätten die Säulen, gemäſs ihrer Dicke, erst bei viel gröſserer Belastung zerreiſsen können. Auſserdem gehen ja auch beide Würfelriſsflächen von demselben Ende des Walls aus und von da in die dicke Säule hinein. Es ist aber gar nicht wahrscheinlich anzunehmen, daſs ganz gleichzeitig an 2 auseinanderliegenden Stellen der Riſs beginnt, und daſs beide Riſsflächen sich gerade am Ende des Walls treffen. Wenn also die Belastung so groſs gemacht ist, daſs ihre zur Würfelfläche senkrechte Componente eine Säule von dem Querschnitt des Walls nach Würfelflächen zerrissen würde, so beginnt am Ende des Walls der Riſs. In die dicke Säule hinein kann er sich nun bei dieser Belastung noch nicht fortsetzen, weil, diese zu trennen, eine gröſsere Kraft erforderlich wäre. Also kommt die wirkliche Zerreiſsung erst bei einer gröſseren Belastung zu Stande. Die Fortsetzung des Risses in die dicke Säule hinein wird sehr durch die äuſserst vollkommene Spaltbarkeit des Steinsalzes unterstützt. Macht man nun aber die übrige Säule sehr viel dicker als den Querschnitt des Walls, wie es bei den Versuchen 6) bis 11) der Fall war, so kann sich der Würfelriſs aus dem Wall überhaupt nicht durch die dicke Säule hindurch fortsetzen (er erscheint nur bisweilen als ein kleiner Sprung, der eine kurze Strecke hineingeht). Dann hält also die Säule bei einer Belastung, die im vorigen Fall zur Zerreiſsung genügte, noch zusammen. Die Belastung muſs vermehrt werden, um den Wall zu zerreifsen, und so kann sie so grofs werden, dafs auch Granatoëderflächen als Rifsflächen auftreten.

§. 13. *Neue Methode, um die Cohäsion parallel der Oktaëderflächennormale zu ermitteln.* Bei den parallel der Oktaëderflächennormale geschnittenen Säulen verfuhr ich nach derselben Methode. Um zu vermeiden, dafs der Wall nach einer einzigen ihn ganz durchsetzenden Würfelfläche zerrifs, mufsten die Einschnitte auf denjenigen beiden Säulenseiten gemacht werden, welche die Lage von Granatoëderflächen hatten (vergl. die §. 9 beschriebene Art, die Säule herauszuschneiden).

In der folgenden Tabelle sind die ersten 3 Versuche mit Säulen von etwa 16, die letzten beiden mit Säulen von etwa 36 Quadratmillimeter Querschnitt angestellt.

Tabelle V.

No.	L	Seiten des Querschnitts des Walls	Q	$\frac{L}{Q}$
1	475,4	1,30 3,70	4,81	98,8
2	385,0	1,15 3,30	3,79	101,5
3	433,1	1,68 2,60	4,37	99,1
4	383,3	0,85 5,30	4,50	85,2
5	516,6	0,85 6,10	5,18	99,7

Bei allen diesen Versuchen zerrifs der Wall unregelmäfsig zahnartig durch Auftreten mehrerer Würfelflächen, welche sich jedoch nicht völlig auf den Wall beschränkten, sondern auch aus den dicken Säulenhälften kleine Partien herausrissen. Andere als Würfelflächen traten nie auf! *Also war die Cohäsion parallel der Oktaëderflächennormale noch nicht überwunden*; *sie ist also gröfser als das Mittel der* 5 *Zahlen der letzten Colonne*, *d. h. gröfser als* 96,9. Nach der Berechnung im ersten Abschnitt ist die Cohäsion in dieser Richtung > 105, so dafs also durch diese Versuche die Gränze auch nicht einmal weiter hinaus geschoben ist.

§. 14. *Untersuchung der Cohäsion parallel der Normale einer Fläche des gewöhnlichen Pyramidenwürfels* ($\frac{1}{2}a : a : \infty a$). Um Säulen von der verlangten Richtung zu erhalten, spaltete ich von einem Würfel eine Tafel von der Dicke der zu bereitenden Säulen ab, diese Tafel hatte eine quadratische Endfläche. Von einer Ecke dieses Quadrats aus trug ich auf beiden Quadratseiten Stücke ab im Verhältnifs von 1 : 2. Die Verbindungslinie der Endpunkte dieser Stücke war die verlangte Normale. Nach solchen Linien wurde nun die Tafel in Säulen zersägt. Dann waren 2 gegenüberliegende Seiten der Säulen Würfelflächen, und auf diesen Seiten waren die Einschnitte anzubringen, damit der Wall nicht nach einer einzigen Würfelfläche zerreifsen konnte. — Die ersten 2 Versuche sind mit Säulen von ungefähr 16, die folgenden mit Säulen von etwa 36 Quadratmillimetern Querschnitt angestellt.

Tabelle VI.

No.	L	Seiten des Wallquerschnitts	Q	$\frac{L}{Q}$
1	488,0	1,70 3,80	6,46	75,5
2	>270,0	0,90 4,00	3,60	>75,0
3	270,8	0,85 6,00	5,10	53,1
4	352,4	0,75 6,20	4,65	75,8
5	207,3	0,80 5,85	4,68	44,3
6	242,1	0,80 4,00	3,20	75,7

Mit Ausnahme des letzten Versuchs zeigte sich als Rifsfläche nur eine Würfelfläche und zwar die gegen den

Querschnitt minder geneigte; bei Versuch 1) und 3) ganz an einem Ende des Walls beginnend und dann die eine Hälfte der dicken Säule durchsetzend; bei 4) und 5) mehr in der Mitte den Wall schneidend und beide Säulenhälften durchsetzend. Beim Versuch 2) fand gar keine Zerreifsung, sondern Ausreifsung aus der Fassung statt. Beim letzten Versuch endlich zerrifs die eine Hälfte des Walls, die andere blieb unversehrt. Als Rifsflächen des Walls traten auf: am Anfang eine steil geneigte Würfelfläche, dann eine kleine glatte Fläche von der ungefähren Lage der Pyramidenwürfelfläche, dann die minder geneigte Würfelfläche; diese setzte sich alsdann in die dicke Säule fort.

Hiernach ist die Cohäsion parallel der Normale des gewöhnlichen Pyramidenwürfels jedenfalls gröfser als das Mittel der 6 Zahlen der letzten Colonne: 66,6*; mit Rücksicht auf den letzten Versuch aber wahrscheinlich nur wenig verschieden von* 76; während der nach §. 11 berechnete untere Gränzwerth nur 43,75 beträgt.

§. 15. *Zusammenfassung der Resultate. Im ersten Abschnitt* ist gezeigt, dafs die Zerreifsung von Säulen, die in irgend welcher Richtung aus einem würfeligem Steinsalzkrystall geschnitten sind, stets nur nach Würfelflächen erfolgt. Daraus ergiebt sich dann, dafs die Cohäsion parallel einer gegebenen Richtung $> \frac{C}{\cos^2(n,w)}$ sein mufs, wo C die Cohäsion in der Würfelflächennormale vorstellt, die $= 35$ ermittelt ist (bezogen auf 1 Quadratmillimeter und Lothe), und wo (n, w) den Winkel bedeutet, den der Querschnitt der betreffenden Säule mit der am mindesten gegen ihn geneigten Würfelfläche bildet. Die Anwendung dieser Formel auf die Normale der Granatoëder-, Oktaëder- und gewöhnlichen Pyramidenwürfelfläche ergiebt, dafs die Cohäsion in diesen Richtungen gröfser seyn mufs als resp. 70; 105; 43,75.

Im zweiten Abschnitt ist durch Zerreifsung von Säulen, die an einer Stelle dünn geschliffen sind, gezeigt, dafs die Cohäsion in der Richtung der Normale der Granatoëderfläche und der Pyramidenwürfelfläche gröfser als 80,7 resp. 66,6, und wahrscheinlich gleich 86,5 resp. 76 ist. Ueber die Cohäsion in der Richtung der Oktaëderflächennormale hat sich nichts wesentlich Neues ermitteln lassen.

II. *Beschreibung einer photometrischen Methode zur Messung und Vergleichung der Stärke des farbigen Lichtes;*
von C. Vierordt,

Professor der Physiologie in Tübingen.

(Hierzu Fig. 1 Taf. V.)

Versuche über die, zu einer Farbenempfindung erforderliche kleinste Zeit, welche im verflossenen Semester im hiesigen physiologischen Institut von zweien meiner Schüler ausgeführt wurden, liefsen mich aufs Neue den Mangel eines schnell und sicher zum Ziel führenden Verfahrens beklagen, um die Stärke verschiedenfarbigen Lichtes unter sich vergleichen zu können. Die gewöhnlichen photometrischen Methoden reichen zu diesem Zwecke anerkanntermafsen nicht aus, weil unser Urtheil sehr ungewifs wird, wenn das Auge zwei verschiedene Farbentöne mit einander in Bezug auf ihre Helligkeit vergleichen soll. Fraunhofer hat bekanntlich ein derartiges Verfahren angewandt, um die relative Lichtstärke an 8 verschiedenen Stellen des gewöhnlichen Spectrums zu bestimmen, jedoch in seinen Einzelversuchen für dieselbe Farbe sehr abweichende Verhältnifszahlen erhalten. Die Abweichungen sind derartig, dafs sie sicherlich nur zum kleineren Theil von Unterschieden in der Helligkeit des Tageslichtes der einzelnen Versuchstage abhängen können.

In der Farbenphotometrie wird das, auf directer Vergleichung der Lichtstärke der Farben beruhende Verfahren für immer eine nur untergeordnete Stellung einnehmen; für