

ERSTER THEIL.

UNTERSUCHUNG DER ANZIEHUNGEN

IN MESSBAREN FERNEN.

ERSTER THEIL

UNTERSUCHUNG DER ANLEHUNGEN  
IN MESSAREN FENNEN

## ERSTER THEIL.

## I. CAPITEL.

## VON DER SCHWERE.

## A) Vom Fall der Körper.

## §. 47.

I. Versuch. Man lasse einen (festen) Körper von einer beliebigen Höhe frei und ungestört herabfallen; er wird in geradlinigter Richtung nach Verlauf einer gewissen Zeit zur Erde gelangen. Dasselbe wird statt finden, wenn man den Körper in möglichst gerader Richtung in die Höhe wirft; er wird endlich einen Punct erreichen, wo er zu steigen aufhört, und sich jetzt auf die beschriebene Weise zur Erde begeben. Zugleich wird man bei sehr bedeutenden Fallhöhen beobachten, dafs der fallende Körper sich um so geschwinder bewegt, je mehr er sich der Erde nähert, dafs also seine Bewegung eine beschleunigte sey (vergl. §. 35. N. 3.), und dafs das a. a. O. erwähnte Gesetz auf ihn angewendet werden könne.

1) Um bei der so schnellen Bewegung fallender Körper, die Zeit genau und bei verschiedenen Fallhöhen abmessen zu können, bedient man sich zu solchen Versuchen zweckmässiger einer Maschine, die ihrer Einrichtung zufolge die Schnelligkeit des Falles im Ganzen genommen um etwas vermindert, ohne jedoch das Verhältniß der beschleunigten Bewegung in den nach einander folgenden Zeiträumen zu verändern. An einem Faden, der über ein am Umfange ausgekehrtes senkrecht laufendes Rädchen gezogen ist (oder zwei genau in einer Ebene laufende Rädchen), hängen zwei Gewichte A und B das letztere kleinere stehe auf dem Boden am Ende einer senkrechten Scale; das grössere A hänge oben am Anfang dieser Scale, und beide Gewichte seyen von unten durch einen eben so langen Faden verbunden (von welchem an der einen Seite so viel mit dem steigenden Gewichte hinauf als an dem oben an der andern Seite mit dem fallenden hinabgeht), damit der erstere Faden nicht auf der Seite des sinkenden Gewichts das Gewicht vermehre. Läßt man das Gewicht B los, so sinkt A, indem B steigt. Das Bestreben beider Gewichte zu fallen (ihre Schwere) heisse  $g$ , die Differenz  $AB$  heisse  $m$ , so ist die Bewegungsgrösse des fallenden Gewichts  $mg$ , da  $Bg$ , eine ihm gleiche Quantität in  $A$   $g$  aufhebt. Hiemit hat es aber nicht nur sein eigenes  $A$ , sondern auch  $B$  zu treiben. Die ganze zu treibende Masse  $A+B$  heisse  $M$ , und die Geschwindigkeit der Bewegung sey  $x$ , so muß  $Mx = mg$ , mithin  $x = \frac{mg}{M}$  werden, indem  $M:m = g:x$  d. h. so viel kleiner die eigentliche bewegende Masse  $m$  ist, gegen die ganze bewegte  $M$ , so viel kleiner

wird die Geschwindigkeit  $x$ , mit der das ganze  $M$  (steigend und fallend) bewegt wird gegen das  $g$ , mit der das  $m$  fallen würde, wenn es sich allein zu treiben hätte. Vergl. HILDEBRANDT a. a. O. S. 92. u. s. f. Ueber ATWOOD'S Fallmaschine vergl. GILBERTS Ann. 1803. St. V. S. 1. u. s. f.

2) GALLILEI entdeckte zuerst die Gesetze des freien Falles schwerer Körper, entwarf eine Theorie der Fallbewegung und suchte dieselbe durch Versuche mit dem (später vorkommenden) Falle auf der schiefen Ebene zu bestätigen. Vergl. dessen Dialogus de motu locali. L. B. 1699. 4. — RICCIOLI (vergl. Almajestum novum II. c. 21. Prop. 4.) ein Schüler des GALLILEI und GRIMALDI liessen, um G.'s Theorie durch unmittelbare Versuche zu bestätigen, Kreidekugeln von 8 Unzen Gewicht, durch genau gemessene Höhen bei einem genauen Zeitmaasse durch ein Pendul fallen und stiessen auf Resultate, die (ohnerachtet des nicht beseitigten Widerstandes der Luft, der überhaupt bei gewöhnlichen Fallversuchen als nicht vorhanden angesehen wird) so genau mit der (den gedachten Widerstand nicht berücksichtigenden) Theorie übereinstimmen, daß sie schon aus diesem Grunde verdächtig sind. Neuerlich haben GUFIELMINI zu Bologna (vergl. de diurno terrae motu experimentis confirmato. Brem. 1792. 8.) und BENZENBERG zu Hamburg (vergl. dessen Nachricht von Versuchen, welche im Hamburger St. Michaelsthurme über den Fall der Körper, zum Beweise der Axendrehung der Erde, im Grossen angestellt werden, in GILBERT'S Annal. Jahrg. 1802. St. VI. oder XI B. II St. S. 169. und Forts. St. IV. S. 470. u. s. f.) mit Bleikugeln von  $1\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser in

Höhen bis zu 321 Par. Fufs Versuche der Art ange-  
stellt. — Ausserdem vergl. man noch über die Ent-  
deckung und Erforschung der Schwere §. 11. N. 3.

§. 48.

Als Ursache des Falles der Körper, und der  
dabei stattfindenden gleichförmig beschleu-  
nigten Bewegung, nimmt man seit GALLI-  
LEI eine vom Mittelpuncte der Erde aus stetig  
wirksame Anziehungskraft an, welche man die  
Schwere (Gravitas) nennt; auch bezeichnet  
man das Phänomen selbst: das Bestreben un-  
terstützter Körper, die auf ihre Unterlage drü-  
cken, nach Wegnahme dieser Unterlage zu fal-  
len oder sich zu senken, d. h. sich in einer  
geraden Linie nach der Erde zu von selbst zu  
bewegen, mit diesem Ausdrücke.

1) Jede in der Richtung des Falles gegebene Linie,  
nennt man loth- oder senkrecht oder vertical  
(Linea verticalis); sie macht mit der Oberfläche still-  
stehenden Wassers und mit jeder in der Ebene des  
scheinbaren Horizonts liegenden Erdfäche, oder über-  
haupt mit jeder wasserrechten oder Horizon-  
talebene (Planum horizontale) rechte Winkel. Ist  
aber die Richtung des Falles senkrecht, und steht  
auf der Oberfläche einer Kugel nur dann eine Linie  
senkrecht, wenn sie durch den Mittelpunct derselben  
geht, so müfste auch, falls die Erde eine Kugel (und  
mithin die Ebene des scheinbaren Halbmessers ihre  
Plantangente) ist, die Richtung fallender Körper, in  
der Richtung des Halbmessers der Erde, oder die

Richtungslinie derselben verlängert gegen den Mittelpunkt der Erde gehen. Da aber die Erde keine vollkommene Kugel, sondern ein Sphäroid ist, so gehen zwar nicht alle Richtungen der Schwere durch den Mittelpunkt (sondern an jedem Orte in der Richtung der Normallinie oder des Halbmessers der Krümmung) können indess ohne sonderlichen Fehler in der Praxis so angesehen werden, als wenn die Erde kugelrund wäre. Eben so kann man auch (wegen der grossen Entfernung der Oberfläche von dem Mittelpuncte der Erde) die Richtungslinien der Schwere benachbarter Körper als parallel laufend betrachten, ohnerachtet sie stets mehr oder weniger convergirend sind.

2) NEUTON drückte zuerst das Gesetz der Schwere in seiner grössten Allgemeinheit dadurch aus, daß er jenes Bestreben irdischer Körper nicht blofs als gegen den Erdmittelpunct wirkend, sondern als in allem Körperlichen gegenseitig stattfindend nachwies. Alle Körper sind gegen einander schwer, d. h. ziehen sich wechselseitig an; Vergl. J. NEUTONS principia philosophiae naturalis. Amstelod. 1714. 4. L. III. Prop. IV. seqq. pag. 313. Die Annahme von Imponderabilien ist stets hypothetisch; vergl. §. 24. N. 2. und §. 26. N. 4.

3) Die Schwere muß mit einer gewissen Stärke in denen ihr Folge leistenden Wesen ausgedrückt werden; Erfahrung lehrte uns bisher, daß diese Stärke zwar (aus später zu erläuternden Gründen) an verschiedenen Orten der Erde verschieden ist, aber nicht in Körpern von verschiedener Dichtigkeit und von verschiedener Qualität; jedoch müssen über das Verhältniß der letzteren vorzüglich, noch genaue

Beobachtungen entscheiden; über das der ersteren werden wir in der Folge mit Hülfe der Luftpumpe einige Versuche beibringen, die wenigstens durch ihre Resultate sich jenen Erfahrungssätzen annähern. Vergl. einstweilen §. 40. N. 4. — Die bestimmte Stärke der Schwere wird gleiche bestimmte Geschwindigkeit in der Bewegung fallender Körper zur Folge haben, und daher nimmt man rücksichtlich dieses Verhältnisses, bei bewegten schweren Körpern die Ausdrücke Schwere und Geschwindigkeit für gleichbedeutend.

4) Bei jedem fallenden Körper, wird seine Bewegungsgrösse durch seine Masse und Geschwindigkeit bestimmt, und beide Factoren werden durch die Benennungen Gewicht und Schwere unterschieden. Ueber die Benennung Gewicht vergl. §. 23. N. 2.

5) Der Erfahrung gemäfs ist die Schwere an einem und demselben Orte immer dieselbe, sowohl in Rücksicht ihrer Richtung als auch in Hinsicht ihrer Stärke. Die Erfahrungen hierüber sind indess noch nicht von hohem Alter, mithin auch noch nicht von weitgehender Vergleichung, und wenigstens läfst sich die Möglichkeit einer verschiedenen Ab- und Zunahme der Erdschwere denken; eine Hypothese mit der wir manche annoch problematische Naturerscheinungen wenigstens einigermaßen in Rücksicht ihrer Bedingungen anzudeuten vermögen. Z. B. die Abnahme des Wassers auf der Erde, ausser verschiedenen untergeordneten Ursachen, durch eine wachsende Zunahme der Erdschwere, welche das Flüssige nach und nach mehr verdichtet, während das Feste als solches einem solchen In-sich-hineinziehen sich vermöge seiner innern Unbeweglichkeit widersetzt etc.



Aehnliche Hypothesen liegen denen §. 26. N. 4. gedachten Naturansichten zum Grunde.

6) DESCARTES, HUYGENS, BÜLFINGER, KRATZENSTEIN und LE SAGE wollten die Schwere zum Theil von einer freien schwermachenden Materie ableiten; eine Hypothese die nichts für sich aber alles gegen sich hat, wenn sie auch nur als Bildersprache aufgefaßt wird.

§. 49.

Der Stetigkeit zufolge, mit welcher die Schwere auf die Körper (der Erfahrung gemäß) wirkt, müssen wir den freien Fall der Körper als eine gleichförmig beschleunigte Bewegung betrachten (vergl. §. 35. N. 3.), und zugestehen, daß jeder fallende Körper, wenn er einen gewissen Raum von seinem ehemaligen Ruheorte an durchläuft, nach Verlauf einer gewissen Zeit eine Endgeschwindigkeit erlangt, die ihn, wenn die auf ihn wirkende Schwere zu wirken aufhörte, in der gleich grossen Zeit durch den doppelt so grossen Raum gleichförmig treiben würde. — Erfahrung hat gelehrt, daß ein schwerer Körper beim freien Falle (in unseren Gegenden in der ersten Zeitsecunde eine Höhe von 15,094662 pariser Fufs oder 2173,63 pariser Linien, oder 15,625 rheinländische Fufs durchläuft; und mittelst dieses Erfahrungssatzes in Verbindung der allgemeinen Gesetze gleichförmig beschleunigter Bewegung (vergl. §. 34. N. 10

und §. 35. N. 3.) läßt sich finden: a) wie groß der Raum ist, den ein Körper in jeder gegebenen Secunde durchfällt; b) wie groß die Höhe ist, von der er in zuvor bestimmter Fallzeit herabgefallen, und c) wieviel Zeit er, bei zuvor angegebener Höhe gebraucht hat.

1) Jene Fallhöhe in der zur Zeiteinheit angenommenen Zeitsecunde, bestimmte zuerst HUYGENS (Horologium oscillatorium. Paris 1673. Fol. P. IV. pr. 26), jedoch nicht auf die §. 47 berührten Weisen, welche nie vollkommen genaue Bestimmungen zulassen, sondern mittelbar durch's Pendel (Vergl. §. 37. N. 5.).

2) Sofern die Richtungslinie fallender Körper auf die Erdkugel senkrecht steht, kann auch durch die Perpendicularlinie die durch den Erdmittelpunct geht, der Raum gemessen werden, den ein schwerer Körper beim Falle durchläuft; und diese Perpendicularlinie nennt man auch die Höhe fallender Körper, die mithin der von diesen Körpern durchlaufene Raum ist. Hieraus folgt, daß sich auch die Höhen fallender Körper verhalten, wie die Quadrate der Zeiten oder Geschwindigkeiten; vergl. §. 35. N. 13.

3) Wollten wir uns die Wirkungen der Schwere als Stöße vorstellen, die untereinander gleich stark sind, so würden sich die Geschwindigkeiten fallender Körper wie die Menge der Stöße verhalten, die die Körper durch die Schwere bekommen haben. Die Menge der Stöße können sich aber nur wie die Zeiten verhalten, in welchen die Schwere gedachtermaßen gewirkt hat, mithin verhalten sich

die Geschwindigkeiten fallender Körper wie die Zeiten in welchen sie gefallen sind; und mithin wird zufolge des obigen (N. 2. dieses §s.) Gesetzes, ein Körper der in der ersten Secunde durch eine gewisse Höhe fiel, in zwei Secunden viermal, in drei Secunden neunmal so tief u. s. f. fallen.

4) Die Endgeschwindigkeiten fallender Körper verhalten sich (vergl. §. 35. N. 3.) wie die Quadratwurzeln der Räume oder Höhen, woraus folgt das diejenigen Räume, welche fallende Körper mittelst der Endgeschwindigkeiten in gegebener Zeiteinheit, ohne fernere Einwirkung der Schwere bloß vermöge der Trägheit zurücklegen würden (welche auch die zur Fallhöhe gehörigen Geschwindigkeiten genannt, vergl. weiter oben), sich verhalten wie das Gedoppelte der Quadratwurzeln der Fallhöhen; und man findet daher die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit, wenn man das Duplum des von dem Körper in der ersten Zeiteinheit zurückgelegten Raums, mit der Zahl der sämtlich verflossenen Zeiteinheiten multiplicirt. Fällt ein Körper z. B. in einer Secunde 15,625 Fufs (vergl. oben), so ist die zu seiner Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit 31,250 Fufs; bei drei Secunden  $93,25 = 3 \cdot 31,250$  Fufs u. s. f.; woraus sich folgende Regel ergibt, um die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeiten (vergl. oben) zu bestimmen. Man multiplicire die gegebene Höhe des Falles mit dem in der Zeiteinheit beschriebenen Raume, und aus dem Producte ziehe man die Quadratwurzel, welche doppelt genommen jene zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit ist. Nennen wir die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit  $V$ , die Höhe  $S$  und nehmen wir eine Secunde zur Zeitein-

einheit an; so ist  $V = 2\sqrt{(15,625 \cdot S)} = 250 \cdot \sqrt{S}$ .

5) Setzen wir, ein fallender Körper bewege sich durch die erste Wirkung der Schwere, in einem angenommenen Zeittheilchen durch einen Raum  $= S$ , so würde er sich schon, seiner Trägheit zufolge, in jedem kommenden Zeittheilchen durch einen gleich grossen Raum bewegen; er bekommt aber in jedem dieser Zeittheilchen eine neue Einwirkung von der Schwere, und bewegt sich daher im zweiten Zeittheilchen durch einen Raum  $= 2S$ ; im dritten durch einen Raum  $= 3S$ ; u. s. f.; und der ganze Raum den er in einer gewissen Zeit durchfällt, ist  $=$  der Summe der  $S + 2S + 3S$  etc. Bestimmen wir nun z. B. eine Secunde (als angenommene Zeiteinheit) durch  $n$  solcher Zeittheilchen, so ist der Raum den der Körper in einer Secunde durchfällt  $= S + 2S + 3S + \dots + nS = \frac{n \cdot (n + 1)}{2} S$ . Mithin

in zwei Secunden durch einen Raum  $= \frac{2n \cdot (2n + 1)}{2} S$ ;

in drei Secunden durch einen Raum  $= \frac{3n \cdot (3n + 1)}{2} S$ ,

u. s. f.; und diese Räume stehen daher in folgendem Verhältnisse  $= n \cdot (n + 1) : 2n \cdot (2n + 1) : 3n \cdot (3n + 1)$  etc. Die Schwere wirkt aber ununterbrochen auf den Körper ein, mithin muß das Zeittheilchen, worin man für den Körper eine bloß gleichförmige Geschwindigkeit annimmt, unendlich klein seyn, und es müssen also auf eine Secunde unendlich viele Zeittheilchen gehen. Mithin drückt  $n$  eine unendlich grosse Zahl aus und ohne merklich zu fehlen, kann man daher  $n + 1 = n$ ;  $2n + 1 =$

$2n; 3n + 1 = 3n$  etc. setzen, wodurch sich obiges Verhältniß in  $n^2 : 4n^2 : 9n^2$  etc.  $= 1 : 4 : 9$  etc. verwandelt; d. h. die Räume verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten. Vergl. oben und §. 35. N. 3. Bei der gleichförmig beschleunigten Bewegung verhalten sich die Räume, welche ein Körper in einzelnen gleichen Zeittheilchen durchfällt, wie die ungraden aufeinander folgenden Zahlen:

Zeit.	1.	2.	3.	4.	5.
Raum.	1.	3.	5.	7.	9.

weil diese Zahlen die Differenzen der Quadrate 1, 4, 9 etc. sind, und sich die Räume dem obigen Gesetze zufolge, vom Anfange der Bewegung verhalten, wie die Quadrate der Zeiten:

Zeit.	1.	2.	3.	4.	5.
Raum.	1.	4.	9.	16.	25.

so folgt hieraus, daß der Raum, durch den ein Körper in jeder neuen Secunde fällt, den Raum der vorhergehenden Secunde um 2 Sec., d. i. um das Doppelte dessen, was er in der ersten Secunde gefallen ist, übertrifft. Vergl. oben, und mithin nehmen die Räume in jeder neuen Secunde um 31,250 Fuß zu.

6) Nehmen wir an, der Körper fiele in der ersten Secunde gerade 15 Fuß, und bezeichnen wir die gegebene Zeit mit  $T$ , und den aus dieser Zeit zu findenden Fallraum (Höhe) mit  $S$ ; so ist  $S = T \cdot 15$ . Umgekehrt sey uns die Fallhöhe bekannt, und wir suchten die dazu nöthige Zeit zu bestimmen; so ist  $T = \sqrt{\frac{S}{15}}$ . Es seyen uns ferner Fallhöhe und Fallzeit bekannt, und wir wollten mittelst beider die Geschwindigkeit  $C$  am Ende des Falles bestimmen.  $C = 30 \cdot T$ . Vergl. oben. Denn dieselbe Kraft,

welche den fallenden Körper in der ersten Secunde durch einen Raum  $= S$  getrieben, und ihm dadurch eine Endgeschwindigkeit  $= x$  ertheilt hat, wird auch in jeder neuen Secunde dieselbe Wirkung auf ihn ausüben, mithin auch seine Geschwindigkeit um  $x$  vermehren. Dieses  $x$  wird daher gefunden, wenn wir von dem Raume, welchen der Körper in der zweiten Secunde durchfällt  $S$  abziehen. Er fällt aber (laut N. 5.) in der zweiten Secunde durch einen Raum  $= 5 S$ ; mithin ist  $x = 3 S - S = 2 S$ ; und da sich die Geschwindigkeiten fallender Körper verhalten wie die Zeiten, so ist die Endgeschwindigkeit der zweiten Secunde  $= 2 x = 4 S$ ; der dritten Secunde  $= 3 x = 6 S$ ; der  $m$  Secunde  $= m x = 2 m S$ . Gienge also ein Körper nach einem Falle von  $m$  Secunden mit gleichförmiger Geschwindigkeit fort, so würde er sich in einer Secunde durch einen Raum  $= 2 m S$ ; also in  $m$  Secunden durch einen Raum  $= 2 m^2 S$  bewegen, oder dem §. 49. ausgesprochenen Gesetze Folge leisten.

7) RICCIOLI fand durch seine oben erwähnten Versuche

	in	0 Sec.	50 Tertien	10 Fufs (röm.)	Fallhöhe
	1	—	40	—	40
	2	—	30	—	90
	3	—	20	—	160
	4	—	10	—	240

Ferner

	in	1 Sec.	—	—	15	—
	2	—	—	—	60	—
	3	—	—	—	135	—
	4	—	—	—	240	—

8) Rücksichtlich des §. 35. N. 3. ausgesprochenen Gesetzes vergl. man noch: GALLILEO GALLILEI discorsi e dimostrazione mathematicae intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica ed i movimenti locali. L. B. 1638. 4.; ferner in dessen Opere. Firenze 1719. 4. II. p. 429 u. a. a. O. — Ferner EVANGELISTA TORRICELLI (ein Schüler des GALLILEI) de motu gravium naturaliter descentium et projectorum. Florent. 1641. 4.

## §. 50.

Da die Geschwindigkeiten fallender Körper während des Fallens unausgesetzt wachsen, und sich überhaupt (§. 34. N. 12. zufolge) bei gleichen Massen wie die Endgeschwindigkeiten oder wie die Quadratwurzeln der Höhen verhalten; so wird ein Körper, der z. B. neunmal so hoch herabfällt als ein anderer, dreimal so viel Gewalt gegen seine (werdende) Unterlage ausüben. Verhalten sich die Endgeschwindigkeiten bei zwei Körpern von verschiedener Höhe, umgekehrt wie die schweren Massen, so werden beide Körper gleiche Gewalt ausüben.

1) Ein Gewicht von 10 Pfund, das aus einer Höhe von 15 Fufs fällt, wird eine noch einmal so geringe Gewalt ausüben, als ein gleiches Gewicht, welches aus einer Höhe von  $15 \cdot 4 = 60$  Fufs herab fällt. Hingegen wird ein Gewicht von 3 Pfund das aus einer Höhe von 15 Fufs fällt, nicht mehr Gewalt ausüben, als ein Gewicht von 1 Pfund, welches aus einer Höhe von  $15 \cdot 9 = 135$  Fufs fällt.

(11<sup>2</sup>)

2) Eine Bleikugel, die beim freien Falle von einer gewissen Höhe ein Brett durchschlägt, übt nicht mehr Gewalt aus, als wie ein Stück Unschlittkerze welches (mit grösserer Geschwindigkeit) aus einer Flinte gegen das Bratt geschossen wird. Eine Thonkugel die gmal so hoch herabfällt als wie eine Bleikugel, ist dieser in ihrer Wirkung (fast) gleich.

## §. 51.

Auf gleiche Weise wie die Schwere die Bewegung frei fallender Körper beschleunigt, so wird sie auch entgegengesetzt die Geschwindigkeit eines lothrecht in die Höhe geworfenen Körpers vermindern, bis sie endlich = 0 wird; ist dieses erfolgt, so wird der Körper wieder fallen, und dadurch dieselbe Geschwindigkeit erreichen, mit welcher er in die Höhe geworfen wurde. Ueberhaupt gelten bei der gleichförmig verminderten Bewegung dieselben Gesetze, die bei der gleichförmig beschleunigten statt finden, und ist daher der Raum bekannt, den der Körper während der ersten Secunde seines lothrechten Aufsteigens zurücklegt, so läßt sich hieraus in Verbindung mit jenen Gesetzen bestimmen; a) die Wurfgeschwindigkeit; b) die Zeit, welche er nöthig hat, um seine ganze Wurfgeschwindigkeit zu verlieren; und c) die Höhe, zu der er aufsteigt, bevor er seine ganze Geschwindigkeit verliert.



1) Ein Körper steige in der ersten Secunde seines lothrechten Wurfs  $9 \cdot 15 = 135$  Fufs hoch, so wird er überhaupt 5 Secunden lang, und  $5^2 \cdot 15 = 375$  Fufs hoch steigen.

Denn in der 1sten Sec. steigt er gmal 15 Fufs  $= 135$  Fufs.

$$2 - - - - 7 - 15 - = 105 -$$

$$3 - - - - 5 - 15 - = 75 -$$

$$4 - - - - 3 - 15 - = 45 -$$

$$5 - - - - 1 - 15 - = 15 -$$

mithin in 5 Secunden -- 25mal 15 Fufs  $= 375$  Fufs.

2) Daher läßt sich bei einem lothrecht in die Höhe geworfenen Körper, aus der Zeit seines Ausenbleibens, die Höhe zu der er gestiegen war (den Luftwiderstand, so wie bei dem Falle bei Seite gesetzt) berechnen. Ist er  $n$  Secunden ausgeblieben, so ist die Höhe  $= \frac{1}{2} n^2 S$ . Vergl. §. 49. N. 6. — MERSENNUS und MOUTIER's Versuche Kanonenkugeln senkrecht in die Höhe zu schießen. Ob ein von der Erde aus geworfener Körper sich ganz von ihr zu entfernen, und eine eigene Bahn zu beschreiben vermögte? Vergl. man v. ZACH's monatl. Correspondenz d. E. u. H. K. B. VII. S. 153. u. s. f.

§. 52.

Wird ein Körper in einer schiefen Richtung AC (Fig. 4.) geworfen, so nöthigt ihn die Schwere, die in Richtungen auf ihn wirkt, welche fast senkrecht auf die horizontale Ebene AB gehen, von der geradlinigten Richtung AC abzuweichen, eine krumme Linie ADG zu beschreiben, welche (VON GALILEI zuerst) näher unter-

sucht, derjenige Kegelschnitt ist, den man in der höheren Geometrie eine Parabel nennt, deren Scheitel in dem höchsten Punkte, für diesen Fall in D liegt, und endlich bei B auf die horizontale Ebene zu fallen. Wird der Körper hingegen in einer horizontalen Richtung geworfen, z. B. DF der erwähnten Fig. 1. so wird er von der Schwere abgelenkt eine krumme Linie beschreiben, welche nur die Hälfte einer Parabel DA darstellt, deren Scheitel im ersten Wurfspunkte D liegt.

1) Aus dem ersteren folgt klar, daß sich ein geworfener Körper, auch nicht einen Augenblick hindurch in völlig geradlinigter Richtung bewegen kann, sondern daß er mehr oder minder von der geraden Linie seiner ursprünglichen Richtung abweichend, unmittelbar anfangen muß, sich gegen die Erde zu neigen. Nur einige jedoch auch nicht vollkommene Ausnahmen kommen vor, wenn z. B. eine Kugel eine drehende Bewegung um ihre Axe bekommen hat, oder wenn ihre Gestalt etwas länglicht und gebogen ist, denn in diesen Fällen kann sie nicht nur seitwärts, sondern auch für eine kurze Zeit selbst aufwärts abweichen.

2) Die Entfernung AB in der obigen Fig. nennt man die Wurfweite (*amplitudo jactus*); DE die Wurfhöhe der Bahn des geworfenen Körpers. Der Winkel CAB heißt der Erhebungs- oder Elevationswinkel, und die Zeit, in welcher der Wurf (Schuß) die Bahn ADB vollendet die Flugzeit.

3) Die Wurfweite, die Höhe der Bahn, der Elevationswinkel etc. haben ein gewisses bestimmtes Verhältniß zu einander, so daß, wenn zwei von ihnen bekannt sind, dadurch auch die übrigen leicht gefunden werden können. Ist das übrige gleich, so ist die größte Entfernung, bis zu welcher z. B. ein Schuß auf einer wagerechten Linie kann getrieben werden, dann gegeben, wenn der Erhebungswinkel der Hälfte eines rechten Winkels oder 45 Graden gleich ist.

4) Geworfene Körper würden vollkommene Parabeln beschreiben, wenn nicht gewisse Umstände Einfluß auf sie hätten, welche mehr oder minder bedeutende Abweichungen von der wahren parabolischen Bahn zur Folge haben. Vorzüglich giebt es drei Ursachen, welche jene Bahn modificiren: a) weil die Schwere nicht in senkrecht auf den Horizont gehenden Richtungen wirkt; b) weil (wie in der Folge gezeigt wird) die Schwere nach Verhältniß der Quadrate der Entfernungen vom Mittelpunkt der Erde abnimmt; und vorzüglich c) der Widerstand der Luft; welcher nach Maafgabe ihrer Wärme, Dichtigkeit, wellenförmigen Bewegung etc. sehr verschieden ist, und daher nie genau (bei Berechnungen) berücksichtigt werden kann, sondern zum Theil durch Erfahrung ausfündig gemacht werden muß. Oefters beträgt der Widerstand 20—30 mal soviel als der Widerstand des Schusses, und die wagrechte Schußweite ist oft viel geringer als der zehnte Theil von dem, was sie, nach der parabolischen Theorie seyn sollte. Bei einerlei Erhebungswinkel verhalten sich der Erfahrung gemäß, die wagerechten Wurfweiten zu einander, wie die Quadratwurzeln der anfänglichen

Geschwindigkeiten und die Flugzeiten wie die Wurfweiten; da der Theorie zufolge, die Zeiten sich wie die Geschwindigkeiten und die Wurfweiten wie die Quadrate der anfänglichen Geschwindigkeiten verhalten sollten. Nach ROBINS ist wenig Vortheil zu erwarten, wenn man einen Körper mit grösserer Geschwindigkeit, als wie von 1200 Fufs in einer Secunde wirft. Wird ein Schufs von 24 Pfund in einer Secunde mit einer Geschwindigkeit von 2000 Fufs geworfen, so ist der Luftwiderstand so grofs, dafs wenn er ohngefähr bis 1500 Fufs vorgerückt ist, seine Geschwindigkeit bis zu derjenigen von 1200 in einer Secunde reducirt wird. Weitere Berechnungen der Bahnen etc. gehört für die Artillerie.

B) *Vom Schwerpunkte.*

§. 53.

II. Versuch. Man unterstütze einen freien festen oder tropfbarflüssigen Körper, so wird er in dem Bestreben der Schwereanziehung zu folgen gehindert vor dem Fallen gesichert seyn; dieses wird aber auch statt finden, wenn die Unterstützung nicht die ganze Unterfläche des festen Körpers, sondern nur einen gewissen Punct, den Schwerpunct oder Mittelpunct der Schwere (Centrum gravitatis) trifft, dessen Richtung man dadurch findet, dafs man den zu unterstützen Körper auf der möglichst räumlich beschränkten Unterlage so lange hin und her bewegt, bis die entgegengesetzten Seiten des Körpers, ein-

ander im Gleichgewichte halten. Es kann sich dann der Körper auf keine Seite neigen, ohne die entgegenstehende zu heben; und da dieser im gleichen Verhältnisse steht, so heben ihre Wirkungen einander auf, und der Körper bleibt in Ruhe.

1) Denkt man sich einen Körper nach jeder seiner drei Dimensionen durch eine Ebene in zwei Theile getheilt, welche einander im Gleichgewicht halten, so ist der Punct in welchem die drei Theilungsebenen sich schneiden, der Schwerpunct; es ist aber nicht nöthig, daß der Körper unmittelbar in demselben unterstützt werde (welches öfters z. B. bei der Kugel, wo der Schwerpunct zugleich der Mittelpunct ist, bei der Pyramide und bei dem Kegel, wo er in der Axe in der Entfernung von  $\frac{3}{4}$  derselben von der Spitze, so wie bei der Halbkugel wo er  $\frac{3}{8}$  in der Höhe der senkrechten Linie, aus dem Mittelpuncte der Grundfläche gezogen liegt unmöglich ist, sondern er ist schon vollkommen vor dem, bloß von der Schwere herrührenden Umfallen gesichert, wenn die mittlere Richtung aller schweren Theile des Körpers, oder die Directionslinie des Schwerpunctes nur innerhalb der Unterstützungsfläche fällt, und die ihn umgebenden Theile gehörig unterstützt sind. Jeder Körper steht in diesem Falle vielmehr sicherer, als wenn er bloß im Schwerpunct unterstützt ist; weil dann eine kleine Neigung des Körpers den Schwerpunct aus der Richtung der Unterstützung herausbringt. Liegt aber die Verticallinie, vom Schwerpuncte gezogen ausserhalb der Unterstützung, so fällt der Körper nach der Seite hin,

wo der Schwerpunkt liegt; dem Gesetze zufolge: daß der Schwerpunkt eines aufgehängten beweglichen, oder sonst frei beweglichen Körpers, und mit ihm (der in seinen Theilen zusammenhängende) Körper selbst, immer so tief wie möglich herabsinkt, und deshalb unter allen Stellen des Körpers stets die niedrigste einnimmt, die er erhalten kann, ohne vorher zu steigen. — Ein Tisch auf drei Füßen steht fester als einer auf viere, weil jene allemal in einerlei Ebene fallen, während dieses bei dem mit viere nur der Fall ist, wenn die Füße gleich lang sind, und der Boden völlig wagerecht ist.

2) Sehr dünne Scheiben kann man als schwere Ebenen betrachten (ohnerachtet es solche im geometrischen Sinne nicht geben kann), und daher von dem Schwerpunkte eines Dreiecks, eines Kreises, einer Ellipse etc. reden. Zieht man aus zwei Winkeln eines Dreiecks auf die Mitte der gegenüberstehenden Seitenlinien gerade Linien, so ist der Durchschnittspunkt dieser Linien der Schwerpunkt des Dreiecks (bei dem Kreise ist es der Mittelpunkt) und zieht man aus einem der Winkel des Dreiecks eine gerade Linie auf die Mitte der gegenüberstehenden Seitenlinie, so liegt der Schwerpunkt in dieser Linie um  $\frac{2}{3}$  von dem Winkel entfernt, aus dem man die Linie zog. Bei dem Cylinder und bei dem geraden Prisma liegt der Schwerpunkt in der Mitte der Axe.

3) Bei allen festen Körpern liegt der Schwerpunkt so, daß wenn alle auf der einen Seite liegenden denkbaren Theile, durch ihre Entfernungen davon multiplicirt werden, die Summe dieser Producte gleich ist, der Summe ähnlicher Producte der Theile und

Entfernungen auf der anderen Seite desselben. Die Unterlage, welche den Schwerpunct eines Körpers unterstützt, trägt daher das ganze Gewicht desselben. Ein fallender Balken übt einen grösseren Druck gegen die werdende Unterlage aus, wenn er mit seiner Mitte, als wenn er mit einem der Enden aufstößt.

5) Bei gleichartigen regelmässig gestalteten Körpern, ist die Bestimmung der Lage des Schwerpunctes nicht schwierig, und kann nach vorangegangener Messung durch Berechnung gefunden werden. Bei Körper von ungleichartiger Beschaffenheit und unregelmässiger Gestalt hingegen, hält diese Art von Ausmittelung sehr schwer und wird oft unmöglich. In solchen Fällen bleibt nur der Versuch selbst zur Ausföndigmachung übrig. Ändert sich bei einem Körper seine Masse, oder wird sie anders vertheilt, so ändert sich auch die Lage des Schwerpunctes. — Hierher gehört das chinesische Burzelmännchen.

6) Die Anwendung der Theorie des Schwerpunctes bietet Erklärungen für sehr viele natürliche Phänomene, Versuche und Vorfälle im gemeinen Leben dar. Hieher gehören a) der Mechanismus des Stehens, Gehens, der verschiedenen Beugungen der Menschen und der Thiere. Das Vorrücken mit dem Oberleibe und Zurückziehen der Füße beim Aufstehen, die Geschicklichkeit der Gemsen etc. Vergl. PETRUS BORELLUS de motu animalium. Hagae 1743. 4. I. c. 18—22. DESAGULIERS course of experimental philosophy. II. §. 44. b) die schiefe Stellung einiger Thürme zu Pisa und Bologna; vergl. CASATUS mechanica. L. B. 1684. 4. I. c. 9. Das gelinde Schwanken hoher Thürme ohne umzufallen, z. B. die beiden Thürme vor der Moschee im Garten zu

Schwetzungen, die Künste der Balanceurs und Aequilibristen; vergl. GEHLERS phys. Wörterb. Th. III. S. 953. Die Einrichtung und Wirkung eines Wegemessers oder Hodometers. Vergl. SIGARD DE LA FOND élémens de physique. T. II. §. 277; dessen Anweisung zur Experimentalphysik. §. 122. a. Die Rolllampe des CARDANUS. vergl. a. l. a. O. §. 76. Das Hinaufsteigen eines Cylinders auf einer schiefen Ebene. Vergl. DESAGULIERS a. a. O. II. §. 38. und A. G. KÄSTNER im I. B. S. 113. der deutschen Schriften d. Königl. Soc. der Wiss. zu Göttingen. Das scheinbare Hinaufrollen eines doppelten Kegels, über zwei schiefe Flächen; vergl. G. W. KRAFT in den comment. Petrop. T. VI. S. 389. Verschiedene Spielwerke z. B. Männchen von Kork oder Hollundermark mit Blei; kleine hölzerne Seiltänzer etc.; vergl. SCHWENTER'S mathematische Erquickstunden; B. I. Th. 9. Aufgabe 5. 6. 7. — Je breiter übrigens die Grundfläche eines Körpers ist, um so fester steht er. c) die verschiedenen Stellungen beim Lastentragen, Tanzen, Springen etc. Bei jedem Körper gleicher Dichte, fällt der Schwerpunkt (in diesem Falle Centrum massae) mit dem Mittelpunkte seiner Grösse (Centrum magnitudinis, figurae) zusammen.

Vom Hebel.

§. 54.

III. Versuch. Einen geraden unbiegsamen Stab (Stange oder Stock), unterstütze man so, daß so viel wie möglich nur sein Schwerpunkt eine Unterlage (Hypomochlium) erhält, ohne diese



mit der Masse des Stabes selbst auf irgend eine Weise zu verbinden; so werden sich die beiden zur Seite des Schwerpunctes liegenden Enden des Stabes, dadurch dafs sie eine zusammenhängende feste Masse ausmachen, gegenseitig daran verhindern zu fallen, indem jedes Ende das andere mit gleicher Energie zu heben strebt. Man nennt diese Vorrichtung einen (physischen) Hebel (Vectis), und das angegebene Verhältnifs der beiden Enden (Ärme), das Gleichgewicht des Hebels; welches nur dann aufgehoben werden kann, wenn der eine Arm durch Vergrösserung seines Gewichts, den Schwerpunct des Stabes nach seiner Seite hingerückt erhält; und fällt indem er den anderen zu steigen, d. i. der Richtung der Schwere sich entgegen zu bewegen nöthigt.

1) Denken wir uns statt des Stabes eine gerade unbiegsame Linie, ohne alle Schwere, AB Fig. 5. in irgend einem Puncte C unterstützt, und an beiden Enden A und B mit Gewichten P und Q beschwert, so kann keines der Gewichte fallen, ohne das andere zu heben, und dieses würde erfolgen, wenn P (Kraft) oder Q (Last) vergrössert werden. Man nennt diesen zum Unterschiede des physischen mit schweren Armen versehenen, einen mathematischen oder einfachen Hebel (Vectis geometricus), und das Gleichgewicht desselben ist gegeben, wenn Kraft und Last (P und Q) ein gleiches Bestreben haben, den Hebel um den Punct C zu drehen, weil

dann wie beim physischen Hebel ihre Wirkungen einander aufheben. Dieses gleiche Bestreben beider Arme kann aber nur dann eintreten, wenn  $P = Q$  und  $CA = CB$  oder  $P \cdot CA = Q \cdot CB$  ist. Denn wäre z. B. der Arm  $CB$  länger als wie  $CA$ , so würde bei wirklich eintretender Drehung, auch die Geschwindigkeit des Arm's  $CB$  mit seinem Gewichte  $Q$  grösser seyn, als die von  $CA$  mit  $A$ ; weil wie leicht einzusehen ist, die Geschwindigkeiten der Gewichte  $P$  und  $Q$  sich wie die Bogen  $Aa$  und  $Bb$ , oder wie die Arme  $CA$  und  $CB$  verhalten, und im obigen Falle der längere Arm  $CB$  in derselben Zeit einen grösseren Bogen als  $CA$  beschreibt. Die Wirkungen beider Arme werden daher nur einander gleich seyn, wenn ihre Bewegungsgrössen oder statischen Momente d. i. die Producte ihrer Massen und Geschwindigkeiten einander gleich sind; sind die Längen der Arme ungleich, so müssen sich die Gewichte umgekehrt verhalten wie ihre Arme, und muß  $P : Q = CB : CA$  seyn, wenn das Gleichgewicht hergestellt werden soll.

2) Sofern der eine Arm nicht beweglich ist, ohne daß der andere in entgegengesetzter Richtung zugleich bewegt werde, so wirkt das Bewegende in  $c$  dem Bewegenden in  $b$  als Kraft oder Last, und eben so das Bewegende in  $b$  dem in  $c$  entgegen. Der Hebel ist aber nur von seinem Trage- oder Bewegungspuncte (Centrum motus, actionis)  $C$  aus beweglich, und  $b$  kann mithin indem es  $c$  zu bewegen strebt, auch nur von  $C$  aus wirken, also indem es  $b$  zu bewegen (heben) strebt. In  $C$  wirkt mithin sowohl  $b$  auf  $c$  als  $c$  auf  $b$ , und da das Hebelende  $b$  in gleicher Zeit einen fast doppelten Raum zu durch-

laufen hat, als  $c$ , so muß auch das Bewegende in  $c$  fast doppelt so viel leisten als das in  $b$ , wenn das Gleichgewicht eintreten soll. — Das ganze thätige Universum und jeder einzelne Organismus kann unter dem Schema unendlich vieler nach Gleichgewicht strebenden, sich aber dadurch stets gegenseitig störenden Hebel aufgefaßt werden, wo den Erfahrungen die näheren Bestimmungen von  $P$  und  $Q$  im Verhältniß zu  $C$  (dem Daseyn, der Substanz) liefern müssen.

3) Diese beschriebene Art von Hebel nennt man den Doppelarmigen oder den Hebel der ersten Art (*vectis heterodromus, primae speciei*). — Beispiele solcher physischen Hebel geben die gemeine Krämerwaage, die römische oder Schnellwaage, der Geißfuß der Maurer, die Hebebäume, die Zangen und Scheeren; — im Gegensatze des Hebels der zweiten Art oder des einarmigen (*Vectis secundae speciei, homodromus*), welcher entsteht, wenn Kraft und Last auf einer Seite liegen, und der Hebel sich um seinen Endpunct frei herumdreht. Auch hier gilt das obige Gesetz; das Gleichgewicht entsteht, wenn die Gewichte sich umgekehrt verhalten, wie ihre Entfernungen vom Unterstützungspuncte, bei ihren Wirkungen nach entgegengesetzter Richtung, das eine nach oben, das andere nach unten zu wirksam gedacht. Es liegt bei dieser letzteren Art von Hebel die Last entweder in der Mitte, zwischen dem Ruhepuncte und der Kraft, z. B. ein Schiffsruder, ein Schiebkarren etc.; oder die Kraft zwischen dem Ruhepunct und der Last, z. B. eine Sense, Schaufel, der Arm eines Menschen wenn er eine Last hebt etc.

4) Die Gesetze des geradlinigten Hebels lassen sich auch auf den gebrochenen oder Winkelhebel (*Vectis angularis*) und auf Fälle wo Kraft und Last schief auf den Bewegungspunct wirken, und wo das Gleichgewicht eintritt, wenn Kraft und Last sich umgekehrt wie die Perpendikel aus dem Unterstützungspuncte auf die Richtungen der Kräfte verhalten, so wie auf die Rolle oder Scheibe (*Trochlea*) den Flaschenzug (*Polyspastus*) und das Rad an der Welle (*Axis in peritrochio*) anwenden, wie dieses die angewandte Mathematik lehrt.

5) Ueber die Gesetze des Gleichgewichts, wenn die Kräfte in schiefen Ebenen auf den Hebel wirken vergl. man: KÄSTNER's Dissertat. betit. *Vectis et compositionis virium theoria evidentius exposita*. Lips. 1753. 4. Uebrigens vermag jede senkrecht auf den Hebel wirkende Kraft, bei sonst gleichen Umständen mehr, als eine deren Wirkung in schiefer Richtung auf den Hebel geht.

6) Um den physischen Hebel wo das Gewicht der Arme selbst zu berücksichtigen ist, auf einen mathematischen zu reduciren, nimmt man das bekannte Gewicht der Arme, als in dem Schwerpuncte des Hebels vereinigt an; und berechnet dann aus der Entfernung dieses Schwerpunctes vom Ruhepuncte; um wieviel das Gewicht des kürzeren Arms erhöht werden soll. Versuche mit der LEUPOLDSchen Universalwaage können dann zur Bestätigung dienen. Auch gehört hieher der Versuch, an einen auf einen scharfkantigen Tisch gelegten Stock ein mehr oder minder grosses Gewicht aufzuhängen; ferner ein grosses Gewicht an das eine Ende einer langen thöner-

nen Tabakspfeife, die frei auf eine schmale Stuhllähne gelegt ist, zu hängen und mit dem gegenüber schwebenden Pfeifentheile im Gleichgewicht zu halten; einen Eimer voll Wasser, an die Klinge eines Messers das frei auf einem Tische liegt aufzuhängen etc. Vergl. SIGAUD a. a. O. §. 281; und dessen Anleitung zur Experimentalphys. §. 124. — Ueber die Anwendung der Lehre vom Hebel auf die Bewegung der Gliedmassen, und der durch sie zu überwältigenden Lasten vermittelt der Muskeln; vergl. P. BORELLI a. a. O. §. 281. 5. und GEHLER's phys. Wörterb. Th. III. S. 295. u. s. f.

7) Eine für den Physiker und Chemisten vorzüglich interessante Anwendung der Gesetze des Hebels, ist die auf die Einrichtung der Waagen (Libra, Statera Bilanx). Gewöhnlich bedient man sich der gleicharmigen, und setzt bei ihrem Gebrauche, vorzüglich bei chemischen Arbeiten voraus, daß sie folgenden (durch Prüfung zu bestimmenden) Erfordernissen entsprechen. Sie müssen vor allem den gehörigen Grad von Empfindlichkeit haben und richtig seyn. Daher müssen die Arme des Waagebalken genau von gleicher Länge seyn, und beim Verwechseln der Schaaalen dieselbe Richtigkeit zeigen. Je länger die Arme sind, um so empfindlicher ist (bei übrigens gleichen Umständen) die Waage; je senkrechter die sogenannte Zunge beim Gleichgewicht der Waage steht, und je genauer sich diese Stellung durch scharfe Zuspitzung der Zunge bemerken läßt, um so eher sind richtige Wägungen möglich. Eine Waage die zwei Pfund zieht, muß auch noch einen halben Gran angeben können. Sehr genaue Waagen der Art sind die Probierwaagen, deren man sich in der

Probierkunst und bei der chemischen Analyse zur Gewichtsbestimmung der ausgeschiedenen Bestandtheile bedient. Eine solche höchstens nur mit 200 Gran zu beschwerende Waage, muß noch 0,02 Gran genau angeben. Eine höchst empfindliche Waage von RAMSDEN beschreibt ROZIER im Journal de Physique, Aout 1788, welche 10 Pfund tragen und dabei nach  $\frac{1}{1000000}$  anzugeben vermag. LÜDECKE'S Waage von einer besonderen Einrichtung (vergl. GILBERTS Annal. I. 2. S. 121.) wo ein nach unten stehender Zeiger das Gleichgewicht anzeigt, giebt um  $\frac{1}{43585}$  des Gewichts einer Schale Ausschlag. Bei LEUPOLD (in seinem Theatrum staticum universale. Lips. 1726.) findet man genaue Beschreibungen der Waagen. Die Wahl des Metalls woraus die Arme verfertigt werden ist nicht gleichgültig; Stahl leidet sehr vom Rost und wird auch durch (in der Folge zu berührenden) Einfluß des Magnetismus, im Gleichgewichte gestört; man zieht daher in neuern Zeiten gutes Messing vor. Die Schalen können von Messing, Silber, Horn oder Elffenbein seyn, und werden beim Wägen scharfer angreifender Substanzen nicht unmittelbar belegt, sondern Glasschälchen die vollkommen gleiches Gewicht haben darauf gestellt. Die Gewichte müssen genau justirt seyn; gewöhnlich verfertigt man sie von Messingblech, da dieses aber in feuchter Luft oxydirt wird, so ist es wenigsten bei den kleineren Gewichten zweckmässiger, sie entweder vergolden oder von feinem Silber verfertigen zu lassen. Jede Waage muß reinlich gehalten (Probierwaagen bewahrt man in Glasschränken auf), und vor jedesmaligem Gebrauche genau gesäubert und auf ihre Richtigkeit durch kleine Versuche geprüft werden.

## D) Von der Bewegung auf der schiefen Ebene.

## §. 55.

Jede Ebene die mit einer Horizontalebene einen schiefen Winkel macht, oder auf der Richtung der Schwere schief steht, ist eine geneigte, inclinirte oder schiefe Ebene (Planum inclinatum). In der Mechanik macht man von ihr häufigen Gebrauch zur Bewegung der Lasten, die sie erleichtert, indem sie einen Theil der Last trägt. Mehr zusammengesetzt ist die Wirkung des Keils, den man als eine doppelte schiefe Ebene betrachtet, wo nicht nur die Last auf der schiefen Ebene, sondern auch die doppelte schiefe Ebene selbst gegen die Last bewegt wird, und wo die Kraft (die Last) rücksichtlich ihrer Grösse und ihrer Richtung, sich nicht mit der Genauigkeit wie bei der Schwere bestimmen läßt.

1) Auch die Schraube (vergl. vorig. §.) bildet eine Art schiefer Ebene, deren genaue Kraftbestimmung nicht minder schwierig ist, als die des Keils. Die Theorien beider als Werkzeuge der Kunst, gehören für die angewandte Mathematik.

2) Im gemeinen Leben macht man von mehreren keilförmigen Werkzeugen z. B. Nägel, Messer, Scheeren, Nadeln, Meißel, Spaten, Sichel, Zugmesser, Sensen etc. häufigen Gebrauch.

## §. 56.

IV. Versuch. Man stelle einen glatten Würfel oder einen andern nicht runden festen Körper, auf ein glattes horizontal liegendes Brett; er wird so lange vollkommen ruhig bleiben, als das Brett die Directionslinie des Falles seiner Masse lothrecht unterstützt. Hebt man aber das Brett an dem einen Ende so in die Höhe, daß es die Richtung einer schiefen Ebene darstellt, so wird es nur einen Theil des Druckes aufhalten, während der andere Theil den Körper längs der schiefen Ebene hinab treibt. Je kleiner die Neigung der schiefen Ebene gegen den Horizont wird, mit desto grösserer Gewalt wird der Körper hinabgetrieben werden; je mehr hingegen jene Neigung wächst, um desto mehr wird er von der schiefen Ebene unterstützt, und mithin mit desto geringerer Gewalt hinabfallen. Eben so wird auch, um die Bewegung des Körpers auf der schiefen Fläche aufzuhalten, die dazu nöthige Kraft, um so kleiner als das absolute Gewicht des Körpers zu seyn brauchen, je mehr die Ebene geneigt ist; und um so grösser je weniger diese geneigt ist. Ueberhaupt wird sich das relative Gewicht eines Körpers, welches denselben längs der schiefen Ebene hinabtreibt, zu seinem absoluten Gewichte verhalten, wie die Höhe



der schiefen Ebene zu ihrer Länge. Wählt man statt des eckigen Körpers eine Kugel zu diesem Versuche, so wird sie hinabrollen (indem die Directionslinie ihres Schwerpunctes ausserhalb der unterstützten Fläche fällt, und sie nur in einem Punkte die schiefe Ebene berührt, so schlägt sie fortdaurend um; auch der Cylinder rollt so herab, wenn er auf der schiefen Ebene so liegt, daß seine Axe, mithin auch seine Seite — oder eine auf seiner krummen Fläche mit der Axe parallel laufende Linie — rechtwinklicht horizontal gegen die Richtung der schiefen Ebene liegt), auch selbst wenn gar keine (das Rollen befördernde) Reibung stattfände; während eckige Körper hinabgleiten.

1) Auch hohle Kugeln, aufgestellte Ringe etc. deren Schwerpunct (wie beim Trichter, hohlen Cylinder, gekrümmten Stabe u. m. a.) ausserhalb des Körpers selbst fällt, werden um so mehr auf der schiefen Ebene hinabrollen. Bei den hinabgleitenden Körpern, fällt die Directionslinie ihres Schwerpunctes innerhalb ihrer Unterstützungsfläche, und alle denkbaren Punkte eines solchen Körpers, gehen auch einzeln parallel mit der schiefen Ebene.

2) Auf einer schiefen Ebene MN Fig. 6., befinde sich ein schwerer Körper A; dieser würde wenn die Ebene ihn nicht daran verhinderte, dem freien Falle folgend, sich in der lothrechten Richtung AH bewegen. Bei seiner durch die schiefe Ebene erzwungenen Bewegung hingegen, wird er innerhalb einer

gewissen Zeit den Weg von A nach N beschreiben, dessen Raumlänge sich zu der in derselben Zeit in lothrechter Richtung vollendeten, verhalten würde, wie sich das Perpendikel AH zur Hypothenuse AN (oder auch wie der Sinus des Neigungswinkels N zum Sinus totus) verhält. Wäre z. B. AC die von dem Körper in einer gewissen Zeit zu durchfallende Bahn, und CB ein Perpendikel auf AN, so drückt die Seite AB des Parallelogramms ABCE den Weg aus, welchen der Körper in gleicher Zeit AN vermöge seiner zusammengesetzten Bewegung vom Scheitel A nach B beschreiben muß, in welcher er durch die Fallhöhe AC fallen würde. Der Aehnlichkeit der Dreiecke CAB und HAN wegen, ist  $AB : AC = AH : AN = \text{Sin. N} : \text{Sin. totus}$ . Der Weg AB ist mithin stets kleiner als AC, und man kann sich daher denken, als wäre die beschleunigende Kraft die den Körper von A nach N treibt von geringerer Grösse als wie die Schwere; indem nur ein Theil der Schwere jene Bewegung wirklich beschleunigt, welcher Theil durch AB (wenn man die Schwere mit AC bezeichnet) ausgedrückt, den Körper längs AN fortreibend die respective Schwere (Gravitas respectiva), oder das relative oder respective Gewicht (Pondus respectivum) genannt wird, während der andere Theil der Schwere AE die Ebene senkrecht drückt und von ihr aufgehalten wird. Will man die Bewegung des Körpers von A nach B u. s. f. verhindern, so muß man in entgegengesetzter Richtung in M eine Zugkraft auf ihn wirken lassen, die sich zu seinem Gewichte verhalten muß, wie  $AB : AC = AH : AN = \text{Sin. N} : \text{Sin. totus}$ ; was in obigem Versuche leicht durch einen rückwärts an den

fallenden Körper befestigten und mit Gewichten zu verbindenden Faden bestätigt werden kann.

3) Sofern der Körper auf der schiefen Ebene fällt, ist seine Bewegung auch eine gleichförmig beschleunigte, und die längs AN zurückgelegten Räume, verhalten sich ebenfalls wie die Quadratzahlen der verflossenen Zeiten; vergl. §. 35. N. 3. Die beschleunigende Kraft ist aber obigen Untersuchungen zufolge vermindert, und verhält sich zur unverminderten Fallkraft wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge; und mithin wird sich auch der Raum, den ein Körper auf der schiefen Ebene in einer Zeiteinheit zurücklegt, zu dem Raume des freien Falles in eben dieser Zeit verhalten, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge. Es läßt sich daher auch der Raum bestimmen, den ein Körper in derselben Zeit, welche er beim senkrechten Fall verwendet, in einer gegebenen schiefen Ebene durchlaufen wird, sofern die senkrechte Fallhöhe eines schweren Körpers in einer gegebenen Zeit bekannt ist (nämlich 15,625 Fuls in einer Secunde). — Verhalten sich nun die Räume AC, AH, die ein Körper in senkrechter Richtung durchfallen würde, wie die Quadrate der Zeiten, so müssen sich auch die Räume AB, AG (welche von dem Körper, nur mit einer geringeren Beschleunigung, auf der schiefen Ebene AN durchlaufen werden) eben so verhalten; woraus sich zugleich der Satz ergibt, daß wenn eines rechtwinklichten Dreiecks AGH Hypothenuse AH eine lothrechte Lage hat, ein Körper in eben der Zeit den Catheten AG durchlaufen muß, in welcher er durch die lothrechte Höhe AH fallen würde. Zieht man nun GL parallel mit AH, und HL parallel mit AG, so ist auch die Zeit

des Falles durch den Catheten GH des rechtwinklichten Dreiecks GHL der Zeit des Falles durch GL, und mithin auch durch AH gleich. Folglich durchläuft ein schwerer fallender Körper, jede Seite eines rechtwinklichten Dreiecks AGH in derselben Zeit, in der er senkrecht durch die Hypothenuse AH fallen würde.

4) Zu empirischen Beweisen der obigen Folgerungen bedient man sich (ausser der oben angegebenen einfachen Vorrichtung) einer ebenen glatten Tafel, die mit einer horizontalen in einem Gewinde zusammengefügt ist, so daß man sie in verschiedenen Winkeln neigen und erheben kann. Man legt auf diese Tafel eine um ihre Axe drehbare Walze, und befestigt die Axe (mittelst einer Klufthechsel) an eine Schnur, die parallel mit der schiefen Ebene, dann über eine Rolle läuft. Am anderen Ende dieser Schnur befestigt man das Gewicht, welches der Walze das Gleichgewicht halten soll; z. B. = 18 Quentchen. Verhält sich z. B. die Länge zur Höhe wie 2 : 1, so werden 9 Quentchen; verhält sie sich wie 3 : 1, 6 Quentchen; wie 6 : 1, 3 Quentchen der Walze das Gleichgewicht halten etc. Vergl. HILDEBRANDT a. a. O. S. 167. und MAYER's Exp. Phys. S. 104. u. s. f.

#### §. 57.

Aus dem Vorhergehenden folgt ferner, daß ein schwerer Körper, der sich nach irgend einer Sehne eines Halbkreises bewegt, die Sehnen im Halbkreise in derselben Zeit durchläuft, in welcher er bei dem freien Falle den senkrechten

Durchmesser des Kreises durchlaufen haben würde; und dafs ein auf mehreren aneinander hängenden schiefen Ebenen hinunterfallender Körper (vorausgesetzt, wenn er bei dem Uebergange von der einen zur anderen schiefen Ebene, nichts von seiner bereits erlangten Geschwindigkeit durch anderweitige Ursachen verliert) am Ende seines Falles dieselbe Geschwindigkeit besitzt, die er erhalten hätte, wenn er nach senkrechter Richtung in der Höhe vom Scheitel der ersten schiefen Ebene bis zur Grundlinie der letzten hinabgefallen wäre,

1) Man beschreibe um das rechwinklichte Dreieck ACB (Fig. 7.) einen Kreis, und ziehe eine Tangente in C, so ist der Winkel  $ACD = B$ ; mithin würde ein Körper in derselben Zeit durch einen Raum  $= BC$  d. i. den Durchmesser des Kreises durchfallen, in der er sich auf AC der Sehne des Kreises hinunter bewegt, und dieses gilt von jeder andern Sehne aus C.

2) Bewegt sich der schwere Körper durch mehrere aneinander grenzende schiefe Ebenen, wo jede in der Richtung etwas abweicht, so ist am Ende der ersten seine erhaltene Geschwindigkeit so grofs, als wenn er vertical von ihrem Scheitelpuncte bis zu ihrer Grundlinie gefallen wäre; am Ende der zweiten so grofs, als wenn er von der Grundlinie des ersten bis zur Grundlinie der zweiten in senkrechter Richtung

gefallen wäre; u. s. f. Seine erlangten Geschwindigkeiten sind also am Ende gleich, denen durch die Höhen der ersten + der zweiten + der dritten etc. schiefen Ebene beim lothrechten Falle erlangten Geschwindigkeiten; welche Höhen zusammen die zu ziehende senkrechte Linie, vom Scheitel der ersten bis zur Grundlinie der letzten schiefen Ebene, ausmachen. SIGAUD. a. a. O. I. §. 117.

## §. 58.

Fällt daher ein schwerer Körper in einer krummen Linie hinab, so wird er am Ende seines Falles eben die Geschwindigkeit erlangen, als wenn er von seinem Anfangspuncte der Bewegung, senkrecht auf die Horizontallinie, welche durch den untersten Punct der krummen Linie gezogen werden kann, hinabgefallen, oder durch die Chorde des Bogens niedergegangen wäre; vorausgesetzt wenn man die krumme Linie überhaupt, als die Durchschnittslinie aneinander grenzender schiefer Ebenen betrachtet. Vergl. §. 51. N. 6.

1) Nöthigt man einen schweren Körper sich, an einer schiefen Ebene aufwärts zu bewegen, so wird er mit einer gleichförmig verminderten Bewegung hinaufsteigen, und es werden dieselben Gesetze gelten, die früher (§. 51. N. 1.) beim senkrechten Aufsteigen schwerer Körper entwickelt wurden.

2) Gesetzt es befinde sich ein schwerer Körper in E (Fig. 7.) an dem einen Ende der kreisförmigen Fläche ECA, so wird er sich dem Vorhergehenden

zufolge) mit wachsender Geschwindigkeit auf der Fläche hinab bewegen, und bei C angelangend die größte Geschwindigkeit erhalten haben; vermöge welcher er fortgetrieben, sich an der gleichmässig gekrümmten Fläche CA in demselben Maasse vermindert hinaufbewegen wird, als wie er zuvor beschleunigt von E nach C gieng. Er steigt also so hoch, als er gefallen war, d. h. er durchläuft einen Bogen  $CA = EC$ . Von A fällt er wieder zurück, erhält in C wiederum die größte Geschwindigkeit, die ihn bis E treibt, von wo aus er wieder den vorigen Lauf beginnt, und so ins Unendliche fort, wenn er nicht nach und nach durch Luftwiderstand und Reibung gehemmt, kleinere Bogen beschreibe und so endlich ruhet.

E) *Vom Pendel.*

§. 59.

V. Versuch. Ein an einem Faden befestigter und mittelst desselben an einem (freie Bewegung gestattenden) Orte aufgehängter schwerer Körper, z. B. eine Kugel oder eine oben um einen Stift bewegliche Stange (die anstatt des Stifts auch an einem biegsamen Metallblättchen befestigt seyn kann), werde aus seiner lothrechten Richtung gebracht und dann dem Falle überlassen, so wird der schwere Körper am freien Falle verhindert, sich nur bis zu dem möglichst tiefsten Punkte senken, d. i. bis zu derjenigen Stelle, wo die Richtung des Fadens auf den Horizont

senkrecht ist, oder wo sich der Schwerpunct des schweren Körpers gerade unter seinem Aufhängepuncte (in der lothrechten Linie durch diesen Punct) befindet; tritt ihm hier kein Hinderniß entgegen (was ihn zu der für ihn sonst nur in dieser Lage möglichen Ruhe bringt) so wird er, vermöge der durch den Fall bis zu diesem tiefsten Puncte erlangten Geschwindigkeit, sich nach der entgegengesetzten Seite eben so hoch hinaufbewegen, als er zuvor gefallen war, und von hieraus wiederum fallend den tiefsten Punct erreichen, wo die aufs Neue erlangte größte Geschwindigkeit ihn, laut dem im vorigen §. N. 2. entwickelten Gesetze, bis zum Ausgangspuncte seiner Bewegung treibt und von hier aus die Bewegung wieder wie zuvor eintreten läßt u. s. f. Man nennt eine solche Vorrichtung ein (physisches oder zusammengesetztes) Pendel (Pendulum); es würde jene Hin- und Herbewegung — Pendelschwingung (Oscillatio, Vibratio penduli) genannt — unaufhörlich fortsetzen, und immer dieselben Kreisbogen beschreiben, wenn es nicht durch den Widerstand der Luft und durch Reibung nach und nach zur Ruhe käme.

1) Die Bewegung des Pendels vom Ausgangspuncte bis zum gleich hohen entgegen stehenden Puncte der anderen Seite, z. B. Fig. 7. von A nach E, heißt eine einfache oder halbe Schwingung (Oscil-



latio dimidiata, simplex); hingegen diejenige Bewegung der zufolge er vom Anfangspuncte ausgeht, den gleich hohen Punct gegen über erreicht, und dann wieder zum Ausgangspuncte zurückkehrt, eine ganze oder zusammengesetzte Schwingung (Osc. composita). Erfolgen die Schwingungen in gleichen Zeiten, so nennt man sie isochronisch (Oscillationes isochronae); die Dauer der (ganzen) Schwingung nennt man die Schwungszeit (Temp. oscillationis).

2) Denken wir uns den Faden des Pendels als eine (gewichtlose) unbiegsame, gerade Linie, und den Körper als einen schweren Punct, so erhalten wir die Vorstellung des einfachen oder mathematischen Pendels (Pend. simplex), von dem wir das obige zusammengesetzte Pendel (Pend. compositum) als in jedem Puncte der Linie gewichtig, mithin eine zusammenhängende Reihe vieler schwingender schwerer Puncte, d. i. vieler Pendel von verschiedener Länge unterscheiden.

3) Die Schwingungszeit hängt a) von der Grösse des Oscillations-, Aufhebungs- oder Elongationswinkels (Angulus elevationis, elongationis) AOC (Fig. 7); b) von der Länge des Pendels, die man beim einfachen Pendel von der Entfernung des Aufhängepunctes O vom schweren Puncte C rechnet; und c) von der nicht aller Orten der Erde gleich stark wirkenden beschleunigenden Kraft der Schwere ab.

4) Pendel bei denen Aufhebungswinkel, Länge und Schwere gleich sind, schwingen isochronisch; weichen hingegen zwei Pendel in einer dieser Bedingungen von einander ab so sind die Schwingungszeiten

ungleich. Bei gleicher Schwere und gleichen Elevationswinkel verhalten sich die Schwingungszeiten der Pendel wie die Quadratwurzeln ihrer Längen, und umgekehrt die Pendellängen wie die Quadrate der Schwingungszeiten. Bezeichnen wir die Zeiten mit  $T$  und  $t$  die Längen mit  $L$  und  $l$  so ist  $T^2 : t^2 = L : l$ , und mithin  $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$ .

5) Fiele der Körper  $A$  (Fig. 7) durch den Bogen  $AC$ , so ist zwar die Sehne dieses Bogens kürzer, aber sie weicht weniger von der Horizontallinie ab, als der obere Theil des Bogens; der durch den Bogen fallende Körper erlangt daher gleich anfänglich eine grössere Geschwindigkeit, und kommt dieser zufolge in  $C$  eher an, als wenn er in die Richtung der Sehne gefallen wäre. Die höhere Mechanik setzt den Unterschied beider Fallzeiten, durch den kleinen Bogen und durch dessen Sehne, gleich dem Verhältnisse des vierten Theils der Pheripherie zum Durchmesser d. i. wie 785 : 1000. Uebrigens läßt sich das bei der schiefen Ebene erläuterte Gesetz: daß ein Körper alle Sehnen eines Halbkreises in einerlei Zeit durchfällt, nicht vollkommen auf den Fall durch verschiedene Bogen ein und desselben Kreises anwenden, indem die Schwingungen hier nicht von vollkommen gleicher Dauer sind.

6) Sofern ein schwerer Körper in derselben Zeit die Sehne des Halbkreises (z. B.  $AC$  Fig. 7. vergl. §. 57. N. 1.) als den Durchmesser desselben durchfällt, so folgt, daß sich die Zeiten in denen er durch die Sehnen verschiedener Halbkreise fällt, verhalten wie die Quadratwurzeln ihrer Durchmesser. Dieses auf

Pendelschwingungen kleiner Bogen angewendet (von denen wir annehmen, daß das Verhältniß ihrer Schwingungszeit zur Fallzeit durch die Sehne auch bei den verschiedensten Kreisen desselben sey) läßt die Folgerung zu: daß sich die Schwingungszeiten verschiedener Pendel, wie die Quadratwurzeln der Durchmesser der Kreise, in deren Bogen sie schwingen verhalten; woraus denn, indem die Pendel selbst die Halbmesser sind, und diese sich wie die Durchmesser verhalten, das N. 4 ausgesprochene Gesetz folgt.

7) Die beiden Pendel  $CD$  und  $C\delta$  (Fig. 8) haben gleiche Elongationswinkel.  $AD$  und  $L\delta$  sind die Räume, durch welche sie mit einer für gleichförmig beschleunigt anzunehmenden Bewegung zu fallen genöthigt sind; bei der gleichförmig beschleunigten Bewegung verhalten sich aber die Räume wie die Quadrate der Zeiten vergl. §. 35. N. 3., mithin wird  $AD : \alpha\delta = T^2 : t^2$  seyn.  $AD$  und  $\alpha\delta$  sind zugleich ähnliche Bogen verschiedener Halbmesser, die sich verhalten wie die Halbmesser, mithin  $AD : \alpha\delta = CD : C\delta$ .  $CD$  und  $C\delta$  sind zugleich die Pendellängen, daher ist  $AD : \alpha\delta = L : l$ ; mithin  $T^2 : t^2 = L : l$  oder  $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$ . Es gilt dieses jedoch nur, wenn die Pendel an gleichen Orten der Erde schwingen; sind die Orte verschieden, so ist auch die Wirkung der Schwere aus später zu erläuternden Gründen verschieden, und bezeichnen wir das Verhältniß der Schwere zu den an verschiedenen Orten schwingenden Pendeln mit  $G$  und  $g$ , so erhält obige Formel folgende Gestalt:  $T : t =$

$$\sqrt{\frac{L}{G}} : \sqrt{\frac{l}{g}}$$

8) Dafs bei gleichen Elevationswinkeln und gleichen Orten, die Zahl der Schwingungen mit der Quadratwurzel der Längen (bei zwei schwingenden Pendeln) im umgekehrten Verhältnisse stehe, z. B. wenn die Zahl der Schwingungen doppelt so groß ist, die Pendellänge viermal kleiner seyn muß, folgt schon aus dem Obigen. Denn soviel wie die Dauer der Schwingungen in einer gewissen Zeit grösser ist, um soviel wird auch die Zahl der vollendeten einzelnen Schwingungen in derselben Zeit kleiner seyn müssen; d. i.  $N : n = t : T$ . Ist aber  $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$ , so ist auch  $N : n = \sqrt{l} : \sqrt{L}$ . Je kürzer das Pendel ist, um so schneller sind seine Schwingungen; je länger um so kürzer.

9) In dem Verhältnisse wie die Grössen der Schwingungsbogen wachsen, wird auch die Zeit des Schwunges (dem obigen zufolge) grösser werden, und nur bei sehr kleinen Bogen, sind die Pendelschwingungen merklich isochronisch. Nachstehende Tabelle zeigt die Zögerung an, welche aus der Zunahme der Schwingungsbogen, bei ein und demselben Secundenpendel (d. i. ein Pendel, welches innerhalb einer Secunde einmal hin und her schwingt), für einen Tag, an demselben Orte, in Vergleichung mit dem wahren Secundenpendel, welches, mathematisch genommen unendlich kleine Bogen beschreibt, entsteht. Die Zunahme der Bogen ist nach der Breite eines einfachen Schwunges und die Länge des Pendels zu 3 Fufs 8 Linien (paris.) bestimmt.

## Einfacher Schwung. Tägliche Verzögerung.

Zoll.	Linien.	Secunden.
0.	4.	0, 1.
0.	8.	0, 5.
1.	0.	1, 0.
1.	4.	1, 8.
1.	8.	2, 8.
2.	0.	4, 0.
2.	4.	5, 5.
2.	8.	7, 1.
3.	0.	9, 0.

u. s. w., wie leicht gefunden wird, wenn man die Zahl der Zolle mit sich selbst multiplicirt, da denn das Product die Secundenzahl angiebt, welche die tägliche Verzögerung ausdrückt. Schwingt mithin ein Pendel auf jeder Seite 4 Linien, also in einer Breite von 8 Linien, so ist es kein wahres Secundenpendel, da es täglich  $\frac{1}{2}$  Secunde zurückbleibt. Machte aber das Pendel nur einen Winkel von zwei Secunden oder  $\frac{1}{256}$  Linien, so würde die tägliche Verzögerung nur ein Milliontheilchen einer Secunde (oder in 2509 Jahren eine Secunde) betragen. Vergl. GREN a, a. O. S. 128 etc.; und DE LA LANDE Calcul astronomique, à Paris 1762. §. 253.

10) Sind die Elevationswinkel verschieden, und sollen die Schwingungen isochronisch seyn, so dürfen sie nicht in Kreisbogen, sondern sie müssen in der Cycloide erfolgen. Die höhere Mathematik führt (aus der Anwendung der Sätze vom Falle in der krummen Linie überhaupt auf die Cycloide) den Beweis, daß der Fall durch den endlichen Bogen der Cycloide eben so lange dauert, als durch den unend-

lich kleinen (weshalb sie auch die tautochronische Linie genannt wird), woraus denn folgt; daß die Zeit des ganzen Schwunges in der Cycloide (auch bei ungleichen Bogen) sich verhält zur Zeit des freien Falles durch die doppelte Länge des Pendels, wie der Umkreis zum Durchmesser. Vergl. HUGENS horologium oscill., P. II. pr. 25.

11) Die Gesetze des einfachen Pendels, lassen sich auf das zusammengesetzte oder physische Pendel anwenden, wenn man dieses zuvor auf das erstere reducirt hat. Jeder denkbare Punct oder Massenatom des physischen Pendels wird nämlich von der Schwere afficirt, und befindet sich in Vergleichung mit den übrigen in einer verschiedenen Entfernung vom Aufhängepuncte; es muß daher um jene Anwendung möglich zu machen, zuvor die Frage beantwortet werden, wie groß die Länge eines einfachen Pendels seyn würde, dessen Schwingungszeit der bereits gegebenen Schwingungszeit eines physischen Pendels von bestimmter Gestalt und Größe gleich ist?

12) Es ist Gegenstand der höheren Mechanik diese Frage hinreichend zu beantworten, uns genügt es hier die Resultate zu benutzen, welche die mathematischen und physischen Untersuchungen zur Zeit darüber gegeben haben. Diesem zufolge läßt sich in jedem physischen Pendel (Fig. 10) ein Punct  $m$  (der Mittelpunkt der Schwingung *centrum oscillationis*) auffinden, dessen Abstand  $Cm$  vom Aufhängepuncte  $C$ , der Länge eines einfachen Pendels  $CM$ , welches mit diesem zusammengesetzten Pendel gleiche Schwingungen macht, gleich ist; und dieser Punct trifft a) bei einem Kugelpendel, dessen Faden

sehr dünne und auch nur 3" lang ist, und dessen Metallkugel nicht über 3" im Durchmesser hat, fast mit dem Mittelpuncte der Kugel zusammen; b) bei einer gleichartigen, unbiegsamen, geraden und schweren Linie, die an ihrem einen Ende aufgehängt ist (z. B. eine cylindrische oder parallelepipedalische Metallstange oder Drath etc.), liegt der Schwingungspunct vom Aufhängepunct um  $\frac{2}{3}$  der Länge der Linie entfernt; c) bei einer schweren, an einem sehr dünnen und nicht merklich schweren Faden, an ihrem Scheitel aufgehängten Kugel, liegt der Schwingungspunct unter ihrem Schwerpunkte (der zugleich ihr Mittelpunct ist, vergl. oben §. 53. N. 1.) um  $\frac{2}{3}$  des Quotienten entfernt, der gefunden wird, wenn man das Quadrat des Radius der Kugel mit der Entfernung ihres Schwerpunktes vom Aufhängepuncte dividirt; d) bei einem dem letzteren ähnlichen Pendel, wo aber der Faden bemerkbar schwer ist, wird der Schwingungspunct mit Hülfe folgender Formel gefunden;

u bezeichne das Gewicht des Fadens, P das der Kugel, b ihren Durchmesser, und a die Entfernung des Mittelpunctes der Kugel vom Aufhängepuncte: so liegt der Schwingungspunct unter dem Mittelpuncte der Kugel um

$$\frac{(\frac{1}{3}u + \frac{2}{3}P) b^2 - \frac{1}{6}u(ab + a^2)}{(\frac{1}{2}u + P)a - \frac{1}{2}bu}$$

vergl. HUYGENS a. a. O. P. IV. prop. 7. 23. De la Lande exposition du calcul astronomique, S. 119. KÄSTNER's Anfangsgründe der höh. Mechanik, Göttingen 1766. 8. S. 114. u. s. f. GREN a. a. O. S. 131. — Hat man die Entfernung des Schwingungspunctes vom Aufhängepuncte bei einem physischen Pendel genau bestimmt, so läßt sich die Länge des Secundenpendels durch Beobachtungen finden; man

vergl. v. ZACH's Beschreibung einer neuen Vorrichtung, womit die Versuche und Bestimmungen der wahren Länge des einfachen Secundenpendels genau und behend angestellt und gemacht werden können; in BODE's Sammlung astronomischer Abh. I. Supplementb. S. 175 u. s. f. und VOIGT's Magaz. B. IX. St. I. S. 142. u. s. f.

13) Die Länge des Secundenpendels beträgt genauen Beobachtungen zufolge, nach MATRAN, DE LA LANDE, v. ZACH u. a.

zu Pello, unter d. Br. v. $66^{\circ} 48'$ ,	-	441, 27	Lin. par.
- Leyden, - - - - $52^{\circ} 9'$ ,	-	440, 71	- -
- Gotha, - - - - $50^{\circ} 52'$ ,	-	440, 693	- -
- Paris, - - - - $48^{\circ} 50'$ ,	-	450, 6	- -
- Quito, - - - - $25'$ ,	-	439, 10	- -
unt. d. Aequator, an d. Meeresfl.	-	449, 21	- -

Ueber die Pendellängen anderer Orte vergl. man BODE's Kenntnifs der Erdkugel, S. 85.

14) GALLILEI erfand die Lehre vom einfachen Pendel gleichzeitig mit derjenigen von der Schwere, vergl. §. 47. N. 2.; HUYGENS erweiterte sie, machte davon 1656 wichtige Anwendungen zu Verbesserungen der Uhren, und ward Erfinder der Pendeluhr. Er bestimmte vermittelst des Pendels die Beschleunigung der Schwere, und setzte so die §. 49. N. 1. angegebene Fallhöhe von einer Secunde fest. (Ueber das Verfahren bei Bestimmungen der Art, vergl. man KARSTEN's Anfangsgr. der Naturl. §. 94. und GREN a. a. O. §. 264.) Auch schlug er die Länge des einfachen Secundenpendels zu einem allgemeinen Fußmaase vor, so daß der dritte Theil dieser Länge ein Fuß seyn sollte; ein Vorschlag der im Allgemeinen nicht ausgeführt werden konnte, weil späteren Beob-



achtungen gemäß, die Länge des Secundenpendels unter verschiedenen geographischen Breiten verschieden ist. Vergl. HUYGENS a. a. O.

15) Durch den Widerstand der Luft, wird endlich jedes schwingende Pendel nach und nach durch Verkleinerung der Bogen zur Ruhe gebracht; (vergl. S. 58. N. 2.) indem die Dauer des Niederganges etwas länger und die des Aufsteigens etwas kürzer wird, welches sich gegenseitig rücksichtlich der Geschwindigkeit einzelner Schwingungen so ziemlich ausgleicht, und deshalb keine Correctur des Secundenpendels nöthig macht. Wohl aber wird diese durch die hydrostatische Wirkung der Luft, von der wir in der Folge handeln werden, nothwendig; indem diese das Gewicht des Pendels und mithin die Gravitation desselben um so viel vermindert, als wie das Gewicht des Luftquantums beträgt, welches die Pendelmasse aus der Stelle treibt. Daher muß der beobachteten Pendellänge noch etwas zugesetzt werden, um die Länge des im leeren Raume Secunden schwingenden Pendels zu finden. Eben so ändert auch die Wärme (durch Ausdehnung) die Länge des Maasstabes, man muß daher entweder bei gleichen Temperaturen die Pendelschwingungs-Beobachtungen vornehmen, oder die Pendel aus Massen verfertigen, die sich bei verschiedenen Temperaturen wechselseitig durch Verkürzung und Verlängerung compensiren; dahin gehören die rostförmigen oder galgenartigen Pendel GRAHAM's und ROMAIN's, aus eisernen und kupfernen Stäben, oder besser aus Stäben von Eisen und Zink. Eines der vorzüglichsten Rostpendel ist das HARISON'sche, welches einem anderen neuerlichst durch C. TROUGHTON erfundenen, SCHNITTERS Un-

tersuchungen gemäß vorgezogen zu werden verdient. Vergl. BODE'S Astron. Jahrb. für d. J. 1810. Berlin 1807. 8. S. 184 u. s. f. — Eine andere Berichtigung der Länge des Secundenpendels besteht in der Bestimmung derjenigen Abweichung die durch die Grösse der Schwingungsbogen verursacht wird; vergl. oben.

*F) Von der Verminderung der Schwere und den daraus folgenden Veränderungen ihrer Beschleunigung.*

§. 60.

Durch die Umdrehung der Erde um ihre Axe erhalten ihre Massentheile eine Fliehkraft (vergl §. 37), deren Richtung auf der Axe der Umdrehung senkrecht geht, die daher unter dem Aequator, wo die Erde bei ihrer Drehung die größten Kreise beschreibt, am größten seyn, gegen die Pole zu, wo jene Kreise kleiner werden, abnehmen, und in den Polen selbst vollkommen verschwinden muß. Es verhält sich diese Fliehkraft unter dem Aequator zur Schwere daselbst, wie 1:289; sie vermindert die Schwere, dort wo sie ihrer Richtung gerade entgegengesetzt ist, d. i. unter dem Aequator am stärksten; weniger dort, wo sie der Schwere schief entgegen und mithin nur einem Theile derselben direct entgegen wirkt, d. i. in grösseren Breiten nach den Polen zu, und am wenigsten in der Polnähe. Die Verminderung welche die Schwere

hiedurch an verschiedenen Orten erleidet, ist überhaupt zu der, die sie unter dem Aequator erfährt, wie das Quadrat des Cosinus der Breite des Ortes zum Quadrate des Halbmessers der Erde. Vergl. DE LA LANDE a. a. O. §. 459.

1) Dieser Verminderung zufolge werden das Gewicht der Körper, der freie und beschränkte Fall und die Pendelschwingungen, dadurch an den verschiedenen Orten der Erde Veränderungen erleiden. Was das Gewicht der Körper so wie die Bestimmung der Dichtigkeitsverhältnisse betrifft, so kann dieses deshalb in den Beobachtungen keinen Unterschied machen, weil die Masse der Waage und die zu vergleichenden Gewichtseinheiten, in demselben Maasse vermehrt oder vermindert von der Schwere gezogen werden, als wie die zu wiegende Masse selbst; bei der Bestimmung der Fallhöhe hingegen muß die Wirkung der Fliehkraft berücksichtigt werden, welche Berichtigung indess sehr leicht mit Hülfe der für den Beobachtungsort gegebenen Secundenpendellänge statt finden kann; diese Länge muß dann aber jene Berichtigung bereits erfahren haben. LALANDE (a. a. O.) hat diese Berichtigung vorgenommen, und in einer Tafel für verschiedene Orte der Erde, den Zusatz in Linien ausgedrückt angegeben, welchen die beobachtete und bereits auf die §. 59. angeführten Weisen berichtigte Pendellänge erhalten muß, um die wahre Länge eines solchen Secundenpendels zu besitzen, welches durch die Fliehkraft nicht mehr verändert wird; und mithin der Länge eines Secundenpendels entspräche, welche statt finden müßte, wenn die Erde ruhte. Unter dem Aequator beträgt dieser

Zusatz 1,53 Lin. paris.; zu Paris 0,67 Lin. par. und zu Pello in Lappland 0,24. Um diesen Zusatz zu finden, multiplicirt man das Verhältniß der Schwungkraft zur Schwere unter dem Aequator  $\frac{1}{289}$ , mit dem Quadrate des Cosinus der geographischen Breite des Ortes, und setzt die gefundene Quantität der beobachteten Pendellänge zu.

2) Bringt man daher ein und dasselbe Pendel z. B. von Pello in Lappland in die Aequatornähe, so wird es je näher dem Aequator um so langsamer schwingen, und hier verkürzt werden müssen, wenn es isochronisch schwingen soll. Dieses erfuhr RICHER zuerst auf seiner Reise nach Cayenne (1 Grad 56 Minuten vom Aequator) im Jahr 1672 (vergl. obs. astronom. et phys. faites a Cayenne. Paris 1673. fol.); sein Pendel das in Paris täglich 86400 mal geschlagen hatte, schlug in Cayenne nur 86280 mal, und mußte daher um  $1\frac{1}{4}$  Linie verkürzt werden, wenn es wie zu Paris Secunden schlagen sollte. Das Pendel des MAUPERTUIS hingegen schlug zu Pello 86400 mal, während es in Paris in einem Sternentage 86341 mal geschlagen hatte.

#### §. 61.

Aus seinen Untersuchungen über die Gravitation des Mondes gegen die Erde, leitete NEUTON das Gesetz ab, daß die Schwere im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen stehe; vergl. §. 52. N. 4. Da nun die Erde eine sphäroidische Gestalt hat, und an den Polen abgeplattet ist, so wird auch

noch aus dieser Ursache, unabhängig von der Fliehkraft, ein schwerer Körper unter dem Aequator, wegen der grösseren Entfernung vom Mittelpuncte der Erde eine geringere Beschleunigung haben, als gegen die Pole zu (den verschiedenen Gradmessungen zufolge, setzt man jetzt das Verhältniß der Erdaxe zum Durchmesser des Aequators = 334 : 335 fest). Die Länge des (einfachen) Secundenpendels bedarf daher auch nach den übrigen bereits angegebenen Correctionen, noch einer Berichtigung, indem sie aus obigen Gründen unter dem Aequator kleiner seyn und nach den Polen zn in den grösseren Breiten zunehmen wird.

1) Das obige Gesetz der Schwere wurde eigentlich zuerst von KEPLER ausgesprochen, aber mit dem Bestreben es zu widerlegen, weil er es in der Natur für nicht gegründet hielt. Vergl. ejusd. de motibus stellae Martis. Cap. XXXVI und dessen Harmonie der Welten.

#### §. 62.

Noch eine dritte Verminderung erleidet die Beschleunigung der Erdschwere durch die Gravitationen der übrigen Weltkörper, besonders der Sonne und des Mondes. Verschiedene Phänomene zeugen von dieser Verminderung, unter allen sind aber für die Beobachtung auf der Erde diejenigen der Ebbe und Fluth am meisten

in die Augen fallend, und vorzüglich geschickt jene Verminderung oder Schwächung der Wirkungen der Erdschwere, zur bestimmten Zeit und für den bestimmten Ort nachzuweisen.

1) Bei den §. 59. N. 13. angegebenen Längen des Secundenpendels unter verschiedenen Breiten, ist auf sämtliche Verminderungen der Beschleunigung der Schwere so gut wie möglich Rücksicht genommen.

2) An den Küsten des Oceans (vorzüglich) bemerkt man eine periodische Ab- und Zunahme des Wassers, die unter der Benennung Ebbe und Fluth bekannt ist. Binnen 24 Stunden wechselt sie ohngefähr 2 mal, und zwar unter einerlei Meridian so ziemlich auf gleiche Weise. Jeden Tag tritt dieser Wechsel an demselben Orte fast  $\frac{3}{4}$  Stunden später als den vorhergehenden Tag ein. Das ganze Meer wird dadurch in Bewegung gesetzt: das Wasser fließt den Küsten zu wo die Fluth beginnt und wächst, und strömt von denen abwärts, an welchen die Ebbe eintritt. Ist an einem Orte eines Meridians Fluth, so ist in einer Entfernung von  $90^\circ$  zu beiden Seiten Ebbe, und  $90^\circ$  weiter oder unter dem entgegengesetzten Meridian ebenfalls Fluth; waraus folgt daß Ebbe und Fluth mit ihren verschiedenen Abstufungen auf der ganzen Erde gleichzeitig zweimal in 24 Stunden statt finden. In der Aequatornähe ist diese Veränderung am stärksten, in höheren Breiten nimmt sie ab, bis sie sich endlich ganz verliert. An den Ostseeküsten bemerkt man keinen Wechsel der Art, wohl aber im mittelländischen Meere. — KEPLER (in seiner Harmonie der Welten) versuchte es zuerst, diese Erscheinung durch die Anziehung des

Mondes gegen das Meerwasser zu erklären; aber so wie KEPLER überhaupt sich bemühte seinen Nachfolgern zur ferneren Bearbeitung mehr die Materialien zu überliefern, als sie auch im ferneren Detail zu bearbeiten, so ward auch erst späterhin, da man die Mathematik auf die Gesetze der Bewegung angewandte, wozu GALLILEI, HUYGENS, HOOK u. a. selbst in der Methode der Ausführung den Weg ebneten, durch NEUTON's gründlichen Fleiß, die KEPLERSche Erklärung jener Naturerscheinung bestimmter ausgesprochen, und durch Nachweisung ihrer Beziehung mit allgemein gegebenen Grundkräften (mit der allgemeinen Schwere) richtiger entwickelt. Schon die Beobachtung, daß der Gang der Ebbe und Fluth dem Laufe des Mondes folgt, und daß die Zeit seines Durchgangs durch den Meridian mit der Zeit der Fluth übereinstimmt, jedoch so, daß ihr höchster Stand erst einige Zeit nachher erfolgt (wahrscheinlich weil der Mond auch nach seinem Durchgange noch auf das Erdwasser einzuwirken fortfährt, und die dem Wasser ertheilte Bewegung noch eine Zeit hindurch dauert, wenn auch die sie bewirkende Ursache nicht mehr da ist), verbunden mit der Bemerkung, daß zur Zeit des Neu- und Vollmonds, d. i. wenn die Sonne ihre anziehende Kraft gegen die Erde mit der des Mondes vereint, die Fluth vermehrt wird und in sogenannte Springfluth übergeht, nöthigen uns der KEPLERISCH-NEUTONSchen Erklärung beizupflichten, zugleich aber auch diese Erklärungen auf mehrere ähnliche Phänomene anzuwenden. Denn so gut wie das Erdwasser als von anderen Weltkörpern angezogen gedacht werden kann, läßt sich eine ähnliche Anziehung auch von der Luft, und wenn

sich einst die Ponderabilität des electricischen Fluidums durch Versuche bestätigen sollte, auch von der electricischen Materie erwarten; woraus denn wohl zunächst der periodische Gang mancher Meteore erläutert werden könnte. In der Folge hierüber mehr.

3) In Fig. 11. bezeichne L den Mond und T die Erde. Stehen beide in der angegebenen Richtung, so sieht man leicht ein, daß die Theile der Erde in a stärker als die in b und c vom Monde angezogen werden. Diese stärkere Anziehung von L gegen a, hat hier eine verminderte gegen T zur Folge, weshalb das Wasser in a nun einen geringeren Druck nach unten und nach den Seiten ausübt, wie zuvor, und specifisch leichter wird. Um daher im Gleichgewicht zu seyn, wird es in a höher stehen, d. h. es wird Fluth eintreten, während in b und c Ebbe ist. Aber auch in d wird Fluth seyn, und zwar größtentheils weil, da Erde und Mond sich um einen gemeinschaftlichen Schwerpunct drehen, der nahe bei der Erde fällt, d am weitesten vom Mittelpunct der Bewegung entfernt ist, mithin den stärksten Schwung und dadurch eintretende stärkste Schwereverminderung hat; theils auch weil die Anziehung des Mondes nicht bloß a, sondern auch den Mittelpunct von T trifft, und dadurch dessen anziehende Wirkung auf d schwächt. — Ebbe und Fluth sind übrigens die gewöhnlichen Ursachen der Strömungen des Meeres, welche durch Klippen, Felsen etc. mannichfach modificirt werden.

§. 65.

Schon auf hohen Bergen bemerkt man (mittelst des Pendels) eine Verminderung der Erd-



schwere, die öfters beträchtlich genug ist, um in Anschlag gebracht werden zu können. So beobachtete BOUGUER zu Quito (in Peru) am Meere, die Länge des Secundenpendels; sie betrug  $439''{,}10$ , während sie in einer Höhe von 2400 Toisen auf dem Pichincha nach demselben Beobachter  $458''{,}69$  war; und dasselbe Pendel, welches am Ufer des Amazonenflusses in einem Sternentage 98770 mal geschlagen hatte, machte auf dem Pinchincha 50 Schwingungen weniger. Wären hier bloß die vermehrte Fliehkraft (vergl. §. 60.) und das §. 61. aufgestellte Gesetz der Abnahme der Schwere, die Ursachen der Schwereverminderung (und der dadurch nöthig gewordenen Verkürzung des Secundenpendels); so würde man im Stande seyn, nach vorangegangener Bestimmung der geographischen Breite, mittelst des Secundenpendels beträchtliche Höhen aufs genaueste zu messen; da aber auch hier noch immer die dritte im vorigen §. angezeigte Quelle der Schwereverminderung, wiewohl als geringere Ursache mit ins Spiel kommt, so könnten Höhemessungen der Art nie auf unbedingte Richtigkeit Anspruch machen.

1) Um die Höhe der Berge zu bestimmen, giebt es, ausser dem bei hohen Bergen nicht füglich anwendbaren Nivellement, vorzüglich zwei Methoden; wovon die eine in trigonometrischer Ver-

messung, die andere in Messung mittelst des Barometers besteht. Die bei der ersteren Methode erforderliche Standlinie, wird öfters in ihrer Messung durch die Beschaffenheit des Bodens bedeutend gehindert, und überdem macht die (weiterhin zu untersuchende) Stralnbrechung die Messung der Winkel unsicher. Die andere Methode kämpft mit nicht geringen, in der Folge bei der Untersuchung des Lufdruckes zu berührenden Schwierigkeiten.

2) Als die Erdschwere in ihrer Wirkung vermindernd erscheinen ausser den angeführten Verhältnissen, mehrere andere Kräfte, deren Untersuchung wir uns für die Folge vorbehalten; dahin gehören die Wärme, das Licht, die chemische, electricische und magnetische Anziehung, die Ursache der Elasticität etc., welche insgesamt sehr häufig Bewegungen der Materie veranlassen, die entweder der Erdschwereanziehung gerade entgegengesetzt sind, oder sie doch als untergeordnete Thätigkeitsquelle erscheinen lassen. Einstweilen vergl. man §. 3, 10, 20. N. 1, 25, 26, 28. N. 3 etc.; 32, 43 etc.

3) Zur Zeit als LAVOISIER die STAHLsche Hypothese des Verbrennungsprocesses (der zufolge unter anderen Eigenschaften auch die Brennbarkeit der Körper von einem eigenthümlichen fast unkörperlichen Wesen, dem Phlogiston begründet seyn sollte) durch neue Untersuchungen unterstützt verwarf, oder wenigstens sehr stark berichtigte, versuchten es einige Anhänger der STAHLschen Lehre, die von LAVOISIER gründlich bestrittene Existenz des Phlogistons zu sichern, indem sie demselben negative Schwere zuschrieben. Sie behaupteten daher, daß bei der (in der Folge näher zu untersuchenden)

Verbrennung, mit dem Entweichen des die Brennbarkeit begründenden Phlogistons, das Angezogenwerden des Verbrennenden oder Verbrandten von Seiten der Erdschwere vermehrt und befördert werde, woraus die Vergrößerung des Drucks und somit des absoluten Gewichts der Verbrennungsproducte folge; welche LAVOISIER nur von der Verbindung des brennbaren Körpers mit einem Theil der umgebenden Luft (mit dem Sauerstoffe), seinen Versuchen gemäß ableitete. Es betrachteten daher jene Physiker das Phlogiston als eine die Erdschwere vermindernde Potenz, und ohnerachtet diese und ähnliche Vermuthungen sich nicht bestätigt haben, sondern vielmehr von mehreren Seiten widergelegt wurden; so verdient dennoch die zum Grunde liegende Idee, als scharfsinnige Hypothese hier eine geschichtliche Erwähnung.

⑥ *Von den Bewegungen und Massenverhältnissen der Weltkörper.*

§. 64.

Den vorhergehenden Untersuchungen zufolge, wirkt bei jedem geworfenen Körper die Wurfkraft der Schwere so lange entgegen, bis sie von ihr aufgehoben den Körper in einer halben oder ganzen Parabel wieder zurückkehren läßt; dieses kann aber nur bei einer so geringen Wurfkraft der Fall seyn, die den Körper nur zu einer gewöhnlichen Höhe treibt, von wo aus die Rückkehr zur Erde in parallel laufenden Rich-

tungen statt findet. Denken läßt es sich indefs, daß diese Richtungen nicht parallel, sondern auf den Mittelpunct der Erde gehen, und bei sehr grosser Bogenweite wirklich convergirend erscheinen; ein Fall der eintreten würde, wenn der Körper in hinreichender Erhöhung von der Erde horizontal geworfen worden wäre. Er würde dann eine in sich selbst zurückkehrende Bahn beschreiben und eine Centralbewegung um die Erde herum erhalten, die derjenigen ähnlich wäre, welche der Mond im Verhältniß zur Erde wirklich durchläuft, und die überhaupt alle Trabanten und ihre Hauptplaneten, und beide um die Sonne, nach der durch alle Beobachtungen bestätigten Wahrheit der COPERNICANISCHEN Weltordnung beschreiben.

1) Vergl. §. 37. u. s. f. §. 48. N. 1. §. 51. N. 2. u. §. 52 etc.

2) Die Planeten oder sogenannten Irrsterne, von denen die älter bekannten sich als vorzüglich glänzende Sterne dem beobachtenden Auge zeigen, erhielten ihre Benennung wegen ihrer anscheinend unregelmässigen Bewegung. Ihre im Verhältniß zu den übrigen Sternen in die Augen fallende Nähe, bestimmte PTOLEMÄUS, eine nach ihm benannte Weltordnung zu entwerfen, nach welcher sich die Planeten wie die übrigen Sterne um die Erde bewegen sollten. COPERNICUS ein glücklicherer Forscher, entdeckte späterhin die jetzt allgemein für wahr anerkannte und nach ihm benannte Weltordnung, welche

auf unser Sonnensystem angewendet, die Sonne als denjenigen Weltkörper betrachtet, um den sich sowohl die Erde als wie die übrigen Planeten, nebst ihren Begleitern (Monden oder Trabanten) bewegen; vergl. §. 11. N. 2. und das COPERNICANISCHE Sonnensystem genannt wird. TYCHO DE BRAHE'S (eines berühmten Astronomen) Bemühungen beide Weltordnungen in einer dritten zu vereinigen, waren fruchtlos.

## §. 65.

Schon aus den früheren Untersuchungen (a. a. O.) folgt ferner, daß die Wurfkraft, welche jenem schweren Körper die Centralbewegung ertheilen soll, mit seiner Masse im Verhältniß stehen muß, und daß die bewegenden Centralkräfte in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden der schweren Massen und der Entfernungen vom Mittelpuncte, und aus dem umgekehrten des Quadrats der Umlaufzeiten stehen.

1) Bezeichnen wir die Centralkräfte mit  $G, g$ , die Massen mit  $P, p$ , die Abstände vom Mittelpuncte mit  $D, d$ , und die Umlaufzeiten mit  $T, t$ , so ist  $G : g = \frac{PD}{T^2} : \frac{pd}{t^2}$  vergl. a. im vorigen §. a. O. und GREN a. a. O. §. 271 etc.

2) Verhalten sich die Quadrate der Umlaufzeiten wie die Würfel der Entfernungen vom Mittelpuncte der Kräfte und sind die schweren Massen einander gleich,

so sind die Centralkräfte im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen. Ist mithin  $P = p$ , und  $T^2 : t^2 = D^3 : d^3$ , so ist  $G :$

$g = \frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2} = d^2 : D^2$ ; und sind die schweren Massen ungleich, so sind in eben angeführtem Falle, die Centralkräfte im geraden Verhältnisse der Massen und im umgekehrten des Quadrats der Entfernungen vom Mittelpunct der Kräfte:  $G : g = \frac{P}{D^2} : \frac{p}{d^2}$ .

Vergl. a. a. O.

3) Die Geschwindigkeit einer kreisförmigen Bewegung ist so groß, als die Geschwindigkeit, welche der Körper durch dieselbe Centrakraft erhalten würde, wenn sie mit gleichförmiger Beschleunigung durch den vierten Theil des Durchmessers triebe. Vergl. a. a. O.

#### §. 66.

Denken wir uns nun daß der Körper der eine Centralbewegung um einen anderen erhalten hat, sich bei deren Beschreibung fortwähle, so hat er ausser der allgemeineren zugleich noch eine eigenthümliche auch in sich zurück kehrende Bewegung, die ihn in dem Maasse (bei veränderlichen Anziehungen gegen den Centrakörper) gegen die einstige Vereinigung mit dem Centrakörper schützt, als sie schneller von statten geht. Die vollkommensten Belege für diese Verhältnisse, bietet uns die Be-

wegung der Weltkörper nach der COPERNICANISCHEN Weltordnung dar; und wir sind durch die Bemühungen eines KEPLER, NEUTON u. a. m. in den Stand gesetzt, hievon bei der Untersuchung der einzelnen Weltkörper den gehörigen Gebrauch zu machen. Die Kraft welche diese gegenseitigen Verhältnisse begründet und sichert, ist die Schwere, die wir bisher fast nur als Gravitation der Erde auffassten, jetzt aber im Fortgange unserer Untersuchungen, durch die Entdeckungen der genannten Naturforscher geleitet, als allgemeine Schwere oder als Anziehung der Welten erkennen werden.

## §. 67.

KEPLER'S Entdeckungen zufolge, welche durch spätere Beobachtungen auf das vollkommenste bestätigt wurden, 1) bewegen sich die Planeten nicht in Kreisen, sondern in Ellipsen um die Sonne, in deren einem Brennpuncte die Sonne steht; 2) durchlaufen die Planeten mit dem aus der Sonne nach ihnen gezogenen Radius vector Flächenräume, die den Zeiten proportional sind; und 3) verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten, wie die Würfel der mittleren Entfernung von der Sonne. Vergl. §. 36

(14<sup>2</sup>)

u. 37. N. 1. 2. 3. u. s. f. und KEPLER a. a. O. so wie auch in dessen: epitome astronomiae COPERNICANAE. Linc. 1618. 8., u. ejusd. Harmonicae mundi libri V. Linc. 1619. Fol. Spätere Beobachtungen bestätigten diese Gesetze auch bei den Bahnen der Trabanten um die Hauptplaneten, und der Cometen in ihren lang gezogenen Ellipsen um die Sonne.

1) Das was KEPLER andeutete oder aufzustellen durch eigene Beobachtungen gezwungen wurde, sprach NEUTON aus; seine von der späteren Beobachtung bestätigten Beweise zeigten: 1) dafs die Planeten in ihrem Laufe durch die Gravitationskraft zurückgehalten werden, die bei den Hauptplaneten gegen die Sonne, bei den Nebenplaneten (Trabanten) gegen den Hauptplaneten gerichtet ist, um den sie ihre Bahnen beschreiben; 2) dafs diese Centripetalkraft (welche die Planeten in ihren Bahnen erhält), im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen von der Sonne (oder von dem Hauptplaneten wenn von Nebenplaneten die Rede ist) sowohl bei den Planeten als bei den Cometen wirkend gegeben sey; und 3) dafs die Kraft, welche Cometen und Planeten um die Sonne, und Monde um die Planeten treibt, eine und dieselbe, und wie die Schwere eine anziehende sich immer gleich bleibende beschleunigende sey. Vergl. J. NEUTON philosophiae naturalis principia mathematica. Londini 1687. 4.



2) Dafs jene Kraft wirklich die Schwer- oder Gravitationskraft sey, bewies NEUTON zuerst an der zur fortdauernden Bewegung des Mondes um die Erde nöthigen Kraft. Vergl. a. a. O. Der Mond, der sich ohngefähr in einer Entfernung von 60 Erdhalbmessern von der Erde befindet, fällt demnach gegen die Erde herab, oder wird von ihr angezogen mit einer 3600 mal kleineren Geschwindigkeit, als ein Körper in der Nähe der Erde. Indefs würde diese Anziehung ihn doch bald zur Erde herabbringen, wenn dies einerseits zum Theil nicht die Anziehung der Sonne (wenigstens in gewissen Stellungen) andererseits vorzüglich die Schwungkraft des Mondes selbst, verhinderte. Ein in der Entfernung des Mondes von der Erde befindlicher schwerer Körper, würde mit einer Geschwindigkeit von 15,094 paris. Fufs in einer Minute, oder von  $\frac{15,094}{3600} = 0,00419$  in einer Secunde zur Erde hinabfallen. NEUTON schlofs ferner, dafs die Centripetalkraft des Mondes gegen die Erde auf gleiche Weise wirke, und mit dieser übereinkomme; und dafs die Schwere im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen stehe. Vergl. §. 61. Dieses auf alle Planeten und Trabanten angewendet, führte ihn zu seinem Systeme der allgemeinen Schwere. NEUTON a. a. O.

## §. 68.

Um die beschleunigende Kraft der allgemeinen Schwere auf der Oberfläche der Planeten, so wie das Verhältnifs ihrer schweren Massen und deren Dichtigkeit zu bestimmen, ersann

NEUTON folgende als Gesetze ausgesprochene, erwiesene und bestätigte Anwendungen der im vorigen §. entwickelten Gesetze und Folgerungen: 1) die Schwere auf der Oberfläche eines Hauptplaneten verhält sich wie die Schwere seines Trabanten gegen ihn, multiplicirt durch das Quadrat des mittleren Abstandes dieses Trabanten, und dividirt durch das Quadrat des Halbmessers des Hauptplaneten; oder wie der Würfel des mittleren Abstandes des Trabanten, dividirt durch das Quadrat seiner Umlaufszeit und das Quadrat des Halbmessers des Hauptplaneten, wobei die Sonne rücksichtlich der Planeten als Hauptplanet angesehen werden kann; 2) die schweren Massen der Planeten verhalten sich, wie die Würfel der mittleren Entfernungen von ihren Trabanten; dividirt durch die Quadrate der Umlaufzeiten dieser Trabanten; woraus auf den vorigen Satz angewendet folgt: daß die Schwere auf der Oberfläche eines Planeten sich verhalte, wie die schwere Masse desselben, dividirt durch das Quadrat seines Halbmessers; und 3) die Dichtigkeit der schweren Masse eines Hauptplaneten verhält sich, wie der Würfel der mittleren Entfernung seines Trabanten, dividirt durch das Quadrat der Umlaufszeit dieses Trabanten, und den Würfel des Halbmessers des Planeten, oder wie die Schwere auf der

Oberfläche des Planeten, dividirt durch seinen Halbmesser. Vergl. NEUTON a. a. O. u. GREN. a. a. O. §. 271. u. s. f.

1) Bezeichnen wir die Schwere mit  $G$ ,  $g$  die mittleren Abstände mit  $D$ ,  $d$  den Halbmesser mit  $R$ , die Umlaufszeit mit  $T$ ,  $t$ , die schweren Massen mit  $P$ ,  $p$ , und die Dichtigkeit der schweren Masse eines Hauptplaneten mit  $\Delta$ , so ist für das erste Gesetz,  $g = \frac{GD^2}{R^2}$  oder  $g = \frac{T^3}{T^2 R^2}$ , für das zweite Gesetz:  $P$ :

$p = \frac{D^3}{T^2} : \frac{d^2}{t^2}$ ; und rücksichtlich der (aus der Anwendung dieses Gesetzes auf das erste) gezogenen Folgerung:  $g = \frac{P}{R^2}$ ; für das dritte Gesetz endlich:

$\Delta = \frac{D^3}{T^2 \cdot R}$ ; oder  $\Delta = \frac{g}{R}$ . Vergl. GREN a. a. O.

— Der elliptischen Bahn der Planeten um die Sonne zufolge, ist der Abstand der Planeten von der Sonne ungleich. Der Punct der größten Entfernung heißt die Sonnenferne (Aphelium), der Punct der kleinsten Sonnennähe (Perihelium).

2) Die Anwendung dieser Gesetze auf die Bestimmung der wirklichen Bewegungs-, Anziehungs- und Dichtigkeitsverhältnisse einzelner Weltkörper und einzelner Sonnensysteme, gehört für die Astronomie; hier genügt es uns einige der wichtigsten Resultate jener Untersuchungen, als Belege der Anziehungen in meßbaren Fernen und deren Wirkungen auf die Weltkörper im Allgemeinen, aufzuführen.

a) Die Erde ist keine Kreisebene sondern ein um seine Pole etwas abgeplatteter Sphäroid, wie dieses theils alltägliche Wahrnehmung (z. B. ent-

fernte Gegenstände werden mit ihrem oberen Theile nach und nach sichtbar), besonders aber Beobachtungen des veränderlichen Standes der Himmelskörper (reisen wir z. B. von Norden nach Süden, so sehen wir Sterne am nördlichen Himmel unter den Gesichtskreis gehen, während andere am südlichen Himmel über den Gesichtskreis herauf kommen; ferner wirft die Erde bei einer Mondfinsternis einen runden Schatten auf den Mond etc.), geometrische Ausmessungen auf der Erdoberfläche und Reisen um die Erde, deren erste FERDINAND MAGELLAN 1519 unternahm, hinreichend bewiesen haben. Die Gestalt der Planeten und der meisten übrigen Himmelskörper ist derjenigen der Erde ähnlich. Die Abplattung der Erde an den Polen beträgt ohngefähr 6 geographische Meilen, d. h. soviel ist die Erdaxe (die von einem Pol zum andern durch die Erde gehende gedachte gerade Linie) kürzer, als der Durchmesser des Aequators; vergl. §. 61. HUYGENS und NEUTON behaupteten dieses aus theoretischen Gründen, und die Gradmessungen im verflossenen Jahrhundert, besonders diejenigen der Franzosen und Schweden bestätigten es vollkommen. Beim Saturn, Jupiter und Mars ist eine ähnliche Abplattung sehr bemerklich; beim Uranus fand sie HERSCHEL ebenfalls.

b) Die Erde ist von einer Atmosphäre umflossen. Bei Mercur und Venus beobachtete SCHRÖTER gewisse Lichtveränderungen, die auf Strahlenbrechung in der Atmosphäre dieses Planeten deuten. Um den Mars bemerkte v. HAHN einen wahrscheinlich auch durch Strahlenberchung be-

wirkten und somit auf eine Atmosphäre deutenden lichten Kreis. An dem Jupiter unterscheidet man (mittelst guten Fernröhren) einzelne dunkle Streifen, die unter einander fast parallel laufen, und unseren Wolken zu ähneln scheinen. Die Atmosphäre der Ceres und Pallas sind sehr groß und dicht und dadurch den Atmosphären der Cometen ähnlich.

c) Die Erde ist zum Theil mit Wasser bedeckt. Die Atmosphäre der Planeten lassen ebenfalls auf Vorhandenseyn des Wassers auf ihrer Oberfläche schliessen. Die heitere wolkenleere Atmosphäre von Venus und Mercur, lassen auf eine geringe Wassermenge schliessen; der Mars scheint hierin der Erde nahe zu kommen; Jupiter und wahrscheinlich auch Saturn und Uranus hingegen scheinen noch von Wasser umflossen zu seyn. Unter den Trabanten können wir nur vom Monde (nach SCHRÖTERS Beobachtungen) auf eine fast ganz trockne Oberfläche schliessen.

d) Die Oberfläche der Erde ist uneben und bergigt, (welche Unebenheiten indess gegen die Grösse der Erde verschwinden, und nicht daran hindern sie als eine Kugel zu betrachten). Der Mercur hat nach SCHRÖTERS Beobachtungen im Verhältniß zu seinem Halbmesser 8 mal höhere Gebirge als die Erde, und die Venus steht ihm hierin wenig nach; nach S. Bestimmungen giebt es Berge auf diesen Planeten von 22500 Toisen Höhe. Nach denselben Beobachtungen giebt es auf dem Monde Berge von 25000 Par. Fufs Höhe; d. i. mehr als  $\frac{1}{5}$  höher als der höchste Erdberg, und im obigen Verhältniß fast 5 mal so hoch als dieser. (Schon das

blosse Auge unterscheidet Flecken im Monde, denen die Astronomen eigene Namen gegeben haben; und die Mondkarten dienen dazu, sich über die äussere Gestalt des Mondes vollkommener zu orientiren).

e) Die Erde ist ein dunkeler Körper und wird vorzüglich von der Sonne beleuchtet; das Licht welches sie vom Monde erhält, ist ohngefähr 500 mal schwächer als das Sonnenlicht, und stammt wie das Licht der Planeten überhaupt von der Sonne ab, ist also ein aufgefangenes und zurückgeworfenes oder erborgtes Licht. Bei Mercur und Venus bemerkt man durch Fernröhren nach ihrem verschiedenen Stande gegen die Sonne, Zu- und Abnahme ihres milden und schönen Lichtes. Gehen sie vor der Sonnenscheibe vorüber (durch die Sonne, so kehren sie der Erde ihre Schattenseite zu, verfinstern die Sonne und erscheinen schwarz. Jedoch hat man aus einzelnen Beobachtungen an der Nachtseite der Venus, auch auf einen schwachen Grad von Selbstleuchtung geschlossen; etwas ähnliches zeigen die neuentdeckten Planeten, vorzüglich die Vesta. Dieser kleinste unter den bekannten Planeten, erschien gleich bei seiner Entdeckung als ein heller Stern wenigstens von der sechsten Grösse, während Pallas, Ceres und Juno in nicht viel grösseren Entfernungen, bei 6, 3 und 5 mal grösserem Durchmesser, kaum als Sterne der 7ten und 8ten Grösse erschienen; und ohnerachtet dieses lebhaften Lichtes, erscheint die Vesta in den besten Fernröhren, nur wie ein fast nicht mehr sichtbarer Fixsternpunkt von noch nicht  $\frac{1}{2}$  Secunde im Durchmesser. SCHRÖTER vermuthet daher wohl mit Recht hier

einen zum Theil selbstleuchtenden Planeten zu haben; wahrscheinlich steht er in dieser Hinsicht zwischen den übrigen Planeten und den (selbstleuchtenden) Cometen ohngefähr in der Mitte. — Bei dem Mars hat man ähnliche Beobachtungen wie beim Mercur und Venus über die Ab- und Zunahme seines röthlichen Lichtes gemacht. Jupiter unter allen Planeten der grösste und glänzendste, Saturn und Uranus zeigen uns Verfinsterungen ihrer Trabanten, die wie unsre Mondfinsternisse durch den Schatten der Hauptplaneten hervorgebracht werden.

f) Man unterscheidet in der Astronomie Sterne erster, zweiter, dritter, vierter Grösse u. s. f. Fixsterne der ersten Grösse pflegt man solche zu nennen, die bei heiterem, aber nicht mond hellen Himmel dem blossen Auge sichtbar werden, wenn die Sonne  $12^\circ$  unter dem Horizont ist. Zu den Sternen der zweiten Grösse gehören diejenigen, welche sichtbar werden, wenn die Sonne  $15^\circ$  unter dem Horizont ist; und so giebt jeder Grad mehr, eine neue Classe. Mit solchen ohngefähren Bestimmungen ist man bis auf 6, oder für recht scharfe Augen bis auf 7, gegangen; mit Hülfe der Fernröhre kann man aber noch viel weiter gehen; wie denn auch wirklich mehrere Astronomen, z. B. HERSCHEL von noch viel höheren Sterngrössen sprechen. — Da sich die Venus nicht sehr weit von der Sonne befindet, so erscheint sie bald als Morgen- bald als Abendstern.

g) Die Trabanten beständige Begleiter (Satellites) bewegen sich um die Hauptplaneten und mit diesen zugleich um die Sonne. Die Erde hat an

dem Monde einen solchen Begleiter. Vier der Art entdeckte zuerst SIMON MAYER (gegen Ende des Novembers 1609, vergl. ejusd. mundus jovialis a. 1609 detectus ope perspicilli belgici. Norimb. 1614) und bald darauf GALLILÄ (Opere Tom. II. p. 1.) um den Jupiter sich herum bewegend; und so wie der Mond der Erde stets dieselbe Seite zukehrt, so fand dasselbe auch HERSCHEL bei zwei Jupitersmonden. Von den sieben Trabanten des Saturn (die man wie die Uranustrabanten nur durch starke Vergrößerung sieht) waren fünf schon im 17ten Jahrhunderte von HUYGENS und dem älteren CASSINI entdeckte; die anderen beiden entdeckte HERSCHEL den 28sten August und den 17ten September 1789; so wie auch die sechs Monde des Uranus von ihm zuerst gesehen wurden (Vergl. BODE's Astron. Jahrb. 1801. S. 231). Der Mond umläuft die Erde innerhalb 27 Tagen 7 Stunden, 43 Minuten und 11 Secunden einmal; welches man die siderische Umlaufszeit des Mondes, oder auch den periodischen Monat nennt. Nach Verlauf dieser Zeit erscheint er wieder bei demselben Fixsterne, bei dem man ihn zuvor gesehen hatte. Er rückt dieser Angabe zufolge täglich um  $13^{\circ} 10' 35''$  von Westen nach Osten unter den Fixsternen fort, und seine größte Entfernung von der Erde (Erdferne, Apogaeum) beträgt ohngefähr  $64\frac{2}{3}$  Erdhalbmesser oder ohngefähr 56480 geographische Meilen, während er in der kleinsten Entfernung (Erdnähe, Perigaeum) fast 48020 geographische Meilen oder ohngefähr 55,5 Erdhalbmesser (bei der mittleren Entfernung mithin 59,9 oder fast 60 Erdhalbmesser) von der Erde



absteht. Bewegt sich der Mond auf seiner Bahn, zwischen Erde und Sonne (so, daß er mit der Sonne in der Zusammenkunft oder Conjunction ist, mit ihr fast zugleich auf und untergeht), so ist seine von der Sonne beleuchtete Seite von der Erde abgekehrt, und wir haben Neumond (Novilunium); nach ohngefähr 7 Tagen erscheint er nur zur Hälfte erleuchtet und steht ohngefähr im Meridian wenn die Sonne untergeht; welches man das erste Viertel (quadratura prima) nennt. Sein Licht wächst jetzt (Luna crescens) und nach Verlauf von etwa 14 Tagen geht er auf, wenn die Sonne untergeht. Er heißt jetzt Vollmond (Ple-nilunium), wir sehen seine ganze erleuchtete Seite und die Erde steht nun zwischen ihm und der Sonne, oder wie man sagt: im Gegenscheine oder in Opposition mit der Sonne. An den folgenden Abenden geht er nun immer später auf, als die Sonne untergieng; die vorhin zuerst hellgewordene Seite wird täglich dunkeler, und am 21sten Tage, wo er um Mitternacht aufgeht ist er nur noch zur Hälfte erhellt, und dieses nennt man das letzte Viertel. Sein Licht nimmt jetzt immer mehr ab (Luna decrescens) bis er nach 27—28 Tagen wieder als Neumond erscheint. Man nennt diese Lichtwechsel (oder Mondphasen, phases lunae) Mondbrüche, und sie bezeugen deutlich, daß das Mondlicht von der Sonne abstammt. Da die Erde während dieses Lichtwechsels selbst einen Theil ihrer Bahn um die Sonne beschreibt, so kann auch die Zeit von einem Neumonde zum anderen oder von einem Vollmonde zum anderen, die sogenannte synodische Um-

laufszeit oder der synodische Monat, dessen mittlere Umlaufszeit 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten und 3 Secunden beträgt, nicht mit der zuvor angegebenen Umlaufszeit übereinstimmen. (12 synodische Monate sind = 354 Tage 8 Stunden 48 Minuten und 38 Secunden, und bilden das Mondenjahr, dessen Unterschied mit dem Sonnenjahre in der Chronologie die Epacten genannt wird). Die Bahn des Mondes um die Erde würde eine Ellipse und die Erde im Brennpuncte dieser Ellipse seyn, wenn er nicht durch gewisse, mit Hülfe der höheren Mechanik und Analysis zu berechnende Störungen (Perturbationes) vermöge seiner Anziehung zur Sonne, zur Venus und zum Jupiter, zu Ungleichheiten der Bewegung (inaequalitates motus) während seines Laufes gebracht würde. Aehnliche Perturbationen erleidet auch die Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne, vorzüglich durch Venus und Jupiter und auch durch den Mond selbst, und mehrere der übrigen Planeten. EULER, TOBIAS MAYER, MASON, BÜRGE u. a. haben sowohl für die Bewegung der Erde und des Mondes, als auch für die Bewegung anderer Planeten und ihrer Monde Tafeln entworfen, die mit genauen Beobachtungen fast ganz vollkommen übereinstimmen. — Die Monde des Jupiter umlaufen denselben, den Beobachtungen der Astronomen zufolge:

der erste in 1 Tag. 18 St. 27 Min. 33 Sec.;

zweite — 3 — 13 — 13 — 42 —

dritte — 7 — 3 — 42 — 33 —

vierte — 16 — 16 — 32 — 8 —

ihre Bahnen sind übrigens fast ganz in der Ebene der

Bahn ihres Planeten. Die Umläufe der Saturnus-Trabanten (von den die beiden nächsten [ersten] die zuletzt entdeckten sind) finden statt; bei dem

ersten	in	0	Tag.	22	St.	39	Min.	58	Sec.;
zweiten	—	1	—	8	—	52	—	54	—
dritten	—	1	—	21	—	18	—	16	—
vierten	—	2	—	17	—	44	—	51	—
fünften	—	4	—	12	—	25	—	11	—
sechsten	—	15	—	22	—	41	—	13	—
siebenten	—	79	—	7	—	53	—	43	—

befindet sich die Erde in ihrer mittleren Entfernung vom Jupiter, so erscheinen die Trabanten, den Halbmesser des Jupiters zur Einheit angenommen, in ihrer größten Entfernung ost- oder westwärts vom Jupiter, in folgenden Weiten: 5,67; 9,00; 14,38; 25,30; welche Abstände sich dem Beobachter auf der Erde unter folgenden Winkeln darstellen: 1' 51"; 2' 57"; 4' 42"; 8' 16". Die Entfernungen der Saturnustrabanten von ihrem Hauptplaneten, in Halbmessern desselben betragen: 2,80; 3,63; 4,50; 5,80; 8,09; 18,67; 54,20; ihre scheinbaren Abstände: 0' 27"; 0' 35"; 0' 43",5; 0' 56; 1' 18"; 3' 0; 8 42",5 bei der mittleren Entfernung der Erde vom Saturn; die Abstände und Umlaufszeiten der Uranustrabanten giebt, nach HERSCHEL, folgende Tafel an:

	Abstand.	Umlaufszeit.
der I Trab.	- 0' 25",5	- 5 T. 21 St. 25'
II —	- 0 33 ,0	- 8 — 17 — 1
III —	- 0 38 ,6	- 10 — 23 — 4
IV —	- 0 44 ,2	- 13 — 11 — 5
V —	- 1 28 ,4	- 38 — 1 — 49
VI —	- 2 56 ,8	- 107 — 16 — 40

Bei zu grosser Annäherung verschwinden (nach H.) diese Trabanten dem Auge des Beobachters, durch das verhältnissmässig zu starke Licht des Hauptplaneten öfters ganz; was man bei den Trabanten anderer Planeten nicht bemerkt hat. Vergl. BODE'S Astron. Jahrb. f. d. J. 1801. S. 232—244.

h) Ohnerachtet der Mond (und wahrscheinlich alle übrigen Trabanten gegen ihre Hauptplaneten, s. oben) der Erde stets eine Seite zeigt, und die andere von der Sonne nach und nach ebenfalls beleuchtete Seite, von uns nie gesehen wird, so sind doch die Gränzen zwischen beiden Hälften, wie dieses schon GALLILÄI bemerkte, nicht immer dieselben; sondern es erscheinen vielmehr an dem Rande der uns sichtbaren Mondscheibe, von Zeit zu Zeit dunkelere Stellen der anderen Hälfte, während von der diesseitigen zuvor gesehene Flecken verschwinden, aber auch nach einiger Zeit wiederkehren. Die Astronomen nennen diese periodische scheinbare Veränderung der Lage des Mondkörpers, das Schwanken oder die Libration des Mondes; und betrachten es als den Erfolg des Winkels den die Mondbahn mit der Ecliptik macht, und seiner ungleichförmigen Bewegung um die Erde. Aus jenem Verhältniss des Mondes zur Erde, das er ihr stets eine Seite zukehrt, folgert man, das er sich innerhalb eines periodischen Monats einmal um seine Axe drehe; indess haben berühmte Mathematiker und Astronomen, z. B. KEPLER und WALLISIUS aus Gründen an der Axendrehung des Mondes gezweifelt. Vergl. LICHTENBERG: ob sich der Mond um seine Axe drehe? Im Göttinger Taschenkalender 1796. LAPLACE in s.

Mechanique celeste T. II; in der BURKHARDSCHEN Uebersetz. S. 405; und oben §. 66. Dafs übrigens der Mond von der Erde (verhältnismässig weit stärker als wie die Erde von ihm) auch beschienen werde, zeigt schon die bekannte Beobachtung, dafs man ein paar Tage nach dem Neumonde, wenn der Mond wie eine Sichel erscheint, bei heiterer Luft oft die ganze Mondscheibe erkennen kann.

i) Bildete die Mondbahn um die Erde eine vollkommene Ellipse und läge sie ganz in der Ebene der Ecliptik, so würde der Mond bei jedem Neumonde zwischen Sonne und Erde in gerader Richtung erscheinen, uns die Sonne verdunkeln, und so das Phänomen der partiellen oder totalen Sonnenfinsternifs (Eclipsis solis) oder vielmehr Erdfinsternifs gewähren; eben so würde bei jedem Vollmonde die Erde gerade zwischen Mond und Sonne treten, und dadurch partielle oder totale Mondfinsternifs (Eclipsis lunae) bewirken. Die Bahn des Mondes ist aber gegen die Ecliptik um  $5^{\circ}9'8''$  geneigt, weshalb er zur Neu- und Vollmondszeit über oder unter derselben erscheinen kann; und mithin jene Finsternissen nicht unbedingt eintreten müssen. Indefs durchschneidet die Mondbahn die Sonnenbahn (Ecliptik) scheinbar in zwei gegenüberstehenden Puncten, die man Knoten (aufsteigender Knoten nodus ascendens  $\Omega$ , niedersteigender Knoten nodus descendens  $\varnothing$ , oder auch Drachenkopf oder Drachenschwanz) nennt, zu denen die Lage des Neumonds und Vollmonds nicht immer dieselbe ist. Die Sonnenfinsternifs tritt daher ein, wenn der Mond in

der obigen Stellung zwischen Sonne und Erde (zur Neumondszeit) zugleich in seiner Knotenlinie (Linea nodorum) oder nahe dabei ist. Der Mondschatten bedeckt, wenn er auch die Erde erreicht, nur einen kleinen Theil ihrer Oberfläche auf einmal, und nur den hier liegenden Orten wird die Sonne total verfinstert; die anderen Orte hingegen, die nur vom Halbschatten getroffen werden, haben nur eine partielle Sonnenfinsternis; und die unbeschatteten gar keine. Auch wird aus gleichen Gründen, den verschiedenen Orten die Sonne nach und nach verdunkelt, und hört auch zu verschiedenen Zeiten auf. Trifft der Kernschatten des Mondes die Erde gar nicht, so entstehen die ringförmigen S. Finsternisse, die an solchen Orten, worüber der Mittelpunkt des Halbschattens geht, zugleich central sind. — Die Mondfinsternis findet ebenfalls (zur Vollmondszeit) unter der Bedingung statt, daß der Mond nahe bei der Knotenlinie seiner Bahn ist; wo denn der Erdschatten auf den Mond geworfen diesen partiell oder total verdunkelt. Der manchmal bei totalen Mondfinsternissen bemerkte röthliche Schimmer, rührt von der in der Folge zu untersuchenden Brechung der Sonnenstrahlen in der Erdatmosphäre her). An allen Orten der Erde wo der Mond zur Zeit der Mondfinsternis sichtbar ist (wo er mithin in den Erdschatten tritt und von der Erde der Sonnenstrahlen beraubt oder verdunkelt wird) sieht die Mondfinsternis gleich aus, fängt zu derselben Zeit an und hört auch zu gleicher Zeit wieder auf. Zur besseren Verdeutlichung der Sonn- und Mondfinsternis vergl. man Fig. 11, und denke sich im ersteren

Falle die Sonne hinter L; im letzteren hinter T. — Einen Venusmond wollten FONTANA 1645 zu Neapel, CASSINI 1646, SHORT in England 1740, MONTAIGNE in Frankreich, und RODKIER und HORREBOV in Köpenhagen, und v. MONTBARON zu Auxeron 1764 gesehen haben; eine Beobachtung die sich späterhin nicht bestätigt hat.

k) Ursprünglich leuchtend und mit ihrem Lichte die Planeten erhellend erscheint die Sonne und die sogenannten Fixsterne, die vermöge ihrer grossen Entfernung von unserem Planeten stets an derselben Stelle (abgesehen von ihrer scheinbaren Bewegung) wieder gesehen werden; und zwar rück-sichtlich ihrer Grösse und ihres Glanzes sehr von einander abweichen, die jedoch sämmtlich unter einem so kleinen Winkel sichtbar werden, daß wir denselben nicht zu messen vermögen, und mithin ihre Grösse mit Genauigkeit nicht bestimmen können. Dem ohnerachtet glänzen sie lebhaft; und dieses bürgt für ihre Selbstleuchtung, und läßt die Vermuthung zu, daß sie auch wie die Sonne untergeordnete Weltkörper (Cometen, Planeten und Trabanten) beleuchten, mithin eben soviel Centralkörper von eben so vielen Sonnensystemen als wie sie selbst sind darstellen. Die Sonne durch das Fernrohr betrachtet, erscheint vollkommen rund und scharf begrenzt, umgeben von einer leuchtenden Atmosphäre, die wahrscheinlich (HERSCHEL und BODE zufolge) einen dunkelen Körper einschließt, den sie nicht unmittelbar zu berühren, sondern davon noch durch eine (vielleicht aus Metalldämpfen oder Lüften bestehende) lichte dunst-artige Hohlkugel getrennt zu seyn scheint; daß

( 15<sup>2</sup> )

diese Hohlkugel dunstartig ist, ergiebt sich schon aus ihrer runden Gestalt, die sonst durch die Rotation sich längst zur Ellipse umgebildet haben müßte, und uns unter derselben Form die Sonne erscheinen lassen würde. Wäre unsere Sonne so weit wie z. B. der nächste Fixstern (wahrscheinlich Arcturus), d. i. etwa 400000 Erdweiten von uns entfernt, so würde sie verschiedenen Berechnungen zufolge das Ansehen der Fixsterne haben, und bei einer Entfernung, die den weitesten mittelst der Fernröhre unterscheidbaren Fixsternen gleich käme, d. i. eine Entfernung wo das Licht (vergl. §. 34. N. 9.) mehrere Jahrtausende gebraucht, um zu unserem Auge zu gelangen (während es zur Bewegung vom nächsten Fixsterne aus zu uns etwa 6 Jahre nöthig hat), würde sie vielleicht dem besten Fernrohre verschwinden.

1) Zur leichteren Unterscheidung der Gestirne, hat man sie von den ältesten Zeiten her in verschiedene Abtheilungen gebracht, und diese mit Namen belegt, die theils auf ältere Mythen ehemaliger Völkerschaften, theils auf climatische Verhältnisse derjenigen Länder, wo die Beobachtungen zuerst angestellt wurden, Bezug haben, und in dieser Hinsicht öfters für die Geschichte der Wissenschaft von Werth seyn können; vergl. §. 11. N. 2 u. 3. Man nennt diese Abtheilungen Sternbilder (Asterismi, Constellationes, Figurae coelestes); mehrere davon verdanken ihre Auffindung und Benennung der neueren Zeit. Die einzelnen Sterne der Sternbilder bezeichnet man gewöhnlich mit Buchstaben oder Zahlen, seltener mit besonderen Namen; und in den Verzeichnissen von



Fixsternen (*Catalogi fixarum*), sind die zur genauen Bestimmung der Lage eines jeden Sterns auf der Weltkugel erforderlichen astronomischen Angaben enthalten. Ausserdem hat man als Hülfsmittel zur Sternkunde künstliche Weltkugeln (*Globi coelestes*), Sternkarten, Sternkugeln und Coniglobien u. m. dgl.; vergl. J. BAYERI *Uranometria*. Aug. Vind. 1643. Jo. GABR. DOPPELMAYERI *atlas novus coelestis*. Norimb. 1742. CHR. BENED. FUNKE, *Anweisung zur Kenntniß der Gestirne mittelst zweier Sternkugeln*. Leipzig 1770. J. E. BODE, *Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels*. 7te Auflage. Mit vielen Kupfern und einer grossen Himmelscharte. gr. 8. Berlin 1801. Dessen *Beschreibung und Gebrauch obiger Himmelscharte, mit einem durchscheinenden Horizont, 23 Zolle im Durchmesser*. Dessen *Erläuterung der Sternkunde und der damit verwandten Wissenschaften*. 3te Aufl. 2 Bde. m. Kpfn. gr. 8. Berlin 1808. Dessen *kurzer Entwurf der astronomischen Wissenschaften, zu Vorlesungen mit 7 Kpfn.* 8. Berlin 1794. Dessen *Vorstellung der Gestirne auf XXXIV Kupfrtln.* Nach der Pariser Ausgabe des FLAMSTEEDSchen Himmelsatlas. gr. 4. Berlin 1782. Dessen *Beschreibung und Gebrauch einer Weltcharte in zwei Hemisphären*. Berlin 1793. Dessen *Ptolomäus, Beobachtung und Beschreibung der Gestirne, mit Erläuterungen etc.* Nebst einer Charte. gr. 8. Berlin 1795. *Ejusd. Uranographia, sive Astrorum Descriptio viginti Tabulis aeneis incisa, ex recentissimis et absolutissimis astronomorum observationibus.* (Auch mit deutschem und französischen Texte) m. Chart.

im größten Format. Berlin. Dessen allgem. Betrachtungen über das Weltgebäude. 3te Auflage. Berlin 1807. 8. — J. H. VOIGT's Lehrb. einer populären Sternkunde etc. m. Kpfn. Weimar 1799. gr 8. — J. T. MAYER Lehrbuch über die phys. Astronomie, Theorie der Erde und Meteorologie. Mit 2 Kpfn. Göttingen 1805. 8.

m) Nur der geringste Theil der Fixsterne ist in den Sternverzeichnissen nachzuweisen, die Zahl dieser Sonnen ist unermesslich groß. Das was das unbewaffnete Auge für blossen Lichtschimmer hält, löst sich mit Hilfe der DOLLOND'schen Fernröhre oder des HERSCHEL'schen vierzig schuhigen Spiegelteleskops in gedrängt voll stehende Sterngruppen auf, als Lichtpunkte auf dem dunklen Himmelsgrunde hervortretend. Vorzüglich in die Augen fallend ist eine solche oft teleskopisch ziemlich deutliche Sternanhäufung, in der sogenannten Milchstrasse (Jacobsstrasse, oder besser Sternengürtel, Sternendiadem, Lichtzone Via lactea), die als lichtschimrender Bogen, das ganze Sternengewölbe, fast in der Lage eines größten zusammenhängenden Kreises der Sphäre, in ungleicher Breite umgiebt. HERSCHEL sah einst durch das Feld seines unbeweglich aufgestellten zwanzigfüßigen Teleskops, das etwa  $2\frac{1}{2}$  Grad faßt, in einer Viertelstunde mehr als 116000 Sterne der Milchstrasse passiren, und zwar nur die deutlich zählbaren gerechnet. Ein andermal sah derselbe berühmte Astronom durch das etwa 15 Minuten fassende Sehfeld seines Teleskops, an einer gewissen Stelle der Milchstrasse innerhalb 41 Minuten Zeit, einen dichten Sternhaufen durchgehen, der nach einer ohn

gefährten Schätzung aus wenigstens 258981 Sternen bestand; und von den 2000 Nebelsternen, Sternhaufen und Nebelsternen, von denen H. bereits in BODE's astronom. Jahrb. 1791 u. 1794 ein Verzeichniß lieferte, gestand er selbst ein, daß hiemit nur erst der geringste Theil, der von uns sehungsmöglichen Fixsternaggregate angegeben sey. Selbst die sogenannte Erdenweite (Entfernung von der Erde bis zur Sonne) die etwa 21 Millionen Meilen beträgt, ist zu unbedeutend, um für die Entfernungen jener Fixsterne, die noch ausser den Grenzen der Milchstrasse zu liegen scheinen, zum brauchbaren Maasstabe zu dienen; ja hier dürfte vielleicht kaum die Entfernung des nächsten Gestirns, des Arctur, oder des nicht viel weiter entlegenen, unter allen am meisten glänzenden Sirius zu jenem Zwecke hinreichen. Wie die Theilung des Räumlichen ins Unendliche geht, so auch die Ausdehnung desselben; und dem schwachen Sohne der im bekannten Weltraume zum Atome verschwindenden Erde, bleibt hier nur stille Verehrung desjenigen übrig, der, wo nur Bahnen möglich waren, im fröhlichen Kreise sich drehende Welten seiner schaffenden Hand entsteigen liefs.

n) Nach HERSCHEL's Annahme ist die Gestalt der Milchstrasse die eines länglichen unregelmässigen Doppelstreifens; nach einer anderen die einer wirklichen Sphäre, deren Mittelpunkt unserer Sonne ziemlich nahe steht. Die Sterne der Milchstrasse liegen nämlich (in Vergleichung mit den übrigen Sternen) nicht wirklich näher beisammen, sondern hinter einander in unermeßlicher Tiefe, und des-

halb scheinen sie dorthin wo sie von der Seite oder der Fläche noch gesehen werden, gedrängter als in den übrigen Himmelsgegenden zu stehen; wie in einem Walde die in langen Reihen hinter einander stehenden Bäume angehäufter zu seyn scheinen, als die welche zur Seite neben uns stehen. Jedes Sonnensystem, mithin auch das unsere (welches vermuthlich etwas seitwärts ausser der, der Länge nach mitten durch dieses Fixsternensystem gehenden Ebene liegt, indem die scheinbare Gestalt der Milchstrasse nicht völlig ein größter Kreis der Himmelskugel ist, sondern dem Südpol um 10 Grade näher vorbei geht, als wie dem Nordpole) ist hier wahrscheinlich in einer flachen scheibenförmigen Gestalt aufgestellt, und alle Sterne, die wir längs der größten Durchschnittsebene dieser Schicht nach allen Seiten im Kreise herum sehen, werden zur Milchstrasse gehören, während die übrigen seitwärts stehenden vielleicht als letzte Enden entfernterer Milchstrassen, an der uns sichtbaren Himmelskugel zerstreut erscheinen. Mehrere Astronomen setzen den Centralkörper dieser Milchstrasse zu der unsere Sonne gehört, und um welchen sich das ganze Fixsternenheer bewegt, in den hellglänzenden Sirius, andere vielleicht mit eben so vielem Rechte, in die Gegend des Orions, und halten hier einen der sichtbaren nebelartigen Weltkörper für die Centralsonne; auch selbst in diesem Falle, würde unsere Sonne nicht um viele Fixsternenweiten von dem Mittelpuncte entfernt seyn, ohnerachtet wir dem Adler, Pfeile, Schwane etc. näher zu liegen scheinen, als dem gegenüber stehenden Orion, weil sich uns dort

die Milchstrasse breiter und heller mit zerstreuteren Sternen zeigt, als beim Orion. Jenes getheilte Aussehen der Milchstrasse erklärt sich daraus, daß eine grosse Anzahl der Fixsternenbahnen in eine gemeinschaftliche Ebene fällt, die von einer zweiten gleichfalls an Bahnen reichen Ebene, etwas entfernt liegt, während in der Mitte beider nur wenigere (vielleicht minder leuchtende und unvollkommenere) Fixsterne gefunden werden. Wahrscheinlich existiren aber mehrere untergeordnete Centralsonnen, einzelner zum Ganzen gehörender Fixsternsysteme, ausser der in der Gegend des Orion oder des Stiers angenommenen grossen. Hierher würden dann die glänzenden Sterne gehören, welche man in vielen rundlichen nebelartigen Weltgebäuden unter mehreren kleineren teleskopischen Sternen entdeckt hat, die nicht sowohl nach dem Mittelpuncte zu, sondern weiter gegen die eine Seite hin, in der Nähe des einen Brennpunctes der Ellipse liegen, und sich zu den übrigen Sternen oder Lichtmassen ihres Systems fast wie der (bald zu erwähnende) Kern des Cometen zu seinem Schweife zu verhalten scheinen; daß übrigens die Fixsterne eine gemeinschaftliche Bewegung haben, hat die neuere Astronomie aus mehreren Erscheinungen mit Grunde als der Wahrheit gemäss aufgestellt. Mit dieser eigenthümlichen Bewegung muß aber nicht die scheinbare verwechselt werden, welche entsteht, wenn (nach HERSCHEL und PREVOST) unsere Sonne mit allen ihren Begleitern ihren Ort im Weltraume ändert; noch weniger die in der Folge zu berührende durch die Bewegung der Erde hervorgebrachte

scheinbare, sondern eine wirkliche Fortbewegung der ganzen Weltkörpermasse der Milchstrasse, welche sich zu der eigenthümlichen Kreisung jedes einzelnen Sonnensystems etwa verhält, wie der Lauf der Erde um die Sonne, zu der gleichzeitig mit diesem Umlaufe gegebenen Fortrückung sammt der Sonne, den Cometen, Planeten und Trabanten. Dieses Fortrücken der Fixsterne kann aber auch selbst dann nicht viel über eine Secunde an unserem Eirraume (für unsere Beobachtung) betragen, wenn sich der einzelne Fixstern selbst um eine Erddurchmessersweite fortrollt. Jene allgemeine Centralsonne unserer Milchstrasse, ist nach obiger Annahme, das allen Beobachtungen zufolge, mehr wie jede ähnliche Masse ausgedehnte Nebellicht im Schwerdte des Orion, welches sich nicht in einzelne Sterne auflöst. In der Gegend des Orions findet die stärkste Sternanhäufung in der Milchstrasse statt; in der des Sirius die geringste. Diejenige welche diesen letzteren für die Centralsonne halten, erklären die hier gegebene geringere Sternanhäufung daraus, daß der Sirius für uns, die wir nicht genau in der größten Ebene der Milchstrasse liegen, nach der Seite hinaus steht, wo uns die Milchstrasse am schmalsten und mindest schimmernden erscheint. Daß übrigens die Fixsternbewegung wie jede selbstständige anschaulich organische (vergl. §. 36 u. 57.) nicht geradlinigt, sondern krummlinigt, und wenn auch nicht in sich selbst vollkommen zurückkehrend doch in immer weiteren kreisartigen Bahnen sich versuchend statt finde, folgt schon aus der Beziehung zu einem in der Mitte liegenden grösseren

Körper, und daraus, daß bei jeder geradlinigten Bewegung in jedem Augenblicke des Fortschreitens die ehemaligen Verbindungen total aufhören müßten. Schon aus diesen Gründen ist eine sonst angenommene geradlinigte Bewegung unseres Sonnensystems nach einem Sterne des Herkules, woraus HERSCHEL und PREVOST die allgemeine Bewegung der Fixsterne bloß als scheinbare ableiten wollten (vergl. oben), nicht wohl denkbar. — Vergl. De motu fixarum proprio Comment. auct. TOB. MAYER in dessen opp. ineditis. Vol. I. p. 75. HERSCHEL'S und PREVOST'S Abhandl. übersetzt in BODE'S Jahrb. für 1786. S. 259 u. 1787. S. 224, und über die eigenthümliche Bewegung einiger Sterne von PREVOST und MAURICE ebendas. 1805, S. 113 etc. J. KANT'S allgem. Naturgeschichte und Theorie des Himmels etc. Königsberg u. Leipzig 1755. — LAMBERT'S cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues. Augsburg 1761. FR. SCHUBERT'S theoret. Astronomie; und G. H. SCHUBERT'S Ansichten von der Nachtseite der Naturwissenschaft.

o) Jene Nebelflecken oder Nebelsterne, die in Gestalt kleiner Lichtwölkchen oder schwacher Schimmer von Licht am dunkelen Himmelsgrunde hervortreten, haben wir durch die neueren Untersuchungen vorzüglich eines HERSCHEL'S und SCHRÖTER'S theils als einfache Lichtmassen von ungeheurer Ausdehnung in einem mehr oder minder wie es scheint flüssigen Zustande, öfters einen helleuchtenden Stern in der Mitte habend, theils als Aggregate zahlloser Fixsterne entfernter Milchstrassen kennen gelernt. Die Zahl

der zur Zeit bekannten Nebelflecken beläuft sich bereits über 2000, und der rastlose Fleiß der genannten ehrwürdigen Forscher u. a. neuerer Astronomen, bürgt uns dafür, daß wir von der jetzt gewonnenen Ansicht neuer Welten in der unergründlichen Tiefe des Himmels, auch zur Einsicht ihrer Verhältnisse zu unserer Fixsternenwelt und somit zu unserem Sonnensystem gelangen werden. Scheint es doch, als sollten die geheimen Bücher der Geschichte unseres eigenen Sonnensystems, mit diesen und ähnlichen Entdeckungen, jetzt wenigstens in ihren ersten Grundzügen entrollt werden. (Beim Schlusse dieses Grundrisses werden wir in dem Versuche „einer Geschichte der Natur“ auf diese interessanten Gegenstände zurückkommen).

p) Aus einigen HERSCHEL'Schen Beobachtungen, hat man auf Verschiedenheiten in der Grösse der einzelnen Sonnen geschlossen, jedoch noch nicht mit vollkommener Sicherheit, indem diese zur Zeit die zu Gebote stehenden Instrumente und die schwankende Angabe der Parallelaxe noch nicht zu lassen. So müßte die Kapella, welche H. dritthalb Secunden im scheinbaren Durchmesser fand (nach jener Voraussetzung, daß die jährliche Parallelaxe der nächsten Fixsterne nicht über eine Secunde beträgt, und mithin der scheinbare Durchmesser der Erdbahn — welche wir in der geraden Zahl zu 40 Millionen Meilen annehmen — in der Gegend jener Sterne 2 Sec.) im wahren Durchmesser 50 Millionen Meilen oder 269 Sonnenhalbmesser betragen, und mithin am Umfange ihres Aequators  $\frac{1}{5}$  mehr als unsere Erdbahn. Vergl. G. H. SCHUBERT a. a. O.



q) Die Grundsätze zur Berechnung der Entfernungen der Weltkörper, sind denjenigen völlig gleich, welcher sich die Geometrie täglich bedient. Denken wir uns z. B. zwei Beobachter auf der Erde, wovon der eine den Mond im scheinbaren Horizont, und der andere gleichzeitig im Scheitelpuncte hat: so läßt sich durch Messung der Winkel bestimmen, um welchen der eine Beobachter den Mond am scheinbaren Himmelsgewölbe an einem anderen Orte sieht, als der andere. Diesen Winkel nennt man die horizontale Parallaxe (*Parallaxis horizontalis*) des Mondes. Er beträgt etwa  $1^\circ$ . Zieht nämlich der erste Beobachter in Gedanken eine Linie zum aufgehenden Mond, und eine andere zum Mittelpuncte der Erde; der zweite aber eine dritte Linie von da durch seinen Standort bis zu dem in seinem Scheitelpuncte stehenden Monde: so ergibt sich ein Dreieck, in welchem der Halbmesser der Erde von 860 Meilen eine bekannte Seite; der Winkel am Monde oder die Parallaxe, so wie der rechte Winkel an der Oberfläche der Erde (beim ersteren Beobachter) zwei bekannte Winkel sind; woraus nach leichten trigonometrischen Regeln die Länge der vom zweiten Beobachter gezogenen Linie, d. i. in diesem Falle die Entfernung des Mondes vom Mittelpuncte der Erde bestimmt werden kann. Beträgt jener Winkel (zwischen den Gesichtslinien beider Beobachter) am Monde  $61\frac{1}{2}$  Minute, so ist der Mond ohngefähr 48000; und beträgt der Winkel nur 54 Minuten, so ist er etwa 54700 Meilen vom Mittelpuncte der Erde entfernt; mithin beträgt sein mittlerer Abstand von der Erde ohngefähr 53100 Meilen.

Aber je weiter der Weltkörper von der Erde entfernt ist, um so geringer wird der Winkel der Parallaxe, und mithin um so schwieriger wird es die Entfernung genau zu finden. Daher ist die Mondweite von der Erde am genauesten, die der nahe gelegenen Planeten und der Sonne schwieriger, die entfernteren Planeten und der nächsten Fixsterne sehr unvollkommen oder auch wohl gar nicht auf diesem Wege festzusetzen. Bei Bestimmung der Sonnenweite, ist die halbe Dicke der Erde bei dem hierbei vorkommenden Dreieck eine zu kleine Seite; die Durchgänge der Venus (1761 u. 1769, vergl. oben) durch die Sonne gewährten indess den Astronomen die Möglichkeit, aus vielen Beobachtungen sehr genau die vereinigte Parallaxe der Sonne und der Venus zu berechnen, und hiernach die mittlere horizontale Sonnenparallaxe (den Unterschied ihres scheinbaren Ortes von der Oberfläche und vom Mittelpuncte der Erde aus betrachtet, also den Halbmesser der Erdkugel, vergl. oben, hiebei zum Grunde gelegt) auf  $8\frac{1}{2}$  Secunde, etwa 400 mal geringer als beim Monde zu bestimmen; woraus sich wieder auf obige Weise berechnen liefs, dafs die Entfernung der Sonne um eben so vielmal grösser, als die des Mondes sey, und mithin über 20 Millionen, fast 21 Millionen Meilen betrage. Wenn auch hiernach die Angaben der Abstände entfernter Weltkörper, bei den Astronomen öfters um tausend Meilen differiren, so verschwindet dieser Unterschied doch gegen die ausserordentlichen Entfernungen, als unbedeutender Beobachtungsfehler. Vergl. BODE's allgem. Betrachtung üb. das Weltgeb. S. 35 etc.; und über

die Parallaxe der Fixsterne: HERSCHEL in J. H. SCHRÖTERS Beiträgen zu den neuesten astronom. Entdeckungen. Herausgeg. von J. E. BODE. Berlin 1788. S. 255 etc. Aus jener Parallaxe von  $8'',5$  und aus dem scheinbaren mittleren Durchmesser, nach LALANDE  $= 32'5'',5$ , läßt sich die wahre Grösse des Sonnendurchmessers  $= 115,14$  Durchmessern der Erdkugel  $= 194490$  geogr. Meilen finden; woraus sich ferner ergibt, daß die Sonne ihrem körperlichen Inhalte nach  $1448079$  (nach anderen Bestimmungen  $1382469$ ) mal grösser als die Erde ist.

r) Zu den selbstleuchtenden Weltkörpern gehören endlich auch noch die Cometen, auch Haarsterne oder Schwanzsterne genannt; die zwar (sofern sie zu unserem Sonnensysteme gehören) von der Sonne beleuchtet werden, jedoch den größten Theil ihres Lichtes, nach SCHRÖTERS neueren Beobachtungen (vergl. dessen neueste Beiträge) höchst wahrscheinlich aus sich selbst entwickeln. Es gehören diese merkwürdigen sonst für blosse Meteore gehaltenen Körper einer ganz anderen Ordnung der Dinge an, als wie die Sonnen und Planeten (nebst deren Trabanten). Während sich diese sowohl um sich selbst, als auch bei ihrem Fortrollen (wenigstens ist dieses letztere von den Planeten und Satelliten bekannt) von Westen nach Osten bewegen, hat die eine Hälfte der bis jetzt bekannten Cometen eine Bewegung von Osten nach Westen; während jene in mehr oder minder excentrischen Ellipsen ihre Bahnen um die Sonne beschreiben, bilden diese durch den uns sichtbaren Theil ihrer Bahn, wie DÖRFFEL

dieses zuerst zeigte) Bogen, die wenig von einer parabolischen Bahn abweichen, und durch ihren ganzen Umlauf äusserst lang gezogene Ellipsen. Vergl. OLBERS über die leichteste und bequemste Methode die Bahn eines Cometen aus einigen Beobachtungen zu berechnen. Weimar 1797. Oefters kommen sie bei ihren Bewegungen der Sonne ausserordentlich nahe, z. B. der vom Jahr 1769, welcher ihr 8 mal näher kam, als wie die Erde selbst in ihrem Perihelio steht, ja einige sind der Sonne selbst näher als wie der Mercur gekommen; und kehren sie dann aus der Sonnennähe zurück, so findet man ihre Atmosphäre ausgedehnter und dichter wie zuvor, was auf grosse Veränderungen durch die Sonneneinwirkung deutet. Die meisten der bisher gesehenen und berechneten Cometen, deren Anzahl sich ohngefähr seit dem Jahre 2500 vor Christi Geburt bis zur Mitte des 16ten Jahrhunderts auf 400 beläuft, nehmen jedoch ihren Weg um die Sonne innerhalb der Marsbahn (vergl. BODE's Abhandl. über die Ausheilung und Lage aller bisher bekannten Planeten- und Cometenbahnen etc. Berlin 1792. 8.); es ist daher wahrscheinlich, daß nur der geringste Theil gesehen wurde, und daß der grössere Theil innerhalb der Bahnen der weiter entlegenen Planeten seine Sonnennähe erreicht. Nach LAMBERT (dessen cosmologische Briefe) können allein in der Bahn des Saturn 12000 Cometen der Sonne am nächsten kommen. Wie weit sie in ihrer Sonnenferne fortgehen, und ob sie, wie einige Astronomen vermuthen, wirklich in andere Fixsternsysteme eingreifen, und dadurch vielleicht öfters von ihrer

Wiederkehr ganz abgehalten werde (was z. B. mit dem J. 1770 der Fall seyn mag, der nach MESSIER's und LEXEL's genauen Beobachtungen und Berechnungen innerhalb  $5\frac{1}{2}$  Jahr seinen Sonnenumlauf vollenden sollte, aber seit seinem Erscheinen und auch vorher nicht gesehen wurde) kann nicht entschieden werden; indess müssen wir bemerken, dafs sie auch bei sehr grossen Ausweichungen (Excentricitäten) ihrer Bahnen dennoch Platz genug in den näheren mit Aether erfüllten Räumen unseres Sonnensystems haben; denn angenommen, dafs unser Sonnensystem mit dem Uranus geschlossen sey, so beträgt die körperliche Länge desselben ohngefähr 800 Millionen Meilen, und von hier bis zum nächsten Fixsterne, ist es noch 10000 mal so weit. Man hat die Bahnen der Cometen und nebst den übrigen Elementen auch die Umlaufszeiten berechnen wollen; das erstere hat sich am vollständigsten bei dem Cometen vom Jahr 1456 bewährt, der innerhalb einer 75—76 jährigen Periode regelmäfsig fünfmal wiedergekehrt ist, und von HALLEY auf das Jahr 1759 vorausgesagt wurde, und mit Sicherheit auf das Jahr 1834 erwartet wird. Einen anderen vom Jahr 1264, den man mit dem von 1556 für einerlei hält, erwartet man 1848 wieder, und NEWTON's Berechnung zufolge, soll der grosse Comet vom Jahr 1680, dessen Umlaufszeit man auf 1700 Jahre setzt, und den mehrere für den nach JUL. CÄSAR's Tode erschienenen halten, ihm auch früher die Entstehung der Sündfluth zuschreiben, nach 575 Jahren wiederkehren. Man hat bis Ende 1803 die Bahnen von 95 seit dem Jahre 837 erschienenen berechnet, wobei der einigemal wie-

dergekommene, und zwei andere deren Wiederkehr vermuthet wird, nur einmal gerechnet ist; jedoch sind verschiedener Umstände wegen, alle Angaben der Art nicht vollkommen zuverlässig, wie schon aus dem Aussenbleiben des von 1770 erhellt. Von jenen 95 Cometen liefen in ihrer Sonnennähe zwischen Sonnen- und Mercursbahn hindurch 19, zwischen Mercurs- und Venusbahn 36, zwischen Venus- und Erdbahn 20, zwischen Erd- und Marsbahn 16, zwischen Mars- und Jupitersbahn 4. Nach BESSEL beträgt die mittlere Entfernung des Cometen vom J. 1769 von der Sonne, über 5409 Millionen Meilen, die weiteste Entfernung von 8168 Meilen und seine Umlaufszeit 2089 Jahre. Die Sonne glänzt ihnen an der äussersten Grenze ihrer Bahn, nur als Sterne der ersten Grösse.

s) Sämmtliche Cometen haben ein neblichtiges, haariges mehr oder weniger blasses Ansehen, zeigen in der Regel einen nach SCHRÖTERS Vermuthung festen, wahrscheinlicher aber flüssigen, öfters verschiedentlich durchsichtigen, selbstleuchtenden Kern, der von einer sehr dichten, das ausstrahlende Licht schwächenden, und das Einfallen des Sonnenlichtes sehr beschränkenden wolkenartigen Atmosphäre, und dann von einem feinen, weniger als der Kern leuchtenden Lichtnebel umhüllt, und stets nach der von der Sonne, abgekehrten Seite zu, mit einem langen weniger als der Lichtnebel leuchtenden Schweife (Coma) versehen ist. Der Durchmesser des Kerns steht mit der Ausdehnung des Lichtnebels in einem Verhältnisse, wie wir es bei keinem der übrigen bekannten Weltkörper antreffen; man müfste dann

etwa jene Nebelflecke ausnehmen, die in ihrer Mitte einen kleinen Stern einschliessen. Während z. B. der Halbmesser des Cometen vom J. 1799  $186\frac{1}{2}$  Meile betrug, wurde der Lichtnebel schon in der Entfernung des Cometen von der Erde aus, bis zu einer Höhe von 21797 Meilen sichtbar, und der Schweif erstreckte sich wenigstens 60000 Meilen weit in den Himmelsraum. Bei anderen Cometen war der Kern von der Grösse der Jupiterskugel, und die Ausdehnung des Schweifes des vom J. 1769 betrug gegen 40 Millionen. Diejenigen welche dem Kerne das Selbstleuchten streitig machen, glaubten sich berechtigt denselben für einen Wasserball zu halten; aber auch dieser würde bei einer so ungeheuren Grösse vollkommen undurchsichtig werden; das flüssige Element des Kerns muß daher wohl von einer anderen und zwar räumlich leicht veränderlichen Beschaffenheit seyn, denn darauf weisen die veränderlichen Grössen des Durchmessers hin, welche SCHRÖTER durch atmosphärische Verhüllung zu erklären glaubt. Die grosse Abplattung der Cometen, welche durch ihre schnelle Drehung bewirkt wird, läßt sie nicht als Sphäroiden, sondern als Ellipsen erscheinen, deren grössere Axe nach der Sonne gekehrt, und mithin die kleine Axe der Pole ist. Bei verschiedenen in neuern Zeiten bloß durch Fernröhre gesehenen Cometen, war die Dichtigkeit des Kerns so groß, daß seine Substanz die Stralen kleiner Sterne durchliefs, und die daher von mehreren Astronomen als vollkommen kernlose Cometen betrachtet werden. Beträchtlich grosse Cometen mit sehr langen Schweifen, wie man dergleichen noch im 17ten Jahrhun-

derte wenigstens 10 sah, sind in neueren Zeiten  
sparsam erschienen; im 18ten Jahrhunderte sah man  
zwei solche, nämlich den von 1744 und von 1769.  
Uebrigens hat man weder an dem von 1744 der  
ganz nahe bei dem Mercur vorbei ging, noch an  
dem von 1540, der zwischen Mond und Erde  
durchging, die geringsten zerstörenden Wirkungen  
gegen diese Planeten bemerkt. Nach der Seite des  
Schweifes hin, zeigt sich der Lichtnebel dichter;  
aber wirkliche Phasen oder Schatten, die CASSINI  
und CALANDRIAN an dem Cometen vom J. 1744  
als dunkle Zwischenräume im Schweife nach dem  
Kerne hin, die sie für den Schatten des dunkel  
seyn sollenden Kerns hielten, gesehen haben woll-  
ten, und die schon zwei sorgfältige Mitarbeiter  
CHESAUX und HEINSIUS leugneten, sind weder an  
dem von 1769 durch MESSIER noch an dem von  
1799 durch SCHRÖTER gesehen worden. Wohl aber  
haben sowohl ältere als neuere Beobachtungen, die  
eines KEPLER, WENDELIN, SNELL, MESSIER, CORN.  
GEMMA und die SCHRÖTERSchen mit seinem gros-  
sen 27füßigen Reflector, eine eigenthümliche viel-  
leicht periodische fluctuirende und vibrirende  
Bewegung des Schweifes gezeigt; die mit anderen  
in der Folge zu berührenden Umständen vereint,  
auf die electricische Beschaffenheit des Schweifes  
haben schliessen lassen; wie denn überhaupt die  
Cometen das dritte, Thätigkeiten bestimmende  
(flüssige) Glied, das Band zwischen Sonne und  
Planeten zu seyn scheinen. Mehrere Astronomen  
haben die Natur und Entstehung des Schweifes  
auf andere Weise, z. B. durch wässrige Dünste,  
oder durch (zufällige) Abreissungen freier leuch-

(91)



tender Theile vom Kern, bei eintretender Sonnen-  
nähe, wobei die Sonnenatmosphäre gegen diese  
Theilchen repulsiv wirken soll, zu erklären ver-  
sucht, aber allen diesen und ähnlichen Erklärun-  
gen mangelt die Nachweisung jener inneren durch  
das Ganze begründeten Nothwendigkeit, welche  
den Zufall verbannend, keine andere als die gege-  
bene Erklärung nach dem zeitigen Stande unserer  
Kenntnißsphäre zuläßt. — Uebrigens erwartet man  
im Durchschnitte alle zwei Jahre einen (mit blos-  
sen Augen oder häufiger nur durch Fernröhre)  
sichtbaren Cometen; der jüngst lang verweilende  
und sichtbar bleibende, war der vom J. 1807, von  
einem lebhaften Lichte, und von Jupiters Grösse  
und 5° langem Schweife.

t) Die Erde dreht sich um ihre Axe innerhalb  
24 Stunden. Die Umdrehungszeit des Mercur  
und der Venus setzte SCHRÖTER aus beobachte-  
ten Veränderungen der Gestalt der Hörnerspitzen  
(wenn die Planeten nicht ganz erleuchtet waren),  
bei dem ersteren auf 24 Stund. 5 Min. 50 Sec.,  
und bei der letzteren auf 23 Stund. 20—21 Min.  
fest; wogegen neuerlichst FLEUGORGUES die ältere  
Behauptung des BIANCHINI in Schutz nahm, der  
zufolge sich die Venus fast in 24 Tagen um ihre  
Axe drehe, und Mercur mithin wahrscheinlich  
noch längere Zeit gebrauche. Vergl. §. 66. Die  
Axdrehung des Mars hat man aus der regelmä-  
sig veränderten Lage der Flecken (die vielleicht  
mit Wasser erfüllte Tiefe zwischen den ungeheuren  
Schneemassen dieses Planeten sind), auf 24 Stund.  
und 39 Min.; so wie die des Jupiter (auf ähn-  
liche Weise aus dessen Flecken und Meteore an-

deutenden Streifen erschlossen) auf 9 St. 56 Min. bestimmt. Aus den Flecken des Saturn (dessen weisse Farbe und unregelmässige Kugelgestalt auf grosse Schnee oder Eismassen schliessen läßt) hat HERSCHEL die Umdrehungszeit dieses Planeten zu 10 Stund. 16 Min. 15 Sec. angegeben; bei dem Uranus hingegen hat die weite Entfernung, und bei den neu entdeckten Planeten die geringe Grösse und dichte cometenartige Atmosphäre, die Bestimmung der Axendrehungszeit noch nicht zugelassen. — Zuweilen hat man auf der Sonnenscheibe hellere Stellen sogenannte Sonnenfackeln, noch häufiger schwarze Flecken von veränderlicher Grösse, Lage und Gestalt beobachtet; die ersteren sind wahrscheinlich Erfolge lebhafterer Lichtentwicklung durch erhöhte chemische (Verbrennungs-) Prozesse auf der Sonnenoberfläche, oder in ihrer Atmosphäre (Licht- oder Photosphäre); die letzteren vielleicht nach und nach eintretendes Erlöschen der Lichtentwicklung, oder partielle Theilungen der Photosphäre wodurch der dunkle (?) Sonnenkörper entblößt wird. Aus der Bewegung dieser Veränderungen der Sonnenatmosphäre, hat man auf eine regelmässige Axendrehung von 25 Tagen 14 Stunden und 8 Minuten geschlossen. Bei anderen Fixsternen hat man aus einigermaßen ähnlichen Lichtveränderungen, auf gleiche Weise die Axendrehungszeit zu bestimmen gesucht, und so Verschiedenheiten von 3 Tagen bis zu 13 Monaten bemerkt. Z. B. hat der Stern Algol eine 3 tägige, der lichtverändernde Stern im Antonius eine 7 tägige, der in Lyra eine 13 tägige, dagegen der Mira im Wallfische 11,

und der lichtändernde im Halse des Schwans eine 13 monatliche Drehung um die eigene Axe.

u) Die Axendrehung der Erde hat zunächst den Wechsel von Tag und Nacht, und ausserdem mehrere scheinbare Bewegungen der übrigen Weltkörper zur Folge. Indem nämlich irgend ein Theil ihrer Oberfläche vor einer Reihe von Himmelskörpern durch Drehung vorüberrückt, ändert sich die Lage dieses Theils gegen dieselben, auf gleiche Weise, als ob er selbst ruhete, und sich die Himmelskörper nach der entgegengesetzten Seite vor ihm vorüberbewegten. Dafs diese aus der veränderten Lage dieser Himmelskörper erschlossene Bewegung eine scheinbare durch die wirkliche der Erde um sich selbst veranlafte sey, zeigte in neueren Zeiten COPERNICUS (vergl. §. 11. N. 2. §. 64. N. 2.) zuerst wiederum, und BENZENBERG (a. a. O. vergl. S. 153.) suchte es neuerlichst durch entscheidende Versuche zu bestätigen. Wäre jene Bewegung eine wirkliche, so müßten alle Himmelskörper, auch bei den ungleichsten Bahnen in derselben Zeit ihren Weg um die Erde vollenden, was undenkbar ist; dafs übrigens die Bewegung der Erde von uns wegen ihrer grossen Geschwindigkeit nicht wahrgenommen wird, ist irrig, eher könnte die Gleichmässigkeit der Bewegung sie für uns unbemerkt machen. — Dreht sich aber die Erde um sich selbst, so ist dadurch die Lage der Axe, und mithin aller übrigen davon abhängigen Punkte und Linien der Erdkugel bestimmt. Denken wir uns daher in der Erdkugel (Fig. 12) die Axe in der Richtung von NS, und nennen wir die Endpunkte dieser Linie, den einen

Nordpol den anderen Südpol, so wird ein in einer Entfernung von  $90^\circ$  von jedem Pole gezogener größter Kreis A Q der Aequator, die Erde in die nördliche und südliche Halbkugel theilen; und indem wir die Entfernung eines zwischen den Polen und dem Aequator gelegenen Ortes dadurch bestimmen, daß wir durch den Ort (oder Punct) einen größten Kreis senkrecht auf den Aequator ziehen, und den dadurch zwischen den Ort und den Aequator fallenden Bogen messen, so erhalten wir die (geographische) nördliche oder südliche Breite des Ortes, den durch den Ort gezogenen Kreis selbst aber, so wie alle senkrecht auf den Aequator stehende, und bei ihrer Fortsetzung mithin in den Polen sich schneidenden Kreise, nennen wir (den Meridian des Ortes) die Meridiane oder Mittagskreise. Alle Orte die unter demselben Mittagskreise liegen haben zugleich Mittag, und die in dem entgegengesetzten Halbkreise liegenden dann Mitternacht. Die Breite eines Ortes bezeichnet aber nur den Parallelkreis, unter welchem er liegt, nicht seine Lage; um diese auszumitteln, muß der Winkel bestimmt werden, den der Meridian des Ortes mit dem Meridiane eines anderen als bekannt angenommenen Ortes macht, zugleich aber auch nach welcher Seite desselben gerechnet worden ist; man erhält dann die Beziehung des Punctes im Parallelkreise, in dem der Ort liegt, und mithin dessen Lage selbst. Jenen Winkel nennt man die (geographische) Länge des Ortes, und den angenommenen Meridian (den man jetzt gewöhnlich  $20^\circ$  westlich von Paris und durch einen gewissen Punct der Insel

Ferro gehend setzt) den ersten Meridian. Gewöhnlich zählt man bei der Längenbestimmung eines Ortes ostwärts vom ersten Meridian, oder man unterscheidet auch östliche und westliche Länge; und den Winkel selbst, den beide Meridiane mit einander machen, bestimmt man durch den zwischen ihnen enthaltenen Bogen des Aequators. Zur Erleichterung dieser und ähnlicher Bestimmungen, so wie zur Erläuterung der mathematischen Geographie überhaupt, welche diese Gegenstände näher untersucht, dienen die künstlichen Erdkugeln (*Globi terrestres*). — Blicken wir zum Himmel, so erscheint uns dieser als eine grosse hohle Kugel (Sternkugel, deren andere Hälfte wir uns unter unsern Füßen gedenken müssen), welche unsere Erde nach allen Seiten umgiebt, an ihrer Oberfläche die Gestirne enthaltend, deren verschiedene Abstände zu schätzen, dem blossen Auge, wegen der zu grossen Entfernung unmöglich wird. Die Erde selbst scheint sich dabei in eine weite Ebene auszudehnen, die mit den Weltkörpern umher zusammengrenzt; jenen Kreis in welchem die Zusammengrenzung von Himmel und Erde statt zu finden scheint, nennen wir den Begrenzungskreis, Gesichtskreis oder Horizont, und so wie hier die durch's Auge des Beobachters gehende Horizontalebene einen Horizontalkreis am Himmelsgewölbe abzuschneiden scheint, so auch die Verticalebene einen Verticalkreis, und der Beobachter glaubt im Mittelpuncte aller dieser Kreise zu stehen. Alle Erscheinungen die ihren Grund in dieser kugelähnlichen Ansicht haben, machen zusammen die spärliche Astro-

nomie (*Astronomia sphaerica*) aus; während das mittelst des Verstandes als wirklich im Raume vorgehend Erschlossene unter dem Namen der theoretischen Astronomie begriffen wird. Man nennt jenen Horizont den scheinbaren, im Gegensatze des wahren, den eine durch den Mittelpunct der Erde mit jenem parallel gelegte Ebene, an der Himmelkugel abschneiden würde. Jene Gegend des Horizonts wo die Gestirne aufgehen, nennt man Morgen oder Osten, wo sie untergehen Abend oder Westen; und die zwischen beiden, wo sie über dem Horizonte stehen Mittag oder Süden, so wie die ihr entgegengesetzte Mitternacht oder Norden. Es rühren diese Benennungen von der Sonne her, indem man die Zeit ihres Aufganges (*Ortus*) Morgen, und die ihres Untergangs (*Occasus*) Abend nennt. Jener Punct der gerade über unserem Scheitel liegt, und den man als den Pol des Horizonts anzusehen hat, heißt der Scheitelpunct oder das Zenith; der ihm entgegengesetzte der Fußpunct oder das Nadir; und bestimmen wir die beiden festen Puncte an der Sternkugel, zwischen denen die parallelen Kreise der Sterne, zwischen ihrem Auf- und Untergange durch ihre Bahnen beschrieben werden, so nennen wir diere Puncte Weltpole und die zwischen beiden gedachte gerade Linie die Weltaxe. Derjenige Punct den wir über unserem Horizont haben, liegt in der nördlichen Himmelsgegend und heißt daher der Nordpol; der ihm entgegengesetzte, unter dem südlichen Horizont liegende der Südpol; und den größten Parallelkreis zwischen diesen Weltpolen

nennt man auch (vergl. oben) Gleicher oder Aequator, weil die Himmelskörper, die ihre Bahnen in ihm haben, gleichlang über und unter dem Horizonte bleiben. An solchen Orten der Erde, durch deren Zenith dieser Aequator geht (die unter der Linie liegen) verweilt jeder andere Himmelskörper über und unter dem Horizonte gleich lang. Denken wir uns einen Kreis, der durch die Weltpole und das Zenith und Nadir geht, so ist dieses ein Meridian oder Mittagskreis; indem jeder Himmelskörper zwischen seinem Auf- und Untergange auf der Mitte seines Weges ist, wenn jener Kreis durch dessen Mittelpunkt geht, wodurch z. B. bei der Sonne die Mitte des Tages (Mittag) entsteht. Steht die Sonne im oberen Meridiane (in der Hälfte des Meridians über dem Horizonte) so haben wir Mittag; im unteren (in der Hälfte des Meridians unter dem Horizonte) Mitternacht (vergl. oben). Diejenige Linie auf der Erde, welche die Ebene des Meridians durch ihren Schnitt mit ihr bezeichnet, nennt man die Mittagslinie (s. oben); auf ihr liegt zu Mittage der Schatten eines senkrecht auf der Erdoberfläche stehenden Stift's (Zeiger's), wovon man in der Gnomonik weitere Anwendungen auf die Verfertigung der Sonnenuhren (die zu den ältesten Uhren gehören) macht. Theilt man den Horizont, wie jeden Kreis, in seine 360 Grade, so giebt der goste Grad von diesen Punkte, in der östlichen Gegend den wahren Ost- und in der westlichen den wahren Westpunct, so wie jene Punkte des Horizonts, durch welche der Meridian in Süden und Norden geht, der wahre Süden

und Norden heissen. Zwischen diesen vier Haupt- oder Cardinalgegenden des Horizonts liegen die Nebengegenden, deren Benennungen aus den Namen der Hauptgegenden zusammengesetzt sind. Z. B. Nordost, Südost, Südwest und Nordwest etc. die übrigen, Unterabtheilungen der Schiffsrose. Aber nicht nur der Meridian, sondern auch jeder andere aus den Weltpolen durch den Aequator gezogene Kreis, theilt die Zeit der Bewegung der Himmelskörper über und unter dem Horizonte ab; und die dadurch auf dem Aequator abgeschnittenen Theile, verhalten sich zum ganzen Aequator, wie die Zeit der Bewegung durch einen solchen Theil, zur Zeit durch den ganzen Kreis. Die Eintheilung dieser Zeiten nach den Stunden etc. hat zur Veranlassung gedient, jene Kreise auch Stundenkreise, so wie die Winkel, welche sie an den Polen mit einander machen, Stundenwinkel zu nennen; die zwischen den Schenkeln dieser Winkel enthaltenen Grade des Aequators liefern das Maas derselben. Auch der Aequator selbst (oder ein Parallelkreis von ihm) kann auf gleiche Weise wie er sonst nach Graden getheilt wird, nach Stunden, Minuten etc. eingetheilt werden. So theilt man die Zeit in welcher ein Himmelskörper den ganzen Kreis durchläuft, in 24 Stunden, mithin kommen auf eine Stunde 15 Grade (auf eine Minute 15', auf eine Secunde 15"), weil diese der 24te Theil von 360° sind. Man nennt das eine dieser Maase Raummaas, das andere Zeitmaas; zum ersten dient ein künstlich eingetheilter und mit Dioptern, oder einem Fernrohre versehener Kreisbogen, zum letzteren eine ganz gleichförmig gehende Uhr,



wohin die Längenuhren oder Seeuhren oder Zeithalter und die Chronometer gehören. — Geht ein Gestirn durch den Meridian eines Ortes, so nennt man dies culminiren, und die Zeit, welche zwischen zwei aufeinander folgenden Culminationen eines Sterns verstreicht, einen Stern- tag, oder einen Tag der ersten Bewegung. Liegen daher dem obigen gemäß, zwei Orte der Erde um  $15^\circ$  in der Länge von einander verschieden, so wird der, welcher weiter gegen Morgen liegt, denselben Stern eine Stunde früher in seinen Meridian bekommen, als der andere; woraus sich auf den Längenunterschied beider Orte schliessen läßt. Diese Bewegung der Gestirne ist scheinbar, und Erfolg der Axendrehung der Erde (s. oben); man nennt sie die tägliche oder gemeine Bewegung, so wie den Kreis, den jedes Gestirn dadurch zu beschreiben scheint, seinem Tage- oder Parallelkreis, weil er dem Aequator des Himmels parallel läuft. So verschieden die Lage des Aequators und der Weltaxe gegen den Horizont ist, so verschieden ist auch die jener Kreise gegen ihn. Daher scheint unter dem Aequator jeder Himmelskörper in einer auf den Horizont senkrechten Ebene auf und unterzugehen, und die eine Hälfte seines Parallelkreises fällt über, die andere unter dem Horizonte (senkrechte Himmelskugel, Sphaera recta). An Orten zwischen dem Aequator und einem Pole, sind die Ebenen jener Kreise unter denselben Winkel gegen den Horizont geneigt, als der Aequator selbst, und die Bewegung der Himmelskörper geht in einer schiefen Richtung gegen ihn (schiefe Himmels-

kugel, Sphaera obliqua); unter den Polen endlich gehen sie dem Horizonte parallel, und jedes Gestirn scheint sich in stets gleichem Abstände vom Horizonte herunzubewegen (gleichlaufende Himmelskugel, Sphaera parallela); und es findet weder Auf- noch Untergang statt. — Auch die Sonne scheint täglich einen Parallelkreis zu beschreiben, wodurch der Wechsel von Tag und Nacht erfolgt. Die Zeit von einem Mittag zum andern heist ein Sonnentag, der (weil die Sonne nicht wie die Fixsterne unverrückt bleibt, sondern sich in der Ecliptik um etwas vorwärts, d. h. von Abend gegen Morgen, mithin der täglichen Bewegung des Himmels entgegen bewegt) um etwas länger ist als ein Sternentag. Liegen zwei Erdenorte um  $15^\circ$  Länge von einander ab; so hat der eine eine Stunde früher Mittag als der andere; und zwar hat ein nach der östlichen Seite des Ersteren liegender Ort, wenn es bei jenem Mittag ist, 1 Uhr, der nach der westlichen Seite um  $15^\circ$  Linie abwärts liegende Ort 11 Uhr etc. vergl. oben. Könnte Jemand binnen 24 Stunden die Erde umreisen, und zwar so, daß er sich von seinem Ausgangsorte auf dem Parallelkreise in derselben Richtung fortbewege, in welcher die Sonne am Himmel fortzugehen scheint, so würde er die Sonne während der Zeit seiner Reise nicht untergehen sehen. Gesezt aber die Reise gehe langsamer, so wird er dennoch (wie dieses MAGELLAN zuerst bemerkte), wenn er in der Richtung von Morgen nach Abend um die Erde reiste, am Ende einen Wechsel von Tag und Nacht (oder einen Tag) weniger haben, als wie er an dem Orte, von wo er

ausreiste, gezählt hätte; und umgekehrt, reiste er von Abend nach Morgen um die Erde, so würde er aus demselben Grunde zuletzt einen Tag mehr zählen. — Legt man durch einen über dem Horizonte vorhandenen Himmelskörper einen Kreis, der zugleich durch das Zenith und Nadir geht, so nennt man den zwischen Horizont und Zenith befindlichen Quadranten desselben, einen Höhenkreis, und der Theil von ihm, der vom Horizonte bis in den Himmelskörper geht, die Höhe des Gestirns über dem Horizonte, oder seine Elevation, welche durch Grade, Minuten und Sekunden dieses Bogens gemessen wird. Der ganze Kreis heist der Vertical- oder Scheitelkreis, und es kann die Höhe jedes Punctes am Himmel (wo auch kein Stern ist) bestimmt werden; z. B. die Polhöhe oder die Höhe des Aequators, ist der in Graden und Theilen derselben ausgedrückte Bogen des Meridians, welcher sich zwischen dem Pol, oder zwischen einem Puncte des Aequators und des Horizonts befindet. Uebrigens wird durch die Höhe des Gestirns nur der mit dem Horizonte parallel laufende Kreis (das Almucanthat), in welchem es steht, bezeichnet; von Sternen die gleiche Höhen haben, sagt man daher: sie haben gleiches Almucanthat. (Einen anderen Parallelkreis mit dem Horizonte,  $18^\circ$  tief unter ihm, nennt man den Dämmerungskreis, weil er, wenn ihn die Sonne erreicht, die Grenze der Dämmerung bezeichnet.) Um daher die Lage des Sterns über dem Horizont vollkommen zu bestimmen, giebt man noch den Winkel, den sein Scheitelkreis mit dem Meridiane des Orts am

Himmel (sein Azimuth, welches auch durch Grade ausgedrückt wird, die man vom Meridiane zu zählen anfängt, und welches entweder östlich oder westlich ist) macht, genau an; und um die Weite oder Distanz zweier Sterne von einander zu bestimmen, legt man einen Kreis durch ihre beiden Mittelpuncte, und durch den Mittelpunct der Himmelskugel, und mißt das zwischen den Sternen gelegene kleinere Stück desselben. Von dieser Weite ist der wirkliche Abstand oder die Entfernung zweier Sterne von einander unterschieden (vergl. oben), womit man die Grösse der geraden Linie bezeichnet, die im Weltraume zwischen ihren Mittelpuncten enthalten ist, und im Längenmaase nach Meilen, Erdhalbmessern, Fixsternweiten etc. ausgedrückt wird.

v) Eine zweite scheinbare Bewegung, welche wegen der ungeheuren Entfernung nicht sowohl die Fixsterne, sondern zunächst nur die Sonne trifft, ist diejenige, welche die Erde durch ihre fortschreitende Bewegung um die Sonne bewirkt. Dadurch, daß nämlich die Erde in ihrer mehr oder minder kreisartigen Bahn, z. B. von A nach B fortrückt, wird es dem Beobachter auf der Erde scheinen, als wenn sich die Sonne in der entgegengesetzten Richtung am Himmel fort, und um die scheinbare stillstehende Erde herumbewege. Diese scheinbare Sonnenbahn oder Ecliptik durchschneidet den Himmelsaequator unter einem Winkel von  $30^{\circ} 28'$ ; mithin macht die Erdbahn mit der Ebene des Erdaequators denselben Winkel. Jene Durchschnitte nennt man Nachtgleichen oder Aequinoctialpuncte (Frühlings- und

Herbstnachtgleichungspunct); und ein größter Kreis durch beide Punkte und durch die Weltpole gezogen, heißt der Colur der Nachtgleichen. Die  $90^\circ$  von der Ecliptik abstehenden Punkte der Himmelskugel nennt man die Pole der Ecliptik; jeder derselben ist von dem ihm zunächst liegenden Weltpole um  $23^\circ 28'$  entfernt. Auf ähnliche Weise wie der Durchschnittspunct des ersten Meridians und des Erdaequators (s. oben) zur Bestimmung der Lage der Orte benutzt wird, so dient auch der Frühlingsnachtgleichenpunct zur ähnlichen Nachweisung der Lage der Himmelskörper; und man nennt den zwischen dem Frühlingsnachtgleichenpuncte und dem Abweichungskreise eines Gestirns enthaltenen Bogen des Aequators, seine gerade Aufsteigung (Ascensio recta). Bestimmt man hingegen die Lage der Gestirne gegen die Ecliptik, so heißt der Abstand von ihr die Breite, so wie der zwischen dem Frühlingsnachtgleichenpuncte und ihrem Breitenkreise enthaltene Bogen der Ecliptik, die Länge derselben; bei der geraden Aufsteigung sowohl als bei der Länge, zählt man von dem Frühlingsnachtgleichenpuncte nach derjenigen Seite zu, wo der nördliche Theil der Ecliptik hinfällt. — Die Ecliptik wird in 12 gleiche Theile oder himmlische Zeichen getheilt, von denen also jedes  $30^\circ$  hat. Ihre Namen sind von den benachbarten Sternbildern (Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Waage, Scorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische) entlehnt, und auf folgende Weise bezeichnet:  $\mathcal{V}$ ,  $\mathcal{S}$ ,  $\text{II}$ ,  $\mathcal{C}$ ,  $\mathcal{L}$ ,  $\text{III}$ ,  $\text{♎}$ ,  $\text{♏}$ ,  $\text{♐}$ ,  $\text{♑}$ ,  $\text{♒}$ ,  $\text{♓}$ ,  $\text{♈}$ . Es fängt diese Einthei-

lung beim Frühlingsnachtgleichenpuncte an, und die Ordnung der Zeichen geht durch den nördlichen Theil der Ecliptik nach dem südlichen. Jene Puncte wo die Sonne die größte nördliche oder südliche Abweichung hat (der Anfangspunct des  $\text{♈}$  und  $\text{♎}$ ) nennt man Sonnenwende oder Sonnenstillstandspuncte (Puncta solstitialia) weil zur Zeit wenn sich die Sonne in ihnen befindet, sie stille zu stehen scheint, und ihre Abweichung nur sehr wenig ändert. Der Anfangspunct des  $\text{♈}$  ( $90^\circ$  vom Frühlingsnachtgleichenpuncte) heist der Sommerpunct (Solstitium aestivum), der des  $\text{♎}$  (auf der südlichen Seite  $271^\circ$  der Länge) der Winterpunct (Solstitium hibernum). Ein Kreis durch diese Puncte und die Weltpole wird der Co-lur der Sonnenwende genannt; und die durch dieselben Puncte dem Aequator parallel gezogenen Kreise, heissen Wendekreise (der nördliche des Krebses Tropicus cancri, der südliche des Steinbocks Tropic. capricorni) innerhalb derselben die Sonnenbahn eingeschränkt ist. Der zwischen dem Orte der Sonne und dem Frühlingspuncte ( $\text{♈}$ ) nach Ordnung der Zeichen gerechnete Bogen der Ecliptik, heist die Länge der Sonne (Longitudo solis); und wenn man die Zeit, welche die Sonne braucht um ihre scheinbare Bahn zu vollenden (oder die Länge des sogenannten astronomischen Sonnenjahres = 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten und 48 Secunden) in  $360^\circ$  dividirt, so kommt für die tägliche mittlere Bewegung der Sonne in der Ecliptik  $59' 8''$ . Der Raum den die Sonne zurücklegt ist nicht immer gleich, indem die Erde in ihrer Bahn nicht mit gleichförmiger

Winkelgeschwindigkeit um die Sonne läuft; sie steht nämlich im Sommer weiter von der Sonne und bewegt sich langsamer fort, als im Winter, und dieser Unterschied ihrer Geschwindigkeit ist so beträchtlich, daß die Sonne im nördlichen Theile des Thierkreises fast 8 Tage länger als im südlichen verweilt; Frühling und Sommer mithin 8 Tage länger dauern als Herbst und Winter. Jedoch hat man mit Hülfe der höheren Mathematik Mittel aufgefunden, die wahre Länge der Sonne (ihren Ort in der Ecliptik) für jede Zeit zu berechnen, und so Sonnentafeln zu verfertigen, aus denen man für jeden Tag des Jahrs die Länge der Sonne, so wie ihre nördliche und südliche Abweichung in die astronomischen Calender überträgt. Zu den vorzüglicheren ersteren gehören: *Tabulae motuum solis novae et correctae ex theoria gravitatis et observationibus recentissimis erutae etc.* auctor. FR. de ZACH. Gothae 1792; zu den letzteren: die Pariser *Connoissance des temps*, die Wiener *astronom. Ephemeriden* und das Berliner *astronom. Jahrb.* etc. — Ist die Sonne in einem der Nachtgleichenpunkte angelangt, so steht sie im Himmelsaequator und mithin gerade über dem Erdaequator; ihre Stralen werden auf beide Hälften der Erde unter ganz verschiedenen Winkeln geworfen; und je schiefer sie auffallen, um so mehr ist ihre Wirkung geschwächt. Die Dauer des Tages ist daher an verschiedenen Erdorten, nach dem verschiedenen Sonnenstande ebenfalls verschieden. Die unter dem Aequator liegenden Orte haben stets Tag und Nacht gleich; in den übrigen Erdorten ist dieser Fall nur dann gegeben, wenn

( 17<sup>2</sup> )

die Sonne in einem der Nachtgleichenpunkte steht. Je weiter sich die Sonne vom Aequator entfernt, um so mehr nehmen die Tage in der einen Halbkugel zu, in der anderen ab; an den Polen ersetzt ein halbjähriger Tag die halbjährige Nacht. Ausser der verschiedenen Tageslänge, bewirkt die Sonne auch in ihrem verschiedenen Stande gegen die Erde, Verschiedenheit der Beleuchtung und Erwärmung der Erdorte; und hiernach theilt man die Erdoberfläche in 5 Zonen; eine heisse, zwei gemässigte und zwei kalte. Theilt man die ganze Fläche in 1000 Theile, so gehen 398 auf die heisse Zone; die Sonne geht hier fast lothrecht auf und unter und jeder Ort hat sie jährlich zweimal im Zenith. Der längste Tag hat nahe an den Wendekreisen höchstens  $13\frac{1}{2}$  Stunde, der kürzeste  $10\frac{1}{2}$ . Das Thermometer fällt in den nördlichen Breiten nicht unter  $15^{\circ} + 0$ . Ausser besonderen Localverhältnissen, finden keine abweichenden Extreme der Wärme statt, und der Wechsel der Jahreszeiten (d. i. des einigermaßen periodischen Ganges der Witterung) besteht in ziemlich regelmässiger Abwechslung von Trockniß und Regenwetter. Diesseits der Linie trifft die Regenzeit zwischen den Frühlings- und Herbstaequinoctien; jenseits umgekehrt. Die gemässigten Zonen von den Wendezirkeln bis zu  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  von den Polen, nehmen 520 Theile ein. In der Nähe des Polarkreises nehmen die längsten Tage bis zu 24 Stunden an Dauer zu; die Dämmerung wächst und dauert nach Norden zu schon die ganze Nacht hindurch. Der Wechsel der Jahreszeit ist vierfach, die Extreme von Wärme beträchtlich. Die kalten Zonen innerhalb der

(70)



Polarkreise haben mitten unter den Polen halbjährige kalte Nächte; in  $67\frac{1}{2}^{\circ}$  Breite dauert der längste Tag ein Monat. Die langen Dämmerungen, wodurch Abend und Morgen fast zusammen Grenzen, machen, daß die Polarnächte als Nächte nur 3 Monate dauern. Eigentlich wechseln nur zwei Jahreszeiten; die Kälte ist sehr heftig, häufig 4 Wochen langes Gefrieren des Quecksilbers zur Folge habend; die Wärme in der Polnähe selbst im Spätsommer selten über  $15^{\circ}$  bis  $16^{\circ} + 0$ . In der heißen Zone, ist immerwährender Sommer; in der Nähe der Wendezirkel der Wechsel von Frühling und Sommer; in der Mitte der gemäßigten Zone: Wechsel zwischen Frühling, Sommer, Herbst und Winter; diesseits und jenseits etwa  $10^{\circ}$  um die Polarkreise: Wechsel zwischen Sommer und Winter; an den Polen steter Winter selten durch Frühlingstage unterbrochen. — Ausserdem theilt man die Erde noch, vom Aequator bis zu den Polarkreisen auf jeder Seite in 24 Climata, an deren Grenze der Unterschied des längsten Tages  $\frac{1}{2}$  Stunde beträgt; und von den Polarkreisen bis zu den Polen auf jeder Seite noch in 6, an deren Grenzen jener Unterschied einen Monat ausmacht. Nimmt man bei der Climabestimmung, auf Erwärmung und Einfluß der Erdoberfläche, auf die Witterung Rücksicht, so unterscheidet man noch folgende: das Alpenclima, das einzelner hoher Berge, das der Gebirgsebenen, das tiefer Ebenen, das Thalclima, das waldiger Gegenden, das der Sandwüsten, das der flachen Sumpfländer, und das der Küsten und Inseln. Die specielle metereologische Geographie ertheilt hierüber nähere Belehrung. Vergl.

KANTS phys. Geograph. BERGMANN'S physicalische Erdbeschreibung, die vorzüglichsten Reisebeschreibungen und LAMPADIUS Atmosphärologie. Freiberg 1806. — Rücksichtlich des Schattens den die Bewohner der Zonen zu Mittag werfen, nennt man die der heissen Zone: unschattige oder auch zweischattige (Ascii, Amphiscii); die der gemässigten Zone einschattige (Heteroscii) und die der kalten umschattige (Periscii). — Alle Planeten laufen übrigens nach der Ordnung der Zeichen um die Sonne, die älteren innerhalb einer schmalen Zone des sogenannten Thierkreises (Zodiacus), die neueren zu beiden Seiten der Ecliptik bis auf  $10^{\circ}$  abweichend, und unter diesen gehen vorzüglich Pallas und Juno von denen die erstere Ceres in ihrer Bahn verfolgt, beträchtlich über die Grenzen der Ecliptik hinaus.

w) Tabelle der Entfernungen der Planeten von der Sonne in Sonnenhalbmessern:

	Sonnennähe.	Sonnenferne.	Mittlere Entfernung.
Mercur	66,5311	101,0057	83,7734
Venus	155,4528	157,6234	156,5381
Erde	212,7702	220,0555	216,4128
Mars	299,0658	360,4270	329,7464
Vesta	466,1013	553,2620	509,6816
Juno	430,0510	724,36179	577,2063
Ceres	551,9789	645,8251	598,9020
Pallas	452,4113	746,0607	599,2360
Jupiter	1071,553	1179,957	1125,755
Saturn	1947,778	2181,550	2064,664
Uranus	3945,312	4313,783	4129,547

Tabelle der Entfernungen der Planeten in deutschen Meilen, funfzehn auf einen Grad.

	Sonnennähe.	Sonnenferne.	Mittlere Entfernung.
Mercur	6412966,2	9734529	8073747,6
Venus	14981922,44	15191117,86	15086520,15
Erde	20505943	21208073	20857008
Mars	28822773,6	34736517,8	31779645,7
Vesta	44920988,4	53321185,6	49121087
Juno	41446601	69811093	55628847
Ceres	53197524	62242054	57719789
Pallas	43601598	71902352	57751975
Jupiter	103272002,05	113719553,05	108495777,55
Saturn	187719120	210249152	198984136
Uranus	380233449	415745061	397989255

Tabelle der Bahnen und der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne.

	Bahnen.		Umlaufszeit.	
	in geogr. Meilen.		Jahre.	Tage.
Mercur (über)	50	Mill.	—	88
Venus	95	—	—	224
Erde	151	—	1	—
Mars	200	—	1	322
Vesta	—	—	3	218
Juno	—	—	4	127
Ceres	363	—	4	218
Pallas	—	—	4	218
Jupiter	682	—	11	314
Saturn	1280	—	29	169
Uranus	2514	—	83	151

Tabelle über die Grösse der Sonne und der Planeten.

	Durchmesser in geogr. Meilen.	Umfang in geogr. Meilen.	Körperlicher Inhalt in Ver- gleichung mit der Erde.
Sonne	191575	601850	1382469
Mercur	690	2168	0,06448
Venus	1669	5243	0,913
Erde	1719	5400	1
Mars	894	2809	0,1406
Vesta	59	186	0,00004
Juno	309	971	0,00573
Ceres	352	1106	0,00861
Pallas	455	1429	0,01839
Jupiter	19482	61174	1474
Saturn	17362	54517	1030
Uranus	7744	24317	83

Man vergl. G. H. SCHUBERT a. a. O. d. Anhang. LILIENTHALISCHE Beobachtungen der neu entdeckten Planeten Ceres, Pallas und Juno. Göttingen 1805. 8. — BODE astron. Jahrb. fürs J. 1810. — *Traité elementaire de Physique* par L. BRISON. Paris 1798. T. III. LA PLACE in s. *mechanique celeste*. SCHRÖTER'S Selenetopographische Fragmente zur genaueren Kenntnifs der Mondfläche ihren erlittenen Veränderungen und Atmosphäre. II Bde. 1802. gr. 8.

x) Die Sonne sollte der Gravitation zufolge an 29 mal dichter seyn als die Erde, ist aber bei ihrer mehr als 1300000 mal ansehnlicheren Grösse 4 mal weniger dicht als wie die Erde. Wahrschein-

lich ist diese grosse spezifische Leichtigkeit der Sonnenmasse, Erfolg ihrer hohen Temperatur und der dieselbe bewirkenden chemischen Prozesse ihrer Masse. Die respectiven Dichtigkeiten nehmen übrigens bei den Planeten vom Mercur bis zum Saturn ab; vom Uranus wieder zu; und es mögen hierauf die Atmosphären, Meere, Eisgebirge etc. vergl. oben, bedeutenderen Einfluß haben, als wie man gewöhnlich glaubt, indem dadurch nothwendig in den Berechnungen der Dichtigkeiten beträchtliche Differenzen entstehen müssen. Mercur ist  $2\frac{1}{2}$  mal dichter als die Erde; die Venus (die überhaupt in ihrer Entwicklung und Ausbildung der Erde um einige Millionen Jahre vorausgeeilt zu seyn scheint) kommt der Erde rücksichtlich der Dichtigkeit fast gleich; Mars ist fast nur halb so dicht als die Erde; Jupiter hat eine  $4\frac{1}{2}$  mal geringere, und Saturn eine 10 mal geringere Dichtigkeit als die Erde.

y) Unter den Planeten zeichnet sich vorzüglich Saturn durch einen von HERSCHEL als doppelt erkannten Ring aus; die Breite desselben beträgt  $3\frac{3}{8}$  und sein Durchmesser  $23\frac{1}{2}$  Erddurchmesser. Sein innerer Rand ist ohngefähr 5800 Meilen von der Oberfläche des Saturns entfernt; der äussere über 11600. Seine Breite beträgt mithin gegen 6000 Meilen, die Dicke hingegen nur etwas über 100. HERSCHEL's Beobachtung zufolge soll sich der Ring innerhalb 10 Stunden  $32$  Minuten einmal umdrehen; SCHRÖTER spricht ihm alle Rotation ab. Vergl. BODE astronom. Jahrb. 1806. — Sollte der Mond der Venus (vergl. i. oben) sich nicht bestätigen, so würde der Saturnusring für die entferntere

Planetenreihe einen ähnlichen Werth haben, als ihn der Mond der Erde für die erstere Reihe hat. Sind nämlich SCHRÖTERS Beobachtungen über die Rotationen des Mercur und der Venus richtig, so stimmen die 4 der Sonne am nächsten stehenden Planeten rücksichtlich ihrer Rotationsperioden (von 24 Stunden) fast ganz überein (vergl. oben), auf gleiche Weise wie die drei letzten Jupiter, Saturn und Uranus, sich durch eine ähnliche Uebereinstimmung (von ohngefähr 10 Stunden) nähern. Dieser relative Gegensatz scheint ferner noch durch Art der Mondvertheilung, durch die starke Abplattung, die zonenartigen atmosphärischen Streifen und die geringere Neigung der Axe auf der Bahn, bei der entfernteren Reihe bezeugt zu werden, und zwischen beiden entgegengesetzten Reihen in einem mittleren Verhältnisse erscheinen dann die 4 neu entdeckten Planeten, die ihrer besonderen Beschaffenheit und Kleinheit wegen anfänglich von HERSCHEL und anderen gar nicht als Planeten anerkannt, sondern unter der Benennung Asteroiden einer ganz neuen Ordnung zugewiesen wurden. Vergl. G. H. SCHUBERT a. a. O.

2) Die ungleiche anziehende Wirkung der Sonne und des Mondes auf die Erde, macht, daß die Lage des Erdaequators gegen die Erdbahn oder Ecliptik nicht beständig ist, und daß sowohl die Schiefe der Ecliptik als auch die Durchschnittslinie des Aequators mit der Ecliptik, mithin auch die Nachtgleichenpunkte, gewisse periodische Veränderungen erleiden. Vorzüglich rücken dadurch die Nachtgleichenpunkte jährlich um ohngefähr  $50'',4$  der Ordnung der Zeichen entgegen, in der Weise, daß

derjenige Punct der z. B. in diesem Jahre der Aequinoctialpunct ist, im nächsten Jahre schon  $50''{,}4$  vorwärts vom Aequinoctialpuncte absteht; welches man das Vorrücken der Nachtgleichen (Praecessio aequinoctiorum) nennt. Hiedurch wird die Länge der Fixsterne jährlich um  $50{,}38$  Secunden grösser, oder sie wächst in 71 Jahren fast um einen Grad. Hiemit ändert sich auch ihre Abweichung und gerade Aufsteigung. Nach fast 26000 Jahren, haben alle Himmelskörper die vormalige Lage wieder erhalten, und man nennt diese Periode, das grosse platonische Jahr. Fixsterne die zu HIPPARCHUS Zeiten (128 Jahr vor Chr. Geb.) z. B. um den Frühlingsnachtgleichenpunct standen, stehen jetzt fast um  $30^\circ$  vorwärts nach der Ordnung der Zeichen darüber hinaus. Die Schiefe der Ecliptik (d. i. das abwechselnde Ab- und Zunehmen der Neigung der Ebene des Erdaequators und der Ebene ihrer Bahn) ändert sich alle 100 Jahr ohngefähr um  $46'$  mit einer kleinen von der 19 jährigen Periode der Mondbahnknoten (vergl. oben) abhängigen Ungleichheit, welche die Nutation oder das Schwanken der Erdaxe (Nutatio axis) genannt wird; mithin ändert sich die Breite der Fixsterne in 100 Jahren sehr wenig.

3) Zur Erleichterung der allgemeinen Uebersicht der verhältnismässigen Entfernung der Planetenbahnen von der Sonne, der Grösse der Sonne und Planeten, der Revolutionszeiten der letzteren und ihrer Monde etc., dient die II. Kupfertfl. zu BODE's Anleitung zur Kenntnifs des gestirnten Himmels gehörig, betit.: „Das Planetensystem der Sonne, wie es seit dem Jahre 1781 bekannt geworden“, die in der Ver-

lagshandl. auch besonders zu haben ist. Einen Theil dieser Kupfertafel (derselbe welcher als 1ste Tafel in B's. Allg. Betracht. üb. d. Weltgeb. 3 Aufl. dargestellt ist) enthält in etwas veränderter Nachbildung Taf. II, wozu hier nachstehende von B. entworfene Beschreibung im Auszuge folgt. „Die Tafel zeigt ausser den sämtlich bis jetzt bekannten Planetenbahnen, auch die Bahn des Cometen vom Jahr 1759. In jeder Planetenbahn ist A der Punct der Sonnenferne und P der Sonnennähe;  $\oslash$  ist der aufsteigende, und  $\wp$  der niedersteigende Knoten oder Durchschnittspunct der Ebenen dieser Bahnen und der Erdbahn, welche letztere in der Ebene des Papiers liegt, auf welcher jene sämtlich niedergelegt sind. Vom  $\oslash$  bis  $\wp$ , der Richtung des Laufs der Planeten (welche die gezeichneten Pfeile nachweisen) gemäfs, neigt sich eine jede Bahn nordwärts oder liegt über der Ebene des Papiers, und vom  $\wp$  bis  $\oslash$  südlich, oder liegt unterhalb dieser Ebene, um folgende Winkel: Bei der Mercursbahn von  $7^\circ$ , bei der Venus  $3\frac{1}{3}$ , bei Mars 2, bei Ceres  $10\frac{1}{2}$ , bei Pallas  $34\frac{1}{2}$ , bei Juno 13, bei Vesta 7, bei Jupiter  $1\frac{1}{3}$ , bei Saturn  $2\frac{1}{2}$  und bei Uranus von  $\frac{3}{4}$  Grad (vergl. z). Bei der Pallasbahn ist Neigung und Excentrität am stärksten (vergl. oben). Die Knotenlinien der Bahnen der Ceres und Pallas durchschneiden sich unter einem rechten Winkel, so dafs da wo Ceres sich am weitesten nördlich oder südlich von der Ecliptik entfernt, Pallas durch ihren auf- und niedersteigenden Knoten passirt. Die Knotenlinie der Juno fällt hingegen mit der von der Pallas zusammen, und die Knotenpuncte nach einer und derselben Seite hin.“ Es zeigten sich diese Weltkörper bis jetzt ohn-



gefähr nach einer und derselben Seite des Sonnensystems hinaus, und liefen gemeinschaftlich in ihren eignen Bahnen fort; und da die mittleren Entfernungen der Ceres und Pallas von der Sonne, einander fast gleich sind, so bleiben sie noch lange beisammen. Vergl. astronom. Jahrb. 1807. Taf. II. Fig. 8 n. 9. Juno und Vesta zeigten sich bei ihrer Entdeckung mit Ceres und Pallas nach derselben Seite des Sonnensystems hinaus, und werden daher noch mehrere Jahre mit beiden gemeinschaftlich aus der Sonne gesehen, zusammen bleiben. Vergl. astronom. Jahrb. 1808 Taf. II. Fig. 9. u. Jahrb. 1810. Die Excentricität der Junobahn ist noch etwas grösser als die der Pallasbahn, hingegen ist die der Vesta nur etwas grösser als die der Ceres.

*H) Von den Wirkungen der Schwere auf einzelne Materien mit Berücksichtigung ihres Zustandes.*

§. 69.

Unsere bisherigen Untersuchungen über die Schwere, zeigten unter andern, das das Streben der Körper zu fallen (vergl. 47. u. f.) im allgemeinen, Druck gegen die Unterlage zur Folge habe; es fragt sich indess, wie sich dieses Streben in der Erscheinung ausnehme, bei leicht beweglichen und leicht theilbaren Materien. Vergl. §. 3. N. 4, §. 16. N. 1, §. 21. N. 4, §. 24. N. 1. §. 29 u. 32, N. 2. Materien der Art sind die flüssigen, bei denen mithin rücksichtlich jener Frage zu untersuchen ist, wie sie sich nach Maßgabe

ihres verschiedenen Flüssigkeitszustandes beim freien Falle verhalten, und welche Veränderungen hier mit ihnen vorgehen; ferner wie sie sich gegen solche Körper verhalten, die ihren freien Fall mehr oder weniger hindern.

## §. 70.

Alle den freien Fall der Flüssigkeiten hindernde Massen, werden einen Druck erleiden, und zwar nicht bloß nach unten sondern auch nach den Seiten zu. Bei eingeschlossenen Flüssigkeiten kann aber jede Umgebung jedes denkbar kleinsten Theils, als das Streben zum Mittelpuncte der Erde hindernd angesehen werden, es werden also die denkbaren Theile solcher Körper auch unter sich gegenseitig einen ihrer Dichtigkeit entsprechenden Druck ausüben; aber auch bei nicht eingeschlossenen Flüssigkeiten, wird die Schwere durch Anziehung zum Mittelpunct der Erde und durch die gegenseitige Anziehung aller Körper (§. 48. N. 2.). gegenseitigen Druck und Druck gegen die untere (auch bei den möglichst verflüchteten und ausgebreiteten Flüssigkeiten noch sicht- und denkbare) Schicht bewirken. Bei den elastischen Flüssigkeiten, welche der Schwere entgegen streben, wird sie durch ihre Zusammenziehung um die Erde, die Elasticität erhöhen, und dadurch Gegendruck nach



## II. CAPITEL.

## VON DEM DRUCKE FLÜSSIGER KÖRPER.

A) Von den verschiedenen Zuständen des Flüssigen.

## §. 71.

VI. Versuch. Drei mit nicht zu weiter Mündung versehene (sogenannte Mixtur-) Gläser, werden, das eine mit Weingeist, das andere mit Wasser und das dritte mit Quecksilber bis zu drei Viertheile gefüllt, und langsam so aus ihrer senkrechten Stellung gebracht, daß die Flüssigkeit eines jeden Glases genöthigt wird, sich über den Rand der unverschlossenen Mündung hinaus zu begeben; es werden der Weingeist und das Wasser sich bis zu dem äussersten Rande verflähen, und auf diese Weise überfließen; bei etwas stärkerer Neigung des Glases aber, nicht am Glase selbst herabfließen, sondern für sich in (längliche Sphäroide oder) Tropfen getheilt zu Boden fallen, endlich aber bei

noch stärkerer Neigung, in Form eines zusammenhängenden Strals oder Fadens (sich frei durch die Luft bewegend) herabfliessen. Ist endlich das Glas von der Flüssigkeit bis etwa auf ein 24tel entleert, so wird sie von neuem aber merklich langsamer wie beim Anfange abtröpfeln, und bei völlig umgekehrtem Glase die letzten Tropfen nach langer Zeit fallen lassen. Das Quecksilber hingegen, wird gleich anfänglich ohne sich merklich zu verflachen, als Strahl herabfliessen, ohne jemals an der äusseren Glasfläche herabzugleiten, und nur gegen das Ende in sehr wenigen kleinen länglichen Tropfen zur Erde fallen.

1) Die in der Folge zu untersuchenden Phänomene der Adhäsion, werden den Grund angeben, warum Wasser und Weingeist am Glase (bei gewissen Neigungen des Glases) herabgleiten, Quecksilber hingegen stets in einem etwas gebogenen Strale frei herabfließt.

2) Unter gewissen Umständen tröpfelt das Quecksilber wirklich ab, wenn es nämlich durch sehr feine Oeffnungen getrieben wird, z. B. durch Leder, noch besser durch Holz, wie dieses Versuche mit der Luftpumpe zeigen werden.

3) Die Tropfenbildung zeigt von einer Anziehung, die vom Mittelpuncte nach dem Umkreise wirksam ist, wir nennen sie Cohäsion; jeder Strahl oder Faden einer Flüssigkeit ist anzusehen als eine Aneinanderreihung zahlloser kleiner Tropfen, wo jene Anziehung

sich gegenseitig in die Begrenzungsflächen erstreckt, und so die Bildung eines dünnen Cylinders zulässt, von dessen Axe aus die Anziehungen nach der abgerundeten Aussenfläche bewirkt werden. Je schwerer (dichter) die Flüssigkeit ist, je weniger Widerstand wird die Luft verhältnissmässig ihrem Falle entgegensetzen; um so schneller wird daher auch ein Tropfen dem andern folgen, und so jene Aneinanderreihung beschleunigen. Zugleich wächst aber auch die Cohäsion mit der Dichtigkeit; erstreckt mithin ihre Wirkungen in so grössere Umkreise, oder wenigstens mit so grösserer Energie, und beschleunigt daher ebenmässig jene Aneinanderreihung. Kommt hierzu nun noch, dass die Adhäsion (in obigem Versuche als die von der Glasoberfläche aus wirkende Anziehungskraft) jene Cohäsionswirkung der Flüssigkeit nicht beschränkt, so wird die Stralbildung um so mehr erleichtert. Jeder Tropfen würde eine Kugel seyn, und so von möglichst verminderter Begrenzung zeugen, wenn nicht einerseits die Adhäsion des Gefässes die abtröpfelnde Masse nach oben, und die Schwere sie nach unten zöge, wodurch seine mehr oder weniger elliptische Gestalt hervorgeht. Denken wir uns nun, dass die Axenwirkung des Strals, oder die tropfenbildende Kraft desselben sich in der Umgebung fortsetze, und dass diese Umgebung aus einer zahllosen Menge aneinander gereihter Stralen bestände, so würden diese sämmtlich in einander fliesen, und eine zusammenhängende Masse darstellen, wo in jedem denkbaren Theilchen die Axenwirkung eines Mittelpuncts, und zugleich das Angezogenwerden einer Peripherie statt findet, oder Mittelpunct und Peripherie zugleich ist. Ein Fall der bei jedem

in ein Gefässe eingeschlossenen Liquiden gegeben ist.  
(Vergl. a. a. O.)

4) Die Cohäsion des Tropfens erstreckt sich aber nicht bloß auf liquide, sondern auch auf alle übrigen dem Zustande nach verschiedene Massen; sind hier die chemischen Anziehungen, oder in den meisten Fällen das Einleitende für chemische Anziehung: die Attractionskräfte der Adhäsion wirksam, so geht das Feste so wie das Elastischflüssige nach und nach in die Masse des Tropfbaren über, hört auf für sich oder gesondert zu existiren, und bildet mit dem Tropfbaren ein Raumerfüllendes, ohne an chemischer Qualität merklich eingebüßt zu haben. Dieser Fall ist gegeben bei dem Lösungsprocesse; vergl. §. 32. N. 2. Z. B. Zucker in Wasser, Luft in Wasser gelöst.

5) Die Cohäsion des Tropfens ist das für das Liquide im Kleinen, was die Schwere für die Weltkörper im Grossen ist; und so wie hier die Gravitationskräfte des Planeten der Sonne, des Sonnensystems dem Centalkörper der Milchstrasse etc. mehr oder weniger untergeordnet erscheinen; so ist auch die Cohäsion des Tropfens, und überhaupt die Bestandeskraft, die Schwere jedes Erdkörpers, (die mehr oder minder deutlich als Assimilation des Individuums hervortritt) der Erdschwere unterworfen, und von ihr abhängig. Vergl. §. 3. N. 4.

6) Die Folge wird zwar zeigen, daß die Tropfenbildung nur bei einem gewissen (Luft-) Drucke statt findet, mithin als ein von aussen erzwungenes Verhältniß anzusehen ist; jedoch kann deswegen die Cohäsion nicht als etwas fremdartiges im Liquiden, sondern muß vielmehr als erweckte individuelle Schwere betrachtet werden.

7) Wenn das Glas nach und nach durch Abtröpfung fast entleert ist, so wächst durch verhältnißmäßige Zunahme der Glasfläche, die Adhäsion gegen das Liquide, zugleich drückt auch die überliegende Luft in mehreren Puncten (wie zuvor) auf die noch im Glase enthaltene, jetzt auf der nach unten geneigten Seite des Glases ausgebreiteten Flüssigkeit, und beides vereint (vorzüglich aber die wachsende Adhäsion) bewirkt das langsamere Abtröpfeln der letzten Flüssigkeitsmengen. Auf ähnliche Weise wirkt auch die Adhäsion bei den Haarröhrchen.

§. 72.

VII. Versuch. Man blase mittelst einer gekrümmten Röhre in ein Glas mit Wasser, und zwar so, daß die ausgestossene Luft ohnfern dem Boden des Glases anzusteigen genöthigt wird; oder man treibe mittelst einer kleinen (gläsernen) Handspritze atmosphärische Luft unter dem Wasser hervor; oder man erhitze Wasser oder Weingeist in einem enghalsigen Glasgefäße; so werden unter diesen und mehreren ähnlichen Vorkehrungen durchsichtige Blasen in die Höhe steigen, auf der Oberfläche etwas liquide Flüssigkeit eine kleine Strecke mit empor reissen, dann mit einem mehr oder minder lebhaften Geräusche zerplatzen, und dem Auge entschwinden. Hatte man diese Blasen durch Erhitzung hervorgebracht, so bewirkt das Zerreißen derselben, so wie ihr schnelles Fortbewegen durch



die annoch liquide Schicht eine eigenthümliche Erschütterung der aufliegenden Luftsäulen die bis zu unserem Ohre fortgepflanzt das Geräusch des Siedens oder Kochens verursacht; zugleich findet man die nächste Umgebung oberhalb der Glasmündung vollkommen durchsichtig d. h. man sieht ein paar Linien abwärts gar nichts, und erst weiter davon zeigt sich nebelartiger Dunst oder Rauch, der genauer betrachtet, aus einer ausserordentlichen Menge sich mehr oder weniger berührenden fast durchsichtigen Sphäroiden besteht.

1) Offenbar ist die abgerundete kugelartige Gestalt der aufsteigenden Blasen, Erfolg des allseitigen Drucks der umliegenden tropfbaren Flüssigkeit. Steigen die Blasen häufig und nebeneinander auf; so reichen sie durch Anziehung ihrer aus liquider Flüssigkeit bestehenden Haut aneinander, und bilden den Schaum. Je zäher die Flüssigkeit ist, um so leichter wird sie unter obigen Bedingungen schäumend; häufen sich dabei die Bläschen über- und nebeneinander zu stark, z. B. bei allmählig aufgetriebenen Seifenblasen, so üben die Blasen einen bestimmten Druck gegen einander aus, wodurch die Kugelform aufgehoben wird, und Zellen erzeugt werden. Das Organische, vorzüglich die Vegetabilien scheinen auf ähnliche Weise ihren ersten Ansatz zur eckig begrenzten Gestaltung zu erhalten. Eine ähnliche Blasenzeugung folgt auch, wenn man Flüssigkeiten entweder von zäher Beschaffenheit z. B. Seifenwasser, flüssiges Eiweiß, oder von sehr geringer Dichtigkeit und grosser Flüs-

sigkeit z. B. reinen Weingeist, guten Branntwein, stark schüttelt, die ersteren schäumen dann, die letzteren perlen, indem theils durch das Schütteln oder Schlagen die aufgelöste atmosphärische Luft entwickelt, theils Dampf gebildet, theils umfließende Luft damit gemengt wird.

2) Wahre und reine Dämpfe sofern sie vollkommen farbenlos sind, werden von dem Auge nicht von der umgebenden (erhitzten) Luft unterschieden, und sind in allen Fällen vollkommen durchsichtig. Werden sie hingegen nach und nach abgekühlt oder stark zusammengedrückt, so unterscheidet sie das Auge von ihrer Umgebung in der oben erwähnten Gestalt kleiner Sphäroiden, die entweder zu Dunst aneinander gereiht sind, namentlich wenn die Dämpfe liquiden Ursprungs waren; oder zu Rauch, wenn sie vor dem Dampf werden festen Masse waren, oder zu einem Gemenge von Dunst und Rauch z. B. Holzrauch. Der Dunst gerinnt durch starken Druck oder gewöhnlicher und schneller durch Abkühlung zu Tropfen, indem nach und nach der das Innere des Sphäroids ausfüllende Dampf liquide wird und so die äussere liquide Hülle des Sphäroids vermehrt, bis endlich die so verdichteten Sphäroiden zusammen sinken, und als Tropfen oder liquide Flächen zu Boden gleiten. Hieher gehört die in der Chemie unter der Benennung Destillation bekannte, zunächst Scheidung des flüchtigeren Liquiden von dem Feuerbeständigeren zum Zwecke habende Operation. Vergl. KASTNER'S Grundriß d. Chem. I. Th. S. 70, 99, 100 u. s. f. Der Rauch erstarrt durch Abkühlung zu einer mehr oder weniger festen Masse; dahin gehört die Sublimation (vergl. a. a. O. S. 100). Ob übrigens

der Rauch, z. B. der bei dem Abkühlen der glühenden Metalldämpfe auch aus Sphäroiden bestehe, ist zur Zeit noch nicht ausgemacht; jedoch scheint er eher ein Aggregat von kleinen festen, mit hebeden Atmosphären umschwebten Theilganzen zu seyn. Manche zuvor feste durch Erhitzung verflüchtigte Körper, z. B. die Metalle kennen wir nur in diesem gemengten Zustande; andere z. B. Phosphor und Schwefel lassen sich hingegen als durchsichtige (unsichtbare) Dämpfe darstellen. Der Nebel ist ein dunstartiges Aggregat, dessen Sphäroiden (nach SAUSSURE) theils mit Dampf theils mit Luft, oder mit beiden zugleich gefüllt sind. Hieher gehören auch die Wolken. Vergl. KASTNER's Beiträge zur Phys. u. Chemie, in VORGT's Magaz. der Naturk. IX Bds. IV St.

3) Alle Dämpfe lassen sich durch starken Druck zur tropfbaren Flüssigkeit zurückbringen, wobei die Temperatur der Gefässe sehr erhöht wird; vorzüglich erfolgt diese erzwungene Zustandsänderung, wenn den Dämpfen etwas Luft beigemischt war. Indefs reichen doch in den wenigsten Fällen die zusammenhaltenden Kräfte der Gefäßmassen hin, den dabei zuvor eintretenden Gegendruck der Dämpfe (welcher ihrer Elasticität wegen durch Zunahme des äusseren Drucks bis zu dem Augenblicke der Tropfenbildung wächst) zu überwinden; sondern sie zerreißen vielmehr mit mehr oder weniger Gewalt. Hieher gehört das Zerspringen gefüllter und verschlossener Wasserkrüge bei zu grosser Erhitzung; die späterhin zu beschreibende Wirkung und Einrichtung des PAPINIANischen Topfes; die Einrichtung der Dampfmaschinen; das Schiessen mit Wasser etc. Eine geringe Menge Queck-

silber zersprengte in Dampf umgewandelt eine starke Bombe, von stark zerstörenden Wirkungen auf die nächste Umgebung begleitet (bei Gelegenheit eines von einem Alchemisten in GEOFFROY's d. ält. Gegenwart angestellten Versuchs) etc. Der Luftzustand oder die bleibend (permanent) elastische Flüssigkeit wird hingegen durch blossen Druck nicht überwunden; wenn nicht chemische Anziehungen z. B. zwischen zwei zusammengedrückten Luftarten (Gasen), oder zwischen einem tropfbaren, dampfförmigen oder festen Körper und dem zu drückenden Gase eintreten; wie denn überhaupt die chemische Anziehung alle Zustände und mithin auch den elastischflüssigen überwindet, wovon die Verbrennung der Körper auf Kosten eines Theils der atmosphärischen Luft, eines der gewöhnlichsten Beispiele gewährt.

4) Der Gas- oder Luftzustand an und vor sich, scheint stets mit Hülfe von etwas Wasser (und Electricität wie die Folge zeigen wird) begründet zu werden; BERTHOLLETS Beobachtungen zur Folge enthält auch das trockenste Gas noch immer eine Portion gebundenes zum Zustande gehörendes Wasser. Der Ausdruck Gas statt Luft, ist niederländischen Ursprungs, wurde von HELMONT zuerst gebraucht und bezeichnete sonst die sogenannten künstlichen Luftarten, wird jetzt aber in obiger Bedeutung genommen; man spricht von atmosphärischem Gase, und versteht darunter die atmosphärische Luft. Uebrigens ist der Ausdruck elastische Flüssigkeit relativ; denn auch das Tropfbare ist nie vollkommen unelastisch. Vergl. KASTNER a. a. O. S. 72 Anmerk.

5) So wie es verschiedene Arten des Tropfbarflüssigen giebt, die theils von den verschiedenen Dich-

tigkeiten der einzelnen Materien, theils von Beimischungen pulveriger Substanzen herrühren (wodurch das Weiche und Teigige entsteht); so kennt man auch abgesehen von der chemischen Qualität mehrere Verschiedenheiten des Elastischflüssigen. Dahin gehören Dämpfe und Luftarten von verschiedener Dichtigkeit und Ausdehnungsfähigkeit; z. B. die fixe Luft (Kohlensäure) fällt in der atmosphärischen Luft vermöge ihrer grösseren Dichtigkeit zu Boden, und läßt sich daher aus einem Gefässe in das andere giesen; die Metaldämpfe scheinen ausdehnungsfähiger zu seyn als wie die Wasserdämpfe, und überhaupt scheint die Ausdehnungsfähigkeit mit der Dichtigkeit im umgekehrten Verhältnisse zu stehen. Merkwürdig ist die gelbe Farbe des oxydirtsalzsauren Gases, welches eigentlich seinem Zustande nach den Uebergang von Luft in Dunst macht.

6) Schon das Zu-Boden-sinken der fixen Luft zeigt, daß die elastischen Flüssigkeiten dem Gesetze der Schwere unterworfen sind, ohnerachtet sie sich ihrer Expansibilität gemäß aller Anziehung zuwider auszudehnen streben. Noch deutlicher bezeugt sich jene Erdanziehung gegen die Luft, durch unsere Erdatmosphäre, die gegen die Erde zu mit wachsender Dichtigkeit, den Erdsphäroid etwa in einer Entfernung von 5—6 Meilen umfließt, sich mit ihm fortwälzt, und abwärts von der Erde an den Aether (oder Himmelsluft) grenzt. Die Kugelform der Erdatmosphäre ist daher durch Anziehung von innen begründet, während bei der gewöhnlichen Luftblase, der Druck von aussen denselben Erfolg hat.

7) Genau läßt sich die Höhe der Atmosphäre oder des sogenannten Dunstkreises nicht angeben, da sie

nicht durchgehends von gleicher Dichtigkeit ist, sondern vielmehr je weiter von der Erde, desto mehr abnimmt. Aus den später zu erläuternden Erscheinungen der Dämmerung folgt, daß sie in einer Höhe von fast 10 geogr. Meilen noch dicht genug ist, um das Sonnenlicht zurück zu werfen; jedoch erfolgen die meisten Veränderungen der Atmosphäre in geringerer Höhe.

8) In demselben Maasse wie die räumliche Ausdehnung zunimmt, zu der eine Masse expansibeler Flüssigkeit sich erweitert, vermindert sich auch ihre Expansivkraft (ihr Bestreben zur Ausdehnung) indem sie jetzt mit verhältnißmässig geringerer Kraft ihren Raum erfüllt, mithin auch gleich geringere körperliche Wirkung nach aussen darzustellen vermag. Sie verliert also auch im gleichen Maasse ihre Dichtigkeit, und ihre übrigbleibende Dichtigkeit, verhält sich zur vorigen, wie ihr voriger Raum zum jetzigen. Umgekehrt, je mehr die expansive Flüssigkeit zusammengedrückt wird, um so mehr wächst ihre Dichtigkeit und die Energie ihrer Raumerfüllung; je mehr widersteht sie also der comprimirenden Kraft; und sofern diese endlich ist, hat auch ihre Compression eine Grenze. Der Erfahrung gemäß, verhalten sich die Räume, zu welchen einerlei elastische Flüssigkeitsmassen bei gleichbleibender Temperatur durch Zusammenpressung gebracht werden können, umgekehrt wie die drückenden Kräfte oder Gewichte; was sowohl bei verdichteter als verdünnter Flüssigkeit der Art gilt. Man nennt dieses Gesetz das BOYLE'sche oder MARIOTTische, vergl. R. BOYLE defence against the objections of LINUS. Lond. 1662. 4. MARIOTTE

essay de logique, à Paris 1678. S. 678. VAN SWINDEN positiones physicae T. II. §. 263; bei hohen Graden der Verdichtung oder Verdünnung scheint es Einschränkungen zu erlauben, ohnerachtet es MUSCHENBROEK bei einer 4fachen und WINKLER bei einer achtfachen Verdichtung noch zutreffend fanden. Vergl. GEHLERS phys. Wörterb. Th. III. S. 15. Dränge die atmosphärische Luft ins Innere der Erde, so würde sie schon bei einer Tiefe, die noch nicht den 80sten Theil des Halbmessers betrüge, die Dichtigkeit des Goldes übertreffen. Das MARIOTTISCHE Gesetz ist ursprünglich für die atmosphärische Luft bestimmt, findet sehr wahrscheinlich aber auch bei allen anderen Gasen statt; vergl. FELIX FONTANA opuscules physiques et chymiques. à Paris 1784. 4. S. 126. u. HERBERT diss. de aëre fluidisque ad aëris genus pertinentibus. Viennae 1775. 8. S. 96 etc. VOLTA (dessen Schreiben an den Abt VASALLI über thierische Electricität, herausg. von Dr. MAYER. Prag 1796. 8. S. 64) will gefunden haben, daß die Quantität elastischer Dämpfe in einem gegebenen Raum, er mochte luftleer oder mit einer dichteren oder dünneren Luft erfüllt seyn, dieselbe sey. (?) Uebrigens folgt aus obigem, daß die Luft in höheren Gegenden dünner, in niederen dichter ist.

9) Dem MARIOTTISCHEN Gesetze und dem §. 23. zufolge, verhält sich die Dichtigkeit einer expansiblen Flüssigkeit (bei sonst gleichen Umständen) wie die drückenden Kräfte; und da die Dehnkraft einer solchen Flüssigkeit mit der sie zusammen drückenden Kraft im Verhältniß steht, so muß sie sich auch (bei gleicher Temperatur) wie die Dichtigkeit und wie die von ihr eingenommenen Räume verhalten. Die Schwer-

kraft der Theile einer solchen Flüssigkeit, nimmt aber mit der Entfernung von der Erde im Verhältniß des Quadrats der Entfernung vom Mittelpuncte der Erde ab; die Expansivkraft bei Verbreitung der elastischen Flüssigkeit hingegen im Verhältniß des Cubus dieser Entfernung, mithin kommt hier endlich Expansion und Schwere ins Gleichgewicht, und erstere wird durch letztere bebeschränkt.

10) Sofern die Flüssigkeiten schwer sind, üben sie auch durch ihr Gewicht Druck aus. Höher liegende Wasser- Dampf- oder Luftschichten müssen also auch auf die unter ihnen liegenden Schichten drücken. Einer ohngefähren Schätzung gemäfs, erleidet der ausgewachsene menschliche Körper einen Luftdruck von fast 40000 Pfund; der aber von allen Seiten gleichförmig geschieht und deshalb von uns nicht bemerkt wird.

11) Bei den verschiedenen elastischen Flüssigkeiten, ist bei gleichen Graden der Verdichtung das Streben zur Ausdehnung oder die absolute Elasticität der Erfahrung gemäfs (vergl. oben) nicht gleich; man kann daher zwei elastische Flüssigkeiten rücksichtlich der Energie jenes Strebens vergleichen, und erhält so das Verhältniß ihrer absoluten Elasticitäten bei gleichen Graden der Verdichtung, oder ihre specifischen Elasticitäten; die sich mithin bei gleicher Dichtigkeit wie die absoluten Elasticitäten; bei gleicher absoluten Elasticität umgekehrt wie die Dichtigkeiten; und bei ungleicher absoluten Elasticität und ungleicher Dichtigkeit wie die absoluten Elasticitäten dividirt durch die Dichtigkeiten verhalten.

12) Ob alle permanent elastische Flüssigkeiten lange eingeschlossen, den gleichen Grad von Expansibilität



behalten, fragt sich; ist jedoch wahrscheinlich, vorausgesetzt wenn sonst keine Eingriffe (electriche oder chemische Thätigkeiten) eintreten. MUSCHNBROEK fand, daß eine 5 Jahre hindurch in eine Röhre geschlossene und zusammengedrückte Luft, nichts von ihrer Elasticität verloren hatte.

§. 73.

Ausser denen schon früher (vergl. die §. 70 angezogenen §§.) bemerkten Beschaffenheiten des Flüssigen, unterscheidet es sich von dem Festen im Allgemeinen, durch sehr schwachen Zusammenhalt, geringe Reibung und der daraus entspringenden leichten Verschiebbarkeit seiner selbst; jedoch lassen sich hierin gewisse unverkennbare Abstufungen nachweisen, zu deren Bestimmung schon die alltäglichsten Beobachtungen die Hand bieten. (Vergl. §. 40. N. 1. §. 70 u. 72). Eine solche Verschiedenheit fanden wir bereits sowohl bei dem Tropfbarflüssigen, als auch bei dem leicht veränderlich- und bei dem bleibend-Elastischflüssigen; womit ausser den vorhin angezogenen Stellen noch §. 41. N. 5. §. 42. N. 3. u. §. 45. zu vergleichen sind. Bei dem Tropfbaren reicht schon das blosse Gewicht einer sehr kleinen Menge desselben hin, ein zuvor zusammen gehaltenes Ganzes in Tropfen (Gutta) von verschiedener Grösse zerfallen zu lassen; bei dem Elastischflüssigen hingegen,

wird das zuvor durch Einschliessung verbundene Ganze, nach Wegnahme dessen was da einschliesst, sich selbst von einander zu entfernen streben, oder solange in (nur der Möglichkeit nach vorhandene) Theilganze von geringerer Dichtigkeit nach allen Richtungen aus einander fliessen, als wiederum eine äussere hemmende Kraft jenes Streben in seiner Verwirklichung beschränkt. Beide Hauptarten des flüssigen kommen darin überein, daß sie unter sich continuirlich zusammenhängen (vergl. §. 24. N. 1 u. 3.), und daher bei ihrer (nicht unterbrochenen) Orts- oder Raumsveränderung fortfließen; beide können fest werden, das Tropfartige oder Dampförmige durch Gerinnung oder Erstarrung, das Gasörmige nur durch chemische Mischung. Das Tropfbare erhärtet ausserdem durch Verbindung mit einem bereits festen, wenn ausser der Verbindungsmöglichkeit zwischen beiden, eine überwiegende Menge des Festen gegeben ist (wohin das in der Folge vorkommende Krystallwasser gehört), das Elastischflüssige wird von dem Festen auch angezogen, und füllt dessen Zwischenräume, theils umschwebt es dasselbe in Gestalt einer mehr oder weniger zusammengezogenen verdichteten Atmosphäre (Vergl. den vorhergehenden §.).

B) *Vom Drucke tropfbarer flüssiger Körper.*

§. 74.

VIII. Vers. Ein Gefäß (z. B. ein Fafs), was von unten nach oben mit mehreren gleichweiten, einfach übereinander gereihten zu verschliessen- den Seitenöffnungen versehen ist, fülle man mit Wasser und öffne dann zu gleicher Zeit die Seitenlöcher: das Wasser wird in der Nähe des Gefäßbodens am stärksten, weiter hinauf schwächer, und oben mit dem geringsten Nachdrucke herausfliessen. Was vom Wasser gilt, findet bei allen tropfbaren Flüssigkeiten dieselbe Anwendung, wenn übrigens die Gefäßmasse in allen ihren Theilen dieselbe ist; und so wie das Wasser in jedem in und auswendig noch so verschieden gestalteten Gefässe eine mehr oder weniger horizontale Oberfläche bildet, so auch alle übrige liquide Flüssigkeiten.

1) Bei jedem eingeschlossenen Tropfbaren, sind es die Seitenwände welche das Zerfliessen verhindern, und die Anhäufung, desselben möglich machen. Mithin erleiden diese Seitenwände auch einen Druck, der mit dem Streben des Tropfbaren zu zerfliessen im Verhältnisse steht. Die Grösse dieses Strebens selbst ist aber Folge des Drucks, den jede obenliegende Schicht des Liquiden gegen die untere äussert, und der mithin um so stärker ausfallen muß, je mehr sich die Schichtenanzahl häuft; d. h. je grösser die Menge (und also auch das Gewicht) des Liquiden in dem-

selben Gefässe ist. Die dem Boden zunächst liegende Wasserschicht wird daher den stärksten Druck erleiden und mit der grössten Energie herausfliessen.

2) Hieraus folgt ferner, dafs bei einem mit senkrecht auf den Boden stehenden Seitenwänden versehenen Gefässe, der Druck den z. B. das Wasser gegen den Boden äussert, dem Gewichte der Wassermenge gleich ist; und dafs dieser Druck bei gleich hohem Wasserstande um so grösser erscheint, je höher das Gefäss ist. Es vertheilt sich dabei der Druck auf die ganze Grundfläche gleichförmig, und nehmen mithin Wassermenge und Grundflächenvergrösserung verhältnismässig gleichförmig zu, so bleibt der Druck für jede Stelle der Grundfläche derselbe. Erweitert man daher oberhalb ein Gefäss, ohne es zu erhöhen, so erleidet die Grundfläche nach der Erweiterung denselben Druck, der zuvor gegen sie geäussert wurde; weil dann die erweiterten schiefen Seitenwände selbst für die über sie stehenden Schichten zur Grundfläche werden. Zwei Gefässe die gleich hohen Wasserstand haben, erleiden daher auch auf ihren Boden gleich grossen Druck; das eine mag enger oder weiter als das andere seyn, oder nicht. Nur die Summe des Drucks auf alle Punkte der Seitenwand verhält sich (bei senkrechten Gefässen) wie der Umfang des Gefässes, wächst also mit diesem Umfange, und verhält sich überhaupt wie die Seitenflächen.

§. 75.

Wird die Grundfläche eines Gefässes vergrössert, so folgt von selbst, dafs es auch bei gleicher Höhe mehr Flüssigkeit fassen wird wie

vor der Vergrößerung; mithin wird der Druck gegen den Boden mit der Höhe der Wassersäule des Gefässes (vergl. oben) und mit seiner Grundfläche im zusammengesetzten Verhältnisse stehen; und auch bei unregelmässig gebildeten Gefässen (z. B. bei einer Bouteille) ist der Druck des enthaltenen Wassers gegen jeden Theil des Bodens so stark, wie der Druck des Gewichts einer lothrechten Wassersäule, welche den Boden zur Grundfläche und die senkrechte Höhe der Flüssigkeit dieses Theiles zur Höhe hätte.

1) Was vom Boden des Gefässes gilt, gilt auch hier wiederum von der untersten Flüssigkeitsschicht; und es läßt sich auf ähnliche Weise auch der Seitendruck für jede einzelne Schicht bestimmen, da laut dem vorhergehenden §., dieser Druck von oben nach unten in arithmetischer Progression zunimmt. Setzen wir die Höhe der Seite eines senkrechten prismatischen Gefässes =  $A$ , ihre Breite =  $B$ , so ist das Prisma, dessen Gewicht dem Drucke auf dieser Seite gleich ist, =  $\frac{1}{2} a^2 b$ . In einem cubischen (mit einem gleichartig tropfbar gefüllten Gefässe ist  $B = A$ , mithin der Druck auf der einen Seite =  $\frac{1}{2} a^3$ ; und gegen alle vier Seiten =  $2 a^3$ ; d. h. gegen eine ganze Seitenfläche halb soviel als gegen den Boden, und gegen alle vier Seitenflächen noch einmal soviel als gegen den Boden; d. i. noch einmal so groß als das Gewicht des darin enthaltenen Gleichartigliquiden.

2) Auf jene Vergrößerung des Seitendrucks nach dem Boden zu, gründen sich ausser den §. 74. im VIII. Versuch gezeigten Phänomenen noch folgende:

verbindet man eine offene Glasröhre mit einer von gefärbtem Wasser angefüllten Blase, und taucht die Blase in anderes Wasser, so wird das gefärbte der Blase in die Glasröhre um so mehr in die Höhe gedrückt werden, je tiefer man die Blase senkt; eine leere, dünne, mit platten Seitenflächen versehene, verstopfte gläserne Flasche zerbricht, wenn sie tief unter Wasser, noch eher wenn sie unter Quecksilber getaucht wird; SEGNER'S hydraulische Maschinen, oder Wasserrad, die durch den Seitendruck des Wassers in Bewegung gesetzt wird. BARKER'S Mühle ohne Rad und Drilling etc.

## §. 76.

IX. Versuch. Eine gebogene mit einem kurzen und einem langen Schenkel versehene an beiden Enden offene Glasröhre, werde mit ihren Mündungen aufwärts gekehrt in einem passenden Stative festgestellt. Man giesse hierauf in beide Mündungen eine gleichartige Flüssigkeit z. B. (gefärbtes) Wasser oder Quecksilber; sie wird aus beiden Schenkeln in den horizontal liegenden Theil der Röhre laufen, und sich hier ins Gleichgewicht setzen. Führt man jetzt mit dem Giessen in den kürzeren Schenkel fort, so wird sich das Wasser in den längeren hinauf bewegen, und nur dann erst in Ruhe und Gleichgewicht kommen, wenn die Oberflächen beider Wassermengen wirklich eine gleiche horizontale Ebene bilden, und die senkrechte Höhe des Wasserstandes in beiden Schenkeln

gleich ist. Der Fall wird derselbe seyn, wenn der eine oder beide Schenkel schief stehen, der eine weiter und verschieden gestaltet ist etc. Der Druck den beide Wassersäulen gegenseitig ausüben, wird stets ihren Höhen entsprechen, und in obigen Fällen sich gegenseitig als Wirkung gleich grosser entgegengesetzter Kräfte aufheben. Gießt man daher mehr Wasser in den längeren Schenkel, als wie zum Gleichgewichte bei der Höhe des kürzeren Schenkels nöthig war, so wird das Wasser aus diesem solange herausfliessen, als es in den längeren Schenkel nachgegossen wurde, und zwar um so stärker, je kürzer der kleinere Schenkel im Vergleich mit dem anderen ist; denn die Kraft mit der das Wasser herausfließt, ist dem Drucke einer Wassersäule gleich, welche die Höhe des Wasserstandes über die Oeffnung in dem anderen Schenkel hat, und deren Grundfläche der Oeffnung wo es herausfließt an Grösse gleich ist. Verengt man hiebei die Oeffnung des kürzeren Schenkels, so springt das Wasser daraus mit Gewalt in die Höhe, und wenn das herausspringende Wasser sich nicht in Tropfen zertheilte (aus Mangel am äusseren Zusammenhalt, durch die Adhäsion des Wassers zur Mündung der Röhre, wegen den Gegendrucke der zuerst in die Höhe gestiegenen Theile und wegen dem Luftwider-

stande), so würde es bis zu der Höhe steigen, von welcher es im längeren Schenkel herabfiel.

1) Verschließt man die Mündung des kürzeren Schenkels mit einem Deckel, so erleidet derselbe von unten her von dem darunter befindlichen Wasser einen Druck, der dem Drucke einer Wassersäule, welche den Deckel zur Grundfläche und die Wasserhöhe im längeren Schenkel über der in dem kürzeren zur Höhe hat, gleich ist. Hieher gehört WOLFFS anatomischer Heber (dessen nützliche Versuche, Th. I. Cap. 3. §. 58.) und GRAVESANDE'S hydrostatischer Blasbalg (Elem. phys. mathemat. L. II. c. 2. Exp. 5. §. 729).

2) Zu den letzteren Abänderungen des obigen Versuchs gehört die Einrichtung der laufenden Brunnen und der (hydrostatischen) Springbrunnen.

3) Ist der eine Schenkel zu eng, so daß er sich den (noch zu berücksichtigenden) Haarröhrchen nähert, so wird das Wasser darin (vermöge verhältnißmässig zu sehr erhöhter Adhäsion) höher steigen, wie es obigem zufolge sollte.

§. 77.

X. Versuch. Eine wie im vorigen Versuche angewendete Glasröhre, fülle man im kürzeren Schenkel mit Quecksilber (oder gefärbtem Salzwasser), im längeren mit Wasser (oder Branntwein und Oel); da die Dichtigkeiten beider Flüssigkeiten ungleich sind, so werden sie nur dann ins Gleichgewicht kommen, wenn die Gewichte beider Flüssigkeitssäulen gleich sind. Das Wasser als die leichtere Flüssigkeit, wird daher um



soviel mal höher stehen als das (fast 14 mal dichtere) Quecksilber; soviel mal dieses das Wasser an Dichtigkeit übertrifft; oder das Gleichgewicht zwischen beiden wird eintreten, wenn ihre Höhen sich umgekehrt wie ihre specifischen Gewichte verhalten.

1) Man muß zu diesem Versuche entweder nicht mischbare Flüssigkeiten von verschiedener Dichtigkeit wählen, oder bei den mischbaren die leichtere langsam und vorsichtig mittelst einer kleinen Fließpapierbrücke auf die schwere tragen. — Es gründet sich hierauf SCANNEGATTY's Areometer, vergl. Beschreib. eines verbesserten Aerometers oder einer Waage, mit welcher sich die specifische Schwere mehrerer Flüssigkeiten auf einmal bestimmen läßt, von S. in LICHTENBERG'S Magaz. f. d. Neueste a. d. Phys. etc. I Bd. II. St. S. 45 u. f. Dem Gebrauche dieses Instruments steht die keine Genauigkeit zulassende Verschiedenheit der Adhäsion, der verschiedenen Flüssigkeiten gegen das ausgeschmirgelte Glas der Röhre entgegen.

2) Dafs eine schwere Flüssigkeit in der leichteren zu Boden sinkt, und dafs mehrere zusammengegosene Flüssigkeiten von verschiedener Dichtigkeit, sich nach Maassgabe der Abnahme ihrer specifischen Gewichte, in wagrechten Schichten übereinander lagern werden (z. B. die sogenannte Elementarwelt aus Quecksilber, in Wasser aufgelöstem Gewächskali, Weingeist und Steinöl) folgt schon aus dem obigen, und wird durch alltägliche Erfahrungen bestätigt; aber gesetzt wir wären im Stande eine schwerere tropfbare Flüssigkeit in einem schicklichen Gefässe, so über eine leichtere liquide Flüssigkeit zu schichten,

dafs die letztere während der Uebereinanderschichtung nach keiner Seite zu entweichen vermögte, so wird kein Grund vorhanden seyn, dem zufolge die leichtere in die Höhe steigen sollte. Stellt man den Versuch wirklich an, so findet man, dafs die Oberflächen nie horizontal bleiben; sondern dafs vermöge des stärkeren Drucks der Säulen der schweren Flüssigkeit, die leichtere in verschiedenen Punkten ausweicht, von den Seiten der schwereren Säulen in die Höhe gedrückt, und so nach und nach über die schwerere gehoben wird, wo dann Ruhe und Gleichgewicht eintritt. (Scheinbare Ausnahmen machen enge Wasser haltende Röhren, in die man dichtere Flüssigkeiten bringt, die bei gehöriger Ruhe und Behutsamkeit schweben bleiben, indem die Adhäsion der inneren Glaswände gegen das Wasser und die übergeschichtete Flüssigkeit verschieden wirkt). Hieher gehört die scheinbare Verwandlung des Wassers in Wein oder der Passevin.

c) *Vom Verhältniß ruhender tropfbarer Flüssigkeiten zu festen Körpern.*

§. 78.

XI. Versuch. An das Ende eines Armes einer guten Waage, befestige man einen mässig grossen etwa 6 Loth schweren (Quarz oder Kiesel-) Stein mittelst eines langen Fadens, bringe ihn auf der Schaale des anderen Arms durch aufgelagerte Gewichte (wozu 6—7 Loth hinreichen werden) ins Gleichgewicht, und halte ihn dann so über die Wasserfläche eines hohen mit

reinem Wasser bis ohngefähr drei Vierteltheile gefüllten Glases, daß er in dem Wasser noch bis zum Boden des Glases untersinken kann. Der einsinkende Stein wird das Gleichgewicht der Wassersäulen aufheben, indem er gegen seine Unterlage drückend, diese aus ihrem Raume treibt, und dadurch das In-die-Höhe-steigen der Wassersäulen zur Seite bewirkt, indem diese um das Gleichgewicht herzustellen, höher steigen müssen, als die Horizontalebene in der Oberfläche des Steines beträgt. Zugleich drückt das Wasser aber auch seitwärts, mithin fließen die höher gestiegenen Wassersäulen zur Seite über den tiefer liegenden Stein her; wodurch das Gleichgewicht immer von neuem aufgehoben wird, und so das zu Bodensinken des Steines möglich macht. Ist dieses erfolgt, so stellt sich die horizontale Oberfläche (der ebene Wasserspiegel oder das Niveau) her, das Wasser kommt in Ruhe. Bei dem Eintauchen des Steines bemerkt man die Entstehung kleiner Wasserkreise, welche in dem obigen ihren Grund haben, und in dem Maase wie der Stein tiefer unter die Oberfläche des Wassers sinkt, sinkt die Waagschale des anderen Arms allmählig nieder, bis bei vollkommenem Untertauchen die Gewichtsverminderung des Steins ihr Maximum erreicht. Um daher das Gleichgewicht der Waage

wieder herbeizuführen, wird man genöthigt von der Schaale einen Theil der Gewichte fortzunehmen; und dieser nöthige Gewichtstheil ist gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche dem Steine an Umfange gleich kommt, oder die der Stein aus ihren Räumen vertrieben hat.

1) Den vorhergehenden Untersuchungen gemäß kann ein Theil einer gleichartigen Flüssigkeit z. B. Wassertropfen, in einer grösseren Menge derselben Flüssigkeit, im ruhigen Zustande nicht sinken, und rücksichtlich der Bewegung innerhalb dieser Flüssigkeit ist daher das Gewicht des Theils so gut wie aufgehoben (*Liquida non gravitant in propriis locis*). Alle Theile drücken gegeneinander von allen Seiten gleichmässig, und heben sich demnach auf.

2) Der Ort den der eingetauchte Stein erfüllt, war sonst ein mit Wasser erfüllter Raum; diese Wassermasse wurde durch die oben, und zu den Seiten liegenden übrigen Wassersäulen getragen; die Wirkung, der Druck dieser Wassersäulen bleibt derselbe, auch dann wenn die Stelle des Wassers ein jeder andere Körper vertritt; mithin wird das absolute Gewicht des Steins um soviel vermindert, als wie das absolute Gewicht der aus dem Raume verdrängten Wassermenge betragen hatte, und der Stein sinkt nach Abzug dieses absoluten Gewichts des vertriebenen Wassers, mit seinem übrigen Gewichtsantheil d. i. mit seinem respectiven Gewichte zu Boden.

3) Jeder schwere Körper ist unter dem Wasser leichter als über demselben zu heben. Auch in der Luft verliert ein jeder Körper etwas von seinem ab-

soluten Gewichte (vergl. §. 59. N. 15.) was indefs gewöhnlich nicht beachtet wird.

4) Jener hydrostatische Grundsatz, „dafs ein verhältnismässig schwererer Körper beim Untertauchen in eine tropfbare Flüssigkeit, von seinem (durch Wägen in der Luft erhaltenen) absoluten Gewichte soviel verliert, als das Gewicht des vertriebenen Flüssigkeitsvolums beträgt“, der von ARCHIMEDES zuerst angewendet wurde, führte auf eine bequeme Methode die Dichtigkeitsverhältnisse oder die eigenthümlichen (specifischen) Gewichte der Körper zu bestimmen. (vergl. KASTNER a. a. O. S. 127 etc.). Zu Untersuchungen der Art bedient man sich entweder einer guten hydrostatischen Waage, die sehr empfindlich seyn muß, und deren Schalen unterhalb mit Häckchen versehen sind, um feste Körper mittelst eines (dem Wasser an Dichtigkeit fast gleich kommenden) Pferdehaares daran zu befestigen und so unter reines destillirtes Wasser, von einer Temperatur die bei allen Versuchen dieselbe (12° Reaum.) ist, zu senken, vergl. *Pésanteur spécifique des corps-par Mr. BRISON, à Paris 1787. 4.*; oder mit weniger Genauigkeit auch der Areometer (hydrostatische Senkwaage, Areometra, Hydrometra), welche auch bei besonderen Anwendungen Bierwaagen, Branntweinwaagen, Milchwaagen, Salzwaagen, Salzspindel oder Solwaagen etc. genannt werden. Es bestehen diese Instrumente aus einem senkrecht schwimmenden, länglichrunden Körper, dessen mittleren Theil (der Bauch) gewöhnlich cylindrisch oder kugelig und hohl ist, und der nach unten mit einem kleineren hohlen mit Schroot oder Quecksilber gefüllten Theile (dem Senker) versehen ist. Nach

oben geht aus der Axe des Bauchs eine dünne cylindrische glatte Stange oder Röhre (der Hals) an dem durch einen Feilstrich — die Grenze (Zeichen) bemerkt ist, bis zu welchem das Werkzeug sich einsenken muß. Diese Einrichtung findet statt, wenn man die Areometer zur Prüfung der Dichtigkeiten flüssiger Körper anwenden will. Der Hals ist zu dem Ende mit einer nach Graden abgetheilten Scale versehen, und das ganze Instrument muß stets eine geringere Dichtigkeit als die Flüssigkeit haben, worin man es tauchen will. Minder dichte Flüssigkeiten leisten dem einsinkenden Körper weniger Widerstand, als schwerere; mithin wird ein Instrument, welches z. B. in reinem wasserfreien Weingeist bis 1000° einsinkt, in destillirtem Wasser bis 0° sinken, oder bei vermehrter Senkmasse in destillirtem Wasser 1000°, in Schwefelsäure bis 600 etc.; woraus die Dichtigkeitsverhältnisse beider Flüssigkeiten hervorgehen. Eine etwas abweichende Einrichtung haben die Areometer ohne Scale oder mit veränderlichem Gewichte; die man auch Areometer der ersten Art (so wie die vorigen Areometer der zweiten Art) zu nennen pflegt. Der Hals endet sich nämlich nach oben mit einem concaven Tellerchen, auf den mehr oder weniger Gewichte gelegt werden können. Um das Instrument bis an das Zeichen einzusenken, wird ein bestimmtes Gewicht (das beständige Gewicht des Areometers) erfordert; alle mittelst dieses Instruments zu bestimmende feste Körper, müssen ein geringeres absolutes Gewicht besitzen, als das beständige Gewicht beträgt. Entfernt man daher das beständige Gewicht (es sey z. B. 1000 Gran) von dem Teller, und legt statt

dessen einen festen Körper auf, der z. B. noch 200 Gran Zulage erfordert, um das Instrument bis an das Zeichen einsinken zu machen, so folgt, daß das absolute Gewicht des festen Körpers 800 Gran beträgt; man entfernt ihn jetzt von dem Teller und legt ihn in das unter dem Bauche befindliche Eimerchen, welches den Senker bildet; ist der Körper leichter als das destillirte Wasser so wird er durch (zwei am Bauchende befindliche) Häkchen befestigt, und so untergetaucht. Er verliert jetzt soviel von seinem absoluten Gewichte, als das Wasservolum beträgt, welches er aus der Stelle getrieben hat, das Instrument steigt mithin wieder um etwas in die Höhe, und es muß aufs neue der Teller mit Gewichten beschwert werden, um es bis zum Zeichen untergetaucht zu erhalten. Dieser neue Gewichtzuschuß ist dem absoluten Gewichte der vertriebenen Wassersäule gleich; gesetzt er betrage 40 Gran, so verhalten sich die absoluten Gewichte des festen Körpers und des Wassers bei gleichem Volum, wie 800 zu 40, mithin erstere Zahl mit letzterer dividirt, giebt die Dichtigkeit jenes Körpers zu der des Wassers wie 20 zu 1 an. (Vergl. §. 23.) Man kann diese Areometer (wenn sie von Glas sind) auch zur Bestimmung der Flüssigkeiten rücksichtlich ihrer Dichtigkeiten anwenden; indem die leichtere eine geringere Belastung des Tellers mit Gewichten heischt, als die schwerere, um das Instrument bis zum Zeichen zu senken etc. Ueber die Einrichtungen und den Gebrauch des NICHOLSONSchen, FAHRENHEITischen, BECKSchen Aerometers, der Alcohollometer z. B. des von RICHTER, des allgemeinen Areometers von SCHMIDT und CIARCY (GRENS Journ. d. Phys. VII. S. 186), der

Salzspindeln, welche die Löthigkeit der Soole darthun (d. h. welche in 100 Loth Soole 1, 2 etc. Loth Kochsalz angeben) über ARNIM's Mikroareometer (GILBERT's Annal. I. IV. S. 418) u. m. a. mündlich. Ueber die weitere Literatur dieser Gegenstände vergl. KASTNER a. a. O. S. 154 u. s. f. Ein Haupthinderniß beim Gebrauch der Areometer ist die Adhäsion des Wassers; welches übrigens bei allen Dichtigkeitsbestimmungen, im reinsten Zustande zur zu vergleichenden Einheit angenommen, und entweder = 1 oder = 1000 gesetzt wird.

5) Ausser den angezeigten Methoden bedient man sich zur Bestimmung des specifischen Gewichts (von einigen auch Eigenschwere genannt) der Flüssigkeiten, theils einer elffenbeinernen oder gläsernen Kugel, die an eine Schale der hydrostatischen Waage befestigt zuerst an der Luft, dann in Wasser und (nach vorangegangenem Abtrocknen) in der zu bestimmenden Flüssigkeit gewogen wird; der zuletzt erhaltene angemerkte Verlust durch den zuerst erhaltenen dividirt, giebt das gesuchte specifische Gewicht; theils füllt man weisse Gläser von bekanntem Rauminhalte, die mit eingeschliffenen Stöpseln versehen sind, und deren Gewicht in der Luft bekannt ist, genau mit Wasser, merkt das Gewicht des so gefüllten Glases an, entleert es genau und bringt die zu prüfende Flüssigkeit hinein, welche sammt dem Glase gewogen, nach Abzug des Thara durch Vergleichung der Netto, auf oben beschriebene Weise zur Bestimmung der comparativen Dichtigkeit führt. Um das Gewicht z. B. eines Cubiczolls Wasser anzugeben, wäge man einen genau gearbeiteten Cubiczoll von Messing zuvor in der Luft und dann im reinsten Wasser; der



Gewichtsverlust giebt das absolute Gewicht des Cub. Zolls Wasser an. Nöthige Cauteln dabei. SCHMIDT (phys. mathem. Abh. S. 79) bestimmt das Gewicht eines pariser (Duodecimal-) Cubiczolles Wasser bei  $16^{\circ}$  R. = 323 Gran köln.; mithin das des paris. Cubicfusses = 72,675 Pfd. köln. LANGSDORFF (Grundlehre d. mechanisch. Wissensch. 4. S. 71) setzt das eines pariser Cubicfusses = 69,995 Pfd. paris. oder 67,3 Pfd. nürnbergisch; STUDER (GILBERTS Annal. XIII. 1 St. S. 122) das des pariser (Duodecimal-) Cubiczolles bei  $12^{\circ}$  R. = 330,94 Gran köln. und das eines pariser Cubicfusses destillirten Wassers = 70,920 Pfd. köln. Andere bestimmen den pariser Cubicfuß Wasser = 69,015, woraus sich das Gewicht eines paris. Cubicfusses Quecksilber = 943,711 Pfd. paris. oder 989,682 Pfd. köln. ergibt. Ein Duodecimal-Cubiczoll destillirtes Wasser wiegt nach dem Original des Berlinischen eigentlich rheinländischen Fußmaases, und nach dem in Berlin vorhandenen Normal-Apothekergewichte  $14^{\circ}$  R. 288 Gran. TRALLES wollte gefunden haben, daß luftleeres und luftvolles (gewöhnliches destillirtes) Wasser, nicht merklich ihres specifischen Gewichts differiren (GILBERT a. a. O. B. XXVIII. 4s St. S. 479). Auch die Grösse fester Körper in Cubicmaas, läßt sich leicht aus dem, was ein solcher Körper von seinem absolut. Gewicht in Wasser verliert, finden, wenn zuvor das absol. Gewicht des Wassers im gegebenen Cubicmaase bekannt ist.

6) Eigentlich sollten die Körper, vorzüglich sehr leichte z. B. Kork, Papier etc. statt in der Luft, im möglichst luftentleerten Raume gewogen werden, um ihr absolutes Gewicht zu erhalten; und da der Erfah-

rung gemäß alle feste und liquide Körper mehr oder weniger Luft beigemischt, oder als dichtere Atmosphäre umschwebend enthalten, so sollte diese wenigstens bei sehr porösen Substanzen z. B. Holz, zuvor soviel wie möglich durch langes Liegen in dem Wasser herausgebracht werden, um wenigstens einen Luftgehalt übrig zu behalten, der der Luftmenge des Wassers näher kommt; weil sonst immer nur mittlere spezifische Gewichte erhalten werden. Viele Körper sind an sich schwerer als das Wasser, ihre beigemischte Luft (oder andere leichte Körper) bewirkt aber ein mittleres spezifisches Gewicht von geringerer Dichtigkeit als das Wasser; z. B. hohle Metallkugeln, Kohle, Holz etc.

7) Bei leichteren Körpern (als das Wasser) läßt sich das spezifische Gewicht auch noch ausser der oben angegebenen Methode dadurch finden, daß man sie mit schwereren Massen z. B. mit Metallen mittelst eines Pferdehaars verbindet; das Metallstück braucht nur so groß zu seyn als nöthig ist, den leichteren Körper unter das Wasser zu ziehen. Man bestimmt dann den Verlust beider im Wasser, und den des schwereren für sich und zieht dessen Verlust von ersterem Verluste ab; der Rest giebt dann das Gewicht des Wassers an, welches mit dem leichteren Körper gleiches Volum hat etc. Auch kann man sich statt des Metalles eines Glaseimers zum Schwermachen bedienen, der auch zugleich beim Abwägen der Pulver benutzt werden kann.

8) Ist der zu bestimmende Körper im Wasser löslich, so bestimmt man sein Gewicht in absoluten Alkohol, oder wenn er sich auch hierin löst: in rectificirtem Terpentinöl, und da die spezifischen Gewichte

dieser Flüssigkeiten bekannt sind, oder leicht ausgemittelt werden können, so läßt sich daraus auch leicht das specifische Gewicht des löslichen Körpers gegen Wasser bestimmen. Bezeichnen wir den leichteren Körper mit L, den Weingeist mit S, und das Wasser mit W, und setzen wir  $S : W = 9 : 10$  und  $L : S = 5 : 9$ ; so ist  $L : W = 5 : 10$  (und  $W = 1$  angenommen:  $L = \frac{1}{2}$ ).

9) Besteht ein Körper aus zwei oder mehreren Materien von verschiedener Dichtigkeit, die aber bei jeder einzelnen Materie bekannt ist, und bestimmt man sein absolutes Gewicht durch Wägen in der Luft und sein specifisches Gewicht durch Wägen im Wasser, so läßt sich hieraus ohngefähr berechnen, wieviel von jeder der Materien in den ganzem Körper enthalten ist. Man nennt dieses das ARCHIMEDEISCHE Problem, weil nach einer für fabelhaft zu haltenden Erzählung VITRUV'S (de architectura, Lib. 9. Cap. 3.) ARCHIMEDES gefunden haben soll, wieviel Silber eine angeblich goldene Krone des Königs HIERO in Syracus enthalten habe. Indefs wird die ganze Auflösung des Problems dadurch ungewiß, daß zwei sich mischende Materien von verschiedener Dichtigkeit, nicht die mittlere Dichtigkeit, sondern öfters eine grössere oder geringere erhalten; ein Fall der auch häufig bei Lösungen und Vermischungen tropfbarer Flüssigkeiten eintritt. Z. B. Kochsalz in Wasser aufgelöst, giebt eine Raumerfüllung, die der Summe der Räume von dem Kochsalz und dem Wasser für sich nicht gleich ist. Daher werden bei Verfertigung der Scalen zu den Salzspindeln eigene Beobachtungen und derauf gegründete Rechnungen erfordert, um aus dem specifischen Ge-

wicht der Salzlösung, die Menge des in einem gegebenen Gewichte der Salzsoole enthaltenen Salzes zu bestimmen; vergl. LAMBERT in der Histoire l'acad. de Prusse 1762. T. XVIII. S. 27. ff., der eine solche Tabelle berechnet hat. Etwas ähnliches findet bei der Vermischung von Weingeist und Wasser statt; GILPIN (vergl. GRENS neues Journ. d. Phys. B. II. S. 365 ff.) hat die dazu nöthigen Versuche angestellt und in einer Tabelle die specifischen Gewichte der verschiedenen Mischungen angegeben. LOWIZ zeigte indess (CRELLS Ann. 1796. Bd. I. S. 202 etc.), das der von GILPIN angewendete Alkohol noch nicht vollkommen wasserfrei war, und das die Entwässerung desselben sich bis 0,791 (bei 68° Fahr.) specifischen Gew. treiben lasse, wonach er eine verbesserte Tabelle jener Gemische entworfen und a. a. O. mitgetheilt hat.

10) Um die specifischen Gewichte der Luftarten aufzufinden, leert man genau einen haltbar gläsernen oder kupfernen kugelichten Recipienten, dessen Höhlung genau ausgemessen, mit Hülfe der Luftpumpe (von deren Einrichtung und Gebrauch nebst den bei diesen und ähnlichen Versuchen nöthigen Cauteln in der Folge), wiegt ihn, füllt ihn mit der zu bestimmenden Luft und wiegt ihn wieder; das erhaltene absolute Gewicht des Luftquantums wird dann auf das eines Cubikzollens reducirt; und durch Vergleichung mit dem absoluten Gewicht derselben Menge Wassers, das specifische Gewicht der Luft ausgemittelt. GUERICKE's Monometer (Manometrum, Dasymetrum) oder Luftdichtigkeitsmesser, besteht aus einem länglich starken, jedoch leicht beweglichen gleicharmigen Wagebalken, an dessen einem Ende eine hohle kupferne möglichst dünnblechige, genau verschließ-

bare Kugel, und an dessen anderem Ende ein längliches Bleigewicht hängt, welches der Kugel bei ihrer mittleren Dichtigkeit das Gleichgewicht hält. Der Widerstand der Luft gegen das Bleigewicht ist sehr geringe und als nicht vorhanden zu betrachten, hingegen bei der hohlen Kugel bedeutend, so daß ein merklicher Unterschied beobachtet wird, je nachdem die Dichtigkeit der Luft wächst oder zunimmt. Im ersteren Falle steigt die Kugel, im letzteren sinkt sie; und dieser Unterschied wird entweder durch Ab- und Zunehmen kleiner Gewichte an dem Gegengewicht (bis zur Herstellung des Gleichgewichts) oder durch Fortschieben eines Laufgewichts am Arme des Gegengewichts bestimmt. Je grösser die kupferne Kugel und je vollkommener sie ausgepumpt ist, um so brauchbarer ist das Instrument.

11) LAVOSIER (S. die Tabellen bei dessen System der Chemie, übers. von HERBSTÄDT. Berlin 1792. II. Bd. S. 246) hat bei 10° R. und 28' Barometerstand das absolute Gewicht (im französ. Med. Gew.) eines Cubiczolles von nachfolgenden Luftarten bestimmt, welche nach FISCHER (vergl. GREN a. a. O. S. 215) auf Berliner Maas und Gewicht reducirt, folgende Tabelle darstellen.

	Der Paris. Cubiczoll wiegt in französ. Mark-Gewicht.	Der Berliner Duz- decimal-Cubiczoll wiegt in demselben Med. Gewicht.
Atmosphärische Luft	0,46005 Gran	- 0,3644
Lebensluft (Oxygène)	0,50695	- 0,4015
Stickluft (Azote)	0,44444	- 0,3520
Brennbare Luft (Hydrogène)	0,03539	- 0,0280
Nitröse Luft	0,54090	- 0,4331
Ammoniakluft	0,27488	- 0,2177
Fixe oder kohlen-saure Luft	0,68985	- 0,5404
Schwefellichtsaure Luft	1,03820	- 0,8222

Tabelle über das specifische Gewicht verschiedener Stoffe gegen das zur Einheit angenommene des reinen Wassers = 1,000 gesetzt, bei 10° Reaum.

<i>Metalle.</i>		Tantalium als Oxyd 6,500	
Platina gehämmert	21,069	Manganes	7,000
gegossen	19,500	Schenlium	6,823
Gold gehämmert	19,361	Molybdän	6,963
gegossen	19,258	Wismuth	9,832
Silber gehämmert	10,510	Spießglanz	6,702
gegossen	10,474	Zink	7,215
Quecksilber	13,674	Tellur	6,115
bis	14,110	Chrom	5,90
Blei gegossen	11,352	Arsenik	8,308
Zinn von Bancas	7,216		
v. Malacca geg.	7,296	<i>Einige Metallgemische.</i>	
geh.	7,306	Gold 442 Gran	} = 17,927
v. Cornwall geg.	7,291	Silber 38	
geh.	7,799	Gold 442 Gran	} = 17,344
Kupfer gegossen	7,788	Silber 19	
zu Drath gez.	8,878	Kupfer 19	
Japanisch geg.	8,726	Gold 442 Gran	} = 17,157
geschmied.	9,000	Kupfer 38	
Nickel gegossen	8,279		
gestreckt	8,666		
bis	9,000	<i>Erze.</i>	
Kobalt gegossen	7,811	Schwefelkies	4,789
gestreckt	8,150		bis 4,912
Eisen Rohreisen	7,207	Kupferkies	3,800
Schmeideisen	7,788		bis 4,158
schwed.	7,765	Zinnober	7,838
Stahl	7,810		bis 8,002
bis	7,833	Bleiglanz	7,220
Uran	6,440	Schwefelspiessglanz	4,700
			bis 4,858

*Erze.*

Schwefelkies	4,789
	bis 4,912
Kupferkies	3,800
	bis 4,158
Zinnober	7,838
	bis 8,002
Bleiglanz	7,220
Schwefelspiessglanz	4,700
	bis 4,858

<i>Einige Erden und Steine.</i>		<i>Kohlenartige Mineralien</i>	
Bergkrystall weisser	2,888	Graphit	1,860
Beryll sibirischer	2,722	Kohlenblende	1,468
Smaragd	2,678	Demant	3,521
Zirkon ceylonischer	4,416		bis 3,654
Gadolinit	4,237	Natürlicher Schwefel	2,033
Ceririt (Ochroit)	4,660	Stangenschwefel	1,800
Oriental. Saphir	4,203		bis 1,990
Turmalin	3,155	Gelblichbrauner Phos-	
Töpferthon	2,000	phor	1,770
Meerschäum	0,336	Schwefelalkohol	1,300
Speckstein	2,727	Wasserstoff als Gas	0,000094
Venetianischer Talk	2,780	Sauerstoff	0,00135
Kreide	2,315	Stickstoff	0,00115
Körniger Kalkstein	2,837	Holzkohle	0,441
Isländischer Kalkspath	2,715	Weisses Krystallglas	2,892
Strontianit	3,644		bis 2,488
Schwerspath, dichter	4,400	Grünes Bouteillenglas	2,642
Witherit	4,338	Engl. Flintglas	3,329
Bergkork	0,680	Porzellan von Severs	2,145
	bis 0,993	von China	2,384
Bimstein	0,914	Concentrische Schwe-	
		felsäure	1,877
<i>Erdharze und Erdöle.</i>		Salpetersäure	1,538
Bergnaphtha	0,708	Salzsäure	1,194
Petroleum	0,854	Boraxsäure	1,479
	bis 1,110	Arseniksäure	3,391
Asphalt	1,203	Aetzender Salmiakgeist	0,890
	bis 1,744	Zerfloss. kohlen. Kali	1,550
Steinkohle	1,270	Schwefelsaures Kali	2,298
	bis 1,500	Schwefelsaures Natron	2,246
Braunkohle	1,019	Salpeter	1,900
	bis 1,292	Kochsalz	1,918

Sublim. Salmiak	1,420	Gummilack	1,139
Borax	1,720	Benzoe	1,092
Alaun	1,714	Myrrhe	1,360
Bleizucker	2,395	Stinkend. Asand	1,327
Eisenvitriol	1,880	Aloe	1,358
Alkohol	0,791	Opium	1,356
Wein	0,916	Elfenbein	1,825
	bis 1,039	Hünnereier	1,090
Aetherische Oele	0,895	Korkholz	0,240
	bis 1,094	Tannenholz	0,550
Fette Oele	0,855	Lindenholz	0,604
	bis 0,966	Birnbaumholz	0,661
Kampher	0,988	Pflaumenholz	0,785
Weisses Pech	1,072	Erlenholz	0,800
Copal	1,139	Eichenholz	0,929
Federharz	0,933		bis 1,666
Weisser Zucker	0,606	Mahagonyholz	1,063
Wallrath	0,943	Ebenholz	1,209
Butter	0,942	Griesholz	1,200
Arabisches Gummi	1,452	Eis	0,916
Indigo	0,769	Kalimetalloid	0,874

Vergl. MUSCHENBROEK induct. ad philos. nat. T. II. §. 1417; BRISON a. a. O. HAUYS Lehrb. d. Mineralogie übers. v. KARSTEN. Theils können solche Tabellen in mehreren Fällen zur Prüfung der Aechtheit verschiedener Substanzen gebraucht werden, theils dienen sie dazu, das Gewicht eines Cubiczolles, Cub. Fusses etc. der angegebenen Stoffe aufzufinden, vergl. oben; theils können sie zu Vergleichen und (durch Experimente zu bestätigende) Schlüsse über die Natur und Mischung verschiedener Stoffe benutzt werden.



13) Da den vorhergegangenen Untersuchungen über die Schwere zufolge, die Erdatmosphäre in verschiedenen Höhen von verschiedener Dichtigkeit ist, und da diese ausserdem noch durch Electricität, Wärme und mehrere ähnliche Ursachen, für eine oder die andere Luftschicht sehr beträchtlich wechseln kann, so ergiebt sich hieraus die Möglichkeit, daß ein und derselbe Körper in ihr zum Sinken und Schweben, Aufsteigen und Schwimmen gebracht werden kann. Dahin gehört das Steigen und Fallen des Nebels, der Wolken etc.

§. 79.

Kommt ein frei beweglicher specifisch leichterer Körper mit einer schwereren Flüssigkeit in Berührung, so wird er sich in die Höhe begeben und von selbst schwimmen (Innatate fluido, flotter). War der leichtere Körper flüssig, und befanden sich beide in einem Behälter, so werden sie nur dann im Gleichgewicht oder in Ruhe seyn, wenn sie so übereinander stehen, daß der leichtere obere von dem unteren durch eine horizontale dem Spiegel (Niveau) parallele Fläche begrenzt wird, vergl. oben. Ist hingegen der leichtere ein fester Körper, so wird er nur in derjenigen Lage schwimmen, in welcher sein Schwerpunct senkrecht über den Mittelpunct (Stützpunkt) des aus der Stelle getriebene Flüssigen steht. Findet diese Richtung beider Punkte nicht statt, so wird der schwim-

mende Körper sich solange (gleich einem Hebel) drehen und umwerfen, bis jenes Verhältniß eingetreten ist. Läßt dabei die Gestalt des Körpers eine Veränderung der Lage seines Schwerpunctes zu, und liegt der Schwerpunct mehr oder weniger höher über dem Stützpunkt, so wird der Schwerpunct sich bei jedem Schwanken des Flüssigen so tief wie möglich senken, und der Körper umschlagen. In dem Maase wie aber der schwimmende Körper in den tragenden eintaucht, wird sein Schwerpunct nach oben zu verrückt werden, indem die Gewichtigkeit des eintauchenden Theils vom Seitendruck des Flüssigen Verminderung erleidet, und er wird umfallen, wenn er nicht durch hinreichende Seitenausdehnung, auch bei jeder Lage noch soviel Masse zur Seite behält, daß der Schwerpunct innerhalb seiner unterstützten Fläche fällt.

1) Beim Gehen im Wasser bemerkt man dieses Vorrücken des Schwerpunctes am deutlichsten an sich selbst, durch den unsicheren Gang; indem der Schwerpunct um so höher rückt, je tiefer man eintaucht; ganz untergetaucht oder bis ans Kinn, ist daher die Gefahr des Umschlagens geringer als z. B. bis zur Brust.

2) Um wieviel der schwimmende Körper eintaucht, wird genau durch das Verhältniß seines specifischen Gewichts zu dem des Flüssigen (dem das Verhältniß des Volumens seines eingetauchten Theils zu seinem ganzen Volumen gleich ist) bestimmt. Würfel von

Kork, Tannenholz, Eichenholz werden zu verschiedenen Tiefen eintauchen; und ein und derselbe Würfel wird in Seewasser minder tief als im süßen Wasser, und im Weingeist eintauchen. Es giebt dieses Gelegenheit die specifischen Gewichte zweier Flüssigkeiten jedoch nicht mit grosser Genauigkeit zu vergleichen. So wie sich die Umfänge des eingetauchten Theils verhalten, so verhalten sich die specifischen Gewichte der geprüften Flüssigkeiten. Kennt man den cubischen Inhalt des eingetauchten Theils, und das absolute Gewicht eines bestimmten cubischen Inhalts (z. B. eines Cubicfusses) der tragenden Flüssigkeit, so kann man daraus das absolute Gewicht des ganzen schwimmenden Körpers bestimmen; indem das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers gleich ist, der Grösse seines eingetauchten Theils, multiplicirt mit dem absoluten Gewichte des bestimmten cubischen Inhalts der Flüssigkeit. Ist hingegen das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers, und des bestimmten cubischen Inhalts der tragenden Flüssigkeit bekannt, so ist die Grösse des eingetauchten Theils, gleich dem absoluten Gewicht des schwimmenden Körpers, dividirt durch das absolute Gewicht des bestimmten cubischen Inhalts der Flüssigkeit. Anwendungen von beiden Fällen auf beladene Schiffe.

3) Haben zwei schwimmende Körper (von gleichem oder verschiedenem specifischen Gewichte) gleiches absolutes Gewicht, so werden beide gleich tief in einerlei Flüssigkeit eintauchen; ist hingegen (auch bei gleichem specif. Gew. der schwimmenden Körper) ihr absolutes Gew. verschieden, so werden sie auch zu verhältnißmässig verschiedenen Tiefen eintauchen.

4) Vermöge der Adhäsion wird indess jeder schwimmende Körper etwas tiefer eintauchen, oder etwas höher von der Flüssigkeit umflossen werden, als er seinem Gewichte nach sollte; und nach Verschiedenheit der Adhäsion, wird auch dieses etwas zu- oder abnehmen.

5) In der Regel ist der menschliche Körper specifisch schwerer als das Wasser, und zwar verhält sich (MUCHENBROECK a. a. O. §. 1399.) sein specifisches Gewicht zu dem des Wassers wie 1,111 zu 1,000. Beim künstlichen Schwimmen hat er aber nur sein respectives Gewicht emporzuhalten, d. i. denjenigen Ueberschuß seines absoluten Gewichts über das absolute Gewicht eines gleich grossen Wasservolums, als er eintauchend aus der Stelle drängt, addirt zu dem Gewichte seines noch hervorragenden Körpertheils. PAOLO MOCCIA wog 300 neapolitanische Pfund, und war demnach 30 Pfund leichter als ein gleich grosses Wasservolum. Vergl. KARSTENS Lehrbegr. der gesammten Mathematik, Th. III. Hydrostatik, §. 31; und mehrere ähnliche Fälle bei ROBERTSON in dem Transact. philosoph. Vol. L. S. 30 u. s. f.

#### §. 80.

Jeder leichtere Körper ist zwar gegen das Untersinken durch seine geringere Dichtigkeit geschützt, wenn man ihn auf eine schwerere Flüssigkeit legt, aber nicht gegen das Eintauchen; denn auch die dünnste feste Platte oder Scheibe wird so tief eintauchen, bis die Menge der von ihr verdrängten Flüssig-

keit ihr an Gewicht gleich ist. Es drückt nämlich jeder schwimmende feste Körper (vergl. oben) mit seinem absoluten Gewichte, auf die unter ihm befindliche Flüssigkeitssäule und vermehrt daher das Gewicht derselben, diese dadurch dichter und schwerer gewordene Säule sinkt mithin in der übrigen Flüssigkeit so tief ein, bis sie eine Höhe erreicht hat, der zufolge sie mit dem auf ihr liegenden Körper gemeinschaftlich, mit den übrigen Flüssigkeiten im Gleichgewicht steht.

§. 81.

Um einen festen Körper zum Schwimmen (flotter) zu bringen, wird nicht gerade erfordert, daß er in allen Theilen specifisch leichter sey, sondern nur, daß er zusammen mit allen seinen Theilen (auch von noch so verschiedener Dichtigkeit) nicht mehr wiege, als ein gleich grosses Volumen der tragenden Flüssigkeit. Verbindet man daher einen schwereren Körper, mit einem der specifisch leichter ist als die tragende Flüssigkeit, so kann sehr leicht der Fall eintreten, daß der erstere mittelst dieser Verbindung zum Schwimmen gebracht wird; und umgekehrt kann auch der leichtere Körper durch Verbindung mit einem schwereren, in einem Verhältnisse, das die mittlere Dichtigkeit beider noch

die der tragenden Flüssigkeit übertrifft, zum Sinken gebracht werden.

1) Als Belege des ersteren Falls können genannt werden: das Schwimmen der Nebel- und Dunstbläschen, der Luftballons und Aerostaten überhaupt in gewissen Höhen; das hohler Kugeln, leerer verstopfter Flaschen, aufgetriebener (Harn-) Blasen die zusammengedrückt zu Boden sinken; der beladenen Schiffe, der Pontons; das Schwimmen mittelst Schwimmgürteln, Rindsblasen, Binsen, Kork; die Art Schiffe in seichte Häfen zu buxiren; das Emporsteigen der Cadaver, in dem Maase wie sich durch die Fäulniß in ihnen verschiedene Luftarten entwickeln; das Auf- und Niedersteigen der Fische; das periodische Emporkommen einiger Wasserpflanzen durch angebildete Luft enthaltende Blasen; u. m. dgl. Man wird mit aufgeblasenen Backen besser vom Wasser getragen, als bei geöffnetem Munde, so auch fette Menschen bei übrigens gleichen Umständen leichter als magere etc.

2) Zu dem letzteren Falle gehören: das Sinken leck gewordener Schiffe; die Luft in der Taucherglocke, während die Glocke ins Meer gesenkt wird; das Sinken umgestürzter Gläser, ausgedrückter Blasen, des von Luft entleerten Holzes, Ertrunkener etc.

*D) Vom Verhältniß elastischer Flüssigkeiten zu ruhenden tropfbaren und festen Körpern.*

§. 82.

XII. Versuch. Eine gläserne recht trockene Röhre, die länger ist als 28 paris. Zoll, ver-

schliesse man an dem einen Ende mit einem zuvor in Wachs gekochten, gelinde erwärmten passenden trockenen Korkstöpsel, den man auswendig mit Siegelack überzieht, fülle sie dann mit reinem (ausgekochten) Quecksilber bis zur Mündung des offenen Endes, halte dieses mit dem Finger zu, kehre so die Röhre um, bringe das zugehaltene Ende mit dem Finger in eine Schaale mit Quecksilber, und ziehe jetzt, nachdem man die Röhre senkrecht gestellt hat, den Finger unter dem Quecksilber hervor: das Quecksilber in der Röhre wird etwas herabfallen, aber bis zu einer Höhe von ohngefähr 28 paris. Zoll über der Fläche des Quecksilbers in der Schaale stehen bleiben, und durch dieses Herabsinken, über sich einen (fast) luftentleerten Raum zurück lassen. Vermehrt man die Quecksilbermenge in der Schaale, so daß das Niveau des Quecksilbers ausserhalb der Röhre höher wird, oder zieht man die (gehörig enge) Röhre senkrecht aus dem Gefässe; so wird das Quecksilber, die vorherige Leere ausfüllend, in die Höhe getrieben. Zieht man nach Wegnahme des Siegelacks den Korkstöpsel heraus, so fällt das Quecksilber in der Röhre augenblicklich so lange, bis es mit dem der Schaale gleiche Höhe hat, oder mit ihm eine horizontale Fläche bildet.

1) Dieser wichtige Versuch wurde zuerst von EVANGELISTA TORRICELLI im J. 1644 angestellt, um dadurch die von seinem grossen Lehrer GALLILEI behauptete Schwere und den Druck der Luft zu beweisen; vergl. CASP. SCHOTTI Technica curiosa. Herbiopol. 1664. 4. I. III. S. 192. Die mit dem Quecksilber versehene Röhre, nennt man daher auch die TORRICELLISCHE Röhre (Tubus torricellianus), und die Leere über dem Quecksilber in der Röhre die TORRICELLISCHE LEERE (Vacuum toricellianum).

2) Offenbar beruht das Hängenbleiben in der Röhre bis zu jener Höhe von 28" paris., auf dem einseitig wirksamen Luftdruck der umgebenden Atmosphäre; denn wohl vermag die Luft auf das Quecksilber der Schale ausserhalb der Röhre, aber nicht auf das in der Röhre zu wirken, wo sie nicht existirt.

3) Die Stärke dieses Luftdrucks, muß der Stärke des Gegendrucks des in der Röhre 28 Zoll hoch stehenden Quecksilbers gleich seyn, mithin gegen jede gegebene Fläche so groß, als das Gewicht einer Quecksilbersäule von derselben Grundfläche und von der Höhe in der TORRICELLISCHEN Röhre. Bei 28 Zoll Höhe, ist der Druck der Luft auf einem paris. Quadratfuß Fläche = 2221 Pfund; vergl. SCHMIDTS Handb. d. Naturlehre S. 128.

4) Sind die Ursachen des Luftdrucks veränderlich, so wird es auch der Druck selbst, und mithin auch die Höhe des Quecksilbers in der Röhre. Der Erfahrung gemäß, ist dieses wirklich häufig an einem und demselben Orte der Fall, indem zu Zeiten die Höhe bis auf eine gewisse Grenze grösser oder kleiner wird. Da nun das Quecksilber in der TORRICELL. Röhre



diese Veränderungen des Luftdrucks (eine Folge der Schwere und verschiedenen Elasticität) anzeigt, so nennt man die TORRIC. Röhre auch Baroscop oder Barometer; und so wie mittelst des Manometers (vergl. §. 78. N. 10.) die Dichtigkeit der Luft gemessen wird, so läßt sich mit dem Barometer auch das mehr oder weniger der Elasticität der Luft bestimmen. In sofern als jene Veränderungen theils mit Wetterveränderungen in Zusammenhang stehen, theils von ihnen begleitet werden, nennt man das Barometer auch ein Wetterglas. Beide Elasticität und Dichtigkeit der Luft, können sich jede für sich aus verschiedenen Röhren merklich ändern, ohne dafs dadurch die eine oder andere zu gleichmässigen Aenderungen bestimmt werde.

5) Um den Luftdruck (der im Freien auch mit der Dichtigkeit im Verhältnisse stehen muß, woraus sich erklärt, weshalb das Fallen des Quecksilbers nicht den Entfernungen von der Erde oder den Höhen proportional, sondern stets etwas kleiner ist) mittelst des Barometers genau zu messen, müssen bei seiner Verfertigung folgende Regeln beobachtet werden; a) die Glasröhre muß durchaus von gleichem Durchmesser (am besten 2" Weite) seyn, indem in bald engen bald weiten Röhren, theils die genaue Beobachtung des Quecksilberstandes verhindert, theils das Quecksilber von den inneren Glaswänden ungleichmässig angezogen wird; vergl. In zu weiten Röhren schleicht sich beim Forttragen eher Luft ein als in die engeren; auch sind sie beim Auskochen des Quecksilbers leichter dem Zerspringen ausgesetzt. b) Das eine Ende der Röhre wird an der Lampe halbkuglich zugeschmolzen; c) das Quecksilber muß che-

misch rein (aus Aetzsublimat oder Zinnober dargestellt) seyn, und d) vor dem Eintragen in die erwärmte Röhre in einer Glasretorte bis zum Sieden erhitzt werden, um es von Feuchtigkeit zu befreien; man läßt es dann noch warm durch eine Druckpapier Tute in die Röhre laufen, erhitzt es hierin nochmals um durch dieses zweite Auskochen den letzten Rest von Feuchtigkeit und anhängender Luft zu vertreiben. e) Endlich wird die Röhre auf die möglichst ebene Fläche eines Brettes in einer Rinne liegend befestigt, und parallel mit der Quecksilbersäule eine genau in paris. Zolle und Linien abgetheilte Scale auf dem Papiere gezeichnet, welches dem Brette zum Uebergange dient. Ausgekochtes Quecksilber bewegt sich übrigens (auch in der inwendig möglichst glatten) TORRICELLISCHEN Röhre, wegen grösserer Adhäsion, etwas langsamer als das nicht ausgekochte, worauf bei Beobachtungen zu merken ist. Zu Beobachtungen kleinerer Theile des Maasstabes der Scale, als die vorhin angegebenen, dient der Nonius oder Vernier. Eine Vergleichung des englischen, rheinländischen, pariser und schwedischen Maasstabes, nach denen hin und wieder die Scalen gefunden werden, giebt VAN SWINDEN an, vergl. Posit. physic. T. II. S. 107. Bei jeder Beobachtung muß übrigens das Barometer vollkommen senkrecht hängen; das Auge in einerlei horizontaler Ebene mit der Fläche des Quecksilbers gehalten, und der Quecksilberstand beim höchsten Punkte seiner Convexität gemessen werden.

6) Die ausdehnende Wirkung der Wärme vergrößert bei hoher Temperatur die Barometerhöhe und verkleinert sie bei niederer Temperatur, wenn auch sonst der Luftdruck derselbe ist. Nach DE LÜC

(dessen Unters. über die Atmosphäre S. 352—365) nimmt eine 27 Zoll lange Quecksilbersäule vom natürlichen Gefrierpuncte bis zum Siedepuncte des Wassers, um 6 Linien oder um  $\frac{1}{54}$  ihrer Länge zu. Jede Vermehrung der Wärme um  $1^\circ$  Fahrenh. bringt mithin das Barometer um  $\frac{1}{30}$ , und jede Wärmezunahme von  $30^\circ$  Fahrenh. um eine Linie höher. Nenne man den am Thermometer beobachteten Grad  $k$ , den auf welchen man die Beobachtung zu reduciren wünscht  $i$ , und die Zahl der Grade des Fundamentalabstandes vom Eispuncte bis zum Siedepuncte (der bei 27 Zoll Bar. Höhe eigentlich nur  $= 178^\circ$ , nicht  $180^\circ$  gesetzt werden kann)  $f$ ; so findet man die Berichtigung des Barometerstandes wegen der Wärme (vergl. GEHLERS phys. Wörterb. Barometer) wenn man zur beobachteten Barometerhöhe  $B$  noch  $\frac{i - k}{54 f} B$

hinzusetzt, oder ist  $i - k$  negativ,  $\frac{i - k}{54 f} B$  davon abzieht.

7) Die erst (von PASCAL 1643 vergl. experiences nouvelles touchans le vuide. Paris 1645 und traité de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air. Paris 1663.) angewendeten Barometer hatten eine Einrichtung, welche derjenigen im XIIIten Versuch gleich kam; da diese aber eine grosse Menge Quecksilber erforderten und nicht bequem transportirt werden konnten, so krümmte man das untere Ende der Röhre wieder aufwärts. Man nennt die so eingerichteten Barometer heberförmige oder Heberbarometer (Baromètre à siphon), und zieht sie mit Recht zu genauen Beobachtungen allen übrigen vor. Die Röhre desselben muß cali-

brirt (d. h. auf die Gleichmässigkeit ihres Durchmessers geprüft) seyn, und entweder die ganze Röhre auf und nieder bewegt werden (und dadurch der Quecksilberspiegel des kürzeren Schenkels jedesmal auf Null geschoben werden) können, oder man muß von dem, um welches das Quecksilber in der längeren Röhre gefallen ist, das abziehen, um welches es (vermöge der Herstellung des hydrostatischen Gleichgewichts) in dem kürzeren Schenkel stieg, oder zu dem, um welches es in den längeren Schenkel stieg, das um welches es in den kürzeren fiel, addiren; um jedesmal die wahre Steig- oder Fallhöhe anzugeben. (Vergl. DE LUC a. a. O. §. 381.) Um dieser Berichtigung überhoben zu seyn, erweiterte man anfänglich den kürzeren Schenkel, und gab ihm eine kugelförmige oder ähnliche Gestalt, damit das in der längeren Röhre herabfallende Quecksilber, sich in einen um so weiteren Raum ausbreiten und dadurch die Höhe in der Kugel unmerklich vermehren könne; wodurch dann eine eben so unmerkliche hydrostatische Zurückwirkung des Quecksilbers im kürzeren Schenkel auf das Quecksilber im längeren erfolgen würde. Bei möglichster Weite des kürzeren Schenkels, reicht diese gewöhnlichste Einrichtung der Barometer zu nicht streng wissenschaftlichen Beobachtungen wohl hin; fordert man hingegen genaue Angaben wahrer Barometerhöhen, so müssen die (deshalb auch späterhin wieder gewählten) Heberbarometer angewendet werden.

8) Zu Höhenmessungen (vergl. §. 63. N. 1. u. weiter oben) bedient man sich der Reisebarometer, die ausser den allgemeinen Eigenschaften eines guten Barometers, noch eine Einrichtung haben müssen,

der zufolge sie sicher, bequem und ohne Luft eindringen zu lassen von einem Orte zum anderen transportirt werden können. Auch sind sie zweckmässig mit Stativen versehen um sie senkrecht aufzustellen, welches noch ausserdem (so wie auch bei anderen guten Barometern) dadurch vollkommener zu erreichen möglich wird, dafs man das Brett mit einem darin befestigten Pendel versieht. Hieher gehören: AMANTONS conisches Meerbarometer, mit allmählig abnehmender conischer Röhre, vergl. Remarques et experiences sur la construction d'une clepsydre, sur les Baromètres etc. Paris 1695. 12.; DE LUCS Reisebarometer (a. a. O. II. §. 464.); PASSEMENTS umwundenes Meerbarometer (a. a. O. I. S. 59); BLONDEAUS Meerbarometer (LICHTENBERGS Mag. I. 3. S. 80) HAAS's Reisebarometer (GILBERTS Annal. IV. 4. S. 456) v. HUMBOLDTS Reisebarometer (GILBERT a. a. O. II. 3. S. 321) GÖDEKINGS Reisebarometer (ebendas. S. 324) RODIGS einfaches R. Bar. (Ebend. IV. 4. S. 445) BENZENBERGS R. Bar. (Ebend. IX. 4. S. 461) MAIGNE'S R. Bar. (Ebend. XV. 4. 461) u. v. a. Das Verfahren mittelst des Barometers Höhen zu messen, gründet sich auf den bereits in N. 2. dieses §. erläuterten Erfahrungssatz, dafs das Quecksilber im Bar. desto tiefer sinkt, je schwächer die Luft darauf drückt, der Luftdruck aber je höher je mehr abnimmt. Gewöhnlich nimmt man dabei an, dafs der Barometerstand an der Meeresfläche 28 paris. Zoll sey, und dafs das Bar. um eine Linie falle, wenn man sich um 12,945 Toisen höher begiebt. Mit Hülfe der Rechnung des Unendlichen ergibt sich dann die (DE LUCSche) Regel: dafs der Höhenunterschied zweier Orte in paris. Toisen ausgedrückt = sey, der Differenz der

Logarithmen des Barometerstandes an diesen beiden Orten multiplicirt mit 10000. Vergl. PASCAL a. a. O. p. 2. KÄSTNERS Abhandlung vom Höhenmessen. Göttingen 1775. S. 84. BOUGUER in dem Mem. de Paris 1753. v. HUMBOLDT in GILBERTS Annal. XVI. 4. S. 468. HERON DE VILLEFOSSE ebendas. XXVIII. I. S. 49. — Mehr oder weniger unsicher wird indess diese Methode durch die Veränderlichkeit des Luftdrucks an demselben Orte, durch die Schwierigkeit zwei absolut harmonirende Barometer zu erhalten und durch die bereits oben angegebenen allgemeinen Hindernisse der Barometerbeobachtungen.

g) Um geringe Aenderungen des Luftdrucks am Barometer, wie man wählte möglichst bemerkbar zu machen, hat man verschiedene Künsteleien erdonnen, die indess durch Vermehrung der Friction und durch den Uebelstand, den Einfluß der Temperatur nicht genau berechnen zu können, die Vortheile welche sie zu gewähren scheinen wieder aufheben. Es gehören dahin das nach einem Vorschlage DESCARTES jedoch verbessert ausgeführte Doppelbarometer des HUYGENS (welches HOOK noch mehr vervollkommnete, vergl. auch die Bemerk. SCHMIDTS in GILBERTS Annal. XIV. 2. S. 199.) vergl. MUSCHENBROEK introd. §. 2080; das Hooksche oder DE LA HIRE'sche Doppelbarometer, ebend. §. 2081; das Radbarometer (Wheelbarometer), ebend. §. 2089; MORLANDS schiefliegendes Barometer, ebend. §. 2078; BERNOULLI's rechtwinkliches Bar. (Baromètre à l'Equerre) ebend. §. 2083; WILSONS sehr empfindliches Barometer, vergl. VOIGTS Magaz. V. 3. S. 248 etc. Man vergl. DE LUC a. a. O. I. S. 17 u. F. LUC vollständige Beschreibung

von allen Barometern. Nürnberg u. Leipz. 1783.  
 8. — Ueber MUSCHENBROEKS (diss. phys. Lugd.  
 1729. 4. S. 673) u. a. Methode Barometerveränd-  
 erungen aufzuzeichnen; über CHANGEUXS Barometro-  
 graph etc. mündlich. Ueber die Ursachen der Baro-  
 meterveränderungen in der Folge; einstweilen vergl.  
 man: DE LUCS kritische Untersuch. aller älteren und  
 neueren Hypothesen über die Ursachen der Barome-  
 terveränderungen; a. a. O. I. S. 106. ff.

10) Schon aus den früheren Untersuchungen folgte,  
 daß das Volum eines eingeschlossenen oder auch mittel-  
 bar mit der Luft in Verbindung gesetzten Fluidums,  
 von der Grösse des Luftdrucks bestimmt wird, (nach  
 MARIOTE'S Gesetz im umgekehrten Verhältnisse die-  
 ses Druckes steht) man muß mithin vergleichende  
 Messungen der Volumina solcher Flüssigkeiten bei  
 gleichem Barometerstande vornehmen; oder einen  
 bleibenden Normalstand des Barometers anneh-  
 men, für den die Volumina bei jenen Messungen gel-  
 ten sollen, und durch Correction das beobachtete Vol.  
 auf das für den Normalstand des Bar. zurückbrin-  
 gen. Bezeichnen wir das gemessene Vol. mit  $V$ , das  
 daraus zu dem Normalstande  $b$  des Bar. zu findende  
 Volumen mit  $v$ , den gegenwärtigen Barometerstand  
 mit  $B$ , so ist  $b : B = V : v$ .

11) An den meisten Orten der Erde ist das Queck-  
 silber der TORRICELLISCHEN Röhre stets in einiger  
 vielleicht periodischen Bewegung; man sucht daher  
 aus einer Reihe von Beobachtungen an einem Orte,  
 arithmetisch das Mittel seines Standes zwischen dem  
 höchsten und tiefsten Punkte, und erhält so den  
 mittleren Barometerstand des Ortes. — An  
 der Meeresfläche unter dem Aequator steht das Bar.

tiefer als an der Meeresfläche an den Polen, und nach einigen soll diese Differenz 1 Zoll betragen (vergl. KANTS phys. Geographie von VOLMER), worauf bei Höhenmessungen Rücksicht zu nehmen wäre. Der Grund dieser Erscheinung, liegt theils in der nach dem Aequator zu verminderten Schwere (vergl. §. 60 u. 61.) die einen verminderten Luftdruck zur Folge hat; theils in der grösseren Verdünnung der Luft durch anhaltende gleichförmige Wärme. So steigt auch zu Zeiten atmosphärischer Flut (durch Sonnen- und Mondanziehung vergl. §. 62.), nach den Beobachtungen von HEMMER, PLANER, STEIGLEHNER, CHIMINELLO und CASSAN, das steigende Barometer langsamer und das fallende fällt schwächer, als zu gewöhnlicher Zeit, oder als zur Zeit atmosphärischer Ebbe.

## §. 83.

Was vom Quecksilber in der TORRICELLI'schen Röhre rücksichtlich des Luftdruckes gilt, findet auch bei allen anderen tropfbaren Flüssigkeiten seine Anwendung, und um soviel mal wie diese specifisch leichter als das Quecksilber sind, werden sie in einer ähnlichen Röhre höher stehen als das Quecksilber. Wenn das Quecksilber 27" bis 28" Höhe hat, so wird unter gleichen Umständen eine Wassersäule von 32', und eine Weingeistsäule von 42' — 45' vom Luftdrucke getragen.

1) Hieher gehören noch folgende Erscheinungen: das Füllen der Flaschen, Glocken etc. mit Gasen;



die Einrichtung und Wirkung des Stechhebers, der Klepsydra, des sogenannten Oelkrugs der Wittve zu Zarpath, des Zaubertrichters, des intermittirenden oder Zauberbrunnens und des Wasserhammers. In diesem letzteren (gläsernen) fließt aus einer seiner Höhlungen das darin enthaltene Wasser, durch eine enge Zwischenröhre ungehindert, in Gestalt eines Strales in die andere luftleere Höhlung über. Auch schlägt das durch Luftwiderstand hier nicht gehinderte Wasser, heftig mit klapperndem Geräusche gegen das Glas des Gefäßes (vergl. Einleit. §. 46 u. s. f.) — Aus einem mit Wasser gefüllten Gefäße mit enger Mündung läuft beim Umkehren nichts heraus; der offene Hahn eines vollen Fasses läßt bei geschlossenem Spundloche nichts herausfließen; u. m. ä. Erscheinungen.

2) Befindet sich oberhalb des Quecksilbers, Wassers etc. in der Röhre etwas Luft, so werden diese tropfbaren Flüssigkeiten in einer geringeren Höhe von der äusseren Luft getragen werden; jene eingeschlossene Luft, wird hingegen beim Fallen des Quecksilbers verhältnißmässig ausgedehnt werden.

3) Ist hingegen eine Portion atmosphärische Luft, für sich oder mit anderen Flüssigkeiten in ein Gefäß vollkommen eingeschlossen, und alle Communication mit der äusseren Luft gehoben, so wird dieser eingeschlossene Theil dennoch ein Streben zur Expansion besitzen, welches dem Luftdrucke im Freien gleich ist; weil dieser Theil vorher mit der umgebenden Luft im Gleichgewichte und vermöge ihres Gegendrucks bis auf einen gewissen Grad zusammengedrückt war.

4) Drückt die Luft auf eine liquide Flüssigkeit an zwei verschiedenen Stellen, an der einen durch ihr Gewicht, an der andern, in einem Gefässe eingeschlossen, durch ihr Expansionsstreben, und es wird nun diese letztere eingeschlossene Luftmenge verdünnt, so wird das Gleichgewicht der Luftsäulen aufgehoben; es wird daher die tropfbare Flüssigkeit so lange durch den äusseren Luftdruck in das Gefäß getrieben, bis der senkrechte Druck der aufgestiegenen Säule und das Expansionsstreben der darüber stehenden eingeschlossenen Luft, mit dem Drucke der äusseren Luftsäulen im Gleichgewichte stehen. Hieher gehört das Aufsteigen des Wassers in einem Glase, welches zuvor durch Erhitzung einen Theil seiner Luft verloren und mithin mehr oder weniger verdünnte Luft zurück behalten hat, wenn man es schnell mit seiner Mündung auf einen Teller mit Wasser stürzt; u. m. ähnliche Versuche.

## §. 34.

XIII. Versuch. Eine kleine gläserne Handspritze, tauche man mit ihrer Mündung in eine tropfbare Flüssigkeit, und ziehe darauf den Stempel in die Höhe; die Flüssigkeit wird den durch das Aufziehen des Stempels entstandenen leeren Raum ausfüllen, und nach Maassgabe ihrer Dichtigkeit zu einer verschiedenen Höhe in die Röhre der Spritze herauf steigen, und so lange darin hängen bleiben, bis sie entweder durch den nieder gedrückten Stempel, oder nachdem der Stempel ganz aus der Röhre herausgezogen, durch

den nun auch von dieser Seite wieder gleichmässig starken Luftdruck herausgetrieben wird. Ein ähnlicher Erfolg wird eintreten, wenn man bei völlig herausgezogenem und entfernten Stempel, die Luft der Röhre mittelst des Mundes einsaugt.

1) Hält man eine thönerne Röhre in die Flamme des brennenden Holzes, und saugt die Luft ein, so wird auch die Flamme den Mund erreichen, und bei zu anhaltendem Saugen verletzen. — Ferner gehört hieher auch der im vorigen §. N. 4. erwähnte Versuch, so wie das Tabakrauchen, das Saugen der Kinder, der Mechanismus des Athmens, Trinkens, die Wirkung der Schröpfköpfe, das Füllen der Blasebälge mit Luft; die Einrichtung der Windöfen; KIRCHERS Brunnen mit Storch und Schlange; die Einrichtung des Stofshebers etc.

2) Auch gründet sich hierauf die Wirkung der Saugepumpen (*Antliae aspirantes, suctoriae*), in welchen nach aufgehobenem Stempel, durch den einseitigen Druck der Luft auf die Fläche des Tropfbarflüssigen, dieses in den Stiefel der Pumpe emporgehoben wird. Jede Pumpe besteht wesentlich aus dem Stiefel (ein hohler Cylinder), dem Kolben oder Stempel (*Embolus*, ein solider Cylinder von einem Umfange, welcher der Weite des Stiefels fast gleichkommt) der damit verbundenen Kolbenstange (ein starker Stiel um den Kolben zu bewegen) und aus einem Hahn (*Epistomium*) oder Ventil (*Ventilium*) um Flüssigkeiten durchzulassen oder zu hemmen. Nähere Erläuterung an einem Modelle. — Die größte Höhe, zu welcher durch den äusseren

Luftdruck die tropfbare Flüssigkeit in der Pumpe erhoben werden kann, ist gleich derjenigen, in welche dieselbe Flüssigkeit in der TORRICELLISCHEN Röhre stehen würde. Bei einer Wasserpumpe, darf daher die Höhe vom Wasserspiegel bis zum höchsten Hebepunct des Kolbens, in den niedrigsten (den größten Luftdruck habenden) Gegenden nicht über 30 Fuhs, an höher liegenden Orten nach Maasgabe des Barometers muhs sie noch geringer seyn.

3) Die Pumpen (deren Erfindung sehr alt ist) veranlahten die Entdeckung des Drucks der Luft; alle durch ihn bewirkten Phänomene, erklärte man sonst aus — einem Abscheu der Natur vor dem leeren Raume (*fuga vacui*, vergl. ARISTOTES *physicor. lib. 4. cap. 6. seqq.* Aurel. 1607. p. 498. PASCAL a. a. O.); bis GALLILEI und TORRICELLI durch Beobachtungen und PASCAL auf diese Beobachtungen gestützt diesen Wahn gründlich widerlegten. Streitigkeiten über die Schwere der Luft; WALLIS u. a. Einwürfe etc. mündlich.

3) Auch feste Körper können durch den einseitigen Druck der Luft in Bewegung gesetzt werden: saugt man z. B. aus einer mit Lebensluft gefüllten Blase die Luft ein, so fällt die Blase zusammen; hieher gehört auch: ROBERVALLS Versuch, oder PASCALS Kammer und GUERIKE'S Windbüchse mit verdünnter Luft. Vergl. *Tentamina experimentor. natur. capt. in academia del Cimento. S. 29 ff.*; und C. SCHOTT a. a. O. L. XI. S. 881.

§. 85.

Bringt man im vorigen Versuch die Mündung der Spritze in eine genau anschliessende, nicht

poröse, mit Luft gefüllte Blase, und zieht nun den Stempel in die Höhe, so wird die Luft der Blase sich verdünnend den leer gewordenen Raum der Spritze füllen. Dasselbe wird erfolgen, wenn man den Stiefel einer Saugpumpe, mit einem für die äussere Luft vollkommen verschlossenen Luftbehälter in Verbindung setzt; giebt man dabei zugleich der in den Stiefel tretenden Luft Gelegenheit nach aussen zu entweichen, ohne äussere Luft einzulassen, so folgt, dafs bei wiederholten Pumpenzügen die Luft des Behälters endlich sehr verdünnt werden mufs. Man nennt eine solche Vorrichtung eine Luftpumpe (*Antlia pneumatica*), die seit ihrer Erfindung durch OTTO VON GUERIKE 1650 (und seit seinen damit in Gegenwart des deutschen Kaisers und mehrerer Fürsten auf dem Reichstage zu Regensburg angestellten Versuchen im J. 1654) manichfaltige Abänderungen und Verbesserungen erfahren hat.

1) Vergl. OTTONIS DE GUERIKE *experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio*. Amstel. 1672. Fol. C. SCHOTTI *mechanica hydalico-pneumatica*. Her-  
bip. 1657. 4. Append. u. *Technica curiosa*. Her-  
bip. 1664. 4.

2) Die nähere Einrichtung und Wirkungsweise an einem Modell und an verschiedenen Luftpumpen selbst. Zu ihren wesentlichen Theilen gehört noch ausser denen bei der Saugpumpe genannten, der

vom Stiefelboden ausgehende Hals und der damit verbundene Teller nebst Recipienten.

3) ROBERT BOYLE durch obige Schriften mit dieser Erfindung bekannt gemacht, verbesserte zuerst die Luftpumpe und stellte mehrere wichtige Versuche damit an, vergl. dessen App. I.; daher nennen auch einige die mit der Luftpumpe hervorzubringende sogenannte Leere die BOYLESche Leere (Vacuum Boyleanum, welche richtiger Vacuum Guerikianum genannt zu werden verdient).

4) Vollkommen ist die Luftpumpe, wenn sie (vorausgesetzt bei dem was sonst zur Güte derselben gehört) so eingerichtet ist, das die Luft nicht blofs mittel derselben verdünnt, sondern auch durch Hineinpumpen äusserer Luft verdichtet werden kann. Eigentliche Verdichtungs- oder Compressionspumpen waren schon früher erfunden.

5) Ueber die älteren Luftpumpen, die (deutsche) SENGUERDSche und WOLFFSche mit Hähnen, die (englische) HAWKSBEESche mit doppelten Stiefeln und Ventilen und mit LEUPOLDS Verbesserung; die NOLLETSChe mit dem früher von PAPIN angegebenen Steigbügel und dem Ventil auf dem SENGUERDSchen Hahne; die SMEATONSche mit den von NAIRNE und BLUNT angebrachten Verbesserungen (vergl. LICHTENBERGS Vorrede zu ERXLEBENS Naturl. 4te Ausg.), und die CUTHBERSONSche Luftpumpe ohne Hähne und ohne Ventile mit Stöpseln und Oelladen zur Vermeidung des schädlichen Raums: vergl. man GEHLERS phys. Wörterb. Art. Luftpumpe. Zu den neuer vorzüglicheren gehören: BAADERS Quecksilberpumpe (HÜBNERs phys. Tagebuch 11 Jahrg. 4s Vierth. Salzbr. 1784. S. 650 u. GRENS Journ. d. Phys. B. II.

S. 326 ff.), v. MARTINOWICHS Luftpumpe (zur Benutzung d. GUERIK. Leere bei chemischen Versuchen: CRELLS Beiträge zu den chem. Annal. V. 2. S. 131); HINDENBURGS Quecksilberpumpe (Antliae novae hydraulico - pneumaticae mechanismus et descriptio. Lips. 1787. 4.), SCHRADERS Luftpumpe mit metallenen Kegelventilen (Beschreib. einer neuen und vollkommenen Einrichtung der Luftpumpe. Leipz. 1791. 8. u. GRENS Journ. II. S. 357), SADLERS Oelpumpe (GILBERTS Annal. I. 3. S. 352—356), LITTLE'S Luftpumpe (a. a. O. VI. I. S. 1); PRINCE'S (Eb. I. 3. S. 357), PARROTS (VOIGTS Mag. III. J. 182) OTTENYS (Intell. Bl. d. Hall. allg. Literat. Zeit. 1805. N. 145) Verbesserungen und MENDELSONHS Luftpumpe mit gläsernen Stiefeln und metallenen Kolben ohne Liederung (GILBERTS Annal. XXII. 1. S. 96).

6) Die Verdünnung der Luft geht, wenn der Stiefel dem Recipienten im Raume, (nämlich unter dem aufgezogenen Kolben) gleich ist, in der Progression  $\frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8} : \frac{1}{16} : \frac{1}{32}$  etc., und ist der Stiefel halb so groß als der Recipient in der Progression  $\frac{2}{3} : \frac{4}{9} : \frac{8}{27} : \frac{16}{81} : \frac{32}{243}$  etc. fort; woraus schon folgt, daß mittelst der Luftpumpe nie eine absolute Leere dargestellt werden kann. Setzen wir die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft bei 27 paris. Zoll Bar. Stand = 1, so dürfte etwa 0,001 die stärkste mittelst Auspumpung darzustellende Luftverdünnung seyn. LITTLE (a. a. O.) will indess mit seiner Luftpumpe eine 26000 malige Verdünnung erreicht haben. Bei Luftpumpen mit Hähnen, ist die äusserste Verdünnung in der Regel schwieriger zu erreichen, als bei Ventilpumpen; weil jene stets einen mehr oder minder schädlichen Raum (der bei guten Pumpen nicht über 0,0001 des

ganzen inneren Pumpenraumes betragen sollte), zwischen dem Boden des Stiefels und dem Hahne haben; übrigens nimmt bei jeder Art von Luftpumpe, das Bestreben der äusseren Luft vermöge ihres Druckes in den entleerten Raum zu dringen, und so das Gleichgewicht herzustellen, in dem Maasse der Verdünnung zu, und kann auch bei den am vorzüglichsten schliessenden Ventilen und Hähnen nicht ganz vermieden werden; indem stets etwas Luft zwischen ihren Fugen, und durch die Zwischenräume des Kolbens und Stiefels auch bei den möglichst schnell auf einander folgenden Pumpenzügen, in den Raum des Recipienten eindringt. Eine gute Luftpumpe muß möglichst schnelle Verdünnung und gehörige Leichtigkeit zur Anstellung der verschiedenen Versuche gewähren; ihre Kolben müssen ohne grossen Kraftaufwand bewegt werden können, und ihre Einrichtung muß auf Einfachheit Anspruch machen. Bei Compressionsversuchen wählt man statt der lose aufgesetzten Recipienten solche, die auf das Ende des Luftpumpenhalbes luftdicht aufgeschraubt werden können.

7) Um den Grad von Luftverdünnung zu beurtheilen, hat man verschiedene Proben; dahin gehören: a) die Barometerprobe, die auch bei der stärksten Verdünnung noch immer einigen Luftdruck vom Inneren des Recipienten anzeigt; der theils von wirklich noch vorhandener Luft, theils von entwickelten Dämpfen herrühret. Da sie eigentlich nur die Elasticität des noch übrigen Elastischflüssigen nicht aber seine Menge mißt, so heisst sie richtiger Elasticitätszeiger (Elaterometer). Hieher gehört MAIRANS Barometre tronqué, aus einem kleinen, unter den Recipienten zu stellenden Heber-



oder Gefäßbarometer bestehend, in welchem bei grossen Verdünnungen das Quecksilber bis auf 6", 5" . . . . . herabfällt, und welches nur zur Messung starker Verdünnungen benutzt werden kann. Die andere Art wurde von HAWKSBEЕ zuerst angewendet und besteht aus einem ausserhalb der Pumpe befindlichen über 35" langen Gefäßbarometer, welches mit dem oberen Ende seiner Röhre mit dem Recipienten in nur für beide offene Verbindung gesetzt werden kann. Bei fortgesetzten Pumpenzügen steigt das Quecksilber endlich bis auf 26" bis 27", . . . jedoch ohne die ganze Höhe des Quecksilberstandes im gewöhnlichen Barometer zu erreichen. Je länger die Röhre über 27" ist, um so mehr wird das Uebersteigen des Quecksilbers in die Pumpe verhindert. Eine dritte Barometerprobe ist die SMEATONSche; sie besteht aus einem Heberbarometer, auf vorhin bemerkte Weise mit der Pumpe verbunden, dessen kürzerer Schenkel länger wie gewöhnlich und entweder zugeschmolzen oder sehr lang (für vierfache Verdichtung schon 84") ist. b) Die Birnprobe (engl. Peargage) von SMEATON erfunden und zuerst angewendet. Sie besteht aus einer kurzen cylindrischen, calibrirten, oben zugeschmolzenen, mit Quecksilber gefüllten Glasröhre (deren Durchmesser nicht über 0,5" betragen darf), die nach unten birnförmig erweitert, mit ihrem unteren offenen Ende über ein Glas mit Quecksilber schwebt, und mit einer Scale versehen ist. Nachdem die Verdünnung durch Auspumpen eine Zeit hindurch fortgesetzt, mithin auch die Luft in der Röhre ebenmässig verdünnt worden, drückt man die Birn in das Gefäß mit dem ausgekochten reinen Quecksilber (mittelst einer im Recipienten angebrachten Vorrichtung) und

läßt jetzt allmählig die äussere Luft in den Recipienten treten. Diese wird die etwa vorhandenen Dünste niederschlagen und das Quecksilber in die Röhre so weit hinauf treiben, bis die oben in der Röhre übrig bleibende Luft, der äusseren an Dichtigkeit gleich kommt; und dadurch die Möglichkeit gewähren: zu messen, wie viel z. B. Tausendtheile derjenigen Luft in der Birnprobe sind, welche sich vor dem Versuche in grösserer Menge darin befand. Vergl. SCHMIDT: über die Mittel die Trüglichkeit der Birnprobe zu vermeiden, in GRENS neuem Journ. d. Phys. III. 2. S. 150.

8) Um Verdichtungen der Luft zu messen, kann theils eine sehr lange TORRICELLISCHE Röhre, theils der von CUTHBERSON (GILBERTS Annal. XXX. Bd. 3. S. 285) angegebene Verdichtungsmesser dienen, d. i. eine gebogene doppelt heberförmige Röhre, deren kürzerer Schenkel nochmals umgebogen senkrecht in die Höhe steigt, in welchem Quecksilber die Luft sperrt, und dessen Scale angiebt, wie viel mal die Luft im Inneren des Recipienten verdichtet ist. LESLIE (a. a. O. S. 260) hat neuerlichst ein eigenthümliches noch näher zu prüfendes Verfahren angegeben, die Dichtigkeiten oder specifischen Gewichte elastischer Flüssigkeiten zu bestimmen; welches vielleicht auch bei geringen Verdichtungen der Luft mittelst der Pumpe, anzuwenden wäret. Eine Blase voll Gas, stehe vermittelst einer Röhre und eines Hahns von sehr feiner Durchbohrung mit einer Glocke voll Wasser in Verbindung, die sich auf einer sehr weiten pneumatischen Wanne befinde. Oeffnet man den Hahn, so strömt das Gas aus der Blase in den Recipienten; man bemerkt für jedes Gas die Zeit, welche erfor-

dert wird, bis das Wasser in der Glocke bis zu einem gegebenen Punkte herabgesunken ist. Die specifischen Gewichte der verschiedenen Gase, werden sich verhalten wie die Quadrate der dazu nöthigen Zeiten. — Mit diesen Methoden vergl. man §. 78. N. 10 etc.

9) Mit der Luftpumpe anzustellende Versuche.

- I. Zur Erläuterung früherer Untersuchungen: a) zur Lehre von der Porosität und von den umschwebenden Atmosphären der Körper (vergl. §. 24. N. 68. N. 2. b. §. 71. N. 5. §. 72. N. 2: Holz welches durch angehängtes Blei im Wasser zum Sinken gebracht ist, Metalle, Steine, Eier u. s. w. unter Wasser, entwickeln in der GUERIKESCHEN Leere eine Menge von Luftblasen; Wasser oder Quecksilber werden durch den äussern Luftdruck durch nicht zu dickes Holz getrieben, wenn dieses einen Recipienten schließt, dessen Luftgehalt gehörig verdünnt wurde. b) zu §. 32. N. 2.: in tropfbaren Flüssigkeiten gelöste oder mit weichen Massen verbundene Luftarten, entwickeln sich auch in der Leere in Gestalt zahlreicher kleiner Bläschen; vorzüglich zeigen dieses Milch, Bier, Seifenwasser, Champagner Wein, Sauerteig. c) zur Lehre von der oscillirenden Bewegung oder vom Schall (§. 46. N. 2.): der Klang einer Glocke die in der GUERIKESCHEN Leere steht, wird nicht mehr gehört; der Schall eines Schlagwerks z. B. einer Repetiruhr verschwindet endlich fast ganz. d) zur Lehre vom Falle (§. 48. N. 3.) ein Goldstück und eine Pflaumfeder fallen in der Leere zugleich nieder. e) zur Lehre vom Pendel und

vom Luftwiderstande (überhaupt, vergl. §. 59. u. N. 15.): ein Pendel schwingt in der Leere gleichmässiger und länger.

II. Zur Erläuterung bisheriger Untersuchungen dieses II. Cap.: a) zu §. 71. N. 3 u. §. 72. N. 3.: die Abtröpfung erfolgt schneller in der Leere als in der gewöhnlichen Luft und Tropfenbildung findet bei vielen veränderlich elastischen Flüssigkeiten in der Leere gar nicht statt; sondern es wird vielmehr darin (nur mässig erwärmtes) Wasser zum Sieden gebracht, dasselbe erfolgt bei Naptha und Weingeist. Kaltes Wasser wird unter gleichen Umständen in vollkommen durchsichtigen Dampf gewandelt; hinzugelassene äussere Luft schlägt den Dampf zu Dunst nieder und bringt ihn endlich zur Tropfengestalt zurück. b) von Luft entleertes Holz sinkt im Wasser unter. c) Fallen und Steigen des Quecksilbers in der Barometerhöhe, bei den Barometerproben und bei der Birnprobe, nach Massgabe der Luftverdünnung oder Zulassung der äusseren Luft. d) Befindet sich zwischen dem inneren mehr elastischen und dem äusseren minder elastischen Flüssigem: ein liquider Körper z. B. Wasser, so wird er herausgetrieben; hieher gehören der Heronsball (Pila Heronis, nach HERON von Alexandrien benannt) der auch unter dem Recipienten der Luftpumpe springt, der Heronsbrunnen (Fons Heron.), die magische Tonne; über eine Anwendung dieser Einrichtung bei Grubenbergwerken, dargestellt in der HÖLLSchen Maschine in Amalienschacht zu Schemnitz zur Förderung der Grubenwasser, vergl. NIC. PODA: Beschreibung der bei dem Bergbau zu Schemnitz in Niederrungarn errichteten Maschinen.

Prag 1771. 8. e) ist im vorigen Falle statt des Liquiden ein fester Körper gegeben, so wird er herausgeworfen: der genau passende aber kurze Stöpsel eines weiten Metall (oder starken Glas-) Cylinders, wird unter dem Recipienten gestellt, bei gehöriger Verdünnung der umgebenden Luft, herausgetrieben; dasselbe erfolgt, wenn die innere Luft des Cylinders stark comprimirt war, in der gewöhnlichen atmosphärischen Luft, hieher gehört die Windbüchse. f) eine dünne über einen Metallcylinder gespannte Kalbs- oder Schweinsblase, wird durch den äusseren Luftdruck mit starken Knall zersprengt (aufliegendes Wasser wird durchgetrieben); eben so wird eine Glasplatte zersprengt. g) der Recipient steht nach vorgenommener Auspumpung unbeweglich fest. h) zwei magdeburgische Halbkugeln von Messing von etwa 3—4 Zoll Durchmesser von Luft entleert hängen stark zusammen. i) eine schlaffe, fest gebundene Blase, die noch etwas atmosphärische Luft enthält, schwellt auf, in dem Maas wie umher (unter dem Recipienten) die Luft verdünnt wird. k) CARTESIANISCHEN Täucherchen, welche an freier Luft im Wasser sinken, schwimmen bei verdünnter Luft. l) aus einem im Wasser stehenden Gefässe mit enger Mündung, tritt die Luft beim Auspumpen hervor, und die äussere hinzugelassene Luft, drückt darauf das Wasser in das Gefäss hinein.

III. Zur Erläuterung noch folgender Untersuchungen.

a) Ein mit Quecksilber gefüllter Heber, dessen höchster Punct höchstens 2 Zoll über dem Quecksilberspiegel steht, hört auf zu laufen, wenn die Luft so weit verdünnt ist, dafs sie keine Quecksilbersäule

von dieser Höhe mehr tragen kann. b) bei der Umwandlung des Wassers in Dampf (vergl. B, a oben) erzeugt sich Kälte, und bei der Niederschlagung des Dampfes Wärme, wie dieses ein empfindliches Luftthermometer nachweist. Es sind diese Thermometerveränderungen den Veränderungen der Dichtigkeit der Luft proportional; wird ein vollkommen luftleerer Raum (z. B. die TORRICELLISCHE Leere) plötzlich vergrößert oder verkleinert, so erfolgt nach GAY-LUSSAC (vergl. GILBERT a. a. O. XXX. 3. S. 259) gar keine Temperaturveränderung. Nach demselben Beobachter, entstehen unter ganz gleichen Umständen, durch Veränderung des Volums der Gase, desto grössere Temperaturveränderungen, je kleiner das spezifische Gewicht des Gases ist. Sie sind geringer beim kohlen-sauren Gase als beim Sauerstoffgas; bei diesem geringer als in der atmosphärischen Luft, und am größten beim Wasserstoffgase. Setzt man nach G. L. zwei rings umschlossene Räume, deren einer leer, der andere mit einem Gase gefüllt ist, mit einander in Verbindung so sind die Temperaturveränderungen, welche in beiden entstehen, der Grösse nach gleich (Vergl. a. a. O. S. 266). c) ein unter dem Recipientes befindliches Thermometer, nimmt nach DE LUC (Neue Ideen über Meterologie Bd. I. S. 115) an der äusseren Veränderungen der Temperatur Antheil. Die Fortpflanzung der Wärme durch die Leere, haben auch die Beobachtungen eines BAUME, PICTET und RUMFORD bestätigt. d) der electriche Funke verbreitet sich in der G. Leere schneller und stärker, und erscheint gewöhnlich mit einem röthlichen

oder rothen Lichte. Hieher gehört auch das Leuchten des Quecksilbers in der TORRICELLISCHEN Leere. e) nach v. HUMBOLDT und RITTER isolirt der leere Raum die GALVANISCHE Thätigkeit und nach DAVY (GILBERT a. a. O. VIII. 1. S. 6) hört darin alle Wirkung der GALV. Säule auf. f) eine brennende Kerze verlischt in der G. Leere; und g) warmblütige Thiere sterben schnell in der verdünnten Luft.

10) Zusammen gedrückte Luft widersteht endlich jeder andringenden Kraftäusserung, welche den Druck zu vergrößern strebt. Beispiele gewähren: wohlgeölte Stempel, die man in den am entgegengesetzten Ende verschlossenen Pumpenstiefel schiebt, der CARTESIANISCHE Taucher, das Springen der Windbüchsen bei zu weit getriebener Einpumpung, die sogenannten Bällerbüchsen (ein Spielgeräth der Kinder vorzüglich im nord-östlichen Deutschland), die Wirkung des Knallpulvers, des eingeschlossenen oder in grossen Massen angehäuften Schiefspulvers, die Explosionen des Knallgolds, Knallquecksilbers, Knallsilbers, der oxydirt salzsauren Alcalin mit Inflammabilien, des salpersauren Silbers mit Phosphor und alle detonirenden Gemische; der Gebrauch der Handspritzen, die Feuerspritzen und der Nutzen des Windkessels, die gewöhnliche Compressionspumpe, der Heronsball mit verdichteter Luft etc. Auch die veränderlich elastischen Flüssigkeiten, widerstehn dem ferneren Drucke, wenn sie in einer gehörig hohen Temperatur erhalten werden, bis auf einen gewissen Grad; z. B. CHAPTALS Dampfbleiche, die Einrichtung der Dampfmaschine, die Einrichtung und Wirkung des PAPIANISCHEN Topfes (VAN MARUMS Verbesserung des-

selben, Knochenbouillon) etc.; die heissen Quellen auf Island (so wie vielleicht die meisten) scheinen hingegen zu zeigen, daß bei unverhältnissmässig grossem Drucke, auch der vollkommenste Wasserdampf tropfbar wird, woraus zum Theil die hohe Temperatur dieser Quellen abzuleiten ist.

11) Werden hingegen gasförmige Flüssigkeiten mit Körpern zusammengedrückt, zu welchen sie (durch den Druck) vermöge der innigeren Berührung und grösseren Massenanhäufung wachsende) chemische Anziehung besitzen, so wird die Luftform überwunden, und durch die eintretende Verbindung aufgehoben. Hieher gehören verschiedene Operationen der Alchemisten, sonst undurchdringliche und unlösliche feste Körper mit dampfförmigen, in hermetisch versiegelten (zugeschmolzenen) Gefässen zu mischen; ferner: die Einrichtung und Wirkung der pneumatischen Feuerzeuge (vergl. GILBERTS Annal. XVIII, 240 u. 407; ebendas. XXV, 118 u. XXX, 268 ff.); Biot's Wassererzeugungsversuch durch Compression des Sauer- und Wasserstoffgases; NORTHMORE'S Versuche etc. (vergl. GILBERT a. a. O. S. 283 ff.). Oftmals ist auch die chemische Anziehung allein hinreichend die Luftform aufzuheben; dahin gehören alle Oxydationen in Sauerstoffreichen Luftarten, die merkwürdigen Verschluckungen der meisten elastischen Flüssigkeiten durch frisch ausgeklühte Holzkohle. Wärme (z. B. das Anschwellen der lufthaltigen fest zugebundene Blasen in der Nähe eines heissen Ofens) und Electricität erhöhen hingegen die Ausdehnung und Elasticität elastisch-flüssiger Materien. Hierüber in der Folge genauere Untersuchungen.



12) Das specifisch leichtere Gase oder Dämpfe in schwereren aufsteigen, und selbst Körper mit in die Höhe nehmen können, die für sich schwerer als das tragende Fluidum sind, wenn sie mit ihnen in dem Maasse verbunden werden, daß die mittlere Dichtigkeit beider vereint geringer ist, als die Dichtigkeit der tragenden Flüssigkeit, folgt schon aus §. 72. N. 1, 2, 5. §. 77. §. 78. N. 11. §. 80 u. 81. Hieher gehören ausser den schon in den cit. Stellen angeführten Erscheinungen, die Einrichtungen und das Steigen der Aerostaten, welche Luftballons heissen, wenn sie eine abgerundete Gestalt haben. Versuche hierüber mit einem kleinen Ballon; nähere Beschreibung ihrer Verfertigung und Zurichtung, Vorsichtsregeln beim Füllen, beim Aufsteigen, Sinken, willkührliche Bewegungen in höheren Regionen; über ROZIERs und d'ARLANDES (den 21. Nov. 1783). CHARLES, BLANCHARDS, ROBERTSONs, JUNGNITZ's, GAY-LUSACS und des kühnen ZAMBECCARI's, u. m. a. Luftreisen; über den Nutzen des von BLANCHARD 1787 erfundenen Fallschirms (§. 40. N. 4.) etc. mündlich.

13) Schon in C. SCHOTTs Werken findet man Vorschläge zum Luftballon und zu der Kunst in der Luft zu schiffen (vergl. dessen *Magia hydrostatica* Lib. V.); ausserdem haben darüber MENDOZA, ALBERTUS SAXONIUS und der Pater FRANZ LANA (*prodromo dell' arte maestra*. Brescia 1670. Fol.), vor der Erfindung der Gebrüder STEPHAN und JOSEPH MONTGOLFIER (Papierfabrikanten zu Annonoy in Vivarois) geschrieben. LANA schlug eine grosse dünnblechige kupferne Kugel zum Ballon vor, sein Vorschlag war unausführbar; die beiden MONTGOLFIER stellten endlich 1782 im August den ersten Luftbal-

lon, eine sogenannte MONTGOLFIERE dar. Er hatte unten eine Oeffnung, unter welcher ein blechernes Kohlbecken mit brennendem Stroh, geöltem Papier etc. hing, wodurch die Luft des Ballons erwärmt und hinreichend ausgedehnt wurde, um den ganzen Apparat in die Höhe zu schnellen. CHARLES zu Paris und die Gebrüder ROBERT füllten 1783 zuerst, vollkommen verschließbare Luftballons (von Taffent mit Firnis aus elastischen Harz überzogen) mit brennbarer Luft (Wasserstoffgas). Das beste Wasserstoffgas zu diesen Füllungen, ist das aus dem (über glühendes Eisen geleiteten) Wasserdampfe gewonnene, und wirklich machte man vor 15 Jahren in Frankreich im Grossen von dieser Art des Wasserstoffgases zu obigem Zwecke Gebrauch. Das gewöhnlich angewendete, mittelst Eisen oder Zink und verdünnter Schwefel- oder Salzsäure entwickelte Wasserstoffgas, muß vor dem Füllen gehörig von anhängenden sauren, den Ballon zerfressenden Theilen durch Waschen befreiet werden; und die Füllung darf bei vorzunehmenden Luftreisen nie vollkommen statt finden, sondern es muß vielmehr der noch etwas schlaffe Ballon eine beträchtliche Höhe zu steigen im Stande seyn, damit in den sehr dünnen Luftschichten der höheren Regionen der Ballon nicht zerresse; in dem bei vermindertem Luftdruck, das innere Gas sich mit dem äusseren Luftdrucke ins Gleichgewicht zu stellen strebt. Vergl. TIB. CAVALLO: Geschichte der Aerostatik. Aus d. Engl. übers. Leipz. 1786.

## §. 86.

XIV. Vers. Eine an beiden Enden offene, von der Art wie im IX. Vers. §. 76 angewendete

gebogene gläserne Röhre, werde mit Wasser gefüllt, mit den Fingern an beiden Mündungen verschlossen und so mit dem kürzeren Schenkel in eine Schaaale mit Wasser gebracht; entfernt man jetzt die Finger, so wird das Wasser so lange in den kürzeren Schenkel hinaufsteigen und aus dem längeren herausfliessen, als noch die Mündung des ersteren Schenkels in das Wasser der Schaaale taucht. Man nennt eine solche Vorrichtung einen Heber (Sypho), und statt die Röhre durch Eingiessen zu füllen, kann man ihn durch Saugen zum Fliessen bringen, nämlich wenn man den kürzeren Schenkel der leeren (lufthaltigen) Röhre ins Wasser taucht, und nun an der Mündung des längeren Schenkels die Luft der Röhre einsaugt. Der auf die Wasseroberfläche der Schaaale wirkende Luftdruck, wird das Wasser in die Röhre treiben, und da hier wie zuvor die Luft auf einerlei tropfbare Flüssigkeit ungleich drückt, indem die grössere Flüssigkeitssäule des längeren Schenkels den bei ihrer Mündung gegen sie gerichteten Luftdruck leichter aufhebt, als die kleinere Flüssigkeitssäule des kürzeren eingetauchten Schenkels (deren Höhe nur von dem Wasserspiegel an zu rechnen ist); so wird die tropfbare Flüssigkeit nach dem längeren Schenkel, als nach derjenigen Gegend hin fliessen, wo sie geringeren Luftdruck erleidet.

1) Ist der kürzere Schenkel dieses gemeinen Hebers mit einer specifisch-schwereren Flüssigkeit, der längere mit einer specifisch leichteren gefüllt, und ist das Verhältniß des specifischen Gewichts der ersteren Flüssigkeit zu der letzteren grösser, als das Verhältniß der senkrechten Höhe von dem längeren zu der des kürzeren Schenkels: so wird, wenn beide Mündungen geöffnet werden, der Ausfluß nicht aus dem längeren sondern aus dem kürzeren Schenkel Statt finden. Gießt man in obigem Versuch statt des Wassers Quecksilber, also eine specifisch schwerere Flüssigkeit in die Schaale, während der mit Wasser gefüllte Heber mit seinen kürzeren Schenkel eintaucht, so wird das Wasser aus dem längeren Schenkel zu fließen aufhören, sobald der senkrechte Druck der in dem kürzeren Schenkel hinaufgestiegenen Quecksilberwassersäule zusammen, dem Drucke der leichteren Wassersäule des längeren Schenkels gleich ist. Eben so hört auch der Heber zu fließen auf, wenn beide Schenkel, vom Wasserspiegel des eintauchenden gerechnet, gleich lang sind; oder wenn sich der kürzere Schenkel ausserhalb der Schaale befindet; oder endlich wenn der eintauchende kürzere Schenkel länger ist, als die Höhe, bei welcher die durch den Heber zum Fließen zu bringende Flüssigkeit in der TORICELLISCHEN Röhre durch den Luftdruck erhalten werden könnte.

2) Sind beide Schenkel des Hebers gleich lang, und taucht der eine in das Wasser der Schaale, so wird dieser Schenkel dadurch respective um so viel verkürzt, als er tief eintaucht, und der Heber fließt auf gewöhnliche Weise. Man nennt einen solchen Heber, den WIRTEMBERGISCHEN; weil ein Bürger

zu Stuttgart, JOH. JORDAN an ihm zuerst bemerkte, daß er Wasser aus einem Gefässe ins andere hin und wieder leiten könne, je nachdem der eine Wasserspiegel höher als der andere liegt. Vergl. SALOMON REISEL Siphon Wirtembergicus per majora experimenta firmatus. Stuttgart. 1690. 4. Auch brauchen die Schenkel gerade nicht rechtwinklig gebogen zu seyn, sondern es kann vielmehr das horizontal laufende Rohr zwischen beiden Schenkeln ganz wegfallen, und beide können divergirend auseinander gehen und so einen stumpfen Winkel einschliessen. — Ist bei dem Wirtembergischen Heber die Einrichtung getroffen, daß mehrere Schenkel einen mittleren umgeben, mit dem sie alle Gemeinschaft haben, so nennt man dieses die *fraterna caritas*; und ist bei irgend einem fließenden Heber, die Mündung des ausfließenden Schenkels aufwärts gebogen, so entsteht ein hydrostatischer Springbrunnen.

3) Hieher gehören noch: die Wirkung einiger natürlichen Brunnen und Landseen, die sich von Wasser entleeren, wenn es darin bis zu einer gewissen Höhe gestiegen ist. Vergl. MUSCHENBROEK a. a. O. T. II. §. 2100; die Einrichtung und Wirkung von SIEGLINGS pharmaceutischen Heber; vergl. TROMMSDORFFS Journ. der Pharmacie. VI. I. 3, des künstlichen Tantalus, Vexierbechers, des Diabetes und des KIRCHERSchen Hebers, vergl. MUSCHENBROEK a. a. O. und WOLFFS nützliche Vers. Th. III. S. 576 §. 126. — PORTA's Vorschlag, durch Heber das Wasser über Berge zu führen (*Pneumaticor. III. c. 1.*), wozu sich der Stoffsheber besser qualificirt. Die Einrichtung des VAN MARUMSchen Gasometers, vergl. GRENS Journal d. Phys.

V. 154 etc.; die Wirkung des unterbrochenen Hebers, KIRCHERS Brunnen etc. vergl. oben.

E) *Vom Verhältniß flüssiger und fester Körper im Zustande der Bewegung mit einander verbunden; oder von der Hydrodynamik.*

§. 87.

Jeder feste Körper der sich in einem flüssigen bewegt, und jeder tropfbare der sich in einem elastischflüssigen Medio fortbewegt, muß a) den Zusammenhang der Theile des Mediums trennen, b) dieselben zur Seite schieben, c) die Reibung überwinden, und d) ihnen dadurch eine grosse Geschwindigkeit ertheilen; wodurch seine Bewegung geschwächt und endlich ganz aufgehoben wird, wenn er nicht von aussen her immer neuen Zusatz von Bewegungskraft erhält. Vergl. §. 59 ff. Je stärker daher jener Zusammenhang, je grösser die Dichtigkeit des Mediums, je häufiger die Reibung, und je ausgedehnter die Flächengestalt des fortbewegten Körpers ist, um so grösser wird die Gegenwirkung des Mediums seyn, und um so eher wird der Körper zur Ruhe kommen. Ferner in dem Maasse wie die ertheilte Geschwindigkeit des bewegten Körpers zunimmt, wächst auch der Widerstand von Seiten des Mediums; indem in derselben Zeit eine grössere Menge von Massentheilen aus dem Wege geräumt und ihnen dabei eine grössere Geschwindigkeit ertheilt wird. Der Widerstand nimmt da-

her im Verhältniß des Quadrates der Geschwindigkeit zu,

1) Ein Pendel, welches mit der breiten Seite der Linse gegen die Luft schwingt, kommt eher zur Ruhe, als wenn es mit dem scharfen Theil der Linse die Luft durchschneidet. Es schwingt längere Zeit in der GUERIKESchen Leere (vergl. oben) als in der gewöhnlichen Luft, und in dieser länger als im Weingeist, und in diesem längere Zeit als im Wasser etc. Schnellseegelnde Schiffe haben eine vorn mehr zugeschärfte Gestalt; der vorwärts gestreckte mit dem Schnabel sich endende Kopf der Vögel, erleichtert ihren Flug; die Lage der Fische im Wasser ihr Fortschwimmen; der Nutzen der Fallschirme etc.

2) Auch der specifisch schwere Körper kann im Wasser, in der Luft etc. schwimmen (natara, nager) wenn er durch Geschwindigkeit im gleichmässigen Schlagen gegen die Wasser- oder Luftsäulen, den Widerstand derselben gehörig erhöht. So schwimmen die Vögel in der Luft, dadurch, daß sie mit ihren Flügeln die Luftsäulen schneller schlagen als diese auszuweichen im Stande sind. (Ueber den Widerstand, welchen die Flügel der Vögel in der Luft bilden, von J. J. PRECHTL in GILBERTS Annal. XXX. 3. S. 302 ff.) Nutzen der Schwanzfedern der Vögel, des Steuerruders der Schiffe etc. Daß die vierfüßigen Thiere leichter schwimmen als der Mensch, hat hauptsächlich in der Stellung ihres Kopfes und dem Ligamento nuchae seinen Grund, indem sie nicht gezwungen sind, einen Theil ihrer Muskelkraft darauf zu verwenden; den Kopf aus dem Wasser hervorragen zu machen (Vergl. BAZIN in Hamburg. Magaz. I. S. 327).

3) Ueber die Versuche der Menschen sich durch Flügel oder Flugmaschinen in der Luft zu erheben, und über DEGENS Flugmaschine (vergl. GILBERTS Annal. XXX. 3. S. 320 ff. u. 327 ff.) mündlich.

§. 88.

Bewegt sich eine Flüssigkeit gegen einen ruhenden festen Körper, oder eine elastische Flüssigkeit gegen einen tropfbaren Körper, so wird die Wirkung des Stosses wie in den vorhin berührten Fällen, theils von der Dichtigkeit, theils von der Grösse der gestossenen Fläche und von der Geschwindigkeit, theils von der Richtung abhängen. Sind beide Körper in Bewegung, so wird die Stärke der Bewegung im Ganzen genommen, zwar grösser seyn, aber die Art derselben wird vorzüglich von der Gleichartigkeit oder Verschiedenheit ihrer Bewegungsrichtungen bestimmt werden.

1) Rücksichtlich des ersteren Falls gehören hieher die Wirkungen der Ströme, Winde, des Schwellwassers; die Einrichtungen der Seegel, der Wind- und Wassermühlen. Rücksichtlich des zweiten Falls, das Seegeln mit und gegen den Strom, mit und gegen den Wind, das Laviren; das Ziehen der Wolken etc.

2) Merkwürdig ist es übrigens, das feste rauhe Körper z. B. Feilen, gegen weiche bewegt nach und nach noch glatter (stumpfer) werden, während sie gegen harte Körper (durch stets erneuerte Risse) rauh (scharf) bleiben.



III. CAPITEL.

VON DER ANHAFTUNG UND ZUSAMMEN-  
HALTUNG DER KÖRPER.

---

A) Von der Anhaftung oder Adhäsion im Allgemeinen.

§. 89.

XV. Versuch. Zwei spitzige feste Körper (zugespitzte Glasstäbchen) tauche man in eine Schale mit Wasser, oder mit Weingeist, oder mit Oel, ziehe sie senkrecht heraus, und lasse sie solange ablaufen bis noch an jeden Stäbchen ein Tropfen der Flüssigkeit hängt. Man nähere jetzt beide Tropfen bis auf ohngefähr ein Viertel einer Linie: sie werden eine ovale Form annehmen und in demselben Maasse wie sich diese Form ausbildet, von selbst einander nähern, bis sie endlich sich berühren und dann der Cohäsion (§. 71. N. 3.) folgend zu einem grösseren Tropfen zusammenfliessen. Dasselbe wird erfolgen, wenn man zwei Oeltropfen auf einer (Glas-)

Platte in fast unmittelbare Berührung setzt: sie werden mehr Zeit als zwei Wassertropfen (unter übrigens gleichen Umständen) und noch mehr als zwei Quecksilberkügelchen gebrauchen, um zusammen zu fließen.

1) Aendert man diesen Versuch dahin ab, daß man erwärmtes und kaltes Wasser, jedes für sich rücksichtlich seiner Tropfenanziehung prüft, so findet man, daß die Anziehung im ersten Fall schwächer als im letzteren Statt findet. Daher bildet auch heisses Wasser mehr Tropfen als kaltes, und nach DE LUC (a. a. O.) und LAPLACE ist dieser Anziehungsunterschied ziemlich beträchtlich. Es gehören hieher mehrere alltägliche Erscheinungen, z. B. bespritzt man beim Stukenkehren den Fußboden mit heissem Wasser, so verbreitet sich das Wasser weiter und fällt an mehreren Stellen auf, als wenn man kaltes Wasser gewählt hätte; je kälter die obere Atmosphäre ist, je grösser fallen bei Schlossen, Regen etc. die Tropfen aus; regnet es in heissen Sommertagen, so fängt es zuerst mit Staubregen und kleinen Tropfen an, und geht dann erst, nachdem durch Wasserverdunstung die Luft abgekühlt ist, in grössere Tropfen über, vorausgesetzt wenn nicht anderweitige Wasserbildungsprocesse der Atmosphäre hinzukommen, welche die Tropfenbildung unverhältnismässig erhöhen; im Sommer hat der Tropfen ein geringeres Gewicht wie im Winter etc. Licht und Electricität scheinen nur in sofern sie wärmen die Tropfenbildung zu modificiren.

2) Die ovale Form der in Anziehung tretenden Tropfen, erinnert an das Phänomen der (Wasser-

und Luft-) Flut, bei Annäherung des Mondes und der Sonne, vergl. §. 62. Könnte ein fester Faden zum Monde hinauf gezogen werden, und es träte die Zeit der grösseren Erdschwerwirkung gegen ihn ein, wo sein Gewicht grösser als der Zusammenhalt der Theile des Fadens wäre, so würde der Faden in Tropfen zertheilt zur Erde fallen.

3) Ueber die Phänomene der Adhäsion vergl. man §. 52, 40. N. 4, 71. N. 1, 76. u. ff. Adhäsion geht der Zusammenhaltung oder Cohärenz gewöhnlich voran, aber nicht umgekehrt.

4) Unter übrigens gleichen Umständen, verhält sich die Adhäsion wie alle Anziehung in messbaren Fernen umgekehrt, als das Quadrat der Entfernungen (Vergl. §. 47. 48. ff.).

5) Der Umstand, daß die Tropfen an dem Stäbchen hängen, zeigt von der Adhäsion des Tropfbaren gegen die feste Masse des Stäbchens; die Folge des Versuchs lehrt aber auch zugleich, daß diese Adhäsion schwächer als die der Tropfen unter sich ist; weil sonst beide Tropfen nicht zur Ineinanderfließung, und auf der Platte nicht zum Aneinanderfließen gekommen seyn würden. Beispiele der Adhäsion des Tropfbaren gegen das Feste gewähren eine fast zahllose Menge von Fällen; dahin gehören: das Einsaugen der Fechtigkeiten durch Fließpapier; das Nafswerden; das Herabfließen des Wassers, Oels und Weingeists an den äusseren Gefäßwänden (§. 71. N. 1.); das Zerfließen des Quecksilbers auf Gold, Silber und Zinn, während es z. B. auf Eisen mehr oder weniger kugelförmig bleibt; das Aufheben einer auf dem Wasser, Oel oder Weingeistspiegel liegenden Platte, welches nach Maassgabe der Grösse der

Berührungsflächen und der Glätte mehr oder weniger Kraftaufwand erfordert; das Hängenbleiben des Quecksilbers im Florbeutel; das Anhaften zweier (sehr glatten) Glas- oder Metallplatten, vorzüglich wenn sie mit etwas Fett bestrichen sind (die gewöhnlichen Adhäsionsplatten; VERA's Seilmaschine, vergl. LICHTENBERG'S Magaz. f. d. N. in d. Phys. I. 3. S. 95 etc. Gießt man Wasser, Weingeist oder Oel in ein Glas oder in ein hölzernes Gefäß, so steht es nach dem Gefäßrande zu höher als in der Mitte, und es erhält nur dann erst eine convexe Oberfläche, einem grossen halbzerflossenen Tropfen ähnlich, wenn man das Gefäß überfüllt. Gießt man hingegen Quecksilber ins Glas, oder beobachtet man geschmolzene Metalle in erdenen Schmelztiegeln, so findet man, daß stets convexe Oberflächen gebildet werden; dagegen erscheinen diese Substanzen in metallenen Gefässen, z. B. Quecksilber in zinnernen mit mehr oder weniger concaver Oberfläche. Offenbar ist von diesen Verschiedenheiten der Form der Oberfläche, in Adhäsion der inneren Gefäßwände die nächste Ursache; schwere Flüssigkeiten ohne Adhäsion und Cohäsion, würden horizontale Oberflächen bilden. Werden die Gefäßwände entfernt, z. B. bei dem überstehenden Theil des Wassers im überfüllten Gefässe, so folgt jedes Liquide der Cohäsion ungeschwächt und bildet Tropfen (Nutzen der Ausgufsrinne). Zugleich zeigen diese Versuche, daß die Adhäsion unter den verschiedenen Stoffen verschieden ist. Sie ist stärker zwischen Holz, Glas, Erde und erdähnliche Materien und Wasser, als zwischen diesen Körpern und Quecksilber; und stärker zwischen Quecksilber und andern Metallen (wo sie bei zunehmender Stärke in

Amalgamation übergeht) als zwischen Wasser und Metallen. Quecksilber, etwas Oel und Wasser zusammengesüttelt, bilden eine Zeit hindurch gesondert bleibende Kügelchen, deren Hülle aus fettigem Quecksilber besteht. Wasser bildet auf mit Fett bestrichenen Platten kleine Kugeln; Wassertropfen und Oeltropfen nähern sich wenig oder gar nicht, und fließen nicht zusammen; hingegen geschieht dieses leicht zwischen Wasser und Weingeist, zwischen fettem und ätherischen Oele, zwischen ätherischem Oele und Weingeist etc. Zwei auf Wasser schwimmende Korkkügelchen bilden um sich herum Wasserberge, nähern sich mit diesen, und bleiben bei einander. Befestigt man eine Metallplatte deren untere Seite möglichst abgeglättet ist, mittelst eines Fadens (der an einen in der Mitte auf der oberen Seite befindlichen Hacken befestigt wird) an den einen Arm einer genauen Waage, bringt sie durch Gewichte, womit man die Schaafe des anderen Arms beschwert ins Gleichgewicht, und nähert sie jetzt verschiedenen tropfbaren Flüssigkeiten, so wird sie mit verschiedener Stärke angezogen und durch Gewichte von verschiedener Grösse abgehoben werden müssen. GUITON MORVEAU brachte auf ähnliche Weise runde Platten von gleicher Grösse und Gestalt, die einen Zoll im Durchmesser hatten, auf Quecksilber. Es blieb daran hängen:

das Gold mit einer Kraft von	446	Gran
Silber - - - -	429	—
Zinn - - - -	418	—
Blei - - - -	317	—
Wismuth - - -	372	—
Zink - - - -	204	—
Kupfer - - - -	140	—

das Spießglanz mit einer Kraft von	126	Gran
Eisen	- - - -	115 —
Kobald	- - - -	8 —

vergl. dessen, MARETS und DURARDE'S Anfangsgr. der theoret. u. pract. Chemie, a. d. Franz. von CHR. EHRF. WEIGEL Th. I. Leipz. 1779. 8. S. 49 u. Observat. de Physique de Mr. l'Abbe ROZIER. T. I. S. 172 u. 460. Aehnliche Versuche stellte HERBSTÄDT und früher ACHARD (chym. phys. Schriften S. 354 u. ff.) an. Es muß indess bei diesen und ähnlichen Versuchen vorzüglich auf die Gleichheit der Temperaturen Rücksicht genommen werden.

6) Schon die verschiedene Stärke der Anhaftung zeigt, daß nicht der Luftdruck bei diesen und ähnlichen Versuchen, die Anhaftung und das ihr vorangehende Angezogenwerden bewirke; noch deutlicher wird diese Meinung dadurch widerlegt, daß die Adhäsion in der GUERIKESCHEN Leere in vielen Fällen stärker ist, und daß namentlich das Quecksilber in der TORRICELLISCHEN Leere dem Glase mehr adhärirt, als an der freien Luft. Vergl. §. 82.

7) In dem Maase wie die Rauhigkeit der Oberflächen zunimmt, vermindert sich die Adhäsion. Bestäubt man Wasserkugeln (auf Fett liegend) mit Bärlappsamen (Sem. Lycopodii) so fließen sie nicht in einander. Schüttet man auf die Oberfläche eines in einem Gefässe gehaltenen Wasserquantums Bärlappsamen, etwa einige Linien hoch, so kann man mit dem einzutauchenden Finger den Gefäßboden berühren, ohne den Finger zu nassen; zugleich zeigt dieses von der stärkeren Adhäsion des Bärlappsamens zur Oberhaut des Fingers als zum Wasser. In einem

mit Bärllappsamen ausgestäubten Gefässe, steht das Wasser mit convexer Oberfläche.

8) Saugen feste Körper durch fortgesetzte Adhäsion tropfbare Flüssigkeiten ein, d. h. bringen sie dieselbe nach und nach mit ihren Aggregativtheilchen in Berührung, so wird ihr Umfang dadurch vergrössert; dahin gehören das Quellen des Holzes, (Zersprengung der Steine) der Erbsen (Zersprengen der Schädcl) etc. Beim Einsaugen vertheilt sich nach und nach die Flüssigkeit über alle Oberflächen mehr oder weniger frei liegender Aggregativtheile; dahin gehört das Aufsteigen des Wassers in Zucker, Schwamm, Leinwand, Löschpapier etc.; die Möglichkeit des Durchsehens, Filtrirens etc.; das Abtrocknen mit Tüchern, Druckpapier u. s. f.

9) Werden die zwischen zwei festen Körpern liegenden Flüssigkeitsschichten, nach einiger Zeit fest, so wächst die Zusammenhaltung der zuvor adhärirten Substanzen, und ist dann zusammengesetzt aus der Cohärenz des Festgewordenen (für sich), und aus der Adhäsion desselben gegen beide berührende Oberflächen der zuvor schon festen Körper. Nach dem wirklichen Austrocknen und Erstarren ist indess nur von Cohärenz, d. i. Bearrung in der Einheit der Masse die Rede. Hieher gehören: die Kütte, das Zusammenleimen, das Löthen, das Vergolden mittelst Goldamalgam, das Versilbern mittelst Silberamalgam, das Verzinnen, das Verzinken, das Zusammenkleben, der Mörtel etc.

10) Auch feinzerteilte feste Körper haften grösseren sowohl liquiden als festen Massen mit einer Energie an, die derjenigen tropfbarflüssiger Substanzen nahe kommt. Dahin gehört das Anhängen des Staubes.

11) Elastische Flüssigkeiten adhären festen und liquiden Stoffen in verschiedenen Graden der Stärke; hieher verdienen die Atmosphären und die luftartigen Ausfüllungsmassen poröser Körper gezählt zu werden; vergl. §. 85. N. 9.

12) Oftmals ist diese Anziehung so stark, daß mehr oder weniger elastische Flüssigkeiten zur liquiden Zustandsform zurückgebracht werden, und dann als tropfbare Massen adhären. Besonders zeigt sich dieses bei dem Dunst- Dampf- oder luftförmigen Wasser, und man nennt diejenigen Körper, welche das Wasser auf diese Weise anziehen: hygroskopische Körper, und wenn sie bei bestimmten Beobachtungen benutzt werden, um die Menge des anziehbaren Wassers in der freien Luft oder in einem bestimmten Raume auszumitteln: Hygrometer.

B) *Von der hygroskopischen Beschaffenheit der Körper.*

§. 90.

XVI. Vers. Eine Glasschaale die vier Unzen Wasser fassen kann, fülle man zur Hälfte mit concentrirter farbenlose Schwefelsäure (nicht rauchenden Vitriolöle), bringe sie auf einer genauen Waage ins Gleichgewicht, und lasse sie in dieser Lage eine Stunde (noch besser bis zum nächstfolgenden Tage) stehen — statt der Schwefelsäure kann auch trockner neutraler salzsaurer Kalk oder ätzendes Kali gewählt werden; — die Schaale mit der Säure wird nach und nach tiefer ehrabsinken, und ein merkliches Gegengewicht



erfordern, um durch die andere Schaale wieder ins Gleichgewicht gebracht zu werden. Das was man hier als neues Gegengewicht hinzu legen muß, um das aufgehobene Gleichgewicht wieder herzustellen, ist dem Gewichte des von der Schwefelsäure angezogenen Wassers gleich. Hatte man salzsauren Kalk oder Aetzkali angewendet, so wird man durch mässige Erhitzung das angezogene Wasser wieder verflüchtigen können. Bei der Schwefelsäure hält dieses schwerer, weil ihre Anziehung zum Wasser bei steigender Wärme wächst.

1) Die hygroskopische Wirkung der Schwefelsäure gehört mit zu den stärksten der Art, und ist, wie dieses chemische Versuche erwiesen haben, schon durch wirklich chemische Anziehung erhöht; so wie überhaupt die hygroskopischen Wirkungen der genannten und mehrerer ähnlicher Stoffe, den Uebergang zur chemischen Anziehung machen, und dieses dadurch bewähren, daß der Erfolg jener Anziehung Lösung ist; die überhaupt (auch in vielen Fällen des vorigen §.) die Brücke zwischen Adhäsionsstreben und chemischer Mischung bildet. Vergl. §. 32. N. 2. Das positive Streben der Schwefelsäure sich mit Wasser zu verbinden, geht öfters so weit, daß es Substanzen, die noch gar kein Wasser sondern nur Sauer- und Wasserstoff in anderweitiger Verbindung enthalten, nöthigt, durch eigene Zerstörung Wasser zu erzeugen. Noch stärker wirkt hierin das salzsaure Gas; vergl. KASTNERS Grundrifs d. Chemie. I. Bd. S. 169 ff. §. 23.

2) Hygrometer von obiger Art, aus Säuren, zerfließlichen Alkalien und Salzen bestehend, gehören zu den ältesten. LAMPADIUS (Atmosphärologie S. 111) hat sie neuerlichst wieder als die vorzüglichsten empfohlen; sie haben indess gegen sich die Unbequemlichkeit ihres Gebrauchs, die öfters (z. B. auf hohen Bergen) zur Unmöglichkeit wird; die Schwierigkeit genau anzugeben, ob sie blosses Wasser oder auch zugleich andere Stoffe angezogen haben, so z. B. ziehen die Aetzalcalien Kohlensäure eben so begierig an als das Wasser, und selbst der hierin sonst für ganz unverdächtig gehaltene neutrale salzsaure Kalk ist es streng genommen nicht; und endlich daß bei mehreren Anziehungen der Art, nicht bloß das vorhandene schon Fertige, sondern auch das noch zu Bildende angezogen wird, vergl. oben.

3) Auch gehöret hieher das sogenannte chemische Wetterglas: aus einem Gemenge von drei Drachmen Kampfer und Salmiak und Salpeter von jedem eine halbe Drachme, die zerrieben in ein mit durchlöcherter Blase zu verschliessendes Cylinderglas mit Branntwein begossen werden, bestehend. Bei trockenem Wetter fällt alles zu Boden; bei feuchter stürmischer Witterung erheben sich bis zur Decke des Glases die mannichfaltigsten, den gefrorenen Fensterscheiben ähnlichen Krystallisationen. Ausser der Feuchtigkeit hat auch die Wärme beträchtlichen Einfluß darauf.

§. 91.

XVII. Vers. Eine trockne Glastafel werde an den kürzeren Arm eines doppelarmigen Hebels (einer Art von Schnellwaage) so aufgehängt, daß

die beiden Arme des Hebels genau in einer horizontalen Ebene liegen; man stelle hierauf in der Nähe der Vorrichtung einige Schaaalen mit mässig warmen Wasser, und beobachte die Lage der Glastafel nach Verlauf von ohngefähr einer halben Stunde: sie wird beträchtlich gesunken und der längere Arm verhältnissmässig höher gestiegen seyn. Hat man dabei am äussersten Ende des längeren Arms eine unbewegliche bogenförmige Scale angebracht, deren o Punct in der horizontalen Richtung der im Gleichgewichte schwebenden Arme gezeichnet ist; so kann man über und unter dem Null die Scale in gleichgrosse Grade theilen, von denen dann die unteren die Grade der Trocknifs, und die oberen die der angezogenen Feuchtigkeit anzeigen. In dem Maase wie der längere Arm steigt, ist die Glastafel durch angezogene Feuchtigkeit mehr feucht und schwerer, und in dem Maase wie er unter der horizontalen Richtung herabsinkt trockner geworden.

1) Von einer ähnlichen Einrichtung ist das (zu genauen Beobachtungen nicht hinreichende) HOCHHEIMERSche Hygrometer; ausserdem gehören zu den vorzüglicheren Hygrometern noch folgende: LOWITZENS und LÜDICKENS Steinhygrometer; verschiedene Holz - Darmseiten - Grannen - Papier - Elfenbein - und Borstenhygrometer; von SAUSSURE's (Menschen-) Haarhygrometer; das Federkiel- und Frosch-

hanthygrometer des RETZIUS und HUTH; LESLIE's auf die durch Verdampfung erregte Kälte gegründetes Hygrometer und vorzüglich DE LUCS Hygrometer von der Quere nach gespaltenem Fischbein. Vergl. BOYLE's Werke 1772. 4. Bd. IV. Versuche über die Hygrometrie; durch HORAZ. BENED. DE SAUSSURE, aus dem Französ. übers. von TITIUS. Leipz. 1784. 8. DE LUCS neue Ideen üb. die Metereologie. Thl. I, Cap. I. III. desselben Abhandl. über die Hygrometrie, aus den Philosoph. Transactions, Vol. LXXXI. 1791, übers. in GRENS Journ. d. Phys. B. V. S. 279 ff. GEHLERS phys. Wörterb. Th. II. S. 661. GILBERTS Annal. I Bd. S. 282, 317. II Bd. S. 70. III Bd. S. 126. IV Bd. S. 222, 308. V Bd. 79. X Bd. 110. XII Bd. S. 114. — LICHTENBERGS Vertheidigung des Hygrometers. Götting. 1800. Alle Hygroskope der Art ziehen nur das dunstförmige (in Gestalt kleiner Sphäroiden schwimmende Wasser) der Luft an; hingegen nach DE LUCS Erfahrungen keineswegs den wirklichen heissen durchsichtigen Wasserdampf, noch weniger das luftförmige oder in Luft gelöste Wasser der Atmosphäre.

2) Um die Menge des fallenden Regens auszumitteln, bedient man sich der Ombrometer oder Hyetometer; welche dem fallenden Regen eine genau gemessene Quadratfläche darbieten, und ihn (oder auch den Schnee) gehörig auffangen, um das gesammelte Wasser nach einer gewissen Zeit, durchs Gewicht bestimmen zu können. GEHLER a. a. O. III Bd. S. 760, und HEMMERS descript. instrum. Soc. Meteorol. Palat. Mannh. 1782. — Zur Messung der Thau-, Nebel-, Reif- und Glatteis-Menge, dienen die Drosometer z. B. WEIDLERS Drosome-

ter; vergl. GEHLER a. a. C. V Bd. 235; 2 Bd. S. 501. 3 Bd. S. 708. Zur Bestimmung der Menge des verdampften oder ausgedünsteten Wassers benutzt man die Atmometer oder Atmidometer, theils um die Verschiedenheit der Wasserverdunstung an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten anzugeben; theils um das Quantum der jährlichen Verdunstung an einem Orte auszumitteln. Für den ersten Fall ist das SAUSSURESche Atmidometer, aus einem leichten Rahmen worin anzufeuchtende Leinwand eingespannt ist bestehend, sehr anwendbar; für den letzteren dienen zweckmässiger mehrere theils mit Wasser, theils mit Rasen oder Dammerde gefüllte Gefässe; die mit Wasser gefüllten, läßt man am zweckmässigsten in anderen mit Wasser gefüllten, in der Mitte befestigten Gefässen schwimmen, um so die Ausdünstung am wenigsten durch Nebenumstände zu stören. Vergl. GEHLER a. a. O. I. Bd. S. 154, 204 und V Bd. S. 72 u. 84. GILBERTS Annal. IV Bd. S. 222, 508. X Bd. S. 166. XV Bd. S. 122 u. 160. XVII Bd. S. 44. RICHMANN in Nov. Comment. Act. Petropol. T. II, p. 134, DE LUC in GRENS Journ. d. Phys. VIII Bd. S. 295. ZYLIIUS Prüfung der Theorie des Herrn DE LUC vom Regen, eine zu Berlin gekrönte Preisschrift. Berlin 1795. Das Feuchtwerden der Mauren, der Holzgeräthe etc. ist Folge der hygroscopischen Wirkung dieser Stoffe gegen die feuchte Luft.

*c) Vom Aufsteigen der tropfbaren Flüssigkeiten  
in Haarröhren.*

§. 92.

XVIII. Vers. Zwei glatte ebene Glasstreifen setze man unter einem spitzigen Winkel über

einander, und bringe einen Tropfen einer nicht klebrigen aber dem Glase adhären den Flüssigkeit, z. B. dünnes Oel, Wasser oder Weingeist, so dazwischen, daß der Tropfen beide Glasplatten berührt, so wird er sich mit beschleunigter Geschwindigkeit nach dem Winkel beider Glasplatten hinbewegen. Dasselbe wird auch bei einem Quecksilbertropfen zwischen zwei reinen Zinnplatten Statt finden. Aendert man den Versuch dahin ab, daß man zwei Glastafeln unter einem spitzigen Winkel an einander setzt, und sodann beide senkrecht in eine adhären de Flüssigkeit z. B. Wasser stellt; so wird diese Flüssigkeit zwischen dem Winkel beider Platten in die Höhe steigen und mit ihrem Rande eine Hyperbel bilden, deren Asymptoten die senkrecht stehenden und die horizontal laufenden Ränder der Glassteifen sind.

1) In der ersten Art des obigen Versuchs, wird der zwischen gelegte von beiden Glasoberflächen angezogene Tropfen eine Bewegung nach der Diagonallinie erhalten, die ihn nach dem Winkel beider Platten mit vermehrter Geschwindigkeit treibt; weil er je näher er dem Winkel kommt, je breiter wird, mithin wachsen seine Berührungspuncte und seine Adhäsion in demselben Maase, in welchem seine tropfenbildende Cohäsionskraft vermindert wird. In der folgenden Abänderung des Versuchs, wird (wie auch zuvor) die Adhäsion der Glasflächen gegen das Wasser mit der Verkleinerung des Abstandes beider

Platten zunehmen, die Anziehung der Theile des Tropfbaren nach seinem Mittelpuncte dadurch gleichmässig geschwächt werden, und so endlich die hyperbolische Begrenzung des aufgestiegenen Liquiden hervorgehen lassen. Vergl. MUSCHENBROEK a. a. O. §. 1062.

2) Wird die Berührungsfläche durch die z. B. röhrenförmige Gestalt des Glases noch stärker vermehrt, so wird auch jene der Erdschwere und der eigenen Cohäsion mehr oder weniger entgegengesetzte Bewegung des Liquiden, um so eher und leichter eintreten. Eine nicht sehr weite, oben allmählig enger werdende, an beiden Enden offene Röhre, in Wasser getaucht, wird durch die wachsende Anziehung ihrer inneren Glaswände, das Wasser nach und nach nach oben hinaufziehen; noch deutlicher wird dieses an den eigentlichen Haarröhrchen (Tubuli capillares, in deren Höhlung nur ein Pferdehaar Raum hat oder von höchstens  $\frac{1}{10}$ , im Durchmesser) bemerkt.

§. 93.

XIX. Vers. In verschiedene auf Glas zerfließende (ihm also adhärende) Flüssigkeiten, z. B. Milch, Lacmustinctur, Tinte, Wasser, Weingeist, Oel etc. stelle man senkrecht mehrere Haarröhrchen von verschiedener Weite, so daß sie ohngefähr ein paar Linien tief eintauchen: in kurzer Zeit werden die Flüssigkeiten darin in die Höhe steigen, und sich um so mehr über den Spiegel der äusseren Flüssigkeit erheben, je enger die Röhren sind, und je stärker die Flüssigkeiten

sigkeiten dem Glase anhaften. Man bemerkt dabei, daß die aufsteigenden Flüssigkeiten zuvörderst eine ausgehölte, nach den Glaswänden zu mit erhabenerem Rande stehende Oberfläche bilden, deren Rand aber vermöge der Enge des Röhrchens sogleich wieder zu einer mehr horizontalen Fläche zusammenfließt; daß sie sich dann aufs Neue heben, den Rand bilden, wiederum zusammenfließen u. s. f., bis endlich das Gewicht der aufgestiegenen Flüssigkeitssäule der Adhäsion der inneren Glasoberfläche des Röhrchens das Gleichgewicht hält. Daher steigt keine der Flüssigkeiten über die obere Mündung des Röhrchens, sondern höchstens bis zu ihrer inneren Grenze, auch wenn das Haarröhrchen kürzer ist, als die Höhe zu welcher die Flüssigkeit in einem längeren Röhrchen von gleicher Weite zu steigen vermag.

1) Das dünne fette Oel gehört zu den wenigen Flüssigkeiten, welche in Haarröhrchen von verschiedenem Glase, übrigens aber von gleicher Weite und Höhe, fast dieselben Höhen erreicht; bei andern Flüssigkeiten hingegen, bewirkt nach MUSCHENBROEKS Beob. a. a. O. T. I. S. 373, die Verschiedenheit des Glases (woraus die Haarröhrchen bestehen) rücksichtlich der Adhäsion und der daraus folgenden Höhe der Flüssigkeitssäulen, öfters schon beträchtliche Unterschiede. In Haarröhrchen von gleichem Durchmesser aus holländischem Flaschenglase steigen nach MUSCHENBROEK:



Wasserfreie Schwefelsäure auf	1",30	rheinl.
Schwefeläther-Weingeist	— 1",40	
Wasserfreier Weingeist	— 1",80	
Wässrige Salzsäure	— 2",07	
Wässrige Salpetersäure	— 2",07	
Terpentinöl	— 2",58	
Wässrige Schwefelsäure	— 3",25	
Destillirtes Wasser	— 3",40	
Wässriges Aetzammoniak	— 3",60	
Kohlensaures Ammoniak	— 4",56	

2) Um die Höhen der steigenden Flüssigkeiten abzumessen, dient theils ein senkrechtes weisses Brett mit einer Scale, worauf das Haarröhrchen befestigt wird, theils ein Streifen weisses Papier, woran man das Röhrchen klebt. Gefärbte Flüssigkeiten lassen sich deutlicher beobachten, jedoch wird die Flüssigkeit durch den färbenden Stoff immer mehr oder weniger viscid; zu sehr engen Haarröhrchen wählt man zweckmässiger farbenlose Flüssigkeiten. Die Höhen stehen übrigens mit dem specifischen Gewichte der Flüssigkeiten weder im geraden noch im umgekehrten Verhältnisse; die Stärke der Anziehung verhält sich umgekehrt, wie das Quadrat der Entfernung; die Höhe der aufgestiegenen Wassersäule (unter übrigens gleichen Umständen) umgekehrt, wie die Durchmesser der Röhrchen. Hohe Temperatur ändert die Anziehung bedeutend; vergl. oben.

3) Sind die inneren Wände des Röhrchens mit Fett oder Bärlappsamen ausgestrichen, so mangelt die Adhäsion zum Wasser, und dieses steigt daher nicht in die Höhe, sondern behält diejenige Höhe bei, welche es nach dem hydrostatischen Grundsatz er-

langen muß. Bloß die Adhäsion des Glases und nicht der Druck der Luft, oder die Stöße eines (z. B. von LE SAGE) hypothetisch angenommenen Aethers, ist der Grund des ganzen Phänomens. Vergl. MUSCHENBROEK diss. phys. experim. L. B. 1729. 4. p. 271. JOS. WEITBRECHT tentamen theoriae, qua adscensus aquae in tubis capillaribus explicatur, in den Comment. acad. petropolit. T. VIII. S. 262. LA LANDE diss. sur la cause de l'elevation des liqueurs dans les tubes capillaires. Paris 1770. 8. C. B. FUNCCII diss. de ascensu fluidorum in tubis capillaribus, Comment. I. II. Lips. 1773. 4.

4) Da sich die Durchmesser der Röhren umgekehrt, wie die Höhen der in ihnen befindlichen Wassersäulen verhalten (vergl. N. 2.) so verhält sich, wenn wir die Durchmesser mit  $D, d$  und die Wassershöhen mit  $A, a$  bezeichnen,  $D : d :: a : A$ ; mithin  $AD = ad$ ; d. h. das Product des Durchmessers durch die Höhe des Wassers, bleibt immer einerlei, oder die beständige Grösse 0,053 eines (paris.) Zolles. Es steigt nämlich bei 0,01 eines Zolles Durchmesser, das Wasser darin zur Höhe von 5,3 Zoll und  $5,3 \cdot 0,01$  ist  $= 0,053$ . Will man also wissen, wie hoch das Wasser in einer Glasröhre von gegebenem Durchmesser steigen werde, so darf man nur 0,053 mit demselben dividiren, dann drückt der Quotient die Höhe in Zollen aus; vorausgesetzt wenn der Einfluß der verschiedenen Reinheit des Glases und der Temperatur beseitigt ist. Die Oberfläche eines Cylinders, verhält sich bekanntlich wie das Product des Durchmessers multiplicirt mit der Achse oder der Höhe. Da nun bei dem mit Wasser gefüllten Theile des Röhrchens, das Product des Durchmessers durch die Höhe (bei ein

und derselben Glassorte und bei derselben Temperatur) eine beständige Grösse ist, so ist es auch die mit einer solchen Wassersäule in Berührung stehende innere Glasoberfläche.

5) Hieher gehören zum Theil die bereits erwähnten Einsaugungen des Fließpapiers, Schwamms etc. vorzüglich das Aufsteigen der Pflanzensäfte, die Incrustationen, die Efflorenz verschiedener krystallisirbaren Stoffe, der zufolge sich fest werdende Stoffe zu Röhrchen ausbilden, in denen der übrige unten stehende noch flüssige Antheil, nach und nach an den inneren Seitenwänden des Gefässes hinaufsteigt, die Röhrchen zugleich selbst verlängert und häufig über den Gefäßrand hinaus, auch die Aussenwände der Gefässe mit einer dünnen Rinde überzieht. Vorzüglich bemerkt man dergleichen bei dem salpetersauren Natron; bei einem Gemische von Salmiak und Kochsalz; beim grünen schwefelsauren Eisen; beim Mauersalpeter (Salpeterfrass) und bei vielen anderen Salzverbindungen. Vergl. KASTNERS Beiträge II. Bd. S. 41. Auch gehören hieher das Erstarren verschiedener Dünste: z. B. das auswendige Beschlagen eines mit liquider Salzsäure gefüllten offenen Gefässes; die Figurationen gefrorener Fensterscheiben etc.

§. 94.

XX. Vers. Ein kleines Quecksilberkügelchen werde auf reines Papier gelegt und darauf ein Stück Glas mit ihm in Berührung gesetzt: das Quecksilber wird von dem Papiere abgezogen dem Glase anhaften. Man bringe jetzt eine grössere Quecksilbermenge in die Nähe des dem

Glase anhängenden Kügelchens: das letztere wird das Glas sogleich verlassen, und dem stärkeren Anziehungstreben zum übrigen Quecksilber folgend, sich mit demselben schnell und vollkommen vereinigen; woraus folgt, daß das Quecksilber unter sich eine stärkere Anziehung als zum Glase hat, mithin auch in Haarröhrchen aus Glas sich nicht erheben können. Daß aber die Anziehung des Glases, sie möge so geringe seyn wie sie wolle, doch noch immer einen namhaften Werth hat, beweiset folgende Abänderung dieses Versuchs. Man lege einen grösseren Quecksilbertropfen auf reines Papier, berühre ihn von entgegengesetzten Seiten, mit zwei Stücken Glas und ziehe diese nun allmählich aus einander: so wird der Tropfen eine längliche ovale Form annehmen, und nur dann wenn man das Quecksilberquantum sehr vermehrt, in seiner vorigen Lage beharren.

## §. 95.

XXI. Vers. Zwei parallele Glasplatten tauche man einige Linien tief in eine hinreichende Menge Quecksilber: es wird zwischen denselben tiefer stehen, als das Quecksilber ausserhalb der Platten steht, und dieser niedrigere Quecksilberstand, wird sich ebenfalls umgekehrt wie die Entfernungen zwischen den Platten verhalten. Stellt man dabei die Platten so, daß sie einen

spitzen Winkel machen, so bildet das Quecksilber, indem es je näher dem Winkel je niedriger steht, eine Hyperbel, deren Asymptoten die senkrecht stehenden Ränder der Glasplatten (mit denen sie aneinander gefügt werden) und die Gesichtslinie des Quecksilbers in dem Gefässe sind (Vergl. §. 92.). — Wählt man statt der Glasplatten Haarröhrchen, die man beim Eintauchen zur besseren Beobachtung an die Seite des Gefässes hält, so wird sich auch hier die Niederdrückung des Quecksilbers umgekehrt verhalten, wie die Durchmesser der Röhren. Füllt man eine an beiden Enden offene Röhre, deren unteres Ende in ein enges Haarröhrchen ausläuft, ohngefähr 1 — 2 Zoll hoch mit Quecksilber, so wird dieses nicht durch die untere Oeffnung dringen; dieses wird aber sogleich erfolgen, wenn man mit diesem unteren Ende anderes Quecksilber berührt.

1) Schon im gewöhnlichen weiten Glasgefässe steht das Quecksilber mit convexer Oberfläche (vergl. § 89. N. 5.) bildet also einen vertieften Rand, d. h. steht vermöge der grösseren Stärke seiner Cohäsion an den Seitenwänden niedriger als in der Mitte; in den Haarröhrchen bleiben die Grundgesetze der Quecksilberanziehung dieselben, nämlich die Cohäsion zwischen den denkbaren Quecksilbertheilen ist stärker als die Adhäsion zu den Glaswänden; es wird sich also auch ein niedriger Rand bilden, der sich aber vermöge

der Enge der Röhre über alles von ihren Randgrenzen einschließbare Quecksilber erstreckt, und daher seinen tieferen Stand in demselben Maasse hervorruft, als wie durch zunehmende Enge die Bildung des tieferen Quecksilberrandes veranlaßt wird; auf ähnliche Weise wie umgekehrt bei adhären den Flüssigkeiten, die erhobenen Ränder zusammenfließen und dadurch das Nachsteigen der Flüssigkeit möglich machen.

2) Geschmolzenes Blei und wahrscheinlich alle übrigen geflossenen Metalle zeigen dasselbe; vergl. GELLERT phaenom. plumbi fusi in tubulis capillaribus in den Comment. acad. Petropolit. XII. p. 245. Hingegen steigt Quecksilber in zinnernen und bleiernen Röhren wie Wasser in Glas.

3) Auch gehört hieher ein von mehreren Physikern, wie es scheint, unrichtig aufgefaßtes Phänomen. „Eine kleine, zarte, reine und trockene stählerne Nadel, lege man vorsichtig auf Wasser: sie wird darauf schwimmen, mit einer um ihr her beträchtlich breiten Vertiefung.“ Das Gewicht der Nadel drückt die gerade unter ihr befindlichen Wassertheilchen nieder, ohne ihnen zu adhären, die Wassertheilchen unter sich besitzen also grössere Adhäsion und Zusammenhaltung als zur Nadel; diese Zusammenhaltung vermag das geringe Gewicht der Nadel nicht zu überwältigen, es werden daher die den unterliegenden Wassertheilen zunächst anliegenden Theilchen wegen des verhältnißmässig stärkeren Zusammenhangs, mit unter die gewöhnliche Gesichtslinie des Wassers gezogen, deren so bewirkte Vertiefung bei gehörig auffallendem Lichte leicht bemerkt werden kann. Vergl. LINK: Ueber Naturphilosophie 1806.

4) Ob übrigens die in den Haarröhrchen befindliche Luft selbst, nicht einigen Antheil an dem niederen Stande des Quecksilbers habe, ist noch nicht entschieden, mir indefs wahrscheinlich; es ist nämlich 1) die Luft im Röhrchen vermöge der verhältnißmässig stärkeren Adhäsion der inneren Glaswände, minder verschiebbar, als ausser dem Röhrchen, wird also auch beim Eintauchen des Röhrchens ins Quecksilber, einen mehr als gewöhnlichen Druck gegen dessen Oberfläche ausüben; 2) adhärirt das Quecksilber in der TORRICELLISCHEN Leere dem Glase ziemlich stark, bildet bei möglichster Reinheit keinen merklich vertieften Rand, und nähert sich mehr einer horizontalen Ebene. Dafs Wasser in Haarröhrchen aufsteigt kann jener Bemerkung nicht zum Einwurfe dienen, da seine Adhäsion zum Glase nicht blofs stärker als seine Cohäsion, sondern auch stärker als die Adhäsion der Luft zum Glase ist.

D) *Von der Adhäsion fester Körper.*

§. 96.

XXII. Vers. Mittelst eines scharfen Messers schneide man von zwei Bleikugeln, von jeder ein Stück so ab, dafs sie mit diesen flachen Oberflächen an einander gefügt, genau anschliessen; so werden sie so fest an einander hängen, dafs kaum ein Gewicht von 80 — 100 Pfunden hinreicht sie aus einander zu reissen, und hat man sie getrennt, so findet man ihre Oberflächen

(24<sup>2</sup>)

ziemlich rauh. Dasselbe findet auch in der GUERIKESCHEN Leere statt.

1) Am besten hängt man die eine dieser Kugeln, mittelst eines durch ihren Mittelpunkt in horizontaler Richtung gehenden Ringes, an einen Haken senkrecht auf, und versieht die unten angefügte zweite Kugel mit einem ähnlichen Ringe und Haken, um sie mit Gewichten beschweren zu können. — Mehrere zum Theil hieher gehörende Versuche kommen bereits unter A. dieses Cap. vor.

2) Die rauhe Oberfläche des Bleies nach dem Auseinanderreißen beider Kugeln, zeigt daß das Anziehungsverhältniß beider Theile, während ihrer Berührung sich etwas geändert habe. Wäre es nämlich bei blosser Adhäsion der Flächen geblieben, so würden beide Flächen (ohne in die Masse des Bleies einzugreifen) an demselben Stellen auseinander gerissen seyn, an welchen sie sich berührten; indem die Adhäsion zwischen beiden (wie es der Versuch selbst zeigt) schwächer als die Cohärenz der Bleimasse ist. Es müssen mithin bei der Berührung und vorzüglich im Augenblicke des Abreissens, von Innen (dort wo beide Flächen sich berühren) nach aussen (nach den Massen zu) in entgegengesetzter Richtung wirkende Anziehungen eingetreten seyn, die bei der wirklichen Trennung Spitzen- oder längliche Streifenbildung zur Folge hatten. Anziehungen der Art nennen wir magnetische, und in sofern alles Feste auf ähnliche Weise zerreißt, sind wir schon dadurch im Stande, die magnetische Anziehung als etwas in dem Festen Beständiges nachzuweisen. In der Folge hierüber mehr. Einstweilen vergl. §. 88. N. 2.



3) Hieher gehören zum Theil die Anhaftung der Metallbelege, z. B. des aus Zinnamalgam bestehenden Spiegelbelegs; das Schweissen des Eisens und der Platina; das Löthen etc. Vergl. oben A.

E) *Von der Zusammenhaltung oder Cohärenz der Körper.*

§. 97.

XXIII. Vers. Verschiedene Fäden von Hanf, Flachs, Baumwolle, Seide und einige sehr dünne Dräthe von Zinn oder Blei, werden so herabhängend befestigt, daß man verschiedene Gewichte senkrecht schwebend damit verbinden kann: alle werden ein beträchtliches, bei jedem einzelnen verschiedenes Gewicht erfordern, um zu zerreißen; die abgerissenen Flächen werden mehr oder weniger rauh und spitzig seyn, und zwar die Metalldräthe am meisten.

1) Bei dem Tropfbaren ist das eigene Gewicht zur Zerreißung (vergl. §. 71.) hinlänglich; bei weichen Substanzen wird dazu schon eine gewisse Gewalt erfordert; bei den festen ist diese so bedeutend, daß wenigstens bei solchen auf der Erdoberfläche befindlichen Massen, meistens weder die Erdschwere noch die Adhäsion anderer Körper vollkommen hinreicht, wirkliche Zertrennung zu bewirken. Jedoch gewähren abreissende Felsstücke; die Entstehung von Spalten, Klüften und Gangöffnungen, Bergstürze, einfallende Ruinen etc. Beispiele, von, an einigen Stellen durch die Erdschwere aufgehobener Cohärenz; rücksichtlich der Zerreißung durch Adhäsion, vergl. man den vorigen §. und ausserdem §. 89. N. 2.

2) Aus verschiedenen Beobachtungen scheint die (jedoch nur auf Analogie gestützte) Folgerung hervorzugehen, daß die Cohärenz fester Körper um so grösser ist, je mehr die Aggregativtheile derselben ein Continuum bilden. Salzkristalle sind minder cohärent, als erdige Fossilien; der Demant (einer der cohärentesten Substanzen) ist es mehr als der Sapphyr, dieser mehr als der Topas, der mehr als der Schmaragd, dem Bergkrystall, edler Schörl (Turmalin) gemeiner Opal, Flußspath, Gyps und kohlen-saurer Kalk folgen. Eichenholz (dem Buchsbaum und Pflaumenbaumholz hierin fast gleich kommen) ist cohärenter als Erlen- und Ulmenholz, und diesem folgen Rothtannen-, Weifstannen-, Ahorn und Höl-lunderholz.

3) Die Methoden deren man sich bedient hat, die Cohärenz der Stoffe zu bestimmen, kommen sämtlich darin überein, daß man die Schwere zum vergleichenden Maasstabe wählt; unbestimmter werden die Resultate, wenn man einzelne Stoffe von einer als bekannt angenommenen Cohärenz zur vergleichenden Einheit wählt. Bei allen Versuchen der Art, hat man soviel wie möglich auf gleiche Temperatur, gleichen Feuchtigkeitszustand und Gleichheit der Massen zu sehen. Bei Metallen muß darauf gesehen werden, ob sie gehämmert, oder zu Drath gezogen, oder geschmolzen angewendet werden, und man darf nicht vergessen, daß die streckbareren Metalle sich zuerst dehnen ehe sie zerreißen. MUSCHENBROEK in seiner Dissert. phys. experim. p. 432 fand, daß die Dräthe (von 10 rheinl. Zoll Dicke) folgender Metalle von nachstehenden Gewichten zerreißen:

Blei . . . . .	29 $\frac{1}{4}$	Pfunde.
Zinn . . . . .	49 $\frac{1}{2}$	
Kupfer . . . . .	299 $\frac{1}{4}$	
Messing . . . . .	360	
Silber . . . . .	370	
Eisen . . . . .	450	
Gold . . . . .	500	

Gr. v. SICKINGEN (dessen Versuche über die Platina. Mannheim 1782. 8.) stellte ähnliche Versuche aber genauer mittelst einer zweckmässig eingerichteten Maschine an; indem er durchgängig 0,5'' paris. Dicke und 2 paris. lange Metalldräthe wählte, woraus sich ganz andere der verschiedenen Härte der Metalle mehr correspondirende Verhältnisse ergeben.

	Pfund.	Unz.	Quent.	Gran.
Gold zerrifs von	16	6	0	45 $\frac{3}{4}$
Silber - -	20	11	1	43 $\frac{1}{2}$
Platina - -	28	7	3	65 $\frac{1}{2}$
Kupfer - -	35	0	7	64
Eisen (sehr weiches)	39	6	0	47 $\frac{2}{3}$
Messing - -	40	15	3	14 $\frac{6}{7}$
Eisen (sehr sprödes)	60	12	0	8

ANTONI (l'usage des armes à feu) schlägt zur Cohärenzbestimmung folgendes Verfahren vor: man befestigt in einer gewissen Höhe einen spitzen keilförmigen Körper, und läßt ihn von dieser Höhe auf einen in bestimmte Entfernung gestellten festen Körper senkrecht herunter fallen; aus der Grösse der Vertiefung schließt man auf die Grösse des Zusammenhangs. Zweckmässiger wäre es den keilförmigen Körper auf die Platte des festen Körpers zu stellen, und mit Gewichten zu beschweren; jedoch findet das ganze Verfahren bei spröden, weichen und elastischen

Körpern keine Anwendung. Ein Beispiel sehr grosser Cohärenz einer Metallmischung, gewähren die Räder, die ohne zerquetschet zu werden, dazu dienen, den grossen Granitblock von 4 Millionen Pfund zum Piedestall der Statue PETERS des I. herbeizuführen; ferner die Masse der Kugeln (vergl. SPÄRMANN'S Reisen) zur Erlegung der Rhinoceros und ähnlicher Thiere.

4) Bei verschiedenen Substanzen ist der Grad von Zähigkeit und Zusammenhalt noch veränderlicher als bei den Metallen; vorzüglich gilt dieses vom Holze. Grünes junges Holz ist minder cohärent als altes Stammholz; z. B. ein Stück Eichenholz (vom Stamme) von einem Zoll ins Gevierte, zerbricht von einem über 350 Pfunde gehendem Gewichte, trägt jenes hingegen einige Zeit hindurch, zerreißt aber öfters schon von der Hälfte des Gewichts, wenn es von Aesten gewählt ist; ein gutes hänfenes Seil, trägt an einem Ende an tausend Pfund, aber nur eine Zeit hindurch, es wird nach und nach gedehnter und minder zähe und zerreißt dann. — Vergl. MUSCHENBROEK *introduc. ad philos. natur.* I. p. 390. BUFFON in den *Mem. de l'academ. de Paris.* 1740. p. 153. 1741. p. 192. GUITON a. a. O. — G. L. v. PÖLLNITZ *Abh. über die Festigkeit der Materialien.* Leipz. 1795. 8.

5) Die Härte der Körper richtet sich nicht immer nach ihrer Cohärenz; so zerreißt z. B. eine Glasstange von einem weit geringeren Gewichte, als eine Eisenstange von gleichem Umfange und von gleicher Länge, aber das Glas schabt Eisen, dasselbe (gemeine Stab-) Eisen hingegen nicht das Glas. Die Härte bestimmt man relativ von dem Weichen ausgehend, durch das was den Fingernagel, verschiedene weiche Fossilien der talkerdigen und thonerdigen Reihe, das

Glas, den Quarz, und mehrere sehr harte Fossilien der thonerdigen und Kieselerdigen Reihe, bis endlich zum Demant, ritzt; was am Stahle Funken giebt, der engl. Feile widersteht etc.

6) Jeder feste Körper ist in sofern hart (*durum*) als er dem Eindrücke eines anderen widersteht; hingegen weich (*molle*) wenn er ohne seinen Zusammenhang zu verlieren dem eindringenden Körper nicht widersteht. Verliert er beim Druck oder Stofs seinen Zusammenhalt leicht, so nennt man ihn mürbe (*marcidum, mite*); erleidet er nicht sowohl (sehr leicht) bleibende Eindrücke anderer Körper, als vielmehr nur Verschiebung seiner Theile, so heisst er schlaff (*laxum*); hingegen starr, straff oder steif (*rigidum*) wenn auch selbst durch beträchtlichen Kraftaufwand die gegenseitige Richtung der Aggregativtheile nicht verrückt werden kann. Diesen letzteren Ausdruck braucht man auch häufig statt fest; so wie überhaupt alle diese und ähnliche Wortzeichnungen relativ sind. Von dem schlaffen Körper unterscheidet man ferner den biegsamen (*flexile*) und den im hohen Grade biegsamen oder zähen (*tenax*); von dem starren den zerbrechlichen (*fragile*) und den spröden (*intractabile*); bei dem letzteren befinden sich die Theile in einer solchen gegenseitigen Spannung, das nicht einer oder einige abgebrochen werden können, ohne die Zerreißung eines grösseren Theilganzen, oder auch wohl des ganzen Körpers nach sich zu ziehen. Beispiele gewähren die geschwänzten Glastropfen und die Bologneserflaschen (*Phiolae Bononienses*). Oefters sind Körper dieser Art bei kleinen Längen leicht zerbrechlich, bei grösseren mehr oder minder biegsam

und contractil elastisch; dahin gehören dünne lange thönerne Pfeifen, der Gelenkquarz, das Marienglas (großblättriger Glimmer) und lange Glasfäden. Von dem biegsamen Körper wird der streckbare (ductile) unterschieden, der sich der Länge nach beträchtlich erweitern, der Breite und Dicke nach sehr verkleinern läßt; ohne seinen Zusammenhang zu verlieren. Das Strecken geschieht theils durch Hämmern; theils durch Ziehen und Spannen, vergl. §. 40—45. Jenes vermindert unmittelbar die Dicke und vermehrt dadurch die Länge und Breite; dieses vermehrt unmittelbar die Länge, und mindert dadurch die Breite und Dicke. Grosse Streckbarkeit bezeichnet man auch wohl durch Zähigkeit oder Geschmeidigkeit (Tractabilitas); jedoch wählt man den letzteren Ausdruck vorzüglich bei nicht sowohl ursprünglich festen Körpern, als vielmehr bei solchen, welche durch damit verbundene Flüssigkeiten so biegsam geworden sind, daß sie sich leicht kneten lassen und in jede Form fügen; z. B. weiche Pflaster, Teige, Balsame etc. Letztere haften zugleich mehr oder weniger an andere Körper, oder bleiben wenigstens beim Wegziehen derselben zum Theil hängen, und ist dieses der Fall, so nennt man sie klebrig oder schmierig (viscidum, viscosum). — Der Versuch einer Andeutung der Möglichkeit dieser Abänderungen des Festen, kann erst in der Folge vorkommen.

7) Cohärenz und Dichtigkeit bilden denen bis zur Zeit vorhandenen Beobachtungen gemäß, zwar keine gleichlaufende Reihen, indess wird doch häufig beides zugleich vermehrt oder vermindert. Der Phosphor z. B. ist minder cohärent als die feste Phosphor-

säure und weniger dicht; der Schwefel dichter als die Schwefelsäure, letztere ist aber auch weniger cohärent; die Alkalimetalloide sind minder dicht und weniger cohärent (im flüssigen Zustande) als das Alkali, als feste metallartige Massen ist es vielleicht umgekehrt. Vermischungen mit anderen Substanzen haben überhaupt einen wesentlichen Einfluß sowohl auf Dichtigkeit, als auch auf die Cohärenz der Materien; besonders merkwürdig ist hier die (in der Folge näher zu untersuchende) Verbindung mit Sauerstoff. Alle reine Metalle sind cohärenter und dichter als die oxydirten; etwas ähnliches gilt vom Wasserstoff. — Jedoch kommen auch Fälle vor, wo sich das ganze Verhältniß umkehrt: z. B. Gold ist dichter aber minder cohärent als Eisen etc. vergl. SICKINGENS Tabelle; das weiche Stabeisen ist dichter als das spröde Gufseisen, und dennoch ist letzteres (wenn auch Härte oder Sprödigkeit als etwas nicht mit Cohärenz zu verwechselndes betrachtet wird) cohärenter. — Man muß indess bei solchen und ähnlichen Vergleichen nie vergessen, daß man es z. B. beim Metalloxyde, mit einem gleichsam ganz neuen, streng genommen mit dem ehemaligen Metalle in keine Vergleichung stellbaren Körper zu thun hat. Eher sind dergleichen Folgerungen bei solchen Veränderungen der Körper möglich, wo keine schwere Materie Grund der Veränderung ist, z. B. bei erwärmten Substanzen. Hier zeigt aber die Erfahrung, daß Dichtigkeit, Adhäsion und Cohäsion fast gleichmäßig vermehrt oder vermindert werden.

8) Nochmals wenden wir uns zur Betrachtung der durch den Riß entstandenen Oberflächen, zerrissener fester Massen. In dem Maase wie die Härte

ohne grosse Continuität in den verschiedenen festen Körpern zunimmt, wird gemeinhin auch ihr Bruch (und mithin jene Oberflächen) splittrich, zackig, spitzig oder rauh; ferner in dem Maasse wie sich Härte mit Continuität paart, mehr oder minder flach, eben, muschlich. Bei jeder continuirlich zusammenhängenden Masse, ohne merkliche Härte, z. B. beim Tropfbarflüssigen, bei der Gallerte etc. unterscheiden wir keine bestimmte Bildungsrichtung des Ganzen, beim Zerreißen, kein gegenseitiges Eingreifen der Massen, sondern ein mehr oder minder deutliches ruhiges Ablösen der Theile. Im Verhältniß der zunehmenden Härte z. B. schon beim Glase, lassen sich verschiedentlich deutlich gewisse Bildungsrichtungen verfolgen, welche die einzelnen in einander gefügten Theile in einer schwächeren oder stärkeren Spannung halten; am deutlichsten ist dieses endlich bei den krystallinisch festen Massen der Fall. So wie beim Abreißen adhärender fester Körper und beim Zerreißen cohärenter Massen, ein in einander greifendes Gefüge sichtlich wird, so auch beim Zertrümmern und Zerklüften des Krystalls. Im ersteren Falle war aber dieses Gefüge noch nicht vorhanden, sondern wurde erst beim Auseinanderreißen ehemals geglätteter Flächen; hier wurde also durch Berührung, was dort bei den cohärenten und krystallinischen Massen, schon vom Entstehungsmomente an gegeben war; da nun gleiche Wirkungen auf gleiche Ursachen zu schliessen gestatten, so folgern wir, daß dieselben Thätigkeitsverhältnisse, welche zwischen den sich berührenden glatten Flächen, durch die Berührung wach wurden, bei den cohärenten und krystallinischen Massen schon im ersten Momente



ihres Werdens gegeben waren. Es bestanden aber diese Thätigkeitsverhältnisse, in einem Wirken eines erst erzeugten Inneren (eines Indifferenzpunctes) nach aussen in entgegengesetzter Richtung, und wir nannten dort (§. 96. N. 2.) diese Art von Thätigkeitsform in der Natur, das magnetische Verhältniß; sollte dieses demnach nicht aller Cohärenz und aller Krystallisation vorangehen? Versuchen wir es, die Lösung dieser Frage zuvörderst durch genauere Untersuchung des magnetischen Verhältnisses selbst vorzubereiten; und vergleichen wir einstweilen §. 25—30. §. 31—33.; so wie über Adhäsion und Cohärenz überhaupt noch: die Versuche und Beobachtungen eines CARRADORI, VENTURI, PREVOST, DRAPERNAUD, RUMFORD und LINK — GILBERTS ANN. B. 24. S. 121 etc.

## IV. CAPITEL.

## VON DEM MAGNETISMUS.

A) *Von der Erregung des magnetischen Verhältnisses.*

§. 98.

XXIV. Versuch. Ein längliches schmales vierkantiges Stahlstäbchen, werde entweder mittelst eines in seinem Schwerpunkte befestigtem Achathütchen auf einem senkrecht stehenden Stifte, oder durch einen dünnen ungedrehten in seinem Schwerpunkte befestigten Faden, in horizontaler Lage frei schwebend erhalten. Wollte man diese (gegen Rost geschützte) Vorrichtung lange Zeit hindurch in ihrer Lage erhalten, und dabei von Zeit zu Zeit der Länge nach mit anderem (unmagnetischen) Eisen streichen, so würde man bemerken, wie nach und nach das Stäbchen, eine den Erdpolen entsprechende Richtung von Nord nach Süd annimmt, und wie es im gleichen Maasse Eisenfeile und andere kleine eiserne

Körper anzieht. Dasselbe wird aber schon früher geschehen, wenn man das Stäbchen von Zeit zu Zeit hämmert; noch früher wenn man es öfters gegen den Boden stößt und dabei abwechselnd stark erkältet und sehr mässig erwärmt; am schnellsten wenn es mit einem natürlichen Magnete in Berührung gesetzt oder bestrichen wird.

1) Der Versuch zeigt deutlich, daß in dem Stahle seiner Natur nach schon die Möglichkeit liegt, mit den Polen der Erde und mit magnetisch anziehbaren Stoffen in thätige Beziehung zu treten; und daß es nur irgend einer (am besten schon magnetischen) Aufforderung von Aussen bedarf, welche hinreicht den Stahl in Wirksamkeit nach aussen zu versetzen vermag, um es zum Magnete zu machen; vergl. ANTHEAULME's Methode Magnete zu verfertigen: GEHLERS Wörterb. III. 113. Ausser den angeführten Weisen der Erregung des Magnetismus, giebt es noch eine Menge von mehr oder weniger ähnlichen Verfahrensarten, z. B. daß in der Folge zu berührende Electrisiren des schwebenden Stahlstäbchens; alle kommen indeß darin überein: daß sie den Stahl zu Thätigkeiten nach aussen bestimmen, ohne seiner eigenthümlichen Beschaffenheit, seiner Eisennatur, Eintrag zu thun; in allen Fällen hingegen wo dieses letztere geschieht, z. B. bei Auflösungen und Mischungen des Stahls oder Eisens, zeigt die Beobachtung keine Spur vom erweckten magnetischen Verhältnisse, sondern wenn dieses vielleicht auch im Augenblick des Angriffes hervorträte, so hebt es doch die werdende Mischung selbst sogleich wieder auf.

2) Das reine Stabeisen wird eher magnetisch als der Stahl (d. i. Kohlenstoffhaltiges Eisen) aber sein Magnetismus ist minder dauernd, und das ganze Verhältniß in ihm wie es scheint weniger fest begründet, als im Stahl. Kleine dem Eisen beigemischte Mengen von Schwefel oder Phosphor verhalten sich nach HATCHET (NICHOLSONS Journ. of natural Philosophy, Chemistry and the arts. Vol. X. N. 40. S. 265—267 u. Vol. XI. N. 41. S. 6—17) auf ähnliche Weise, wie der Kohlenstoff im Stahl. Je längere Zeit und je stärkere Aufforderung ein Eisen heischt um magnetisch zu werden, je länger und dauernder bleibt es magnetisch. Hartes Eisen wird schwerer magnetisch als weiches, bleibt es aber länger als dieses.

3) Ausser dem Eisen und dessen Vermischungen mit etwas Kohlenstoff, Schwefel oder Phosphor, zeigt sich auch das mit wenig Sauerstoff verbundene Eisen, oder das sogenannte unvollkommene Eisenoxyd schwach magnetisch; im noch geringeren Grade das mit Säuren verbundene unvollkommene Eisenoxyd, z. B. das grüne schwefelsaure Eisen. Eisenhaltige Substanzen sind es gewöhnlich nach Maassgabe ihres Eisengehalts, und in dem Maasse, wie das Eisen darin unvollkommen oder vollkommen oxydirt, oder anderweitig gemischt existirt. Den Magnetismus des Nickels, Kobalds und Chroms (BERGMANN de Niccolo in s. Opuscul. phys. chem. Upsal. 1780. p. 240; KLAPROTH in d. Beiträgen zur Kenntniß der Mineralkörper. II. S. 42. 48; RICHTER in GEHLENS Allg. Journ. f. d. Chemie. III. 3. S. 255. THENARD ebend. IV. 3. S. 287. — Ueber den Kobald: KOHL in CRELLS neuest. Entdeck. VII. S. 39. WENZEL in J. MAYERS Samml. phys. Aufs. III. Dresden 1793. 8.

S. 388. Ueber Niccolan — ein Gemisch von Nickel und Kobald — und Chrom: (RITTER in GEHLENS n. Journ. d. Chemie. V. 4. S. 393) hat man erst in neueren Zeiten als diesen Metallen eigenthümlich, und nicht, wie man sonst glaubte, von beigemischtem Eisen herrührend anerkannt. WENZEL und LANDRIANI verfertigten Magnetnadeln (so nennt man freibewegliche magnetische Stäbchen, wie z. B. das Stahlstäbchen des obigen Versuchs, die nach BENNET, vergl. GRENS Journ. d. Phys. VII Bd. 355. am besten vermittelst der starken Fäden der Kreuzspinne aufgehängt werden) aus reinem Kobald. RITTERS Beobachtungen über Magnetnadeln von Zink und Silber (vergl. KASTNERS Grundr. d. Chem. S. 211) harren noch der Bestätigung. Nach demselben Physiker werden Goldnadeln magnetisch, wenn man sie electricisirt; etwas ähnliches sah ich an einem Streifen von nicht absolut reinem Kobald; vergl. a. a. O. ebendas. und am Quecksilber wird die Folge der Untersuchungen analoge Phänomene nachweisen. Eisen, Nickel, Kobald und Chrom können daher als selbstständige magnetische Metalle betrachtet werden, die frei schwebend eine den Polen der Erde entsprechende Stellung annehmen, ähnliche entgegengesetzte Anziehungsverhältnisse auch gegen jeden künstlichen Magnet behaupten; und alle des Magnetismus fähige Substanzen, auch dann schon anziehen, wenn dieselben zuvor noch nicht magnetisch waren.

4) W. ANDRON (im I. Bd. des ROY. Magaz. S. 23) CAVALLO (Philosoph. Transact. for the Year 1786. P. I. S. 62 u. ff.) u. a. — neuerlich ich selbst, an einem kleinen zur Electricitätsprüfung der Mineralien bestimmten Conductor: sahen stark magnetisches Mes-

sing; BRUGMANNS (de affinitatibus magneticis obs. acad. L. B. 1778. 4. übers. v. ESCHENBACH. Leipz. 1781. 8. S. 161) desgleichen Kupfer und Zink; BERGMANN (Opus. II. p. 203) und HIELM (CRELLS Annal. 1787. I. S. 163) fanden, daß kleine Körner von Manganes; BRUGMANNS (a. a. O. S. 293), daß der gelbe und der farbenlose Demant; von ARNIM (GILBERTS Annal. III. I. S. 48), daß Nadeln aus Holzkohle, und nach BRUGMANNS noch eine Menge anderer Stoffe, vorzüglich verschiedene Fossilien (vergl. v. ARNIMS Uebers. der magnet. nicht metallischen Stoffe, in GILBERTS Annal. V. 4. S. 384) die meisten wohl nur vermöge eines Eisen- oder Chromgehaltes (vergl. RITTER in GILBERTS Annal. IV. I. S. 29) von künstlichen Magneten angezogen werden. Merkwürdig ist die Beobachtung des Prof. FORDA, daß ausser dem Eisen auch Steine, Kalk etc. vollkommen magnetisch wurden, als sie durch den Blitz von der Kugel der Kirche des grossen Gymnasiums zu Rom abgeschlagen worden waren, womit auch ähnliche Beobachtungen des Pater BREISLAK zu Rom, über eine vulcanische Schlacke übereinkommen. Vergl. LICHTENBERGS Mag. fortges. von VOIGT Bd. IV. St. 4. S. 34 etc. — COULMOE fand endlich, daß die heterogensten Stoffe; Metalle, Glas, Kreide, Thierknochen, Hölzer etc. momentan magnetisch werden, wenn sie in Gestalt kleiner Nadeln oder Cylinder von drei paris. Linien Länge und nicht über  $\frac{3}{8}$  Linie Dicke, schwebend zwischen den entgegengesetzten Polen zweier Magnete erhalten werden. Vergl. Journ. de Physique L. IV. p. 367. 454. übers. in GILBERTS Annal. XI. 3. S. 367. XII. 2. S. 194. Ueber die bei solchen Versuchen nö-

thigen Vorsichtsregeln, um etwaigen Täuschungen zu entgehen, vergl. BENNET a. a. O.

5) Der sogenannte natürliche Magnet (ein Eisenerz 30—38 Pfund Eisen im Centner enthaltend von eisengrauer, zuweilen röthlichbrauner, oder weißlichgrauer Farbe, fein- und grobkörnig öfters auch in Form stumpfeckiger Granaten in mehreren Fossilien eingesprengt, vorzüglich in nördlichen Gegenden vorkommend; vergl. KARSTENS miner. Tabellen 2te Aufl. Berlin 1808) ist dasjenige Fossil, an dem man zuerst die magnetischen Eigenschaften bemerkte. Nach WERNER, soll er auf der Halde erst magnetisch werden; und nach GMELIN, in Sibirien, von der besten Stärke in unbeträchtlichen Tiefen, und an denen von Moos bedeckten, der Luft bloßgestellten Felswänden vorkommen. Vergl. WALLERIUS Mineralsystem II. Thl. Berlin 1783 und STEFFENS Beiträge zur innern Naturgeschichte der Erde. I. Thl. Freiberg 1801. 8. — Sein Name soll von der Stadt Magnesia in Lydien (Hæraclea) abstammen, wo er angeblich zuerst gefunden wurde; vergl. CAVALLO theoretische und practische Abhandl. der Lehre vom Magnete, mit eignen Versuchen, aus d. Engl. Leipzig 1788. 8. und GEHLENS phys. Wörterb. III. S. 111. In neueren Zeiten hat man ganze Gebirgsmassen magnetisch angetroffen. A. v. HUMBOLDT bemerkte dieses zuerst an einem Serpentinfels; andre beobachteten etwas ähnliches an anderen Gebirgsarten; GRENS Journ. IV. I. S. 156. ZIMMERMANN in den Heidelb. Jahrb. d. Lit. 1808. Intell. Bl. N. VII. GILBERT a. a. O. III. I. S. 113. — N. BERGM. Journ. I. 542—563.

6) Läßt man einen eisernen Stab, an dem einen Ende mit einem Pole eines Magnets kurze Zeit hin-

durch bloß in Berührung, so ist der Stab nur während der Berührung magnetisch; um ihn dagegen in einen dauernden künstlichen Magnet umzuwandeln, wird erfordert, daß man ihn auf eine zweckmässige Weise mit einem wirklichen Magnete streicht. Man unterscheidet den einfachen und den Doppelstrich; bei ersterem setzt man den Nordpol eines guten Magnets, in die Mitte C (Fig. 15) des eisernen oder stählernen, cylindrischen oder besser (der bequemeren Lage wegen) parallelepipedalischen Stabes, streicht diesen damit bis ans eine Ende (N oder S), hebt den Magnet einige Zoll weit ab, setzt ihn wieder in C an, und streicht nach der nämlichen Richtung u. s. f.; bei letzterem setzt man beide Füße eines armirten Magnets in C so an, daß der Nordpol nach dem einen Ende des Stabes gewendet ist, streicht dann bis an dies Ende, so daß es vom Nordpol berührt wird, fährt ohne abzuheben bis zum anderen Ende des Stabes zurück, so daß dieses vom Südpol des Magnets berührt wird u. s. f. und hebt endlich den armirten Magnet in der Mitte des Stabes wieder ab. Je stärker der streichende Magnet ist, um so weniger Streichungen sind bei übrigens gleichen Umständen nöthig. Ueber SJÖSTEENS Kreisstrich, vergl. GILBERT a. a. O. XVII. 3. S. 325.

7) Der Magnetnadeln bedient man sich theils zur Bestimmung der Weltgegenden, theils um das Vorhandenseyn, die Richtung und die Stärke magnetischer Kraft in anderen Körpern zu prüfen; indem man diese der Magnetnadel nähert und prüft ob die Lage der Nadel dadurch verändert wird. Um sie gegen Luftzug und Feuchtigkeit zu schützen, schließt man sie gewöhnlich in mit Glasscheiben bedeckten



Kapseln ein, und verfährt bei ihrer Magnetisirung folgendermaassen: die lange, dünne und schmale aus wohl gehärtetem Stahle gefertigte Nadel, deren Enden keilförmig zugeschärft sind, legt man mit einer Hälfte auf das Nordpolende eines Magnets, mit der anderen auf das Südpolende eines anderen Magnets, zieht dann beide Magnete unter der in der Mitte festgehaltenen Nadel der Länge nach fort, stellt die vorige Lage wieder her und wiederholt diese Art von Streichung so oft, bis sie sich hinreichend magnetisch zeigt. Eine in eine Kapsel verschlossene zweckmässig eingerichtete Magnetnadel heisst ein *Compass* oder *Boussole*. Die ersten Seecompassen in Europa, wurden von einem Neapolitaner *FAVIUS* oder *JOHANN V. GIOJA* (oder *GIOVA* oder n. a. *GIRA*) der im dreizehnten Jahrhunderte lebte gefertigt. Ueber die chinesische Methode die Nadel aufzustellen, vergl. *CAVALLO* a. a. O. S. 91. Ueber *COULOMBS* Methode vergl. *GRENS Journ. d. Phys.* II. 3. S. 348.

8) *KNIGHT* fertigte künstliche Magnete, aus einem Teige von fein zertheiltem schwarzen (unvollkommenen) Eisenoxyde, Leinöl und Wachs; vergl. *GEHLERS Wörterb.* III. S. 114. 115. *INGENHOUS* liess stählerne Röhrchen auf Oel schwimmen; dessen *phys. med. Schriften* übers. v. *MOLITOR*. Wien 1784. I. S. 381. Da wie die Folge zeigen wird, eine vor dem Magnetisiren balancirte (ins Gleichgewicht gebrachte) Nadel, ihr Gleichgewicht nach dem Magnetisiren verliert; so versieht man die Nadel mit einem kleinen messingenen Laufgewichte, welches solange vom Mittelpuncte ab, oder demselben zugeschoben wird, bis das Gleichgewicht der Nadel wieder hergestellt ist.

9) Einigen Physikern u. a. (CAVALLO Philosoph. Transact. Vol. LXXVI und LXXVII.) zufolge, soll die magnetische Action durch chemische Erregung und Einwirkung erhöht werden. C. behauptet stärkere Anziehungen zwischen dem Eisen und einem Magnete gesehen zu haben, wenn das Eisen der Einwirkung der Salpeter- oder Schwefelsäure ausgesetzt war. Dies veranlafste mich es zu versuchen eine Art magnetische Batterie mit Hülfe der Salzsäure zu construiren, ich unterliefs indels einstweilen die Ausführung des Versuchs, da vergleichende Beobachtungen zwischen zwei gleichgrossen Quantitäten Stahlfeile, die auf gleiche Weise in gleichen Gefässen mit Salzsäure von derselben Stärke und Menge begossen waren, bei Anwendung eines guten 5 Pfund ziehenden armirten Magnets zeigten, dafs die chemische Anziehung zwischen Salzsäure und Eisen nicht merklich modificirt werde, und dafs umgekehrt die nicht mit Salzsäure begossene Eisenfeile nicht schwächer auf die freischwebende Magnetnadel wirke, als das mit Salzsäure begossene Eisen. Indels verdienen CAVALLO's Versuche noch einer sorgfältigeren Wiederholung.

10) Ueber den Einflufs des Magnetismus auf Uhren, vergl. VARLEY's Beobacht. und Vorschläge in VOIGT's Mag. V. I. S. 87. Magnetische Uhren haben eine kleine Magnetnadel zum Zeiger. Ueber den Magnetismus der Waagebalken und seinen nachtheiligen Einflufs auf das Gleichgewicht der Arme einer Waage, vergl. §. 54. N. 7. — Die magnetischen Spielwerke und Kunststücke gründen sich sämmtlich auf die anziehenden und abstossenden Wirkungen des Magnetismus, und auf den Umstand, dafs kein Medium di-

Wirksamkeit des Magnetes isolirt. — Der Ausdruck thierischer Magnetismus bezeichnet ein mit der magnetischen Anziehung nicht zu verwechselndes, im noch tieferen Dunkel liegendes, wenigstens mehr electrisches als magnetisches Phänomen des Nervenverhältnisses lebender höherer Organismen, und gehört für die Physiologie. Das Magnetisiren macht übrigens das Eisen (oder den sonst des Magnetismus fähigen Körper) weder schwerer noch leichter, wie er zuvor war.

B) *Von der Anziehung und Abstossung magnetischer Körper.*

§. 99.

XXV. Versuch. Einem Stückchen Stabeisen z. B. einem eisernen Nagel der auf Quecksilber schwimmt, werde ein natürlicher oder künstlicher Magnet genähert; sind beide Massen gleichbeweglich, so wird das Stabeisen schon in einer Entfernung von 1<sup>'''</sup>, 2<sup>'''</sup> angezogen, mit einer im Verhältniß der Abnahme der Entfernung wachsenden Geschwindigkeit. Hebt man den Magnet in die Höhe, so bleibt das Eisen daran hängen, woraus folgt, dafs das Gewicht und somit die Schwere des Eisens durch die magnetische Anziehung aufgehoben worden. Die Stärke mit welcher beide Theile aneinander haften, richtet sich theils nach dem Grade des in dem anziehenden Theile entwickelten Magnetismus, theils nach der Masse des Anzuziehenden, theils auch

nach der Temperatur, nach der Feuchtigkeit und vielleicht auch nach dem electricischen Zustande der Atmosphäre und anderen noch nicht hinlänglich bekannten Ursachen.

1) Die Abänderung dieses Versuchs ist so oft möglich, als man die Lage und die übrigen Verhältnisse des Eisens gegen den Magnet zu ändern vermag, jedoch ohne das Eisen durch zu grosse Beimischungen anderer Stoffe wesentlich zu verändern; vergl. vorig. §. Auch kann man den Magnet als kleinere Masse auf Quecksilber, oder auf ein Brett befestigt auf Wasser schwimmend, durch ein angenähertes Stück Eisen anziehen lassen. Die leichter bewegliche Masse folgt immer der minder beweglichen. Eine schwimmende Magnetnadel, wird sich wie im vorigen Versuch mit der einen Seite nach Norden, mit der anderen nach Süden wenden, und an diesen entgegengesetzten Enden wird sich z. B. Eisenfeile (in Gestalt eines Bartes) am stärksten anhängen, und ein Eisendrath sich senkrecht fallend anhaften, während er sich ohngefähr gegen die Mitte des Magnets platt anlegt. Der den Magnet umgebende Raum, innerhalb welchem er seine Anziehung sichtbarlich äussert, heisst der magnetische Wirkungskreis.

2) Ein Magnet ist um so stärker, je mehr er trägt, und man kann ihn verstärken, indem man nach und nach das Gewicht des angezogenen Eisens vermehrt, jedoch nur bis auf einen mit seiner Grösse, Masse, qualitativen Güte etc. übereinstimmenden Punct, welchen man den Sättigungspunct des Magnets nennt. Man misst übrigens die Stärke eines Magnets,

nach der Entfernung in welcher er anzieht, und nach der Last welche er trägt; beide scheinen im gleichem Verhältnisse zu stehen.

3) Nach COULOMB steht die magnetische Anziehung im geraden Verhältnisse seiner Stärke, und im umgekehrten des Quadrats (richtiger des Würfels) der Abstände. Auch will derselbe Physiker gefunden haben, daß bei einer Magnetnadel die Summe der Kräfte, welche die Nadel oder ihren Theil gegen Süden sollicitirt, genau gleich ist der Summe von Kräften, welche die Nadel oder ihren Theil gegen Norden sollicitirt (welches jedoch nicht vollkommen genau mit der Erfahrung übereinzustimmen scheint), und daß bei gleichartigen bis zur Sättigung magnetisirten Nadeln, von verschiedenen homologen Dimensionen, sich die Momente der dirigirenden Kräfte verhalten, wie die Würfel der homologen Dimensionen. Die hieher gehörenden Versuche, stellte COULOMB mit seiner magnetischen Waage an; vergl. GRENS n. J. d. Pphys. Bd. II. 1795. S. 298. ff.

4) Fig. 13 stelle eine Magnetnadel vor, deren Pole durch N und S bezeichnet sind. Den zwischen beiden Polen befindlichen Mittelpunkt, nennt CAVALLO den Mittelpunkt des Magnets (v. a. a. O.), SCHELLING (Zeitschr. f. die spec. Phys. I. S. 111) richtiger den Indifferenzpunct desselben; der jedoch nicht mit BRUGMANN'S (ejusd. Tentamen phil. de mater. magnet. ejusque actione in ferrum et magnetem. Franct. 1765. Ins deutsche übers. mit Verbesserungen des Verf. von Dr. ESCHENBACH. Leipz. 1784.) Indifferenzpuncten eines entstehenden Magnets verwechselt werden darf. Streicht man nämlich ein Stück Eisen mit einem Pole eines Magnets, z. B.

so, daß man in N der obigen Fig. ansetzt und nach S zu streichen fortfährt; so erhält das Eisen am Ansatzpunkte anfänglich den entgegengesetzten Pol des berührenden Pols; indem man aber das Streichen fortsetzt, geht nach und nach dieser erweckte Pol des Eisens in den entgegengesetzten über, und hat man das Ende erreicht, so findet man beide Pole verwechselt. BRUGMANN'S schloß hieraus, das auf jeder Seite der Mitte im werdenden Magnete ein Punct vorhanden sey, wo der eine Pol in den entgegengesetzten übergeht, und wo mithin beide Polwerthe  $\equiv$  0 sind. Diese in der obigen Fig. durch x und y bezeichneten nur unter den angeführten Umständen sich bildende Puncte, benannte er auf die angezeigte Weise. VAN SWINDEN (LICHTENBERG'S Mag. Bd. I. 4. S. 78) fand ausserdem noch, daß während des Streichens die Stärke des abgekehrten Endes allmählig bis zu einem gewissen Puncte, in welchem sie ihr Maximum erreicht und den S den culminirten Punct des werdenden Magnets nennt, wächst, und dann durch Uebergang in den entgegengesetzten Polwerth eben so schwindet. Sowohl dieser culminirende Punct, als auch die beiden Indifferenzpuncte, hängen rücksichtlich ihrer Lagen, VAN SWINDEN'S Vers. zufolge, nicht nur von der Länge und Dicke, sondern auch von der Härte des Eisens und von der Stärke des streichenden Magnets ab. COULOMB'S Versuche über die magnetische Intensität jedes Punctes einer Magnetnadel, finden sich in der oben angeführten Abhandlung.

5) Die Stärke der einzelnen (denkbaren) Theile eines Magnets, verhält sich wie ihr Abstand vom Mittelpunct; bezeichnet man die Werthe beider Pole

(die in steter Entgegensetzung durch den ganzen Magnet herrschen) wenn auch nur zur bequemen Unterscheidung mit  $\dagger M$  und  $-M$ , so kann man, in sofern das eine  $M$  nach dem Nordpol, das andere  $M$  nach dem Südpol strebt, einen Magnet als eine Reihe von Potenzen ansehen, die auf der einen Seite des (SCHELLINGSchen) Indifferenzpunctes — worin  $M$  auf der Potenz 0 steht — mit positiven, auf der anderen mit negativen Exponenten steigen, und nach ESCHENMAIER (Vers. die Gesetze magnetischer Erscheinungen aus Sätzen der Naturmethaphysik mithin a priori zu entwickeln. Tübingen 1798. 8.) folgendes Schema geben:

$$M^n \dots M^3 M^2 M^1 M^0 M^{-1} M^{-2} M^{-3} \dots M^{-n};$$

indefs gehen noch genügende Versuche ab, welche die Richtigkeit eines so bestimmten arithmetischen Verhältnisses darthun.

6) Jeder künstliche Magnet bietet nur zwei sich selbst entgegengesetzte Hauptanziehungswerthe oder Pole dar; zwischen jedem Pol und dem Indifferenz- oder Ruhepuncte hingegen, befinden sich WEBERS Beob. zufolge, nach jeder Richtung und Seite zu, unendlich viele kleinere nach der Richtung der Hauptpole zunehmende Polarisirungen. An natürlichen Magneten beobachtet man dagegen öfters drei und mehrere Hauptpole, die durch Verwachsung zweier oder mehrerer natürlichen Magnete entstanden sind, und mithin nicht von einem und demselben Magnete gelten. Jeder Pol ist übrigens in Beziehung auf den anderen different.

7) Schleift man die Pole des Magnets sehr glatt ab, und befestigt dünne eiserne Platten daran, die

sich unten in einen dickeren hervorstehenden Fuß endigen, so wird die anziehende Kraft des Magnets bedeutend verstärkt, und die angelegten Platten ziehen jetzt mehr und tragen ein grösseres Gewicht, als der Magnet zuvor selbst. Einen so zugerichteten Magnet nennt man gewaffnet oder armirt, und die ihm angefügten Stücke Eisen: seine Armaturen oder Panzer. Zur bequemeren Ausmittlung der Anziehungsstärke durch Gewichte, dient ein mit seiner platten Seite an die künstlichen Pole oder Füsse des Magnets anschliessender eiserner Stab, der Anker, der in der Mitte mit einem Loche oder Haken zum Anhängen der Gewichte versehen ist. Befestigt man den aufgehängten Magnet an eine grössere Eisenmasse, so wird seine Stärke durch angehängte nach und nach vergrösserte Gewichte (vergl. oben) mehr zunehmen, als es sonst der Fall zu seyn pflegt; ebenso wird die magnetische Wirksamkeit der Stäbe am zweckmässigsten erhalten, wenn man zwei davon oder mehrere nebeneinander liegend so aufbewahrt, daß ihre gleichnamigen Pole sich berühren, und mit einem Anker geschlossen werden. KNIGTS grosse künstliche Magnete oder magnetische Magazine; beschr. von FOTHERGILL in den Philosoph. Transact. Vol. LXV. Soll ein künstlicher Magnet in einem Stücke wie ein armirter wirken, so giebt man dem Stahlstücke vor dem Magnetisiren die Gestalt eines Hufeisens, daher die Benennung magnetische Hufeisen; an denen ebenfalls mittelst eines Ankers die Stärke durch Gewichte bestimmt wird. Streicht man zwei Magnete abwechselnd mit sich selbst, so werden sie dadurch ebenfalls verstärkt.



## §. 100.

XXVI. Vers. Aendert man den vorigen Versuch dahin ab, daß man statt des unmagnetischen Eisens einen kleinen Magnet schwimmend erhält, so bemerkt man bei der Annäherung eines zweiten Magnets, daß die Anziehung in grösseren Fernen aber mit geringerer Stärke als beim unmagnetischen Eisen statt findet; eine Modification der magnetischen Anziehung, die sich aus dem Umstande erläutern läßt, daß der Wirkungskreis zweier schon gebildeter Magnete grösser seyn muß, als derjenige eines bereits fertigen und eines noch (in dem durch die Anziehung erst magnetisch werdenden Eisens) zu erzeugenden; und daß in zwei fertigen Magneten die gegenseitige Beziehung (Spannung) beider Pole stärker, mithin das Streben zur Massenvereinigung und Unterordnung der sich anschliessenden Masse schwächer entwickelt seyn dürfte, als in der Berührung von einem fertigen und einem zu bildenden Magnete. Stellt man diesen Versuch so an: daß beide Magnete freischwebend oder schwimmend sich anziehen können, so findet man stets, daß nur die ungleichnamigen Pole (die daher freundschaftliche Pole *Poli amici* heissen) sich anziehen, die gleichnamigen hingegen (die feindlichen Pole *Poli inimici*) sich in den-

selben Verhältnissen nicht blofs meiden oder ruhig verhalten, sonder abstossen.

1) N (Nordpol) und S (Südpol) oder + M und — M ziehen sich an;

N und N oder + M und + M stossen sich ab.

S und S oder — M u. — M stossen einander ab.

2) Hieher gehören eine Menge magnetische Kunststücke und Spielereien. Z. B. die magnetischen Schiffchen, Fische, Enten etc.

3) Schlägt man eine lange Magnetnadel von gehärtetem Stahle, z. B. in der Nähe ihres Nordpols entzwei, so wird man finden, das das Bruchende des abgeschlagenen Nordpolstücks unbeschadet des Nordpolwerthes des Nordpols, selbst Südpolwerth hat; oder das aus dem einen Magnete zwei geworden sind. Auf gleiche Weise erhält man eben soviel Magnete, als man einen natürlichen oder künstlichen Magnet, in kleinere Stücke zertheilt.

4) Eine genauere Untersuchung der Abstossung gleichnamiger Pole, führt zu dem Schlusse: das sowohl dieses wie alles ähnliche Abstossen oder Fliehen, kein wirklich beabsichtigtes Entfernen, auch keine im Inneren der Magnete erweckte repellirende Lagerung der Theile (deren Erfolg doch nur bei unmittelbarer Berührung und nicht in der Ferne eintreten könnte, wenn man nicht ein zurückstossendes immaterielles Fluidum — was als solches an sich selbst ein Widerspruch ist — statuirt) sondern Folge einer, besonderen Art der Anziehung ist, Vergl. §. 33. Die Chemie bietet ähnliche Modificationen der Anziehung zwischen zweien oder mehreren Stoffen dar, und bezeichnet die dahin gehörenden

Fälle, durch den Ausdruck disponirende Verwandtschaft; vergl. §. 90. N. 1. Indem nämlich zwei gleichnamige Pole zweier Magnete sich gegenüber erscheinen, strebt der eine den anderen anzu ziehen, und da er dieses nur bei ungleichartigen Werthe vermag, so bestimmt der eine den anderen, diesen neuen (seinem eigenen bisherigen) entgegengesetzten Werth in sich hervorzurufen, d. i. seine Pole zu vertauschen und umzukehren. Wirklich kommt es auch hiezu, wenn der eine schwächere Magnet dem anderen unbeweglich gegenüber steht; das  $+ M$  des stärkeren ruft dann an der Stelle des  $+ M$  des schwächeren ein  $- M$  hervor, wodurch nothwendig das ehemalige  $- M$  des schwächeren Magnets zu  $+ M$  wird. Sind hingegen beide Magnete freibeweglich, so werden beide, eine solche gegenseitige Aufforderung zur Verwechslung der Pole erhaltend, eine Art von Drehung beginnen, die nothwendig von Entfernung beider Pole begleitet, eine Hinstellung der ungleichnamigen Pole zum Zwecke hat, und so das Phänomen der eigentlich scheinbaren Abstossung gewährt. Die Assimilationsverhältnisse der Organismen bieten analoge Erscheinungen dar, und der Unterschied zwischen beiden, so wie zwischen der disponirenden chemischen Anziehung besteht vorzüglich darin, daß wir es bei der magnetischen Abstossung mit einem möglichst einfachen Verhältnisse der Art, bei den übrigen mit mehr zusammengesetzten Kräften zu thun haben; sehr häufig scheint uns aber die Natur dort am geheimnißvollsten und dunkelsten, wo sie wirklich am wenigsten verhüllt ist, und wo sie ihrer Kräfte Tausch in möglichster Einfachheit zu Tage legt; hingegen um so klarer, je verwickelter

ihre Operationen sind, je mehr sie z. B. bei den Organismen an reingeistigen (uns selbst also verwandten) Thätigkeiten streift. — Deutlicher wird sich unserer Nachforschung das ganze magnetische Verhältniß und somit auch das Phänomen der Abstossung entwickeln, wenn wir das worauf alle bisherigen Untersuchungen dieses Cap. und der Schluß des vorigen deuteten, als einfaches Grundgesetz auszusprechen versuchen.

*C) Von der magnetischen Vertheilung und von dem Vermögen der Körper den Magnetismus zu leiten.*

§. 101.

Jeder Körper der von einem Magnete berührt wird, oder überhaupt auch nur in seinem Wirkungskreise sich befindet, wird selbst zum Magnete; d. h. erleidet eine Steigerung seiner inneren Thätigkeit nach entgegengesetzter linearischer Richtung, beide Polwerthe des berührenden Magnets mehr oder minder gelungen in jedem seiner denkbaren Theile ausbildend. Wir unterscheiden dabei vorzüglich zwei Arten des Magnetischwerdens, d. h. der Bildung innerer Entgegengesetztheit (oder Polarität); nämlich 1) diejenige welche nur solange stattfindet als die Berührung des ursprünglichen Magnets währt, und die bei allen Körpern ohne Ausnahme vorgefunden wird; wir nennen sie die *Leitung* der Körper für den Magnetismus. Sie

ist bisherigen Erfahrungen gemäß bei allen Körpern gleich stark; d. h. der Magnet erstreckt seine Wirkungen im oben angegebenen räumlichen Verhältniß unausgesetzt, der Zwischenraum mag erfüllt seyn womit er will; m. a. W. für den Magnetismus giebt es keinen Isolator. 2) diejenige welche auch nach der Entfernung des ursprünglichen Magnets noch fort dauert, und die von ihr getroffenen Körper in selbstständige Magnete umwandelt; vergl. A dieses Cap. Zu den untergeordneten Arten gehören alle Phänomene, wo die Polarisirung anderen Thätigkeitsverhältnissen hineingebildet worden, und ihnen so einen mehr oder minder magnetischen Werth ertheilt hat.

1) Die Folge unserer Untersuchungen wird uns vorzüglich bei den electricischen und chemischen Erscheinungen, deutliche Nachweisungen, nicht bloß des (in einem und demselben Theile gegebenen) magnetischen Gegensatzes, sondern auch dessen Entwicklung nach linearischer Richtung, vorführen; Verhältnisse die füglich durch die Benennungen electricischer chemischer etc. Magnet passend bezeichnet werden können. Rücksichtlich der bisherigen Untersuchungen verdienen hier vorzüglich die Phänomene der Adhäsion und Cohärenz angezogen zu werden. Denken wir uns das magnetische Grundverhältniß der Cohäsion (Kugel- oder Tropfenbildung) eingebildet, so geht daraus für das Werdende, für die Anziehung die Adhäsion, für das Gewordene, für das bereits Ange-

zogene die Cohärenz hervor; auf welche Weise dieses geschieht, zeigt theils schon das vorhergehende jetzt falslichere Cap., kann aber seinem grösseren Theile nach erst bei den Untersuchungen der Bildung und Gestaltung der Materie, bei der Krystallisation, Kugeln-Zellen-Faser-Bildung etc. vollständiger erläutert werden.

§. 102.

Jeder wirksame Magnet theilt also in seiner Umgebung nichts von seiner Polkraft mit (verliert nichts weder an Kraft noch an Stoff), sondern bewirkt blofs, dafs in dieser Umgebung aus eigenem Vermögen ein Zustand entwickelt werde, der dem seinigen (seinem magnetischen Werthe) mehr oder minder entspricht; jedoch so, dafs stets der ungleichnamige Pol seines gegenüberstehenden Pols hervorgerufen wird. Man nennt dieses merkwürdige, dem Wesen nach in allen Körperphänomenen wiederkehrende, und sich hier nur durch die Art der Thätigkeitsrichtung als magnetisches characterisirende Grundverhältnifs, die magnetische Vertheilung.

1) Nur der Form nach sind die übrigen Vertheilungen in der Natur von der magnetischen unterschieden, bei jenen ist sie zusammengesetzter, bei dieser mehr einfach. Zu den ersteren gehöret fast alle Bildung und Zeugung in der Natur, zur letzteren zum Theil noch die später zu berührende electriche Vertheilung.

2) N in Fig. 13 sey der Nordpol einer Magnetnadel; so erhält z. B. das diesem Pole gegenüber vorhandene Eisen, an diesem Ende nicht auch Nord- sondern Südpolarität, und der neue Nordpol des Eisens erscheint am abgekehrten entgegengesetzten Ende, aber gleichzeitig mit dem Südpole. Zerbrechen wir einen natürlichen Magnet (oder auch einen künstlichen) in kleinere Stücke, so wird jedes Stückchen im Momente des Zerbrechens durch die magnetische Vertheilung zum neuen kleineren Magnete. Der Bart angezogener Eisenfeile besteht aus einer Menge kleiner Magnete, die durch Vertheilung geworden, mit ihren ungleichnamigen Polen aneinander hängen.

3) RITTER will mittelst einer aus mehreren Magneten bestehenden magnetischen Batterie electriche Wirkungen (auf das Electrometer) hervorgebracht haben; die indess nicht sowohl als eingetretene Modification der magnetischen Anziehung, sondern vielmehr dadurch entstanden seyn dürften, dafs die gehäuften entgegengesetzten Pole, in einer solchen Reihe nach und nach den electricischen Werth verschiedener Metalle annahmen, worüber vollständigere Versuche entscheiden müssen.

*D) Vom Verhältnifs der Magnete zur Erde.*

§. 103.

Alle Magnete stellen sich freischwebend (vergl. A) nach den Weltgegenden, Norden und Süden; jedoch nicht genau, sondern östlich oder westlich aus der Ebene des Meridians um einen Winkel abweichend, den man die Abweichung,

(26<sup>2</sup>)

Variation oder Declination der Magnetnadel (Declinatio s. Variatio acus magneticae) nennt. Ein in dieser Richtung der Magnetnadel um die Erde zu ziehender größter Kreis heißt der magnetische Meridian, und die beiden entgegengesetzten Punkte, in welchen sich die magnetischen Meridiane aller Erdenorte durchschneiden, nennt man die magnetischen Pole der Erde, deren nördlicher nach BRÜTS und v. HUMBOLDTS Bestimmungen in  $79^{\circ} 1' 41''$  nördl. Breite, und  $30^{\circ} 2' 5''$  westl. Länge von Paris fällt; woraus sich dann der magnetische Erdaequator, als der von beiden Polen am weitesten abstehende Theilungskreis der Erde ergibt.

1) Die Abweichung der Magnetnadel ist 1) an den verschiedenen Orten der Erde verschieden. An Stellen wo die Richtung der Axe der Nadel mit dem Meridiane des Ortes parallel ist, fehlt die Abweichung ganz; eine solche Linie wo die Magnetnadel nicht variirt, geht vom südlichen Theile des grossen indischen Meeres und Neuholland, durch die philippinischen Inseln, durch das südliche China und wahrscheinlich bis ins Eismeer zwischen Nova Zembla und Spitzbergen. Eine andere Linie der Art, durchschneidet das äthiopische Meer und einen Theil des atlantischen und geht, bei dem Cap St. Augustin in Brasilien und den Bermudischen Inseln vorbei, endlich in die nordamerikanischen Länder. Von dieser letzteren Linie an, ist nach den östlichen Erdgegenden zu



(mithin auch in ganz Europa, in Afrika, im östlichen Theile von Nordamerika und im südlichen von Westasien) die Abweichung westlich. Von jeder Linie an nimmt die Abweichung immer mehr zu, bis im Ocean westwärts von Grofsbritannien, und ostwärts vom Vorgebirg der guten Hoffnung, wo sie 1770 am grössten nämlich  $25^\circ$  war. Von hier an nimmt die Abweichung je weiter nach Osten wieder allmählig ab, und verliert sich endlich an der ersten oben erwähnten Linie ohne Abweichung ganz. Von dieser Linie an ostwärts wird die Abweichung östlich, nach und nach zunehmend, unterhalb der südlichen Spitze von Nordamerika die grösste östliche Abweichung von  $25^\circ$  erreichend. Die östliche Abweichung nimmt nun von hier an wieder ab, und verliert sich endlich auf der angegebenen zweiten Linie ohne Abweichung ganz. Vergl. Berliner astron. Jahrb. für 1779. GILBERTS Annal. Bd. IV. S. 297, XX. 3. S. 259. Jahrg. 1808. 9 u. 10 St. Jahrg. 1809. 2 Bd. 1 St. S. 77 etc. ERXLEBENS Anfangsgr. d. Naturl. 6te Aufl. §. 707—710.

2) Diese Abweichung ist aber 2) an ein und demselben Orte nicht zu allen Zeiten dieselbe, sondern veränderlich (*Variatio declinationis*). Im Jahr 1580 war sie in Paris  $11^\circ 30'$  östlich, 1640 noch  $3^\circ 0'$  östl., 1666 fehlte sie ganz. 1670 war sie ebendas. um  $1^\circ 30'$  westlich, 1700 um  $8^\circ 12'$  westl. 1772 um  $19^\circ 51'$  westl. 1783 um  $21^\circ 4'$  westl. und jetzt scheint die westliche Abweichung wieder abzunehmen. Endlich ist auch 3) CASSINI'S (1667—1691) Beob. zufolge (*Journ. d. Phys.* Bd. VII. S. 418 u. Bd. VIII. S. 433 ff.) die Abweichung an einem und demselben Orte, selbst noch täglichen periodischen Veränderungen (*magneti-*

schen Schwingungen Oscillation. acus magnet.) unterworfen, die nicht sowohl, wie CANTON meint, von der täglichen und jährlichen Aenderung der Wärme, sondern wahrscheinlich von der grösseren Periode der Abweichung (oben) abhängen, und nach v. HUMBOLDTS im span. Amerika angestellten Beob., täglich regelmässig viermal ab- und zunehmen, und so gleichsam vier (durch verschiedene Ursachen störbare) magnetische Ebben und Fluthen bilden. Vergl. GEHLENS n. Journ. d. Chem. V. 2. S. 242. J. MACDONALD in GILBERTS Annal. III. I. S. 121. G. GABR. HÄLLSTROEM resp. SNELLMANN de variationibus declinationis magneticae diurnis. Aboae 1803. Vergl. GILBERTS Annal. XIX. 5. S. 282. Abweichungskarten sind stets nur für einige Jahre brauchbar; eine der besten ist die des HALLEY, welche nach den zu Anfang des 18. Jahrh. gemachten Beob. verfertigt wurden.

3) Die mit Hülfe der Abweichungscompasse (Declinatoria) und Azimuthalcompasse auszumittelnde genaue Kenntniß des Abweichungswinkels für einen gegebenen Ort, begründet die Möglichkeit, aus der Richtung der Magnetnadel die wahren Weltgegenden aufzufinden. Vergl. G. F. BRANDER Beschreib eines magnet. Declinatorii u. Inclinatorii. Augsb. 1779. 8.

4) Zur Erläuterung des Gebrauchs der Schiffscompasse möge folgendes Beispiel dienen: gesetzt ein von einem gegebenen Orte auslaufendes Schiff, soll nach einem anderen Orte, der jenem genau gegen Westen liegt hinseegeln; so muß es der Steuermann so regieren, daß der Lauf desselben mit der Richtung des Magnets stets rechte Winkel bildet, indem er den Nordpol der Magnetnadel seines Compasses an der rechten Seite des Schiffes, und mithin den

Südpol an der linken Seite desselben behält; denn indem die Nadel gegen Norden und Süden liegt, so ist die Richtung Ost und West (als der beabsichtigte Lauf des Schiffes) gerade senkrecht auf dieselbe. Auf ähnliche Weise läßt sich nun auch leicht bestimmen, wie das Schiff steuern muß, wenn es in einer andern Richtung fortgehen soll.

4) WILL. GILBERT (in seinem trefflichen Werke: *de magnete magneticisque corporibus et de magno magnete tellure physiologia nova*. Lond. 1600 Fol.) gab den Magneten eine Kugelform, bezeichnete ihre Oberfläche mit den Polen, dem Aequator, dem Meridianen etc. und nannte diese zur anschaulicheren Vergleichung mit der Erde gewählten Vorrichtungen Terrellen.

§. 104.

XXVII. Versuch. Eine genau gearbeitete (vor dem Streichen vollkommen wagrecht auf der Spitze schwebende) Magnetnadel, werde, in die Ebene des magnetischen Meridians gestellt, so aufgehängt, daß sie sich in einer verticalen Ebene um ihren Mittelpunkt drehen kann; sie wird sich unter einem gewissen Winkel gegen die Ebene des Horizonts neigen, der ebenfalls an verschiedenen Orten der Erde verschieden ist, und den man die Neigung oder Inclination der Magnetnadel (*Inclinatio acus magneticae*) nennt.

1) Die beste Vorrichtung zu diesem Versuch ist in dem Neigungscompafs oder in der sogenannten

Neigungsnadel gegeben, wo die Nadel mit Zapfen versehen ist, an welchen sie in der Mitte eines Ringes hängt. Die Nadel muß im magnet. Meridiane liegen, weil ausserdem, wenn ihre Axe nicht darin ist, die Neigungen grösser sind, und wenn sie jenen Meridian gar rechtwinklicht durchschneidet, sie völlig senkrecht steht — Gute Inclinationsnadeln gehören zu den Seltenheiten; v. HUMBOLDT benutzte neuerlichst eine solche, um die Stärke der magnetischen Erdanziehung an verschiedenen Orten der Erde zu bestimmen. SAUSSURE's Magnetometer, ein leichtes Pendel mit einer kleinen eisernen Kugel am unteren Ende, zu ähnlichen Bestimmungen von ihm angewendet (*Voyage dans les alpes*. I. Neufchatel 1779. 4. p. 375 II. Geneve 1786. p. 343) gehört auch hieher. — Nach COULOMB verhält sich die Kraft, welche erfordert wird, um eine Magnetenadel in irgend einer Entfernung von ihrem Meridiane zu erhalten, genau nach dem Sinus des Winkels, welchen die Richtung der Nadel mit ihrem Meridiane macht; vergl. GRENS Journ. d. Phys. II. 3, S. 298. Ueber VASALLI's Magnete ohne Abweichung und Neigung (die jedoch beider Veränderlichkeit wegen stets unvollkommen sind), vergl. GILBERTS Annal. III. 1. S. 116.

2) Unter dem magnet. Aequator ist die Neigung der Nadel  $= 0$ , unter den magnet. Polen der Erde  $= 90^\circ$ . Nördlich vom magnet. Aequator, also auf dem grössten Theile der nördl. Erdhalbkugel, neigt sich der Nordpol der Magnetenadel (der, wenn diese Neigung wie überhaupt Erfolg der Anziehung des ungleicharmigen Pols der Erde ist, eigentlich Südpol der Nadel, und ihr Südpol Nordpol heis-

sen sollte), und südwärts von demselben ihr Südpol, ebenfalls nach dem Verhältniß der Breite des Ortes hierin zunehmend. Im Jahr 1776 betrug die Neigung des Nordpols der Nadel unter dem Horizont,  $5^{\circ}2'$  nördl. Breite und  $20^{\circ}10'$  westl. Länge:  $37^{\circ}25'$ ; unter  $24^{\circ}24'$  nördl. Breite und  $18^{\circ}11'$  westl. Länge:  $59^{\circ}0'$ ; unter  $44^{\circ}5'$  nördl. Breite und  $3^{\circ}10'$  westl. Länge:  $71^{\circ}34'$ ; unter  $0^{\circ}3'$  südl. Breite und  $27^{\circ}38'$  westl. Länge:  $30^{\circ}3'$ ; unter  $45^{\circ}47'$  südl. Breite und  $166^{\circ}18'$  östl. Länge, betrug im Jahr 1773 die Neigung des Südpols der Nadel unter dem Horizont  $70^{\circ}5'$ . Vergl. CAVALLO a. a. O.

3) Die Neigung der Nadel ändert sich ebenfalls an einem und demselben Orte, und wie es scheint periodisch, jedoch minder merklich, als die Abweichung. Im Jahr 1576 stand in London der Nordpol der Neigungsnadel  $71^{\circ}50'$  unter dem Horizont, und im Jahr 1775 erst bei  $72^{\circ}3'$ ; es hatte sich also (wenn anders die Beobachtungen richtig sind) die Neigung in fast 200 Jahren kaum um einen Viertelsgrad geändert. Vergl. CAVALLO a. a. O. — RITTERS starker Hufeisenmagnet (von STEINHÄUSER verfertigt) verlor einst von selbst ein grosses Anhängengewicht, und mußte eine Zeit hindurch mit kleineren Gewichten beschwert werden.

4) Hebt man eine, in der Ebene des magnetischen Meridians frei schwebende, unter den Horizont geneigte Nadel, gelinde in die Höhe, so daß sie in derselben Lage bleibt, so sinkt sie vermöge ihres Neigungsverhältnisses wieder zurück, geht aber mit dem sinkenden Ende der Trägheit zufolge, über ihre vormalige Lage nach unten zu hinaus, steigt wieder und vermöge der Trägheit nach oben zu über den

Neigungswinkel, und erhält sich so, gleich einem Pendel, eine Zeit hindurch in Schwingung; und zwar um so lebhafter schwingend, je grösser die Intensität ihrer magnetischen Anziehung zur Erde ist. v. HUMBOLDT fand, daß eine Nadel die auf angezeigte Weise in Paris innerhalb 10 Minuten 245 Schwingungen machte, in Peru in gleicher Zeit nur 211 mal oscillirte. Vergl. GILBERTS Annal. XX. 3. S. 261. Jedoch fanden BIOT und GAY-LUSSAC bei ihrer Luftreise (GILBERT a. a. O. XX. I. S. 24), daß sich die Neigung der Nadel in einer Höhe von 1982 Toisen nicht änderte.

## §. 105.

Sowohl die Stellung der Nadel überhaupt, als vorzüglich auch die Phänomene ihrer Abweichung und Neigung zeigen, daß der Grund dieser Erscheinungen in einem mächtig entwickelten magnetischen Verhältnisse des Inneren der Erde zu suchen sey. Daher die schon von älteren Physikern aufgestellte Hypothese, eines in der Erde vorhandenen grossen Magnets, die wenigstens als Bild dazu dienen kann, jene Phänomene anschaulicher zu machen. Aber nicht bloß jene Phänomene, sondern überhaupt jeglicher Ausdruck magnetischer Kraft, scheint nur Folge von der magnetischen Erregung der Erde, zu seyn. Die selbstständig magnetischen Substanzen, das Eisen etc. sind daher als eben so viele Massen anzusehen, die in ihrer eigenthümliche Natur,

Mischung und Bildungsmoment in einer Einfachheit gehalten sind, welche die magnetische Erregung der Erde am ungetrübtesten zuläßt; bei allen übrigen Erdindividuen (die als eben so viele Ausbildungsmomente der Erde zu betrachten sind) geräth jenes Verhältnifs mit anderen Kräften der Natur mehr oder weniger in Streit, und die als Erfolge eintretenden Phänomene dieser Erdindividuen, erscheinen im gleichen Maase mehr verwickelt, minder rein magnetisch; wie hierüber die Geschichte der Erde nähere Auskunft giebt, von der wir in der Folge einige der wichtigeren Momente berühren werden.

1) Der letzte Grund des Magnetismus kann aber nicht in der Erde, als Erde, sondern er muß wohl in einem noch gemeinsameren Verhältnisse gesucht werden, wobei man sich zunächst an die Planetennatur und deren Gegensatz zur Sonne zu wenden hat, und endlich an die Nachweisung der Möglichkeit eines Gegensatzes überhaupt appelliren muß. Eine Aufgabe deren Lösung in der speculativen Physik bisher mit mehr oder weniger Glück versucht wurde. Vergl. §. 2. N. 3. §. 3. N. 1. etc. §. 20 u. 21. §. 25—27. SCHELLING in s. Weltseele. 3te Aufl. vorhergehende Abhdl. und s. Zeitschrift für specul. Phys. I. Bd. S. 100.

2) Zu den verunglückten Hypothesen über das Wesen des Magnetismus und über den Grad seiner Phänomene gehören, DE CARTES Wirbel spiralförmig gewunden, und Schraubengänge im Magnet (Princip. philos. IV. §. 113 etc.); EULERS Kanäle mit Klappen,

welche seinen hypothetisch angenommenen Aether nur in einer Richtung durchlassen (Opusc. III. Berol. 1751. 4.); die magnetische (elastische) Flüssigkeit des AEPINUS, die nur vom Eisen und ähnlichen Stoffen angezogen werde, alle andere hingegen ohne Anziehung durchströmen lasse (Sermo academ. de similitudine vis electr. et magneticae. Petropol. 1708; ins Deutsche übers. mit einer Abh. vom Turaniline begleitet. Grätz 1771. Ejusd. Tentamen theoriae electr. et magnetismi. Petrop. 1759. 4.); KIRWANN'S Ideen über den Magnetismus (vergl. GILBERTS Annal. VI. 4. S. 391); EDM. HALLEY'S Vermuthung, daß die Erdkugel ein Magnet mit vier Polen sey, zur Erklärung der Abweichung und Neigung (Philos. transact. N. 195. p. 563. GEHLERS Wörterb. I. S. 24.); die Annahme einer magnetischen Materie überhaupt u. m. a.

3) Einstweilen sey es hinreichend, statt einer zur Zeit noch nicht möglichen vollständigen Theorie des Magnetismus, an einige Verhältnisse zu erinnern, die einer künftigen Theorie zum Vorläufer dienen können. Dahin gehört der schon berührte Verkehr zwischen Cohärenz und Magnetismus; Eisen, Nickel, Kobald, Manganes, Chrom und zum Theil auch Uran gehören zu den cohärentesten Metallen und sind zugleich diejenigen, welche am vollkommensten des Magnetismus fähig sind; der Demant ist ebenfalls magnetisch, und alles was die Cohärenz schwächt, schwächt auch den Magnetismus: z. B. die Wärme, die Verbindung der Metalle mit Arsenik (der den Magnetismus ganz aufhebt), die Oxydation z. B. Rost, die Verbindung der noch etwas magnetischen unvollkommenen Oxyde mit Säuren (das grüne schwe-



felsaure Eisen folgt noch dem Magnet), starke Erschütterung und öfteres Fallen auf harten Boden etc. Vergl. RITTERS phys. chem. Abh. I. 6 S. 160—193. Ausserdem schwächen den Magnet die Ruhe (Mangel an Erregung), die zu anhaltende Berührung gleich starker gleichnamiger Pole (vergl. oben), zu weit getriebene Härtung, so das z. B. der Stahl sehr spröde wird; hingegen wird die Fähigkeit eiserner Dräthe für den Magnetismus durch Drehen erhöht (COULOMBE in den Mem. de l'acad. de Paris. 1784. p. 266. v. ARNIM in GILBERTS Annal. VIII. 1. S. 99), diejenige des metallischen Eisens überhaupt durch Aufnahme von Kohlenstoff (im Stahl, vergl. über den Gegensatz des Kohlenstoffs und Sauerstoffs im Magnet: in v. ARNIMS Ideen zu einer Theorie des Magneten, GILBERTS Annal. III. 1. S. 48). Aller Beachtung werth sind in dieser Rücksicht auch STEFFENS Versuche: Stickstoff und Kohlenstoff als Repräsentanten des Magnetism im chemischen Processe, geltend zu machen; vergl. dessen Beiträge zur inneren Naturgeschichte der Erde. Freiberg 1801; das Verhältniß des Wasserstoffs zu den Metallen (KASTNERS Beiträge I. Bd. S. 174 etc. II. Bd.); die Versuche des DUC D'AYEN (vergl. KASTNER a. a. O. I. S. 175) über Salzsäure und Eisen; das Verhältniß des Eisens zu den übrigen Metallen, rücksichtlich seiner Fähigkeit sich mit Sauerstoff zu verbinden; das geognostische Verhältniß des Eisens (sein häufiges Vorkommen in nördlicheren Gegenden der Erde) und anderer Metalle (KASTNERS Beiträge I. Bd. S. 149 etc.); und so fern der Krystallisationsproceß wenigstens zum Theil durch magnetische Verhältnisse veranlaßt wird; die Bildung der Gebirgsmassen, die grössere Festigkeit

ruhig erfolgter Krystallisationen, im Gegensatz der während ihrer Bildung von aussen gestörten u. m. a. Bemerkungen.

4) Eines der beachtungswerthesten Verhältnisse des Magnetismus ist das zur Electricität und zu electrischen Phänomenen aller Art. Schon COTTE (CAVALLO a. a. O.) bemerkte, dafs vor Erdbeben und vulcanischen Ausbrüchen „die Magnetnadel oft höchst ausserordentlichen Bewegungen unterworfen sey“; dafs vor und nach der Erscheinung von Nordlichtern die Nadel beunruhiget werde, und gegen Mittag (unter diesen und ähnlichen Umständen) ihre Abweichung grösser sey, als zu anderen Zeiten; die wahrscheinlichen Störungen des Erdmagnetismus durch Nordlichter, das Verhältnifs der periodischen Veränderung der Neigung und Abweichung der Nadel, zu denen wie es scheint ebenfalls periodischen Erscheinungen der Nordlichter, Feuerkugeln etc.; die Beobachtung, dafs die Explosionen der Feuerkugeln und die Blitze der Gewitter häufig genau in der Richtung des magnetischen Meridians geschehen; dafs Eisen (und etwas Nickel, Chrom etc.) die Hauptmasse der Meteorsterne bildet etc., vergl. RITTER a. a. O. III. Bd. S. 164—186 und 187—216 gehören hieher.

5) Ueber die von einem Engländer vorgegebene einmalige Umdrehung einer Magnetkugel um ihre Achse, während sie einmal um die Erde (nach der Richtung der Breite herumgeführt wird; über v. HUMBOLDTS Parallelismus der Gebirgslager; über eine neue, nicht geradezu electrisch zu nennende, Polarität der Erde; über RITTERS aus GAY-LUSACS Beobachtungen gefolgerte Vermuthung, „dafs sich der

Erdmagnetismus bis zum Monde erstrecke, und die Geschichte der Veränderungen des Erdmagnetismus, zuletzt nichts als die des Resultates des Eingreifens, gleicher, weit sich ausbreitenden Magnetismen der übrigen Weltkörper, zunächst des Mondes und der Sonne, seyn könne, vergl. RITTER a. a. O. S. 313 u. s. f. und VOIGTS Magaz. Bd. VIII. S. 508—522.

## V. CAPITEL.

## VON DER ELECTRICITÄT.

*A) Von der Erregung des electrischen Verhältnisses.*

## §. 106.

XXVIII. Vers. Ein Stück Bernstein (oder statt dessen: feines Siegelack, Schwefel, Seide, Harz, Glas) werde einige Zeit hindurch (gegen wollenes Tuch) gerieben: es wird leichten Körperchen z. B. Papierschnitzel, Bärlappsamen etc. auf einige Linien genähert, anziehen und nach einiger Zeit wiederum abstossen. Dieser electrische Zustand des Bernsteins wird einige Zeit hindurch fort dauern; allmählig schwächer werden, endlich aufhören, und um nun wieder einzutreten einer neuen Reibung des Bernsteins bedürfen.

1) Schon THALES soll diese Erscheinung gekannt haben. Bestimmt gedenkt THEOPHRASTUS ERESIUS (*περι λήθων* c. 53. 300 Jahre vor Christi Geb.) der-

selben, sowohl bei dem Bernstein (*Ηλεκτρον*, *Electrum*, *Succinum*) als auch bei dem Lynkurer (den *WATSON* für den Turmalin oder edlen Schörl, andere für den Hiazynth der Mineralogen halten); und ausserdem kommt sie bei *PLINIUS* (*Hist. natur.* XXXVII. 3.), *STRABO* (*Geogr. I. XV. T. II. p. 1029. ed. Almclov.*), *DIOSCORIDES* (*L. II. C. 100.*) und *PLUTARCH* (*Sympos. I. 7*) vor. Auch soll sie an dem geriebenen Gagat schon sehr frühe gekannt gewesen seyn; jedoch wurde die Kenntniß derselben bis auf *WILL. GILBERT* (a. a. O.) wenig oder gar nicht erweitert, der den electricischen Zustand am Glase, Schwefel, Siegelack und an den meisten Edelsteinen, als durch Reibung erweckbar nachwies. Vergl. *PRIESTLEY's* Geschichte der Electricität, ins Deutsche übers. Berlin u. Stralsund 1772. 4. und *FISCHER's* Geschichte der Physik. Die griechische Benennung des Bernsteins, soll zu dem Namen Electricität die erste Veranlassung gegeben haben. Ausserdem nannten die Alten auch ein besonderes Gemisch aus Gold und Silber *Electrum*; vergl. *PLINIUS* a. a. O. L. XXXIII. C. IV.

2) Die Hervorrufung der Electricität in und an den Körpern, ist so mannichfach als es die Umstände sind, unter denen überhaupt die Körper zur Wirkung nach aussen bestimmt worden; und unter denen sie mehr oder weniger Veränderung ihrer selbst erleiden. Die allgemeinste Bedingung unter denen electricitätsfähige Körper electricisch werden, ist die Reibung, und zwar in dem Maasse wie sie drückend und erschütternd erfolgt, während eine regelmässige sanfte Reibung oder statt dessen blosser Druck, nur von geringem Erfolge begleitet ist; ausserdem werden solche

Körper electricisch durch Stofs, anhaltende genaue Berührung mit anderen gleichartigen Stoffen, Erwärmung, Schmelzung, Verdampfung und Verflüchtigung aller Art, Pulvern, plötzliche Verdünnung z. B. expansibeler Flüssigkeiten, Erkältung, Mischung und Entmischung, vorzüglich beim Verbrennen, bei der Auflösung von Metallen (z. B. Eisen) in Säuren, bei der Salzbildung etc.; bei der natürlichen Bewegung thierischer und vegetabilischer Säfte und anderer Flüssigkeiten, so wie überhaupt bei den organischen Lebensprocessen; ferner bei der Bewegung der auf Quecksilber schwimmenden Bernsteinsäure, Benzoessäure und des Kampfers; bei Hinleitung starker Luftströme auf andere Substanzen, bei der Bewegung der Luftschichten und Wolken etc.

3) SCHMIDT (in seiner merkwürdigen Schrift: Vom Zitterstoff [Electrogen] und seine Wirkungen in der Natur. Breslau I. u. III. Thl. 1803—1805. 8.) will an dem (meistentheils rothen) electricisch überladenen Gewölke eine Streifen bildende, strömende Bewegung bemerkt haben, die in allen electricischen Körpern in verschiedenem Grade gegeben seyn soll. Da der Ausdruck: Electricität nur eine bestimmte Qualität der Körper bezeichne, so schlägt S. vor, dort wo man von der Electricität als von einer eigenthümlichen Materie spricht, Zitterstoff statt Electricität zu sagen und letztere Benennung bloß zur Bezeichnung der Zustände und Qualitäten anzuwenden, welche durch den Zitterstoff oder sogenannte electricische Fluidum hervorgerufen werden. Indefs kann diesem Vorschlage nur dann erst Beifall

gegeben werden, wenn S's. Zitterstoff aufhört blofs hypothetisch zu existiren.

4) Eine Menge von Phänomenen, welche theils unsere Sinnesorgane auf eine eigenthümliche Weise afficiren, theils eben so besondere Wirkungen auf andere Substanzen, die mit den das Phänomen gewährenden Körpern in Berührung gesetzt sind, ausüben, machen für uns electricische Verhältniß wahrnehmbar, und werden insgesamt unter der Benennung electricische Erscheinungen begriffen. Ohnerachtet sie mit fast allen übrigen Naturthätigkeiten in Beziehung stehen, und mit mancher derselben, z. B. mit dem Magnetismus, grosse Aehnlichkeit und lebhaften Verkehr haben; so sind sie doch eigenthümlich genug, um von diesen gehörig unterschieden werden zu können; und bei aller Verschiedenheit die unter ihnen selbst statt findet, kommen sie doch darin überein, daß sie als Erfolge der Flächenwirkung der Körper hervorgehen, und mithin die Electricität überhaupt als Flächenphänomen auffassen lassen.

5) Hat man in dem obigen Vers. anstatt des Bernsteins einen Glascylinder oder eine Glasscheibe durch Reiben electricirt, so bemerkt man ausser denen dort angeführten Phänomen noch folgende: das der Scheibe genäherte Gesicht erhält eine ähnliche Empfindung als diejenige ist, welche Spinnweben verursachen würden, die man öfters übers Gesicht zieht; die Kopfhare bewegen sich gegen die Scheibe, und zugleich bemerkt man einen eigenthümlichen Phosphor (oder vielmehr dem braunen Wallfischthrane) ähnlichen Geruch, und nähert man der Röhre oder Scheibe den Knöchel eines Fingers, so entwickelt sich plötzlich mit Geräusch ein Funke (*Scintilla electrica*, zuerst von

( 27<sup>2</sup> )

O. v. GUERIKE. — Experiment. Magdeburg etc. Amst. 1772. Fol. L. IV. Cap. 15. — beobachtet), der gleichzeitig in dem Finger ein brennendes Stechen verursacht.

*B) Von der Leitung und Isolation der Electricität.*

§. 107.

Nähert man im vorigem Versuche dem durch Reibung hinreichend electricisirten Glascylinder, einen starken vollkommen abgerundeten Metalldrath, der entweder auf gläsernen Füßen ruht, oder in seidenen Schnüren hängt; so bricht bei gehöriger Annäherung ein noch stärkerer Funke hervor, als der in N. 5. des vorigen §. bemerkte und das Metall ist electricisirt, und bleibt es eine Zeit hindurch, oder vielmehr so lange, als seine nächste Umgebung noch isolirt; verliert hingegen augenblicklich seine Electricität, wenn es von leitenden Körpern berührt wird. Nähert man dem geriebenen Glascylinder statt des Metalls eine Glasröhre, oder Seide, Schwefel etc. so erfolgt kein Funke, und die Röhre bleibt unelectricisirt. Um sowohl diese als auch die meisten der folgenden Versuche mit Leichtigkeit, in kurzer Zeit und mit der gehörigen Stärke anzustellen, entwickelt man die Electricität zweckmässig mit gut eingerichteten Electricirmaschinen.



1) Befindet sich Seide, Glas etc. als Zwischenlage zwischen dem Metalle und dem electricischen Glascylinder, so wird das Metall electricisirt, und ruhet das Metall nicht auf Glas oder in Seide (Siegellack etc.) sondern statt dessen in der Hand eines mit der Erde in Berührung stehenden Menschen, oder in einer die Erde berührenden Mauer etc.; so zeigt sich das Metall nach Ausbruch des Funkens zwischen ihm und dem electr. Glascylinder nicht selbst electricisch. Auch wird das Metall keinesweges durch Reiben mit Wolle etc. nicht selbst electricisch, und vermag gerieben noch weniger andere damit in Berührung gebrachte Körper zu electricisiren. Es folgt aus diesen Erscheinungen, daß das Metall, die Erde, der Mensch etc. von electricisirten Körpern zu einem ähnlichen Zustande erregt werden, oder wie man sich in der physischen Kunstsprache ausdrückt — leiten, während die Seide, Glas etc. die Fortsetzung und Uebertragung jenes Verhältnisses, auf andere Körper, und auf sich selbst hemmen, unterbrechen, oder isoliren. Dem zufolge theilt man alle Substanzen in Leiter (Conductores) und Nichtleiter (non conductores, Isolatoren). Sofern die ersteren durch das Leiten zeigen, daß jenes Verhältniß erst in ihnen aufgeregt werden muß, sie selbst aber durch blosses Reiben wenigstens in keinem bedeutenden Grade dazu gelangen, die anderen hingegen, durch das Nichtleiten zeigen, daß sie jener Aufregung durch bereits electricisirte Körper nicht bedürfen, und durch blosses Reiben etc. in jenen Zustand versetzt werden können; — hat man die Leiter auch unelectrische (anelectrica) und die Isolatoren eigentlich electricische, oder ansich-electrische Körper (Corpora electrica oder

idioslectrica) genannt. Diese Eintheilung ist jedoch nicht vollkommen passend, und ihre Bedeutung überhaupt relativ. Auch kennt man keinen Körper, der vollkommen und durchaus isolirte, so wie auch keinen absoluten Leiter. Mehrere isolirte Substanzen werden unter gewissen oftmals zufälligen Umständen, z. B. durch Feuchtigkeit, zu Leitern, und mehrere sind in gleichem Maasse Leiter und Nichtleiter zugleich; man nennt dies uneigentlich Halbleiter z. B. trocknes kaltes Holz, trockner Marmor etc. Folgende unter ihnen gehen durch scharfes Trocknen in Isolatoren über: Marmor, Leder, Papier, Wachstuch, Federn, Knochen, Elfenbein, gedörrtes Eiweiß etc. — Zu den Isolatoren gehören das Glas, die meisten Verglasungen, die Edelsteine, der Turmalin, der Bergkrystall, mehrere ähnliche Fossilien, alle Harze, Erdharze, der Bernstein, die Steinkohlen, der Schwefel, das Wachs, die Seide, trockne Baumwolle, Federn, Wolle, Haare, fette und ätherische Oele, die vollkommenen Metalloxyde, trockne Luft etc. — Zu den Leitern gehören besonders die Metalle (die zugleich die am leichtesten mitthönenden Körper sind) im metallischen Zustande, Wasser, Nebel, Rauch, alle wässrigen Pflanzen- und Thiersäfte, Holzkohle, Salzlösungen, feuchte Luft, feuchtes Holz, die Erde, — glühendes Glas etc. Weingeist, ätherische Oele etc. werden nur zu Leitern, insofern sie Wasser enthalten; auch das geschmolzene Harz, der Schwefel etc. scheinen nur vermöge des geschmolzenen Krystallwassers zu leiten, und der Grad ihrer Leitungsfähigkeit kann als Mittel dienen, die Menge des enthaltenen Wassers zu bestimmen. Die sämtlichen Leiter (sym-

perielectrische Körper) theilt man nach VOLTA in Leiter der I. und II. Klasse, jedoch ist diese Eintheilung nur von relativer Bedeutung, zur ersteren gehören die Metalle (deren Leitungsfähigkeit mit der Schmelzbarkeit durch den electrischen Funken im umgekehrten Verhältnisse steht; — so z. B. ist Kupfer durch den electrischen Funken am wenigsten schmelzbar, leitet hingegen am besten), Kohle und alle übrigen trockne leitende Körper; — zur zweiten die sämtlichen flüssigen Leiter, die als solche gleichzeitig mit den electrischen Verhältnissen den chemischen Proceß einzuleiten vermögen, und zwar nach Maassgabe ihres Wassergehalts, durch dessen Gegebenseyn und Vermittelung dann Oxydation des Leiters der ersten Klasse eintritt. — Bei den Isolatoren (als solchen) kann dieses nie der Fall werden, da sie nur in sofern isoliren, als wie sie kein liquides Wasser enthalten, und mithin sind sie nicht in zwei Klassen der Art zu zertheilen. — Ueberhaupt sind aber Isolation und Leitung, wie schon oben bemerkt wurde, nicht absolut oder specifisch, sondern nur graduel von einander verschieden. Leitung ist nur ein geringer Grad von Isolation, und umgekehrt. Der beste Leiter isolirt noch in einem gewissen Grade, und der beste Isolator leitet noch mit einer gewissen Stärke. — Leiter und Isolatoren bilden daher (und aus anderen, nachher aufzuführenden Gründen) nur eine grosse Reihe, die unter sich nach RITTER eine ähnliche erste und zweite Klasse darzustellen im Stande ist, als wie dieses bei den Leitern für sich statt findet. Sofern nämlich nur das Eintreten des chemischen Processes die Bedingung der zweiten Klasse ist, in

sofern ist jene Scheidung bei denjenigen Isolatoren leicht möglich, die als oxydirbare und verbrennliche Substanzen erscheinen, deren Zahl nicht geringe ist; jedoch giebt es auch eine nicht minder bedeutende Menge von Isolatoren, an denen bis jetzt höchst schwache, oder vielmehr gar keine Oxydationsfähigkeit bemerkt ist; diese haben Festigkeit, Härte, Rigidität mit einander gemein, welche als solche bei ihnen RITTERS Meinung zufolge — der Werth der Hydrogeneität, d. i. der Oxydabilität oder Verbrennlichkeit jener ersetzen, oder vielmehr selbst darstellen soll, so daß Rigidität = Hydrogeneität stände. Eine Meinung, die viel für sich — aber wie es mir scheint noch weit mehr gegen sich hat, und überhaupt willkürlich angenommen zu seyn scheint, ohnerachtet R. — in seinem *Electr. Systeme d. K.* diese Gleichung möglichst weit durchführt, und, von ihr ergriffen, in dem Acte der Rigiditätserscheinung nur die deutliche Darstellung derselben zu erblicken glaubt. Vergl. PFAFFS Abhandl. u. Beurtheilung in GEHLENS Journ. für d. Chem, Phys. u. Mineralogie. 5 Bd. 1 Hft. S. 82 ff.

2) Schon R. BOYLE fand, daß Trockenheit und Wärme die Electricitätserregung begünstige, und daß rücksichtlich der Leitung ein bedeutender Unterschied zwischen den Körpern existire. HAWKSBEES (*Physico-mechanical experiments. Lond. 1709. 4.*) bemerkte das Geräusch des electrischen Ausströmens und das Gefühl von Spinnweben, und bediente sich zu seinen Versuchen zuerst einer (Kugel) Maschine, während man sonst (und auch noch späterhin) bloß mit geriebenen Glasröhren experimentirt hatte. Auch stellte er die ersten Versuche über den electr. Funken in

der GUERIKESchen Leere an; worüber die späteren Beobachtungen eines HANLEY (von ihm in der sogenannten KLEISTischen Leere oder dem Leidner Vacuum angestellt, d. i. eine Leidnerflasche — der später gedacht werden wird — aus der durch die Luftpumpe die enthaltene Luft bequem verdünnt werden kann), MUSCHENBROEK, MORGAN und CANDI (FRISCHERS phys. Wörterb. 1, 882 u. 884.), WALSCH und ERMANN (GILBERTS Annal. XI. 160—165.) dahin entschieden haben, daß eine sehr verdünnte Luft z. B. die der GUERIKESchen Leere leite und eine auffallende Verbreitung des electr. Lichtes gestatte, der leere Raum hingegen z. B. die vollkommene TORRICELLische Leere keinesweges.

3) Die im obigen Versuche gemachte Beobachtung, daß leitende Substanzen, welche mit electricisirten Isolatoren in Verbindung stehen, dann selbst electricisch werden, wenn sie an fernerer Ableitung durch umgebende Isolatoren gehindert sind, machte zuerst STEPHAN GRAY 1728, und stützte darauf das Verfahren, Menschen, Thiere etc., wenn sie isolirt sind durch Mittheilung zu electricisiren. Mitgetheilte Electricität (*Electricitas communicata s. derivata*) nennt man nämlich jene auf beschriebenem Wege dem isolirten Leiter ertheilte Electricität, im Gegensatze der ursprünglichen Electricität der Nichtleiter (*Electr. originaria*). Nach OERSTEDTS Beob. geschieht diese Mittheilung undulatorisch d. i. in abwechselnden — starken (*expansiven*, stark geleiteten) und schwachen (*contractiven*, minder geleiteten oder fast isolirenden) Schwingungen. Vergl. GEHLENS N. A. Journ. der Phys. VI. Bd. 3 Hft. und OERSTEDTS Abhandl. sur la propagation

de l'electricité. Im Journ. der Phys. etc. p. DELAMETERIE. Paris An. 1806. Mai. und KASTNERS Grundr. d. Chem. S. 198). — Bringt man einen isolirten electrisirten Leiter mit einem nicht electrisirten in Berührung, so verliert der erstere auf einmal seine ganze Electricität, während in einem electrisirten Isolator nur durch wiederholtes Berühren, und nur an der berührten Stelle das elektrische Verhältniß aufgehoben wird. Durch electrisirte und isolirte Leiter werden Isolatoren auf dem Wege der Mittheilung sehr wenig electrisch, und um sie überhaupt durch andere bereits electrisirte Körper zu electrisiren, müssen sie anhaltend an mehreren Stellen damit berührt werden. — Die Stärke des mitgetheilten electrischen Verhältnisses, richtet sich als Flächenproceß nicht nach der Menge der vorhandenen Masse, sondern nach der Oberfläche und Längenausdehnung der Leiter, und überhaupt tritt das Verhältniß der mitgetheilten Electricität bei dem Leiter nur auf der Oberfläche ein, und es kommt dabei nach COULOMB nicht auf die Verschiedenheit oder chemische Aehnlichkeit der Massen, sondern auf die Gleichheit der Massenquantität, und deren Umfänge an. Eine isolirte kupferne Kugel verliert z. B. bei der Berührung gerade die Hälfte ihrer Electricität. Es folgt aus diesen und aus mehreren ähnlichen Erfahrungen, daß das electrische Verhältniß rücksichtlich seiner Verbreitung unmittelbar nur von dem was an den Körpern quantitativ ist abhängt, und daß das Hervorgehen der chemischen Qualität nur als secundäre Folge und Begleiterin anzusehen ist. Da wo das electrische Verhältniß zugleich ein chemisches wird, oder als solches sich zeigt, ist es nicht mehr rein, sondern

von dem durch das Wasser eingeleiteten chemischen (Qualität setzenden) Prozesse begleitet, wodurch gleichzeitig das ganze Spannungsverhältniß umgekehrt wird. Der reinste Ausdruck des electricischen Verhältnisses, kann daher nur bei vollkommener Abwesenheit des Wassers von Seiten höchst rigider Isolatoren und Leiter statt finden; da wo dieses mit in den Proceß gezogen wird (welches bei den meisten electricit. Erregungen nothwendig eintreten muß, da der Körper erst noch aufzuzeigen ist, dem alles Wasser mangelt), oder selbst eingreift, ist es zugleich ein mehr oder minder chemisches. Je stärker die Körper electricisch erregt werden, und um so geringer die Wassermenge ist, welche auf diese Weise in den electricischen Proceß verwickelt wird, um so mächtiger werden die Erscheinungen der Funkenproduction u. s. w. ausfallen; denn diese sämtlichen Phänomene, welche in der sogenannten electr. Atmosphäre (electr. Wirkungskreis) der Körper sich als etwas ausser dem electricis. Körper Seyendes darstellen, sind wahrscheinlich Producte wirklich vorhandener — zur höchsten Electricitätserregung gediehenen — Wassermengen, die, als solche in einem Zustande erscheinen, der in Hinsicht von Ausdehnung und Streben nach steter Expansion, die Luftform noch weit hinter sich zurückläßt. DESAGULIERS (Phil. Transact. 1739—1742) führt zuerst die Namen: an sich electricische Körper und Leiter ein, und brachte die bisherigen Versuche auf allgemeine Gesetze.

4) GRAY'S Entdeckung gab die erste Veranlassung zur Darstellung des Hauptleiters oder ersten Leiters der Electricirmaschine. Schon früher hatte O. v. GUERIKE a. a. O. Schwefelkugeln und

HAWKSBEER (vergl. oben) Glaskugeln zur Electricitäts-  
erregung angewendet; HAUSEN (novi profectus in hi-  
storia electricitatis. Lips. 1743. 4.) führte ähnliche  
Maschinen zuerst in den physicalischen Unterricht  
ein, und BOSE in Wittenberg, WINKLER in Leip-  
zig und GORDON in Erfurt gelangten auf diesem  
Wege zu sehr verstärkten Graden der Electricität.  
Die wesentlichen Theile einer Electrisirmaschine  
sind glattes Glas (in Kugeln oder Sphäroiden-Cy-  
linder- oder Scheibenform) oder statt dessen Taffet,  
wollenes Zeug, gefirnifstes Holz u. m. dgl., welches  
isolirt gestellt, bequem gegen das Reibzeug gerie-  
ben werden kann. Das Reibzeug besteht am be-  
sten aus Taffet oder Leder, welches nachdem es  
mit Bernsteinfirnis überzogen, mit einem sogenann-  
ten Amalgam d. i. einer Verbindung mit Quecksil-  
ber mit anderen darin auflöselichen Metallen, bestri-  
chen wird. Am gewöhnlichsten wählt man das aus  
einem Theile Quecksilber und fünf Theilen geschmol-  
zenem Zinke bestehende KIENMAYERSche Amalgam,  
welches mit etwas Kreide, Unschlitt oder Fett fein  
zerrieben und dadurch, so wie durch künftige, beim  
Reiben stets wechselnde Luftberührung stets mehr  
oder weniger oxydirt wird. Es muß öfters nach je-  
desmaligem Trockenwerden auf das seidene oder le-  
derne Kissen getragen werden, bis es dick genug auf-  
liegt. Vergl. Journal de Phys. Aout 1788. p. 96 wo  
zuerst ein etwas abweichendes aber minder zweckmä-  
siges Verhältniß, nämlich 2 Theile Q. 1 Theil Zinn  
und 1 Theil Zink (WOLFF setzt so viel feines Silber  
zu als das Q. verquicken kann) vorgeschlagen wurde.  
ECKARTSHAUSEN (natürliche Magie) schlägt ein Phos-  
phor haltiges Amalgam als sehr wirksam vor. ADAMS



empfiehlt zu gleichem Zwecke das Mussivgold (Essay on electricity. Lond. 1784. p. 27), und WOLFF legt zwischen Amalgam und Glas (der Scheibe oder des Cylinders) ein Stück feines weisses Papier. Eine dritter wesentlicher Theil ist der metallene (am besten von polirten Messing) cylinderförmige, abgerundete erste Leiter oder Conductor, der so wie die ganze Maschine isolirt auf Glasfüssen steht, die am besten massiv und mit Siegelack überzogen sind, um möglichst zu isoliren und so wenig wie möglich Feuchtigkeit anzuziehen. Je grösser dieser Conductor ist, um so mehr wird er mit seinen Einsaugespitzen (Collectoren oder Zuleiter), welche das zu reibende Glas fast berühren, Electricität aufnehmen können, und um so concentrirter und schmerzhafter werden die ihm entlockten Funken ausfallen. Jedoch hat seine Grösse eine gewisse Grenze, zu groß bietet er auch bei aller Politur, zuviel ausströmende Stellen dar, welche bei der sehr erweiterten Luftberührung leicht soviel zu entladen im Stande sind, als der Conductor von der Scheibe an Electricität aufzunehmen vermag. In Versuchen wo das Reibzeug nicht isolirt zu seyn braucht, hängt man zweckmässiger eine Messingkette vom Reibzeuge zur Erde herab, wodurch die Ansammlung der Electricität des ersten Leiters vermehrt wird. Ausserdem hat man noch einen zweiten Conductor, der am besten in seidenen Schnüren (isolirt) von der Decke des Zimmers herabhängt, und mit dem isolirten Reibzeuge in leitende Verbindung gesetzt wird, um die Electricität des Reibzeuges anzusammeln. Es ist zweckmässig in diesem Falle den ersten Conductor mit der Erde in leitende Verbindung zu bringen. Alles was bei der

Electrisirmaschine dazu bestimmt ist, Electricität anzusammeln, muß vorzüglich abgeglättet seyn, weil alle Spitzen von selbst und schnell entladen. Daher wird auch bei Versuchen mit der Maschine, ausser der Entfernung aller Feuchtigkeit, durch gehörige Erwärmung des Glases und Leiters, und ausser einer möglichst trocknen umgebenden Luft, erfordert, daß der Staub von allen Theilen der Maschine gehörig fortgeschafft sey. PLANTA (Allgem. deutsche Bibl. Anhang zum 13—24 Bd. 1ste Abthl. S. 549) und INGENHOUS (dessen ver. Schriften; herausg. von MOLITOR. Wien 1784. 8. I. S. 172) wendeten bei ihren Versuchen zuerst Scheibenmaschinen an (die unter gleichen Umständen wirksamer als die übrigen sind); diejenige nach der von CUTHBERSON angegebenen Einrichtung hat zwei Scheiben und acht Reibzeuge, und die von ihm für das TEYLERSche Museum in Harlem nach dieser Art verfertigte (welche VAN MARUM beschrieben und zu vorzüglichen Versuchen benutzt hat; vergl. Beschreib. einer ungemein grossen Electrisirmaschine etc. A. d. Holländ. übersetzt. Leipz. 1786. 4. Erste Forts. 1788. 4. Zweite Forts. Harlem 1795. 4.) ist von ausgezeichneter Güte. KLINGER in Breslau hat nach diesem Muster eine für den Herzog HEINRICH von Württemberg verfertigt, die sich zu Walisfort bei Glaz befindet. GILBERTS Annal. IV. 3. S. 359. — Ueber Electrisirmaschinen von anderen Stoffen, vergl. LICHTENBERGS Mag. I. S. 83, III. I. S. 118. GRENS Journ. d. Phys. VII. S. 319. — G. C. BOHNENBERGERS Beschreibung einiger Electrisirmaschinen und electricischer Versuche. Stuttg. 1783. I—VI. Forts. 1791. 8. Dessen Beiträge zur theoretischen und

practischen Electricitätslehre. Stuttg. 1793 — 1795.  
I — IV St.

5) Setzt man die Electrisirmaschine in Bewegung, so wird die durch Reibung auf dem Glase angesammelte und hervorgerufene Electricität, dem Hauptleiter übertragen, und nähert man sich diesem nun, auf ähnliche Weise wie dem geriebenen Bernsteine oder Glase etc., so werden alle dort bemerkten Phänomene weit stärker und lebhafter eintreten. Die Funken werden mit einem grösseren Geräusche und in beträchtlicheren Fernen überschlagen, und dieses wird nach der Güte der Maschine und der gehörigen Isolation des Hauptleiters zunehmen. Die räumliche Weite, in welcher der Funke aus dem electrisirten Körper zu dem zu electrisirenden, oder umgekehrt, überzuschlagen vermag, nennt man die Schlagweite. Ausser den angegebenen Umständen, hat hierauf auch die Gestalt des Ausladers (oder zu electrisirenden Körpers) Einfluß. Eine gewöhnliche gute Maschine, giebt bei trockner Luft 9—12 Zoll Schlagweite; grössere z. B. die in Harlem über 20 Zoll. — Das Geräusch und der lebhafte Funke beim Entladen, wird jedoch nur dann bemerkt, wenn das genäherte Ende des Ausladers oder Ableiters stumpf oder abgerundet ist; im Dunkeln bemerkt man dann, daß die Funkenmasse nicht überschlägt, sondern, wie wenn der Hauptleiter mit Spitzen versehen wäre, in Gestalt eines dünnen Fadens überströmt; und jede ausströmende Spitze gewährt der gegen gehaltenen Hand, das Gefühl eines sanften Luftwehens oder Blasens. War der entladene Körper isolirt, z. B. ein auf einem Isolirschmel stehender Mensch, so erhält er ebenfalls

durch Mittheilung die Electricität des von ihm berührten Conductors, und kann nun wie dieser von Funkenproduction begleitet, durch andere Leiter entladen werden. War der Entladende hingegen nicht isolirt, so strömt die Electricität zur Erde über, ohne bemerkt zu werden. (Hier etwas von der Methode die Electricität zum medicinischen Gebrauche anzuwenden).

6) WATSON fand zuerst (1746), daß das Isoliren des Reibzeugs nur schwache Electricität des ersten Leiters gewähre (s. oben), woraus er folgerte, daß das Reiben mehr dazu diene Electricität überzuführen, als unmittelbar zu erregen; und CANTON zeigte (1753) zuerst entscheidend den grossen Einfluß, welchen Glätte und Reibung auf die mitzutheilende Electricität haben, Versuche die von BECCARIA (dell' Electricismo artificiale 1753. 4.), WILSON (Transact. 1760. Vol. LI.) BERGMANN (ebendas. 1764. Vol. LIV. und Schwedische Abhdl. 25 B. S. 344) WILKE (de electricitatibus contrariis. Rostoch. 1757. 4.) und AEPINUS (Tentamen theoriae electricitat. Petropol. 1750. 4.) bestätigt und erweitert wurden. Ausser verschiedenen Entdeckungen über die später zu erläuternde entgegengesetzte Natur der Electricitäten, setzten die Versuche dieser Physiker, vorzüglich den bereits erwähnten Unterschied zwischen Ansammlung der Electricität auf glatten Körpern und zwischen Spitzenströmung fest; ein Unterschied der neuerlich durch WINTERL (der die Wirkung der Spitzen electricischen Galvanismus nennt, vergl. KASTNERS Materialien etc. I. S. 200) genauer wie gewöhnlich beachtet wurde, und ihn zur Festsetzung eines besonderen Unterschiedes zwischen Electricität

und dem später zu gedenkenden Galvanismus leitete. Mir scheinen die Spitzen durch mehrere Umstände ihre eigenthümliche Wirkungsweise zu erhalten; einmal, indem sie mit abnehmender Begrenzung an ihrem äussersten Ende die Ansammlung von einer so geringen Quantität electricischer Flüssigkeit begründen, daß diese dort durch ihren geringen Umfang den Gesetzen ihrer eigenen (auch in ihr wie in jeder Materie nicht ganz zu leugnenden) Cohäsion, welche sie sonst zum Funken (Tropfen) anhäuft, nicht mit einer Energie Folge leisten kann, die zur ausgedehnten Funkenbildung hinreicht, und zweitens, daß alle Spitzen als längliche Körper (besonders so fern sie zugleich electricisch sind) magnetisch wirken, d. h. entgegengesetzte Polarität in der (für sie nicht isolirenden) Umgebung hervorrufen, dadurch theils selbst electricische Flüssigkeit von sich entfernen, theils die, wenn auch die Electricität in ihrer Reinheit isolirende, Umgebung, zu einem electricischen Magnete von entgegengesetztem Polwerthe erheben, der nun als entgegengesetzter Pol gegen die auf der Spitzenfläche angehäuften Electricität anziehend wirkt etc. Es hat diese hypothetische Vermuthung wenigstens das für sich, daß wirklich ähnliche Erregungs- und Fortpflanzungsverhältnisse in der Natur existiren, die wir bei der Untersuchung des Turmalins und des Galvanismus näher kennen lernen werden.

7) Zu dem electricischen Apparate (so nennt man alle zur Hervorbringung und Untersuchung electricischer Wirkungen bestimmte Werkzeuge) gehört ferner das Electrometer oder Electroscop, wovon man verschiedene Arten hat, und die mehr dazu dienen, Electricität anzuzeigen (vorzüglich die sehr em-

pfindlichen) als auch zugleich zu messen. Ihre Einrichtung beruht im Allgemeinen darauf, daß zwei mit gleichartiger Electricität versehene Körper genähert sich abstossen, vergl. XXVIII. u. obig. Versuch. Sind sie absichtlich minder empfindlich und beweglich eingerichtet, so werden sie nur benutzt um übermässige Anhäufungen von Electricität, z. B. das Ueberladen der Batterien zu verhüten. Jedes Electrometer muß, abgesehen von der Berührung des zu prüfenden Körpers, isolirt gestellt werden können, und wird mit den Körpern entweder unmittelbar in Berührung gesetzt, oder einem diese Körper berührenden kleinen isolirten Conductor genähert. Zu den vorzüglicheren Electrometern gehören: CANTONS Korkkugelchen-Electr., VOLTA's Strohalm-Electr., SAUSSURE's, BENNETS und RITTERS Blattgold-Electr. — ähnliche von DU FAY's, CAVALLO, ACHARDD, DE LUC HENLEY's Quadranten-Elect., BROOKE's, COULOMBS electr. Waage, MARECHAUXS Electromicrometer. Vergl. GEHLERS phys. Wörterb. Art. Electricit. CAVALLO von der Electricit. überh. Leipz. 1797. I. S. 156. GRENS Journ. d. Phys. I. 3. S. 380 und neues Journ III. I. S. 51. GILBERTS Annal. I. 3. S. 251. XVI. I. S. 115. ADAMS Versuch über die Electr. Aus d. Engl. übers. Leipz. 1785. S. 221 etc. DE LUC Ideen über die Metereologie. I. S. 306. — Ueber die Einrichtung und den Gebrauch dieser Instrumente mündlich. — Mehrere electriche Spielwerke haben die versteckte Einrichtung der Electrometer. — Die Stärke, oder nach WINTERL, die Anhäufung der Electricität nennt man gewöhnlich die electriche Spannung eines electriche Körper.

7) Wäre die Luft ein vollkommener Nichtleiter, und wären es auch die anderen, zur Isolation gebrauchten Substanzen, so würde ein isolirter electr. Leiter sein erhaltenes Maximum der Electr. stets von gleicher Stärke behalten; da dieses aber nicht der Fall ist, so schwindet sein electricischer Zustand nach und nach. COULOMB fand durch Versuche, daß, wenn der halbleitende Zustand der Luft derselbe bleibt, das Verhältniß der durch sie verloren gehenden Electricität eines Leiters zur mittleren Intensität eine beständige Grösse bleibt. Auch will er gefunden haben, daß — in Beziehung auf die Electricitäts-Verbreitung über die den Leiter isolirenden Substanzen — zur vollkommenen Isolirung des Leiters, die Längen der isolirten Träger sich wie die Quadrate der Intensität der Electricität des Leiters verhalten müssen. — Bei einer schnellen und energischen Wirksamkeit der E. Maschine kann die im Ueberflufs dem Leiter zugeführte E., entweder nach dem Reibzeuge zurückgehen, oder nach anderen leitenden Theilen der Maschine sichtbar ausströmen.

9) Nähert man den zweiten isolirten Conductor einer Maschine dem ersten, so bricht auch zwischen beiden ein electricischer Funke aus — der an dem einen Ende roth, am andern blau, in der Mitte weiß ist; und dessen Farben bei grösserer Entfernung abwechseln, und der zweite C. ist nun electricisch. Dieselbe electricische Uebertragung findet zwischen beiden Conductoren statt, wenn sie mit einer leitenden, aber nicht, wenn sie mit einer isolirenden Zwischensubstanz verbunden werden. Findet sich zwischen beiden C. ein schlechter Leiter, z. B. trockne atmosphärische Luft, so

(26<sup>2</sup>)

scheint der electriche Funke aus dem oberen C. stets nach dem untern überzuschlagen (welches WINTERL das Fallen desselben nennt, vgl. m. Materialien Bd. I. S. 181 in d. Note) gleichgültig, ob sich der erste (positive) C. oben oder unten befindet. — Stellt man eine kleine metallene Schale, mit gehörig abgerundeten Rändern, worin etwas Schwefeläther oder erwärmter Weingeist befindlich ist, auf den isolirten Conductor, electricirt denselben darauf, und nähert sich dann dem Aether mit einem Leiter, z. B. mit dem Finger, um einen Funken auszuziehen; so entzündet sich der Aether in demselben Augenblick. Dasselbe findet bei einem Gemische von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas in leitenden verschlossenen Gefässen statt, und hierauf gründet sich die Einrichtung und Wirkung des electr. Pistols. LUDOLF in Berlin entzündete zuerst 1744 Vitrioläther durch den electriche Funken, WINKLER erwärmten Branntwein, GRALATH in Danzig den Rauch eines eben verloschenen Lichtes, und BOSE den Dampf von schmelzendem Schießpulver. Fein zertheilter Phosphor und trocknes Schießpulver lassen sich, so wie mehrere inflammable Substanzen, leicht durch den electriche Funken entzünden. — Werden Haare, Büschel etc. oder an feuchte Zwirnfäden hängenden Korkkügelchen dem Conductor parallel hängend, genähert, so gehen sie beim Electriciren divergirend auseinander. Setzt man einen Messingdrath der von einer Glasröhre umgeben in mehrere Spitzen ausläuft, mit dem electr. Conductor in leitende Verbindung, indem man ihn isolirt (die Glasröhre fassend) hält; so strömen im dunkeln sichtbare electriche Funken aus jeder Spitze, electriche Flugrad, electriche Illumination, leuch-



tende Namenszüge, electriche Springbrunnen, die auflockernde Baumwolle, das in Zapfen ausschiesende, fließende Siegelack etc. Wird hingegen ein isolirtes (an einem seidenen Faden hängendes) Korkkugelchen dem electr. Conductor genähert, so wird es bis zur Berührung angezogen, dann aber sogleich abgestossen, in welcher Lage es verbleibt, bis es einem nicht isolirten Leiter genähert wird; von diesem wird es angezogen, und nach der Berührung damit wieder vom Conductor, und so wechselseitig fort, oder es spielt auch zwischen beiden bis zur Berührung stets hin und her. Electricches Glockenspiel, Tanz der papiernen Puppen, electriccher Sandwirbel, die tanzenden Hollundermarkkugeln etc. — Wasserdampf oder warmes Wasser leitet übrigens nach FRANKLIN besser, als kaltes, und nach HERMESTÄDT N. A. Journ. d. Chem. Bd. II. S. 333 soll die Verdampfung des Wassers durch Electricität beschleunigt werden.

c) *Von den entgegengesetzten Electricitäten und von der electricchen Vertheilung.*

§. 108.

XXIX. Vers. Man verbinde einen an dem einem Ende abgerundeten, oder mit einer Kugel versehenen Metalldrath, der einen isolirenden (gläsernen) Handgriff hat, mit seinem anderen Ende (mittelst eines Drathes oder einer Kette) mit dem ersten Conductor der Electriche Maschine und führe, während der Conductor electricirt wird, das abgerundete Ende auf einem recht glatten,

mässig erwärmten, trockenen Harz- oder Siegel-lackkuchen umher, demselben so die Electricität des Conductors ertheilend, und bestäube den Harzkuchen dann mit Bärlappsamen (Sem. Lycopodii); so bildet dieser auf den electricisirten Stellen des Kuchens, stralig auseinander gehende büschelförmige Figuren, denen in Fig. 15 ähnlich. Ertheilte man dem Kuchen hingegen auf gleiche Weise die Electricität des zweiten (mit dem isolirten Reibzeuge in leitende Verbindung stehenden) Conductors, oder unmittelbar des Reibzeuges, so bilden sich unter gleichen Umständen schwammige rundliche Flecke, mit kaum merklicher Stralung.

1) Man nennt diese Figuren nach ihrem Entdecker — LICHTENBERGISCHE Figuren; vergl. G. C. LICHTENBERG de nova methodo, natura motum fluidi electrici investigandi; in den nov. comment. societ. Götting. T. VIII, 1777. S. 169. Und VILLARSY und A. v. ARNIM in GILBERTS Annal. Bd. V. S. 35 etc. Augenscheinlich zeugen diese Fig. von entgegengesetzten electricischen Verhältnissen. Electricisirt man eine Siegel-lackstange mit einem Katzenfelle durch Reiben, und läßt darüber ein kleines leichtes Korkkugelchen mittelst eines feinen Zwirnfadens schweben, so wird dieses von einer andern geriebenen Siegel-lackstange, oder von dem isolirten electr. Reibzeuge abgestossen, von einer geriebenen Glasröhre, oder von dem electr. Conductor hingegen angezogen werden. — Theil man einem Korkkugelchen die Electricität des ersten Con

ductors d. M., dem andern diejenige des Reibzeugs derselben mit; so ziehen sich beide an, und ihre Electricitätswerthe gehen in 0 über. — Theilt man die Electricität eines Körpers den Kügelchen oder Blättchen eines Electrometers mit, so daß sie divergiren, und nähert es darauf mit dem Deckel einer schwach geriebenen Siegellackfläche oder Stange, so gehen die Kügelchen noch weiter auseinander — wenn die erhaltene Electricität derselben mit derjenigen des Siegellacks übereinkommt; hingegen fallen sie bei entgegengesetzter Electricität zusammen. Nähert man zwei isolirte Leiter, die beide gleich stark mit der Electricität des ersten Cond. oder des Reibzeugs geladen sind, gegenseitig, so erscheinen bei ihrer Annäherung keine Funken, und jeder behält seine Electricität. Hingegen entwickeln sich starke Funken, und das electriche Verhältniß wird nach Maasgabe der Berührung beider aufgehoben, wenn der eine isolirte Leiter die E. des isolirten Reibers, und der andere isol. Leiter diejenige des isol. Reibzeugs hatte. — Hält man mittelst eines gläsernen Handgriffs einen an beiden Enden zugespitzten Metalldrath, in gehöriger Ferne zwischen den electr. Conductor der Maschine, und zwischen den electr. Conductor des Reibzeugs, so bemerkt man an der, dem ersteren Cond. zugekehrten Spitze das Ueberströmen der E. in Form eines Feuerbüschels, und an dem letzteren in Gestalt eines leuchtenden Sterns oder Punctes.

2) Schon DU FAY (mem. de Paris. 1733—1737) machte auf den Unterschied des geriebenen Glases und des Harzes aufmerksam, und unterschied sie durch die Benennung Glas- und Harzelectricität; Bezeichnungen, die aber bald verworfen wurden, da

man fand, daß sowohl das Glas, wie auch das Harz beide Electricitäten annehmen könne. FRANKLIN unterschied beide Electricitäten, die des Reibers und diejenige des Reibzeugs der Glasmachine, als mathemat. Grössen, und nannte daher die erstere — positive oder Plus-Electricität; die letztere — negative oder Minus-Electr. KINNERSLAY in Boston fand, daß DU FAYS Glas- und Harzelectr. mit FRANKLINS pos. und negat. Electr. übereinstimmen. LICHTENBERG bezeichnete beide durch + E. und — E. — FRANKLIN erklärte die Phänomene der positiven Electricität durch einen vorhandenen Ueberschuß die negative hingegen durch Verminderung einer und derselben angenommenen electricischen Materie, von der jede nicht electricische Substanz eine gewisse, nicht freiwirkende Menge besitzt. Diesen letzteren Zustand der Körper nennt F. denjenigen der Sättigung der Körper mit Electricität; oder den natürlichen Zustand der Electricität eines Körpers, deren Vermehrung = + E, und deren Verminderung = — E erscheint. Nur isolirte Körper können + oder — E besitzen, die nicht isol. Leiter befinden sich in jenem natürlichen Zustande der Electricität. Die electricische Atmosphäre der Körper ist = einer durch Vertheilung electricisirten Luft. — Zu den neueren Vertheidigern der FRANKLINSchen Voraussetzung, gehören GREN und VOLTA, und sofern man das + oder — E bei der Entstehung als höhere Zustände gelten läßt, die erst bei vorhandenen und unterworfenen Wasser eine expansible (über die Gasform hinausgehende) sogenannte electricische Flüssigkeit bilden (vergl. oben) hat sie sehr viel Wahrscheinlichkeit für sich. Uebrigens vergl. man noch AVOGADROS Ideen

und Folgerungen, und PRECHTL's scharfsinnige Bemerkungen darüber, so wie über TREMERY's Hypothese: GEHLENS Journ. für Chemie, Physik u. Mineral. VI. 53. etc. — Eine andere gute Hypothese (die jedoch, scharf verglichen mit den Phänomenen, welche sie erläutern soll, der F.schen nachzustehen scheint) ist das sogenannte dualistische System des ROB. SYMMER, der zwei verschiedene (und sofern sie für sich existiren — positive Materien annimmt, von denen die eine die Erscheinungen des  $+E$ , die andere die des  $-E$  bewirken; beide ziehen sich an und geben vereint das  $oE$ , welches aber hiernach — auch ein eigenthümlich Existirendes seyn muß. SYMMER stellte seine Vers. 1759 an, und CIGNA setzte sie weiter fort.

3) Zwei isolirt hängende geriebene Glasstangen (oder zwei geriebene Harzstangen) stossen einander ab, eine geriebene Harzstange und eine geriebene Glasstange, ziehen sich an. Ueberhaupt gelten folgende aus der Erfahrung abgeleitete Gesetze:

- $+E$  und  $-E$  ziehen einander an;
- $+E$  und  $+E$  stossen einander ab;
- $-E$  und  $-E$  stossen einander ab.

Es sind diese Verhältnisse ganz denen magnetischen Anziehungs- und Abstossungsgesetzen ähnlich. Vergl. §. 99.

4) Nach WILSON erhält der härteste (und am wenigsten leitende) von zwei gegenseitig geriebenen Isolatoren, allemal  $+E$ , der minder harte  $-E$ . (Verschiedene Glätte und Feuchtigkeit ändern indess diese Resultate sehr ab.) — Bei den Leitern erhält unter zweien, in Berührung kommenden, nach RITTER der oxydirbarere  $+E$ , der weniger

oxydationsfähige — E. Dasselbe, was also bei den Isolatoren die grössere Härte bestimmte, wird demnach bei den Leitern durch die stärkere Oxydabilität hervorgerufen. (Vergl. oben die Bemerkung üb. R's Meinung.) — Bei der E. Maschine erhält das isolirte Reibzeug stets die entgegengesetzte Electricität des Reibers und Conductors: — E wenn diese + E, und + E, wenn diese — E enthalten. Nach RITTER ist die Spannung (+ oder — electr. Anhäufung) zweier Körper (sowohl Leiter als Isolatoren) a und z, jedes Abstandes in ihr, gleich der Summe aus den einzelnen Spannungen von ab, bc, cd u. s. f. bis und mit yz. Werden einzelne Glieder aus der Spannungsreihe der Leiter mit solchen aus der Spannungsreihe der Isolatoren zusammengebracht, so verhalten sie sich nach R. wie Glieder der letzten Reihe, und umgekehrt. — Beide Isolatoren und Leiter bilden nach R. folgende Spannungsreihen, auf die zum Theil schon früher BERGMANN aufmerksam machte,

<i>Spannungsreihe der</i>		<i>Beide vereint bilden folgende:</i>
— E.		— E.
<i>Isolatoren.</i>	<i>Leiter.</i>	
Schwefel	Wasser	Schwefel
⋮	⋮	⋮
Siegellack	Manganesoxyd.	Manganesoxyd
⋮	⋮	⋮
Schwarze Seide	Graphit	Schwarze Seide
⋮	⋮	⋮
Weisse Seide	Erze	Silber
⋮	⋮	⋮
Papier	Köhle	Wolle
⋮	⋮	⋮
Holz	Silber	Kupfer
⋮	⋮	⋮
Wolle	Kupfer	Glas
⋮	⋮	⋮
Glas	Eisen	Zink
⋮	⋮	⋮
Turmalin	Blei	Demant
⋮	⋮	
Demant	Zink	
+ E.	+ E.	+ E.

Die Kohle ist in ihrer Leitungsfähigkeit und Annahme der Stärke von + und — E gegen unter oder über stehende Glieder sehr verschieden. Uebrigens sind die Glieder in folgenden Reihen so gestellt, daß das nach + E zustehende mit dem vorhergehenden gerieben stets + E, hingegen mit dem nachfolgenden, noch weiter als es selbst nach + E zu liegenden: — E erhält. — Die negativeste Substanz unter allen ist,

nach bisherigen Beobachtungen, die heisse Luft, die positiveste der Demant. — KORTUM hat in LICHTENBERGS Magaz. B. X. S. 15. Vergl. RITTER a. a. O. S. 124, u. f. mehrere Versuche beschrieben, die zur Ergänzung obiger Reihen dienen können. Er liess eine Menge von Substanzen durch Siebe von Mouselin, schwarzem Taffet, weissem Taffet, Haar und Silber in Pulverform fallen; mehrere unter ihnen, z. B. Borax-, Zucker-, Citronen- und Weinstein säure, Zucker, Mennige, Zinnober, schwefelsaurer Zink und Talk, sublimirter Schwefel, gepulverter Quarz, Kopal, Bimstein, Drachenblut, China, Rhabarber etc. wurden — E. Hingegen kohlen saures Kali, Natron, (Ammoniak), Kochsalz, Salpeter, schwarzes Eisenoxyd, weisser Flussspath, Waizenmehl etc.  $\pm$  E, mehrere andere bildeten 3 Glieder, zwischen — und  $\mp$  E der andern schwebend. — Ueber mehrere ähnliche Versuche vergleiche man v. ARNIM a. a. O., HAUY in den Annal. du Museum nation. d'histoire naturelle. T. III. p. 309—314 übers. in GEHLENS N. A. J d. Chemie. B. III. S. 96—100. KORTUM a. a. O. S. 3—9. VASSALLI in GILBERTS Annal. B. VII. S. 498 v. GERSDORFF ebend. B. XVII. S. 200. — CAVALLO's Electricitätslehre. B. II. S. 4. Dessen Experimentalphys. IV. B.

5) Aber nicht blofs durch Reiben, sondern bei den übrigen oben erwähnten Arten der Electricitätserregung entsteht dieser electriche Gegensatz. Bringt man auf rothglühendes, stark rostiges Eisen plötzlich Wasser, so wird das Eisen positiv electr., im Gegentheil negativ, wenn das Eisen nicht rostig war. Wird Wasser auf rothglühendem Bouteillenglase verdampft, so erhält das Glas und das etwa zu-



rückgebliebene Wasser positive Electricität. Leitet man heissen Wasserdampf auf eine ziemlich grosse und isolirte Metallplatte, so wird dieselbe durch die an ihr vorgehende Verdichtung des Dampfes positiv electr. Weingeist oder Aether, auf heissen Kohlen verdampft, hinterlässt die Kohlen negativ; geriethen beide Flüssigkeiten aber in Brand, so erzeugte sich keine Electricität. — Die von LIPHARDT und später von BÜNGER (GILBERTS Annal. XXIII. 2. S. 230) beob. Electricität der in zinnernen Kapseln abgekühlten Chocolate. — Schmilzt man Schwefel in einem silbernen Löffel, so zeigt der geflossene Schwefel negativ. E, und das Silber höchst positiv. E; beim Erstarren des Schwefels geht gleichsam mit beiden Verhältnissen eine Wandelung vor, der Schwefel erhält positive, das Silber negative Electricität. Wird er hingegen in gläsernen Gefässen geschmolzen, so hat er nach dem Abkühlen — E und das Glas + E. Vergl. VOLTA's metereol. Briefe. Leipz. 1793. I 257. LAVOISIER und DE LA PLACE über die E, welche die Körper absorbiren, wenn sie zu Dämpfen werden, aus den Mem. de l'acad. de Paris. 1781 übers. in LAVOISIERS Schriften von LINK. Greifsw. 1792. S. 59. CAVALLO a. a. O. II. 159. ff. Dasselbe findet beim Turmalin, Topas u. m. anderen Fossilien statt (Vergl. AEPINUS von den Eigenschaften des Turmalins. Uebers. Grätz 1772. 8. GRENS Journ. d. Phys. VII. 87), und das, was in beiden vorhergehenden Substanzen, im blossen Nebeneinander sich gestaltete, geht hier in ein und derselben Substanz vor. Durch Erwärmung wird nämlich das electriche Verhältniß unter Form des Magnetism (vergl. §. 5. S. 56) in dem Turmalin erregt. Im Dunkeln bemerkt man

dabei nach zwei gegen überstehenden Richtungen einer Linie (mit der Richtung seiner Blätter und Streifen gleichlaufend) ein lebhaftes  $\dagger$  und  $-$  electricisches Leuchten, und das Electrometer zeigt beide Electricitäten an. Der Pol, der durch dieses Erwärmen negativ wurde, wird beim Erkalten positiv. Erwärmt man das eine Ende (Pol), während man die andere erkaltet, so bekommen beide eine Electricität. Durch Reiben kann man entweder eines oder beide Enden positiv machen. Berührt man ihn während der Erwärmung oder Erkältung mit einer leitenden Substanz, so erhält er die entgegengesetzte Electricität, an dem einen oder beiden Enden, von derjenigen, die er sonst erhalten haben würde. — Läßt man zwei entgegengesetzte electr. Körper sich durch gegenseitige Berührung erschöpfen, und trennt sie dann wieder, so zeigen mehrere Körper der Art eine bedeutende Neigung die verlorne Electricitäten wieder anzunehmen, es ist mithin bei der Berührung der verschiedengearbete electr. Zustand noch nicht absolut aufgehoben, sondern nur unterdrückt worden. BECCARIA nennt dieses die vindizirende Electricität, und hat darüber in seiner Electrisirkunst Th. II. Abschn. VI. mehrere Beobachtungen niedergelegt. — So geht auch ein Electrometer, welches in der Nähe der Erde, Mauern, Bäume u. s. w. negativ war, in den positiven Zustand über, wenn man es an heiteren Tagen nicht zu langsam (d. i. erschütternd? K) vom Boden erhebt. Eine senkrecht schwebende Kupferstange erhält an einem Ende  $\dagger$  am anderen  $-$  E.

6) Alle diese Beobachtungen zeigen deutlich, daß jeder Körper beide electricische Zustände  $\dagger$  und  $-$  E anzunehmen und zu wechseln im

Stande ist, und dafs er einer jeden Aufforderung von bestimmtem electricischen Werthe (z. B. entschieden  $+$  oder  $-$  E) mit der entgegengesetzten aus sich selbst entwickelten Electricität zu folgen vermag. Ein Verhältnifs, welches zusammengesetzter in den chemisch differenten Massen, und einfacher in den magnetischen Substanzen dargestellt wird.

7) Rücksichtlich der Electricität überhaupt, heifst ein mit einer der Electricitäten versehene Körper, different; der hingegen in welchem keine von beiden Electricitäten, mithin  $oE$  gegeben ist, indifferent. Daher auch die Ausdrücke electricische Indifferenz, und Stärke der electr. Differenz. In dem Maasse wie die letztere (die Intensität des  $+$  oder  $-$  E) wächst, nimmt auch das Bestreben zur electr. Indifferenz zwischen beiden zu. Zugleich folgt hieraus die Anziehung der mit entgegengesetzter Electr. geladenen Körper, und ihre Abstossung, wenn beider E. gleichen Werth hat; auf dieselbe Weise wie beim Magnetismus (nach COULOMB im umgekehrten Verhältnifs des Quadrates ihrer Entfernungen), vergl. oben.

#### §. 109.

Die meisten der vorhin aufgeführten Beob. zeigen, dafs jeder electricisch geladene Körper, in seiner Nähe Electric. hervorruft, die der seinigen entgegengesetzt ist; ein Verhältnifs, welches der magnetischen Vertheilung ähnlich, die electricische Vertheilung genannt wird, und entweder einen oder zwei und mehrere gegenüberstehende Körper,

in einen electricischen Magnet verändert. Der erstere Fall ist z. B. beim Turmalin gegeben, wo beide (+ und —) electricische Werthe, in einer und derselben Substanz gleich den Polen eines Magnets entwickelt werden, der andere in allen denjenigen Fällen, wo zwei sich berührende Körper, nach der Berührung (Reibung etc.) + und — E zeigen, aber nicht blofs bei Isolatoren, sondern auch bei zwei Leitern, wenn beide durch eine dünne isolirende Schicht getrennt sind, und der eine davon bereits mit einer der Electricitäten geladen ist. Hieher gehört die Einrichtung der KLEISTISCHEN- oder LEIDNER- oder sogenannte Verstärkungsflasche und mehrerer ähnlicher Apparate.

1) Zur Erläuterung der electricischen Vertheilung diene folgendes Schema, welches einem neuerlichst von OERSTED (a. a. O.) entworfenen ähnelt.

$$A + E \quad - \quad E \quad \frac{B}{\text{Indifferenz}} \quad + \quad E$$

E sey z. B. ein unelectrischer isolirter Leiter der ersten Klasse, dem man eine geriebene + E habende Glasstange A nähert, ohne ihn zu berühren oder Mittheilung zu gestatten; so wird das gegen A gekehrte Ende des Leiters — E und das abgekehrte Ende gleichzeitig + E erhalten. Diese electricische Spannung des isolirten Leiters, wird aber sogleich aufhören, wenn man die Glasstange entfernt; welches am besten zwei an Strohhalm beieinander hängende Korkkugeln zeigen, die beim + E Ende des Leiters hangend,

während der Vertheilung mit  $+E$  divergiren, nach Wegnahme des Glases hingegen zusammenfallen. Nähert man wiederum die Glasstange, und berührt zugleich mit einem Finger das  $+E$  Ende des Leiters, so werden die noch divergirenden Kügelchen zusammenfallen, indem das  $+E$  des Leiters dem Finger mitgetheilt wird, und das  $-E$  des Leiters durch das Glas gebunden ist. Zieht man hingegen Finger und Glas zugleich weg, so fahren die Kügelchen mit  $-E$  auseinander, indem dieses übrig bleibend nun über den ganzen Leiter vertheilt wird. Wählt man statt der Glasstange Harz, so wird der Erfolg derselbe seyn, nur wird das  $-E$  des Harzes sich gegenüber in  $B + E$ , und am abgekehrten Ende von  $B - E$  erregen. — Wird Marienglas in Blätter gespalten; so zeigt das eine der beiden getrennten Blätter  $-E$ , das andere  $+E$  (CAVALLO von der Electr. II. S. 384). Dasselbe beobachtete WILSON am trocknen und warmen Holze.

2) Der Körper  $B$  erscheint obigem zufolge an beiden Enden mit dem stärksten Ausdrücke entgegengesetzt electricischen Werthes; nach der Mitte zu vermindert, und in der Mitte am schwächsten. Eine Vereinigung beider  $E$  in  $B$ , kann wegen der stets mächtiger erregenden und spannenden Einwirkung des Körpers  $A$  nicht statt finden, und, indem zugleich dieser Wirkung zufolge das gebildete  $-E$  des Körpers  $B$  von  $A$  angezogen, das  $+E$  abgestossen wird, so erklärt sich daraus, weshalb sich in der Mitte von  $B$  ein electricischer Ruhe- oder Indifferenzpunct bildet.

3) Gleichet sich das  $-E$  des  $B$ , mit einem Theil des  $+E$  von  $A$  aus, so bleibt in  $B$  und  $A$  nur die gleichnamige Electr. zurück, die dann nach Maasgabe

des Leitungsvermögens des Leiters, und ob er isolirt ist oder nicht, auf ihn angesammelt wird; und dann ist die oben berührte electr. Mittheilung gegeben. Bei dem mit der Maschine in Berührung gesetzten isolirten Conductor, ist nämlich die Ansammlung der Electricität ursprünglich auch nur durch Vertheilung bedingt; das + E des Glases ruft zuvörderst - E im Leiter hervor (oder zieht das in seinen oE vorhandene an) macht dadurch + E im Leiter frei, welches, so wie das nachkommende nicht mehr durch - E des Leiters zu bindende + E des Glases, nach Maasgabe der Capacität des Conductors angesammelt wird. Steht der Conductor hingegen mit der Erde in leitender Verbindung, so wird stets soviel - E auf ihm erregend entwickelt, als + E vom Glase erscheint, und das was als überflüssiges + E (durch die Erregung des - E) dem Leiter bleiben sollte, wird durch das in der Erde schon vorhandene - E ebenfalls gebunden, und so der ganze electricische Zustand des Leiters fortwährend oE erhalten.

4) Das Schema jeder geladenen Leidner Flasche ist - E. M. + E. I. - E. M. + B; wenn M M Metallbeleg oder Werthe guter Leiter, und I sowohl isol. Schicht, als auch in seiner Mitte: electr. Indifferenz bezeichnet. Es sind nämlich in derselben die leitenden Flächen (Belegungen, Armaturae) nur durch eine dünne Glasschicht getrennt, weshalb die Electr. einer jeden (der äusseren und inneren) Seite, nm so stärker auf die andere wirkt (ohne diese gegenseitige vertheilend erregende Wirkung im mindesten durch wirkliche Vereinigung in oE aufzulösen) und so ein Maximum von electr. Spannung oder Anhäufung auf beiden Seitenflächen begründen kann. Mehrere

Flaschen (oder statt derselben belegte Tafeln), zusammen verbunden, bilden die electricische Batterie, deren Grösse nach dem Inhalt der belegten Flächen bestimmt wird. — Um die einzelne Flasche (oder die Batterie) zu laden, oder zu electricisiren, faßt man sie entweder an der äusseren Belegung, und bringt den Knopf derselben gegen den Conductor der Electr. Maschine, oder man faßt sie an dem Knopf, und berührt den Conductor mit der äusseren Belegung. Hat man die Flasche isolirt, und bringt in einem geringen Abstände von der äusseren Belegung eine Ableitung an, so bemerkt man bei jedem zwischen dem Knopf und dem Conductor sich erzeugenden Funken, einen anderen zwischen der äusseren Belegung und der Ableitung. Indem nämlich die innere Beleg.  $\pm E$  von dem Conductor erhält, wird an der äusseren eine entsprechende Quantität  $\mp E$  relativ gebunden, und mithin ihr  $\pm E$  frei, welches, wenn es nicht abgeleitet wird, auf den inneren Beleg zurück wirkt, und so die Ladung der Flasche unmöglich macht. Der electr. Zustand der äusseren Beleg. ist daher stets (bei einer geladenen Flasche) dem der inneren entgegengesetzt. Am schnellsten wird die Flasche geladen, wenn man die eine Belegung mit dem isolirten Reibzeuge, die andere mit dem Conductor der Maschine in leitende Berührung setzt. Die Dicke des Belegs trägt zur Stärke der Ladung (die bei übrigens gleichen Umständen von der Grösse der Belegungsfläche abhängt) nichts bei, wohl aber vermögen die mehr oder minder isolirende Beschaffenheit des Glases (das bei dem wenigsten Alkaligehalt am mindesten isolirt) die zum Theil von der grösseren oder geringeren Dicke, Reinigkeit und

Temperatur desselben bestimmt wird, die Continuität der Belegung und deren verschiedenen glatten Oberflächen, die mehr oder weniger Trockenheit der Luft etc. Veränderungen in der Ladung zu bewirken, die der Absicht des Experimentators zuwider sind (Vergl. BOHNENBERGER's Beiträge etc. I. St. S. 1. f. u. II. St. S. 11. f.) — Ist die geladene Flasche oder Tafel vollkommen isolirt, so zeigt keine der einzeln berührten Belegungen einen Funken, und verliert ihren Zustand bei trockner Luft in langer Zeit nicht; ja sie behält ihn sogar, wenn die dazu besonders eingerichteten beweglichen Belegungen einzeln durch isolirte Substanzen getrennt werden; und zeigt ihn bei nachheriger Annäherung derselben und Verbindung mittelst leitender Substanzen wieder. Verbindet man beide Belegungen der geladenen Flasche durch irgend eine leitende Substanz (Erschütterungskreis); so entladet sich die Flasche, und der dadurch erzeugte, jedoch bei jeder Flasche seine Grenze habende Schlag ist um so stärker, als zur Ladung mehr Funken der Electr. Maschine entnommen wurden. Berührt man den Knopf einer nicht isolirt geladenen Flasche, und setzt dadurch eine unvollkommene Leitung zwischen beiden Belegungen, so entladet sie sich in kurzer Zeit ohne Erschütterung. Würde bei der Ladung das Maas der Funkenvertheilung überschritten, oder die Flasche überladen, so entladet sie sich von selbst über den unbelegten Rand, und oftmals wird sie dabei zerschmettert. Bei gleicher Leitungsfähigkeit mehrerer leitender Substanzen nimmt der Erschütterungsfunken stets den kürzesten Weg; und der die Entladung vermittelnde Leiter wird übrigens (selbst wenn er auch isolirt ist) nicht selbst electricisirt. Be-



wirkt man die Entladung dadurch, daß man mit einem gekrümmten, an beiden Enden zugespitzten Drath, die beiden Belege gleichzeitig berührt, so bemerkt man bei der Entladung keinen Funken, sondern ein zischendes Ueberströmen; jedoch zeigt sich an der, der innern Belegung zugekehrten Spitze des Draths (wenn die Flasche durch den Conductor der Glasmachine geladen war) ein leuchtender Stern, an der äussern Beleg. hingegen ein Feuerbüschel (Vergl. oben). Um zwei Flaschen zu laden, isolirt man eine derselben, und bringt ihre äussere Beleg. mit der innern einer andern nicht isolirten Fl. in leitende Verbindung, und electr. dann ihre innere Belegung. Es werden dann beide Fl. mit ähnlichen E. geladen. Ladet man mehrere Fl. auf diese Art, so findet man, daß jede folgende eine schwächere Ladung hat, als wie die vorangehende. Setzt man hingegen die inneren Belegungen mehrerer Flaschen, — so wie auch die äusseren, also die sich gleichartigen, in leitende Verbindung und ladet dann mittelst dem Conductor d. M., so erhält man die oben erwähnte electr. Batterie, deren Endladungsstärke um so grösser ist, als es die Grösse ihrer Belegungsflächen waren (Vergl. oben). Bei jeder Entladung einer Flasche werden nur die Electr. der Beleg. vereint, es bleibt daher noch die des Glases zum Theil übrig, weil dasselbe als Nichtleiter den Uebergang hindert; man nennt diese Electr. den Rückstand oder das Residuum, und kann sie kurze Zeit nach der ersteren Entladung, als einen in Verhältniß des ersteren sehr schwachen Schlag, auf gleiche Weise ausziehen. Es bewirkt nämlich der electr. Zustand des Glases, durch Vertheilung, das Hervorgehen zweier der eigenen electr. Stärke

entsprechenden electr. Werthe, in denen durch die erstere Entladung indifferenten Beleg. Das Glas wird dadurch nothwendig  $= 0$ , und die Belege  $= +$  und  $= - E$  electricisch, welches sie dann durch die zweite Entladung bezeugen. — Bei einer starken Batterie ist jener Rückstand oftmals noch bedeutend genug, um einen sehr heftigen Schlag hervorzubringen. Ueberhaupt sind die Wirkungen der verstärkten Electr. der Flaschen und der Batterie, in Vergleich mit denjenigen der blossen Maschine, bei weitem energischer. Entzündliche Substanzen, wie Wasserstoffgas, Alkohol, Aether, Harz, Baumwolle, Schwefel, Schießpulver etc. werden schnell entflammt, Metalldräthe geschmolzen und in Dämpfe gewandelt (v. MARUM schmolz mit einer Batterie von 550 Quadr. Fuß Belegung einen 25 Zoll langen und  $\frac{1}{40}$  Zoll im Durchmesser habenden Eisendrath), kleine Thiere getödtet, und thierische Reizbarkeit in allen den Theilen vernichtet, durch die der electr. Funke geht. Kartenblätter (so wie auch mehrere Bogen Papier, Eier, Glasscheiben u. dgl.) durchbohrt, und zwar so (vielleicht von der durch den Widerstand bewirkten allseitigen Explosion), daß der Rand des Löchleins nach beiden Seiten aufgeworfen ist. Läßt man Glasscheiben bloß durch den Funken bestreichen, ohne sie zu zerschmettern — welches letztere am leichtesten statt findet, wenn die Richtung des Funkens die Bruchfläche des Glases trifft — so hinterläßt derselbe eine unverwischliche schwärzliche Spur, die auf Veränderung der Kieselerde deutet, und bisher zu wenig berücksichtigt wurde.

5) Besondere Aufmerksamkeit verdienen aber in chemischer Hinsicht die Wirkungen auf verschiedene

Luftarten, Alkohol und ähnliche Flüssigkeiten, und besonders auf das Wasser; vergl. meine Materialien I. Bd. S. 243 ff. 264. ff. 34. 35. 36. 104. 147. f. 164. 203. 224. 229. ff. 233. ff. 239 etc. Da wir die Einwirkung des electr. Verhältnisses auf die genannten Substanzen, so wie auf mehrere andere, in der Folge bei der Untersuchung solcher Körper selbst, näher berücksichtigen werden, so genügen wir uns hier, nur anzuzeigen, daß das Wasser durch Einwirkung des + und — E zu zwei ähnlichen Gegensätzen ausgebildet oder zerlegt wird, nämlich in Hydrogen oder Wasserstoff und Oxygen oder Sauerstoff, zu deren Sammlung und Wiederverbrennung durch den electrischen Funken, die Fig. 14. angegebene in der Folge näher zu beschreibende Vorrichtung dienen kann. Vergl. PRIESTLEY's Geschichte der Electr. Deutsche Uebers. S. 53; über die FRANKLINSchen Tafeln, zuerst von LEVIS 1747 angegeben; vergl. Phil. Transact. N. 485. p. 93; BOHNENBERGERS Beiträge I. S. 1 ff. BECCARIAS Masse aus gepulvertem Marmor und Colophonium, statt des Glases der Flasche. Verstärkung der Wirkung durch Anhäufung der inneren Belege. Vergl. CUTHBERSON in GILBERTS Annal. III. 1. S. 3. Nöthige Vorsicht beim Laden einer Batterie. Tödtung von Bäumen durch starke electr. Schläge. GILBERTS Ann. I. 3. und v. MARUMS 2te Forts. etc. S. 171. FRANKLINS Zaubergemälde etc. CAVALLO a. a. O. I. S. 236. Herstellung der Metalloxyde; v. MARUM a. a. O. S. 37. und GILBERTS Ann. I. 3. 271. Ueber die Hitze des electr. Funkens und das Steigen des Thermometers; v. MARUM in GILBERTS Ann. I. 2. S. 247. Ueber die Ausdehnung der Luftarten durch den electr. Funken; v. MARUM a. a. O. S. 39. u. KASTNERS Materialien a.

oben a. O. LICHTENBERGS Figuren auf belegten Glastafeln. REMER in GILB. Ann. VIII. 3. S. 326. Die Leidner Flasche (Phiola Leidensis) wurde durch v. KLEIST den 11. Octob. u durch CUNAEUS in Leiden entdeckt.

6) Auf ähnliche Weise wie in der Leidner Flasche beide Electricitäten gegenseitig gebunden, und in der bestimmt entsprechenden Spannung erhalten werden, findet dieses auch bei dem von WILKE 1762 erfundenen und von VOLTA 1775 verbesserten, beständigen Electricitätsträger oder Electrophor statt; nur dafs hier Anhäufung und Wirkung minder stark ist. Reibt man nämlich den dünnen, glatten, in einer metallenen (oder hölzernen, mit Stanniol überzogenen) Scheibe oder Schüssel ruhenden, und damit die Basis des Electroph. bildenden Kuchen (aus schwarzem Pech, Harz, Siegellack, Glastafel, oder ähnlichen isolirenden Substanzen bestehend) indem man ihn, am besten nach vorangegangener gelinder Erwärmung, mit einem trocknen warmen Katzenfelle oder Fuchsschwanze peitscht, und setzt dann mittelst seidener Schnüre oder einem isolirenden Handgriff, den aus einer stark leitenden Substanz, z. B. Zinn oder Holz mit Stanniol bezogen, bestehenden Deckel (oder Trommel oder Conductor des Electroph, der stets kleiner als der Kuchen seyn muß) darauf; und berührt diesen nun mit dem Finger, so erhält man einen kleinen electr. Funken; hebt man den Deckel darauf wieder an den Schnüren gefast (isolirt) ab, und berührt dann den Kuchen, so bekommt man ebenfalls einen kleinen Funken. Je weniger die Basis isolirt steht, um so besser gelingt der Versuch. Ein mit dem Deckel in leitender Verbindung stehendes Electrometer zeigt beim Aufsetzen

jedesmal die gleichnamige Electricität des Kuchens; hingegen nach der Fingerberührung und Funkenentstehung, und an dem in beträchtlicher Ferne wieder von dem Kuchen unberührt und isolirt in die Höhe gehobenen Deckel, keine Electricität. Berührt man ihn hingegen, ehe man ihn aufhebt, so zeigt er, nach dem Abheben, die der Kuchenelectricität entgegengesetzte Electricität. Sie ist ihm mithin nicht durch den Kuchen mitgetheilt, sondern durch Vertheilung bei der Fingerberührung auf ähnliche Weise, wie dem Leiter in der electr. Atmosphäre (vergl. oben) in ihm erregt worden. Auf ähnliche Art wie in der L. Fl. wird übrigens in dem Deckel und dem Kuchen, die einmal erregte Electr. gebunden, und in gleichmässiger Spannung erhalten. — Berührt man mit einem Finger die nicht isolirte Basis, und mit dem andern den isol. darauf gelegten Deckel; so entladen sich beide durch einen Erschütterungsfunken, und beide Electricitäten sind gänzlich indifferenzirt. Statt den Kuchen mit dem Fuchschwanz zu peitschen, um ihn electr. zu erregen, kann dieses auch mittelst der Electrisirmaschine geschehen; legt man nämlich auf die isolirte Basis den Deckel, berührt ihn mit dem Finger oder einem andern nicht isolirten Leiter, während man die Scheibe durch eine E. Maschine positiv electricisirt, so ist der Electrophor vollkommen dem gepeitschten gleich. Berührt man mit dem Deckel — nach geschehener Berührung und Aufhebung — den Knopf einer Leidner Fl.; und hält dabei ihre äussere Beleg. in der Hand, oder setzt sie einer leitenden Verbindung aus; oder berührt umgekehrt die äussere Beleg. etc. (vergl. oben) so wird die L. Fl. nach und nach geladen.

Umgekehrt kann auch die Electr. des Electroph. durch eine geladene Flasche verstärkt werden; soll er nämlich mehr negative Electr. haben, so fährt man mit der auf der innern Seitenbeleg. positiv geladenen Flasche, auf dem Kuchen hin und her, indem man sie bei dem Knopfe anfäst.

7) Eine ähnliche Weise — gegenseitig entgegengesetzte Electricitäten in gleichmässiger Spannung oder gebunden zu erhalten, wie sie bei dem Electroph. gegeben ist, findet noch in vorzüglicherem Grade bei dem von VOLTA erfundenen Condensator der Electricität statt. Er ist wie der Electroph — aus einer Basis, die aber aus einem einzigen Halbleiter, z. B. aus einer trocknen Marmorplatte — (oder aus mit Siegelack oder Firnis dünn überzogenem trocknen Holze etc.) besteht, und aus dem beweglichen metallenen Deckel zusammengesetzt ist. Bei dem Gebrauche setzt man den Deckel auf die nicht electrische Basis, und bringt ihn mit derjenigen Substanz in leitende Verbindung deren Electricit. Zustand untersucht werden soll. Er erhält dadurch einen dem electr. Zustande der Substanz entsprechenden Electricitäts-Grad. Dieser bewirkt in der Basis Electricit. Vertheilung, wodurch die in dem Deckel zuvor gesammelte Electr. gebunden, und dieser geschickt gemacht wird, der Substanz eine neue Quantität zu nehmen; es geht dieser Proceß bis auf einen gewissen Punct fort; hebt man darauf den Deckel an dem isolirenden Griff in die Höhe, so zeigt sich die frei werdende, angehäuften, sonst gebundene Electricität, mit grösserer Energie, als wie es ohne Gebrauch des Condensators der Fall gewesen seyn würde. Es lassen sich daher mit Hülfe dieses Instruments die schwäch-

sten Electricit. der Körper anzeigen, weshalb es auch von einigen Mikroelectroscop oder Mikroelectrometer genannt worden ist.

8) LICHTENBERG schlug vor, zum Condens. eine zwischen zwei Metallplatten liegende dünne Luftschicht anzuwenden; und hierauf gründet sich die Einrichtung des CAVALLOSCHEN Collectors mit doppelter Luftschicht. Vergl. dessen Experimentalphys. 4 Bd. und philos. Transact. Vol. 78. S. 255 und GRENS Journ. d. Phys. Bd. I. S. 275 ff. und LICHTENBERG in ERXLEBENS Naturlehre 6te Aufl. S. 505. — VOLTA in den Philos. Transact. Vol. 72. P. I. Auf gleichen Gründen beruht auch BENNETS Duplicator, und dient zu demselben Zwecke. CAVALLO und NICHOLSON haben ihn sehr verbessert. Vergl. GREN u. a. B. I. S. 49. ff. u. B. II. S. 61 ff. WEBERS Glascondensator; GILBERTS ANN. XI. 3. S. 344. READS von CUTHBERSON verbesserter Condensator; ebend. XIII. 2. S. 208. GILBERT über die Instrumente, welche bestimmt sind, sehr kleine Grade von Electr. zu verstärken und merkbar zu machen; dessen ANN. IX. 2. DESORMES und HATCHET über den Verdoppler. Ebendas. XVII. 4. S. 414. — Mit Hülfe des Condens. fand man beim Schmelzen und Erstarren, Verdampfen, Verdünnen etc. (vergl. oben zu Anfang des Cap.) Electricitätserregung gesetzt, und die Energie derselben auf eine möglichst bestimmte Weise angegeben.

D) *Ueber die electrischen Meteore.*

§. 110.

XXX. Vers. Jeder aus dem Cond. gezogene elect. Funke bewegt sich in kleinen Fernen geradelinigt, bei grösseren hingegen, Seitenanziehungen zubie-

gend, dem Blitze ähnlich geschlängelt; dessen weitere Uebereinstimmung mit dem electr. Funken bereits WALL (Philos. Transact. 1708. Vol. XXVI. N. 1314.), und später 1752 B. FRANKLIN entdeckte, und worauf der letztere die Erfindung der Blitzableiter gründete. Aber nicht blofs der Blitz, sondern auch mehrere Meteore sind theils electrischen Ursprungs, theils von electrischen Phänomenen begleitet.

1) Die besten Blitzableiter bestehen aus kupfernen aneinander geketteten Blechen. In meinem Grundr. d. Chemie. I. Bd. S. 201. schlug ich vor, sich nicht blofs gegen den Blitz durch Ableiter zu schützen, sondern ihn zu phys. Versuchen mit Hülfe der Blitzableiter zu benutzen. Neuerlichst hat man ihn wenigstens zur Zerspaltung von grossen Steinmassen angewendet. — Uebrigens vergl. man B. FRANKLIN New experim. and observat. on electricity. Lond. 1751. 4. und dessen Briefe von d. Electr. a. d. E. m. A. von J. E. WILKE. Leipz. 1758. und dessen sämtliche Werke. Aus d. Engl. und Franz. übers. von G. T. WENZEL. Dresden 1780. gr. 8.

2) Ueber die Electrometeore vergl. LAMPADIUS Atmosphärologie. S. 66 u. s. f. Es gehören hieher das Gewitter (Regen und Schneegewitter) die Orcane die Wasser- und Landtromben, das St. Elmensfeuer, Helenenfeuer, Castor und Pollux, die fliegenden Drachen und ähnliche ziehende leuchtende Meteore, die Nord- und Südlichter vergl. §. 105. N. 4 u. 5. dies. Grundr., die Sternschnuppen, die ruhigen und explodirenden Feuerkugeln



(hier etwas über die Meteorsteine), die Entstehung der meisten Hydrometeore und verschiedener Winde, zum Theil auch die Irrlichter, die vulcanischen Ausbrüche und die Erdbeben etc. Ihre Erklärung, so weit sie nach jetzigem Zustande der Metereologie möglich, mündlich. Die meisten beruhen auf electr. Vertheilung, gehemmte Leitung und Ausgleichung.

3) Zur Untersuchung der Luftplicität dienen theils die Electrometer, theils mit Metalldrath verbundene Drachen und kleine Luftballons.

*E) Von der thierisehen Electricität.*

§. 111.

Die meisten Processe lebender vorzüglich thierischer Organismen, sind theils von electr. Vertheilung und Ausgleichung begleitet, theils selbst davon abhängig, da indess die hieher gehörenden Phänomene, noch weniger wie die rein electrischen zu den Anziehungen in meßbaren Fernen gezählt werden können, und da in den meisten Fällen der Art, zugleich chemische Veränderungen der Stoffe eintreten, so verweisen wir einstweilen auf das, was über die Electr. Erregung weiter oben (A. u. ff. dies. Cap.) beigebracht wurde, und verschieben die genauere Untersuchung vorzüglich merkwürdiger Electricitätsentwickelungen in lebenden organischen Körpern, bis zur Lehre vom Galvanismus d. i. der durch GALVANI zuerst bemerkten electrisch - magnetisch - chemischen Thätigkeit dreier heterogenen Leiter.

1) Ausser den bis jetzt angeführten Methoden der Electricitätserregung der Körper, entdeckte ALOYSIUS GALVANI, vormals Professor der Arzneikunde zu Bologna, im Jahr 1790, daß zwei verschiedenartige Metalle, womit ein Muskel und der zugehörige Nerve eines Frosches belegt wurden, heftige Zuckungen in dem Muskel bewirkten, so bald sie in leitende Verbindung mit einander gesetzt werden. Er stellte mehrere und abgeänderte Versuche darüber an, und machte sie im Jahr 1791 in folgender Schrift bekannt: AL. GALVANI de viribus electricitatis in motu musculari commentarius. Bononiae 1791. 4. Sie wurde unter andern von MAYER übersetzt (Prag 1793. 8.) und von GREN in dessen Journ. d. Phys. Bd. 6. Hft. 3. im Auszuge mitgetheilt. Schon früher 1767 machte SULZER die hieher gehörende Bemerkung, daß Blei und Silber mit der obern und untern Zungenseite, und dann unter sich in Berührung gebracht, einen — wie er sich ausdrückt — Eisenvitriol (schwefelsaurem Eisen) ähnlichen Geschmack erregt; auch erzählte COTUGNI in einem Briefe vom Jahr 1784, einen dem GALVANISCHEN Froschversuche ähnelnden Fall, und hielt die Erscheinung für electricisch. GALVANI schrieb diese Erscheinungen einem eigenthümlichen electricischen Verhältnisse zu, und nannte es — thierische Electricität. — ABILGAARD, ACHARD, ACKERMANN, ALDINI, v. ARNIM, ASH, BEHREND, BOISSIER, BOSTOCH, BERLINGHIERI, CALDANI, CHARLES, COLSMANN, CORRADORI, COULOMB, CREVE, DESORMES, FONTANA, FOURCROY, FOROLER, GAUTHEROT, GENETTES, GIULIO, GRAPENGIESSER, GREN, GUXTON, HALLE, v. HAUG, HERMESTÄDT, v. HUMBOLD, HUNTER, JADELOT, JAEGER, KIELMEYER, KLEIN, LA-

GRAVE, MICHAELIS, MONRO, PELLETAN, C. H. PFAFF, REIL, I. E. L. REINHOLD, RITTER, SABATHIER, SCHELLING, SCHMUK, SÖMMERING, TREVIANUS, VAUQUELIN, VOLTA, WAEL, WALLOSTON, WILSON u. m. a. beschäftigten sich mit der Fortsetzung dieser Versuche, und ihre Bemühungen giengen besonders dahin, die Wirkung mehrerer Metalle und anderer Substanzen auf thierische Theile, in Rücksicht ihrer Reizbarkeit, zu versuchen. Sämmtliche hieher gehörende Phänomene (und die späterhin darauf folgenden) begriff man, dem Entdecker zu Ehren, unter der Benennung GALVANISCHE Erscheinungen, oder GALVANISMUS (Synon. sind Metallreiz, und VOLTAISCHE Electricität).

2) Ehedem nannte man den Galvanismus ausschliessentlich thierische Electricität; eine Benennung die man späterhin aufgab, da man bemerkte, daß ähnliche Thätigkeitsverhältnisse auch zwischen bloß anorganischen Stoffen eintreten können. Wir mögten unter dem Ausdrucke thierische Electricität, die mehr oder minder eigenthümliche Erregung der Electricität in thierischen Körpern, die Empfänglichkeit mit Nerven begabter Organismen für äussere Electricitätsentwicklung, und das in verschiedenen Organismen eigenthümliche Leitungsvermögen für die Electricität überhaupt begreifen; ohne durch diesen Ausdruck eine gänzliche Verschiedenheit von der allgemeinen Electricität andeuten zu wollen.

3) Hier etwas von den Wünschelruth- und Pendelversuchen CAMPETTI's und RITTERS; vergl. GILBERTS crit. Aufsätze über die in München wieder erneuerten Versuche mit Schwefelkies-Pendeln und Wünschelruthen (A. dessen Annal. besonders abgedr.). Halle 1808. 8. J. W. RITTERS Siderismus. 1s Hft. Tübingen 1808. 8.

---

§. 112.

Die bisher abgehandelten Phänomene der Electricität lassen sich, in Ermangelung einer vollstän-

digen Theorie, zum Theil mehr oder weniger gezwungen nach FRANKLINS Hypothese, weniger zureichend nach der dualistischen Ansicht des SYMMER erläutern, aber nicht erklären. Soviel scheint indess schon aus jenen Verhandlungen zu folgen, daß electricischer Zustand und electriche Flüssigkeit zwei verschiedene Dinge sind, die nicht verwechselt werden müssen, wenn man sich einer Theorie des electr. Verhältnisses überhaupt nähern will. Im nächstfolgenden Cap. werden wir Gelegenheit erhalten, diese Ideen näher zu prüfen; hier einstweilen eine kurze mündliche Entwicklung und Anwendung auf das bisherige.

1) Uebrigens vergl. man noch ausser den bereits angeführten Schriften: KRATZENSTEIN *Theoria electric.* Hal. 1786 4. J. KREUSLER: *Epitome phys. general. electricität.* Heidelbergae 1764. 8. CUTHBERSONS *Abhdl. von der Electr.* Aus d. Holländ. Leipz. 1786. 8. G. ADAMS *Vers. über die Electric.* aus d. Engl. Leipz. 1785. 8. W. ALMMENSEN *de Electricitate propria lignorum.* Lucernae 1754. J. G. KESSLER *Beweg. d. electr. Materie etc.* Landsh. 1788. 3te Forts. ebendas. 1796. 8. REUSS *Repertor. commentat. etc.* Thl. IV. S. 344—366. Göttingen 1805. 4. J. G. KRÜNITZ *Verzeichn. d. vornehmsten Schriften von der Electricität.* Leipz. 1769. 8. K. G. KÜHN *Gesch. d. medic. Electr.* I II. Leipz. 1783. 1785. 8. J. G. VOIGTS *Versuch einer neuen Theor. d. Feuers, d. Electr. etc.* 1793. 8. *Die Lehre von der Electr. theoret. u. pract. aus einandergesetzt* von J. A. DONNDORFF. I. II. Erfurt 1784. 8. JAC. LANGENBUCHERS *Electricitätslehre.* Augsb. 1788. 8. HILDEBRANDTS *dynam. Naturl.* II. Bd. S. 815 etc.

*Kasten*

