

gegossen und auf diese Weise in neue Gestalten übergeführt werden, so nennt man den Stoff giessbar.

**14.** In der dritten Gruppe, bei welcher die Umformung durch Zusammenfügung geschieht, kommen besondere Eigenschaften der Materialien zur Geltung, die es gestatten, zwei getrennte Stücke gleicher oder verschiedener Art mit einander zu einem einzigen Körper zu vereinigen. Dies sind die Eigenschaften der Schweissbarkeit, Löthbarkeit, Kittbarkeit.

**15.** Die Schweissbarkeit gestattet die unmittelbare Vereinigung zweier Körperflächen, indem diese Flächen durch Erhitzen im Feuer in einen ganz weichen bildsamen Zustand übergeführt, durch Hämmern oder Pressen in innigste Berührung mit einander gebracht und hierdurch fest vereinigt werden.

**16.** Beim Löthen, Leimen, Kitten geschieht die Vereinigung der beiden Flächen mit Hilfe eines besonderen Stoffes, dem Loth, dem Leim, dem Kitt, welcher die Eigenschaft haben muss, sich mit den zu vereinigenden Körperflächen fest zu verbinden und nach Uebergang vom flüssigen oder bildsamen Zustand in den festen, an sich selbst genügend Festigkeit zu entwickeln, um den Zusammenhalt der Verbindung beider Körpertheile zu gewährleisten. Auch die Verbindung der Steine unter einander mittelst Mörtel kann man hier einreihen.

### C. Physikalische Eigenschaften.

**17.** Ausser den bisher betrachteten technischen Eigenschaften, die das Material als Konstruktionstheil oder bei seinem Uebergange in einen solchen während der Bearbeitung entwickeln muss, giebt es eine Reihe von Eigenschaften, die dem Stoffe in jeder Form eigen sind und die neben den bereits besprochenen sein physikalisches und chemisches Wesen ausmachen. Danach sind also zwei weitere Gruppen, die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Materialien zu unterscheiden.

Diese Eigenschaften haben freilich zum grössten Theil kein so unmittelbares Interesse für den Konstrukteur wie die voraufgehend behandelten technischen, aber er muss zuweilen auch diese Eigenschaften ihrem Maasse nach sehr genau kennen, wenn er zuverlässig und richtig rechnen und konstruieren will.

**18.** Unter den physikalischen Eigenschaften der Materialien kommen in erster Reihe das specifische Gewicht und die Dichtigkeit in Betracht.

Als das specifische Gewicht eines Materiales soll in Nachfolgendem stets das specifische Gewicht des Stoffes an sich bezeichnet werden, welches also an dem lückenlosen Material festgestellt werden muss.

Der Begriff der Dichtigkeit soll, den praktischen Zwecken dieses Buches entsprechend, nach den im technischen Leben herrschenden Ausdrucks- und Anschauungsweisen zurechtgelegt werden. Man begegnet viel den Ausdrücken: „Der Guss ist undicht, der Stahl ist unganzz, der Block ist lunkerig“ u. s. w. Man will damit sagen, der Guss enthält Hohlräume, der Stahl hat Risse, der Block hat in der Mitte unregelmässig

geformte Hohlräume mit rauhen zackigen Innenflächen, die durch das „Schwinden“, d. h. die Zusammenziehung der Masse beim Abkühlen entstanden sind. Diese und viele andere Bezeichnungen sind nur die kurzen Ausdrücke dafür, dass der Stoff den äusserlich von ihm eingenommenen Raum nicht lückenlos ausfüllt. Im Folgenden soll ein Körper, der den von ihm eingenommenen Raum lückenlos ausfüllt, dicht genannt werden.

**19.** Hieraus ergibt sich, dass das spezifische Gewicht eines solchen Körpers gleich dem spezifischen Gewicht des Stoffes ist, aus dem er gebildet wird. Ein im hier angenommenen Sinne undichter Körper hat also ein kleineres spezifisches Gewicht als der Stoff, aus dem er besteht.

**20.** Das spezifische Gewicht des Stoffes wird in der Folge stets mit  $s$  bezeichnet werden. Zum Unterschied hiervon wird das spezifische Gewicht des Körpers, d. h. das Gewicht der Raumeinheit des Körpers, das Raumbgewicht, mit  $r$  bezeichnet.

Bezieht sich diese Angabe auf einen flüssigen Körper oder auf ein Haufwerk von Körpern (Körner, Pulver), das an sich einen bestimmten Raum nicht einnimmt, sondern dessen Raumbgewicht nur durch Ausmessen mit einem Hohlmaass und Wiegen der Masse festgestellt werden kann, so wird das Raumbgewicht meistens auf das Liter oder Kubikmeter bezogen und der Kürze wegen vielfach als Litergewicht, d. h. Gewicht  $R$  in kg eines Liters der Masse bezeichnet. Diese Zahl ist gleich dem Raumbgewicht  $r$ , bezogen auf cem und g.

Für das Haufwerk fester Körper kommt noch die Art, in welcher die Einfüllung in das Maassgefäss erfolgt, in Betracht. Das Litergewicht eines Pulvers, z. B. Cement, Kalk u. s. w. ist verschieden, je nachdem ob man das Pulver in kleinen Portionen einfüllt, es in ganzer Masse einlaufen lässt, es einsiebt oder fest einrüttelt. Die Angabe der Zahl  $R$  muss also auch zugleich eine Angabe dieser Umstände enthalten, wenn sie eine bestimmte Bedeutung haben und eindeutig verständlich sein soll. Für die Charlottenburger Versuchsanstalt führte ich daher die folgenden einheitlichen Bezeichnungsweisen ein:

$R$	=	Litergewicht einer Masse (Pulvers).
$R_r$	=	„ „ „ fest eingerüttelt, bis keine weitere Raumverkleinerung mehr folgt.
$R_f$	=	„ „ „ lose mit dem Löffel eingefüllt.
$R_s$	=	„ „ „ eingesiebt (unter ganz bestimmten Verhältnissen).
$R_e$	=	„ „ „ Als Masse unter bestimmten Verhältnissen eingelaufen.

**21.** Bei einem in unserem Sinne vollkommen dichten Material ist das Verhältniss zwischen Raumbgewicht und spezifischem Gewicht, sein Dichtigkeitsgrad  $\delta = r/s = 1$ ; bei undichtem, porösem, unangemem, lunkerigem u. s. w. Material ist  $\delta < 1$ .

Es ist vielfach gebräuchlich, statt des benutzten Dichtigkeitsgrades die Porösität anzugeben; diese ist gegeben durch  $s - r/s$ , ist also etwas unbequemer zu errechnen und durch  $\delta$  schon mit bestimmt. Wo sie im Folgenden ausnahmsweise als Grad der Porösität oder Undichtigkeitsgrad  $u$  unmittelbar zum Ausdruck gebracht werden soll, wird als Maasswerth  $u = 1 - \delta$  benutzt werden.

**22.** Ein im hier benutzten Sinne dichtes Material vom Dichtigkeitsgrade 1, das also den von ihm eingenommenen Raum lückenlos ausfüllt, braucht keineswegs in allen seinen Theilen gleichartig zu sein; es kann immerhin aus einer lückenlosen Aneinanderreihung von Körperteilchen bestehen, die in sich, gewissermaassen als Einzelwesen gewachsen, dem Nachbarwesen gleich oder ungleich gebildet sind und sich an dieses

unmittelbar oder durch Vermittelung von Bindegliedern lückenlos anschmiegen. Dieser innere Aufbau des Körpers aus einzelnen, gleichartigen oder ungleichartigen Theilchen (in der Regel auch von verschiedenem specifischem Gewicht) kommt bei unseren Materialien sehr häufig vor; er bedingt vielfach das Wesen und den Werth der Materialien. Der innere Aufbau ist es z. B., welcher die Art der Erscheinungen auf den Bruchoberflächen, das Bruchgefüge des Körpers, im Wesentlichen mit bedingt.

**23.** Dem inneren Aufbau, dem Gefüge, nach kann man die Materialien als gefügelose und gefügte unterscheiden.

Zur ersten Gruppe gehören die gasförmigen, die flüssigen und einige feste Körper, wie Glas, Pech u. s. w. Das Glas ist für den Zustand der gefügelosen festen Körper so bezeichnend, dass man sie auch als glasartig zu benennen pflegt.

Die meisten festen Stoffe zeigen in dem Zustande, wie wir sie in der Technik benutzen, bestimmtes Gefüge, und man pflegt es, je nach Art der Erscheinung und je nach dem Wesen dieses Gefüges auf den Bruch- oder Schnittflächen, mit besonderen Benennungen zu belegen, z. B. körnig, faserig, sehnig, blätterig, krystallinisch, netzförmig, zellig u. s. w. Neuerdings unterscheidet man noch besonders zwischen dem Gross- und Kleingefüge, indem man mit der ersten Bezeichnung diejenigen Gefügerscheinungen belegt, die grob genug sind um mit unbewaffnetem Auge wahrgenommen werden zu können, während man als Kleingefüge diejenigen Erscheinungen bezeichnet, die erst der mikroskopischen Betrachtung zugänglich sind.

Faserig sind z. B. die aus Faserstoffen hergestellten Materialien, manche Gesteinsarten (Asbest), die Hölzer u. a. Sehnig ist nach einer Richtung ausgewaltes Schweisseisen; blätterig ist der Glimmer, zu Blechen ausgewaltes Schweisseisen u. s. w. Alle diese Gefügestufen haben die parallele Anordnung der Gefügetheilchen gemein; bei den sehnigen und faserigen Körpern sind die Theilchen fadenförmig, bei den blätterigen plattenförmig über einander geschichtet. Man unterscheidet dem Grade nach zwischen grob- oder fein-, kurz- oder lang-faserigem, -sehnigem oder -blätterigem Gefüge.

Ein krystallinisches, netzförmiges, zelliges Gefüge haben viele Gesteine und manche zu Konstruktionszwecken gebrauchte Metalle. Wenn das krystallinische Gefüge mehr oder weniger regelmässig ausgebildet ist, so dass auf der Bruchfläche gewisse Flächen und Richtungen vorherrschend auftreten, so pflegt man dem Gefüge wohl noch besondere Bezeichnungen beizulegen, z. B. stengelig-krystallinisch (Bankazinn), nadelförmig-, säulenförmig-, blätterig-krystallinisch u. s. w.

Wenn die Flächen unregelmässig begrenzt, mehr oder weniger uneben und regellos geordnet erscheinen, so nennt man das Gefüge körnig und unterscheidet auch wohl noch zwischen grob- und feinkörnig. Sehr feinkörniges oder sehr feinsehniges Gefüge nimmt zuweilen ein ganz weiches sammetartiges Aussehen an und pflegt dann mit entsprechenden Ausdrücken zu werden.

Die zellenförmige Anordnung tritt namentlich bei Metallen und Metalllegirungen hervor, z. B. bei Eisen und Stahl, wenn in den Legirungen verschiedene Bestandtheile oder Theillegirungen neben einander sich aus-

scheiden und gewissermaassen Hüllen um die einzelnen Körner bilden, wie z. B. der Graphit im Roheisen.

**24.** Bei den faserigen, sehnigen, blätterigen und oft auch bei den krystallinischen Materialien tritt die Eigenschaft hervor, dass sie nach gewissen Richtungen leichter trennbar sind als nach anderen; sie besitzen in mehr oder minder ausgesprochenem Maasse die Eigenschaft der Spaltbarkeit z. B. Hölzer, Gesteine u. a.

**25.** Eine für den Technologen und für die weiteren Auseinandersetzungen dieses Werkes ausserordentlich wichtige Eigenschaft der festen Körper, die sie mit den Flüssigkeiten gemein haben, ist, dass sie unter allseitig auf ihre Oberfläche wirkendem Druck ihren Rauminhalt nur ausserordentlich wenig verändern, wenn sie bereits den Dichtigkeitsgrad 1 besitzen, d. h. in ihrem Innern lückenlos sind; sie erfahren unter diesen Umständen auch keine Gestaltsänderungen, wenn nicht ihr innerer Aufbau ihnen eine nach verschiedenen Richtungen verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen die versuchte Formänderung verleiht. Diese wichtige Eigenschaft veranlasst z. B. die Erscheinung, dass selbst sehr elastische Körper, wie Gummi, sich wie unelastische verhalten, wenn sie von allen Seiten durch starre Flächen eingeschlossen oder durch allseitigen Druck auf Formänderung beansprucht werden.

Wenn Wasser in einem Windkessel unter hohem Druck mit Luft in unmittelbare Berührung kommt, so verzehrt es erfahrungsmässig die Luft, es nimmt sie auf, und der Windkessel verliert auf diese Weise seine Wirksamkeit, nachdem alle

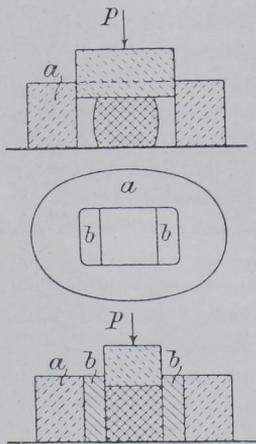


Fig. 1.

Luft fortgeführt und er ganz mit Wasser gefüllt ist. Man pflegt unter gewissen Verhältnissen diese Erscheinung durch eine Oelschicht, die man auf die Wasseroberfläche im Windkessel giesst, zu verringern; aber dies gelingt nur dann, wenn stürmische Bewegungen im Kessel ausgeschlossen sind. Wollte man aber etwa Gummistücke benutzen um die Elasticität der Luft zu ersetzen, so würde der Erfolg gleich Null sein. Die Stücke erfahren unter dem allseitigen Wasserdruck nur sehr geringfügige Raumveränderungen und man würde einen ebenso unelastischen Stoss erhalten, wie wenn der Windkessel ganz mit Wasser gefüllt wäre. Deswegen ist es vortheilhafter, den Gummi in Gestalt von mit Luft gefüllten Blasen zu verwenden; diese kann man selbst bei sehr hohen Drucken in Anwendung bringen und sehr lange im Betrieb haben, ohne dass der Gummi schlecht wird.

Gummipuffer darf man aus den angeführten Gründen nicht in Kapseln eng einschliessen; sie verlieren dann ihre Wirksamkeit vollständig. Kurz es ergiebt sich die sehr wichtige Thatsache, dass man die elastischen Eigenschaften eines festen Körpers nur dann ausnutzen kann, wenn man

ihn einseitig beansprucht und ihm die Formänderung nach mindestens einer Richtung gestattet.

Um diesen Satz unmittelbar anschaulich zu machen und die jungen Leute in die Praxis des Materialprüfungswesens einzuführen, pflege ich in der ersten Uebungsstunde folgenden rohen Versuch auf der Pohlmeier-Maschine für 100 t Kraftleistung durchzuführen.

Ein Gummiwürfel von etwa 6,00 cm Seitenlänge wird zuerst frei zwischen ebenen Druckflächen, dann von zwei Seiten in einen gusseisernen Rahmen *a* Fig. 1 eingeschlossen und zuletzt durch Hinzufügen der beiden Einlegestücke *bb* von vier Seiten eingeschlossen, zusammengedrückt. Die Kräfte und erzielten

Formänderungen werden gemessen; das Protokoll ist in Tab. 1 gegeben. Beim Versuch wird aufgerufen, wenn am Maassstab für die Kolbenbewegung die vorgeschriebenen Ablesungen erreicht sind, in diesem Augenblick erfolgt die Kraftablesung. Die Wage ist beim ersten Versuch künstlich so zugerichtet, dass sie merklichen Reibungswiderstand hat, also für sehr sichtbare Formänderungen keine Kraftablesungen giebt, damit die jungen Leute gleich beim ersten Versuch darauf aufmerksam gemacht werden, dass sie auf die Fehler der angewendeten Maschinen und Messinstrumente achten und sich vor Selbsttäuschungen hüten müssen. Der eigentliche Versuch wird dann durchgeführt, während man mit dem Holzhammer Erschütterungen hervorbringt und so zeigt, dass auf diese Weise die Reibung fast aufgehoben wird und man im Stande ist, mit einem verhältnissmässig rohen Apparat doch noch brauchbare Ergebnisse zu erzielen.

Tabelle 1. Druckversuche mit Gummiwürfel.

Die Maschine wurde vor jeder Ablesung erschüttert.

Belastung	Unterschied	Kraft	Ablesung	Unterschied	Ver-	Bemerkungen	
Ablesung	$\Delta Pa$	$P = \Sigma Pa$	am	$\Delta A$	kürzung		
$Pa$	kg	kg	Messstab	cm	$-\lambda = \Sigma \Delta A$		
kg			A				
<b>a) Körper frei zusammengedrückt</b>							
0		0	0,25		0,00		
20	20	20	0,50	0,25	0,25		
45	25	45	0,75	0,25	0,50		
80	35	80	1,00	0,25	0,75		
120	40	120	1,25	0,25	1,00		
100	-20	100	1,00	-0,25	0,75		
70	-30	70	0,75	-0,25	0,50		
40	-30	40	0,50	-0,25	0,25		
20	-20	20	0,25	-0,25	0,00		
<b>b) Körper zweiseitig eingeschlossen. Fig. 1</b>							
25		0	2,50		0,00		
55	30	30	5,75	0,25	0,25		
125	70	100	3,00	0,25	0,50		
260	135	235	3,25	0,25	0,75		
420	160	395	3,50	0,25	1,00		
155	-265	130	3,25	-0,25	0,75		
80	-75	55	3,00	-0,25	0,50		
50	-30	25	2,75	-0,25	0,25		
20	-30	-5	(2,50) <sup>1)</sup>	(-0,25)	-		
<b>c) Körper allseitig umschlossen. Fig. 1</b>							
20		0	2,50		0,00		
450	430	430	2,65	0,15	0,15 <sup>2)</sup>		

<sup>1)</sup> Der Körper war schon um 0,15 cm frei.  
<sup>2)</sup> Der Hauptsache nach zur Ausfüllung der leeren Räume im Apparat erforderlich.

**26.** Abgesehen aber von den soeben geschilderten Wirkungen der Unmöglichkeit einer wesentlichen Dichteänderung in einem Körper vom Dichtigkeitsgrade 1, kommt diese Eigenschaft bei der Bearbeitung der Materialien durch Hämmern, Schmieden, Walzen, Ziehen, Prägen u. s. w. zur Geltung. Bei allen diesen Arbeitsvorgängen wird auf den umzuformenden Körper seitlicher Druck ausgeübt und ihm das Fließen nach einer oder nach zwei Richtungen gestattet; er nimmt neue Formen an, ohne seine Dichtigkeit in wesentlichem Maasse zu ändern. Diese Eigenschaft der Materialien wird später bei der Besprechung der Einzelheiten

der Prüfungsverfahren weiter zu behandeln sein um hiermit eine Reihe von Erscheinungen bei den Festigkeitsversuchen zu erklären.

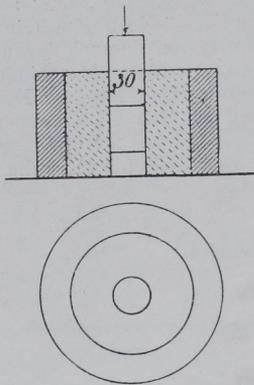


Fig. 2.

Um eine Anschauung zu liefern, lasse ich in den Übungsstunden Körper aus Blei, das beim Giessen, unter Erwärmen der vollen Form von obenher, langsam abkühlen und möglichst dicht erstarren kann, dem Druckversuch unterwerfen, indem es einmal frei und das andere Mal, wie beim Prägen, völlig eingeschlossen, unter allseitigem Druck probirt wird. Die specifischen Gewichte werden vorher und nachher bestimmt. Hierbei sind nachstehende Ergebnisse gewonnen, die beispielsweise noch durch die von Kick und Barba (*L 100 S. 81. L 101 u. 102 Bd. III*) mitgetheilten ergänzt werden können.

Der zum Zusammendrücken unter allseitigem Einschluss benutzte Apparat hat die in Fig. 2 angegebene Einrichtung; er ist auch zu Versuchen über die Formänderung spröder Körper unter allseitigem Druck benutzt worden. Der Apparat ist nach Art der Geschütze durch einen aufgepressten Ring verstärkt.

Tabelle 2. Druckversuche mit Bleikörpern.

Vor und nach dem Versuch wurde das specifische Gewicht  $s$  u.  $s_1$  bestimmt. Die Körper sind frei zwischen ebenen Druckflächen und allseitig umschlossen (Fig. 2) geprüft worden.

Probenform				Schluss-		Specifisches Gewicht			Gewicht $G$ gr	Raum- gewicht $G/i = r$	Dichtig- keits- grad $\delta = r/s$
Quer- schnitts- form	Höhe $l$ cm	Fläche $f$ qcm	Inhalt $i$ ccm	Spannung $\sigma$ kg/qcm	Zusammen- druckung — ε auf Längen- einheit	vor dem Versuch $s$	nach dem Versuch $s_1$	Unter- schied $s_1 - s$			
a) Körper frei zusammengedrückt											
1) Kreis	3,00	7,07	21,2	4250	0,84	11,045	11,047	0,002	234,754	11,073	1,002
2) Quadrat	6,00	35,70	214,2	1130	0,69						
3) Kreis	3,00	7,07	21,2	3070	0,83	11,354	11,364	0,010	238,650	11,257	0,991
4) "	3,00	7,02	21,1	3420	0,85	11,347	11,360	0,013	238,700	11,313	0,997
5) "	3,00	7,07	21,2	1500	0,65	11,053	11,057	0,004	233,870	11,028	0,998
6) "	3,00	7,07	21,2	2000	0,64	11,050	11,053	0,003	233,919	11,031	0,998
b) Körper allseitig umschlossen											
1) Kreis	3,00	7,07	21,2	4250	0,06	11,048	11,040	-0,008	234,450	11,059	1,001
3 u. 4) "	3,00	7,07	21,2	1890	—	11,343	11,358	0,015	239,280	11,287	0,994
5 u. 6) "	3,00	7,07	21,2	2000	0,03	11,052	11,059	0,007	233,930	11,031	0,998

27. Anders als die Körper vom Dichtigkeitsgrade 1 verhalten sich mit Poren behaftete Körper. Diese kann man durch allseitigen, zuweilen auch durch einseitigen Druck verdichten, wobei diese Verdichtung vorübergehend sein kann, wenn der Stoff an sich elastisch ist, oder bleibend, wenn er wenig elastisch, aber so widerstandsfähig ist, dass der Druck der eingeschlossenen luftförmigen Stoffe die alte Form nicht mehr herstellen oder wenn beim Versuch Luft entweichen kann. Solche porösen elastischen Körper kann man auch dann als Federn und Puffer benutzen, wenn sie allseitig eingeschlossen sind. Der sie bildende feste Körper ist aber dann nur unwesentlich an der entwickelten Elasticität theilhaft; den wesentlichen Antheil liefert der luftförmige Bestandtheil.

Tabelle 3. Druckversuche mit Holzkörpern.

Die Körper sind allseitig umschlossen nach Fig. 2 geprüft worden; Durchmesser  $d=3,00$  cm, Höhe  $l=3,00$  cm, Stempeldurchmesser  $=3,015$  cm, Lochdurchmesser  $d_1=3,020$  cm, Lochquerschnitt  $b_1=7,16$  qem. Alle Körper wurden mit 4200 kg/qcm Höchstlast geprüft.

Holzart	Quetschgrenze $\sigma_s$ kg/qcm	Nach dem Versuch		Gewicht $G$ gr	Raumgewichte		Dichtigkeitsgrad $b = r/r_1$
		Länge $l_1$ cm	Inhalt $i_1$ cem		vor nach dem Versuch		
					$r = G/i_1$ gr/cem	$r_1 = G/i_1$ gr/cem	
a) Kiefer							
1	554	1,11	7,95	10,76	0,509	1,36	0,37
2	558	1,01	7,22	10,38	491	44	34
3	611	1,18	8,44	11,36	537	35	40
4	(765) <sup>1)</sup>	1,18	8,45	11,44	542	36	40
5	536	0,96	6,87	10,02	485	46	33
6	556	1,02	7,30	10,12	479	38	35
Mittel	569	—	—	—	0,507	1,392	0,365
b) Eiche							
1	443	1,09	7,80	11,67	0,554	1,50	0,37
2	439	1,17	8,39	11,54	547	38	40
3	553	1,39	9,95	14,34	667	44	46
4	555	1,42	10,15	14,31	672	41	48
5	601	1,43	10,20	14,39	680	41	48
6	636	1,38	9,88	14,98	710	51	47
Mittel	538	—	—	—	0,638	1,442	0,404
c) Rothbuche							
1	541	1,32	9,43	13,59	0,637	1,44	0,44
2	516	1,21	8,67	13,50	639	56	41
3	562	1,31	9,37	13,70	649	46	44
4	611	1,30	9,33	13,34	632	43	44
5	563	1,32	9,43	13,61	645	44	45
6	557	1,27	9,10	13,74	652	51	43
Mittel	558	—	—	—	0,642	1,473	0,433
d) Mahagoni							
1	790	1,38	9,86	14,48	0,686	1,47	0,47
2	920	1,41	10,10	14,30	688	42	47
3	757	1,51	10,80	14,76	703	36	52
4	723	1,34	9,60	14,89	705	53	46
5	660	1,45	10,40	14,30	677	37	49
6	700	1,49	10,68	14,62	688	37	50
Mittel	758	—	—	—	0,691	1,423	0,485
e) Esche							
1	633	1,47	10,5	14,89	0,704	1,42	0,50
2	565	1,33	9,5	14,86	703	57	45
3	679	1,46	10,4	15,78	743	52	49
4	718	1,49	10,7	16,16	762	51	50
5	740	1,51	10,8	15,78	745	46	51
6	794	1,55	11,1	15,89	752	43	53
Mittel	705	—	—	—	0,735	1,501	0,497

Der Einfluss, den hier die Luft oder die eingeschlossenen Gase auf die Eigenschaften des einschliessenden Stoffes ausüben, ist mit den eben genannten Erscheinungen der Dichteänderung unter Druck noch nicht erschöpft. Ich will nur andeuten, dass Körper, wie Modellirthon, Gutta-percha, geknetetes Brot, Glaserkitt u. a. m., die an sich im erweiterten

<sup>1)</sup> Die Belastung erfolgte sehr schnell, daher ist der eingeklammerte Werth zu gross ausgefallen.

Zustände unter ruhigem Druck sehr bildsam und knetbar sind, unter der Einwirkung von Stößen elastisch erscheinen können und einer versuchten schnellen Formänderung widerstehen (*L 100*). Den Brotteig kann man durch Kneten in jede Form bringen, aber die erzeugte Form kann man durch Fallenlassen auf eine harte Unterlage kaum verändern. Diese Körper enthalten Luft, wie man in der Luftpumpe an den unter Öl befindlichen Körpern leicht nachweisen kann.

Um den Grad der Zusammendrückbarkeit zu zeigen, lasse ich in den Übungen in dem in Fig. 2 gezeigten Apparat Körper aus verschiedenen Holzarten, deren zelliger Aufbau an mikroskopischen Schnitten gezeigt wird, zusammendrücken. Diese Versuche sind lehrreich und zeigen, dass hierbei bei allen Holzarten nahezu gleiches Raugewicht erreicht werden kann, nämlich nahezu das spezifische Gewicht der Cellulose, d. h. man kann den Körper vom Dichtigkeitsgrad  $\delta < 1$  nahezu bis auf den Dichtigkeitsgrad  $\delta = 1$  zusammendrücken. Man kann also den Undichtigkeitsgrad des Holzes durch den Druckversuch bestimmen; er scheint, wenn man nach den bisherigen Versuchen schon urtheilen darf, für jede Holzart eine charakteristische Grösse zu haben. Die bisherigen Ergebnisse sind in Tab. 3 S. 13 dargestellt.

**28.** Zu den physikalischen Eigenschaften ist auch der Widerstand zu rechnen, den ein Körper dem Eindringen eines fremden Körpers entgegensetzt, seine Härte. Diese wurde schon früher (5) erwähnt und da auf ihre Messung später (341 u. f.) noch genauer eingegangen werden muss, so möge die Aufzählung hier genügen.

**29.** Ausser den bereits ausführlicher beschriebenen physikalischen Eigenschaften der Körper kommt noch ihr Verhalten bei Wärmeerhöhung oder Wärmeentziehung in Betracht, d. i. die Fähigkeit der Raumveränderung bei Veränderung ihres Wärmezustandes, die Leitungsfähigkeit und Ausstrahlungsfähigkeit für Wärme, die Wärmeaufnahme-fähigkeit oder spezifische Wärme der Körper, der Schmelzpunkt, der Verdampfungspunkt und der Siedepunkt, der Erstarrungspunkt u. a. m. Ueber diese Eigenschaften, deren Begriffsfeststellung und die Verfahren zur Bestimmung ihrer Grösse, giebt jedes gute Lehrbuch der Physik Auskunft; es würde zu weit führen, wollte man hier darauf eingehen (*L 103* u. *104*). Das Gleiche gilt von den elektrischen und magnetischen Eigenschaften, dem elektrischen und magnetischen Widerstande, der elektrischen und magnetischen Leitungsfähigkeit, dem magnetischen Aufnahmevermögen u. a. m. Ueber diese zuletztgenannten Eigenschaften und über die Verfahren zu deren Bestimmung wird man die Lehrbücher der Physik und Elektrotechnik zu Rathe ziehen müssen.

## D. Chemische Eigenschaften.

**30.** Als die chemischen Eigenschaften eines Konstruktionsmaterials seien diejenigen Eigenschaften bezeichnet, die es besonders in Folge seiner chemischen Zusammensetzung geltend macht und die es verändert, so wie sich sein chemischer Zustand ändert. Man hat es also nicht eigentlich mit Eigenschaften zu thun, deren Studium ausschliesslich in das Thätigkeitsgebiet des Chemikers fällt, sondern vorwiegend mit solchen, die den Maschinenbauer mindestens eben so sehr angehen, wie den Chemiker. Später wird ein Feld dieser Art ganz besonders eingehend