

Cement-Anstriche, aus feinst gepulvertem, langsam bindendem Portland-Cement, entweder mit Wasser oder besser mit entrahmter Milch angerührt, haben sich sehr gut bewährt; sie haften gut, schützen bei gehöriger Dicke sicher und dauerhaft, aber springen bei heftigen Erschütterungen ihrer zunehmenden Sprödigkeit halber später leicht ab. Die Niagara-Brücke ist mit Cement vortrefflich conservirt, und die Schiffsböden werden bereits seit längerer Zeit allgemein damit bekleidet<sup>137)</sup>.

Wasserglas theilt die Sprödigkeit des Cementes, schützt aber sonst gut. Neuestens werden fog. Silicat-Anstriche, d. i. Wasserglas-Compositionen wieder lebhaft empfohlen.

Die Literatur über »Conservirung von Eisen und Stahl« ist in den Fußnoten 121 bis 137, S. 205 bis 208 angegeben.

## 2. Abschnitt.

### Materialien des Ausbaues.

VON HANS HAUENSCHILD.

#### 1. Kapitel.

#### Zink und Blei.

##### a) Zink.

Das Zink ist in seiner Verwendung als hervorragendes Ausbau-Material ein Kind der Neuzeit. Obwohl es als Legirung schon von den Alten angewendet worden ist, so wurde es als Metall erst im 16. Jahrhundert erkannt, und die Verwendung desselben in der Baukunst datirt erst aus den dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts. Zwar hatten *Silvester* und *Hopson* schon 1805 in Sheffield die Bedingungen der Dehnbarkeit desselben erkannt und die Fabrikation von Zinkblech, so wie das Ziehen und Treiben von Zink begonnen; aber praktische Bedeutung in der Baukunst erlangte dieses Metall erst, als *Schinkel* und *Beuth* Anfangs der dreißiger Jahre die von *Moriz Geiss* in Berlin eingeführte Verbesserung des Zinkgusses in ihrer vollen Bedeutung würdigten; von da ab eroberte sich das Zink rasch eine außerordentlich mannigfaltige Verwendung. Im Ornamenten- und Figurenguss, als Deckmaterial und fogar als Surrogat für Stein ist es an vielen Orten in der Architektur unentbehrlich geworden. Seine Formbarkeit, Dauerhaftigkeit und Leichtigkeit, verbunden mit mäßigen Anschaffungspreisen sicherte dem Materiale den großen Erfolg.

Aber nicht bloß der von *Geiss* eingeführte Zinkguss, sondern auch die anderen Bearbeitungsweisen des Zinks, namentlich die Verwendung des Zinkbleches, das

<sup>137)</sup> Siehe hierüber:

Klaffen, L. Schutz des Eisens gegen Rost bei Hochbau-Constructionen. Deutsche Bauz. 1879, S. 365.  
Cement-Ueberzug von Eisen zum Schutz gegen Rostbildung. Deutsche Bauz. 1879, S. 375.  
*Iron in Portlandcement. Building news*, Vol. 39, S. 317.

<sup>213.</sup>  
Zink  
als Baustoff.

Walzen in Profilen, das Stanzen oder Pressen in Formen und neuerdings wieder das Treiben von Hand aus sind für die so außerordentliche Verbreitung des Gebrauches von Zink von größtem Werthe geworden.

Während aus Zinkgufs vorzüglich hohle Formen, Statuen, Vasen, Candelaber, Voluten, Säulen-Capitelle, Baluster etc. besonders auch zur Verkleidung von Eisenconstructions hergestellt werden, welche entweder mit Farben- und Firnis-Bronzierung oder mit echt galvanischer Bronzierung versehen werden, dient das Zinkblech entweder in gefalzten Tafeln oder als Wellen-Zinkblech vorzüglich zum Dachdecken, aber auch im gezogenen oder getriebenen Zustande zu allen Arten Gefimfen, Consolen, Verkleidungen etc., während zur Formung von Rosetten und Flach- bis Halb-Reliefs und überhaupt hohlen Formen ohne Unterschneidung das Stanzen in Anwendung ist. Auch der aus gezogenem Walzzink mit Eisenverfärkung hergestellte Fensterrahmen mag gedacht werden.

Die technischen Eigenschaften des Zinks haben auch alle diese Bearbeitungsmethoden hervorgebracht. Der Zinkgufs erlangte seine Bedeutung erst, nachdem das Hohlgießen in feuchten Sandformen bei einer dem Erstarrungspunkte schon nahen Temperatur, und zwar in kleinen Formen mit relativ geringer Wandstärke, eingeführt war. Denn das geschmolzene Zink ist am dichtesten und zum Gusse geeignetsten bei niederen Temperaturen; sonst wird es porös und häufig mit Zinkoxyd verunreinigt und dadurch sehr spröde und brüchig (verbranntes Zink). Da außerdem bei großen Formen eine gleichmäßige Temperatur des Gusses nicht leicht zu erzielen ist, dafür aber das Löthen sehr leicht angeht, so werden die größten Statuen ganz aus kleinen Stücken, die einzeln gegossen werden, zusammengelöthet, und es kommt für die Festigkeit des Ganzen viel auf die zweckmäßige Eintheilung der Löthfugen an. Die Löthfugen können auch ohne Cifelirung des Ganzen leicht unsichtbar gemacht werden.

214.  
Eigenschaften.

Die Anwendung dünnwandiger Formen ist einerseits durch die in Folge der Leichtflüchtigkeit des Zinks zu erzielende Oekonomie des Materials, andererseits durch den beträchtlichen Wärme-Ausdehnungs-Coefficienten desselben bedingt. Dadurch wird Leichtigkeit und Billigkeit vereint mit Dauerhaftigkeit erzielt.

Zink hat nämlich unter allen Metallen nebst Blei den größten Ausdehnungs-Coefficienten. Nach *Pictet* beträgt derselbe linear von 0 bis 100 Grad C. 0,002941, mehr als das Doppelte der Ausdehnung von Eisen; zudem ist die Festigkeit von Gufszink eine sehr geringe; daher ist es erklärlich, warum dickwandige Gegenstände von geschlossenen Formen bei Temperaturextremen als Resultat der inneren Spannung Sprünge bekommen.

Eine höchst werthvolle Eigenschaft des Zinks ist es, durch Erhitzen des hexagonal blättrig krySTALLINISCHEN Kauf- oder Gufsmetalls bis über 100 Grad, aber unter 160 Grad seine frühere Sprödigkeit zu verlieren und nun unter Annahme amorphen Gefüges dehnbar zu werden und diese Dehnbarkeit auch bei niederen Temperaturen, wenn auch in geringerem Grade, zu behalten. Darauf beruht seine Anwendung in Blech- und Drahtform, so wie die Herstellung gezogener Profile, gestanzter und getriebener Gegenstände.

Der niedrige Schmelzpunkt (400 Grad) und der hohe Ausdehnungs-Coefficient des Zinks beschränken nach anderen Richtungen hin seine Verwendung oder bedingen hierbei geeignete Vorsichtsmaßregeln.

Die Verwendung des Zinks zur Conservirung von Eisen ist bereits in Art. 210, S. 206 besprochen worden; seine Rolle bei den Metall-Legirungen soll im folgenden Kapitel (unter b) behandelt werden.

Das Zink ist gegen die Atmosphären nur bis zu einem gewissen Grade widerstandsfähig: eine leichte Oxydschicht bildet sich sehr rasch; aber eben diese

215.  
Dauerhaftigkeit.

schützt die unteren Partien sehr ausgiebig gegen das Weitereindringen der Zerstörung<sup>138)</sup>. Hingegen ist das Zink sehr empfindlich galvanischen Wirkungen gegenüber; man hat beobachtet, daß unmittelbare Berührung mit anderen Metallen bei Gegenwart von Regenwasser, welches häufig Spuren Schwefelsäure enthält, rasche örtliche Zerstörung hervorrufen kann. Dieselbe Wirkung erzielen Kohlentheilchen, welche aus Schornsteinen auf Zinkdächer fallen; auch soll Kalkmörtel in ähnlicher Weise corrodierend wirken.

216.  
Gewicht,  
Elasticität und  
Festigkeit.

Das specifische Gewicht des Zinkes schwankt je nach feiner Structur und Reinheit zwischen 6,85 und 7,30. Die Elasticität desselben ist gering; der Coefficient derselben ist je nach den verschiedenen physikalischen Zuständen bei verschiedener Temperatur und Bearbeitungsweise wechselnd; nach *Thurston* nimmt es schon bei geringen Spannungen bleibende Formveränderungen an und passirt die Elasticitätsgrenze bei einem unbestimmbaren, augenscheinlich sehr niederen Punkte.

Die Zugfestigkeit von Zink, und zwar von Gufszink (mit specifischem Gewichte 6,85) beträgt nach *Karmarsch* 198 kg pro 1 qcm, zu Blech und Draht verarbeitet (bei einem specifischen Gewichte 7,3) aber 1315 bis 1560 kg pro 1 qcm, während *Rankine* dieselbe allgemein zu 490 bis 560 kg pro 1 qcm angiebt. Nach *Tresca* beträgt die Abscherungsfestigkeit des Zinks 900 kg pro 1 qcm.

217.  
Handelsforten.

Das Zink kommt zu Gufszwecken in ca. 25 mm starken Platten als Kaufzink oder Gufszink in den Handel. Die großen Zinkhütten in Belgien und Schlesien verarbeiten das Zink hauptsächlich zu Blechen von verschiedener Größe und Stärke; aus den Blechen werden auch Drähte und Nägel hergestellt, welche zur Befestigung der Bleche bei Dachdeckungen dienen.

Nach dem Vorgange der belgischen Gesellschaft *Vielle Montagne* hat sich für Zinkblech allgemein die fog. belgische Zinkblech-Lehre eingeführt, welche hier folgt.

Fabrikats- Nummer.	Annähernd		Currente Dimensionen						Fabrikats- Nummer.	Annähernd		Currente Dimensionen					
	Dicke der Tafel	Gewicht pro 1 qm	650 × 2000 mm		800 × 2000 mm		1000 × 2000 mm			Dicke der Tafel	Gewicht pro 1 qm	650 × 2000 mm		800 × 2000 mm		1000 × 2000 mm	
			1 Tafel = 1,3 qm wiegt: 250 kg geben Tafel: fehl:	2 Tafel = 1,6 qm wiegt: 350 kg geben Tafel: fehl:	1 Tafel = 1,6 qm wiegt: 350 kg geben Tafel: fehl:	2 Tafel = 2,0 qm wiegt: 450 kg geben Tafel: fehl:	1 Tafel = 2,0 qm wiegt: 550 kg geben Tafel: fehl:	2 Tafel = 2,6 qm wiegt: 750 kg geben Tafel: fehl:				1 Tafel = 1,3 qm wiegt: 250 kg geben Tafel: fehl:	2 Tafel = 1,6 qm wiegt: 350 kg geben Tafel: fehl:	1 Tafel = 2,0 qm wiegt: 550 kg geben Tafel: fehl:	2 Tafel = 2,6 qm wiegt: 750 kg geben Tafel: fehl:		
1	0,100	0,70	0,91	—	—	—	—	14	0,932	6,52	8,47	29	10,43	24	13,04	19	
2	0,143	1,00	1,30	—	1,60	—	—	15	1,025	7,18	9,33	27	11,49	22	14,36	17	
3	0,186	1,30	1,69	148	2,08	120	2,60	96	1,119	7,84	10,19	25	12,54	20	15,68	16	
4	0,228	1,60	2,08	120	2,56	98	3,20	78	1,309	9,16	11,91	21	14,65	17	18,32	14	
5	0,271	1,90	2,47	101	3,04	82	3,80	66	1,497	10,48	13,62	18	16,77	15	20,96	12	
6	0,318	2,23	2,90	86	3,57	70	4,46	56	1,686	11,80	15,34	16	18,88	13	23,60	11	
7	0,366	2,56	3,33	75	4,09	61	5,12	49	1,873	13,12	17,05	15	20,99	12	26,24	10	
8	0,413	2,89	3,76	67	4,62	54	5,78	43	2,062	14,44	18,77	13,3	23,10	10,8	28,88	8,7	
9	0,460	3,22	4,18	60	5,15	49	6,44	39	2,252	15,76	20,49	12,2	25,21	9,9	31,52	7,9	
10	0,554	3,88	5,04	50	6,21	40	7,76	32	2,439	17,08	22,20	11,3	27,33	9,1	34,16	7,3	
11	0,648	4,54	5,90	42	7,26	34	9,08	28	2,631	18,40	23,92	10,4	29,43	8,5	36,80	6,8	
12	0,743	5,20	6,76	37	8,32	30	10,40	24	2,817	19,72	25,63	9,8	31,55	7,9	39,44	6,3	
13	0,837	5,86	7,62	33	9,37	27	11,72	21	3,000	21,04	27,35	9,1	33,66	7,4	42,08	5,9	
	Millim.	Kilogr.			Kilogr.		Kilogr.		Millim.	Kilogr.			Kilogr.		Kilogr.		

Die Nummern 1 bis 8 werden hauptsächlich zu durchbrochenen Ornamenten verwendet; Nr. 8 bis 11 dienen besonders zu gestanzten und getriebenen Gegenständen, Nr. 10 bis 12 vorzugsweise zu gezogenen Profilen, zu Gefäßen und Wafferrinnen; Nr. 11 bis 14 sind die gewöhnlichsten Sorten für flache und

138) Vergl. die Mittheilung über *Pettenkofer's* Beobachtungen in Art. 210, S. 206.

Wellenblech-Dachdeckung, so wie für Gefimsabdeckungen, während die stärksten Nummern zu Badewannen, Pumpenrohren, Reservoiren etc. Anwendung finden.

Zur Confervirung des Zinks und zugleich zur Verdeckung der unschönen matt blaugrauen Farbe desselben dienen je nach dem Zwecke verschiedene Anstriche und Ueberzüge. Namentlich werden für Zinkgegenstände, welche nicht allzugroßen Abnutzungen und Unbilden durch Wind und Wetter ausgesetzt sind, Sydramin- und Silicat-Farbenanstriche mit Vortheil angewendet; auch Farbenanstriche mit Lacküberzügen sind üblich<sup>139)</sup>. Für Statuen, Vasen, Candelaber etc. hat man nach metallischen Ueberzügen gestrebt; aber erst seit *Hoffauer* in Berlin 1854 das Bronziren von Zinkgegenständen auf galvanischem Wege mit Glück eingeführt hat, ist der Kunstzinkguss mit der echten Bronze in achtbare Concurrenz getreten, da solche, mit einer hinreichend dicken Bronze-Schicht überzogenen Gegenstände dieselbe schöne Farbe, den sanften Glanz und später die werthvolle Patina annehmen, wie Statuen-Bronze. Heute werden die größten Statuen im galvanischen Bade aus Kupfervitriol, Cyankalium und Zinkvitriol unter Anwendung starker Ströme in kurzer Zeit tadellos bronzirt. *Pufcher* in Nürnberg hat durch Behandlung der Zinkgegenstände mit basisch-essigsaurem Bleioxyd, welchem verschiedene Oxydfarbstoffe zugesetzt werden können, sehr haltbare, besonders zur Stein-Imitation geeignete Confervirungsverfahren erfunden, welche sich sehr gut bewähren sollen. *Böttger* hat ein besonders für Dachdeckungen geeignetes Mittel durch Behandlung mit Kaliumchlorat und Kupfervitriol und weitere Behandlung mit einer verdünnten Lösung von Asphalt in Benzol gefunden, welches den Blechen eine schöne schwarze Farbe verleiht.

218.  
Confervirung.

#### Literatur

über »Zink als Baustoff«.

Der Zink in seinen verschiedenen Verwendungsarten, besonders für die Anwendung des Zinkbleches im Baufach etc. Breslau 1857.

VOGEL, A. Das metallische Zink etc. München 1861.

Ueber Zinkgießerei. Maschinenb. 1873, S. 250.

KOLLER, TH. Ueber die praktische Bedeutung des Zinks. WIECK's ill. Gwbztg. 1881, S. 15.

#### b) Blei.

Unter den unedlen Metallen das weichste und schwerste, hat das Blei seiner außerordentlich leichten Formbarkeit halber, so wie wegen seines niedrigen Schmelzpunktes seit den ältesten Zeiten in der Baukunst Anwendung gefunden. Die große Weichheit verbunden mit leichter Hämmerbarkeit und Walzbarkeit hat seine Anwendung in Platten- und Blechform zu Dachdeckungen und zum Isoliren von feuchtem Untergrunde bei Monumentalbauten veranlaßt; auch dient es in dieser Form zu Zwischenlagen in Steinfugen und Holzverbindungen. Sehr verbreitet sind Bleirohre für Wasser-, wohl auch für Gasleitungen, welche entweder gegossen oder gepreßt vorkommen; auch muß der für Wasserverföhrungen dienenden, innen verzinnten, sog. Mantelrohre Erwähnung geschehen. Lichte Weiten und Gewichte solcher Rohre werden in Theil III, Band 4 (C. Wasserverföhrung der Gebäude) angegeben werden.

219.  
Blei  
als Baustoff.

Bekannt ist auch die Verwendung des gezogenen Bleies bei Fensterverglasungen und des Bleigusses für Statuen und Ornamente. Als mechanischer Mörtel (vergl. Art. 51, S. 113) dient das Blei zum Vergießen von Eisentheilen, die in Stein zu versetzen sind.

<sup>139)</sup> Siehe auch: Winckler, E. Handbuch zur Herstellung von Metallüberzügen etc. 3. Aufl. von F. Elsner. Halle 1881.

Die Dauerhaftigkeit von Blei ist eine unbegrenzte; denn die rasche Erblindung blanken Bleies an feuchter Luft, herrührend von der Bildung von Bleifuboxyd, schützt das Innere vor weiterer Oxydation; Wasser, besonders Regenwasser bildet weisse in demselben suspendirbare Schuppen von Bleioxydhydrat, daher unter gewissen Umständen die Gefahr von gesundheitschädlichen Einwirkungen unverzinnter Bleirohre bei Wasserleitungen.

Walz- oder Rollenblei wird in Tafeln von 75 bis 95 cm Breite bis zu 10 m Länge in Stärken von 1,5 bis 2,0 mm hergestellt<sup>140)</sup>.

220.  
Gewicht,  
Elasticität und  
Festigkeit.

Das specifische Gewicht des Bleis beträgt je nach der Reinheit 11,300 bis 11,445. Seine Elasticität ist, der grossen Weichheit entsprechend, nur gering; nach *Rankine* beträgt der Elasticitäts-Coefficient 50,620 t pro 1 qcm. Auch die Zugfestigkeit ist gering; sie beträgt nach *Karmarsch* für gegossenes Blei 95 kg, für gewalzte Platten 83 bis 173 kg und für Bleidraht 213 bis 232 kg pro 1 qcm. Die Druckfestigkeit wird von *Rennie* mit 540 kg, die Abfcherungsfestigkeit von *Tresca* mit 120 kg pro 1 qcm angegeben.

## 2. Kapitel.

### Kupfer und Legirungen.

#### a) Kupfer.

221.  
Kupfer  
als Baustoff.

Als das älteste unter allen Metallen und wegen seiner vortrefflichen Eigenschaften, die es zu den verschiedensten Gebrauchszwecken geeignet machen, hoch geschätzt, nimmt das Kupfer heute noch einen gewissermassen aristokratischen Rang auch unter den Baustoffen ein, und es ist gewiss gerechtfertigt, wenn der Architekt zur Bedachung eines Monumentalbaues dem Kupfer als haltbarstem Dachdeckungsmaterial unter Umständen den Vorzug giebt. Seine technischen Eigenschaften: die hohe Festigkeit und Elasticität, die vorzügliche Dehnbarkeit und daher Formbarkeit, seine ausserordentliche Dauerhaftigkeit und nicht in letzter Linie auch die Schönheit seiner Patina, der *aerugo nobilis*, qualificiren es mehr als jeden anderen Baustoff, dort Anwendung zu finden, wo es sich um künstlerischen Schutz edler Architektur aus kostbarem Material handelt. Selbst ein kostbares Material, kann zwar das Kupfer nie auf eine ausgedehnte Anwendung im decorativen Ausbau zählen; aber seine Wichtigkeit als Legirungsbestandtheil zu Messing und Bronze allein weisen ihm auch hier einen hervorragenden Platz an.

222.  
Handelsorten,  
Eigenschaften u.  
Verwendung.

Im Handel erscheint das Kupfer als: 1) Rosetten-Kupfer, Gar- oder Scheibenkupfer, in Kuchen von 30 bis 60 cm Durchmesser; als Zeichen vorzüglicher Qualität, d. h. Reinheit gilt möglichste Dünne bis unter 2 mm. 2) In Barren und Blöcken von ca. 45 cm Länge, 8 bis 30 cm Breite und 7 bis 8 cm Dicke. 3) Als Granalien, in Pulver- oder Körnerform, besonders für Legirungszwecke.

Die Reinheit des Kupfers hat auf die Dichte und Härte, so wie auch auf den Dehnbarkeitsgrad grossen Einfluss. Verunreinigungen durch Kohlenstoff, Schwefel, Antimon, Arsen, Eisen etc. machen dasselbe rothbrüchig, Kupferoxydul hingegen kaltbrüchig.

Der Bruch des Handelskupfers soll fast rosenroth fein, metallischen Glanz und

<sup>140)</sup> Siehe auch: Percy, J. *Metallurgy*. Vol. III. *Lead, including desilverization and cupelation*. London 1870. Deutsch von C. Rammelsburg. Braunschweig 1872.

fein zackiges Gefüge zeigen, welches durch Hämmern undeutlich fehnig wird. Rothbrüchiges Kupfer, besonders kohlenstoffhaltiges, spielt ins Gelbliche auf dem grob zackigen, auffallend stark glänzenden Bruche, während eine ziegelrothe oder gar bräunlich rothe Farbe bei sehr feinkörnigem und mattem Bruche auf Kupferoxydul und Kaltbrüchigkeit hindeutet. Sehr schwer hingegen sind mehrere gleichzeitige Beimischungen bloß durch das Bruchansehen zu erkennen.

Zur Anwendung gelangt das Kupfer höchst selten im gegossenen Zustande, weil der Guß nur bei ganz reinem Kupfer dicht ausfällt und dickflüssig ist. Nur Nägel für Schiffsbefehle, Bolzen zu Nietten und Rohren werden häufiger gegossen.

Dagegen ist die vorzügliche Geschmeidigkeit des Kupfers, welche es auch im kalten Zustande hämmerbar und biegsam macht, naturgemäße Ursache zur Verwendung zu Blech und Draht gewesen.

Früher wurde das Blech nur durch Hämmern hergestellt, und auch das jetzige Walzkupfer erfordert vor und nach dem Walzen Hammerarbeit. Scharf normirte Handelsforten von Kupferblech existiren nicht. Die gangbarsten Dimensionen sind 75 bis 90 cm Breite und 1,5 bis 1,8 m Länge bei sehr verschiedener Dicke, von 0,3 bis 0,5 mm für das schwächste Roll- oder Flickkupfer, bis zu 6,25 mm für das stärkste Braupfannenblech. Die Dicke der Dachbleche schwankt zwischen 0,5 und 1,7 mm; Rinnenblech ist ca. 0,75 mm, Schlauchblech ca. 1,23 mm dick.

Kupferdraht kommt in 62 verschiedenen Nummern vor mit einer Dicke zwischen 21,90 bis 0,21 mm herab; die stärksten Sorten werden bis 1,5 mm herab Musterdrähte, die schwächeren Scheibendrähte genannt.

Sehr häufig wird das Kupfer in Form von Rohren verwendet, und zwar entweder als gelöthete, gegossene und dann gezogene oder als gehämmerte Rohre, welche letztere sich durch große Zähigkeit und Festigkeit auszeichnen.

Zu decorativen Zwecken werden die Flächen des Kupfers entweder blank polirt (*cuivre poli*) oder mit einer Bronzierungs-Patina von rothbrauner Farbe, hervorgerufen durch Bildung von Kupferoxydul oder mechanisch durch Blutstein- und Reißblei-Pulver, versehen, oder es werden durch Schwefelmetalle, die an der Oberfläche erzeugt werden, Metall-Luftre-Farben beliebiger Nuance hervorgebracht<sup>141)</sup>. Die Patina, welche wir an antiken Gebilden bewundern, das kohlenfaure Kupferoxyd, wird eigentlich am schönsten und haltbarsten und zugleich den Körper des Metalls selbst ausgiebigst schützenden nur durch die Zeit erzeugt. Mit salpetersaurem Kupferoxyd unter Zusatz von Kochsalz und sodann Kleefalz und Salmiak wird eine künstliche Patina in kurzer Zeit hervorgerufen, welche aber durch Wachs oder ähnliche Schutzmittel jenen sanften Glanz erhalten muß, der die echte antike Patina so schön macht<sup>142)</sup>.

Das specifische Gewicht des Kupfers schwankt je nach der Reinheit und der Art der Bearbeitung zwischen 8,56 und 8,90; für Kupferblech wird gewöhnlich 8,8 als Durchschnittsziffer angenommen.

Der Elasticitäts-Coefficient beträgt für gehämmertes Kupferblech 1100t, für Kupferdraht 1300t pro 1 qcm. Die Zugfestigkeit wird von *Karmarsch* für gegossenes Kupfer zu 1300 bis 2600, für gehämmertes oder gewalztes Kupfer zu 1800 bis 2600, für hart gezogenen Kupferdraht zu 2700 bis 5100 kg pro 1 qcm

223.  
Gewicht,  
Elasticität und  
Festigkeit.

<sup>141)</sup> Siehe: Pufcher, E. Ueber ein neues und billiges Verfahren, ohne Anwendung von Farben verschiedene Metalle mit prachtvollen Luftre-Farben zu überziehen. *Polyt. Journ.* Bd. 190, S. 421.

<sup>142)</sup> Siehe: Ueber die Erzeugung einer Patina auf Bronze und Eisen. *Polyt. Journ.* Bd. 199, S. 427.

angegeben. *Tresca* hat die Abfcherungsfestigkeit mit 1873 kg pro 1 qcm ermittelt <sup>143)</sup>.

### b) Legirungen.

Die Legirungen der Metalle Kupfer, Zink und Zinn in den verschiedensten Mischungsverhältnissen geben für den inneren Ausbau eine große Anzahl Verwendungen, welche in Bezug auf Farben- und Formenwirkung, auf Festigkeit und Dauer unübertroffen da stehen und eine reiche Entfaltung der Kunstindustrie bewirkt haben.

224.  
Messing.

Die Legirung von Kupfer und Zink wird im Allgemeinen mit dem Namen Messing bezeichnet. Speziell gilt dieser Name für Legirungen, bei denen der Zinkgehalt ca. 30 Procent beträgt; steigt der Gehalt an Kupfer über 80 Procent, so giebt dies das Rothmessing oder Tombak mit der charakteristischen bräunlichgelben Farbe, bis sie mit noch mehr steigendem Kupfergehalt röthlich und ähnlich der Kupferfarbe wird. Ueber 40 Procent Zink hingegen verleihen der Mischung einen röthlichgelben bis goldgelben Stich, während mit der Steigerung des Zinkgehalts über 50 und bis 80 Procent das Weissmessing in Farbe und Eigenschaften dem Zink immer näher kommt.

Die vorzüglichsten technischen Eigenschaften äufsert das Rothmessing und das eigentliche Messing. Es ist an Farbe schöner als Kupfer, an der Luft gegen Oxydation widerstandsfähiger, besitzt grössere Härte, leichtere Schmelzbarkeit und liefert dünnflüssige, scharfe Güsse bei einer Dehnbarkeit, welche die dünnsten Bleche und feinsten Drähte herzustellen gestattet. Gegossenes Messing ist ähnlich wie Zink im Bruche krytallinisch und daher spröde; durch Walzen, Hämmern und Ziehen gewinnt es feinkörnige bis faferige Structur und damit ausgezeichnete Geschmeidigkeit, besonders wenn es wieder geglüht und erkalten gelassen wird.

Kommt es auf grössere Weichheit, große Dehnbarkeit und warmen Farbenton an, besonders bei zu vergoldenden Gegenständen, so wird vorzugsweise Tombak verwendet, das billigere Messing hingegen zu Gufswaren und der geringeren Abnutzung wegen zu härteren Gegenständen.

Besonders dienen Tombak und Messing gegossen zu Thor- und Thürschildern, Knöpfen, Handhaben, Drückern und Oliven, Rollen, Wasser- und Gasleitungshähnen, Ventilen etc.; gewalzt, gehämmert und getrieben zu Aufsatz- und Charnierbändern, Schlofsverkleidungen, Ofenthüren, Kastenbeschlägen und ungezählten anderen Gegenständen. Nicht minder ausgedehnt ist die Anwendung von Messingdraht.

Das Messingblech kommt im Handel als Rollmessing (Bugmessing) und Tafelmessing vor. Ersteres umfasst die dünnsten Sorten mit einer Stärke von 0,12 bis 0,4 mm, 120 bis 460 mm breit, wobei die Breite mit steigender Dicke abnimmt, bei einer durchschnittlichen Länge von 6,5 m. Bugmessing wird einige Male in flachen Tafeln zusammengebogen, und zwar um so öfter, je dünner es ist, und umfasst schmale und dünne, aber lange Sorten von 0,3 bis 2 mm Dicke, 180 bis 260 mm Breite und 1 bis 5,5 m Länge. Tafelmessing ist das stärkste, nicht gebogene, mit einer Dicke von 1 bis 17 mm bei 300 bis 650 mm Breite und verschiedener Länge.

Die Messingdrähte kommen in ähnlichen Nummern wie die Kupferdrähte vor, von 18,80 bis 0,19 mm Dicke. Messingschrauben in verschiedenen Nummern, von 3,5 bis 8,5 m Dicke, finden vielfach Anwendung.

<sup>143)</sup> Vergl. auch: Bischoff, C. Das Kupfer und seine Legirungen. Berlin 1865.

Das specifische Gewicht schwankt mit der Zusammensetzung, ist jedoch höher, als der Durchschnitt der beiden Gemengtheile. *Karmarsch* giebt für Messingblech 8,52 bis 8,62, für Messingdraht 8,49 bis 8,73, für Gufsmessing 8,71 an. Tombak als Blech gab 8,788, Gufstombak 8,606, Tombakdraht fogar 9,00. Eben so verschieden ist die Zugfestigkeit; für Gufsmessing giebt *Rankine* 1270, für Messingdraht 3450 kg pro 1 qcm an. Die Druckfestigkeit beträgt für Gufsmessing 725 kg pro 1 qcm. Der Elasticitäts-Coefficient des Messings beläuft sich auf 650<sup>t</sup> pro 1 qcm und steigt bei Messingdraht bis 1000<sup>t</sup> pro 1 qcm.

Die Gegenstände aus Gufsmessing werden häufig mit Lacken und Firnissen überzogen, um das Auftreten von Grünspan zu verhüten und verschiedene lebhaftere Laifarben darauf anzubringen; vielfach wird es auch verzinkt, vernickelt, versilbert und vergoldet. Sehr beliebt sind Messingwaaren, welche durch Beizen in Säurebädern oder Salzbädern eine röthliche, grüngelbe, goldgelbe Färbung mit entweder hell glänzender oder matter Oberfläche erhalten. Werden gewisse Partien der Einwirkung der Beizen durch Bedeckung mit Fettfarben entzogen, so entstehen intarsienartige Zeichnungen von verschiedener Wirkung, je nachdem die Zeichnung blank auf mattem Grunde oder umgekehrt gewählt wird.

Unter dem Collectivnamen Argentan oder Weiskupfer begreift man eine Reihe von Legirungen, denen als Legirungsmetall aufer Kupfer und Zink noch Nickel zugefetzt ist. Argentan ist demnach ein Messing, dem durch angemessenen Nickelgehalt eine weiße Farbe ertheilt wird. Der Nickelgehalt selbst ist schwankend und damit auch die Farbe vom Gelb-bräunlich-weiß bis ins Silberweiße spielend. Binahe eben so dehnbar wie Messing nimmt es eine schöne Politur an und giebt auch reinere Güsse. Gegen Atmosphärien und Säuren ist es widerstandsfähiger als Messing. Die Argentan-Waaren dienen als Silber-Imitation theils in Form von Gufs, theils als Blech, theils getrieben, theils als Draht und häufig auch mit echtem Silber plattirt oder galvanisch versilbert (Chinafilber) verschiedenen Zwecken, und es sind die einzelnen Varietäten als Pakfong, Neusilber, Alfenide, Alpaka, Christofle-Metall etc. bekannt. Das specifische Gewicht des Argentans ist 8,4 bis 8,7, die Zugfestigkeit für hart gezogene Drähte beträgt 7200 bis 8000 kg, für ausgeglühte Drähte 5200 kg pro 1 qcm.

225.  
Argentan.

Britannia-Metall ist eine Legirung von Zinn mit Antimon und Zink und wenig Kupfer. Es zeichnet sich durch bläulich-weiße Farbe und grössere Härte vor dem Zinn aus und besitzt vorzügliche Politurfähigkeit. Zu Gufs-Ornamenten eignet es sich gut, da es scharfe Abgüsse giebt; auch kommt es in Form gewalzter Platten zur Verwendung. Das specifische Gewicht beträgt 7,82 bis 7,86.

226.  
Britannia.

Bronze werden im Allgemeinen die Legirungen von Kupfer und Zinn genannt, obwohl technischer Rücksichten halber meistens noch Zink und auch noch andere Metalle beilegirt werden. Bronze besitzt manche Eigenschaften des Kupfers, ist jedoch härter als dieses, politurfähiger und leicht schmelzbarer, häufig jedoch spröder; es ist das vorzüglichste Gufsmaterial.

227.  
Bronze.

Von den verschiedenen Bronze-Varietäten, deren eine Unzahl existirt, heben sich typisch hervor: 1) das Glockenmetall mit höchstens 80 Theilen Kupfer auf mindestens 20 Theilen Zinn, übrigens sehr schwankend in der Zusammensetzung; 2) das Kanonenmetall mit ca. 90 Theilen Kupfer und 10 Theilen Zinn, von größter Zähigkeit, so das die Kanonenrohre über 4000 Atmosphären Druck aushalten; 3) Medaillen-Bronze für Münzen und Medaillen mit ca. 92 Theilen Kupfer auf 8 Theile Zinn, meist noch mit etwas Zink versetzt; 4) Spiegelmetall mit 68 Theilen Kupfer und 32 Theilen Zinn nebst etwas Zink, zu Metallspiegeln; 5) Statuen-Bronze mit durchschnittlich 88 Theilen Kupfer, 2 Theilen Zink, 10 Theilen Zinn und etwas Blei; sehr große Gufsstücke erhalten höheren Zink- und Bleigehalt, um recht dünnflüssig zu werden.

Bronzeähnliche Legirungen von specifischen Eigenschaften sind auch die Phosphor-Bronze, von *Künzel* erfunden, mit 90 Theilen Kupfer, 9 Theilen Zinn und 0,5 bis 0,75 Theilen Phosphor, welche sich



durch erhöhte Zähigkeit, Festigkeit und Elasticität auszeichnet. Die Aluminium-Bronze besteht aus 90 Theilen Kupfer und 10 Theilen Aluminium und hat bei licht gelber Farbe geringes Gewicht und hohe Festigkeit. Die größte Widerstandsfähigkeit jedoch besitzt nach *Thurston* das Maximum-Metall, eine Legirung von 55 Theilen Kupfer, 43 Theilen Zink und 2 Theilen Zinn.

Die Verwendung von Bronze ist uralte, wenn auch immer einer späteren Periode angehörig, als Kupfer und Zinn. Ihre Benutzung ist außerordentlich mannigfaltig. Treppengeländer, frei tragende Stufen, Säulen, Candelaber, figurale Ornamente, Statuen, Brunnen, Denkmäler etc. bestehen aus Bronze, der verschiedenartigen Verwendung als Verankerungen, Bolzen und Maschinenbestandtheilen aller Art nicht zu gedenken. Das spezifische Gewicht der Bronze schwankt mit der verschiedenen Zusammensetzung und beträgt z. B. für Glockenmetall 8,7 bis 9,1, für Kanonenmetall 8,8, für Medaillen-Bronze 8,78, für Spiegelmetall 8,6, für Statuen-Bronze 8,4 für Aluminium-Bronze 7,68.

Die Zugfestigkeit ist ebenfalls sehr verschieden; so beträgt sie für Kanonenmetall nach *Rankine* 2530 kg, nach *Uchatius* 2200 kg pro 1 qcm, während Phosphor-Bronze nach *Bauschinger* 3300 kg, nach *Uchatius* bis 5660 kg und ungeglüheter Draht aus Phosphor-Bronze nach *Kirkaldy* bis 11 200 kg pro 1 qcm Zugfestigkeit besitzt. Aluminium-Bronze besitzt nach *Anderjón* eine Zugfestigkeit von 5130 kg und eine Druckfestigkeit von 9280 kg pro 1 qcm. Das amerikanische Maximum-Metall besitzt nach *Thurston* eine Zugfestigkeit von 12 020 kg pro 1 qcm und erleidet dabei eine Verlängerung von 47 bis 51 Procent. Der Elasticitäts-Coefficient beträgt für Glockengut 320 t, für Kanonenmetall 696 t pro 1 qcm.

Die Conservirung und Decorirung der Bronzen wird ähnlich wie bei Messing bewirkt; besonders großes Gewicht legt man auf die Erzeugung einer schönen und fest haftenden Patina, welche durch Behandlung mit schwachen Oxydationsmitteln in grünlicher Farbe bei zinkhaltigen und in bräunlicher Farbe bei bloß zinnhaltigen Bronzen auftritt. Die künstliche Patina wird ähnlich wie beim Kupfer erzeugt.

### 3. Kapitel.

#### Aphalt.

Das Bitumen spielt in der Geschichte der Baustoffe eine eigenthümliche Rolle. Von den ältesten Culturvölkern gekannt und als Mörtelmaterial benutzt, war es später ganz in den Hintergrund getreten, und erst die brennende Straßenspflasterungsfrage der neuesten Zeit hat das Material, welches heute Asphalt genannt wird, so sehr in den Vordergrund gebracht, daß die großen Städte sich wetteifernd beilehen, dieses moderne Luxuspflaster einzuführen, und daß die Asphaltindustrie eine noch vor einem Decennium ungeahnte Ausdehnung genommen hat.

Das, was von den Alten und heute noch in der Chemie und Mineralogie als Asphalt, Judenpech oder Erdpech bezeichnet ist, wird in der Technik mit dem Namen Goudron bezeichnet. Asphalt in diesem Sinne ist eine anthracitartig schwarz glänzende Masse mit muscheligen Bruch und dem bekannten Asphaltgeruch, bei niedriger Temperatur bis gegen 20 Grad C. meist anscheinend fest und spröde, darüber bis 40 Grad zähe und fadenziehend-plastisch, bei höherer Temperatur allmählich sich verflüssigend, bezw. schmelzend. Wird Goudron einer Temperatur von über 130 Grad ausgesetzt und nicht über 230 Grad erhitzt, so verflüchtigen sich nur die leichteren Kohlenwasserstoffe, welche wahrscheinlich nur lose an derselben

228.  
Asphalt  
als Baustoff.

229.  
Goudron.

theilnehmen. Beim Erkalten behält dann so behandelter Goudron feine günstigen Eigenschaften bei und verändert sich nicht weiter, während nicht erhitzter, wahrscheinlich in Folge von allmählichem Verluſte von Kohlenwaſſerſtoffen, mit der Zeit ſpröde wird. Ueberhitzter oder verbrannter Goudron wird fehr ſpröde und brüchig.

Für die Beurtheilung der günſtigſten Verwendungsweiſe des Aſphalts iſt es nöthig, ſich zu erinnern, daſs Aſphalt zu jenen Körpern gehört, deren innere Reibung denſelben Gefetzen unterworfen iſt, wie die Flüſſigkeitsreibung. Mit anderen Worten, das Bitumen gehört zu den zähflüſſigen Körpern. Man ſieht dies in der Praxis ſchon: der in Fäſſern transportirte *Trinidad-aſphalte-épuré* oder das ähnlich in Fäſſern vorkommende Steinkohlenpech zerfließen, aus den Fäſſern entfernt, allmählich. *Obermayer*<sup>144)</sup> hat den Zähigkeits-Coefficienten des Schwarzpechs beſtimmt, und *Thomſon*<sup>145)</sup> hat daſſelbe Gefetz durch den Verſuch conſtatirt, daſs er einen Kuchen von ſprödem, unter dem Hammer zerſpringenden Schufterpech auf Korke placirte und mit Bleikugeln beſchwerte; nach einem Jahre, während deſſen ſtets durch Waſſer niedere Temperatur erhalten wurde, waren die Korke durch den Kuchen hindurch in die Höhe geſtiegen und an der Oberfläche ſichtbar geworden, während die Kugeln durch das Pech durchgefunken waren und am Boden erſchienen. Reiner Goudron würde alſo nicht anwendbar ſein.

Aſphalt im modern-techniſchen Sinne iſt ein reiner Kalkſtein, der von Bitumen gleichmäſſig und nur in ſolcher Quantität durchdrungen iſt, daſs die Flüſſigkeitsreibung nahezu aufgehoben erſcheint. Thatſächlich enthalten die bewährteſten Aſphaltſteine nur 8 bis 10 Procent Bitumen, alſo eben hinreichend viel, um unter Compreſſion durch daſſelbe verkittet zu werden und ohne ſelbſt zufammenzuhängen. Erhitzt man daher ſolchen bituminöſen Kalkſtein, ſo verflüſſigt ſich das Bitumen; der Stein zerfällt in die einzelnen verkitteten, nicht in ſich ſelbſt zufammenhängenden Theilchen und backt unter neuem Druck und unter Abkühlung wieder zu dem gleichen Geſtein wie früher zufammen. Darauf beruht die Verwendung des Aſphaltſteines zu Stampf-Aſphalt (*aſphalte comprimé*), dem eigentlich bevorzugten Straſſenpflaſtermaterial.

Der natürliche Aſphaltſtein hat zu wenig Bitumen, um beim Erhitzen flüſſig, im gewöhnlichen Sinne des Wortes, zu werden. Um dies zu erzielen, ſtellt man daraus Aſphalt-Maſtix her.

Aſphalt-Maſtix iſt natürlicher Aſphaltſtein, welcher nach vorhergegangener mechaniſcher Zerkleinerung (bis zu ca. 3<sup>mm</sup> Korngröſſe) mit einer entſprechenden Quantität reinen Bitumens oder Goudrons einer Temperatur von 175 bis 230 Grad ausgeſetzt wird. Dabei wird zuerſt das Bitumen in einem Keſſel geſchmolzen und demſelben unter ſtetem Umrühren von Viertelſtunde zu Viertelſtunde ſo viel Aſphaltpulver zugeſetzt, daſs in ca. 5 Stunden die ganze Quantität (ca. 200 kg), welche auf einmal geſchmolzen wird, incorporirt wird. Dabei verflüchtigen ſich nur die leichteren Kohlenwaſſerſtoffe, und der Maſtix erreicht die guſſfertige Qualität. Hierauf wird er in Modelle aus Eiſen gegoſſen, welche je nach der Fabriksmarke eine beſtimmte Form beſitzen und Blöcke von ca. 25 kg Gewicht liefern.

Solcher Aſphalt-Maſtix iſt nun unter erneutem geringen Zufatz von Goudron beliebig oft ſchmelzbar und liefert das Subſtrat zu Guſs-Aſphalt (*aſphalte coulé*).

Künſtlicher Aſphalt, welcher häufig als Erſatzmittel für natürlichen Aſphalt verwendet wird, muſs unterſchieden werden in ſolchen, welcher zu Stampfarbeiten verwendet werden ſoll, und in Nachahmungen des Aſphalt-Maſtix und des Goudron.

Die erſte Methode nimmt, wenn ſie halbwegs Solides leiſten ſoll, natürliches Bitumen und incorporirt durch Schmelzen möglichſt viel Kalkſteinpulver, wird aber

230.  
Aſphalt u.  
Aſphalt-Maſtix.

231.  
Künſtlicher  
Aſphalt.

<sup>144)</sup> Ein Beitrag zur Kenntniſs der zähflüſſigen Körper. Sitzungsber. der math.-nat. Claſſe der Akad. d. Wiſſ. in Wien, Bd. 25, 2. Abth., S. 665.

<sup>145)</sup> *The nature*, Vol. 21, S. 159.

erst verfuchsweise angewendet. Zu Mastix und Goudron jedoch werden sehr bedeutende Massen von Steinkohlen- und Braunkohlenpech verwendet und grofsartige Fälfchungen, besonders durch Nachahmung der Mastix-Bröde renommirter Gruben, begangen. Weniger bedenklich ist die Verwendung dickflüssiger Destillationsrückstände von Schieferöl-, Paraffin- und Petroleum-Destillationen, um in geringer Quantität zu dem spröden Trinidad-Asphalt beim Einschmelzen zu Mastix verwendet zu werden. Eben so hat sich in Amerika die Verwendung von gereinigtem Trinidad-Asphalt unter Zusatz von wenigen Procenten Petroleumtheer (*still bottoms*) mit möglichst viel (über 80 Procent) reinem Sand zur Mastix-Fabrikation bewährt. Die leicht flüchtigen und daher schädlichen Bestandtheile entweichen beim Kochen des Mastix gröfsten Theils, und der Antheil an schädlichen Bestandtheilen wird mindestens dadurch verringert.

Das specifische Gewicht ist bei den verschiedenen Asphaltorten verschieden, und zwar naturgemäfs nach der gröfseren oder geringeren Menge leicht flüchtiger Bestandtheile einerseits und bei verarbeiteten Asphaltten je nach der Natur und Menge der zugesetzten Magerungsmittel. So fanden wir: Goudron von *The Neu-chatel Asphalt Company* 1,31, Braunkohlenpech 1,20, *Trinidad-asphalte-épuré* 1,38, roher Asphaltstein von *Val de Travers* 2,15, *Asphalte comprimé* von der Wilhelmsstrafse in Berlin 2,23, altes Berliner Strafsenpflaster (*asphalte coulé*) 2,02, Asphalt-Mastix aus Limmer-Asphalt 2,28 und ungarischer *Goudron asphalte coulé* 1,966.

Unsere Untersuchungen über die Festigkeitsverhältniffe der verschiedenen Asphaltorten ergaben besonders mit Rücksicht auf die Entdeckung der Verfälfchungen Folgendes. Die in England nach Rankine eingeführte Methode, die Güte eines Asphalts im Vergleich mit einem bekannten so zu prüfen, dafs man eine stumpfe vierseitig pyramidale Eisenspitze bei einer Belastung von ca. 30 kg und bei einer Temperatur von 27 Grad C. auf den Asphalt wirken läfßt, hat sich als ausreichend geeignet gezeigt. Nach Rankine soll guter Stampf-Asphalt dabei einen Eindruck von ca. 8mm, Gufs-Asphalt aber 5mm annehmen. In Bezug auf Druckfestigkeit ergab sich, dafs künstlicher, d. h. aus Steinkohlen- oder Braunkohlenpech mit Mineralstaub fabricirter Asphalt bei ziemlich rascher Steigerung der Belastung ganz wie spröde Gesteine in parallele Stücke unter Krach zerplatzt, während bei der gleichen Temperatur und gleicher Art der Belastung natürlicher, sowohl Stampf- als Gufs-Asphalt unter Ausbauchen, Berften und Spalten zerfließt, und zwar von einem um so niederen Punkte an, je renommirter die betreffende Asphaltorte ist.

Die Zugfestigkeit liefs sich auf dem *Michaëlis'schen* Zerreißungsapparat<sup>146)</sup> in den Cement-Achtformen nur bei höchstens 8 Grad C. für natürliche Asphalte bestimmen, und zwar bei rasch steigender Belastung. Die Resultate unserer Verfuche waren u. A. folgende:

	Zugfestigkeit :	Druckfestigkeit :	
		bei 30 kg Belastung und 27° C. Eindringen :	
	bei 52 kg pro 1 qcm	bei 8° C.	bei 30 kg Belastung und 27° C. Eindringen :
Stampf-Asphalt, <i>Val de Travers</i> , frisch . . .	26,5 kg pro 1 qcm	bei 52 kg pro 1 qcm unter Berften zerfließend	6 bis 7 mm
Normaler Berliner Strafsen-Asphalt v. d. Berliner Stadt-Bauinspection, alt . . . . .	30,5 „ „ „	„ 93 „ „ „ unter Spalten zerfließend	7 „ 8 „
Berliner Trottoir-Asphalt, Limmer . . . . .	24,98 „ „ „	„ 65 „ „ „ bröckelnd zerfließend	5 „ 6 „
I. Ungarischer Natur- <i>Asphalte-coulé</i> , normal .	23,2 „ „ „	„ 108 „ „ „ „ „	4 „ 5 „
II. „ „ stark überhitzt . . . . .	— „ „ „	„ 109 „ „ „ rasch berftend	2 „ 3 „
III. „ „ „ „ „ „	36,75 „ „ „	„ 112 „ „ „ „ „	4 „ 4,5 „
Künstlicher Asphalt aus Steinkohlenpech, fehr alter Stallbelag . . . . .	29,0 „ „ „	„ 148 „ „ „ unter Krach brechend	1 „ 2 „

<sup>146)</sup> Vergl. Art. 95, S. 148.

Lassen sich die spröden, künstlichen Asphalte zwar schon aus diesen Versuchen herauscheiden, so sind die Differenzen doch zu wenig scharf ausgesprochen. Der charakteristische Theergeruch ist für rein künstliche Asphalte verrätherisch genug; anders verhält es sich mit den so häufig vorkommenden Gemischen. Bei diesen ist die Erkennung der Beimengungen schon schwieriger. *Durand Claye* <sup>147)</sup> hat zur Erkennung der Beimischung von Gaspech etc. eine colorimetrische Reaction angegeben, welche auf der Einwirkung von Schwefelsäure auf den Asphalt beruht.

Danach wird der zu prüfende Asphalt in Schwefelkohlenstoff gelöst, abfiltrirt und das Lösungsmittel verdunsten gelassen; sodann der Rückstand so lange vorsichtig erhitzt, bis er nach dem Abkühlen brüchig wie Pech wird. Darauf wird derselbe zerkleinert und davon ein Quantum von stets annähernd 0,1 g in ein Glasrohr gethan und 5<sup>ccm</sup> englische Schwefelsäure (nicht Nordhäuser Schwefelsäure) hinzugegossen. Das Glasrohr wird, hierauf 24 Stunden verschlossen stehen gelassen und dann vorsichtig und im kalten Wasserbade mit nach und nach 10<sup>ccm</sup> Wasser aus einer Pipette in etwa  $\frac{1}{4}$  Stunde behandelt und umgerührt. Nach völligem Abkühlen der Mischung wird sie durch ein Filter in eine Flasche mit 150 bis 200 g Inhalt filtrirt und nach völligem Durchlassen noch mit 100<sup>ccm</sup> Wasser nachgespült. Die so erhaltene Flüssigkeit ist bei reinem natürlichen Bitumen farblos oder wenig gelblich gefärbt, bei Vorhandensein von Steinkohlenpech aber tief braun bis undurchsichtig schwarz gefärbt.

Eine andere ebenfalls von *Durand Claye* angegebene colorimetrische Methode ist folgende.

Man löst eine Quantität von ca. 1 g in rectificirtem Benzin, und zwar in 5 g, und läßt hiervon durch ein Filter 5 bis 6 Tropfen nach gehörig langer Einwirkung in ein Glasrohr fließen, wozu man neuerdings 5 g Benzin zur Verdünnung giebt. Hierauf setzt man ein gleiches Gewicht Alkohol von 85 Grad *Gay-Lussac* hinzu, schüttelt lebhaft und läßt dann absetzen. Es scheidet sich die Flüssigkeit in zwei Schichten: die obere ist sehr stark gefärbt, die untere alkoholische aber nur dann, wenn das Bitumen mit künstlichen Zuthaten versetzt ist. Sie ist dann gelb bis dunkel orange.

Da sich bei den diesbezüglichen Versuchen unsererseits zeigte, daß die Beschaffenheit des Benzins leicht eine scharfe Trennung beider Schichten verwickelt und damit das Resultat alteriren, versuchten wir die Unterscheidung durch Alkohol allein herbeizuführen und sahen nach Untersuchung von zehn verschiedenen Asphaltorten, daß sie ganz vortrefflich scharf und rasch gelingt.

Ein bis zu ca. 200 Grad erhitztes Stück von etwa 1 g in einem gewöhnlichen Reagenzglas nach dem Abkühlen und Zerkleinern mit ca. 5<sup>ccm</sup> Alkohol von nicht unter 80 Grad *Gay-Lussac* behandelt, giebt bei nur 2 Procent Gehalt an Braunkohlen- oder Steinkohlenpech eine deutlich gelbe Nuancirung mit sehr deutlicher grüner bis blauer Fluorescenz von oben gesehen; die Färbung nimmt eben so wie die Fluorescenz an Intensität mit Erhöhung des künstlichen Zusatzes zu und geht endlich ins Dunkelweingelbe mit grünlicher Fluorescenz über.

Die technische Anwendung der Asphalte ergibt sich aus obigen Grundsätzen. Es ist die größte Sorgfalt auf jeden einzelnen der mitwirkenden Factoren zu richten, da gerade bei Asphaltarbeiten das Gelingen so eminent von der Beobachtung aller Momente abhängt.

Der Stampf-Asphalt, der zur Herstellung der Straßensfahrbahnen dient, muß gleichmäßig aus reinem Kalk mit mindestens 7, höchstens 12 Procent Bitumen bestehen, gleichmäßig gepulvert und auf 130 Grad erhitzt fein und keine Unreinigkeiten, wie Holz oder Metalle beigemischt erhalten. Betreff sonstiger Details in der Ausführung siehe: Theil III, Band 5 (Abth. V, Abschn. 3: Behandlung der Hofflächen und Trottoirs) dieses »Handbuches«.

Der Guß-Asphalt ist billiger und auch leichter, als der Stampf-Asphalt herzustellen und findet in erster Linie die ausgedehnteste Anwendung zur Herstellung von Trottoirs, zur Bedeckung von Hofräumen, Perrons, Terrassen etc., zur Bildung von Fußböden in geschlossenen Räumen etc. Ueber Construction und Herstellung solcher Asphalt-Beläge oder Asphalt-Estriche wird noch im 3. (Abth. IV, Abschn. 3: Behandlung der Fußbodenflächen) und 5. Bande (Abth. V, Abschn. 3, Kap. 2: Behandlung der Hofflächen und Trottoirs) eingehend die Rede sein; hier sei nur erwähnt, daß man für den vorliegenden Zweck außer

<sup>147)</sup> *Annales des ponts et chaussées* 1879-II, S. 267; 1880-I, S. 128; 1881-I, S. 112.

den Asphalten von *Val de Travers* und *Seyffel* auch andere Asphalte, insbesondere Limmer-Asphalt verwenden kann. Als Goudron benutzt man meist den von der Infel Trinidad, von Seyffel, aus der Auvergne etc. Der Asphalt soll auch hier von Beimengungen möglichst frei sein; häufig werden dickflüssige Harzöle zur Beförderung des Schmelzens beigeetzt. Der bei einer Temperatur von 150 bis 200 Grad flüssig gewordenen Masse wird unter stetem Rühren nach und nach ca. 50 Procent gut gewaschener und thunlichst scharfkantiger Sand von etwa Erbsengröße beigeemengt und so lange gekocht und gerührt, bis völlige Homogenität der Mischung erzielt wird. Das Mischungsverhältniß des Sandzufatzes soll möglichst hoch sein, weil dann der Gufs-Asphalt in der Wärme nicht so leicht erweicht, aber doch nicht so groß, daß die Cohäsion und Elasticität des Belages beeinträchtigt wird.

Der Gufs-Asphalt wird auch noch zu anderen Bauzwecken, insbesondere zur Sicherung gegen Aufsteigen, Zudrang oder Durchfickerung von Feuchtigkeit, bezw. Wasser, als sog. Isolirsichten verwendet; alsdann erhält der Asphalt einen geringeren Sandzufatz. Auch bei des Asphalt-Bétons, eines Gemenges von Asphalt-Mastix und Steinschlag, ferner der Asphaltplatten von *Büscher & Hoffmann* in Eberswalde, weiters des zu Dackdeckungen dienenden Asphaltfilzes, endlich der für die Abführung von ätzenden Flüssigkeiten sich trefflich eignenden Asphaltrohre Erwähnung gethan.

### Literatur

über »Asphalt als Baustoff«.

- KLINGMANN, F. Das natürliche und künstliche Asphalt und das Asphaltmastix etc. 1848.
- GYSI, O. Der Asphaltleger etc. Berlin 1852.
- HUGUENET, J. *Asphaltes et naphtes. Considérations générales sur l'origine et la formation des bitumes fossiles, de leur emploi etc. 2<sup>e</sup> édit.* Paris 1852. — Deutsch von C.\* HARTMANN. 2. Aufl. Weimar 1853.
- BORSTELL, G. u. F. KOCH. Neuere Arten der Verwendung des Asphaltes in Paris. *Zeitschr. f. Bauw.* 1855, S. 37.
- STEHLIN, S. Der eigentliche Werth und die Ursachen der vorkommenden Werthlosigkeit des Asphaltes als Baumaterial. Wien 1860.
- MALO, L. *Note sur l'asphalte, son origine, sa préparation, ses applications.* Paris 1861. (Aus: *Annales des ponts et chaussées* 1861-I, S. 69.)
- MALO, L. *Guide pratique pour la fabrication et l'application de l'asphalte et des bitumes.* Paris 1866.
- JEEP, W. Der Asphalt und seine Anwendung in der Technik, oder Gewinnung und Darstellung aller natürlichen und künstlichen Asphalte, deren Verwendung zum Belegen von Wegen, Straßen und Höfen. (Neuer Schauplatz der Künste und Handwerke. 154. Bd.) Weimar 1870.
- MEYN, L. Der Asphalt und seine Bedeutung für den Straßenbau großer Städte. Halle 1872.
- VIDEKY, L. Der Asphalt, seine Gewinnung, Bereitung und Verwendung in der Technik. *Zeitschr. d. Oest. Ing. u. Arch.-Ver.* 1872, S. 426, 443.
- CHABRIER, E. *The applications of asphalt.* London 1876.
- Mittheilungen über die wasserdichten Baumaterialien der Fabrik BÜSSCHER & HOFFMANN. Halle a. S. 1877.
- Ueber Asphaltplatten. *ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk.* 1878, S. 411 u. 428.
- KAYSER, R. Untersuchungen über natürliche Asphalte. Nürnberg 1879.
- ELLICE-CLARK, E. B. *Asphalt, and its application to street paving.* London 1879.
- MALO, L. *Note sur l'état actuel de l'industrie de l'asphalte.* *Annales des ponts et chaussées* 1879-II, S. 267; 1880-I, S. 128.
- Technische Mittheilungen des schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. 10. Heft. Der Asphalt und seine Verwendung. Von J. T. ZETTER. Zürich 1880.
- WOAS, F. Der Asphalt, seine Geschichte, Gewinnung und Verwendung. Berlin 1880.
- Der Asphalt, seine Geschichte, Gewinnung und Verwendung. *Ann. f. Gwb. u. Bauw.*, Bd. 6, S. 353, 397.
- MALO, L. *Note sur l'état actuel de l'industrie de l'asphalte.* *Bulletin de la soc. d'encourag.* 1880, S. 468.
- DIETRICH, E. Die Baumaterialien der Asphaltstraßen. Berlin 1881.
- MÜLLER, E. Untersuchung des Asphaltmastix. *Deutsche Bauz.* 1881, S. 341.
- HAUENSCHILD, H. Der Asphalt und seine Werthbestimmung. *Deutsche Töpfer- u. Ziegler-Ztg.* 1881, Nr. 49.
- KRZYANOWSKI, K. Der Asphalt und seine Verwendung in der Bautechnik. *Rigafche Ind.-Zeitg.* 1881, S. 49, 62.
- SPORNY, J. *Note sur un procédé pour distinguer les produits des asphaltes naturels des mastics factices.* *Annales des ponts et chaussées* 1881-I, S. 112.

## 4. Kapitel.

## Glas.

Die moderne Baukunst, welche das Eisen als Constructionsmaterial in so hervorragender Weise anwendet, kann des Glases als nothwendiger Ergänzung nicht nur nicht entathen; sondern das Glas tritt als raumbegrenzender Bautheil, besonders in den grossen Ausstellungs- und Bahnhofshallen, in den Gewächs- und sonstigen Pflanzenhäusern etc. so sehr in den Vordergrund, dass der sog. Kryftallpalast-Stil gewissermassen typisch das Ueberwiegen dieses Baustoffes über das eigentliche Constructionsmaterial darstellt. Die Verbindung von Eisen und Glas ist auch für die Technik des letzteren von grösster Bedeutung gewesen, und die Anforderungen an dasselbe haben in der Glasindustrie eine ganz neue Epoche hervorgerufen.

236.  
Glas als Bau-  
stoff.

Für den Architekten kommen in erster Linie jene Glasarten als Ausbau-Materialien in Betracht, welche die Bestimmung haben, das Tageslicht in das Innere der Gebäude zu lassen, in zweiter Linie diejenigen, welche das grelle Licht der künstlichen Beleuchtung bei Nacht zu mildern und zu vertheilen haben und zuletzt noch jene, welche als Ersatz für Stein und Metall und als Mittel für den rein decorativen Ausbau dienen. Bei der wunderbaren Leichtigkeit, womit das Glas sich den zwei Hauptbedingungen ästhetischer Wirkung: Form- und Farbgebung anpassen lässt, ist die Zahl der verschiedenen Glasarten ungemein gross. In technischer Beziehung theilt man die Gläser meistens in Tafelglas und in Hohlglas ein. Zwischen beiden steht das in neuester Zeit so vielfach verwendete massive Gussglas. Hat das Tafelglas den Zweck, einen luft- und wetterfesten Abschluss herzustellen und gleichzeitig das Tageslicht ungechwächt in die begrenzten Räume einzulassen, so dient das Hohlglas mehr den Zwecken der künstlichen Beleuchtung und das massive Glas den rein constructiven und decorativen Zwecken. Die Färbung kann dabei den verschiedensten Zwecken entsprechend ganz ausserordentlich variiren und verleiht dem Glase eine ganz ungewöhnliche Vielfeitigkeit.

237.  
Glasarten

Die Qualität aller Gläser hängt einerseits von der chemischen Zusammensetzung derselben, andererseits von der Fabrikationsweise ab. Der Einfluss der chemischen Zusammensetzung betrifft in erster Linie die Dauerhaftigkeit, die Durchsichtigkeit, die Färbung und das Gewicht der Gläser; der Einfluss der Fabrikationsweise (geblasenes oder gegossenes Glas) äussert sich vorzüglich in Bezug auf die Festigkeit und Elasticität, so wie in Bezug auf Form und Dimensionen derselben.

238.  
Eigenschaften  
und  
Prüfung.

Die Dauerhaftigkeit richtig zusammengesetzter Gläser ist eine nahezu unbegrenzte. Sie äussert sich durch völlige Unveränderlichkeit des Glanzes, der Durchsichtigkeit und der Farbe, während unrichtig zusammengesetzte Gläser mehr oder weniger rasch den Glanz der Oberfläche verlieren, sich beschlagen oder bestauben, allmählich irisirende Zerfetzungshäutchen zeigen oder unter dem Einflusse des Sonnenlichtes ihre Farbe verändern und schliesslich erblinden.

Nach den Untersuchungen *R. Weber's*<sup>148)</sup> sollen richtig zusammengesetzte und bewährte Gläser für Architekturzwecke Kalk-Natrongläser sein, wobei das Verhältniss der Atome Kieselsäure zu Kalk zu Alkalien annähernd 6 : 1 : 1 sein soll, jedoch mit der erlaubten Schwankung, dass der Alkali-Gehalt gegenüber dem Kalkgehalt grösser oder kleiner sein kann, wenn gleichzeitig der Gehalt an Kieselsäure ent-

<sup>148)</sup> Ueber die chemische Zusammensetzung der Gläser und die dadurch bedingte Widerstandsfähigkeit derselben gegen atmosphärische Einflüsse. *Annalen der Physik und Chemie*, neue Folge, Bd. VI, S. 431 und: *Deutsche Töpfer- und Ziegl.-Ztg.* 1879, Nr. 32.

sprechend zu- oder abnimmt, so zwar das das Atomverhältniß der Kieselsäure zu dem Gesamtverhältniß der Basen stets annähernd gleich bleibt. Immer unterliegen kalireiche Gläser leichter einer Veränderung, als natronreiche; steigt jedoch der Alkali-Gehalt gegenüber dem Kalkgehalt auf 2 und darüber, ohne das gleichzeitig der Kieselsäuregehalt entsprechend zunimmt, so wird die Qualität schon eine mangelhafte.

Die Prüfung von Glasorten auf ihre Dauerhaftigkeit kann unter Umständen sehr wichtig sein. Die einfachste Probe, die aber allerdings nur sehr mangelhafte Gläser als solche kennzeichnet, besteht darin, das man die gut gereinigten Glasproben längere Zeit entweder allein oder in Eisenvitriol eingebettet stark erhitzt; schlechte Gläser werden dadurch rauh und erblinden. Sicherer ist die von *R. Weber* angegebene Salzsäure-Methode.

Danach werden die Gläser zuerst sorgfältig mittels Alkohol gereinigt, sodann während 24 Stunden über eine mit einer Glasglocke überdeckte, starke rauchende Salzsäure enthaltende Schale gelegt und alsdann behufs Verdunstung der condensirten Säuretheilchen 24 Stunden in einem abgescloffenen Raum aufbewahrt. Mangelhafte Gläser zeigen dann immer einen mehr oder weniger starken weissen Beschlag, welcher sich bei den mittelmäßigen Sorten zu einem zarten Hauche abmindert, der bei bewährten Gläsern unmerklich wird. Um den Beschlag zu beobachten, ist es sehr zweckmäßig, das abgedunstete Glas parallel mit einem Fenster zu halten und es dann unter einem Winkel von 30 bis 40 Grad im auffallenden Lichte zu beobachten. Dadurch lassen sich die verschiedenen starken Beschläge leicht vergleichen und zutreffende Schlüsse auf die relative Dauerhaftigkeit der verschiedenen Glasorten ziehen.

Zur Farbenveränderung unter dem Einflusse des Sonnenlichtes neigen besonders jene Gläser, deren Grundmasse ursprünglich durch Eisen grünlich gefärbt, durch Mangan farblos gemacht wurde. Das Sonnenlicht bewirkt nach längerer Zeit eine ins Purpurrothe spielende Verfärbung, welche nach *Pelouze* durch Erhitzen wieder verschwindet. Nach den langjährigen Beobachtungen *Gaffields*<sup>149)</sup> zeigen die gewöhnlichen Gläser meistens Neigung zur Farbenveränderung, und zwar werden die auf der Schnittfläche ersichtlichen Farbennuancen mit der Zeit intensiver hervortretend, sobald sie der Insolation ausgesetzt sind.

Die geblasenen Gläser sind stets auf der inneren glänzenderen Seite, welche deshalb die Glanzseite heisst, widerstandsfähiger, als auf der rauheren Aufsenseite. Geblasenes Tafelglas wird deshalb bei Glaserarbeiten mit der Glanzseite stets nach Aufsen gesetzt. Geschliffene Gläser neigen deutlich mehr zum Beschlagen, als ungeschliffene.

239  
Färbung  
der  
Gläser.

Die Färbung der Gläser und damit der verschiedene Grad der Durchsichtigkeit wird durch Zusatz färbender Metalloxyde zur ungefärbten Glasmasse entweder durch den ganzen Glaskörper oder durch Herstellung einer farbigen Schicht auf dem ungefärbten Glase bewirkt. Das ungefärbte Glas unterscheidet man nach der Reinheit desselben als ordinäres halb grünes Glas, woraus ordinäre Fensterscheiben und Hohlgläser hergestellt werden und wohin auch gegoffenes Rohtafelglas gehört. Feinere Sorten zu den gleichen Zwecken führen die Bezeichnung halb weisses Glas; sie bilden das hauptfächlichste Material zu den gewöhnlichen Verglafungen und zeigen auf der Schnittfläche noch einen deutlichen Stich ins Grünliche oder Blaue. Die weissesten Sorten hiervon werden auch drei Viertel weisses Glas genannt. Zu feinen Fenstertafeln und guten Hohlgläsern wird das weisse Glas verwendet, welches auf der Schnittfläche einen nur ganz schwach farbigen Stich zeigt und dessen feinste Sorten zu geschliffenen Gegenständen verwendet werden. Besondere Sorten weissen Glases sind das böhmische Solinglas, ein weisses Kali-

<sup>149)</sup> *L'action de la lumière solaire sur le verre*, Boston. *Bulletin de la société d'encouragement*, Bd. VIII, Aug. 1881, S. 425.

glas, das Spiegelglas, ein feines Kali-Natronglas mit meist 1 bis 2 Procent Bleigehalt, das Krytallglas, zu den feinsten geschliffenen Gegenständen, ein Bleiglas.

Die in der ganzen Masse gefärbten Gläser sind entweder durchsichtig oder mehr oder weniger undurchsichtig. Die ersteren kommen für uns bei der Herstellung von Glas-Mosaik in Betracht, und man will gegen 20 000 verschiedene Farben und deren Nuancen daraus hergestellt haben. Die nur durchscheinenden oder undurchsichtigen Gläser, Emailen, dienen besonders zu Beleuchtungszwecken; dazu gehört das Milchglas von rein weißem Tone, das Beinglas und das Opal-Glas, mit röthlicher Opalirung, und das Alabafter-Glas mit alabafterartigem, trübem Schimmer.

Das einseitig gefärbte Glas hat in neuester Zeit in der Form vom Ueberfang- oder Cathedral-Glas eine außerordentlich beliebte Anwendung gefunden, besonders in Verbindung mit Aetzung und Sandbläseerei-Decorirung, und scheint in der polychromen Behandlung der Fenster mit der Glasmalerei erfolgreich zu concurriren. Für die Dauerhaftigkeit bedenklich ist die bei Ueberfangglas häufige Erscheinung, daß die farbige Schicht in Folge ungleicher Zusammenziehung beim Kühlen Sprünge zeigt.

Von der chemischen Zusammensetzung der Gläser ist ferner noch das verschiedene Gewicht derselben abhängig.

Das specifische Gewicht des halb weissen und gewöhnlichen weissen Fensterglases schwankt zwischen 2,37 und 2,60, das des Spiegelglases zwischen 2,44 und 2,56, das des Krytallglases zwischen 2,8 und 3,2. Ein specifisches Gewicht, welches 2,8 übersteigt, deutet auf Blei- oder Barytgehalt hin. Das schwerste Glas ist *Faraday's* Flintglas mit einem specifischen Gewichte von 5,44.

Die Fabrikationsweise des Glases ist von grossem Einflusse auf die Härte, Elasticität und Festigkeit desselben. Besonders wichtig ist dabei der Einfluß der Kühlung.

Sorgfältig gekühlte Gläser haben grössere Elasticität; zu langsam gekühlte zeigen bei grosser Weichheit leicht Neigung zu Entglasung und werden dann undurchsichtig; zu rasch gekühlte Gläser sind bei grösserer Festigkeit allzu spröde. Richtig gekühlte Gläser zerzetzen im Polarisationsapparate das Licht nicht, daher *Bontemps* den Polarisations-Apparat zur Prüfung auf gute Kühlung vorschlug. Die Kühlung kann auch nach der Erfindung *Alfred de la Bastie's* zur Herstellung von Hartglas (*verre trempé*) benutzt werden. Zu diesem Zwecke wird bis zur Erweichung erhitztes Glas plötzlich in einem Oel-, Stearin- oder Metallbade auf mindestens 200 Grad abgekühlt und sodann sehr langsam nach und nach erkalten gelassen.

Das Hartglas, welches sich rasch für verschiedene Zwecke, besonders zu Beleuchtungsgegenständen, eingeführt hat, ist viel elastischer und härter, als gewöhnlich gekühltes Glas.

Auf die Elasticität und Festigkeit des Glases sind auch von Einflusse die Form des betreffenden Glasstückes, die Dicke desselben und der Umstand, ob dies Probestück in seiner Grösse durch den Fabrikationsproceß direct hergestellt oder aus einem grösseren Stücke herausgeschnitten wurde. Ueber die Art der Einwirkung der verschiedenen Einflüsse auf die Elasticität und Festigkeit des Glases können ganz bestimmte Angaben auf Grundlage der seitherigen Versuchsergebnisse nicht gemacht werden; als Anhalt können indess die folgenden Zahlen dienen.

240.  
Gewicht  
und  
Härte.

241.  
Elasticität  
und  
Festigkeit.



Glasforte	Elasticitäts- Coefficient nach <i>Wertheim</i> und <i>Chevandier</i>	Zugfestigkeit nach		Druckfestigkeit nach <i>Fairbairn</i> für	
		<i>Wertheim</i> und <i>Chevandier</i>	<i>Fairbairn</i>	Cylinder	Würfel <sup>150)</sup>
Fensterglas . . . . .	791,7	176,3	—	—	—
Spiegelglas . . . . .	701,5	140,0	—	—	—
Ungefärbtes bleifreies Krytallglas	689,0	100,2	—	—	—
Weißes und farbiges Krytallglas	547,7	66,5	—	—	—
Gekühltes Flintglas . . . . .	—	—	161 bis 179	1940	923
Grünes Glas . . . . .	—	—	203	2241	1421
Crown-Glas . . . . .	—	—	179	2180	1531
	Tonnen pro 1 qcm		Kilogramm pro 1 qcm		

Der Coefficient der Biegefestigkeit beträgt nach *Schwering* <sup>151)</sup> für geblasenes Rohglas in Stärken von 3 bis 5 mm im Mittel 375 kg pro 1 qcm; für gegoffenes Rohglas nimmt derselbe mit wachsender Stärke ab, so daß man für Glasstärken  $\delta$  zwischen 5 und 15 mm diesen Coefficienten mit  $200 + 1,6 (15 - \delta)^2$  Kilogr. pro 1 qcm annehmen kann. Für Prefshartglas setze man etwa 1000 kg pro 1 qcm. Die berühmten Spiegel- und Gußglas-Manufacturen von St. Gobain geben den Bruchcoefficienten ihres gut gekühlten Glases mit 250 kg pro 1 qcm an.

*De la Baillie* <sup>152)</sup> giebt an, daß die Elasticität des Hartglases mehr als doppelt so groß ist, wie beim gewöhnlichen Glase; einfaches Hartglas ist etwa 1,5 mal, anderthalbfaches aber 3,1 mal so widerstandsfähig, als gewöhnliches Glas von Doppeldicke. Die Biegsamkeit, bei gewöhnlichem Glase sehr klein, ist bei Hartglas sehr hoch; polirte gehärtete Glasplatten von 6 bis 13 mm Dicke waren 3,67 mal so fest, als gewöhnliches Glas von gleicher Dicke; rohe gehärtete Glasplatten hingegen 5,33 mal so widerstandsfähig, als gewöhnliches Rohglas. In Bezug auf Stofsfestigkeit hat sich ergeben, daß gewöhnliches Glas von 6 mm Stärke beim Auffallen eines 100-Gramm-Gewichtes mit 80 cm Fallhöhe zerpringt, Hartglas von nur 3 mm Dicke bei gleichem Fallgewicht eine Fallhöhe von 5,73 m bedarf. Nach *Bauer* soll richtig hergestelltes Hartglas selbst mit dem Diamanten sich nicht mehr zerschneiden lassen.

242.  
Tafelglas.

Beim Tafelglas unterscheidet man bekanntlich geblasenes und gegoffenes. Das geblasene Tafelglas wird nun nach zwei wesentlich verschiedenen Methoden hergestellt, und zwar als sog. Walzenglas und als Mondglas.

243.  
Walzenglas.

Das Walzenglas, wie man es auf dem Continent ausschließlicly herstellt, wird durch Auffprengen einer cylinderförmig geblasenen Walze auf dem Strecktische hergestellt und kann ganz ansehnliche Größe haben. Es giebt Tafeln aus Walzenglas im Handel, welche bis 1,65 m Höhe bei 1,02 m Breite haben und bis 15 kg wiegen. Ausnahmsweise hat man Walzenglas von 3,05 m Höhe bei 1,16 m Breite = 3,5 qm hergestellt; gewöhnliche Walzen haben durchschnittlich ein Gewicht von 4 kg und je nach ihrer Dicke verschiedene Dimensionen.

Der Dicke nach werden verschiedene Abstufungen gefertigt, und man unterscheidet bei Walzenglas: dünn oder  $\frac{7}{8}$  stark, ungefähr 1,5 mm dick; 1 qm davon wiegt ca. 3,6 kg; ordinär oder  $\frac{3}{4}$  stark (auch einfaches Glas genannt), ungefähr 2 mm dick; 1 qm davon wiegt ca. 4,9 kg;  $\frac{5}{4}$  stark, ungefähr 2,5 mm dick; 1 qm davon wiegt ca. 6,0 kg;  $1\frac{1}{2}$  oder  $\frac{6}{4}$  stark (auch anderthalbfaches Glas genannt), ungefähr 3 mm dick; 1 qm davon wiegt ca. 7,2 kg; doppelt oder  $\frac{8}{4}$  stark (auch Doppelglas genannt), ungefähr 3,5 mm dick; 1 qm davon wiegt ca. 8,4 kg.

<sup>150)</sup> Aus größeren Stücken herausgeschnitten, daher schlecht gekühlt.

<sup>151)</sup> Ueber die Biege-Festigkeit des Glases mit Rückficht auf die Construction von Glasbedachungen. *Zeitschr. d. rech.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1880, S. 69.

<sup>152)</sup> *Comptes rendus* 1881, S. 194.

<sup>153)</sup> *Sur la résistance à la flexion du verre trempé. Comptes rendus*, Bd. 92, S. 194.

Die stärkeren Nummern des halbdoppelten und doppelten Glases dienen auch als Spiegelscheiben und werden dann geschliffen. Dieses geblasene deutsche Spiegelglas kommt in zwei Hauptformen im Handel vor: als Judenmafs gläser, und zwar einfach Judenmafs: 268 mm lang, 216 mm breit, und doppelt Judenmafs: 432 mm lang, 268 mm breit; sodann als Zollgläser von sehr wechselnden, nach Zollen bemessenen Dimensionen.

Dem Formate nach, d. h. dem Verhältnisse der Höhe  $h$  zur Breite  $b$  unterscheidet man bei den Walzengläsern:

Quadrate oder Butte	$h = b,$	Bezeichnung: $\square$
Gevierte oder Quadrate	$h = b + \frac{b}{4-6},$	» $\square$
Ordinäre	$h = b + \frac{b}{3-4},$	» $\circ$
Hohe	$h + b = \frac{b}{2},$	» $\triangle$

Steigt die Höhe gegenüber der Breite noch mehr, so nennt man sie lange; dieses Format kommt jedoch selten vor.

Die Quadrate und ordinären Formate werden meist von deutschen Glashütten mit Ausnahme der rheinischen hergestellt, weil die deutschen Glasbläser die Walzen mit größerem Durchmesser, dafür aber kürzer zu blasen pflegen und als Höhe der Tafeln den Umfang der Walze nehmen. Solches Glas hat fast kreisrunde Blasen an fehlerhaften Stellen.

Die rheinisch-belgischen Glashütten erblasen meist die längeren Formate und nehmen als Höhe die Höhe der Walze; fehlerhafte Stellen zeigen langelliptische Blasen.

Die Abmessungen der Tafeln werden bei Berechnung nach Bunden nicht im Flächenmafs, sondern im Additionsmafs, d. h. Höhe plus Breite als Mafszahl angegeben.

In England ist vielfach, besonders wegen feines brillanten Glanzes bei großer Düntheit und Biegsamkeit, das Mondglas als Tafelglas noch beliebt. Dieses giebt, da es eine runde Scheibe mit dem Pfeifenansatz als Buckel in der Mitte (Ochsenauge) darstellt, welche meist nur ca. 1,5 m Durchmesser hat, bedeutend geringere Dimensionen; man erkennt es aufer an dem erhöhten Glanze auch an nach den centralen Stellen zu wachsender Dicke und an selten fehlenden concentrischen ringförmigen Streifen, welche von der Art der Herstellung herrühren.

244.  
Mondglas.

Die Stärke des Mondglases ist gewöhnlich 1,1 mm; 1 qm hiervon wiegt dann 3,66 kg; extrastarkes von 2,1 mm Dicke wiegt 5,5 kg pro 1 qm. Die Dimensionen, in denen Mondglas geliefert wird, sind gewöhnlich 860 mm Höhe bei 460 mm Breite für hohes Format und 790 mm Höhe bei 530 mm Breite für ordinäres Format.

Das gegoffene Tafelglas ist das Hauptmaterial der modernen Glasbauten, als Tafelglas sowohl, wie als Spiegel. Die hervorragendsten Leistungen dieser Art liefert die Begründerin der Gufsglas-Industrie, die berühmte *Société anonyme de manufactures des glaces de St. Gobain, Chauny et Cirey*, welche auch in Stolberg und bei Mannheim Zweigfabriken besitzt.

245.  
Gegoffenes  
Tafelglas.

Das gegoffene Tafelglas wird unterschieden in Rohglas und polirtes oder Spiegelglas. Größere Flächendimensionen und bedeutendere Stärken sind hier ganz auferordentlich viel leichter möglich, als beim geblasenen Glase.

So hatte *St. Gobain* 1878 in Paris eine polirte Platte von 6,45 m Höhe, 4,11 m Breite und 11 mm Stärke ausgestellt, welche daher eine Flächenausdehnung von 26,5 qm hatte und 735 kg wog. Schaufenstergläser von 16 qm Größe sind heute nichts Aufsergewöhnliches mehr.

Eben so variiert die Dicke beliebig. So liefert das Stolberger Etablissement z. B. für Aquarien und Irrenhausfenster Tafeln von 14 und 20 mm Dicke, während zur Beleuchtung unterirdischer Räume unter Hofräumen quadratisch deffinirte Platten von 33 mm mittlere Stärke und 270 mm Seitenlänge, die pro 1 qm 77 kg wiegen, sehr häufig benutzt werden. Zur Erleuchtung von Räumen unter lebhaft von Fuhrwerken befahrenen Passagen dienen auch noch Pflasterwürfel aus Rohglas von 165 mm Stärke bei 150 mm Seitenlänge; ein solcher Würfel wiegt 9 kg.

Rohglasplatten (*dalles brutes*) nennt *St. Gobain* jene ungeschliffenen Platten, die mehr als 14 mm Dicke haben. Diese besonders zur Erleuchtung unterirdischer Räume benutzten Platten werden in folgenden

couranten Dimensionen geliefert:  $2\text{ m} \times 0,31\text{ m} = 1,62\text{ qm}$ , Stärke 15 bis 16 mm, Gewicht 65 kg; ferner bei gleicher Quadratfläche

in Stärken von 20	bis 21 mm	und einem Gewichte von	82 kg
»	»	»	25 »
»	»	»	31 »
»	»	»	37 bis 38 »
			105 »
			125 »
			150 »

Die wichtigsten Sorten gegoffenen Glases sind die Rohgläser für Oberlichter, welche durch parallele oder rautenförmig angeordnete Riefen und durch natürliche Unebenheiten das einfallende Licht brechen und daher ein angenehmes, ruhiges Licht geben. Ihre Dicke beträgt gewöhnlich zwischen 4 und 6 mm, und 1 qm wiegt ca. 12,5 kg.

Mit großem Vortheil werden auch die Dachziegel aus Gufglas verwendet. Von diesen kommen alle Formen der gewöhnlichen und Falzziegel vor und bieten den Vortheil, an jeder beliebigen Stelle des Daches Beleuchtung hervorrufen zu können, ohne constructiven Eingriff in das Dach. Die gläsernen Dachfalzziegel wiegen gegenüber den Thon-Dachfalzziegeln 2,50 kg gegen 3 kg, und man rechnet von den gebräuchlichen Sorten 13 Stück auf 1 qm.

Die stärker geriefelten Platten besitzen nach *Schwering* eine größere Festigkeit, als Platten ohne Riefelung von gleicher Dicke; das Rautenmuster, wovon gewöhnlich zwei Muster gemacht werden, deren Linien 10 und 100 mm Entfernung haben, soll hingegen nach praktischen Erfahrungen der Glashütten auf die Festigkeit ungünstig wirken. Die dünneren Rohglasforten haben häufig Arbeits-, bezw. Kühlungsfehler, welche ihre Festigkeit in schädlicher Weise beeinflussen und von der Anwendung solcher abhalten sollen. Es sind dies Haarrisse, unregelmäßige Sprünge an der Oberfläche, welche sich in Folge von Stößen, z. B. unter leichten Hammerschlägen, rasch vergrößern und Springen der Platten herbeiführen können. Die Rohglasforten für Oberlichter sind zu den gewöhnlichen Preisen pro 1 qm bei einer Stärke von 4 bis 6 mm bis zu Größen von 1,5 qm, d. h. von  $81 \times 210\text{ cm}$  zu haben; die Länge darf jedenfalls nicht 250 cm und die Breite nicht 81 cm überschreiten, wenn nicht ein erhöhter Einheitspreis eintreten soll, weil bei dünnen Platten, die aufrecht lehrend gekühlt werden, das Windschiefwerden oder Verziehen desto leichter eintritt, sobald eine gewisse Maximalgrenze überschritten wird.

Gebogene Platten werden meist aus extrastarkem geblasenen Glase auf einer entsprechenden Unterlage gestreckt, lassen sich aber auch aus polirtem oder dünnem Rohglase herstellen, finden jedoch ihres hohen Preises halber feltener Anwendung für Erkerfenster, Windfänge, Treibhäuser etc. Geblasenes Glas, welches auf einem eigens dazu geformten Strecktische mit wellenförmigen Unebenheiten versehen wird, heißt Schuppen- oder cannelirtes Glas und vertritt das geriefelte Rohglas.

Da geblasenes Glas im Durchschnitt höhere Festigkeit besitzt, als gegoffenes von gleicher Stärke, so wird es, so weit seine geringeren Dimensionen es zulassen (stärkere Dachgläser von  $4\frac{1}{2}$  bis 5 mm Dicke sind nur in Dimensionen von  $100 \times 64\text{ cm}$  oder  $96 \times 68\text{ cm}$  zu haben), auch vielfach verwendet, während das Hartglas, und zwar speciell das *Siemens'sche* Prefshartglas, dessen Festigkeit allerdings beträchtlich größer ist, einerseits der geringen Dimensionen von 300 bis  $400 \times 500\text{ mm}$ , andererseits des hohen Preises halber feltener Anwendung findet. Bei letzterem kam bisher auch der Uebelstand hindernd hinzu, das scheinbar tadellose Platten manchmal plötzlich ohne äußerlich wahrnehmbare Ursache springen; die *Siemens'sche* Fabrik läßt deshalb jede einzelne Platte vorher auf ihre Festigkeit prüfen, bevor sie als brauchbar verkauft wird. Neuestens machte *Siemens* gelungene Versuche mit Eisenbahnschwellen und Brücken aus Prefshartglas.

Die Decorationsweisen der Tafelgläser bezwecken entweder matte farblose Muster auf farblosem Grunde oder durchsichtige auf mattem Grunde, farblose auf farbigem, so wie farbige auf farblosem oder gefärbtem Grunde.

246.  
Hartglas.

247.  
Decorations-  
weisen.

Man hat hierzu das Einbrennen, Graviren, Schleifen, Aetzen und Sandblafen in Anwendung gebracht, und je nach der beabsichtigten Wirkung wird noch heute jedes dieser Verfahren angewendet.

Das Einbrennen ist nichts, als die Herstellung einer durchbrochenen andersfärbigen oder undurchsichtigen Glasfchicht auf dem Grundglase, wie bei der Herstellung des Mouffelin-Glases, oder als Substrat der eigentlichen Glasmalerei dienend. Das Graviren wird entweder mittels Diamant oder, wie neuestens eingeführt, mittels elektrisch glühendem Platindraht durchgeführt und erzielt die feinsten Contouren. Das Schleifen mittels Schmirgel-Schleifinstrumenten oder Sandsteinen ist ebenfalls für Flächen-Decorirung entweder mit oder ohne Poliren vielfach in Anwendung. Das Schleifen und Poliren findet seine Hauptanwendung bei der Herstellung von Spiegelgläsern und Krytallgläsern.

Das Aetzen geschieht mittels Flusssäure; die Zeichnung wird hierbei dadurch hergestellt, daß durch Harze oder Fette derjenige Theil der Tafel vor dem Angriff der Flusssäure geschützt wird, welcher glänzend bleiben soll, und daß man die übrigen Stellen mit einem Brei von Flussspathmehl und Schwefelsäure oder mit flüssiger Flusssäure, oder mit Fluorammon matt ätzt.

Das Sandblafen oder Mattschleifen mittels Sandstrahl hat seit seiner Erfindung durch *Tilghmann* weitaus den ersten Rang als Decorations-Verfahren sich errungen und gestattet mit geringem Zeit- und Kostenaufwande die Herstellung verschieden tiefer Mattirung. Besonders modern ist Aetzen und Sandblafen von Ueberfangglas geworden, wodurch farbige Zeichnung auf farblosem Grunde oder umgekehrt hergestellt wird. Auch durch wiederholte Aetzung oder Sandbläferie werden wirkungsvolle Zeichnungen Matt in Matt (*Grisaille*) erzeugt.

Das Hohlglas, so weit es für Architekturzwecke in Betracht kommt, dient hauptsächlich zu Beleuchtungszwecken; es ist namentlich seit Einführung der Gasbeleuchtung in die Wohnräume ein nicht unwichtiges Material der inneren Ausstattung geworden. Die Formen, in denen Hohlglas hierzu verwendet wird, sind, dem Zwecke der Abhaltung von Luftzug und der Zerstreung des Lichtes entsprechend, sphäroidisch mit oben und unten abgefnittenen Polen.

Es kommen speciell davon vor: Kugeln mit glatt abgefniffenen Oeffnungen unten und oben, oder mit kurzen wulstigen Halsansätzen, wovon der untere einen kleineren Durchmesser besitzt als der obere; auch aus zwei Halbkugeln zusammengesetzte Kugeln, wovon die obere in einer kleinen Randerweiterung des oberen Umfanges der unteren Kugel sitzt und sich daher behufs Reinigung leicht abnehmen läßt, kommen vor. Sodann folgen außerordentlich mannigfaltige Formen von sog. Gaschalen, von der flachsphäroidischen halbgeschlossenen Form mit eingezogenem Fusse an bis zur flachtellerförmigen Schale mit ebenem oder ausgefnittenem Rande. Für Flur- und Gartenbeleuchtung werden vielfach Ampeln in verkehrt eiförmiger Gestalt oder in Urnen- und Amphoren-Form verwendet. Seltener findet man noch die Tulpenform bei Gasbeleuchtung angewendet. Dazu kommen noch die verschiedensten Formen von Lampenschirmen aus Milchglas und die Schutzglocken über den Gasbrennern. Die Decorationen dieser Hohlgläser für Beleuchtungszwecke bewegen sich meist in zierlichem geometrischem oder in lebensvollem Ranken-Ornament, in Aetzmanier ausgeführt.

Das massive Glas wurde zwar in Form von Pflasterwürfeln etc. schon erwähnt; hier handelt es sich jedoch anhangsweise noch um die Erwähnung desselben als Decorationsmaterial. Am brillantesten wirkt das farblose in Facetten geschliffene Krytallglas, wie es in neuester Zeit wieder vielfach für Saalkronleuchter angewendet wird. Milchglas und Farbglas werden gepreßt und geschliffen auch zu eleganten Thürdrückern, Klingelzuggriffen, Oliven etc. verwendet; ja in der Glasmalerei beginnt man farbiges Glas in halb erhabenen, plastischen Formen zu verwenden, ob mit Berechtigung oder nicht, sei hier unerörtert gelassen; effectvoll in höchstem Grade bleibt diese Manier jedenfalls und kann als eine Ausbildung der altdeutschen Butzenglas-Fenster betrachtet werden.

Die höchste Stufe künstlerischer Verwendung findet das farbige Massivglas in der Glas-Mosaik. Diese von den Alten schon hoch ausgebildete und neuerdings wieder in Aufnahme gekommene Technik beruht auf der Nachbildung des Cartons mittels verschiedenfarbiger prismatischer Glasstifte oder -Würfel, welche auf den

248.  
Hohlglas.

249.  
Massives  
Glas.

250.  
Glas-  
Mosaik.

Carton aufgelegt und zuletzt mittels einer Paste oben verkittet werden. *Salvati* in Murano setzt die Pasten mittels Klebstoff auf den Carton, so daß die nach letzterem zugekehrte Seite die Ansichtsfläche bildet; der Carton wird später durch Aufweichen mit Wasser losgelöst.

Der Vorzug des Glas-Mosaiks vor dem Marmor-Mosaik ist namentlich in der größeren Haltbarkeit im Freien und, falls dies erwünscht ist, in dem größeren Glanz und in der erhöhten Leuchtkraft und Mannigfaltigkeit der Farben zu suchen.

---

#### Literatur

über »Glas als Baustoff«.

- Gegoffenes starkes Glas zur Bedachung von Lichthöfen, Eisenbahn-Einstieghallen, Spinnereien, Webereien, Treibhäusern etc. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1858, S. 215.
- LOBMEYER. Die Glasindustrie, ihre Geschichte, gegenwärtige Entwicklung und Statistik. Stuttgart 1874. Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung im Jahre 1873. Erfattet von der Centralcommission des Deutschen Reiches. 2. Band. Braunschweig 1874. S. 464: Glasindustrie.
- BENRATH, H. E. Die Glasfabrikation. Braunschweig 1875.
- SCHWERING. Ueber die Biegefestigkeit des Glases mit Rücksicht auf die Construction von Glasbedachungen. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1880, S. 69.
- STROTT, G. K. Einiges über die Bearbeitung des Glases. *HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw.* 1881, S. 79.
- MILLER, J. B. Die Verzierung der Gläser durch den Sandstrahl etc. Wien 1882.
- The pottery and glass journal.* New-York.
-