

## Was ist Stuck?

### Arten – Zusammensetzung – Geschichtliches

Im weiteren Sinn umfaßt der Begriff Stuck sowohl plastisch geformten Mörtel als auch in ebener Lage als Schicht aufgetragenen Mörtel. Der Übergang zum Verputz ist somit fließend, wobei in der Regel nur besondere Varianten eines Putzes, wie zum Beispiel für Marmorimitationen, als Stuck bezeichnet werden. Stuckmassen bestehen aus Gipsmörtel oder Kalkmörtel sowie aus Mischungen der beiden; sie können verschiedenartige Zuschläge, Füllstoffe und die Mörtel Eigenschaften beeinflussende Zusätze enthalten.

Als *Antragstuck* bezeichnet man das freie Formen einer „angetragenen“ Mörtelmasse mit Spachteln und anderen Werkzeugen. Eine für Stuckmörtel typische Verwendungsart ist, diesen in Negativformen aus Ton, Gips, Lehm und anderen Materialien zu gießen, um auf diese Weise Reliefs und rundplastische Körper herzustellen: *Form- und Gießarbeiten*. Das Formen kann an Ort und Stelle erfolgen, indem auf die angetragene Mörtelmasse eine Negativform gedrückt wird, oder die Teile einer Dekoration werden an einem anderen Ort gegossen und danach an der gewünschten Stelle eingesetzt bzw. befestigt. Dies nennt man *Versetzarbeiten*. Weiterhin gibt es die Kombination von Versetzarbeit und freiem Formen: die Teile werden zunächst in ihrer ungefähren Form (ohne Details) in Negativformen gegossen und nach dem Einsetzen in bildhauerischer Technik frei ausgearbeitet. Von *Zugarbeiten* spricht man, wenn zum Beispiel Profile oder anderer Dekor aus angetragenem Stuckmörtel in situ mit Hilfe von Schablonen hergestellt werden. Wie schon eingangs erwähnt, fällt auch das glatte Verputzen von Wänden zum Teil in den Bereich des Stuckierers, zum Beispiel wenn es sich um die Herstellung von *Stuckmarmor* (Scagliola) handelt. Dazu werden verschiedenfarbige, in der Masse durchgefärbte Mörtel aufgetragen, danach geschliffen und poliert. Für *Glanzstuck* (stucco lustro) wird auf einfarbigem Stuckmörtel als Grundton das Muster des zu imitierenden Gesteins aufgemalt und die Fläche anschließend geglättet.

Im weitesten Sinn gebraucht man die Bezeichnung Stuck für die verschiedenartigen ebenen (glatten) und reliefartigen Auflagen, die als dickflüssige oder plastische Masse auf einen Träger aufgebracht werden. Dieser kann Holz, Stein, Keramik oder ein beliebiges anderes Material sein. Im landläufigen Verständnis wiederum wird der Begriff Stuck (einschränkend) meist mit dem Bestandteil Gips assoziiert.

### Arten und Zusammensetzung der Stuckmörtel

Bei den für Stuckarbeiten verwendeten Mörtelarten gibt es eine kontinuierliche Mischungsreihe zwischen „gipsfreiem“ Kalkmörtel einerseits und ausschließlich aus Gips bestehenden Stuckmassen andererseits. Bei Kalk/Gipsmischungen kann man entsprechend dem überwiegenden Bestandteil von Kalk-Gips- und Gips-Kalk-Mörtel sprechen.

#### *Kalkmörtel*

Die Verwendung von Kalk für Mörtel ist bereits im 3. Jahrtausend v. Chr. bei Bauten in Mesopotamien nachgewiesen. Für pla-

stischen Stuck, d.h. zum Gießen oder Modellieren in Negativformen, ist Kalkmörtel weniger geeignet als Gipsmörtel, da ersterer noch langsamer abbindet<sup>9</sup> als langsam abbindender, hochgebrannter Gips. Kalkmörtel ergibt vergleichsweise unscharfe Details, da er stark schwindet, während sich Gips beim Erhärten um etwa 1 % ausdehnt. Abgebundene Kalkmörtel sind im Endzustand stets weicher als hochgebrannter (Estrich)Gips. Trotzdem fand und findet Kalkmörtel Verwendung für Stuckarbeiten, so zum Beispiel in einer Mischung von 1 Raumteil Sumpfkalk auf 3 Raumteile Sand.<sup>1</sup> Der Kalk wird mit Wasser zu rahmiger Konsistenz gerührt, dann der Sand dazugegeben und schließlich nach Bedarf weiteres Wasser, bis eine steife, plastische Masse entsteht.

Für Glanzstuck (stucco lustro) gilt ein Mischungsverhältnis von 1 Raumteil Sumpfkalk auf 1-2 Raumteile Marmorermehl als geeignet; Färbung erreicht man durch Zusatz von Pigmenten. In neuerer Zeit werden zum Teil auch hydraulische Kalksorten, Traß oder sogar Portlandzement zugesetzt, damit die Stuckmasse schneller abbindet und härter wird.

#### *Kalk-Gips-Mörtel*

Diese Art von Mörtel enthält bis zu 10 % Gips bezogen auf den Kalkanteil. Zu deren Herstellung kann der Gips auf (dünnflüssigen) Kalkmörtel gestreut und anschließend durchgerührt werden oder der Gips wird in Wasser eingestreut und, nachdem er vollgesogen ist, dem Kalkmörtel untergerührt.

#### *Gips-Kalk-Mörtel*

besteht aus einer Mischung von Gips, Kalk und Wasser mit oder ohne Sandzuschlag, wobei das Verhältnis von Gips zu Kalk zwischen 2:1 und 2:3 liegen kann. Für die Mörtelbereitung wird der Gips in Wasser eingestreut, durchgerührt und schließlich zu dem Gipsbrei der Kalkmörtel (oder gelöschte Kalk) gegeben. Zusätze von 1/10 bis 1/6 Raumteilen Kalk zur Gipsmenge sollen keine merklichen Eigenschaftsänderungen des Mörtels zur Folge haben. Bei Gips/Kalk-Mischungsverhältnissen von 3:1 bis 2:1 (Raumteilen) verlangsamt sich das Erhärten, was die Nachbearbeitung von freier Hand erleichtert. Außerdem wird dadurch die Festigkeit etwas erhöht. Eine gegossene Stuckmasse aus 3 Raumteilen Gips und 1 Raumteil Kalk widersteht höheren Temperaturen als „reiner“ Gipsmörtel.

Stuckmörtel für Glatzstuck bestehen vielfach aus Mischungen von Stuckgips und Sumpfkalk im Verhältnis 1:1. Zur Herstellung wird Sumpfkalk mit Wasser verdünnt, dann der Gips eingestreut und, wenn dieser vollgesogen ist, die Mischung durchgerührt.

#### *Gipsmörtel*

Ähnlich wie die Verwendung von Kalk ist auch der Gebrauch von Gips bereits im 3. Jahrtausend v. Chr. nachgewiesen; zum Beispiel hat man Gips im Mörtel der um 2550 v. Chr. entstandenen Chephren-Pyramide in Ägypten festgestellt. Die einfachste Art Gipsmörtel besteht ausschließlich aus Gips. In eine vorgegebene Wassermenge (Anmachwasser) wird der Gips eingestreut bis sich kleine Inseln bilden. Wenn der Gips vollgesogen

ist, wird kurz aber vollständig durchgerührt, so daß der Mörtel eine gleichmäßige Konsistenz erhält. Dem Anmachwasser können verschiedene Stoffe zugefügt werden, die Einfluß auf die Abbindezeit und die Härte der Stuckmasse haben (→ Zusätze). Außerdem gibt es Gipsmörtel mit Sandzuschlag, zum Beispiel auf 1 Raumteil Gips 2-3 Raumteile Sand. Der Gips wird dazu dünnflüssig angerührt und darauf der Sand daruntergemischt. Anstelle von Sand kann auch (ungebrannter) Naturgips als Zuschlag verwendet werden.

## Gipsarten

Gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ) kommt in der Natur in verschiedenen Formen, wie zum Beispiel als dichter Gips, Fasergips, Alabaster, Marien- oder Frauenglas (durchsichtige Platten) vor. Seltener findet sich der als Anhydrit bezeichnete wasserfreie Gips ( $\text{CaSO}_4$ ). Gips hat sich, ähnlich wie Kalk, in verschiedenen geologischen Epochen am Boden von eintrocknenden Flachmeeren gebildet. In Deutschland finden sich ausgedehnte Gipslager im Gebiet des Muschelkalkes und Keupers, insbesondere in den norddeutschen Zechsteinablagerungen von Hannover bis Kurhessen, in Thüringen, am südlichen Harzrand und bei Magdeburg.

Der natürlich vorkommende Gips erhält die für seine Verwendung ausschlaggebende Eigenschaft – das Abbinden (Erhärten) mit Wasser – erst durch vorheriges Brennen. Von den Brennbedingungen (Temperatur, Brenndauer, Wasserdampfgehalt der Brennatmosfera) hängen in starkem Maße die Eigenschaften des gebrannten Gipses ab. Das Erhärten von Gipsmassen beruht darauf, daß der gebrannte Gips Wasser aufnimmt und als Kristallwasser bindet. Dadurch entsteht eine Masse, die in der chemischen Zusammensetzung wieder dem natürlich vorkommenden Gips entspricht (Umkehrung des Brennvorganges). Je nach Brenntemperatur, Brennzeit und Ofenatmosfera erhält man folgende Gipsarten:

### *Stuckgips und andere, niedriggebrannte Gipsarten*

Beim Erhitzen auf 110-130 °C verliert Naturgips (Calciumsulfatdihydrat:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ) Wasser und geht in gebrannten Gips (Halbhydrat:  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ ) über, das als normaler Stuckgips bezeichnet wird.<sup>10</sup> Um kürzere Brennzeiten zu erreichen, erhitzt man den Naturgips häufig auf Temperaturen zwischen 130 und 160 °C, bisweilen auch im Bereich zwischen 110 und 200 °C. Dabei entsteht ein Produkt aus Halbhydrat mit wechselndem Gehalt an mehr oder weniger entwässertem Halbhydrat, das auch als Halbanhydrit bezeichnet wird. Die Eigenschaften des (niedrig) gebrannten Gipses können im Hinblick auf die plastischen Eigenschaften, Festigkeit, Härte und Abbindezeit variieren. Rasches Erhitzen des Naturgipses in trockener Atmosphäre führt zu  $\beta$ -Halbhydrat mit guten plastischen Eigenschaften. Langsames Erhitzen in feuchter Atmosphäre ergibt das härtere und fester abbindende  $\alpha$ -Halbhydrat.

Bei Temperaturen über 190-200 °C verliert das Halbhydrat weiteres Kristallwasser und geht in löslichen Anhydrit, den sogenannten wasserfreien Stuckgips über, der so rasch mit Wasser abbindet, daß er in reiner Form kaum praktische Verwendung findet. Da beim Brennen in der Regel mehrere Entwässerungsstufen und Modifikationen in wechselnden Mengen nebeneinander entstehen, unterscheiden sich niedriggebrannte Gipsarten oft in Abbindezeiten, Festigkeit, Raumbeständigkeit,

Wasseraufnahmevermögen usw. Nach ihren Eigenschaften und ihrem Verwendungszweck werden Gipsarten zum Beispiel als Modellgips, Formgips, Alabastergips, Marmorgips, Schnellgips, Gießgips, chirurgischer Gips oder Abdruckgips bezeichnet.

Die genannten niedriggebrannten Gipsarten weisen Abbindezeiten unter 15 Minuten auf; gewöhnlicher Stuckgips erstarrt im Zeitraum zwischen 5 und 10 Minuten. Alle niedriggebrannten Gipsarten sind im verarbeiteten Zustand nicht witterungsbeständig und verhältnismäßig wasserlöslich.

### *Baugips, Putzgips*

Naturgips, der im Temperaturbereich zwischen 180 und 700 °C gebrannt wird, enthält neben dem Halbhydrat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ ) meist größere Mengen noch stärker entwässertes Hydratstufen (sogenannten Halbanhydrit). Er bindet infolgedessen langsamer ab, d.h. er benötigt etwa 15-30 Minuten. Solche für den Innenausbau verwendeten Gipsarten weisen in abgebundenem Zustand größere Härte und Festigkeit als Stuckgips auf.

### *Estrichgips (hochgebrannter Gips)*

Durch Brennen von Naturgips bei Temperaturen zwischen 800 und 1000 °C, manchmal auch bis 1300 °C, entsteht der sogenannte Estrichgips. Er besteht in der Hauptsache aus wasserfreiem Gips (Anhydrit  $\text{CaSO}_4$ ) und enthält zusätzlich geringe Mengen gebrannten Kalk (Calciumoxid  $\text{CaO}$ ). Dieser entsteht, da Gips bei den hohen Temperaturen zum Teil Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) abspaltet. Der Calciumoxidgehalt im Estrichgips hängt von der Höhe der Brenntemperatur und der Brenndauer ab.<sup>11</sup>

Estrichgips bindet sehr langsam ab, d.h. in einem Zeitraum zwischen 6 Stunden und 2 Tagen; nach 10 Tagen kann dieser in günstigen Fällen die Festigkeit von Zement erreichen. Durch Zuschläge wird die Festigkeit naturgemäß herabgesetzt. Abgebundener Estrichgips ist wasserbeständiger als niedriggebrannter Gips, zum Beispiel kann dessen Oberfläche abgewaschen werden. Stärkerer Bewitterung widerstehen auch Estrichgipsmörtel nicht.

Hochgebrannter Gips weist gute Raumbeständigkeit (geringe Maßänderungen bei wechselnder Feuchtigkeit und Temperatur) auf, ist wärme- und schallisierend, feuerhemmend und weitgehend immun gegen biologische Schädlinge. Für (scharfe) Abgüsse hingegen ist hochgebrannter Gips weniger geeignet als niedriggebrannter, da ersterer etwas schwindet, während sich letzterer beim Erstarren um etwa 1 % ausdehnt. Bemerkenswert ist der hohe Abnutzungswiderstand von Mörtel aus hochgebranntem Gips, weshalb dieser unter anderem für Fußböden (Estrich) verwendet wird. Hochgebrannter Gips liegt auch im Mörtel der um 2550 v.Chr. erbauten Chephren-Pyramide vor. Möglicherweise ist die „Erfindung“ der hochgebrannten Gipse darauf zurückzuführen, daß man Naturgips (Gipsstein) unabsehlich in Kalköfen gebrannt hat.<sup>12</sup>

### *Modifizierte Gipsarten*

Durch Tränken von abgebundenem Gips mit Lösungen von Alun, Borax, Wasserglas u.a. und erneutes Brennen können besondere Gipsarten erzeugt werden, zum Beispiel mit großer Härte und guter Witterungsbeständigkeit. Solche Spezialgipse sind im Anhang unter den Gipsarten mit aufgelistet. Ein moderner Gipswerkstoff, bekannt unter der Bezeichnung Moltotill®, besteht aus Modellgips mit Zusätzen von Methylcellulose, Fasermaterial und eines Verzögerers.

## Abbinden des Gipses

Beim Abbinden niedriggebrannten Gipses löst sich das Halbhydrat im Anmachwasser auf und kristallisiert als Dihydrat in Form feiner Nadeln, die miteinander verfilzt sind, wieder aus.<sup>10</sup> Maßgebend für die Schnelligkeit des Erstarrens oder Abbindens ist die Auflösungsgeschwindigkeit des Halbhydrats. Festigkeit und Härte einer Stuckmasse hängen, abgesehen von der Gipsorte, von der Menge des Anmachwassers ab und von der Art, wie dieses zugesetzt wird. Mit wenig Wasser bindet der Gips schnell zu einer harten Masse ab, viel Wasser ergibt bei langsamem Erhärten weichere Massen. Auch die Art des Rührens hat Einfluß auf Abbindezeit und Härte; wird der in eine vorgelegte Menge Wasser eingestreute Gips, nachdem er sich vollgesogen hat, kurz und intensiv durchgerührt, so weist dieser in der Regel die gewünschten Eigenschaften auf. Zu lange gerührter Gips bindet rascher ab (da das Halbhydrat durch das Rühren schneller in Lösung geht), ebenso wenn Wasser in den Gips eingerührt wird.

Beim Abbinden von hochgebranntem Gips (Estrichgips) nimmt man an, daß zunächst aus dem Anhydrit Halbhydrat entsteht, das dann weiter in das Dihydrat übergeht. Der die Geschwindigkeit bestimmende Vorgang ist in diesem Falle die Wasseraufnahme des Anhydrits, die sehr langsam erfolgt.<sup>13</sup>

Niedriggebrannter (Stuck)Gips und hochgebrannter (Estrich)Gips unterscheiden sich in abgebundenem Zustand in der chemischen Zusammensetzung nicht voneinander. Beide bestehen aus Calciumsulfatdihydrat. Eine Unterscheidung ist durch Gefügeuntersuchung unter dem Mikroskop möglich.

### *Zusätze, die das Abbinden beeinflussen*

Es gibt eine große Zahl von Zusätzen, die das Abbinden von Gipsmassen verzögern oder beschleunigen, die Härte steigern oder verringern oder/und auf das Ausdehnungsverhalten Einfluß haben. Die Wirkung solcher Zusätze beruht darauf, daß sie die Lösungsgeschwindigkeit des Halbhydrats im Anmachwasser verändern. Des weiteren nimmt man an, daß insbesondere organische Zusätze Einfluß auf die Koagulationsgeschwindigkeit des Gipsgels haben, das sich bildet, bevor das Dihydrat auskristallisiert. Allgemein bekannt sind als Zusatzstoffe zum Beispiel Glutinleim, Eibischwurzel, Alaun, Salmiak (Ammoniumchlorid) sowie in neuerer Zeit Kunstharzdispersionen wie zum Beispiel Polyvinylacetat. Eine tabellarische Übersicht darüber sowie auch über Möglichkeiten einer Nachbehandlung von Gipsgüssen findet sich im Anhang.

## Geschichtliches – Gipsstuck im Mittelalter

Wie schon erwähnt, hat man im 3. Jahrtausend v. Chr. an der Chephren-Pyramide bereits Gipsmörtel mit hochgebranntem sogenanntem Estrichgips verwendet. Auch in Auflagen auf Kalkstein, die den Grund für Malereien bilden, hat man in Ägypten Gips nachgewiesen. Aus den Ergebnissen geht jedoch nicht hervor, ob es sich um gebrannten/abgebundenen Gips oder um pulverisierten Naturgips handelt; letzterer kann, ähnlich wie Kreide, mit einem Bindemittel zu Grundiermassen verarbeitet sein. Über die Verwendung von Gips in Griechenland und in der römischen Baukunst gibt es widersprüchliche Angaben. Abgesehen davon, daß von griechischen Bildhauern Gipsmodelle und Abgüsse von lebenden Personen hergestellt worden sein sollen, spielt Stuck in der griechischen und römischen Antike wohl nur eine zweitrangige Rolle. Plinius erwähnt in seiner *naturalis Hi-*

*storia*, daß man Gips zur Herstellung des Weißstucks und von Gesimsen verwendet.<sup>2</sup> Vitruv wiederum lehnt in seinem sehr ausführlichen und zuverlässigen Werk über die Architektur den Zusatz von Gips bei Stuckarbeiten ab.<sup>3</sup> Die Untersuchung von 45 weißen und farbigen Proben römischen Wandstucks durch Eibner ergab in keinem Fall Gips.<sup>4</sup> Dies deutet darauf hin, daß der Gipsstuck des Mittelalters wohl kein römisches Erbe ist, sondern daß dessen Wurzeln eher anderswo (im Orient?) zu suchen sind.

Die früheste Quelle über mittelalterliche Stucktechnik stammt von Hrabanus Maurus,<sup>5</sup> einem Zeitgenossen Karls des Großen, der in seinem Werk „*De universo*“ in dem Abschnitt „*De plasticis*“ folgendes bemerkt: Unter Plastik versteht man die Gestaltung ornamentaler und figürlicher Wanddekorationen aus Gips mit farbiger Bemalung. Plastik ist jedoch ein griechischer Ausdruck, der dem lateinischen „*ingere terra vel gypso*“ (aus Erde oder Gips Abbilder formen) entspricht.<sup>6</sup> Es gehört nämlich auch zur Plastik, mit Hilfe eines Tonabdruckes irgendeine Form herzustellen. Dies deutet darauf hin, daß in karolingischer Zeit Stuck für figürliche Arbeiten und ornamentalen Schmuck gebräuchlich war.

Eine der wichtigsten Arbeiten über mittelalterliche Stuckplastik ist nach wie vor die 1932 erschienene Dissertation von Friedrich Berndt.<sup>7</sup> Diese setzt sich sowohl mit dem Material als auch mit dessen Anwendung im Formenguß, als Antragechnik und für Rohgüsse mit anschließender (schnitzender) Nachbearbeitung auseinander. Die Beschränkung auf Gipsstuck im sächsischen Raum erklärt sich vor allem mit den Hauptfundstätten von Gipsstein in der Harzegend. Nach Süden erstreckt sich die Stucktechnik in das Gebiet des Thüringer Gipses, nördlich befindet man sich im Verbreitungsgebiet des Lüneburger Gipses.

Berndt hat Proben von Stuckplastik aus Gernrode, Hildesheim, Quedlinburg, Ilseburg, Halberstadt, Segeberg und Lübeck untersucht und ist dabei zu dem Ergebnis gekommen, daß es sich stets um hochgebrannten sogenannten Estrichgips handelt. Härtemessungen nach der Mohsschen Skala ergaben teils Werte zwischen 1 und 2, was etwa dem natürlichen Gipsstein entspricht, teils aber auch Werte bis 4, eine Härte, die Marmor entspricht. Man vermutet, daß die hohen Härtegrade mit dem festgestellten höheren Gehalt an Calciumcarbonat (3-4 %), das ursprünglich als Calciumoxid (gebrannter Kalk) vorgelegen hat, zusammenhängen. Höherer Calciumoxidgehalt ist die Folge hoher Brenntemperaturen und/oder längerer Brennzeiten. Die Proben mit höherem Calciumcarbonat- bzw. Calciumoxid-Gehalt waren meist schwach rötlich oder blaugrau gefärbt, die mit niedrigem Gehalt hingegen rein weiß. Bemerkenswert ist, daß es sich stets um reinen Gips ohne Zuschlag handelt.

Eine Stuckprobe aus Corvey (Höxter) mit einer hellrötlich-graubraunen Farbe hingegen enthält einen geringen Zuschlag (7-9 %) von Ziegelmehl. Der mikroskopische Befund spricht für eine Stuckmasse aus hochgebranntem (Estrich)Gips mit etwa 3-4 % Calciumoxid (gebranntem Kalk), der heute in Form von Calciumcarbonat vorliegt. Die Stuckmasse ist außergewöhnlich hart und auch wasserbeständig. Eine Probe, die mehrere Wochen in Wasser gelagert wurde, war nicht zerfallen. Lediglich von der Oberfläche hatten sich geringe Mengen gelöst, ohne daß die Masse jedoch insgesamt weich oder mürbe geworden wäre. Nach dem Trocknen wurden keine Einbußen der ursprünglichen Härte und Festigkeit festgestellt. Weitere aus Corvey stammende Stuckproben enthalten 12-20 % Zuschlag, vorwiegend als Ziegelmehl. Der Gehalt an gebranntem Kalk (CaO) dürfte bei diesen Proben ursprünglich etwa 1 % gewesen sein.

Die Untersuchung der Stuckmassen des Ciboriums von S. Ambrogio in Mailand<sup>8</sup> ergab Gips ohne Zuschläge. Der Calciumcarbonatgehalt zwischen 3 und 6 % läßt auf einen ursprünglichen Gehalt von etwa 1,7-3,4 % Calciumoxid schließen. Obwohl nicht ausdrücklich in der Arbeit erwähnt, handelt es sich wohl um hochgebrannten (Estrich)Gips.

1964 durchgeführte Untersuchungen von Stuckproben aus dem sogenannten Sola-Relief (Kaiserrelief) aus der Solabasilika in Solnhofen ergaben als Hauptbestandteil abgebundenen Gips mit geringen Quarzbeimengungen oder Verunreinigungen (?). Die Stuckmasse enthält einen Zusatz von Proteinen (Glutinleim?). Ob es sich um Stuckgips oder hochgebrannten Estrichgips handelt, bedürfte einer nochmaligen Untersuchung.

### Schlußbemerkung

Hochgebrannter, sogenannter Estrichgips wird bei Temperaturen von über 900 °C gebrannt, im Unterschied zu dem durch Erhitzen auf Temperaturen unter 200 °C hergestellten Stuckgips. Die Brenntemperatur für den Estrichgips entspricht also etwa der auch zum Kalkbrennen notwendigen. In Gegenden, in denen Gips vorkommt, hat man schon früh die Eigenschaften des hochgebrannten und des niedriggebrannten Gipses erkannt und entsprechend verwendet. Gips tritt sozusagen an Stelle des Kalkes: plastische oder gießfähige Massen lassen sich sowohl mit Kalk als auch mit Gips herstellen.

### Anmerkungen

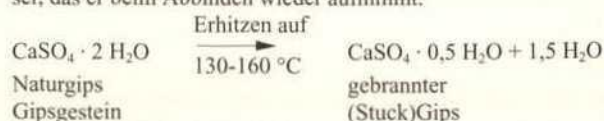
- 1 Zu Mischungsverhältnissen von Stuckmassen siehe auch P. Vierl, *Der Stuck*, München-Berlin 1969; K. Lade, – A. Winkler, *Putz – Stuck – Rabitz*, Stuttgart 1952.
- 2 Plinius, *Naturalis Historia*, Lib. XXXVI, Cap. XXIV, 59: ed. u. übers. H. Rackham (Loeb Classical Library), London/Cambridge (Mass.) 1968.
- 3 Vitruv, *Zehn Bücher über Architektur*, Lib. VII, Cap. III: ed. und übers. C. Fensterbusch, Darmstadt, 5. Aufl. 1991, S. 323.
- 4 A. Eibner, *Entwicklung und Werkstoffe der Wandmalerei vom Altertum bis zur Neuzeit*, München 1926, S. 41.
- 5 Hrabanus Maurus, geb. um 776 in Mainz, gest. 856 in Fulda; 822 Abt des Klosters Fulda, 847 Erzbischof von Mainz. Als Gelehrter beherrschte er das gesamte Gebiet der damals bekannten Wissenschaften. Er verhalf durch seine Lehrtätigkeit an der Klosterschule Fulda dieser zu großer Berühmtheit.
- 6 Hrabani Mauri ... *opera Colonia Agrippinae* 1626, *De universo*, Lib. XXI, Caput VIII „De plasticis“: *Plasticum est parietum ex gipso effigies signaque exprimere: pingique coloribus. Plasticum autem dictum graece, quod latine est fingere terra vel gipso similitudines. Nam et impressa argilla formam aliquam facere plasticum est.*
- 7 F. Berndt, *Stuckplastik im frühmittelalterlichen Sachsen, ihre Bedeutung und Technik*, 1932, 66 Seiten (Kommissionsverlag Theodor Schulzes Buchhandlung, Hannover), Bibliothek der Technischen Hochschule Carola Wilhelmina, Braunschweig.
- 8 C. Bertelli, *Pinin Brambilla Barcilon, Antonietta Gallone, Il Ciborio Della Basilica Di Sant' Ambrogio in Milano, Credito Artigiano Milano*, 1981, S. 122.
- 9 Das Abbinden von Kalkmörtel ist ein chemischer Vorgang, der gelöschte Kalk nimmt aus der Luft Kohlendioxid auf und erhärtet:  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$   
gelöschter Kalk    abgebundener Kalk  
Das Schwinden des Kalkmörtels beim Abbinden ist vor allem auf das Verdunsten des Anmachwassers zurückzuführen.

Hochgebrannter Gips kann als Ersatz für Naturstein dienen. Als eine Art Kunststein läßt sich dieser gießen, frei antragen und plastisch modellieren. Im Vergleich zu Stuckgips erstarrt Estrichgips wesentlich langsamer und kann im günstigen Fall so hart werden wie Marmor. In dem Zeitraum, in dem Estrichgips bereits erstarrt aber noch nicht ausgehärtet ist, läßt er sich leicht bearbeiten: man kann ihn schneiden, schnitzen und schaben. Gegenüber Naturstein hat hochgebrannter Gips den Vorteil, daß er in den Gegenden seines Vorkommens billiger ist und sich leichter bearbeiten läßt. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit einer Vervielfältigung von Figuren, Ornamenten und anderem durch Gießen in Formen. Massen aus hochgebranntem Gips sind zwar viel weniger wasserempfindlich als Stuckgips, doch, der Bewitterung ausgesetzt, werden sie rascher zerstört als Naturstein. Der zwar langsam erstarrende Estrichgips erhärtet wesentlich schneller als Kalkmörtel (der ebenfalls als plastische Masse und für Steinimitationen verwendet wird). Außerdem schwindet Kalkmörtel stark und weist im Endzustand eine geringere Festigkeit und Härte als hochgebrannter Gips auf.

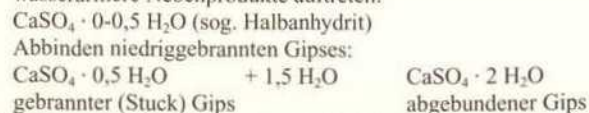
Alle diese Vorteile des hochgebrannten Gipses kannte man im Mittelalter und hat davon dort, wo er „vor der Türe“ war, Gebrauch gemacht. In der chemischen Zusammensetzung entspricht abgebundener Estrichgips dem Alabaster, an Festigkeit und Härte kann er Alabaster übertreffen. Daß Gipsmassen nicht die Transparenz und Schönheit des natürlichen Alabasters aufweisen, spielt keine Rolle, da man Stuck in der Regel sowieso farbig gefaßt hat.

In kalkhaltigem Gipsmörtel bindet der Kalk in gleicher Weise ab, der zugesetzte Sumpfkalk (gelöschter Kalk) liegt im ausgehärteten Mörtel als Calciumcarbonat vor.

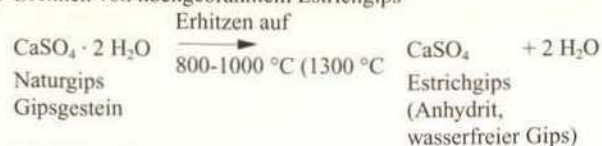
- 10 Brennen und Abbinden von Gips ist mehr oder weniger ein physikalischer Vorgang. Beim Brennen verliert der Naturgips Kristallwasser, das er beim Abbinden wieder aufnimmt.



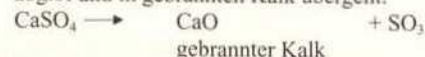
In geringem Maße können bei der genannten Brenntemperatur auch wasserärmere Nebenprodukte auftreten:



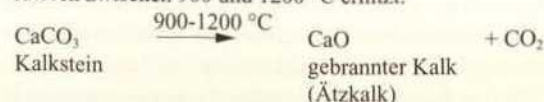
- 11 Brennen von hochgebranntem Estrichgips



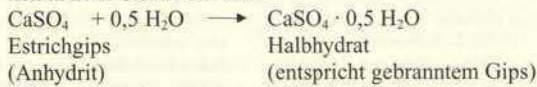
Bei hohen Temperaturen und längeren Brennzeiten zersetzt sich ein (geringer) Teil des wasserfreien Gipses, indem er Schwefeltrioxid abgibt und in gebranntem Kalk übergeht:



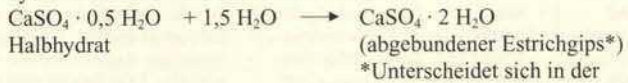
- 12 Zur Herstellung von gebranntem Kalk wird Kalkgestein auf Temperaturen zwischen 900 und 1200 °C erhitzt.



13 Das Abbinden von hochgebranntem (Estrich)Gips geht wahrscheinlich in zwei Stufen vor sich:

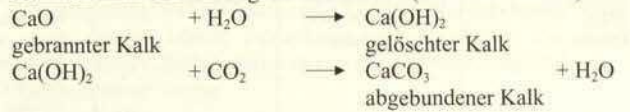


Diese erste Anlagerung von 0,5 H<sub>2</sub>O erfolgt sehr langsam, das Halbhydrat nimmt dann schneller Wasser auf:



chemischen Zusammensetzung nicht von abgebundenem, niedriggebranntem (Stuck)Gips.

Aus dem in geringer Menge im Estrichgips meist enthaltenen gebrannten Kalk entsteht abgebundener Kalk (Calciumcarbonat):



## Anhang

aus: Handbuch der Werkstoffprüfung, herausgegeben von Erich Siebel, Bd. 3: Die Prüfung nichtmetallischer Werkstoffe, Berlin 1941

Tabelle 1. Technische Gipse

Bezeichnung	Zusammensetzung	Herstellung	Verwendung	Charakteristische Eigenschaften	Vorkommende Mängel
Rohgips	Kalziumsulfat-Dihydrat $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ CaO:32,58 % SO <sub>3</sub> :46,49 % H <sub>2</sub> O:20,93 % 79,07 %	Natürliches Vorkommen	Fabrikation gebrannter Gipse	Weich (Härte v. M. 1,5 bis 2) Ziemlich wasserlöslich Nicht wetterbeständig Für Estrichgips ist großstückiger Gipsstein von festem Gefüge und guter kristalliner Ausbildung erwünscht. Eisenoxyde geben besonders dem Estrichgips gelbe bis rötliche Färbung	Natürliche Fremdstoffe: Kalk, Dolomit, Ton, Schieferon, Salz, Quarz, Glimmer, Sand, Eisenoxyde, Anhydrit, Steinsalz, Glauberrit, Syngenit, Polyhalit, Bitumen und Kohle, Pyrit und Schwefel
Tiefgebrannte Gipse, Stuckgipse	Kalziumsulfat-Hemihydrat $(\text{CaSO}_4) \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ CaO:38,64 % SO <sub>3</sub> :55,15 % H <sub>2</sub> O:6,21 % mit schwankendem Gehalt an Halb-anhydrit $\text{CaSO}_4$ 93,79 %	Brand bei 107 bis 200 °C, vorher oder nachher Feinmahlung	Gießen, evtl. auftragen oder modellieren, Wand und Deckenputz, angetragener Stuck mit verzögertem Gips Gipsmarmor, Stuckmarmor, Stucco-Lustro	Bindezeit < 1/2 h. Nicht wetterbeständig – ziemlich wasserlöslich – rein weiß Abbinden innerhalb 30 min. Mahlung mittelfein	Natürliche Verunreinigungen wirken schädlich. Ungenügender Brand einzelner Teile verursacht in kleinsten Mengen Schnellbinden, in größeren Mengen Herabsetzung der Bindekraft. Totbrennen: mit Überschreitung von etwa 300 °C zunehmende Verlangsamung des Abbindens und Festigkeitseinbuße
Modellgips	desgl.	Brand bei 107 bis 150 °C, vorher und nachher Feinmahlung evtl. Windsichtung.	Modelle, Kunstgewerbe Formen für Keramik	Besonders rein und fein gemahlen Porös, hohe Festigkeit und Wasseraufnahme	Zu Formgips keine Härtezusätze verwenden, setzen Porosität herab
Formgips	desgl.	Windsichtung. (Tiefe Brandtemperaturen und kurzer Brand gibt Raschbinder)	Bildhauerarbeiten, anatomische und gerichtliche Abgüsse	Reinweiße Farbe, raumbeständig, kurze Bindezeit (15 min oder weniger), Alabaster- oder Marmorgips, sehr rein, Bindezeit < 10 min	–
Alabastergips Marmorgips Schnellgips Gießgips	desgl.		Medizinische Zwecke Zahnärztliche Praxis Orthopädie	–	Chirurgische und zahnärztliche Gipse verlangen geringe Expansion beim Erhärten und geringe Wärmeentwicklung
Chirurgische Gipse Abdruckgips	desgl.	Brand bei 107 bis 300 °C und in Spezialfällen darüber. Mahlung größer (langer Brand gibt Festigkeitserhöhung)	Decken und Wandputze, Rabetzkonstruktionen. Gipsdielen und -platten oft mit Kalziumhydrat vermischt. Zuschläge: Kälberhaare, Asche, Schlacken, Sand, Holzspäne. Gipsbausteine, Leichtsteine, Gipshourdis, Isolierplatten, Fasadenverputz aus Kalkmörtel mit Gipszusatz	Mittelfein bis grob gemahlen. Langsames Abbinden (15 bis 30 min). Gute Festigkeit, durch Zuschlagstoffe stark herabgesetzt. Rasches Austrocknen, raumbeständig, keine Ausblühungen, wärme- und schallsolierend, feuerhemmend, frostbeständig, bei tiefen Temperaturen verarbeitbar. Fäulnis, pflanzliche und tierische Schädlinge usw. abweisend	Silolagerung nach Brand verlängert die Bindezeiten (Nachkochen). Die Gipse verderben bei feuchter Lagerung (Bildung von Dihydrat, rascher Bindebeginn, Klumpenbildung beim Anmachen, Herabsetzung der Bindekraft). Auch bei trockener, sehr langer Lagerung beginnt schließlich Zersetzung in Anhydrit und Dihydrat. Unhomogene Beimischung von Zusatzmitteln ist schädlich. Rühren während dem Abbinden verdirbt den Gips. Auftragen auf zu trockene Unterlage gibt schlechte Haftung. Mit Zement vermischt wirkt Gips bei Feuchtigkeitszutritt stark treibend. Für gute Erhärtung muß der abgebundene Gips austrocknen
Baugips	desgl.		–	Die Bezeichnung nach Herstellungsart kann für alle Gipsarten Anwendung finden und ist deshalb nicht eindeutig. Längere Bindezeit	–
Maurergips Putzgips Plattengips	desgl.		–	Etwas geringere Festigkeit, nagelbar	–
Kesselgips Drehofengips Ofengips	desgl. desgl. viel $\text{CaSO}_4$	Brand in Kesseln Brand in Drehofen Brand in Schachtofen	–	Blaugraue Farbe, geringes Raumgewicht, geringe Härte und Beständigkeit	–
Vorgebrannter Putzgips Awallit (Sparkalk) Tripolith	– Baugips, mit Ton und Kohle gebrannt	Brand in Ofen, dann in Kessel – Brandtemperatur 260 °C	Bauwesen	–	–

Bezeichnung	Zusammensetzung	Herstellung	Verwendung	Charakteristische Eigenschaften	Vorkommende Mängel
Hochgebrannte Hartgipse, Estrichgips Mauergips Diara Felsenit	Anhydrit CaSO <sub>4</sub> CaO:41,20 % SO <sub>3</sub> :58,80 % enthält häufig freien Kalk (CaO) und basisches Sulfat	Brand im Schachtofen bei Rotglut (900 bis 1100 °C), dann Feinmahlung	Starke Verarbeitung in steifer Konsistenz durch Stampfen oder Einschlagen. Fußböden (evtl. mit Leinöl bestrichen), Unterlagsböden, Wand- und Deckenputz, Glattputz, Estrichgipsbeton, Zuschläge: Sand oder Schlacke, Kork, Holz	Fein gemahlen. Lange Bindezeit (5 bis 40 h), hydraulisch, sehr gute Festigkeit, wird durch Zuschläge stark herabgesetzt. Abwaschbar. Wetterbeständiger als Gips, aber ebenfalls ziemlich wasserlöslich. Sehr gute Raumbeständigkeit, wärme- und schallisierend, feuerhemmend. Fäulnis, pflanzliche und tierische Schädlinge abweisend. Guter Abnutzungswiderstand	Natürliche Verunreinigungen wirken schädlich. Treiben infolge Schwefelkalzium CaS, von Reduktion des Gipses durch heiße Verbrennungsgase. Geringe Mengen CaS verzögern das Abbinden. Bei feuchter Lagerung verdirbt (hydratisiert) Estrichgips. Vorzeitiges Austrocknen des verarbeiteten Estrichgipses setzt die Festigkeit herab
Alaungips Marmorzement Keene-Zement Hartalabaster Marmorgips	CaSO <sub>4</sub> + Alaun	Mit Alaunlösung getränkter Stuckgips bei Rotglut nochmals gebrannt und dann sehr fein gemahlen	Verarbeitung wie Stuckgips (evtl. noch mit Alaunlösung ange-macht). Kunstmarmor, Platten, Kunstgewerbe, Weißputz und Wandputz, Plattenausfugmittel, Formen für Keramik	Sehr fein gemahlen. Langsambinder 9 bis 12 h Normalbinder 4 bis 6 h Schnellbinder 1 bis 3 h Hohe Festigkeit und Härte. Reinweiß, vorzüglich polierbar. Ziemlich gute Wetterbeständigkeit. Abwaschbar, gut färbbar. Sehr gute Raumbeständigkeit (keine oder sehr geringe Expansion). Wird bei schwach plastischer Verarbeitung sehr dicht	Sehr empfindlich gegen natürliche Fremdstoffe und nachträgliche Verunreinigungen und Zusätze (Rost der Mischgefäße). Trockene Lagerung erforderlich. Im übrigen wie Estrichgips.
Boraxgips Parianzement Parianalabaster	CaSO <sub>4</sub> + Borax	Mit Boraxlösung getränkter Stuckgips bei Rotglut nochmals gebrannt und dann gemahlen	Wie Alaungips, evtl. Anmachen mit Weinsteinlösung	Wie Alaungips, Abbinden 2 bis 3 h	Wie Alaungips und Estrichgips
WYLDE-Gips	CaSO <sub>4</sub> + Kaliumwasserglas	Mit Kaliumwasserglas getränkter Stuckgips noch einmal bei etwa 250 °C gebrannt	Wie Alaungips	Wie Alaungips, bindet schnell	Wie tiefgebrannte Gipse
SCHOTTISCHER Gips	Verbindung von CaSO <sub>4</sub> und CaO	Glühen eines Gemenges von etwa 70 % Gips und etwa 30 % Ätzkalk	Wie Estrichgips. Möglichst wenig Anmachwasser verwenden	Hydraulischer Mörtelstoff von guter Härte, Wetterbeständigkeit und Politurfähigkeit	Treiben infolge zu viel CaO oder zu geringer Brandtemperaturen
VIOTTI-Gips	Gips + Borax + Magnesia	Borax + Magnesia geschmolzen, gemahlen und dem Gips beigemischt	Wie oben	Gute Wetterbeständigkeit	Wie tiefgebrannte Gipse
LANDRIN-Gips	Gips + Schwefelsäure	Stuckgips mit Schwefelsäure getränkt, gebrannt	Wie oben	Wie oben, weiße Farbe	Wie Marmorgips
Gipszement	Anhydrit + Ton + Kohle	Brand bis zur Sinterung (1400 °C)	-	Noch wenig erprobt	-

#### a) Abbinderegler.

Beobachtete Wirkung bei schwächeren Konzentrationen:

+ : Beschleuniger, - : Verzögerer, (Exp. -) : Herabsetzung der Volumexpansion, (H +) : Härtesteigerung, ++, -- : stark, (±) : schwach.

- + } Sulfate von K und Na (++, Exp. -), Li (++), Rb, Cs, NH<sub>4</sub>, Ca, Mg, Mn<sup>II</sup>, Fe<sup>II</sup>, (Exp. -) Ni, Cu, Zn, Cd (++) , Al, CrIII (++) und Schwefelsäure;
- FeIII (Ferrisulfat);
- Doppelsulfate von Al und K (Alaune);
- Sulfid von Na und Ca (speziell für hochgebrannten Gips);
- natürlicher Anhydrit CaSO<sub>4</sub>.
- + } Kalisalze: Sulfat (Exp. --), Bisulfat (Exp. --), Chlorid, Bromid, Jodid, Nitrat,
- + } (Exp. -) Phosphat, (H -) Thiocyanat, Oxalat, Tartrat (Exp. -),
- + } Silikat (K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), Karbonat und Hydroxyd;
- Sulfid, Bichromat;
- Doppelsulfate von K und Al (Alaune);
- K-Salz der Essigsäure (Azetat);
- der Bernsteinsäure (Sukzinat);
- der Malonsäure oder Malat (--);
- der Zitronensäure oder Zitrat (--);
- - Seignettesalz (Rochelle-Salz) (NaKC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> · 4H<sub>2</sub>O).
- Ammonsalze: Sulfat, Nitrat, Chlorid, Bromid, Jodid.
- - Hydrat.

- Säuren: Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Weinsäure, Phosphorsäure (in normaler Lösung);
- Milch-, Bor-, Ameisen-, Essig-, Zitronen- und Phosphorsäure (in molarer Lösung).
- + Natriumsalze: Sulfat, Thiosulfat, Chlorid, Nitrat, Bromid, Jodid, Phosphat (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>), Tartrat und Chlorat, Hydroxyd (weniger wirksam als die entsprechenden Kalisalze) Silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), Wasserglas (in starken Konzentrationen fast momentane Wirkung);
- ± Sulfid, Thiosulfat, Phosphat (Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>);
- Karbonat oder Soda (besonders bei starken Konzentrationen), Tartrate und Na-Salz anderer organischer Säuren (Zitronen-, Milch- und Essigsäure).
- Kalziumsalze: Chlorid und Nitrat (bei stärkeren Konzentrationen), Karbonat, Sulfid.
- Hydrat (als gesättigte Lösung von Kalk);
- Ca-Salze der Zitronen-, Malon- und Bernsteinsäure;
- Gips (Anhydrit ohne merklichen Einfluß).
- ++ Chloride von Ammonium (Salmiak), Mg, Al, Ca (±) (Umkehrung der Wirkung für hochgebrannten Gips: - bis --);
- + Na (Kochsalz), Ba, Sr (in molarer Lösung -, sonst +).
- + Nitrate von Ag, Co.
- + Hydroxyde von K, Na, Li.
- } Borate Na-Borat oder Borax (bei stärkeren Konzentrationen);
- } (Exp. -, H +) K-Diborat oder Pyroborat (bei starker Konzentration: --);
- } K- und Na-Pentaborate.

- Komplexe Salze:  $(\text{FeCy}_6)\text{K}_2$  = gelbes Blutlaugensalz;  $(\text{FeCy}_6)\text{K}_3$  = rotes Blutlaugensalz.
  - + Doppelsalze:  $(\text{Al}(\text{SO}_4)_2)\text{NH}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$  Ammoniumalaun;  $(\text{Fe}(\text{SO}_4)_2)\text{NH}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$  Ferroammoniumalaun.
  - Kombinierte Salze: Borax + K-Salze, speziell K-Sulfat (Exp. --), (Exp. -- bei gleichzeitiger Verzögerung für gute Verarbeitung);
  - Borax + Seignettesalz;
  - Statt Borax evtl. Na- oder K-Hydroxyde oder -Karbonate;
  - Statt Seignettesalz evtl. Na- und K-Tartrate oder Alkalisalze anderer organischer Säuren.
  - (Exp. -) Organische Zusätze: Alkohol (starkes Schwinden).
  - Organische Kolloide:
  - (H+) Eibischwurzel (*Althaea officinalis*), Gelatine, Kasain, Tannin;
  - (H+) Leimzusatz zum Anmachwasser;
  - Leim + Ätzkalk;
  - (H+) Glycerin, Dextrin, Zucker, Gummiarabikum, Gallerte, Polikosol.
  - (H-) Harn, Jauche (schon in sehr geringen Konzentrationen);
  - (Fett + Soda + Kalkhydrat oder Schweinsborsten oder Kalbshaare);
  - Saure, abgerahmte Milch;
  - Zucker, bei stärkeren Konzentrationen;
  - + Seife.
  - Traß, Kalk, Kreide, Zinkweiß.
  - Zuschlagstoffe, wie Gesteins- oder Glaspulver, Ziegelmehl, Koksasche, Lösch, Schlacken, Tran, Kieselgur, Ton, Sand, Haare, Fasern, Stroh usw. wirken etwas verzögernd.
  - Anmachwasser: wenig;
  - viel;
  - + Erwärmen bis gegen 40 °C;
  - Erwärmen über 40 °C hinaus.
  - + (Exp. +) Anrühren: lang und intensiv;
  - (Exp. -) kurz und schwach.
- Wird die Wirkung äquivalenter Konzentrationen von Sulfatlösungen verglichen, so nimmt im allgemeinen die Abbindebeschleunigung ab mit steigender Valenzzahl der Kationen, bei höheren Konzentrationen treten jedoch Unregelmäßigkeiten auf.

## b) Zusätze und Behandlung zur Verbesserung von Härte, Beständigkeit und Abwaschbarkeit.

### 1. Verbesserung der Härte.

Geringer Anmachwasserzusatz erhöht Härte.  
Kurzes, intensives Anmachen erhöht Härte.  
Einrütteln, Pressen erhöht Härte.

#### Zusätze:

Eibischwurzel (*Althaea officinalis*);  
Leim, Dextrin, Gummiarabikum evtl. mit etwas Zinkvitriollösung  
saure, abgerahmte Milch;  
Alaun (verringert Expansion);  
Glaubersalz; Wasserglas;  
Borsäure, kalzinierter Borax;  
Borax-Magnesiumschmelze;  
Kalkhydrat;  
Magnesit;  
Quarzstaub;  
Anmachen mit Ammoniumtriboratlösung;  
Pottasche + Alizarin + Borax zum Anmachwasser (geringe Expansion);  
Zusatz von Magnesium-, Aluminium-, oder Zinkoxyd bzw. Hydroxyden dieser Stoffe, Anmachen mit wäßriger Lösung von Phosphorsäure, phosphorsäuren Salzen von Mg, Al, Zn u. dgl. (Abbindeverzögerung);  
Inerte, härtende Stoffe z. B. Bariumsulfat, Pulver von Glas, Quarz, Marmor, Kieselkalk, Mikroasbest, Kreide usw. (evtl. Anmachen mit Leimwasser).

#### Besonders für hochgebrannte Gipse:

Zusatz von Kaliumkarbonat, Kalialaun, Sulfate von Kalium, Natrium, Ammonium;  
saures schwefelsaures Natrium;  
saures schwefelsaures Kalium;  
evtl. Anmachen mit 1%iger wäßriger Lösung von Kaliumsulfat.  
Hartstuck: Zusatz von reichlich Kalkhydrat und inerten härtenden Stoffen, wie Marmorpulver, Kalkstaub, Schlammkreide, Glas oder Quarzpulver usw., Anmachen mit Leimwasser oder Dextrin, evtl. mit etwas Karbolsäure.  
Totgebrannter Gips erhärtet gut bei Zusatz von Sulfatbeschleunigern (z. B. Alaun oder  $\text{KHSO}_4$ ).

Zusätze zum Gips	Nachbehandlung des trockenen Gusses
Leimwasser	Gallappelauszug
Ätzkalk, Leimwasser	Siedendes Leinöl
Stärkelösung	Kalkmilch oder Barytwasser
Kalkhydrat	Lösung von schwefelsäuren Salzen, speziell Eisenvitriol, Zinksulfat
Kalkhydrat	} warme, konzentrierte Barytlösung
Quarzstaub	
Magnesit	Lösung von Eisen- oder Zinkvitriol (gibt braune bzw. weiße Farbe)
Metallhydrate: Speziell Tonerdehyd, Zinkoxydehyd	Kieselsäurelösung
Magnesium-, Aluminium- oder Zinkoxyd	Tränken mit wäßriger Lösung von Phosphorsäure oder phosphorsäuren Salzen von Mg, Al, Zn u. dgl.

## Nachbehandlung des trocknen Gusses.

*Austrocknen* unter 40 °C (Wasserverdunstung) erhöht Härte.

*Tränken* bei 80 °C in gesättigter Borsäure- oder Boraxlösung, ferner in gesättigten Lösungen von Sulfaten von Kupfer, Zink oder Eisen (Vitriole), Alaun, Salmiakgeist, Fluat, Tricosal, Conservado usw., in Barytwasser oder Wasserglas evtl. mit etwas Kaliumhydroxyd, evtl. Nachbehandeln mit alkoholischer Seifenlösung (stearinsäures Natron);

in wäßrigen Lösungen von Barium- oder Strontiumhydroxyd, oder von Salzen von Barium, Strontium, Kalzium, Magnesium, Zink, Blei, Eisen und nachfolgendes Tränken mit Borsäure, schließlich Behandlung mit Seifenlösung;

in Boraten von Ammoniak oder Kalium;

in Barytwasser oder dialysierter Kieselsäurelösung;

in heißer Boraxlösung, nachher Chlorbariumlösung, nachher Seifenwasser;

in wäßriger Lösung von Borax und wenig Kaliumphosphat. Nachbehandlung mit salpetersaurer gemachter Boraxlösung. Nach Trocknen Einreiben mit Kanadabalsam und Naphtha;

in gelöster Kieselsäure, Trocknen, Tränken in gesättigtem Barytwasser (60 bis 70 °C);

in kiesel-sauren Alkalien, Kieselfluorwasserstoffsäure und Kieselfluorkalium;

in Lösung von Barythydrat, dann Abspülen in Lösung von Kalkhydrat; in warmem Barytwasser, dann Oxalsäure;

in Ammoniumtriboratlösung;

in Sodalösung;

in saurer, abgerahmter Milch + wäßriger Lösung von Kaliumhydrat und Kaliwasserglas (bildet leicht Verfärbungen).

Tränken des erwähnten Gusses in heißem Kohleenteer, Teeröl, geschmolzenem oder gelöstem Pech, Bitumen usw. Trocken nacherhitzen (evtl. Mischung der Kohlenwasserstoffe mit färbenden Metalloxyden).

Oberflächliches Dehydratisieren, dann Tränken mit konzentrierter Lösung von Chlorkalzium, dann in heißer konzentrierter Lösung von Chlormagnesium. Färben durch Versetzen der Chlorkalziumlösung mit Metallchloriden, Nachbehandlung mit Leimwasser und Tanninlösung evtl. mit Alaun.

Die obigen Methoden der Nachbehandlung können zum Teil auch auf natürlichen Alabaster angewandt werden. Hierzu wird derselbe gewöhnlich zunächst durch Erhitzung oberflächlich dehydratisiert; der dadurch porös gewordene Stein saugt die Flüssigkeit leicht auf und wird wieder hydratisiert.

## 2. Verbesserung der Beständigkeit, der Abwaschbarkeit und des Aussehens.

Behandlung mit unlöslichen Seifen, Stearinsäure, Bienenwachs, verseiftem Bienenwachs, Ceresin, Paraffin, Walrat, Lösung von heißem Wachs in Terpentinöl, Lösung von Stearinsäure in Petroläther, in Naphtha gelöstem Kanadabalsam. Heiße Lösung von neutraler Seife aus Stearinsäure und Natronlauge, warme Pottaschelösung mit Bienenwachs. Alkoholische Lösung von Stearinkaliseife oder Stearinammoniakseife. Wenig oxydierte Ölsäure, in Petroläther gelöst, Lösung von Paraffin in Benzin.

Mehrfacher Anstrich mit alkoholischen Kaliölsäureseife, dann Überstreichen mit Lösung von essigsaurer Tonerde.

Heißes Tränken mit Lein-, Mohn-, Hanf- oder Rizinusöl, dann polieren. Besonders für Estrichgips: Abreiben mit Wachs-Terpentinmischung oder Leinöl, evtl. mit Farbstoffen.

Anstriche mit trocknenden Ölen, Ölfarben, Lösungen von Kautschuk, Guttapercha, synthetischen Hochpolymeren, evtl. mit Zusatz von natürlichen oder künstlichen Harzen, Wachsen und Plastifizierungsmitteln. Es können unlösliche oder lösliche Farbstoffe zugesetzt werden.

Enkaustieren durch Tränken bei etwa 60 °C in geschmolzener Stearinsäure: Elfenbeinmasse, evtl. mit paraffinlöslichen Farbstoffen. Oberfläche wird etwas durchscheinend. Zu hohe Temperatur gibt matte Oberfläche und Braunfärbung.

Waschen mit Kalkwasser und hellem Leim, hierauf mit Alaunlösung.

Färben durch Anstrich verdünnter Lösung schwefelsaurer Metallsalze, nachher Anstrich mit Barytwasser.

Glanz durch Lösung von Seife und Wachs in kochendem Wasser. Politur mit Talk oder Kreide und evtl. Harzöl, Politur mit feingeschlammtem Graphit (schwarze Farbe), evtl. Zusatz von Talk und Graphit zum Gips, nach Guß polieren.

Reinigen ungefärbter Gipsgüsse mit neutraler Seifenlösung, evtl. mit Zusatz von Terpentinöl; Waschen mit Chlorwasser; Anstrich mit Stärkekleister (blättert mit Schmutz ab); Bleichen an der Sonne nach Anstrich mit Wasser und Terpentinöl.

Verhindern des Haftens von Gips am Modell durch Anstrich von Schellacklösung, Mischung von Öl und Seife, Olivenöl, Chlorzink, Bienenwachs und Kolophonium, Staniolfolien.

## c) Färben von Gips

*Zusätze.*

1. In Anmachwasser gelöste, lichtbeständige Farbstoffe.

2. Erdfarbstoffe und unlösliche Metallfarbstoffe, dem Gips trocken beigemischt.

3. Anmachen mit alkalihaltiger Formaldehydlösung, alkalihaltiger Lösung von schwefeliger Säure, alkalihaltiger Lösung von Wasserstoffsuperoxyd + geringem Zusatz eines reduzierbaren Metallsalzes (Silbersalze perlgraue Farbe, Goldsalze rote Farbe, Bleisalze schwarze Farbe, Mischungen verschiedene Farben, Kupfersalz + Eisen braune Farbe und Härtung).

Da Estrichgips und Marmorgips gewöhnlich freien Kalk enthalten, müssen die hierfür verwendeten Farben kalkbeständig sein.

Größere Farbzusätze setzen die Festigkeit herab. Kupferoxydfarben geben beim Gießen in Stanniolfarben braune Flecken.

Mit Zinnober gefärbte Güsse (für gute Mischung mit Seifenwasser anzumachen) werden bei Trocknen an der Sonne grau.

*Tränken* des getrockneten Gusses: Metallsalzlösungen oder andere Farblösungen.

*Anstriche* (vor Politur): Ölfarben, Leimfarben, Temperafarben, Lacke, Firnisse, evtl. mit Gold-Bronze-Aluminium-Pulver.

## 3. Einfluß von chemischen Agenzien auf Gips.

Löslichkeit von Gips in reinem Wasser ziemlich stark. Bei Normaltemperatur ~ 0,23 % CaSO<sub>4</sub>.

VAN'T HOFF:  $\log c = 46,8675 - 16,25 \left(\frac{134,7}{T} + \log T\right)$ ; T = absolute Temperatur, c = Gramm CaSO<sub>4</sub> in 100 cm<sup>3</sup> Lösung.

Löslichkeit in *Schwefelsäure*, konzentriert: schwach.

Alkohol, konzentriert: sehr schwach.

Löslichkeit von *Hemihydrat* und *Halbanhydrit* in Wasser (nimmt nach Überschreiten von Brenntemperaturen von etwa 200 °C stark ab): 0,77 %.

*Lösungen* der meisten Sulfate und Salze, welche das Abbinden von Gips beschleunigen: Löslichkeitserhöhung.

*Estrichgips* in Wasser: ~ 0,20 %.

*Nat. Anhydrit* in Wasser: ~ 0,13 %.

Gips ist mit *reinem* Wasser anzumachen, am besten mit Regenwasser oder abgekochtem Wasser. Gipshaltiges Wasser wirkt ungünstig. Sehr nachteilig wirken organische Verunreinigungen. Geringste Mengen von Säuren und Salzen stören das normale Abbinden. Frisches, nicht gestandenes Wasser verursacht häufig Luftblasen im Guß.

Salzlösungen von niedrigem Dampfdruck (z. B. Lösungen von Kochsalz und Magnesiumchlorid) können dem Gips schon bei normalen Temperaturen Wasser entziehen. Ebenfalls wirken Schwefelsäure und konzentrierter Alkohol dehydratisierend.

Schwefelsaures Kalium, Natrium und Magnesium bilden mit Gips die Doppelsalze Syngenit, Glaubertit und Polyhalit, welche von Wasser leicht zersetzt werden.

Im allgemeinen wirken alle wäßrigen Lösungen mehr oder weniger lösend oder zersetzend auf Gips ein; stark zersetzend wirken Salzsäure, Salpetersäure, Flußsäure usw., starke Laugen, Sodalösung, Pottasche u. dgl.