

ISSN 0232-2609

RESTAURIERUNG UND MUSEUMSTECHNIK

Herausgegeben vom Museum für Ur- und Frühgeschichte Thüringens
durch Rudolf Feustel

Joachim Ersfeld

FORMEN UND GIESSEN

(3. Auflage)

Weimar 1990

1. Auflage 1976
2. Auflage 1982

Druck: Druckerei Volkswacht Gera, Zweigbetrieb Greiz
© 1990 by Museum für Ur- und Frühgeschichte Thüringens, Weimar

Nachdruck oder fotomechanische Vervielfältigung, auch einzelner Teile, ist ohne ausdrückliche Genehmigung des Herausgebers nicht gestattet.

V o r w o r t

Mit dem zweiten Band der Reihe "Restaurierung und Museumstechnik" soll eine Lücke geschlossen werden, die bisher dem Restaurator das Hineinfinden in die Techniken des Formens und Gießens erschwerte. Es gibt unseres Wissens keine Publikation, die einen Gesamtüberblick über dieses Gebiet in seiner Nutzanwendung für die museale Praxis bringt. Der Interessierte mußte sich die notwendigen Grundlagen aus weit verstreuten Einzelveröffentlichungen zusammentragen.

Auch hier werden wir mit einer Eigenart restauratorischer Tätigkeit konfrontiert: Aus einem großen und komplizierten Komplex technologischer Fertigungsverfahren - hier der spanlosen Formung -, der eine Vielzahl von Einzelberufen und Techniken umfaßt, müssen die industriell angewendeten Prinzipien auf die handwerkliche Einzelfertigung in der Restaurierungswerkstatt und die jeweils neue Situation übertragen werden. Das bietet wohl Anreiz, fordert aber auch Beschränkung. Es gibt kaum eine formerische Aufgabe im musealen Bereich, die von Restauratoren nicht realisiert worden wäre, vom feinsten Filigranwerk bis zum Nachguß einer Großplastik. Trotzdem muß sich das Formen und Gießen einordnen neben vielen anderen technischen, handwerklichen und künstlerischen Fertigkeiten, und es soll ökonomisch vertretbar bleiben.

Der Restaurator soll nicht zum Former oder Gießer qualifiziert werden. Er muß aber die Entwicklung dieser Technologie und die grundsätzlichen Anwendungsmöglichkeiten für seinen Bereich kennen lernen. Deshalb werden einfache Herstellungsbeispiele und nicht ausgefeilte Massenfertigungsverfahren der Industrie als Anknüpfungspunkt für eigene Aufgaben beschrieben.

Für die Ausbildung von Restauratoren diene vorliegende Publikation als Leitfaden, für den Fachmann, der nur hin und wieder mit solchen Aufgaben beschäftigt ist, als Nachschlagewerk.

Wir glauben, daß auch außerhalb der Museen manche Anregungen für Arbeitsgemeinschaften, privates Hobby und interessante Beschäftigung zur Vervielfältigung von mancherlei Gegenständen gegeben werden können.

Ich bedanke mich für die Mitarbeit von Gerhard Blumenstein (Modellanfertigung), Georg Gonsior, Wolfgang Luster mann, Peter Sieber (Fotos), Renate Meuche und Ruth Pfothenhauer (Zeichnungen).

Zur 2. Auflage

Dieser Band hat eine unerwartet große Resonanz nicht nur bei den Fachkollegen gefunden, sondern auch viele Arbeitsgemeinschaften, Bastler und "Hobbyformer" angesprochen.

In der zweiten Auflage sind neue terminologische Festlegungen berücksichtigt und die Literaturangaben aktualisiert worden. Ich danke für alle freundlichen Hinweise, Herrn Gunter Blankschein für seine Hilfe bei der Überarbeitung im Kapitel Kunststoffformen.

Möge diese Auflage ebenso positiv aufgenommen werden wie die erste und Hilfe leisten bei der Arbeit und bei freizeitlicher Beschäftigung.

Zur 3. Auflage

Das weiterhin große Interesse an der Thematik und die offensichtlich erfolgreiche Einbeziehung dieses Bandes in Ausbildung und Praxis haben eine dritte Auflage erforderlich gemacht. In ihr wurden Ergänzungen angefügt und Erfahrungen aus der laufenden Arbeit berücksichtigt. Typenbezeichnungen sind aktualisiert worden, was allerdings auf längere Zeit die Information beim Hersteller nicht ersetzen kann.

Ich danke Gerhard Blumenstein für nützliche Hinweise aus seiner anspruchsvollen und vielseitigen Tätigkeit.

Weimar, im Februar 1989

Joachim Ersfeld

I N H A L T

	<u>Seite</u>
1. Historisch-technologischer Überblick	7
2. Formtechniken	10
2.1. Starre Form	11
2.1.1. Herd- oder Tiegelform	11
Museale Anwendung	13
Isolierschema	14
Herstellung von Herdformen	15
2.1.2. Verdeckte Form	17
Museale Anwendung	21
Herstellung einer Sichelform	21
2.1.3. Schalen- oder Klappform	22
Museale Anwendung	24
Herstellung von Klappformen	27
2.1.4. Keil- oder Stückform	28
Museale Anwendung	29
Herstellung von Stückformen	30
Stückformen aus Wachs	35
2.2. Wachsausschmelzverfahren (Cire-perdue)	37
2.2.1. Verlorene Form	37
Museale Anwendung	39
Herstellung eines Wendelringnaghusses	39
2.2.2. Überfangguß	40
2.3. Elastische Form	41
2.3.1. Leimform	42
Kriterien für den Einsatz von flexiblen Formträgern	43
Herstellung einer Leimform	45
2.3.2. Kunststoffformen	51
Kunststoffformmaterial	52
Herstellung von Kunststoffformen	56
2.4. Kombinierte Formen	60
2.5. Spezielle Anwendungen von Formen	61
2.5.1. Masken vom Lebenden und vom Toten	61
Herstellung einer Lebendmaske	61
Herstellung einer Totenmaske	64

	<u>Seite</u>
2.5.2. Mechanische Reproduktion	64
Abdrücke, Abrollung	64
Lesbarmachung von feinsten Ritzungen	64
Latexabzüge von Inschriften und Zeichnungen	64
Abklatsche	68
Rubbings	69
2.5.3. Ausformen von Hohlkörpern in Keramik und Stein	70
Fruchtkornabdrücke in Keramik und Hüttenlehm	70
Ausformen von Hohlräumen im Stein	71
2.5.4. Innenausformung von Schädeln	73
2.5.5. Metallisierte Münzkopien in Keramik	76
3. Gieß- und Ausformtechniken	76
Ausformmaterial	77
Isolierung	78
3.1. Statischer Guß (Schwerkraftguß)	79
3.1.1. Fallguß	79
3.1.2. Steigender Fuß	79
3.1.3. Hohlguß	79
3.2. Dynamischer Guß	80
3.2.1. Schleuderguß	80
3.2.2. Rüttelguß	81
3.3. Formenbeschichtung	82
3.3.1. Ausdrücken und Laminieren	83
3.3.2. Gipsspritzen	84
3.4. Ausschäumen	85
4. Vergrößerungen	86
5. Verfestigung von Gipsabgüssen	87
5.1. Härte- und Festigungsmittel	87
5.1.1. Melamin-Formaldehydharze	87
5.1.2. Modellhärter LAW	87
5.1.3. Versteifungen	88
6. Galvanoplastische Nachbildungen	88
6.1. Vorbereitende Arbeiten	89
6.1.1. Abformen	89
Gipsformen	89
Wachsformen	90
Kautschukformen	90
6.1.2. Stromzuführung	90

	<u>Seite</u>
6.1.3. Leitendmachen der Form	93
Graphitieren	93
Metallpulver	94
Leitlacke	94
Leitendmachen auf chemischem Wege	94
6.1.4. Niederschlagsblenden	94
6.2. Kupfergalvanoplastik	95
6.2.1. Anoden	95
6.2.2. Elektrolyte	96
6.2.3. Stromversorgung	97
6.3. Nacharbeiten	97
6.3.1. Verstärken	97
Hintergießen	97
Auslöten	98
6.3.2. Aussägen und Verschleifen	98
6.3.3. Montieren	99
6.3.4. Galvanische Weiterbehandlung	99
6.4. Herstellungsbeispiele	99
6.4.1. Kerngalvanoplastik	99
6.4.2. Hohlgalvanoplastik	100
6.4.3. Münzgalvanoplastik	101
6.4.4. Vollplastisches Galvano	101
7. Literatur	102
8. Sachregister	108

1. Historisch-technologischer Überblick

Die Techniken des Formens und Gießens haben ihren Ursprung im Metallguß, der seit Jahrtausenden nachzuweisen ist (Abb. 1). Die Fähigkeit, die Metalle für die Herstellung von Schmuck, Waffen und Gerät gewinnen und bearbeiten zu können, drückt sich in der Bezeichnung von Zeitepochen aus: Bronzezeit (1800 - 750 v. u. Z.) und vorrömische Eisenzeit (750 v. u. Z. bis zum Beginn unserer Zeitrechnung).



Abb. 1: Metallguß in Ägypten vor 3500 Jahren. Ausschnitt aus einer Wanddarstellung im Grabe des Rehmara

Die steigenden Anforderungen an die formnerische Aufgabe, die sich anpassen muß an die Gestalt des Gußstückes und das Material, aus dem es hergestellt werden soll, führten zu einer folgerichtigen Entwicklung der grundsätzlich möglichen Techniken. Das Schema zeigt, daß sich bis zur Neuzeit an diesen prinzipiellen Formmöglichkeiten: Tiegelform → Verdeckte Form → Schalenform → Keilform → Verlorene Form, nichts geändert hat (Abb. 2).

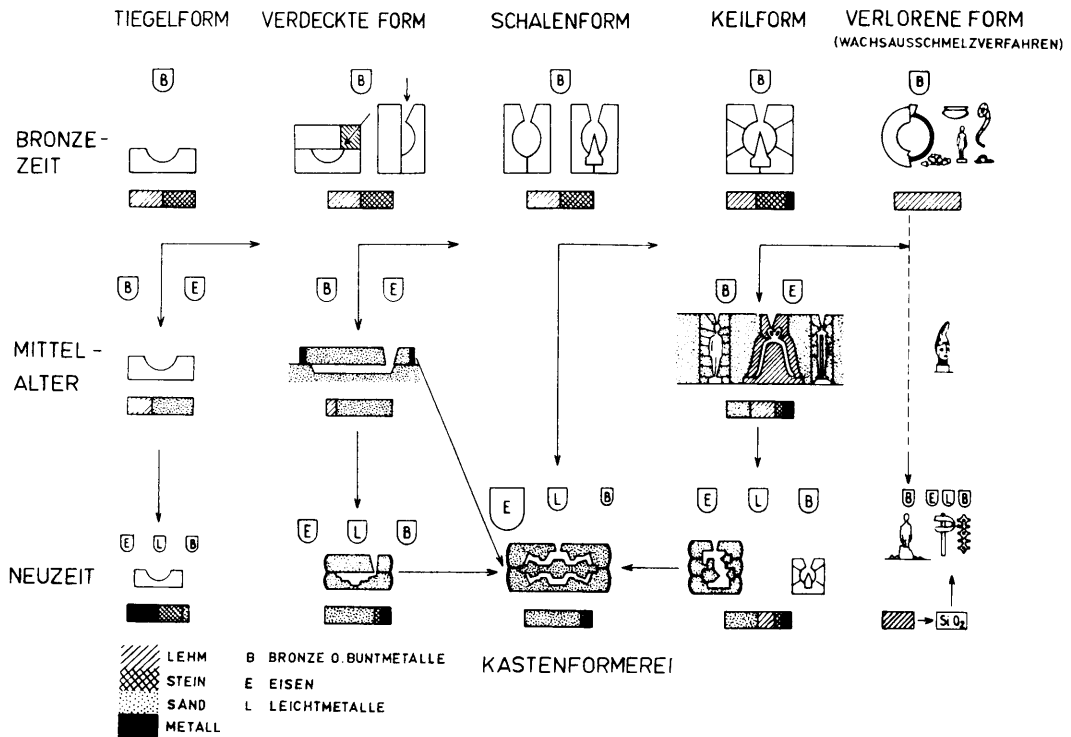


Abb. 2: Die Entwicklung der Formtechniken. Nach Emmerling

Mit dem Entstehen handwerklicher Produktionszentren und der Notwendigkeit industrieller Massenherstellung wurden diese Techniken lediglich verfeinert, materialmäßig optimiert und auf die Erreichung hoher Modelltreue ausgerichtet. Die Kastenformerei – im Prinzip der Schalenform, der verdeckten Form oder der Keilform entsprechend – war der Durchbruch zu produktionsintensiver Gußherstellung. Ab etwa 1930 konnte das Modellausschmelzverfahren durch den Einsatz hochfeuerfester keramischer Stoffe in Verbindung mit Ethylsilicat als Formmaterial auf alle Eisenlegierungen ausgedehnt werden. Die Anordnung von Wachsmodellen zu Modellbäumen und Modelltrauben für diese Technik erlaubt die wirtschaftliche Herstellung von Kleinteilen in Speziallegierungen mit Schmelztemperaturen von über 1.500 °C als Präzisionsguß mit beachtlichen Genauigkeitsparametern. In dieser Technologie erkennen wir die Grundzüge der im Folgenden beschriebenen Verfahren in technisch perfekter Form wieder (Abb. 3). Ihre Kenntnis und Beherrschung sind Voraussetzung, um originalgetreue Dubletten mit ökonomisch vertretbarem Aufwand herstellen zu können. Dennoch besteht ein grundsätzlicher Unterschied zur Gießtechnik der Industrie: Dort werden die zum Gießen vorgesehenen Modelle mit zum Teil beträchtlichem Aufwand speziell für die Formaufgabe stabil hergestellt, manchmal im Hinblick auf günstige Ausformmöglichkeit in Einzelteile zerlegt. Die Abgußaufgabe des Restaurators ist durch das Original in seiner einmaligen Vorlage mit allen Eigenheiten an Materialempfindlichkeit, Bemalung oder Oberflächenstruktur gegeben.

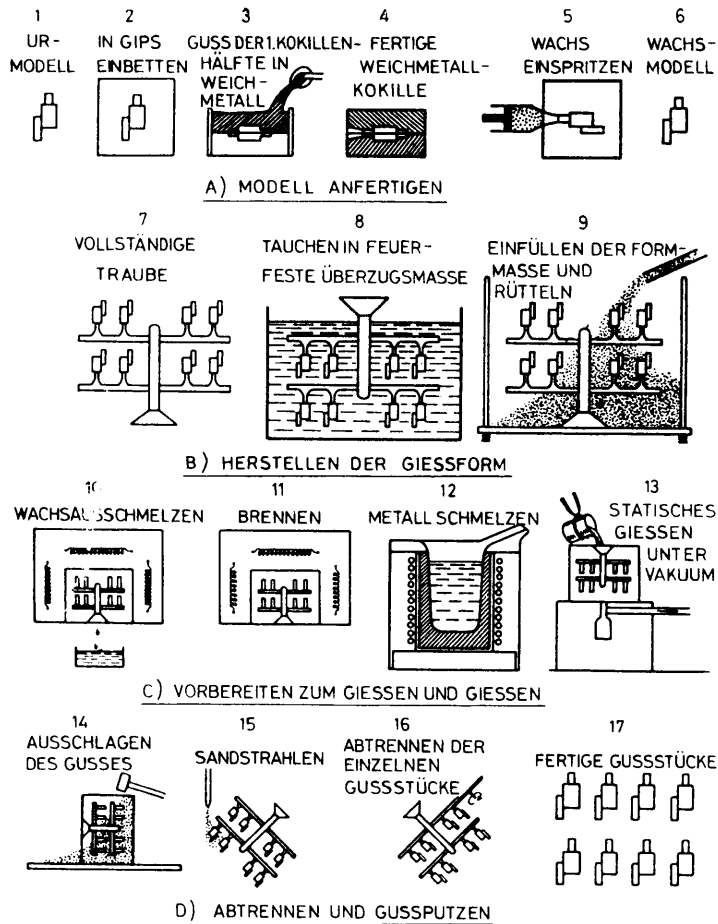


Abb. 3: Schematische Darstellung des Arbeitsablaufes beim Modellausschmelzverfahren.
Nach Allendorf 1958.

Das Gießen ist in Verbindung mit dem Formen ein Verfahren der Formgebung. In der Metallbearbeitung zählt es zu den spanlosen Bearbeitungsverfahren. Es beruht auf der Eigenschaft geeigneter Stoffe,

- aus dem flüssigen oder teigigen Aggregatzustand,
- aus einer Suspension (Aufschwemmung), oder
- aus einer Lösung

in den festen Aggregatzustand überzugehen und dabei die Form des Gefäßhohlraumes anzunehmen.

Die Überführung aus dem fließfähigen in den festen Zustand kann erfolgen durch

- Schmelzen (z. B. Metalle, Wachs, Glas, Schwefel), wobei die Erstarrung rückläufig beim Abkühlen eintritt,
- durch Entziehen des flüssigen Lösungs- oder Mengungsmittels im Absaug- oder Verdunstungsverfahren, wodurch die Aufschwemmungen feste Gestalt annehmen (z. B. wird der Porzellanmasse - Kaolin in Wasser - durch die saugfähige Gipsform und durch Verdunstung in der Wärme Wasser entzogen),

- Verbindung der Flüssigkeit mit dem Stoff unter Erhärtung (z. B. Gips, der beim Brennen abgegebenes Kristallwasser wieder aufnehmen kann und dabei fest wird, oder die Bildung von festen Polymeren bei der Polymerisation von Kunststoffen).

Der Abguß ist das Ergebnis der Einzelarbeitsgänge:

- Formen
1. im Hinblick auf die Beschaffenheit des Originals
 2. in Kenntnis des zu verwendenden Gußmaterials
 3. unter Berücksichtigung der notwendigen Gießtechnik
 4. entsprechend der Anzahl der vorgesehenen Abgüsse.

- Isolieren
1. wenn es das Formmaterial erfordert
 2. in Verträglichkeit zum Ausgußmaterial

Ausgießen mit dem vorgesehenen oder mit gleich geeignetem Material

Entformen mit Rücksicht darauf, ob die Form weiterverwendet werden soll

Verputzen in den Fällen, in denen die Beseitigung von Gußfahnen, Nähten, Lunkern u. dgl. keine wesentliche Beeinträchtigung des Abgusses darstellt oder zu vertreten ist.

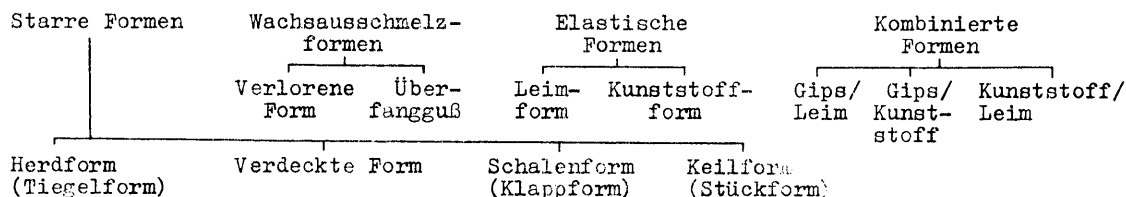
Die Vielfalt der Techniken, Kombinationen und Arbeitsgänge setzt das Wissen um den Gesamtkomplex Formen und Gießen voraus. Der besseren Übersicht wegen sind die Themen hier chronologisch aufgeführt, obwohl die Probleme des Gießens beim Formenbau mit berücksichtigt werden müssen. (1, 28, 33, 36, 76, 80, 116)

2. Formtechniken

Von einer Form wird verlangt, daß sie dauerhaft ist, wenigstens aber einen Guß aushält. Sie muß dem Flüssigkeitsdruck des einzugießenden Materials standhalten und Zeichnungsschärfe besitzen. Mehrteilige Formen müssen dicht schließen, damit die Grate am Gußstück (Gußnähte und -fahnen) klein bleiben und sich leicht entfernen lassen. Die Luft muß entweichen können, entweder durch die Eingußöffnung, durch das Formmaterial oder durch besonders angelegte Kanäle (Gußpfeifen, deren Bezeichnung auf das pfeifende Geräusch der entweichenden Luft hinweist). Die Formfläche darf sich nicht mit dem Gußmaterial verbinden.

Zum Formen rechnet man auch den Vorgang hinzu, bei dem Vorformen von Modellen (Matrizen) oder Gegenformen (Patrizen) angefertigt werden. (6, 80)

Entsprechend den eingesetzten Materialien kann man folgende Formtechniken unterscheiden:



2.1. Starre Form

Die traditionellen Abformverfahren beruhen auf dem Prinzip, daß der Formträger eine feste, nicht flexible Eigenschaft besitzt oder nach dem Aufgießen annimmt. Es darf nur so viel der Oberfläche eines Modells eingeformt werden, wie ohne Beschädigung der Form oder des Modells wieder entformt werden kann. Eine kompliziertere Vorlage ist demnach mit zwei oder mehr aneinandergesetzten Formteilen zu erfassen, wobei die Kunst des Formers darin liegt, die Zahl der Teile so gering wie möglich zu halten, um wenig Nahtstellen zwischen den Teilen zu bekommen. Diese Nahtstellen müssen im Abguß überarbeitet werden und stellen eine Beeinträchtigung der Originaltreue dar.

In der Museumstechnik wird die starre Form mehr und mehr von der flexiblen Form verdrängt, die präzisere Abgüsse bringt und leichter und schneller herzustellen ist. Die Kosten gummielastischer Formmassen sind jedoch vergleichsweise sehr hoch, so daß im Einzelfall abgewogen werden muß, welches Verfahren bei der gestellten Aufgabe ökonomisch vertretbar ist. Der Arbeitstechnik nach orientieren sich die Arbeiten mit flexiblem Material prinzipiell auf die alten Verfahren des Abformens in starren Formen. (6, 29, 45, 87, 121)

2.1.1. Herd- oder Tiegelform

In glattgestrichenem Lehm drückt man das Modell ab, welches entweder ein schon vorhandenes Gußstück oder aus leicht zu bearbeitendem Material hergestellt ist. Das so entstandene Formnegativ wird nach dem Trocknen vollgegossen. Eine solche Form gibt dem Gußstück nur auf der Vorderseite seine Gestalt. Auf der Rückseite wird sie durch das mehr oder weniger glattgeflossene erstarrte Metall dargestellt.

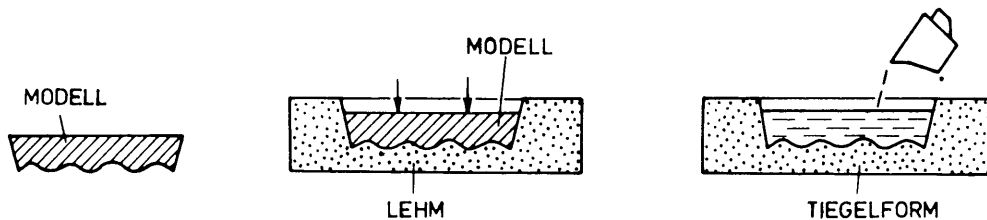


Abb. 4: Das Prinzip der Herd- oder Tiegelform

Da Lehmformen nicht dauerhaft sind, wurden für wiederholte Ausgüsse Steinformen, besonders poröse Sandsteinformen, verwendet. Dazu mußte aus dem zuvor auf der Oberfläche glattgeschliffenen Stein das Formnegativ herausgearbeitet werden.

In einer Herd- oder Tiegelform konnten nur flache, einfache Gegenstände wie Messer, Sicheln und Fibelplatten gegossen werden. Im Mittelalter hat man größere Bronzeplatten mit figuralem und ornamentalem Schmuck auf diese Weise gegossen. Im aufkommenden Eisenguß diente das Verfahren zur Herstellung gußeiserner Ofen- und Grabplatten. Da sich Lehm für den Eisenguß nicht eignet, verwendete man angefeuchteten Sand, in den Modellplatten aus Holz eingedrückt wurden, oft mehrere für ein Gußstück aneinander. Dadurch war es möglich, Muster und bildliche Darstellungen zu variieren.

Abb. 5 zeigt eine eiserne Ofenplatte aus der zweiten Hälfte des 16. Jh., deren Form aus zwei Modellplatten hergestellt wurde. Die Rückseite dieser Platte ist ungleich-

mäßig und blasig, was durch eine nicht ganz waagrecht stehende Form und durch Gasentwicklung beim Gießen hervorgerufen wurde.

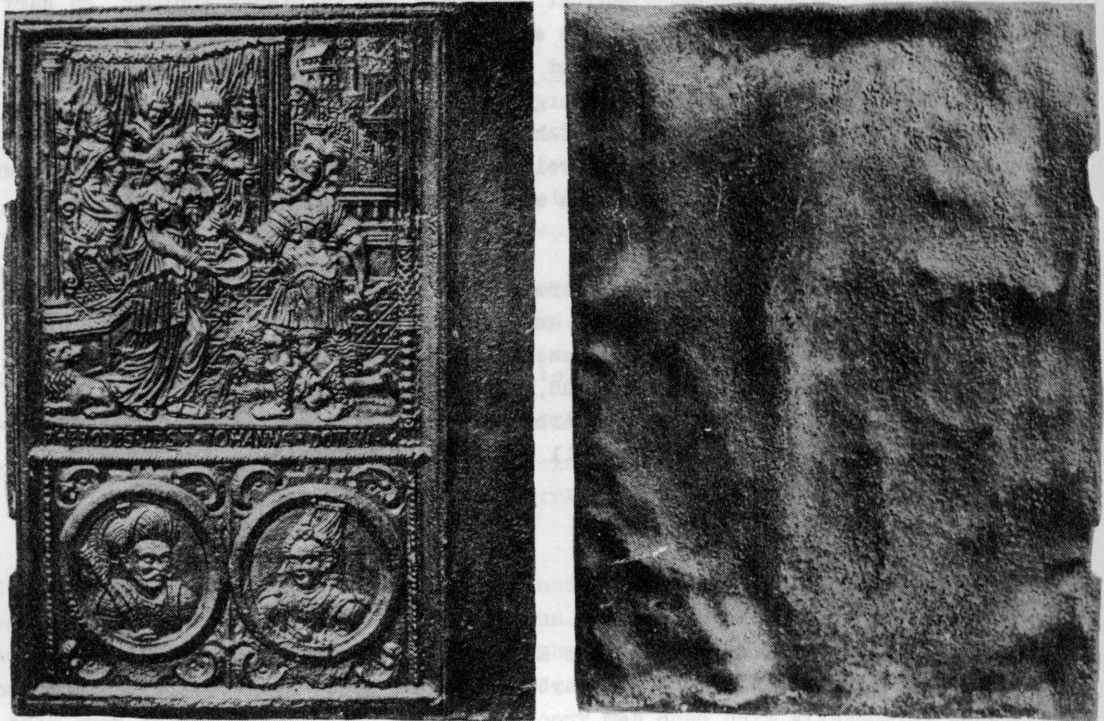


Abb. 5: Vorder- und Rückseite einer eisernen Ofenplatte, im 16. Jh. in einer Tiegelform gegossen.

Eine Tiegelform darf keine stark plastischen Erhebungen und keine Unterschneidungen aufweisen, sonst zerbricht beim Abnehmen entweder die Form, oder das Modell erleidet Schaden.

Unterschneidungen werden von Oberflächenformen gebildet, deren aufstrebende Kanten einen Winkel von 90° oder kleiner nach außen hin darstellen (Abb. 6).



Abb. 6: Unterschneidungen

Da in unseren Werkstätten selten mit Metall gegossen wird, es andererseits aber auf größte Abbildungsschärfe ankommt, die in Sand und Ton nicht zu erzielen ist, wird das Prinzip der Tiegelform zwar angewendet, aber anderes Formmaterial eingesetzt (Abb. 7).

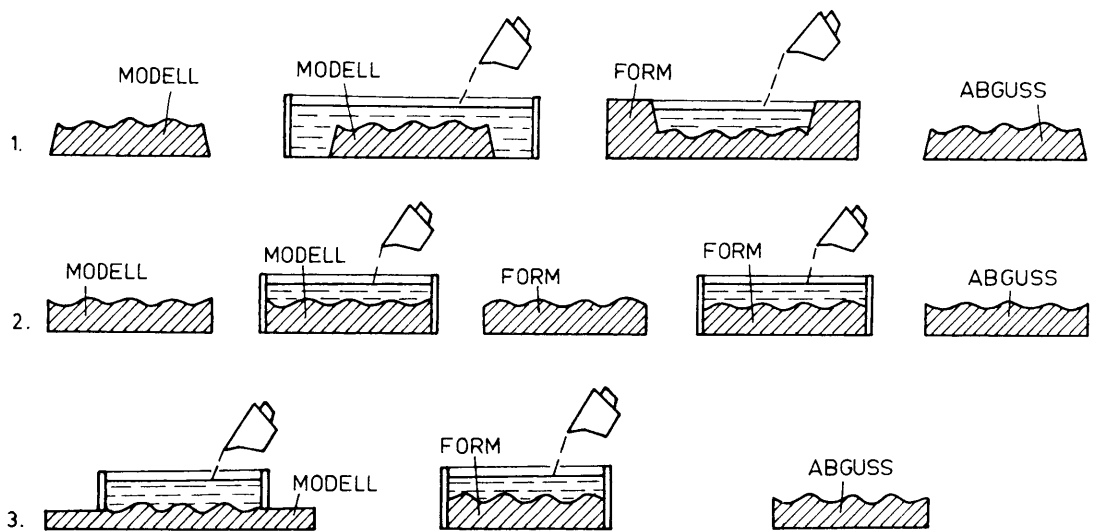


Abb. 7: Möglichkeiten der Herdformherstellung

1. Mit Abformung des Modellrandes
2. Der Rand ist gleichzeitig die Begrenzungsfläche
3. Teilabformung aus der Fläche heraus

Museale Anwendung

Abformen von relativ flach modellierten oder einseitig bearbeiteten Vorlagen wie Flachreliefs, Vorder- bzw. Rückseiten von Münzen und Siegeln, Abdrücken aller Art, geologischen Modellen u. dgl. aus Ton, Gips, Keramik, Wachs, Stein, Metall, Holz, Kunststoff.

Abformmaterial:

Gips, Ton, Plastilin, Wachs, Abdruckkompositionen, PVC-Masse, Epoxid- und Polyesterharze.

Ausgußmaterial:

Gips, Wachs, Zement, Schwefelgußmasse, Gießharze.

Arbeitsablauf:

1. Kontrolle der Festigkeit der Oberfläche, evtl. Festigen mit dünner, heller Schellacklösung. Porösen, pulvrigen Gips behandelt man mehrmals mit warmem Leinölfirnis, der einige Tage in gelinder Wärme trocknen muß.
2. Die saubere, feste Oberfläche entsprechend dem Isolierschema gegen die Formmasse isolieren, damit sie sich nicht mit dem Modellmaterial verbindet.
3. Schaffung einer Begrenzung für das Formmaterial aus Pappe, Holz, Kunststoffstreifen oder Folie in einem Holzkasten, Glas- oder Metallplatten oder einfach Ton oder Plastilin.
4. Einfüllen des Formmaterials.
5. Formbegrenzung abnehmen, Ausformen des Modells.
6. Isolieren der Form.
7. Ausgießen der Form.
8. Ausformen des Gießlings.
9. Reinigen des Modells, Entfernung der Isolierschicht.
10. Verputzen des Abgusses und Weiterbehandlung (Tönen).

Isolierteschema

A b f o r m m a t e r i a l

Modellmaterial	For- Plastilin:	Wachs	Gips	Zement	Leim	Polyvinyl- chlorid	Silicon- kautschuk- pasten	Epoxyd- Polyesterharz	Polyurethan- schaumstoff
Stein glatt porig	Vaseline Seifen- lösung	Talkum, Wasser, Seifen- lösung	Petrol- Stearin- Seifen- lösung	Vaseline Petrol- Stearin	Petrol- Stearin Petrol- Stearin	Talkum Petrol- Stearin	ohne ohne, evtl. PVA	Vaseline, Wachs Trennlack + Öl	Wachs- lösungen Wachs- lösungen
Keramik	Seifen- lösung	Seifen- lösung	Seifen- lösung	Polyvi- nylalko- hol + Schutz- wachs	Seifen- lösung	Talkum	ohne, evtl. Seifen- lösung	Polyvinyl- alkohol + Bohrerwachs	Für Einbet- tungen PS-Folie
Ton		Silicon- spray	Petrol- Stearin	Talkum	Siliconöl, Petrol- Stearin		Talkum Silicon- spray	Polyvinyl- acetat	gelöstes Wachs (Schutzwachs)
Gips	Seifen- lösung Vaseline Öl	Vaseline Silicon- öl	Vaseline Petrol- Stearin Pottasche- lösung	Firniss, dann Petrol- Stearin	Schellack, dann Seifenlösung oder Öl	Talkum	ohne, evtl. Silicon- spray	Polyvinylal- kohol + Hart- wachs, Vase- line, Sili- confett	Wachs- lösungen
Metall	Silicon Talkum Vaseline	Silicon- spray	Petrol- Stearin Vaseline	Schutz- wachs + Vaseline	Vaseline Siliconöl	Talkum	Vaseline	Schutzwachs + Vaseline	Schutzwachs + Siliconöl
Holz, Knochen	Seifen- lösung	Seifen- lösung	Seifen- lösung	Polyvi- nylalko- hol	Petrol- Stearin	Seifen- lösung	Vaseline	Polyvinylal- kohol, Trenn- lack + Hart- wachs	
Wachs	Talkum	Talkum	Seifen- lösung	Talkum		Talkum	ohne		ohne
Kunst- stoff	Vaseline	Silicon- öl	Silicon- spray Vaseline	Vaseline	Siliconöl	Talkum	Vaseline	nach Gebrauchs- anweisung, evtl. Hartwachs	konfektio- nierte PUR- Trennmittel

Herstellung von Herdformen

Der Ablauf eines Herdformbaues wird an zwei Beispielen demonstriert:

1. Von der Darstellung eines Aztekenkalenders in gebranntem Ton, Durchmesser ca. 30 cm, Stärke ca. 1 cm, soll eine Gipskopie hergestellt werden. Das Modell besitzt keine Unterschneidungen. Die geforderte Qualität wird bei nur einem Abguß (oder wenigen Abgüssen) vom Formmaterial Gips gebracht.

Das Modell wird, weil es stark verschmutzt ist, mit Latexkonzentrat mehrmals eingestrichen. Beim Abziehen des getrockneten Filmes bleiben die Staub- und Schmutzteile an diesem hängen, und die Oberfläche des Modelles ist porenrein.

Die Unterseite des Modells liegt nicht völlig plan auf, würde also vom Gips unterlaufen werden. Deshalb muß man auf eine Tonunterlage aufbetten: Der weiche Ton wird mit einem talkumierten Nudelholz auf einer Holzunterlage ausgewalzt und das Modell aufgedrückt. Vorteilhaft arbeitet man dabei nicht direkt auf der Tischplatte, sondern auf einer starken Glasunterlage oder einer Holzplatte, die man nach Bedarf handhaben kann.

Im Abstand von 2 - 3 cm zum Modellrand setzt man die Formbegrenzung an, in diesem Falle PVC-Folie, ca. 1 mm stark, die in den Ton gedrückt und an der Überlappung mit Kunststoff-Wäscheklammern oder mit Schrauben und Muttern geschlossen wird. Der Ton muß die Folie außen fest abdichten und auf jeden Fall dem Druck des Gipses standhalten.

Das Modell wird mit Seifenlösung (in Wasser aufgekochte Seifenflocken oder geraspelte Kernseife mit etwas Rübölzusatz) dünn und gleichmäßig eingestrichen, ohne Pinselstreifen zu hinterlassen oder Vertiefungen damit zuzusetzen. Am besten aufpinseln, den Überschuß mit trockenem Mullbausch aufnehmen, die Vertiefungen mit dem Pinsel ausstutzen und mit den Fingern überglätten.

Zum Gipsanrühren gibt man in das Wasser eine Spur Netzmittel (Fit, Filpon, Spiritus), das die Kriechfähigkeit des Gipsbreies bedeutend erhöht. Der Modellgips wird entweder langsam auf die Oberfläche gestreut oder besser durch ein engmaschiges Sieb gegeben, immer nur soviel, daß keine Schicht oben liegenbleibt und solange er noch absinkt. Zum Schluß darf weder blankes Wasser stehenbleiben, noch trockener Gips aufliegen. Beim Durchschlagen soll möglichst wenig Luft eingebracht werden. Durch Aufstauchen des Gipsbechers kommen die noch eingeschlossenen Luftbläschen nach oben und lassen sich leicht entfernen.

Man gießt vom Rande her auf und immer von den tiefsten Stellen nach oben, damit sich nicht an Kanten Luftblasen festsetzen oder in Vertiefungen eingeschlossen werden. Mit einem weichen Pinsel treibt man den Gips in die Tiefen hinein. Wenn die ganze Fläche benetzt ist, gießt man den Rest auf, schlägt einige Male mit der Faust fest auf den Arbeitstisch oder rüttelt an der Unterlage, wodurch die Oberfläche glattläuft.

Von dem vollständig erhärteten Gips (er muß warm geworden und wieder vollständig abgekühlt sein) entfernt man die Randfolie und das Tonlager und schlägt mit einem kleinen Holzhammer einige Male auf die angenobene umgekehrte Form, wodurch das Modell sich leicht lösen wird. (Abb. 8)



Abb. 8: Das umrandete Modell und die abgenommene Form

Um der Negativfläche eine höhere Festigkeit zu geben, streicht man sie wiederholt mit dünner Schellacklösung ein (Schellackplättchen in Spiritus aufgelöst). Dann trägt man das Isoliermittel auf, das eine deutlich spürbar fettige Oberfläche hinterlassen muß, ohne die Struktur der Form zu beeinträchtigen (s. o.).

Zum Ausgießen wird die Form in der gleichen Weise aufgefüllt, wie das bei ihrer Herstellung beschrieben wurde. Man könnte auch eine größere Zahl von Abgüssen herstellen, wenn die Form nur jedesmal von neuem gefettet wird. Die sich im Laufe der Zeit in den Vertiefungen absetzenden Isoliermittelreste wäscht man hin und wieder mit Lösungsmittel aus. (131)

2. Vom Positivabdruck einer Libelle im Stein soll eine Kopie in steinähnlicher Schwefelmasse hergestellt werden. Größe des Originals ca. 15 x 9 cm; keine Unterschneidungen auf der Fläche.

Formmaterial Gips, Abgußmasse Schwefelgußmasse gelb
(VEB Fahlberg-List, Chemische Fabrik, Schönebeck (Elbe)).

In der gewünschten Größe setzt man um die Libelle einen Rand aus Tonstreifen, die man in gleicher Breite aus einer glattgewalzten Tonscheibe schneidet. Die Ecken werden außen miteinander verdrückt und die Seiten ebenfalls außen auf den Untergrund aufgedrückt, damit sie unbedingt festhalten.

Nach dem Isolieren des Originals mit Seifenlösung folgt der Gipseinguß in den Formkasten.

Die Seitenkanten der abgenommenen Form müssen genau gerade bearbeitet werden, am besten mit einem metallenen Gipsobel. Um den Gipsblock formt man aus Aluminiumblech einen Rand, der mindestens die Breite von Formstärke plus gewünschter Abgußstärke haben muß. Er wird mit Schraubzwingen an der Form festgehalten. (Bei unebenen Flächen sind Schraubzwingen mit Vorsicht zu gebrauchen!)

Da die Form mit heißer Schwefelmasse ausgegossen werden soll, darf sie nicht schellackiert werden. Der Schellack würde verbrennen. Um sie zu isolieren, legt man sie (besser vor dem Aufsetzen des Randes) einige Zeit in warmes Wasser und

läßt sie sich vollsaugen. Der beim Eingießen entstehende Wasserdampf verhindert das Festbacken der Schwefelmasse am Gips.

In einem flachen Tiegel erhitzt man im Freien oder unter einem Abzug die kleingeschlagenen Schwefelstücke. Der Schmelzpunkt ist zugleich der, an dem die Masse am dünnflüssigsten ist, mit weiterer Erhitzung wird sie zunehmend steifer und zuletzt teigig. Ist alles geschmolzen, läßt man unter stetigem Rühren wieder fast bis zum Erstarrungspunkt abkühlen und gießt dann zügig in den Formkasten hinein. Jetzt darf die Form keiner Erschütterung ausgesetzt werden, der Schwefel würde "erschrecken" und unter Bildung großblumiger Kristalle erstarren.

Der abgekühlte Gießling wird aus der Form genommen und kann nun mit Öl- oder Gouachefarbe nach dem Original getönt werden (Abb. 9). (97)

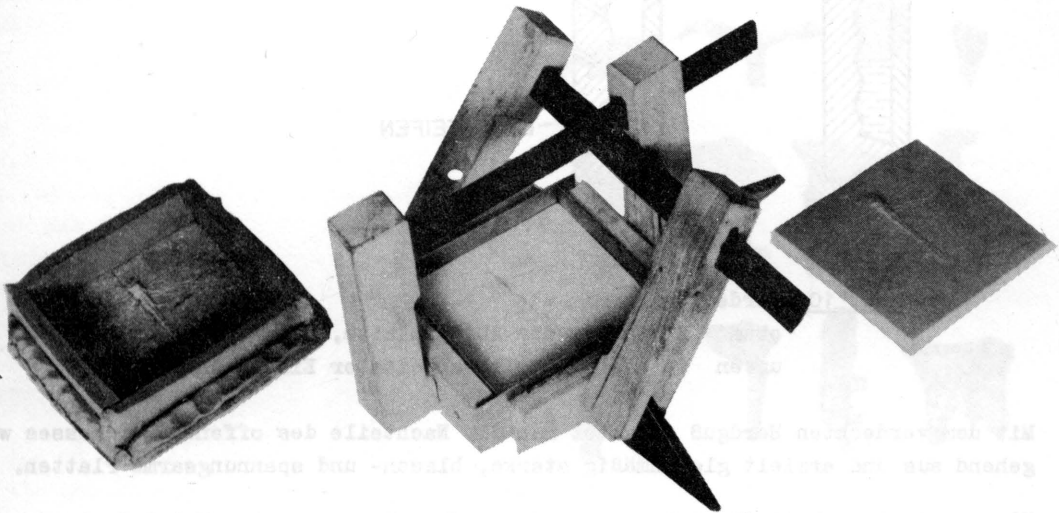


Abb. 9: Formrand auf dem Original, zum Ausgießen vorbereitete Form, Abguß in Schwefelmasse.

Achtung! Wird der Schwefel im Schmelztiegel überhitzt, entzündet er sich und brennt mit bläulich-grüner Flamme. Dann nur mit einem vorher bereitgelegten, entsprechend großen Deckel das Feuer ersticken, kein Wasser benutzen! Asbesthandschuhe und Lederschürze bei dieser Arbeit tragen!

2.1.2. Verdeckte Form

Sie ist eine Weiterentwicklung der offenen Herdform, indem auf diese eine trockene Lehmplatte oder ein glattgeschliffener Stein gelegt wurde. Um das Metall eingießen zu können, muß die Platte eine Aussparung bekommen, oder an das eigentliche Formteil wird ein Einlaufkanal angearbeitet. Zum Ausgießen muß man solche Formen aufstellen. Infolge des höheren Flüssigkeitsdruckes ergibt das schärfere Abgüsse, man wird nun aber auch Kanäle (Luftpfeifen) zum Entweichen der eingeschlossenen Luft anbringen (Abb. 10).

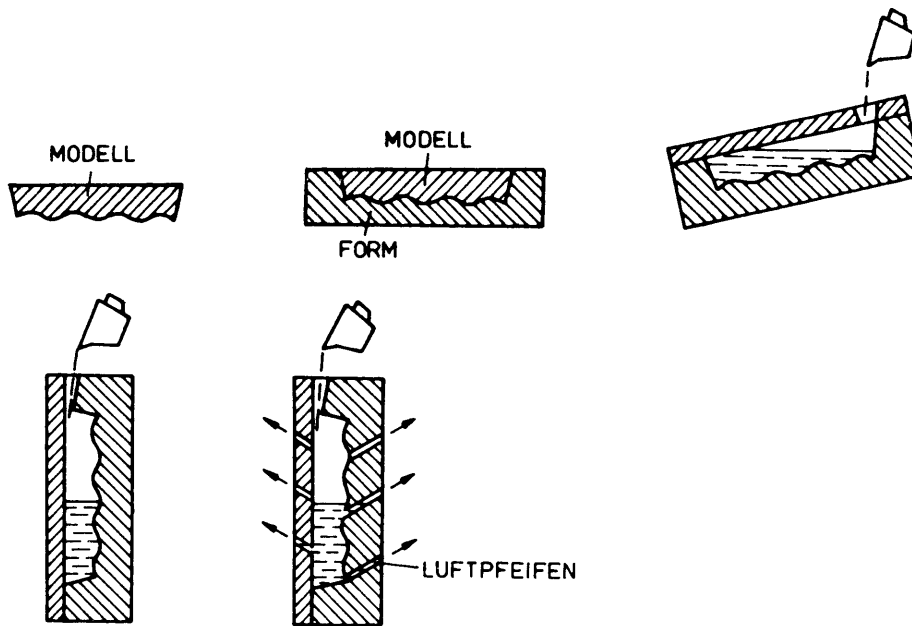


Abb. 10: Verdeckte Form:
oben Einguß in der Abdeckplatte,
unten in die Form eingearbeiteter Eingußkanal

Mit dem verdeckten Herdguß schaltet man die Nachteile des offenen Herdgusses weitgehend aus und erzielt gleichmäßig starke, blasen- und spannungsarme Platten. (29)

Hier gewinnt auch die Gestaltung des Einlaufkanals zum ersten Mal Bedeutung:

Bei jedem Eingußmaterial wird die oberste Schicht Mängel aufweisen. Dort sammeln sich die Luftblasen, welche in der Masse nach oben stiegen und vor dem Festwerden des Metalls nicht mehr entweichen konnten. Außerdem fällt die Oberfläche ein, was darauf zurückzuführen ist, daß die an den Wandzonen der Form sich zuerst bildenden Kristallite aus der Schmelze weitere Atome an sich reißen. In den Kristalliten beanspruchen die Atome jedoch weniger Raum als im beweglichen Zustand, so daß Substanzmangel eintritt, wenn keine Schmelze nachfließen kann: Es bilden sich Hohlräume im Inneren des Gießlings, sog. Lunkern.

Dem Formträger wird deshalb und aus folgenden Gründen ein "Materialreservoir" vorgesetzt, dessen Gestalt üblicherweise trichter- oder kegelförmig ist.

Der Eingußkegel

- . gestaltet das Einfließen infolge des sich dort sammelnden Materialüberschusses gleichmäßiger,
- . erhöht den Druck in der Form und verhilft dadurch zu größerer Schärfe,
- . ist ein Reservoir, aus dem während des Abbindens oder Erstarrens Material in die Form nachfließen kann,
- . ist Sammelbecken für Luftblasen, Schlacke usw., die sonst den Abguß in seiner Qualität beeinträchtigen würden.

Die Querschnittsform des Gußkegels sollte - besonders beim Metallguß - nicht kantig

sein. Wegen der Oberflächenspannung ist das Gußmaterial immer bestrebt, Kugelform anzunehmen. Es fließt also leichter durch runde oder ovale Öffnungen als durch kantige.

Diese Form wird auch bei den im Bild gezeigten frühgeschichtlichen Gußkegeln bevorzugt (Abb. 11).

Abb. 11: Frühgeschichtliche Gußkegel



Der Kegelausfluß soll zudem möglichst leicht geneigt und so angelegt sein, daß das Gußmaterial nicht in die Form hineinfällt, sondern an der Wandung hinabläuft. Man setzt ihn da an, wo die stärkeren zu den schwächeren Stellen hinführen (Abb. 12):

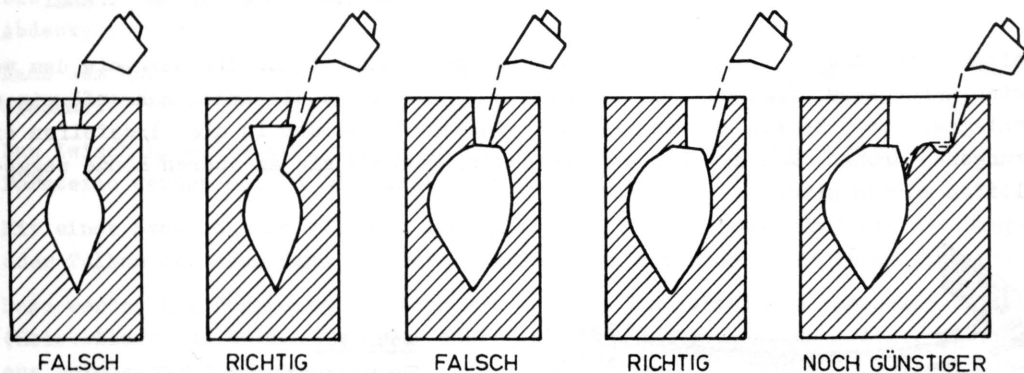


Abb. 12: Verschiedene Anordnung der Eingußkegel

Aus der Dental-Gußtechnik wurden die sog. "verlorenen Köpfe" übernommen. Sie sind in den Eingußwegen kurz vor dem Einlauf oder auch an den Stellen, die am weitesten

vom Einguß entfernt sind, eingearbeitet und machen etwa 1/8 des Gußstückvolumens aus. Sie stellen ebenfalls einen zusätzlichen Materialspeicher dar, verhindern das Abreißen des Eingußstromes und sind Wärmespeicher gegen vorzeitiges Abkühlen. Mit diesen verlorenen Köpfen kann die Homogenität des Abgusses beträchtlich zurehmen.

Luftpfeifen (oder Windpfeifen) werden in eine oder in beide Formhälften da eingeschnitten, wo die Luft sich sammelt, auf jeden Fall aber so, daß sie in dem Maße entweichen kann, wie das Gußmaterial einfließt. Zumindest in den unteren Teil der Pfeifen dringt dieses Material ein, weshalb sie so gestaltet sein sollen, daß die Form nicht auslaufen kann (zusammen nach oben hinausführen!) (Abb. 14).

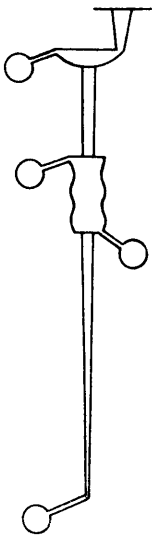


Abb. 13: Verlorene Köpfe

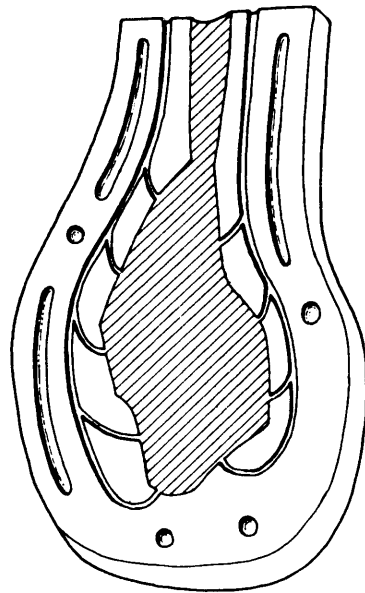


Abb. 14: Zusammenführen der Luftpfeifen in einen Hauptkanal

An einem beschädigten bronzezeitlichen Halskragen erkennt man die Merkmale des verdeckten Herdgusses. Nach dem Guß hat man ihn gebogen und die Enden röhrenförmig umgeschlagen. Die 5 Zapfen am unteren Rand sind die Reste der in die Windpfeifen eingedrunghenen Bronze. Man hat sie dort belassen, während sie am oberen Rande weggeschliffen worden sind.

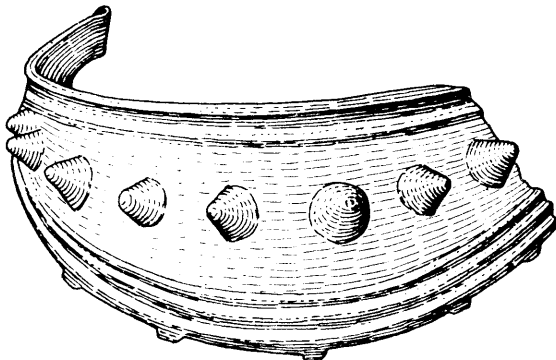


Abb. 15:

Bronzezeitlicher Halskragen (Halsberge) von Bliederstedt/Thür. mit den Merkmalen des verdeckten Herdgusses

Heute wird der verdeckte Herdguß industriell für einfache Gußstücke im Formkasten angewandt, wobei der Unterkasten die eigentliche Form, der Oberkasten die Abdeckung bildet. (36, 113)

Museale Anwendung

Abformen von flachen, einseitig profilierten Objekten, die in Metall oder Kunststoff-Schaumstoffen voll ausgegossen werden sollen und bei denen eine glattflächige Rückseite gefordert wird, wie z. B. Sichel, Fibelplatten, Reliefs.

Abformmaterial:

Gips, Abdruckkompositionen

Ausgußmaterial:

Gips, Wachs, Schaumharz, Zement, Kunststoff-Gießmassen, Schwefelgußmasse, Letternmetall o. ä. leichtschmelzende Gußmetalle

Arbeitsablauf:

Die Herstellung der Form von der Modellvorderseite gleicht der bei der Herdform beschriebenen. Ehe das Modell entformt wird, gießt man die Abdeckung der Rückseite. Ist das Modell rückseitig nicht glattflächig, wird es aus der Form genommen, diese mit Ton, Plastilin oder bei großen Formen mit Sand ausgefüllt und dann die Abdeckplatte gegossen. In manchen Fällen wird sich auch eine Metallplatte (Wärmeableitung beim Metalleinguß beachten!), eine Kunststoffplatte oder eine folienisolierte Holztafel als Abdeckung eignen.

Herstellung einer Sichelform

Aus einer steinernen Original-Sichelform soll im Umweg über eine Gipsform ein Ausguß in einer Blei-Zinn-Legierung hergestellt werden. Den Ausguß direkt aus dieser Form zu nehmen, verbietet der Zustand des Originals.

Die Originalform wird mit Seirenlösung isoliert. Der Ausguß entsteht in Dental-Hartgips, der vor dem Erstarren auf der Rückseite mit einem Kunststoffschaber glattgezogen wird.

Die ganze Fläche, einschließlich Positiv, erhält nochmals eine Isolation, und die Abdeckplatte wird gegossen.

Nach dem Entformen heftet man das Positiv wieder auf die Abdeckplatte, bildet einen Gießkasten und gießt die eigentliche Gipsform auf die gut isolierte Fläche.

Das Zwischenpositiv wird entnommen und ein Einguß in die Form eingearbeitet. Beide Formteile werden bei 60 °C vollständig getrocknet.

Mit einer Stearinkerze rußt man die Formflächen an oder man isoliert mit Graphit oder Talkum und kann dann die Metallegierung in die noch warme Form eingießen.

Dazu werden die Formteile entweder mit kleinen Schraubzwingen zusammengehalten (Holzbeilage auf beiden Seiten!) oder man verwendet besser Gummiringe, die man sich aus entsprechend dimensionierten alten Kraftfahrzeugschläuchen schneidet. Sie sind äußerst haltbar und geben den Formteilen sicheren Halt ohne partielle Überbeanspruchung.

Der Abguß kann galvanisch weiterbehandelt oder mit Farbe getönt werden.

In diesem Falle wäre es auch möglich, aus der neugewonnenen Form einen Ausguß im Tiegelguß zu gewinnen, da die Abdeckplatte des Originals ohnehin nicht vorhanden ist.

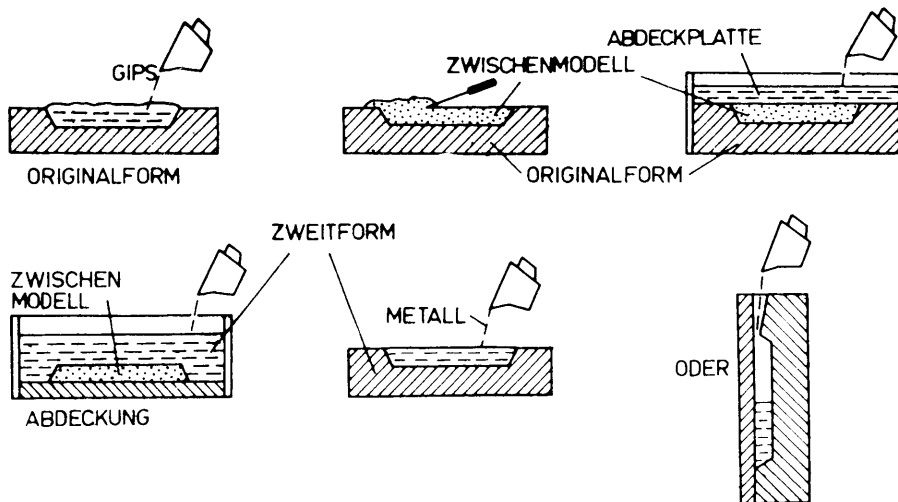


Abb. 16: Der Arbeitsgang bei der Herstellung einer Sichelform nach einem Abguß aus der Originalform

2.1.3. Schalen- oder Klappform

Durch Einarbeiten eines Formnegativs auch in die glatte Seite (die Abdeckplatte) der verdeckten Form entstand die Schalen- oder Klappform, mit der Gegenstände komplizierterer Gestalt bzw. mit beiderseitigem Relief gegossen werden können. Wichtig ist die Beachtung der Trennlinie, damit nicht in einer Formhälfte eine Überschneidung entsteht. Zapfen und Zapfenlöcher (sog. Schlösser) halten beide Teile in der richtigen Lage aufeinander. (29, 82, 90, 117)

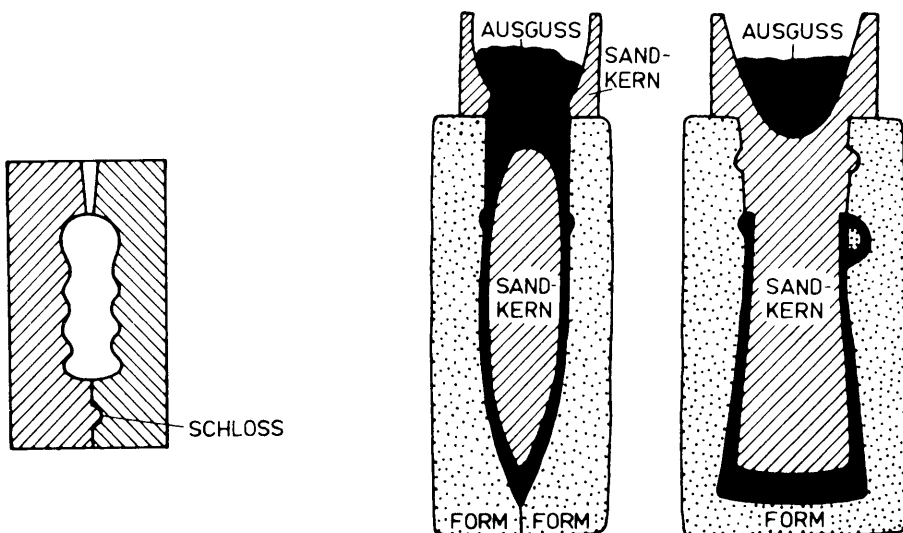


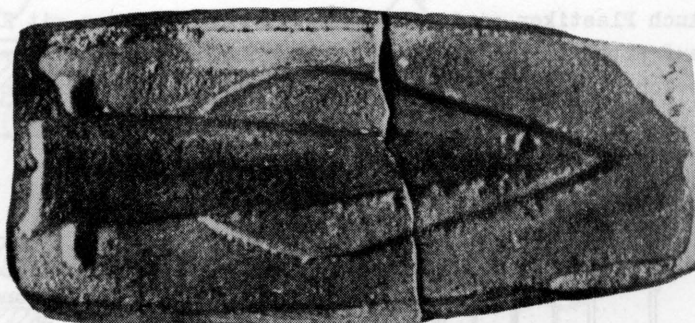
Abb. 17: Das Prinzip der Schalen- oder Klappform

Abb. 18: Schalenform mit Kern

Ein weiterer Fortschritt in der Formtechnik war die Verwendung eines Kernes. Damit wurde es möglich, Gußstücke mit Öffnungen zu gießen, z. B. Tüllenbeile, Pfeil- und Speerspitzen. In der schematischen Darstellung einer solchen Form sieht man, wie der Kern durch eingearbeitete Kernmarken in seiner Lage gehalten wird (Abb. 18). Auch an der Klappformhälfte für eine bronzezeitliche Speerspitze erkennt man die beiden Marken für die Kernhaltung (Abb. 19). Die Kerne wurden in besonderen Kernformen aus Lehm hergestellt oder aus Stein oder Metall zum häufigeren Gebrauch angefertigt. Das Metall tritt hier das erste Mal als Formmaterial auf. (72)

Abb. 19:

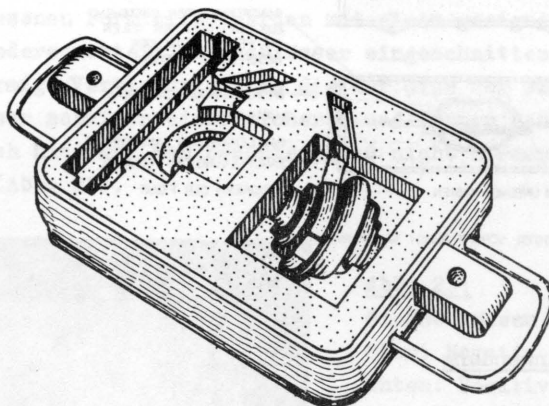
Steinerne Speerspitzenform mit Marken für die Kernhaltung



Im Mittelalter blieb diese Formart unverändert. In der heutigen Gießereitechnik spielt die Weiterentwicklung der Schalen- zur Kastenform eine große Rolle. Die Sandformerei in Formkästen ist heute die am häufigsten vorkommende Formtechnik für den Metallguß. Im Prinzip ist der zweiteilige Formkasten mit Sandform nichts anderes als eine Klappform (Abb. 20).

Abb. 20:

Formkastenunterteil mit Sandform für Lagerteile



Damit sich der Sand im Unterkasten nicht mit dem im Oberkasten verbindet, wird mit dünnem Papier, trockenem Sand oder Bärlappsamen isoliert. Einguß und Steigtrichter gehen durch den oberen Formteil hindurch - genau wie beim verdeckten Herdguß des Mittelalters - und nicht durch die Trennlinie der Formteile wie in der Bronzezeit.

Bei der heutigen Massenherstellung trennt man die Holz-, Metall- oder Kunstharzmodelle und befestigt die Hälften auf je einer Modellplatte. Auf diese werden die Kästen gesetzt und auf Rütteltischen mit Formsand gefüllt, welchen hydraulische Pressen feststampfen. In den fest gepreßten Sand wird mit Nadeln "Luft gestochen". Dadurch erübrigen sich besondere Luftkanäle, die nur noch bei großvolumigen Stücken

nötig sind. Nach dem Abnehmen der Kästen von den Modellplatten legt man die Kerne ein. Diese werden in Kernkästen (Kernformen) aus einer Mischung von Sand und Ton hergestellt, mit Metallnadeln stabilisiert und gebrannt. Die Form wird zusammengesetzt und ist fertig zum Gießen.

Für jeden Abguß muß eine neue Form hergestellt werden. Trotzdem ist das Verfahren wirtschaftlich: Das Formmaterial ist billig und zudem wiederverwertbar. Der Arbeitszeitanteil ist gering. Durch geschickte Anwendung von Kernen können komplizierte Gegenstände in Eisen, Buntmetall und auch in Leichtmetall gegossen werden.

Auch Plastiken gießt man in zweiteiligen Formen mit Kern. Die Formen werden dazu aufgestellt. Sie sind mit Luftkanälen und Kerneisen versehen. Die Wandstärke eines solchen Gußstückes beträgt 3 - 5 mm. Der Kern wird entfernt (Abb. 21). (24)

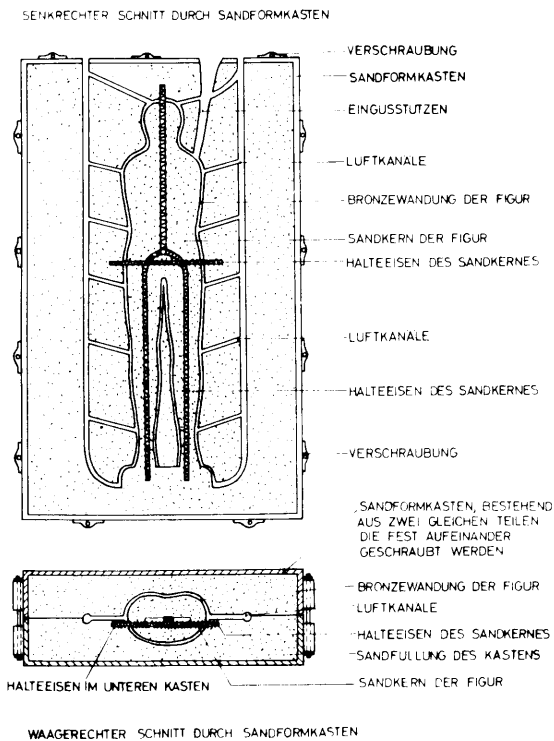


Abb. 21:

Sandform mit Kern für eine Bronzeplastik
 Nach Seitz 1951

Museale Anwendung

Abformung aller flachen, zweiseitig profilierten Körper ohne Unterscheidungen wie Münzen, Fibeln, Anhänger, Messer, Schwerter, Lanzen spitzen, Beile, Feuersteine

Abformmaterial:

Gips, Abdruckkompositionen, Wachs

Ausgußmaterial:

Gips, Wachs, Schaumharz, Zement, Kunststoff-Gießmassen, Schwefelgußmasse, niedrigschmelzende Metallegierungen (30, 55a, b)

Arbeitsablauf:

Der abzuformende Körper wird auf der Unterseite bis zu seinem äußersten Umfang eingebettet, um die Trennfläche beider Formteile zu schaffen. Dabei dürfen auf

keiner Seite Unterschneidungen entstehen. Bei Modellen rechteckigen Querschnitts sollte man die Seiten nicht rechtwinklig schneiden, sondern die Trennfläche über die Kanten ziehen. Dadurch wird die Reibungsfläche beim Abnehmen stark verringert und das Entformen erleichtert (Abb. 22). Als Einbettungsmaterial dienen Ton oder Plastilin.

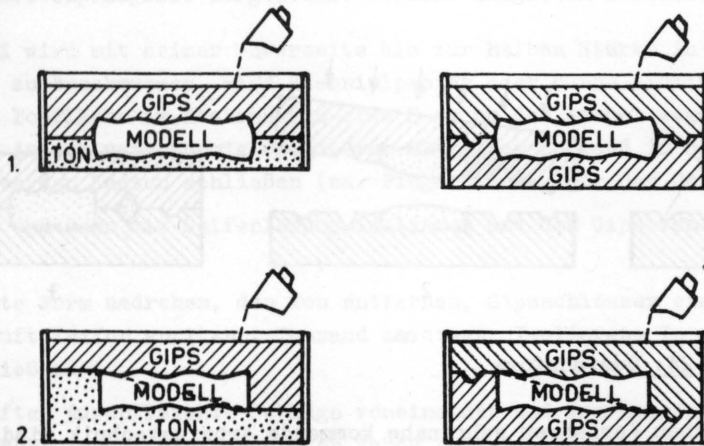


Abb. 22: Anordnung der Trennfugen:

1. am äußersten Umfang
2. über die Modellkanten

Man umrandet das eingebettete Objekt, isoliert und gießt dann das obere Formteil.

In die Randfläche des zuerst gegossenen Formteiles werden mit einem geeigneten Werkzeug (Skalpelle, Gipsmesser oder Federspachtel) Gipsschlösser eingeschnitten. Das sind runde, graben- oder kastenförmige Vertiefungen, in die der Gips der zweiten Formhälfte einläuft. Diese Schlösser schaffen einen sicheren und festen Paßsitz der Formhälften gegeneinander. Auch hier muß man beachten, daß nicht Klemmstellen oder Unterschneidungen entstehen (Abb. 23).

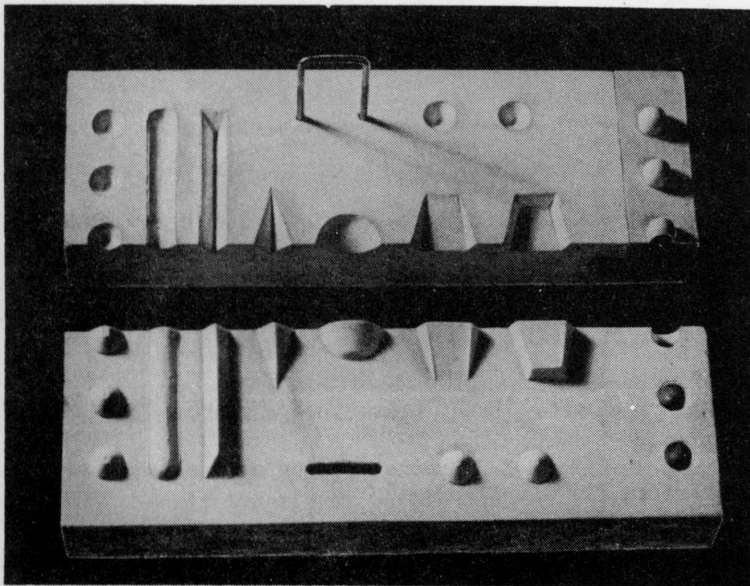


Abb. 23:

Gipsschlösser
 Oben: Negativ,
 unten: Positiv.
 Rechts: Schlösser für
 flexible Formmaterialien.

Unter den Kupferbügel
 kommt auf der auf-
 gesetzten Gegenseite
 ein Holzkeil.

Vor dem Bau einer solchen Form muß man überlegen, ob man sie später von außen vollgießen will (Fall- oder Steigguß; siehe 3.1.), ob man sie nach dem Eingießen des fließfähigen Abgußmaterials in die eine Formhälfte schließen und dann ausschwenken will (Schwenkguß) oder ob man beide Formhälften vollgießen und das gerade noch weiche Abgußmaterial darin zusammenquetschen will (Quetschform). Eine Form für den Fallguß braucht ein breites Randansatzstück für den Eingußkegel. In den Rand einer Quetschform muß eine Ausweichmöglichkeit für überschüssiges Material eingearbeitet sein (Abb. 24).

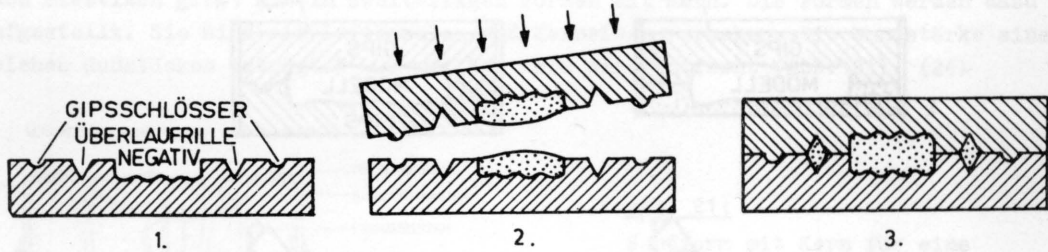


Abb. 24: Quetschform

Eine dem ursprünglichen Verfahren sehr nahe kommende Arbeitstechnik finden wir beim Zinnfigurengießer. Er schneidet seine Figuren in glattflächig geschliffene, feinporige Schiefersteine ein und versieht sie mit Eingußtrichter und Luftkanälen. Damit die beiden Formhälften unverrückbar gegeneinander sind, bohrt er zuerst Löcher durch eine Steinplatte, die sich in der anderen in einer Vertiefung fortsetzen. Werden die Löcher mit einer Zinnlegierung vollgegossen, bildet sich im oberen Stein ein Zapfen, der in der unteren Form sein Widerlager hat. Die Konturengrenze der auf einer Seite eingeschnittenen Figur drückt man mit Ruß auf der anderen Platte ab, so daß man dort mit dem Schneiden fortfahren kann (Abb. 25).

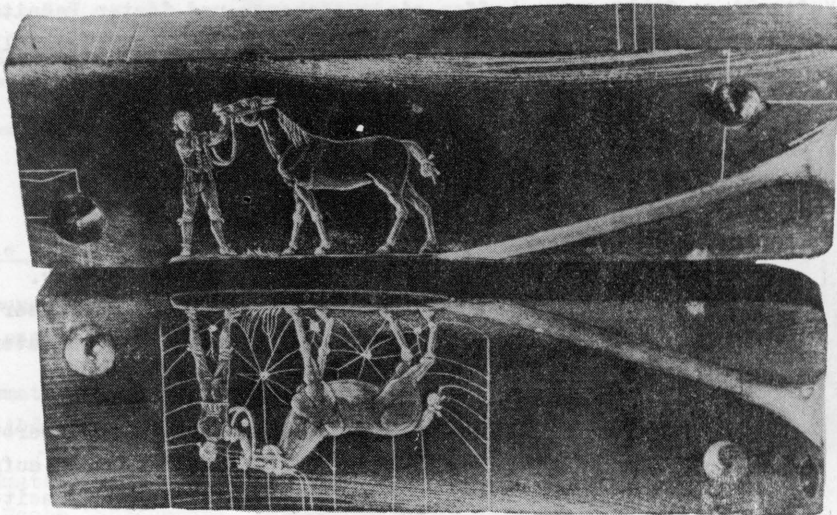


Abb. 25: Schieferform für Zinnfiguren

In der reproduktiven Arbeit des Restaurators kommt es selten darauf an, Formen für

eine Neuanfertigung, für einen Neuguß herzustellen, vielmehr, vorhandene Körper (Originale oder Modelle) abzuformen. Deshalb ist das Formmaterial dazu nicht schneidbar fest, sondern streich- oder gießfähig, um sich der Vorlage anpassen zu können.

Herstellung von Klappformen

1. Von einem doppelseitig profilierten Gemarkungssiegel aus gebranntem Ton sollen mehrere Gipsabgüsse hergestellt werden. Ausguß im fallenden Guß.

Das Original wird mit seiner Unterseite bis zur halben Stärke in Ton eingebettet. Um es nicht zu beschmutzen, wird Stanniolpapier oder dünne Aluminiumfolie zwischengelegt. Die Tonfläche im Abstand von etwa 2 cm um das Siegel wegschneiden, an der Eingußseite jedoch vasenförmig erweitern. Mit einem Tonrand in Höhe des aufzugießenden Gipses den Kasten schließen (ca. Fingerstärke über der Originaloberfläche). Gleichmäßig und dünn mit Seifenlösung isolieren und den Gips vom Rande her eingießen.

Die erhärtete Form umdrehen, den Ton entfernen, Gipsschlösser einschneiden, Eingußkegel und Luftpfeifen anritzen. Tonrand umsetzen. Isolieren. In gleicher Weise wie vorher ausgießen.

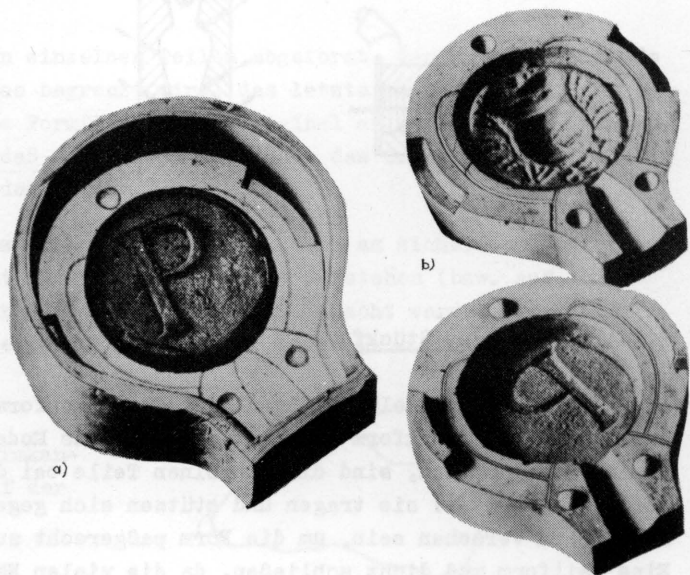
Die Formhälften durch leichte Schläge voneinander und vom Original lösen. Dazu die Form waagrecht knapp über Tisch oder Schoß halten, damit keine Kanten beim Herabfallen abplatzen.

Entlang der Markierungen Eingußkegel und Luftpfeifen einschneiden, dabei den Eingußkegel nicht mit rundem, sondern mit spitz-ovalem Querschnitt anlegen (Abb. 26).

Alle Flächen Gips gegen Gips mehrmals dünn schellackieren, mit Petrolstearin oder Vaseline einfetten, die Formhälften schließen und mit Gummiringen zusammenhalten. Die Form ist fertig zum Ausguß.

Abb. 26:

- a) das Original in der bereits gegossenen ersten Formhälfte mit Tonrand
- b) die beiden Formteile nach dem Abnehmen



2. Eine Lanzenspitze soll in einer Blei-Zinn-Legierung nachgegossen werden, wobei die Tülle mit ausgeformt werden muß.

Die Tülle wird außen mit einem Tonkragen um 2 - 3 cm verlängert und gut isoliert

(Vaseline). Ein Eisenstab, 3 - 4 mm Durchmesser, wird stark aufgehauen und zusammengebogen, besser noch zusammengedreht, und schellackiert. Man hängt ihn als Handhabe möglichst weit in die Tülle hinein, ohne daß er diese berührt und füllt mit Hartgips auf (Abb. 27,₁). Durch vorsichtiges Klopfen mit dem Holzhammer löst man den so entstandenen Kern. Er wird am Kragen etwas zugearbeitet, so daß er später unverwechselbar zwischen den Formhälften zu liegen kommt.

Man setzt ihn wieder in die Tülle ein und bettet die Lanzenspitze einschließlich des Kernhalses bis zur Hälfte in Ton ein, wobei der Eingußkegel berücksichtigt wird. Ton- oder Kunststoffrand umsetzen, isolieren, erste Formhälfte gießen (Abb. 27,₂).

Umwenden, Tonbett entfernen, umgrenzen, isolieren, zweite Formhälfte gießen (Abb. 27,₃). Entformen, trocknen lassen. Luftpfeifen nach außen führen.

Einrußen, graphitieren oder talkumieren, mit dem Kern zusammensetzen, mit Gummiringen fest zusammenhalten oder mit Schraubzwingen klammern. Unter Infrarot oder im Wärmeschrank auf etwa 80 °C erwärmen.

Metall (z. B. Stangenlötzinn) zügig eingießen (Abb. 27,₄). Dabei unbedingt Schutzhandschuhe aus Asbestgewebe verwenden und eine lange Lederschürze tragen!

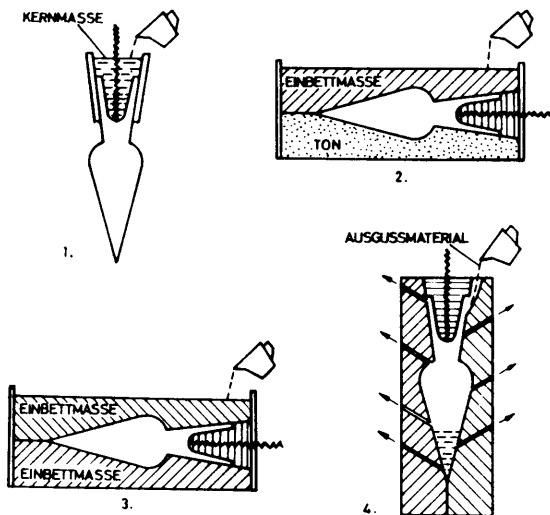


Abb. 27:
Herstellung des Kernes (1),
der beiden Formhälften (2, 3),
und Anordnung des Eingußes (4)

2.1.4. Keil- oder Stückform

Sie gleicht prinzipiell der Schalen- oder Klappform, besteht jedoch aus mehr als zwei Stücken ("Stückform"). Damit die ohne das Modell zusammengesetzte Form nicht zusammenfallen kann, sind die einzelnen Teile bei der klassischen Keilform keilförmig gearbeitet: sie tragen und stützen sich gegenseitig. Alle Teile müssen mit Schlössern versehen sein, um die Form paßgerecht zusammen zu halten (Abb. 28). Eine Keilform muß dicht schließen, da die vielen Nähte (Grate) am Gußstück sonst einen erheblichen Arbeitsaufwand zu ihrer Beseitigung beanspruchen.

Auch Kerne werden bei der Keilform angewendet. Als Formmaterial dienten Lehm, Stein und in geringem Umfang auch Metall. In der heutigen Formerei sind Kunststoffe und spezielle Einbettmassen (Abdruckkompositionen) hinzugekommen. Im Mittelalter wur-

den sehr große, vierteilige Stückformen hergestellt, vorzugsweise für den Glocken- und Bildguß. Damit solche Formen durch den erheblichen Flüssigkeitsdruck nicht auseinanderbrechen konnten, wurden sie in einer Grube aufgebaut und mit Sand eingedämmt. (4, 29, 30, 43, 82, 83, 91)

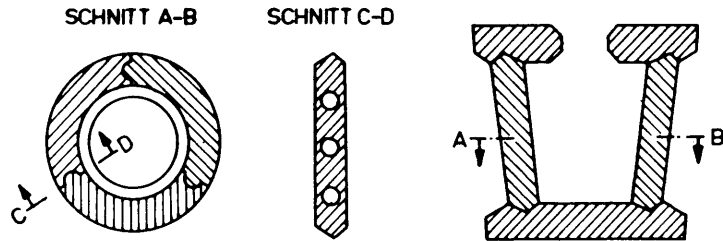


Abb. 28: Schema einer Keil- oder Stückform (Gefäßform)

Museale Anwendung

Abformung aller plastischen Voll- und Hohlkörper, deren Oberflächenstruktur und Details keine groben Unterscheidungen aufweisen wie Plastiken, Gefäße, Grabsteine, Masken, stark erhabene Reliefs usw.

Abformmaterial:

Gips, Wachs

Ausgußmaterial:

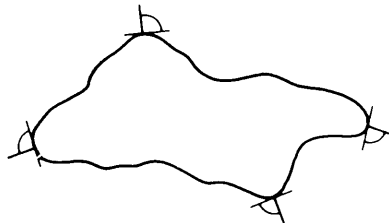
Gips, Wachs, Schaumharz, Zement, Kunststoff-Gießmassen

Arbeitsablauf:

Im Prinzip wird das Original in einzelnen Teilen abgeformt, deren jedes folgende von den vorhergehenden teilweise begrenzt wird, das letzte allseitig. Auf diese Weise passen sich nicht nur die Formflächen dem Original an, sondern die Formkanten sich auch gegenseitig, so daß sie später auch ohne das Original in der richtigen Weise den Formkörper bilden.

Verständlicherweise ist der Zusammenhalt einer Form dann am sichersten gewährleistet, wenn die Kanten senkrecht auf der Modellfläche aufstehen (bzw. auf ihrer Tangente) (Abb. 29). Dem missen aber Zugeständnisse gemacht werden, vor allem, wenn es um die leichte Demontierbarkeit einer Form geht.

Abb. 29: Anordnung der Formkanten senkrecht auf der Unterlage



Um bei sehr vierteiligen oder bei großen Formen eine gute Stabilität zu erzielen (was vor allem beim Ausschwenken eine Rolle spielt), faßt man die Keile in Kapper zusammen, also einer nochmals übergezogenen Form. Diese Kappen können gleichzeitig

an einer oder mehreren Stellen den direkten Formträger darstellen (sog. Schlußstücke), was den Paßsitz des Ganzen beträchtlich erhöht (Abb. 30).

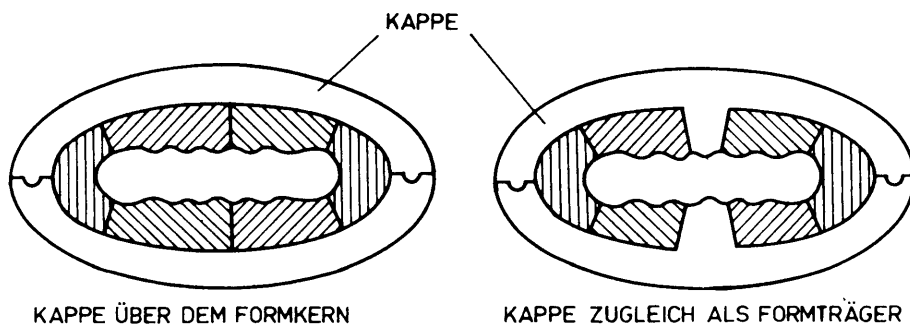


Abb. 30: Möglichkeiten des Kappenbaues

Teile, die vor dem Ausgießen leicht nach innen fallen würden, kann man dadurch sichern, daß auf der Oberseite Kupferdrahtösen eingegossen werden, die durch Löcher in der Kappe hindurchragen und mit Holzkeilen gehalten werden (Abb. 31).

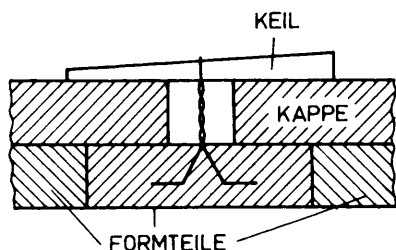


Abb. 31:
Befestigung eines losen Form-
teiles

Ein guter Former baut die Teile nacheinander auf, ohne einzelne noch einmal abzunehmen. Seine Form ist dann absolut dicht und formflächenexakt. Trotzdem wird dem Ungeübteren dazu geraten, jedes gegossene Teil erst einmal abzunehmen, die Kanten mit dem Gipsmesser oder dem Gipshobel sauber und flächig zu bearbeiten, mit Schlössern zu versehen, einzufetten und wieder fest aufzusetzen. Auf diese Weise kann es nicht vorkommen, daß ein unsachgemäß gegossenes Teil klemmt und evtl. die Demontage der ganzen Form in Frage stellt. Außerdem sind die sauber beschnittenen Kanten dauerhafter und gestatten eine längere Ausnutzung der Form.

Alle Vorgänge des Isolierens und das Begrenzen gleichen der vorher beschriebenen Formtechnik und sind ebenso anzuwenden.

Herstellung von Stückformen

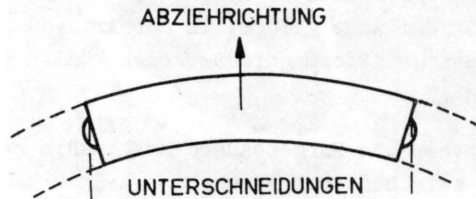
1. Von einem Gefäß soll eine Gipskopie aus einer Stückform aus Gips im Schwenk-
guß hergestellt werden.

Für ein solches Gefäß wird man normalerweise fünf Formteile benötigen:
drei für den Mantel, je eines für Boden und Rand.

Mit ca. 2 cm breiten, senkrecht auf der Gefäßwandung aufgesetzten Tonstreifen be-
grenzt man ein Drittel des Gefäßumfangs und schließt am Mündungsrand und an der

Bodenkante bzw. an der Rundung zum Boden ab. Das Original wird mit Seifenlösung isoliert und das erste Formteil gegossen. Untergedrückte Tonklümpchen halten das Gefäß dabei in einer günstigen Lage fest. Man löst das Formteil vorsichtig durch Schläge auf die Rückfläche (nicht auf die Seitenkanten!), arbeitet alle Seitenflächen sorgfältig glatt und dreht mit einem abgerundeten Gipsspachtel Löcher als Schloss hinein. Diese Löcher dürfen aber nur soweit flachrund in den Gips ragen, als sich daraus keine Unterschneidungen mit dem zu schaffenden Gegenstück ergeben (Abb. 32).

Abb. 32: Unterschneidungen



Die Randflächen werden isoliert, das Teil wird wieder aufgepaßt und mit einem Gummiring so auf dem Original festgehalten, daß die nächste Fläche frei bleibt. Für das nächste Formteil, das an das erste angegossen wird, braucht man nur noch eine Seitenbegrenzung. Der untere und der obere Tonstreifen setzen die Ebenen der bereits vorhandenen Flächen fort. Auch das zweite Teil wird gelöst, an den drei neu entstandenen Kanten bearbeitet, isoliert, wieder fest aufgesetzt und bietet die zweite Seitenbegrenzung für das dritte Formteil, das nur oben und unten noch einen Tonrand erfordert. Boden und Rand sollte man so anordnen, daß die Seitenteile etwas überfaßt werden (s. Abb. 28) und die Form einen festen Zusammenhalt auch ohne das Modell darin bekommt. Der Boden wird auch bei der Form als Standfläche flach gearbeitet.

Der Rand soll die Innenfläche des Gefäßhalses soweit als möglich wiedergeben, muß beim Ausgießen aber auch sicher auslaufen können. Je weiter ein Gefäßhals auskragt, umso tiefer wird man ihn abformen können. Die Öffnung des Randformteiles soll möglichst groß sein, damit man beim Ausschwenken genügend Einblick hat (Abb.33).

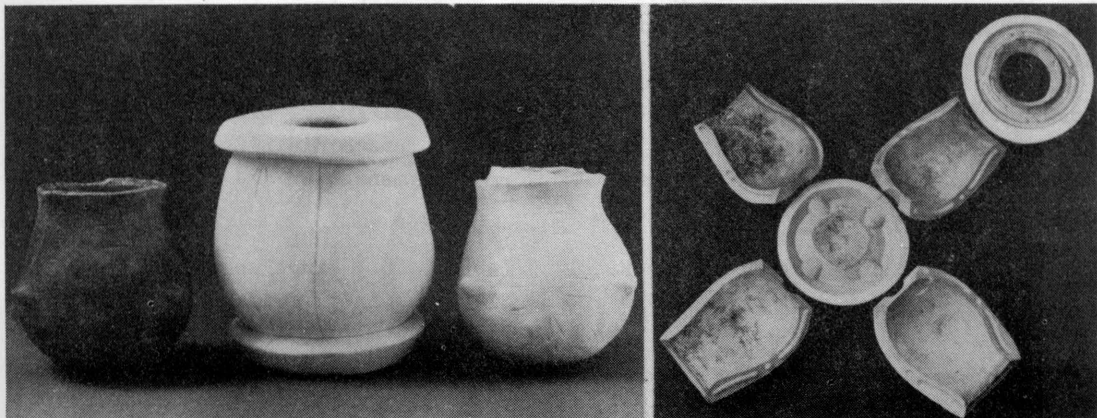


Abb. 33: Abformen eines Gefäßes: Original, Form, Rohausguß und Formteile

Die fertiggestellten Formteile werden an allen Flächen, an denen Gips an Gips steht oder zu stehen kommt, mit d ü n n e r Schellacklösung mehrmals eingestrichen,

ohne daß sich eine Glanzschicht bildet. Das kann auch schon geschehen, bevor die Form ausgetrocknet ist.

Die Teile mit Petrol-Stearin, Öl oder Vaseline isolieren, zusammensetzen und die Form mit Gummiringen zusammenhalten. Die Form ist fertig zum Ausguß.

Öffnungen von Henkeln und Ösen setzt man vor der Abformung soweit mit Ton zu, daß zwar der Öffnungsansatz weitgehend frei bleibt, das Teil aber sicher zu lösen ist. Kompliziertere Henkel u. dgl. werden als erster Arbeitsgang zwei- oder mehrteilig auf der Gefäßfläche geformt in der Art, daß diese Formkeile günstig von der darüber zu bauenden Gefäßform gefaßt werden können (sie dürfen z. B. nicht nach innen herausfallen).

Das Bestreben des Formenbauers soll dahin gehen, die Formteile aneinanderzugießen, ohne sie zwischendurch abzunehmen und zu beschneiden. Das setzt sauberen Ansatz der Tonstreifen wie überhaupt exaktes Arbeiten voraus.

2. Die Gipsbüste einer Ehringsdorfer Neandertalerin soll in einer Gipsstückform abgeformt und in Gips nachgegossen werden.

Man beginnt am Auge, das wieder mit senkrecht aufgesetzten Tonstreifen umgrenzt wird. Die Streifen sind so breit, wie das Formteil stark werden soll (ein dünneres Formteil löst sich leichter von Modell und Abguß, dafür ist die Bruchgefahr größer). Isolation der Originalfläche mit Seifenlösung, die Reste gut abstuppen, Gips eingießen (Abb. 34.1). Tonstreifen vom erhärteten Gips abnehmen, beschneiden (der Ueübte nimmt dazu das Teil ab), auf der Oberfläche glätten (mit dem Messer beschneiden oder mit der Ziehklinge abziehen).

Den nächsten Tonstreifen an das erste Teil ansetzen (Abb. 34.2), isolieren, gießen usf., bis der Kopf von Formteilen eingeschlossen ist. Nach dem Rumpf zu stoßen alle Teile stumpf auf (Abb. 34.3). Spitzwinkelig zulaufende Keile sollte man möglichst vermeiden (Abb. 34.4). Paßlöcher für die Kappe anbringen.

Für den Zusammenhalt der Keile gießen wir die Hinterkappe, die Vorderkappe (wegen der starken Wölbung der Gesichtspartie in zwei Hälften) sowie die Kopfkappe. Die Kappen bilden an Rücken und Brust zugleich deren Formteil (Abb. 34.5. und 34.6.).

Vorsichtig die Kappen abnehmen, die Keile vom Original lösen. Die ganze Form - wieder zusammengebaut - 2 bis 3 Tage trocknen lassen. Danach die Paß- und die Negativflächen schellackieren und isolieren. Die Form zusammensetzen und mit festen Gummiringen zusammenhalten (Abb. 34.7.).

Zum Ausguß wird der Gips durch das Halsloch (Abb. 34.8.) eingegossen und langsam nach allen Seiten geschwenkt. Sobald er anzuziehen beginnt, frisch angesetzten Gips nachgießen usf., bis die notwendige Wandstärke erreicht ist. Brust und Schulter werden mit der Hand ausgestrichen. Gips aushärten lassen und nach längstens zwei Stunden ausformen.

Nähte verputzen, bevor der Abguß ausgetrocknet ist.

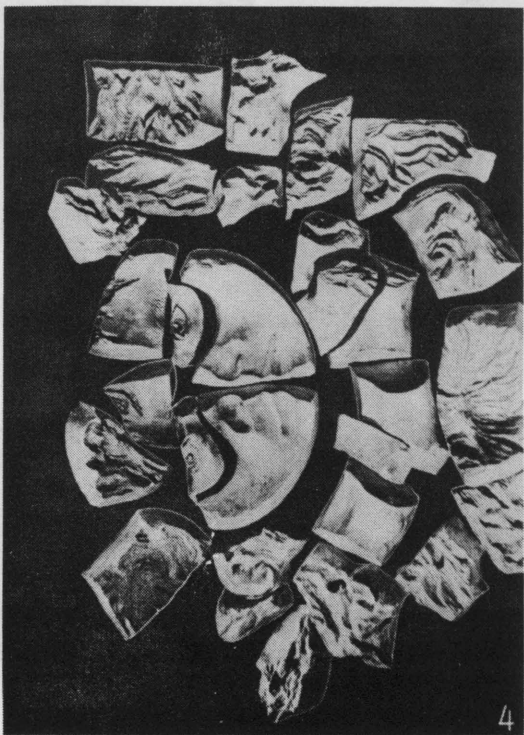
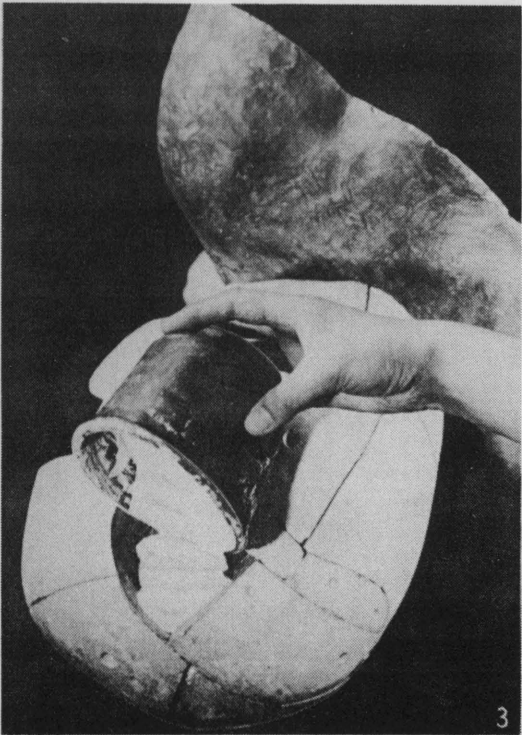
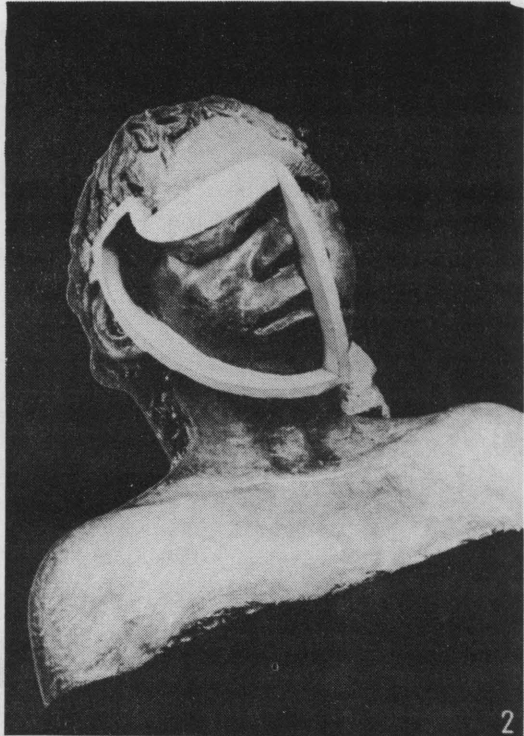
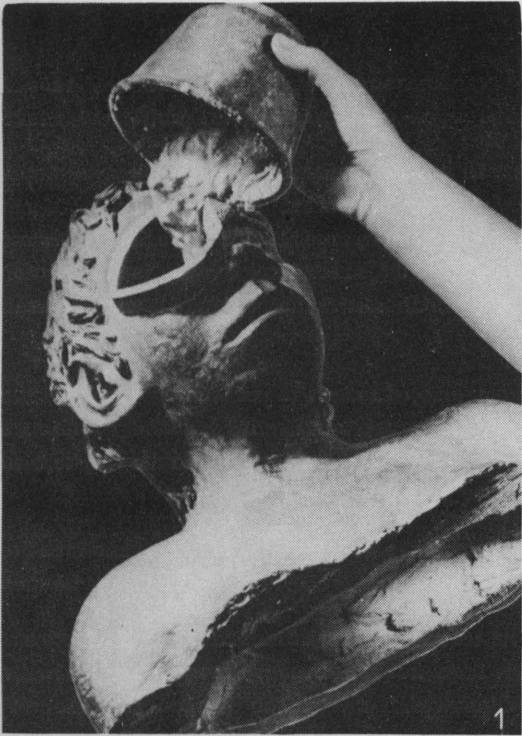
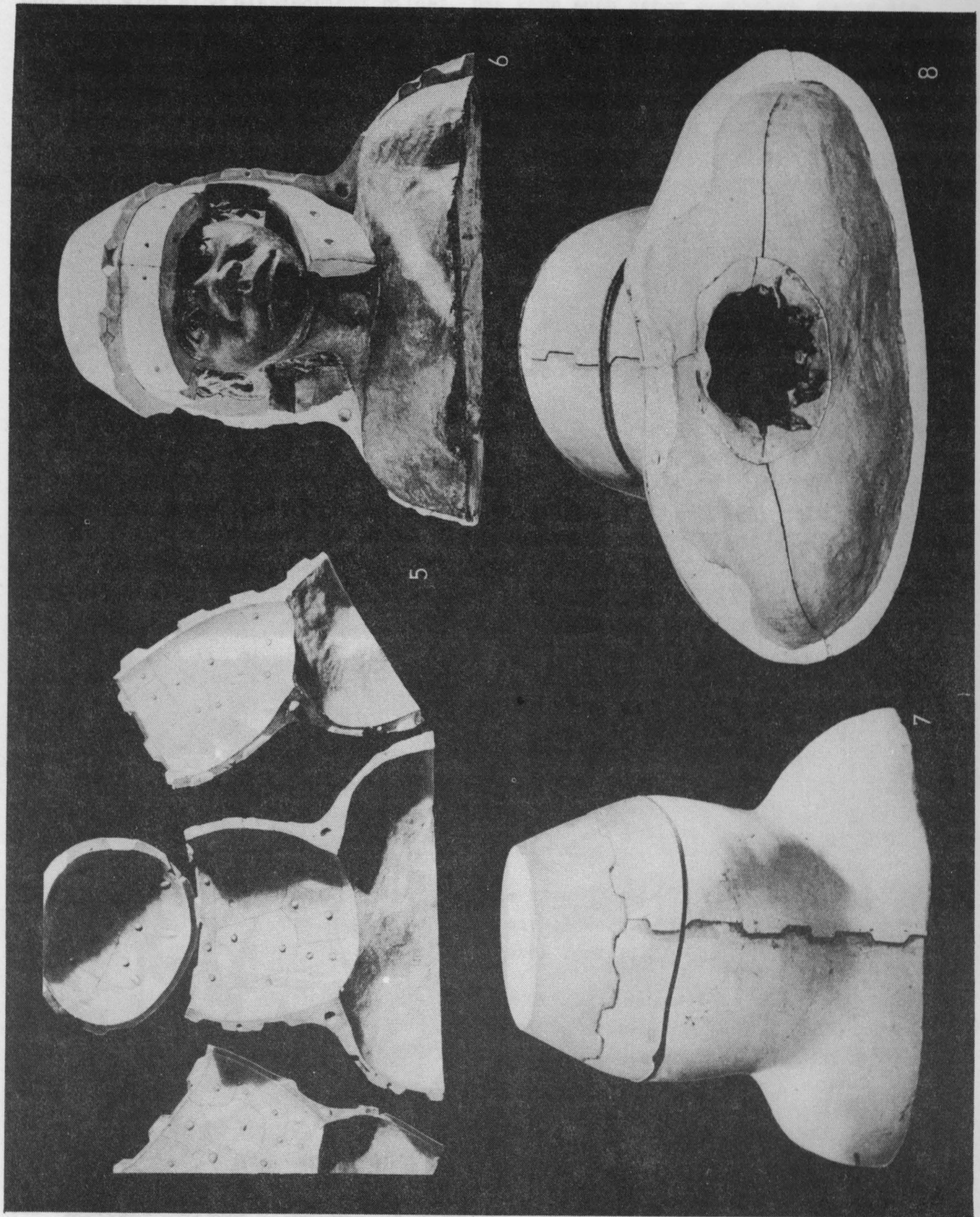


Abb. 34

vier plastische Erhebungen legt man einen dünnen Parlonfaden von Hals bis zum Boden, mit dem man das Nachts aufschneiden kann. Die geschnittene Seite drückt man



2001

Nähte verputzen, bevor das Algus angebracht ist.

Abb. 34:

Stückformen aus Wachs

In den Laboratorien der historischen Abteilungen des Nationalmuseums Prag hat man in den fünfziger Jahren eine Methode entwickelt, bei der Paraffin als Formträger dient. Das Abformprinzip entspricht dem der Stückformerei. Sie ist aber wesentlich schonender für empfindliche Originale und verunreinigt das Modell überhaupt nicht. Man erspart sich das Einkasteln der Formflächen, die Formen sind relativ leicht und mehrmals wiederzuverwenden. Das Material kann beliebig oft verwendet werden, wenn nicht mehr benötigte Formen eingeschmolzen werden.

Das Material und seine Zubereitung

Man benutzt handelsübliches Paraffin, Schmelzpunkt 50 - 56 °C. Ein geringer Zusatz von Bienenwachs (ca. 5 %) erhöht die Geschmeidigkeit. Das Material über kleinem Feuer einschmelzen. Inzwischen wird in einem größeren Gefäß Wasser zum Sieden gebracht, das in eine große, emaillierte Entwicklerschale gegossen wird (Größe mindestens 35 x 45 cm).

In das heiße, blasenfreie Wasser gießt man das geschmolzene (nicht siedende!) Paraffin hinein, läßt etwas abkühlen und deckt die Schale zu, damit die Oberfläche des Paraffins nicht mehr Temperatur verliert als die Unterseite, sie bekäme sonst Furchen und wäre unbrauchbar. Solche Platten von etwa 1cm Stärke stellt man sich auf Vorrat her, wobei man beachten muß, daß die Qualität mit der Abkühlzeit zunimmt. Außerdem ist mehrfach geschmolzenes Paraffin feinkristalliner und deshalb besser geeignet.

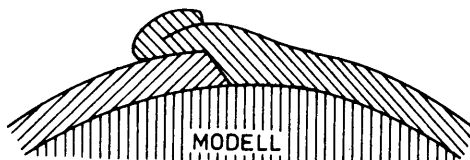
Zur Verwendung werden die Platten in die notwendige Größe gebracht: Länge und Breite anreißen und über der Tischkante brechen. Man legt sie mit der glatten Seite nach unten in ein Wasserbad, das man in geeigneter Weise (Wärmeschrank) auf etwa 47 °C hält. Die Platten müssen völlig ins Wasser eintauchen.

Wachsformherstellung von einem Gefäß

Eine genügend weiche und biegsame, aber nicht schmierende Paraffinplatte aus dem Wasser nehmen und schnell trocken wischen. Talkum auf die glattere Seite stäuben und auf der Formfläche placieren. Mit gelindem Druck arbeitet man das Material von der Mitte aus an das Modell heran. Nicht an schon anliegende Flächen zurückkehren, um Doppelreliefs zu vermeiden.

Mit einem scharfen, häufig angefeuchteten Skalpell beschneidet man die Kanten derart, daß sich Abflachungen zum Rande hin ergeben und bringt an ihnen Schloßkerben an. Über die benachbarte Originalfläche und den talkumierten erhärteten Paraffinrand hinweg fertigt man die weiteren Teile der Form an. Die Fugen werden überstülpt, damit die Form einen besseren Zusammenhalt bekommt (Abb. 35). Über Henkel oder andere

Abb. 35:
Überstülpen des Fugenrandes



sehr plastische Erhebungen legt man einen dünnen Perlonfaden vom Halse bis zum Boden, mit dem man das Wachs aufschneiden kann. Die geschnittenen Teile drückt man

wieder vorsichtig an das Original an.

Nach der Gestaltung von Boden und Halsteil läßt man alles völlig abkühlen und löst die Teile, evtl. unter Zuhilfenahme eines Spatels.

Zum Ausguß isoliert man mit Seifenlösung und schmilzt die Ränder mit einem angewärmten Eisenwerkzeug zusammen.

Aus diesen Formen kann man nicht nur Ausgüsse in Gips, sondern auch in Epoxid- und Polyesterharzen und Polymethylmethacrylat herstellen. Mit dem Beginn des Polymerisierens stellt man sie in ein kaltes Wasserbad oder in den Kühlschrank.

Im gleichen Verfahren kann man sehr leicht, schnell und sauber Formen von großflächigen Objekten herstellen (Grabsteine, großfigurliche Darstellungen, Abb. 36). Dabei kann es sinnvoll sein, das Wachs nicht in Form von Platten aufzubringen, sondern es teilweise oder auch in der ganzen Fläche mit dem Pinsel aufzutragen. Steinuntergründe mit Wasser isolieren, Metall mit Siliconöl oder -spray. Die einzelnen Wachsschichten jeweils anziehen lassen und bei entsprechender Stärke mit Mullbinden verstärken. Das Ganze evtl. mit Leisten oder einem Leistenrahmen stabilisieren. (19)

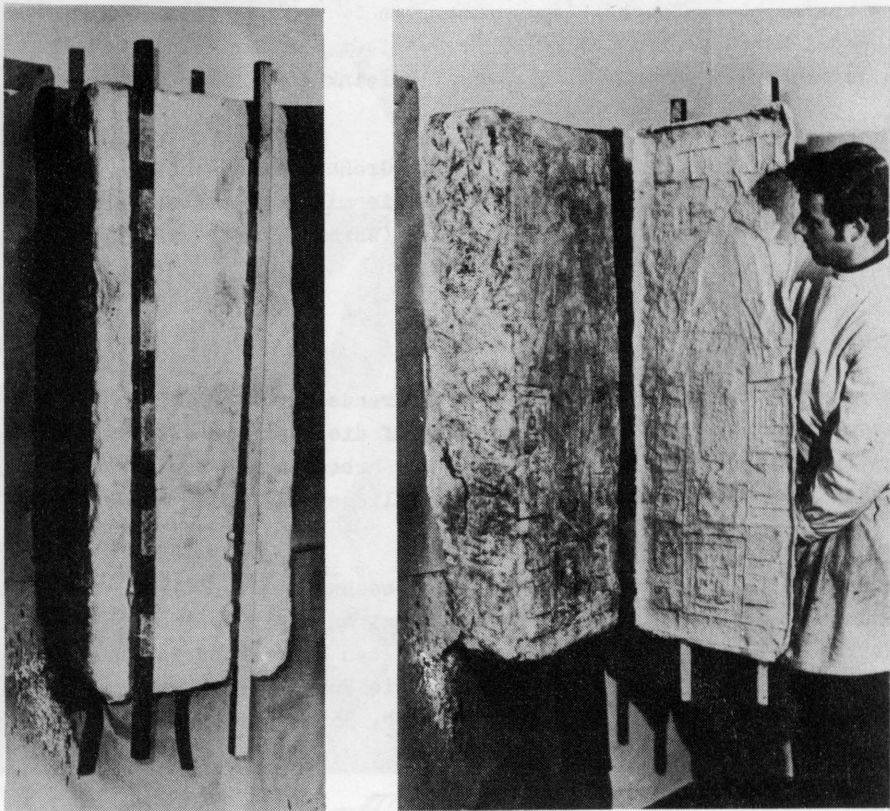


Abb. 36: Wachsabformung eines in die Wand eingelassenen Grabsteines. Die Seitenteile werden in entsprechender Weise an die vordere Formfläche angearbeitet, bevor diese abgenommen wird.

2.2. Wachsausschmelzverfahren (Cire-perdue)

Kennzeichnend für das Wachsausschmelzverfahren in verlorener Form ist die Anfertigung einer einteiligen Form über einem Wachsmodell. Dieses wird ausgeschmolzen, die Form gegebenenfalls gebrannt und der entstandene Hohlraum mit Metall ausgegossen (Abb. 37).

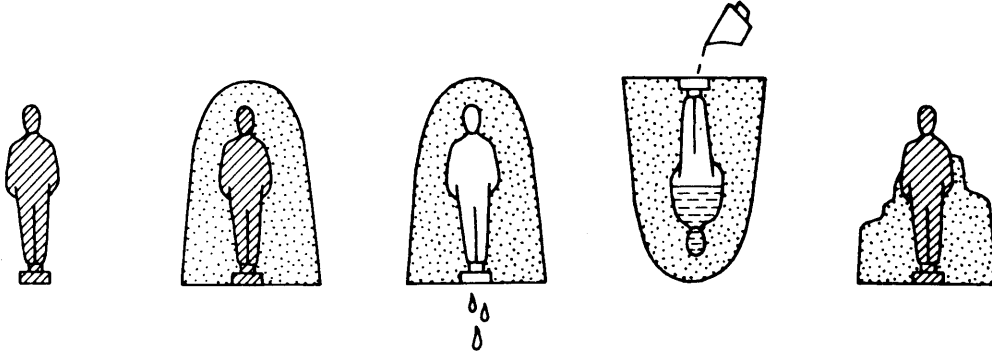


Abb. 37: Das Wachsausschmelzverfahren

Wenn das Wachsmodell über einen Kern modelliert wird, lassen sich auch Hohlgüsse herstellen (wenn das Gußstück eine Öffnung hat, wird der Kern später entfernt, sonst verbleibt er).

Von Nachteil ist, daß die Form vor dem Einguß nicht eingesehen und auf Fehlerfreiheit kontrolliert werden kann, und daß sie nur einmal zu verwenden ist (verlorene Form). (8, 25, 29, 36)

2.2.1. Verlorene Form

Nach der klassischen Technik wird das Modell entweder direkt modelliert, oder es entsteht als Wachsausguß aus einer Vorform, in der die Gestalt im wesentlichen schon angelegt wird. Dann sind nur noch Feinarbeiten, Gravuren oder Montagen einzelner Teile zum Ganzen erforderlich. Figürliche Darstellungen entstehen oft über einem Tonkern (Abb. 38.1., 2.). Das Modell wird mit einer Schicht feinen Lehmsüberzogen, der mit gröberem Lehm auf die notwendige Stärke gebracht wird. In diesem sind Sand (zur Verminderung des Schwundes) und Zusätze (z. B. Spreu), welche die Form porös und reißfest machen sollen, enthalten (Abb. 38.3., 4. und 5.).

Die aus dem Kern herausragenden Kernhalter sichern nach dem Ausschmelzen des Wachses dessen Lage in der Form (Abb. 38.6.). Nach dem Ausgießen (Abb. 38.7.) wird das Formmaterial abgeschlagen und der Gußkegel entfernt (Abb. 38.8.). Der Kern verbleibt im Abguß. (8)

Im Mittelalter scheint das Verfahren in Vergessenheit geraten zu sein. In der Renaissance stellte Benvenuto Cellini (1500 - 1571) in Italien große Bildwerke in Guß á Cire perdue her, und von dort scheint die Technik wieder nach Deutschland gelangt zu sein, die in dieser Art heute noch für die Bildgießerei, für Kleinplastiken und für kunstgewerbliche Gegenstände im Gebrauch ist.

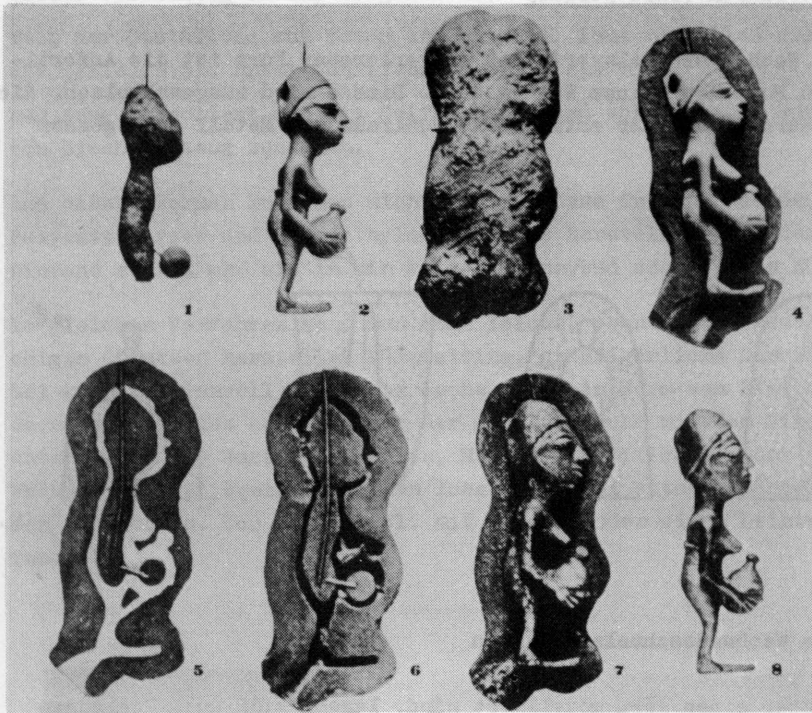
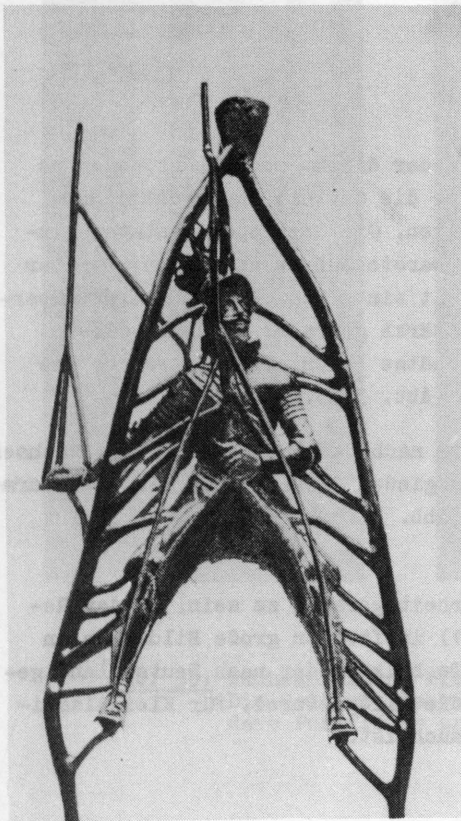


Abb 38: Der Weg zum Guß in verlorener Form
(Nach Beelte 1959)



An dem Rohguß eines Reiterdenkmals (Abb. 39) (er hat das gleiche Aussehen wie das zum Einbetten fertige Wachsmodell) erkennt man die notwendigen Modellarbeiten. Das Wachsmodell war über einen Kern gearbeitet, dessen Kernstützen herausragen. Der Gußrichter und die Eingußkanäle werden mittels der Anschnitte (alle ebenfalls aus Wachs) mit der Figur verbunden. Die Anschnitte steigen vom Einlaufkanal zur Figur hin an. Dadurch erreicht man, daß sich der Formhohlraum gleichmäßig von unten nach oben mit dem Gießmetall füllt. Damit die Luft entweichen kann, sind Luftpfeifen angesetzt. Besonders zu beachten sind die zwischen den hervorspringenden Teilen und der Figur hergestellten Verbindungen.

Abb. 39:
Rohguß eines Reiterdenkmals

Die Verwendung von Formlehm schließt die Anwendung des Verfahrens für Metalle mit höherem Schmelzpunkt aus. Erst 1929 gelang es Erdle und Prange, Vatalium (Chrom-Kobalt-Molybdän-/Wolfram/-Legierung) mit einem Schmelzpunkt von 1570 °C in einem von ihnen entwickelten Formmaterial zu gießen. Damit war die Möglichkeit zur Einführung des heute zur Perfektion entwickelten Präzisionsgießverfahrens mit Ausschmelzmodellen gegeben, das den bisherigen Höhepunkt des vor Jahrtausenden erfundenen Wachs ausschmelzverfahrens darstellt.

Den Ablauf erkennt man in Abb. 3. Von einem Urmodell wird eine Mutterform aus Weichmetall angefertigt. Daraus gewinnt man die Wachsmodelle, die zu Modelltrauben oder Modellbäumen zusammengesetzt werden. Diese taucht man in einen Schlicker aus Ethylsilicat und Quarzmehl. Der primäre Überzug wird im Wirbelstromverfahren mit feinstem Quarzsand verstärkt, oder er wird im Formkasten von eingerüttelter Formmasse umgeben. Dem Wachs ausschmelzen und Brennen der Form folgt der Guß, das Abschlagen der Form und Reinigen der Modelle sowie das Abtrennen der einzelnen Gußstücke.

Die besonderen Vorzüge dieses Feingußverfahrens sind

- hohe Maßgenauigkeit
- ausgezeichnete Oberflächenbeschaffenheit,
- keine oder nur unwesentliche Nacharbeit (Bearbeitungszugabe),
- fast unbegrenzte Auswahl des Gußwerkstoffes und
- praktisch keine Einschränkung bei der Gestalt des Modells.

Übrigens werden anstatt der Wachsmodelle heute auch solche aus Harn- oder Kunststoffen verwendet (z. B. Polystyren), welche nicht ausgeschmolzen, sondern beim Brennen der Form ohne Rückstände mitverbrannt werden. (4, 36)

Museale Anwendung

Nahtlose Abformung von Wachsmodellen oder Nachgüssen in Wachs, oder Massenherstellung von Kleinobjekten in Metall. Verfeinerung von grob angelegten Originalvorlagen an Wachszwischenmodellen.

Abformmaterial:

Ton, Gips, Einbettmasse.

Ausgußmaterial:

Gips (Hartgips), Schaumharz, Zement, Kunststoff-Gießmassen, Schwefelgußmasse, niedrigschmelzende Metallegierungen.

Arbeitshinweise:

Das Wachsmodell braucht im allgemeinen nicht isoliert zu werden, aber es ist vorteilhaft, es in Alkohol oder Aceton zu entfetten. Dadurch wird die Benetzung durch das Abformmaterial verbessert, und es treten keine Schlieren in der Form auf. Soll sowohl das Abformmaterial als auch das Ausgußmaterial Gips sein, färbt man die erste etwa 5 mm starke Formsicht als Warnsicht mit Farbpigmenten ein. Sie macht beim Abmeißeln auf den unmittelbar folgenden Abguß aufmerksam.

Herstellung eines Wendelringnachgusses

Der Metallnachguß regelmäßig oder stark ornamentierter Originale bereitet oft Schwierigkeiten wegen der Notwendigkeit, die Gußnähte sauber zu verputzen. In solchem Fall arbeitet man auf dem Wege über ein Wachsmodell bzw. einen Wachsabguß.

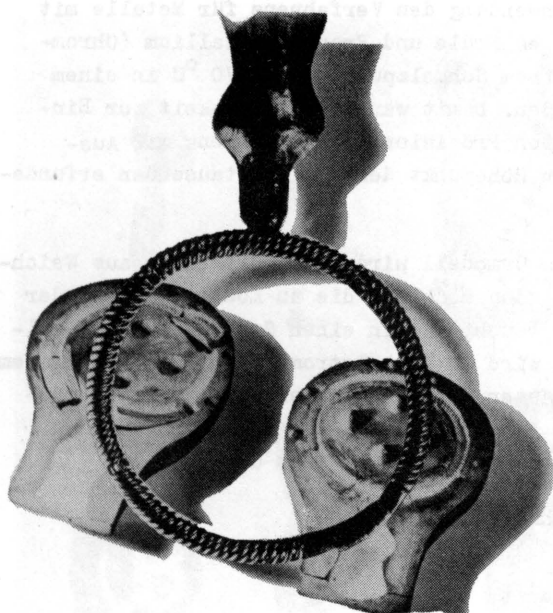


Abb. 40:
Aus der Gipsform gegossenes
Wachsmodell

In einer Stückform wird das Original abgeformt. Daraus kann man beliebig viele Wachsabgüsse mit dem Gußkönig daran herstellen. Die Form darf nicht schellackiert werden, Isoliermittel ist Talkum. Die Gußnähte lassen sich an diesen Wachsabgüssen leicht und vollständig entfernen (Abb. 40)

Man bettet - je nach dem Gußmetall - in Einbettmasse, Ton oder in Gips bis zur Oberkante des Gußkegels ein.

Das Wachs wird im Wärmeschrank oder unter Infrarotstrahlern herausgeschmolzen und das Metall in die noch heiße Form eingegossen. Nach dem Abschlagen der Form ist nur der Gußkegel von dem nahtlosen Metallabguß zu entfernen. Weiterbehandlung wenn nötig auf galvanischem Wege oder mit Farbauftrag.

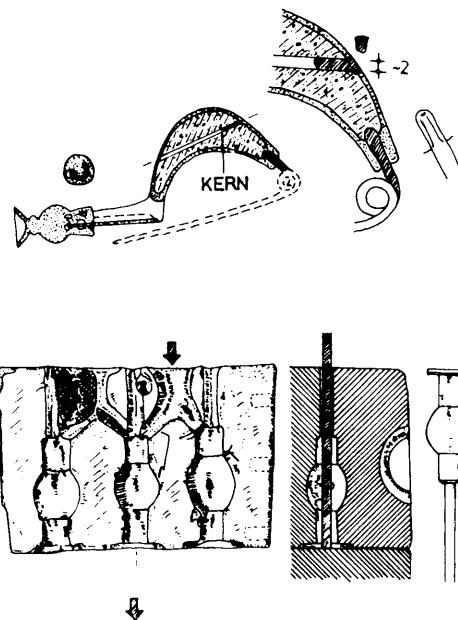
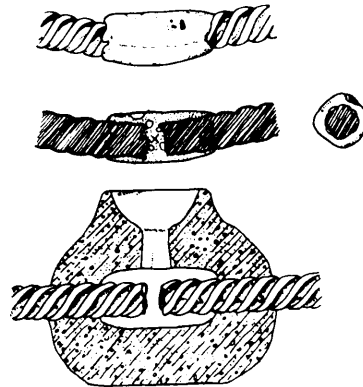
2.2.2. Überfangguß

Ein Verfahren, bei dem Metallgegenstände durch Umgießen (Überfangen) entweder vervollständigt oder ergänzt (z. B. der Schwertgriff über der Klinge, der Nadelkopf über dem Nadelschaft), zwei Teile miteinander verklammert (Gefäßteile, Luren) oder Reparaturen durchgeführt werden.

Da die "Fehlstelle" fast immer aus Wachs vormodelliert ist, das meist mit einer verlorenen Form umgeben wird (manchmal auch mit einer Schalenform), ordnen wir diese Technik dem Wachsausschmelzverfahren zu. Das in der Bronzezeit in großer Variationsbreite angewendete Verfahren hat heute keinegießtechnische Bedeutung mehr. Lediglich im Verbundguß kehren gewisse Merkmale wieder, bei dem in einer Form zwei verschiedene Metallwerkstoffe miteinander verbunden werden.

Im ersten Beispiel wird die Bruchstelle eines gedrehten Ringes repariert, im zweiten Beispiel sind die Einzelteile einer Fibel im Überfangguß zusammengefügt, und im dritten können "in Serie" Nadelköpfe über Nadelschäfte gegossen werden. (Abb.41) (21)

Abb. 41:
 Beispiele von Überfangguß
 (Nach Drescher 1958)



2.3. Elastische Form

Der flexible Formträger vermag aus Unterschneidungen herauszu"schluppen" und dann die ursprüngliche Form wieder anzunehmen. Elastische Formen bestehen demzufolge aus nur einem (evtl. aufgeschnittenen), jedenfalls aber aus bedeutend weniger Formteilen als eine entsprechende Stückform. Die Wiedergabegenauigkeit ist größer, weil auch feinste Oberflächenstrukturen wiedergegeben werden. Meist muß jedoch zusätzlich eine Kappe als der Originaloberfläche angepaßtes Behältnis für die zuerst fließfähige Formmasse angefertigt werden.

Das Abformverfahren lehnt sich in den meisten Fällen an die traditionellen Formtechniken in starrer Form an. Damit die Modellfläche (Abb. 42.1.) in geeigneter Weise mit dem fließenden Material umformt werden kann, bildet man das vorgesehene Formteil zuerst aus Ton (Abb. 42.2.). Tücher oder Alufolie schützen das Original. Über dem Ton gießt man die Gipskappe (Abb. 42.3.). Der Ton wird entfernt, ein Eingußloch in die Gipskappe geschnitten. Wenn nötig, isolieren, Modell und Gipskappe

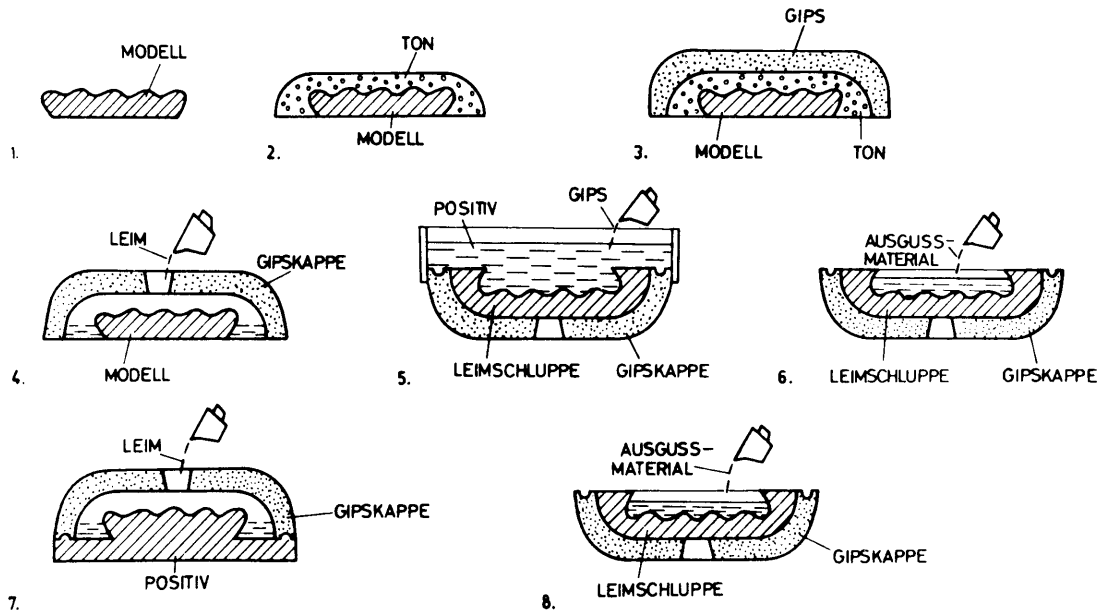


Abb. 42: Der Werdegang einer elastischen Form

wieder in die ursprüngliche Lage zueinander bringen, die Kappe an den Seiten abdichten und das Formmaterial eingießen (Abb. 42.4.). (Bei großen und sehr flachen Kappen kann es nötig sein, Luftaustrittslöcher anzubringen, welche mit Ton verschlossen werden, wenn die Formmasse aus ihnen austritt.) Nach Verfestigung der Formmasse wird das Modell entfernt und, nach dem Anbringen von Schlössern im Kappenrand und dem Isolieren, zuerst ein Positiv gegossen (Abb. 42.5.). Danach fertigt man im zweiten Guß den eigentlichen Abguß an (Abb. 42.6.). Von dieser Regel nimmt man nur dann Abstand, wenn die Form bzw. ein Abguß mit Sicherheit nicht wieder benötigt werden wird. Das Positiv braucht nämlich nur wieder mit der Kappe abgedeckt zu werden (Abb. 42.7.), und man kann sich beliebig oft neue Schluppen (elastische Formträger) herstellen (Abb. 42.8.), wenn diese durch Gebrauch oder Lagerung unbrauchbar werden.

Die Formmasse kann entweder schmelzbar sein, durch Verdunsten des Lösungs- oder Verdünnungsmittels oder durch Polymerisieren den gummielastischen Zustand annehmen. Die Kriterien für die Auswahl elastischer Massen sind

- Eigenart des Modells (Empfindlichkeit gegenüber Chemikalien, Hitze und mechanischer Beanspruchung, Kompliziertheit der Vorlage)
- Verträglichkeit gegenüber dem Ausgußmaterial
- ökonomische Erwägungen (Größe der Form, evtl. Wiederverwertbarkeit, Anzahl der Ausgüsse).

Eine zusammenfassende Übersicht gibt die Tabelle auf S. 43. (6, 29, 31, 60, 78, 93, 94)

2.3.1. Leimform

Der Formträger besteht aus Glutinleim bzw. Gelatine (ein Leim höherer Reinheit) und ist im aufgequollenen Zustand gallertartig. Bei Erwärmung bis höchstens 80 °C verflüssigt er sich, beim Abkühlen geht er in eine festelastische Form über und paßt

sich dabei der Oberfläche des Behältnisses außerordentlich genau an.

Nachteile: Die notwendige doppelte Isolierung kann zu Ungenauigkeiten führen, durch Wasserverlust schrumpft die Form und verliert an Maßhaltigkeit.

Entsprechend dem Verhältnis Wasser/Leim ist die Festigkeit der Substanz von puddingartig-weich bis gummiartig-zäh einzustellen. Durch sorgfältige Isolation muß man dem ursprünglichen Bestreben des Leimes, sich mit dem Untergrund zu verkleben, entgegenwirken.

Kriterien für den Einsatz von flexiblen Formträgern

Verarbeitungstemperatur	20 - 30 °C	40 - 80 °C	150 °C
Art des Ausgußmaterials	Gips, Zement	Epoxid-Polyesterharze	Methacrylsäure-ester
Wiederverwertbarkeit des Formmaterials	ja	teilweise	nein
Flexibilität	gering	gut	sehr gut
Reißfestigkeit	Alginat Leime	Siliconk.-P.	Thioplaste Schmelzmasse
Chemisches Verhalten gegenüber dem Modell (Verfärbungsgefahr)	unbedenklich	mit Vorsicht einsetzen	
Kostenlage des Abformmaterials	niedrig	mäßig	hoch

Durch geeignete Behandlung der Formfläche selbst will man vor dem Ausgießen erreichen, daß die Feuchtigkeit des Ausgußmaterials (vor allem das Anrührwasser des Gipses) diese nicht aufquillt und unbrauchbar macht, und daß gleichermaßen der Schwund herabgesetzt wird. Das geschieht durch Alaunlösung, welche möglichst nicht dem flüssigen Leim beigegeben werden soll - das führt leicht zur Klumpenbildung, sondern in etwa 5%iger Lösung auf die mit Talkum entfettete Oberfläche der Form aufgetragen wird, bis sie sich wie weiches Leder anfühlt. Soll die Leimschluppe häufig verwendet werden, behandelt man sie zusätzlich noch intensiv mit Leinölfirnis. Trotz der Vorteile, die mancherorts empfohlene Zusätze von Glycerin, Zucker oder Sirup mit sich bringen mögen, wird man mit gutem, über Nacht in kaltem Wasser eingequollenem Leim ordentlich arbeiten können. Er wird stets im Wasserbad, nie direkt über der Flamme erhitzt, bis er nicht mehr klumpt und glatt vom Rührholz abläuft. Als Behälter eignen sich bis 5 Liter die elektrisch beheizten Leimkocher, für häufig benötigte größere Mengen läßt man sich vom Fachmann ein (Waschmaschinen-)Heizwendel in einen verzinkten Hobbock einbauen, in dessen Öffnung ein Zinkeimer eingehängt werden kann. Damit das Gefäß genügend Bodenfreiheit bekommt, schweißt man einen Standring unter. Für ständigen Gebrauch hat sich der Bau eines gasbeheizten (oder mit Heizstab versehenen) Wasserbades bewährt, in das Töpfe verschiedener Größe eingehängt werden (Abb. 43).

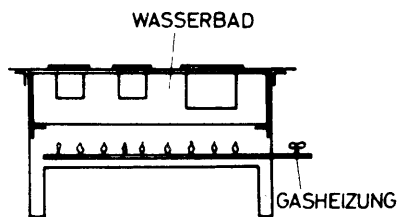
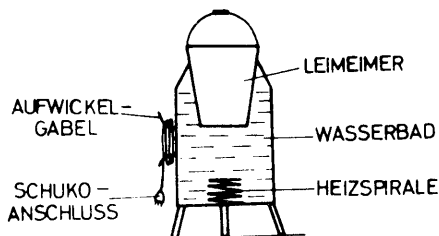


Abb. 43: Leimkocher



Die Eingießtemperatur soll 30 - 35 °C betragen, also etwa der Handwärme entsprechen. Die sich auf der Oberfläche bildende Haut wird immer wieder untergerührt. Wenn man es eilig hat, rührt man den Leim im kalten Wasserbad auf Gießtemperatur. Zur Probe bringt man einen Tropfen auf eine Glasplatte. Er muß dort sogleich gelieren, darf nach kurzer Zeit nicht mehr kleben und muß sich zusammenhängend abziehen lassen.

Zum Abkühlen bringt man die Form in den Kühlschrank, oder man stellt sie auf den kalten Steinfußboden.

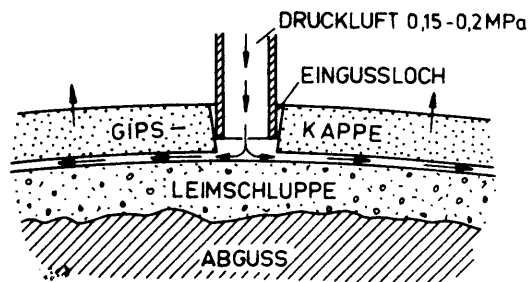
Die abgezogene Form (Schluppe) ist empfindlich gegen Deformierung; deshalb wird sie sogleich wieder in ihre Kappe eingepaßt.

Der Isolation vor dem Ausguß muß man bei Leimformen besondere Aufmerksamkeit widmen.

Die vorher beschriebene Alaungerbung muß soweit abgetrocknet sein, daß sich eine weiße Verfärbung der Oberfläche zeigt. Dann Vaseline mit weichem Flachpinsel oder Mullbausch dünn und gleichmäßig auftragen, die Flächen mit dem Finger glätten, die Form auf 5 - 8 °C bringen und ausgießen. Auch exotherme Gußmassen (z. B. Methacrylsäureester Kalloplast) lassen sich in ausgezeichneter Qualität in Leimformen gießen, wenn die Form sofort bei Beginn der Polymerisation wieder in den Kühlschrank gebracht wird.

Beim Entformen großer Kappenteile gibt es oft Schwierigkeiten, weil die Adhäsionskräfte die Kappe fest auf der Leimschluppe halten. Ohne Schwierigkeit lösen sich die Teile mit Hilfe von Druckluft oder Kohlensäure aus der Druckflasche, die in das Eingußloch oder eine für diesen Zweck eingeschnittene Öffnung in der Gipskappe eingeleitet wird (Abb. 44). Verbrauchte Leimschluppen werden in Würfel geschnitten und auf Sieben luftgetrocknet. Den flüssigen Rest im Eimer gießt man auf eine Folie und bricht die getrocknete Schicht in Stücke. (4, 6, 31)

Abb. 44:
Abheben von Gipskappen mittels
Druckluft



Herstellung einer Leimform

Ein menschlicher Schädel soll in Leim abgeformt werden für Abgüsse in Kunststoff (Methacrylsäureester).

Alle Durchbrüche, durch die der flüssige Leim in das Schädelinnere eindringen könnte, mit Modellierton so zusetzen, daß die Bruchkanten und Grenzflächen in ihrer Stärke sichtbar bleiben. Damit der Ton ein Widerlager hat, vorher mit Tuchstücken oder Knüllpapier auffüllen.

Die Flächen, welche im Abguß wieder geöffnet werden sollen, durch Einritzungen im Ton markieren. (Abb. 45)

Als Distanzschicht für den Leim den ganzen Schädel mit Ton einpacken. Damit das in der gewünschten Stärke geschieht, gleichmäßig gewalzte Tonstreifen herstellen. (Abb. 46)

Zur Schonung des Originals dünne Alufolie unterlegen. Die Schluppe soll in drei Teilen gegossen werden, wobei die Trennung einmal seitlich am Schädel über Unterkante Jochbein und Unterkante Oberkiefer verlaufen wird und zweitens um die Augenöffnungen über die Stirn. Die Augenhöhlen deltt man konisch aus. Eine so geformte Schluppe löst sich besser aus den unterschrittenen Höhlungen als ein massiver Zapfen. (Abb. 47)

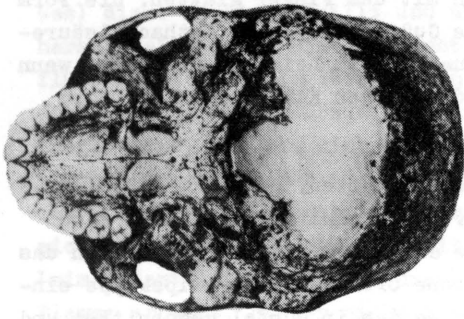


Abb. 45: Die Schädelöffnungen sind mit Modellierton abgedichtet

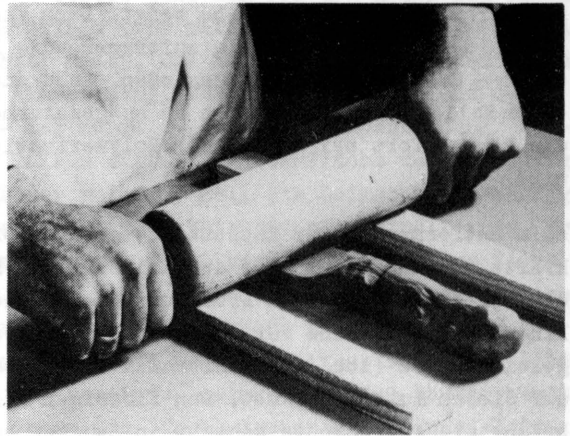


Abb. 46: Auswalzen gleichmäßig starker Tonstreifen



Abb. 47:
Anlegen der Distanzschicht aus Ton

Als Begrenzung für die Gipskappe Tonrand auf den Tonuntergrund setzen, dabei Ausladungen für Handhaben zum Kappenlösen berücksichtigen. Als Anhalt für die Stärke des Gipsauftrages Streichhölzer an markanten Stellen einstecken. (Abb. 48)

Unterkappe gießen. Schlösser im Rande anbringen. Die Kappe für die Oberschluppe wird zweiteilig, damit sie auf jeden Fall leicht abzunehmen ist. Gesichts- und Scheitelbegrenzung anfügen, isolieren, erste Hälfte der Oberkappe gießen. Schlösser an der Scheitelfuge einschneiden, Gesichts- und Scheitelbegrenzung ansetzen, isolieren, zweite Hälfte der Oberkappe gießen. Kantenschlösser an der Gesichtsseite einschneiden, Tonbegrenzung in etwa 1 cm Abstand vom Kappenrand ringsherum aufsetzen, isolieren, Gesichtskappe gießen.

Die Kappen umschließen nun vollständig den Schädel. Sie werden mit Messer oder Zieh-

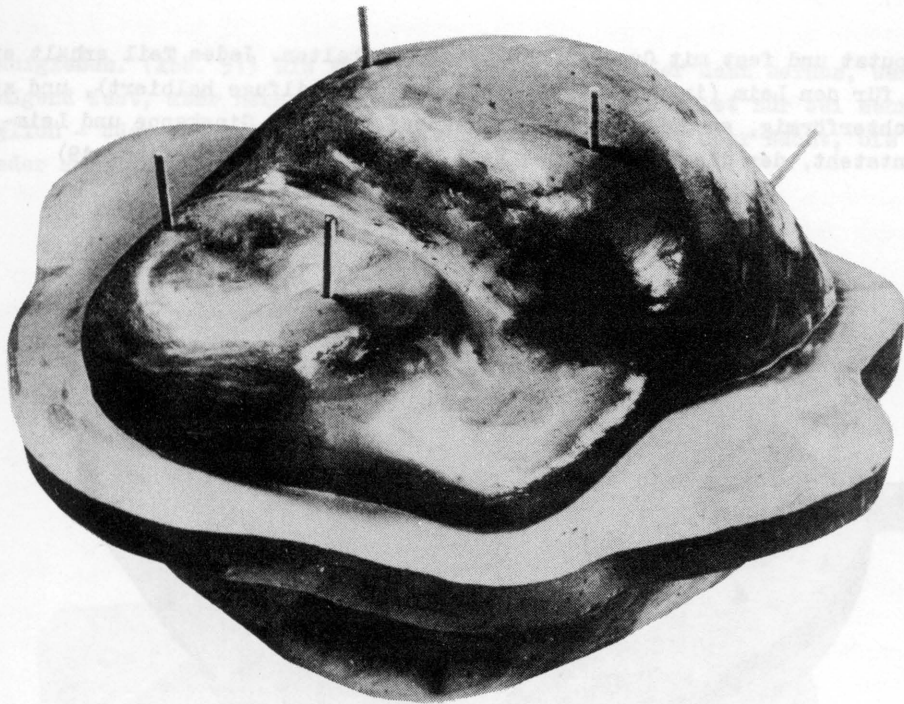


Abb. 48: Für den Kappenguß vorbereitete Schädelunterseite

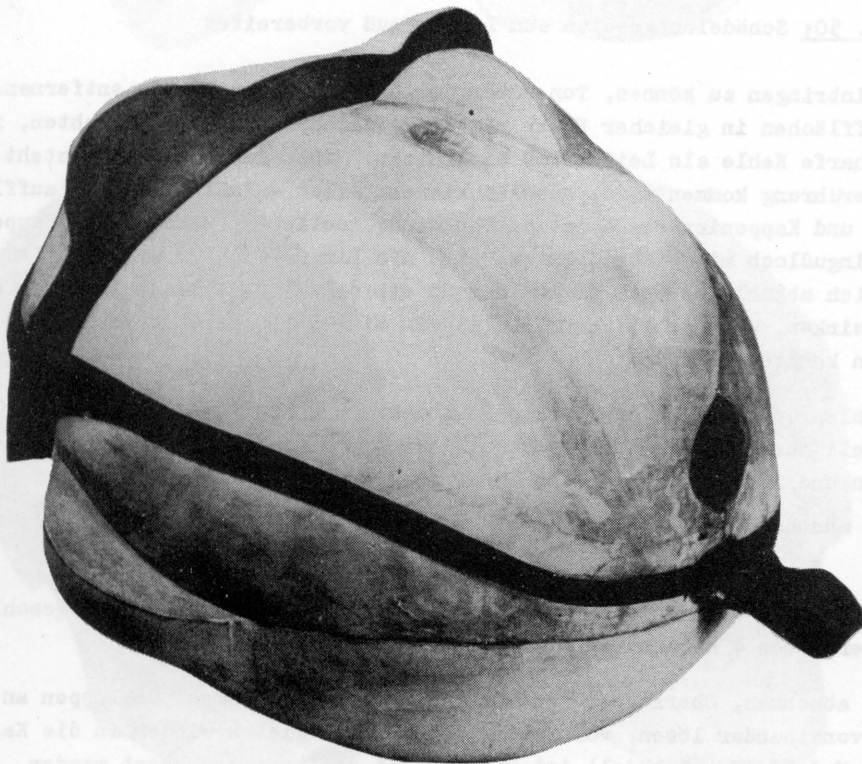


Abb. 49: Die Kappenteile umschließen den Schädel

klinge verputzt und fest mit Gummiringen zusammengehalten. Jedes Teil erhält ein Eingußloch für den Leim (in den Oberkappen durch die Teilfuge halbiert), und zwar leicht trichterförmig, so daß eine Art Druckknopf zwischen Gipskappe und Leimschluppe entsteht, der die Leimschluppe fest an den Kappen hält. (Abb. 49)

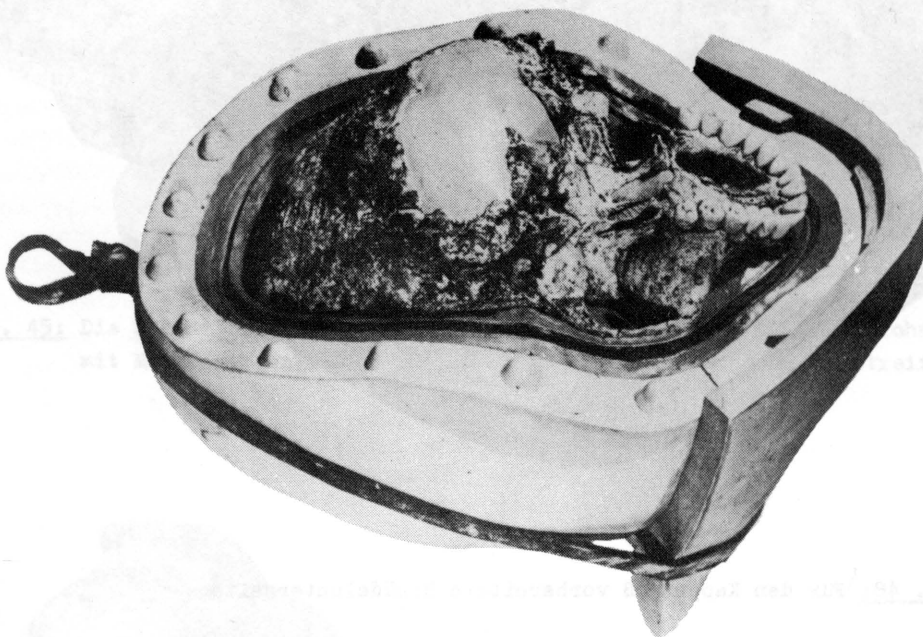


Abb. 50: Schädelunterseite zum Leimaufguß vorbereitet

Um den Leim einbringen zu können, Ton unter der ersten (Unter-)Kappe entfernen. Saubere Anlaufflächen in gleicher Ebene mit den Gipskappenrändern herrichten, ringsherum eine scharfe Kehle als Leimschloß einkratzen. Gips, der gegen Gips steht oder mit Leim in Berührung kommen wird, schellackieren. Alles - Paßflächen, Anlauffläche, Original und Kappeninneres - mit Seifenlösung isolieren (Bild oben). Kappe aufsetzen, das Eingußloch mit einer Tonmanschette als Eingußtrichter erhöhen, Leim eingießen. Der sich abkühlende Leim fällt langsam ein und würde unkontrollierbar unter der Kappe versinken, wenn nicht der Füllstand im Eingußtrichter beobachtet und evtl. ergänzt werden könnte.

Nach dem Abkühlen und Festwerden Oberkappen abnehmen, Ton entfernen, Tonanlauffläche am Stirnteil herrichten (Kehle!). Schellackieren, isolieren, Kappen aufsetzen, Leim eingießen und fest werden lassen.

Gesichtskappe abnehmen, Ton darunter entfernen, schellackieren, isolieren, Leim eingießen.

Der Schädel ist jetzt vollkommen von einer dreigeteilten Leimschluppe eingeschlossen, die wiederum von 4 Kappenteilen zusammengehalten wird.

Gesichtskappe abnehmen, Oberkappen abnehmen, Unterkappe abnehmen. Schluppen an den Trennflächen voneinander lösen, vorsichtig abheben und gleich wieder in die Kappen einlegen. Das Modell (der Schädel) ist wieder frei und kann gesäubert werden.

Vor dem eigentlichen Abguß Positive herstellen. Dazu nach der vorher beschriebenen Teilbehandlung den Gips auf das Negativ einschließlic der isolierten Gipskappen-

ränder aufgießen. (Abb. 51) Die Positive nimmt man entweder dann heraus, wenn der Gips genügend fest, aber noch nicht warm geworden ist - das ist nur bei sehr gutem Gips möglich - oder man läßt ihn normal abbinden und wartet über Nacht, bis der Leim wieder abgekühlt ist.

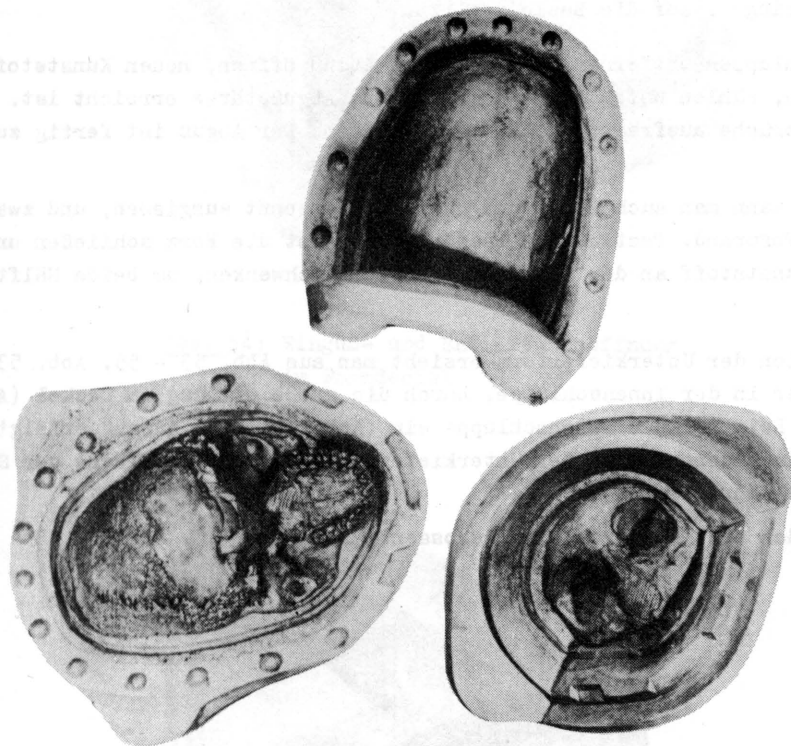


Abb. 51: Die Positive



Abb. 52: Original und verputzter Abguß

Zum Ausgießen mit Gießharz die Isolation wiederholen. Nur Ober- mit Gesichtsschluppe und ihren Kappen zusammensetzen. In der Unterschluppe die Zähne mit Harz auffüllen. Bläschen mit einer Nadel herausstechen und das Harz im Kühlschrank fest werden lassen, ebenso auch die anderen Teile mit abkühlen. Ca. 100 ml Kunststoff dünn ansetzen, in den Formhohlraum gießen, Form mit Unterschluppe und Kappe schließen. Das Ganze schwenken bis der Kunststoffrest im Becher zu gelieren beginnt. Sofort in den Kühlschrank bringen, auf die Basis stellen.

Kappen und Schluppen entfernen, Basisloch im Abguß öffnen, neuen Kunststoff einfüllen, schwenken, kühlen usf., bis die gewünschte Abgußstärke erreicht ist. Die markierten Durchbrüche ausfräsen, Gußnähte verputzen. Der Abguß ist fertig zum Tönen. (Abb. 52)

Mit Kalloplast kann man auch Basis und Oberteil getrennt ausgießen, und zwar jedes fast bis zum Formrand. Fest werden lassen. Dann erst die Form schließen und eine geringe Menge Kunststoff an der Nahtstelle entlang schwenken, um beide Hälften zu verbinden. (12)

Die Konstruktion der Unterkieferform ersieht man aus Abb. 53 - 55. Abb. 53 zeigt den Unterkiefer in der Innenschluppe. Durch die große Öffnung im Deckel (Abb. 54) gießt man den Leim für die Außenschluppe ein (Abb. 55). Der Ausguß erfolgt durch eine Öffnung im Bodenstück an der Unterkieferspitze. Die Trennfläche der Schluppen nicht über die Zähne legen!

Auch hier werden erst zwei Positive gegossen.

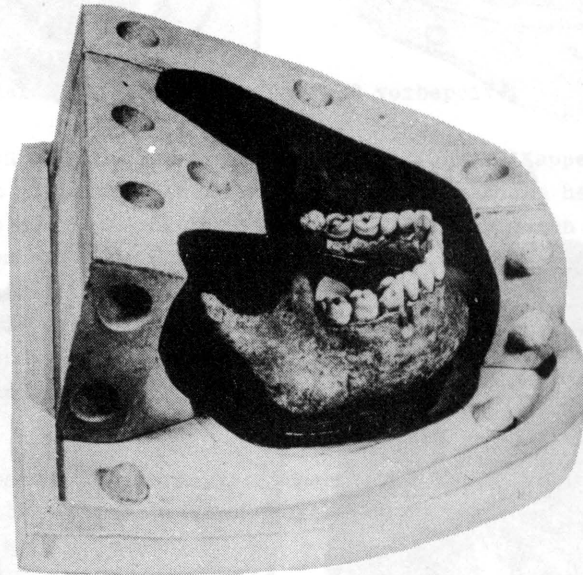


Abb. 53: Die Innenschluppe mit dem Originalunterkiefer

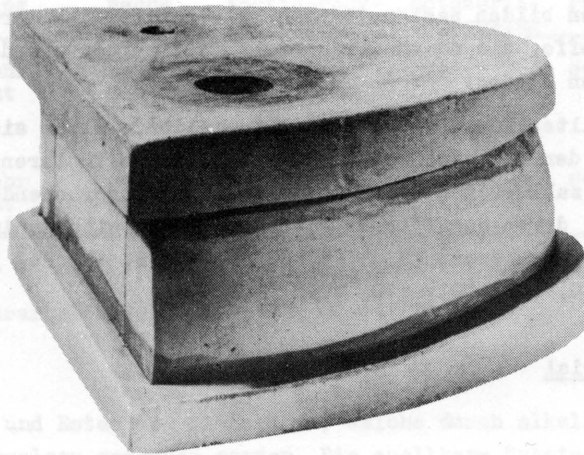


Abb. 54: Einguß- und Entlüftungsöffnung
im Formdeckel

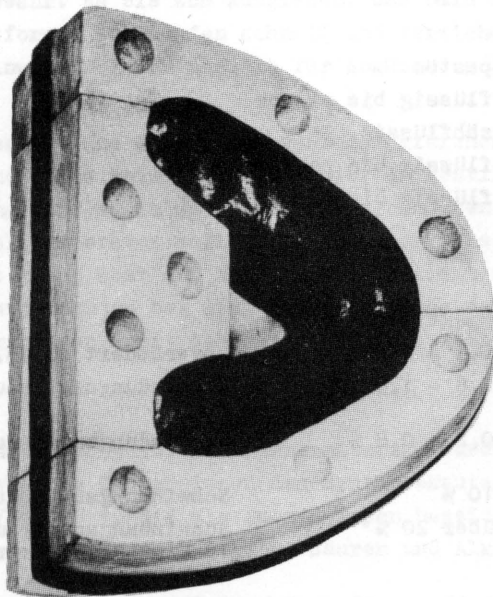


Abb. 55: Innen- und Außenschluppe bei abge-
nommenem Deckel

2.3.2. Kunststoffformen

Kunststoffe können wegen ihrer Vielfalt und Modifizierbarkeit für jede Arbeitsaufgabe mit einem Optimum an Qualität eingesetzt werden, besonders im Hinblick auf Zeichnungsschärfe (Wiedergabegenauigkeit), Schrumpfungsverhalten, Biegezugigkeit und Verträglichkeit gegenüber den gewählten Ausgußmaterialien. Allerdings liegen die Materialkosten bedeutend über denen von Leim.

Die Formtechnik und der Arbeitsablauf orientieren sich grundsätzlich am Abformen

mit Leim. Ausnahmen bilden pastöse Massen, die aufgetragen werden und keine Kappen benötigen, und Stoffe, die durch Verdunstung fest werden und deshalb nicht in Kappen gegossen werden dürfen.

Die hier vorgestellten Kunststoffe sind Materialien, welche sich in der museumstechnischen Praxis in der DDR bewährt haben. Sie gleichen in ihren grundsätzlichen Eigenschaften den zahlreichen Typen und Varianten entsprechender ausländischer Kunststoffgruppen, deren spezifische Daten und Verarbeitungshinweise in jedem Fall berücksichtigt werden müssen. (2, 3, 5, 6, 8, 14, 16, 17, 26, 32, 34, 47, 48, 50, 51, 55, 84, 88, 100, 103, 104, 110, 115, 32a, 89a)

Kunststoffformmaterial

Aufgießtemperatur

Zimmertemperatur	warm/heiß
Alginate	Alginate
Siliconkautschuk-Pasten	Schmelzmasse (Vinyle)
Latices	
Thioplaste	

Konsistenz

Alginate	pastös
Latices	flüssig bis pastös
Schmelzmassen	zähflüssig
Siliconkautschuk-P.	flüssig bis pastös
Thioplaste	flüssig bis pastös

Schrumpfungsverhalten

Schmelzmassen	praktisch 0 %	
Thioplaste	0,3 %	unverändert ab 18. Tag
+ Silicongummi rein	0,6 - 1,5 %	Schwindungszeitraum 2. - 5. Tag
+ Silicongummi gestreckt	0,2 - 0,8 %	Schwindungszeitraum 4. - 8. Tag
Latices	10 %	Schwindungszeitraum 3 Stunden - 8. Tag
Alginate	über 20 %	Schwindungszeitraum 15 Minuten bis zur Unbrauchbarkeit

+ größerer Vernetzeranteil - größere Schrumpfung

Verträglichkeit mit dem Abgußmaterial

	Gips	Wachs	Epoxid-Polyesterharze	Methacrylsäureester	PVC	Metall
Alginate	sehr gut	ungeeignet	ungeeignet	bedingt	ungeeignet	ungeeignet
Latices	sehr gut	bedingt	bedingt	gut	bedingt	ungeeignet
Schmelzmassen	sehr gut	sehr gut	gut	gut	sehr gut	ungeeignet
Silicongummi rein	sehr gut	sehr gut	bedingt	gut	sehr gut	bis 450 °C gut

	Gips	Wachs	Epoxid-Poly- esterharze	Methacryl- säureester	PVC	Metall
Silicongummi mit Eisenoxid + Titandioxid	sehr gut	sehr gut	bedingt	gut	sehr gut	bis 450 °C sehr gut
Thioplast	sehr gut	sehr gut	ungeeig- net	ungeeig- net	sehr gut	ungeeig- net

Eigenschaften und Verarbeitungshinweise

Alginat

Alginat sind Salze und Ester der Alginsäure, welche durch alkalische Extraktion von Tangen und Meeresalgen gewonnen werden. Die quellbare Substanz (Agar-Agar) ist Hauptbestandteil der vor allem in der Dentaltechnik verwendeten Abformmasse Calcinat sowie des im sog. Poller'schen Verfahren benutzten Negocoll.

Calzinat - als Unterscheidungsmerkmal gegenüber Gips rosa eingefärbt - wird mit dem gleichen Raunteil Wasser eingerührt (Wasser in die Substanz geben!). Es muß unmittelbar nach dem Einrühren mit dem Spachtel oder dem Finger aufgetragen werden und erstarrt innerhalb drei Minuten ohne Wärmeentwicklung. Man hebt es vorsichtig vom Modell ab und bewahrt es bis zum Ausgießen, das bald danach erfolgen soll, im Wasser auf. Calzinatformen schrumpfen schnell und verziehen sich leicht. Calzinat ist physiologisch einwandfrei und deshalb für Abgüsse am Lebenden besonders geeignet.

Negocoll besteht aus Agar-Agar, fast dem gleichen Anteil feiner Kreide, zerfaserner Watte und etwas keimtötendem Zusatz, in destilliertem Wasser eingequollen. Zur Verarbeitung wird es im Wasserbad eingeschmolzen und bei etwa 35 °C aufgetragen. Die Einschmelztemperatur soll 50 - 60 °C möglichst nicht überschreiten. Da der Erstarrungspunkt knapp über der Hauttemperatur liegt und es auf der Haut gut vertragen wird, benutzt man es bei Gesichts- und Handabformungen. Auch sehr empfindliche Kleinobjekte kann man damit schonend abformen. (16, 31, 56, 65, 88, 102)

Latices

Die Verwendung von Naturkautschuk als Formenmaterial wurde seit den dreißiger Jahren abgelöst durch wäßrige Dispersionen des Synthesekautschuks, vor allem die Butadien-Styren-Polymerisate, die als Buna-S-Typen bezeichnet werden. Latex ist empfindlich gegenüber Füllstoffen, Salzen, Säuren und Alkoholen. Bei Frosteinwirkung koaguliert er.

Bunalatex S3 und **S 220** sind weiße, dünnflüssige Latices mit Feststoffgehalten von 35 bzw. 50 - 54 %. Die Reaktion ist alkalisch (pH ca. 10). Der unvulkanisierte Film dehnt sich bis auf das 7fache. Füllstoffe können nur bei Überschuß von Latex und angepastet eingebracht werden, ebenso Pigmente. Zum Andicken benutzt man Salze der Polyacrylsäure (Scopacryl PAA AN), einen Zusatz von 0,1 % tierischem Leim oder 1,5 Teile Natriumcarbonat Na_2CO_3 oder Natriumhydroxid NaOH als Lösung.

Zentrifugenlatex (z. B. LOW-Ammonia) ist ein Naturkautschuk mit besonders hohem Feststoffanteil und hat eine sahnige Konsistenz. Seine Lagerfähigkeit ist begrenzt (höchstens 1/4 Jahr), aber er eignet sich wegen seiner außerordentlichen Reißfestigkeit und Elastizität hervorragend für sehr stark und eng profilierte Oberflächen. Man trägt ihn mit dem Pinsel mehrmals auf, immer nach dem Abtrocknen der vorherigen Schicht. In große Formen wird man Tüllflecken oder Gazestreifen mit einkaschieren.

Latex quillt sehr stark in aromatischen und chlorhaltigen Kohlenwasserstoffen. Diese Eigenschaft nutzt man zum Vergrößern von Formen. Durch Ausgießen, erneutes Abformen des Ausgusses usf. gelingt es, beliebige Vergrößerungen des Modells herzustellen. (3, 17, 35, 37, 42, 50, 51, 55, 74, 77, 84, 89, 91, 93, 104, 120, 125, 126, 128, 132)

Schmelzmassen

Schmelzmassen sind Vinylverbindungen. Sie sind mehrmals wiederverwertbar und von unübertrefflicher Elastizität. Formen aus Schmelzmasse kann man umstülpen, ohne daß sie reißen. Ihr Nachteil ist die hohe Verarbeitungstemperatur (140 - 160 °C). Modelle, die mit Schmelzmasse abgeformt werden sollen, umgießt man in einem Zuge allseitig (sie stehen dabei auf Nadeln oder auf Nagelspitzen). Der Formkasten soll aus Metall bestehen und muß oben genügend Platz für die aufschäumenden Luftblasen haben. Das Modell erwärmt man vorher im Wärmeschrank oder unter Infrarotstrahlern, um Wärmespannungen auszuschließen und um das "Abgasen", d. h. das Austreten von Luft aus der Oberfläche infolge der plötzlichen Erhitzung, herabzusetzen.

Schmelzmasse darf nicht überhitzt werden; sie verkohlt schnell. Am besten verflüssigt man die kleingeschnittenen Würfel in einem Ölbad mit eingehängtem Thermometer bei höchstens 160 °C. Wegen des unangenehmen, stechenden Geruchs muß man unbedingt unter dem Abzug arbeiten.

Wenn man die erkaltete Form nicht abziehen oder abstülpen kann, schneidet man sie an vorher auf dem Formkasten bezeichneter Stelle mit einem scharfen, spitzen Skalpell auf, wobei ein Helfer die Masse beiderseits des Schnittes auseinanderzieht. (3, 5, 8, 14, 34, 130)

Siliconkautschuk-Pasten

Kalthärtende Siliconkautschukpasten sind als mehr oder weniger viskose Flüssigkeiten auf der Basis siliciumorganischer Verbindungen aufgebaut. In Verbindung mit einem Vernetzer vulkanisieren sie bei Raumtemperatur zu dauerelastischem Silicongummi aus. Für die unterschiedlichen Anwendungsgebiete sind Typen verschiedener Viskosität von streichfähig über zähflüssig und gießfähig bis flüssig im Handel (Pastenviskosität von ca. 4 000 mPa.s bis ca. 80 000 mPa.s). Besondere Vernetzungsmittel gestatten es, die Topfzeit (die Zeit, in der das Material noch plastisch verarbeitet werden kann) zwischen 1 Minute und über 1,5 Stunden einzustellen.

Wegen ihrer antiadhäsiven Eigenschaften im ausgehärteten Zustand, wegen der einfachen und sauberen Verarbeitung und vor allem wegen der ausgezeichneten Kriech- und Fließeigenschaften sind kaltvulkanisierende Siliconkautschukpasten die heute am häufigsten eingesetzten flexiblen Formmassen in der Museumswerkstatt. Die jeweils gültigen Typenbezeichnungen, ihre Eigenschaften und Verarbeitungshinweise erfährt man vom Hersteller (in der DDR: VEB Chemiewerk Nünchritz).

Bei der Formenherstellung - sie entspricht der üblicher Formen - sind nicht grundsätzlich Trennmittel erforderlich. Lediglich sehr poröse Modelle, deren Oberfläche sich leicht abreibt, sollte man mit einem Kunstharzlack (Plaflex 40) überziehen oder mit Wachslösungen behandeln.

Als Einbettmittel ist Ton geeignet oder gutes Plastilin. Die erste Formschicht trägt man dünn auf, läßt etwas abstehen und füllt dann die volle Menge auf. Die Trennflächen des ausgehärteten Kautschuks isoliert man bei mehrteiligen Formen mit Vaseline oder wässriger Seifenlösung.

Gerade ausgehärteter Siliconkautschuk verbindet sich fest mit neu aufgegossenem; man kann also Formteile ohne weiteres verstärken oder Reparaturen vornehmen. Auch Gewebeeinlagen aus Glas oder Textil sind möglich. Man legt sie, damit sie nicht auf das Modell durchsinken, einer bereits ausvulkanisierten Schicht auf, beschichtet sie aber vorher schon mit unvulkanisiertem Material.

Die Widerstandsfähigkeit der Silicongummiformen erhöht sich beträchtlich, wenn man zuerst mehrere Wachsausgüsse herstellt. Soll die Form mit Gießharzen (Polyester/Epoxidharz oder Methacrylsäureester) ausgegossen werden, kann man sie mit Siliconspray 50 bzw. 200 (Dimethylsiliconöl des VEB Chemiewerk Nünchritz) hauchdünn einsprühen oder von vornherein eine mit Siliconöl modifizierte Paste zur Formherstellung verwenden. Kunststoffausgüsse beeinträchtigen die Haltbarkeit des Formmaterials sehr.

Die Benetzbarkeit der Silicongummiform wird durch Auswaschen mit Spiritus oder Fotofilmnetzmittel noch deutlich erhöht. Aufgegossener Gips z. B. läuft sofort auf der Fläche breit und in die Vertiefungen hinein.

Vor dem ersten Ausgießen mit Metall ist die mindestens 76 Stunden abgelagerte Form ca. 6 Stunden bei 150 °C im Umluftofen zu tempern. Die Metallschmelze soll 250 °C nicht überschreiten, und es ist vorteilhaft, die Form einzurußen, zu talkumieren oder einen dünnen Graphitüberzug aufzubringen. Bei Zusatz von reinem, feinen Quarzsand (bis zu 50 %) sowie von Eisenoxid oder Titandioxid kann die Hitzebeständigkeit um etwa 100 °C heraufgesetzt werden.

Als Formmaterial zur Herstellung von Galvanos eignet sich Silicongummi hervorragend, wenn keine heißen, aggressiven Elektrolyten verwendet werden. Die Leitfähigkeit stellt man mit feinstgeschlammtem Kupferschliff oder mit Leitsilberpulver her.

Die Topfzeit der Siliconkautschukpaste-Vernetzer-Mischung kann man durch Unterkühlung wesentlich verlängern. Bei -15 °C beträgt sie das Dreifache gegenüber 20 °C.

Nicht mehr benötigte Formen sind ein vollwertiges Streckungsmittel für einen neuen Ansatz. Sie lassen sich allerdings ohne Hilfsmittel schwer zerspanen oder zerreiben. Man gibt den Silicongummi entweder in kleinen Stückchen bei oder dreht ihn besser durch einen Haushaltsfleischwolf. Die so entstehenden kleinen Schnitzel kann man zu einem sehr hohen Anteil der Paste zugeben. Sie werden vollkommen umflossen, verteilen sich gleichmäßig und beeinträchtigen die guten Eigenschaften der reinen Masse in keiner Weise; sie setzen sogar deren Schwund deutlich herab.

Neben der Verarbeitung als Paste kommt in manchen Fällen eine Verarbeitung als Dispersion in Frage. Man stellt sie im schnell-drehenden explosionsgeschützten Rührwerk mit Toluol, Xylen oder Aceton her (kein Benzen!).

S t a f a n a t ist eine tubenkonfektionierte dentaltechnische Abformmasse (VEB Arzneimittelwerk Leipzig), welche sich auch hervorragend bei Arbeiten an stehenden oder hängenden Modellen bewährt hat (an Hauswänden eingelassene steinerne Wappen, schwer zugängliche Plastiken usw.). Es gibt sie in den Modifikationen dünnfließend, normalfließend und knetbar. (2, 3, 14, 31, 32, 38, 47, 48, 50, 52, 57, 64, 82, 84, 85, 86, 103, 105, 119, 122, 123, 124, 126, 127, 129, 130, 32a)

Thioplaste

Thioplast K2 flüssig (VEB Chemiewerk Greiz-Dörlau) und N a f t o f l e x (BRD) sind polysulfidhaltige Kunststoffe, die wegen ihrer gummielastischen Eigenschaften nach erfolgtem Vulkanisationsprozeß der anfänglich dickflüssigen oder pastösen Produkte auch als Polysulfidkautschuk bezeichnet werden. Der beigegebene Rußanteil, der die Geschmeidigkeit verursacht, kann auf farbempfindlichen Objekten - besonders Elfenbein - Verfärbungen hervorrufen.

Die Lagerfähigkeit ist auf 2 - 3 Monate begrenzt. Durch allmähliche Oxidation verfestigt sich die Masse auch ohne Härter.

Das Mischen der Bestandteile, welche sehr genau abgewogen werden müssen, soll sehr gründlich erfolgen, am besten mit einem Spiralrührer (Einsatz in die elektr. Bohr-

maschine) bei 400 - 600 U/min Rührzeit mindestens 10 Minuten, günstigste Mischtemperatur 15 - 20 °C. Verarbeitung nicht unter + 5 °C, weil dann die Viskosität sehr stark zunimmt.

Unter normalen Bedingungen beginnt die Verfestigung je nach Sorte nach etwa 1 - 5 Stunden. Wärme und hohe Luftfeuchte beschleunigen den Vorgang, niedrige Temperaturen verzögern ihn. Die Aushärtung ist normalerweise nach 24 Stunden beendet.

Das Material kann vor der Verarbeitung verdünnt werden, wenn es zu zäh geworden ist, z. B. bei Überlagerung. Man verwendet dazu Aceton (höchstens 50 ml je 100 g Thioplast). Dabei müssen aber Schwunderscheinungen in Kauf genommen werden.

Nach der Verarbeitung behalten die Thioplaste ihre elastischen Eigenschaften im Temperaturbereich von -40 °C bis +100 °C. Die Alterungsbeständigkeit rußgefüllter Produkte wird auf 25 - 30 Jahre geschätzt.

Die Härtung kann auch unter Wasser erfolgen. Saures Medium verzögert die Härtung, alkalisches begünstigt sie.

Zur Reinigung der benutzten Geräte vor der Aushärtung benutzt man Trichlorethylen oder andere chlorierte Kohlenwasserstoffe (Arbeitsschutzvorschriften beachten!). (31, 38, 122, 130)

Herstellung von Kunststoffformen

1. Handabformung mit Calzinat

An einem Gipsabguß soll die Handhaltung beim Gebrauch eines Steinwerkzeugs demonstriert werden. (Abb. 56)

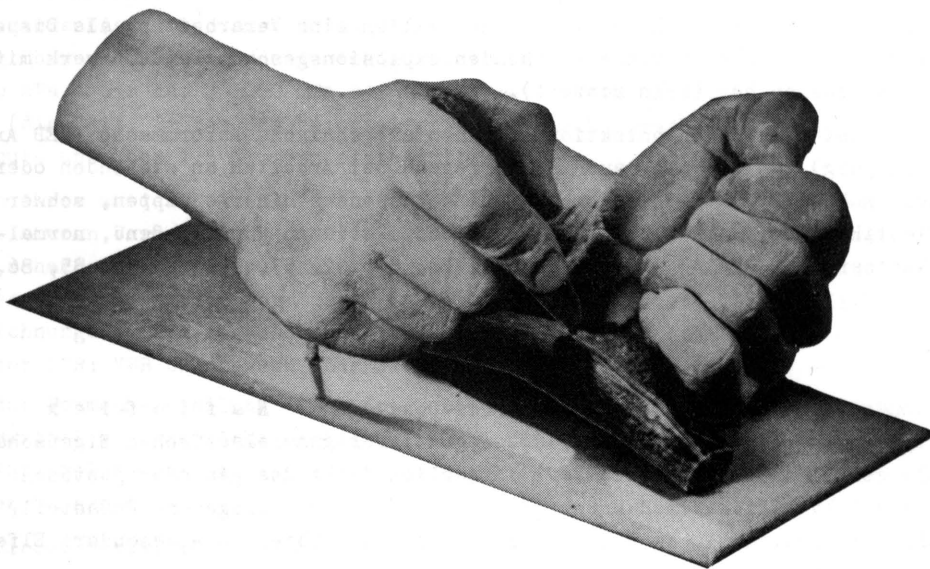


Abb. 56: Demonstrationsmodell in Gips

Man achtet darauf, daß die Hand (jede Hand ist hier für sich abgeformt worden) bis 5 oder 6 cm über das Handgelenk in die Formmasse getaucht und völlig benetzt wird. Dann legt man sie auf eine (bzw. hält sie über eine) mit Ton oder Plastilin mög-

lichst eng begrenzte Glasplatte und trägt mit dem Spatel weiter auf. Ein Helfer sorgt für immer frisches Material. Unter der Handfläche darf sich kein Luftpolster bilden, was man dadurch verhindern kann, daß man einen getränkten Mullbausch unterlegt. Bei einer komplizierten Handhaltung, wie der hier gezeigten, sollte man auch in die letztlich etwa 1,5 cm starke Formschicht getränkte Mullbinden so mit einkaschieren, daß sie an der unauffälligsten Stelle (in der Handinnenfläche oder unten) nicht geschlossen sind. Das ergibt die Sollbruchstelle beim Ausformen. Stellt die Hand eine große Fläche dar, gießt man zur Sicherheit noch eine Gipskappe über, in der die Schluppe sicher in ihrer Lage hält.

Zum Ausguß füllt man die Form nicht in einem Zuge mit Gipsbrei, sondern man schwenkt erst einen Teil bis zum Anziehen und gießt dann den Rest ein. (133)

2. Wappenabformung mit Zentrifugenlatex

Ein in die Wand eingemauertes Steinwappen, ca. 70 cm breit und bis 5 cm tief, eng profiliert, soll als bemalter Gipsabguß in einer Museumsausstellung gezeigt werden. (Abb. 57)



Abb. 57: Das Mülhäußer Stadtwappen, die Latexform und der nach den Originalfarben getönte Abguß

Bei nicht so enger Profilierung würde man dieses Objekt auch mit Silicon-Knetpaste (Stafanat) abformen können (Zeitersparnis, Wetterunabhängigkeit). Mit Sicherheit aber würde die Form beim Abnehmen zerreißen.

Trockenes, sonniges und möglichst warmes Wetter sollen die Verdunstung des Wasseranteiles im Latexkonzentrat beschleunigen. Ein Ventilator (Fön) oder Infrarotstrahler kann diese klimatischen Voraussetzungen notfalls ersetzen. Isolierung des Steinestockes ist nicht erforderlich. Der Latex muß bis zur Stärke eines etwa 3 mm starken Felles Schicht auf Schicht aufgetragen werden, wobei man die Rückseite der Formschicht locker so mit getränktem Mull oder Knüllpapier auspolstert, daß für eine nun aufzubringende Gipsstützkappe keine Unterschneidungen mehr entstehen. Dazu eignet sich auch sehr gut Latex, der mit Aktiv-Füller K 60 (Siliciumdioxid des VEB Stickstoffwerk Piesteritz) mit Aerosil eingedickt wurde. (51, 66a)

3. Epiloxabguß einer Frauenstatuette aus einer Schmelzmasseform (Abb. 58)



Die Bronze figur soll in einer entsprechend hohen Weißblechdose als Formbehälter allseitig mit Schmelzmasse umgossen werden. Dazu ist es nötig, die vom Körper abstehenden und die durchbrochenen Partien (Arme, Knie, Füße, Fisch) in Verbindung zum Körper zu bringen, damit das Formmaterial nicht dazwischenlaufen und das Abnehmen unmöglich machen kann. Außerdem laufen solche Teile schwer aus und bilden Luftsäcke. Mit dünnen Weißblechstreifen (Konservenbüchsenblech) oder Moldine verbindet man alles mit dem Körper oder setzt die Öffnungen bzw. Durchbrüche zu. Der Ausguß erfolgt vom Sockel her. Man stellt also die seitlich aufgetrennte Form auf den Kopf, umrollt sie mit steifem Karton (die Dose mußte als Behältnis zerschnitten werden) und hält das Ganze mit Gummiringen fest zusammen.

Abb. 58: Frauenstatuette
in Epilox

4. Eine Silicongummiform von einer Buddhafigur für Metallausgüsse (Abb. 59)

Ein Stück PVC-Rohr, 2 cm länger als das Bronze figurchen hoch ist, mit der Feinsäge längs auftrennen und als Formbehälter überstülpen, mit Cuponringen zusammenhalten. Siliconkautschuk-Paste eingießen und aushärten lassen. Behälter aufspreizen und abziehen. Mit spitzem Skalpell den Kunststoff an einer Seite der Figur aufschneiden, Original entnehmen. Die Form 76 Stunden ablagern, dann 6 Stunden bei 150 °C tempern und wieder in die Vinidurhülle einlegen. Die Form mit der Metallegierung (Lötzinn SnL 50) ausgießen. Der letzte Guß verbleibt in der Form, damit sie nicht schwindet oder sich verzieht. Weiterbehandlung galvanisch mit anschließender elektrolytischer Patinierung.

Bei solchen Arbeiten steht immer wieder die Frage, wie für die verschiedenen dimensionierten Modelle geeignete Formbehälter hergestellt werden können. Das eben beschriebene Vinidurrohr ließe sich z. B. wegen seiner Temperaturempfindlichkeit über 70 °C nicht für Schmelzmasseformen verwenden, man könnte dann auf Aluminiumblech oder einen mit Alufolie ausgelegten Holzkasten ausweichen.

Ein besonders rentabler und variabler Formkasten für kleinere Objekte ist der, den man auf einer magnetischen Spannplatte aufbauen kann. Solche Spannplatten gibt es in runder und in rechteckiger Ausführung. Durch Umlegen eines Knebels werden Permanentmagnete in Arbeitsstellung gebracht, in der sie Eisenplatten unverrückbar festhalten. Als Rahmenplatten läßt man sich Eisenbleche von 3 mm Stärke herstellen.



Abb. 59: Metallabgüsse, galvanisiert, aus einer Silicongummiform

Rechteckige Spannplatten sind wegen der länglichen Form nicht etwa günstiger, denn die Eisenplatten stehen nur dann fest, wenn sie die Magnetleisten schräg schneiden, also mehrere Felder überqueren. Deshalb sitzt ein Formrahmen auf einer Rechteckplatte schräg auf und kann die volle Spannplattenlänge nicht ausnutzen. Aus diesem Grunde wird eine runde Platte eher empfohlen, auf der man zugleich mehrere Formkästen aufbauen kann. (Abb. 60)

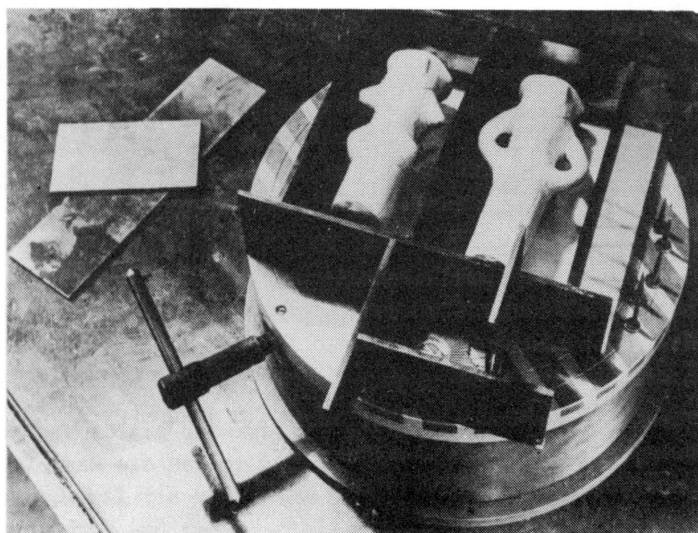


Abb. 60: Magnetplatte als Formkasten

Das Modell ist entweder in Ton oder in Sand bis zur Hälfte eingebettet, oder es wird in einem Zuge umgossen und muß dazu auf Nadeln oder Nägel gestellt werden. Breitreißige Nägel (Dachpappennägel) haften direkt auf der Magnetplatte. Nadeln steckt man in eine Kartonunterlage, auf die dann auch die Begrenzungsplatten gestellt werden. Eine Unterlage aus PE-Folie empfiehlt sich immer, wenn mit Harzen gegossen wird. Die Fachgeschäfte für Gold- und Silberschmiedebedarf bieten zudem Formrahmen mit Verbindungsschlössern an, die man gut für Kleingüsse im Einbettverfahren verwenden kann. (112)

5. Thioplastform für die Massenherstellung von Souvenirs

Ein mittelalterliches Spielzeugpferdchen soll über längere Zeit in großer Zahl als Gipsabguß gegossen werden. die Form muß dauerhaft, widerstandsfähig und maßhaltig sein.

12 einzeln abgegossene Pferdchen wurden als Modell ringförmig so angeordnet, daß sie mit Kopf, Hals, Brust und Beinen im Innenteil der Form stehen. (Abb. 61) Darüber wird glockenförmig die Außenform in einer Gipskappe gestülpt. Der Einguß erfolgt vom Kern her in die Hinterbeine. Von den Schwanzspitzen führen Luftpfeifen durch die äußere Schluppe nach oben. Aus ihnen muß vor jedem neuen Guß der eingestiegene Gips wieder entfernt werden.



Abb. 61: Thioplastform für Massenerstellung

2.4. Kombinierte Formen

Eine Kombination von starrem mit eingebundenem flexiblen Formträger zur Einsparung von elastischem Formmaterial oder zur Erhöhung der Stabilität oder zur Vereinfachung des Formenbaus.

Modelle, an denen großflächige, nicht untergriffige Partien abzuformen sind, aber gleichzeitig auch sehr unterschrittene Stellen, welche mit Formkeilen nicht zu fassen sind, werden als kombinierte Formen gebaut. Damit erspart man sich den Einsatz von Leim oder Kunststoff auf den unproblematischen Flächen. (Abb. 62) Solche Fälle gibt es häufig an Plastiken, deren einzige Schwierigkeit der Lockenkopf oder das kunstvoll gefaltete Chemisette des Kragens ist. Man vereinigt das starre Abformverfahren mit der flexiblen Abformung. Man deckt die für das elastische Material vorgesehenen Stellen mit Ton ab und überformt alles im Stückformverfahren. Beachte, daß die Form später auch ohne Modell sicher zusammenhält (untergriffige Ränder der flexiblen Teile) und daß eine günstige Eingußmöglichkeit in die vom Ton befreiten Räume besteht!

Von Kunststoffteilen mit starkem Schwund muß zuerst wieder ein Positiv hergestellt werden, entweder als Ganzabguß der Form, oder als Teilpositiv. Dauerformen mit Silikonkautschukteilen sollte man 4 - 5 Tage auf dem Modell belassen und dann ein neues Kappenteil aufgießen, das sich der neuen, nun kaum noch zurückweichenden Oberfläche genau anpaßt. Solche Formen müssen immer mit einem Ausguß darin aufbewahrt werden, sonst wird man kaum wieder flächenbündige Abgüsse daraus gewinnen können. (29)

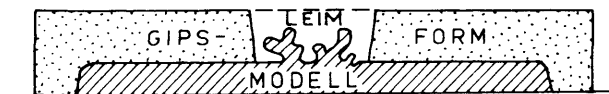


Abb. 62: Formkombination Gips-Leim

2.5. Spezielle Anwendungen von Formen

2.5.1. Masken vom Lebenden und vom Toten

Zur Abnahme von Lebend- und von Totenmasken ist Gips wegen der guten Modellierbarkeit, der günstigen Verarbeitungszeit und der Standfestigkeit der Form besonders geeignet. Im Prinzip gleichen sich beide Arbeitsgänge. Beim Abformen vom Lebenden muß die Atmung während des Formvorganges einwandfrei sichergestellt sein.

Gesichtsmasken werden seit Jahrhunderten als Lebend- und als Totenmasken abgenommen. Damit der erstarrte Gips sich ohne Schwierigkeit vom Kopf abnehmen ließ, teilte man die Form: Ein Faden über Stirn, Nase und Kinn wurde durch den fast abgebundenen Gips durchgezogen. Die Schnittstelle mit ihrem nicht schlüssigen Paßsitz führte zwar zu mehr oder weniger großen Maßdifferenzen, meistens scheinen diese Masken aber ein recht genaues Bild des Abgeformten wiederzugeben. - Hier wird ein exaktes Verfahren beschrieben, das ohne Risiko praktiziert werden kann. (29)

Herstellung einer Lebendmaske (Abb. 63)

Der Formvorgang ist völlig harmlos, aber bei einem ängstlichen Menschen wird es beruhigend wirken, wenn ein Helfer die Hand faßt und damit die fühlbare Verbindung zur Umwelt erhält, weil die Gipsmaske Blick und Geräusch nimmt. Auch auf die Tatsache des langsam warm und fest werdenden Gipses sollte man vorher hinweisen, um keine Angst auskommen zu lassen.

Das "Modell" bekommt Luft durch zwei Papierröllchen, die man über einem Bleistift rollt und zusammenklebt. Sie dürfen die Nasenöffnungen nicht aufblähen. Einen natürlichen Eindruck gibt die Maske nur dann, wenn die Ohren, die Halspartie und zu-



Abb. 63.1: Vorbereitung zum Aufgipsen



Abb. 63.2: Die Ohrenteile

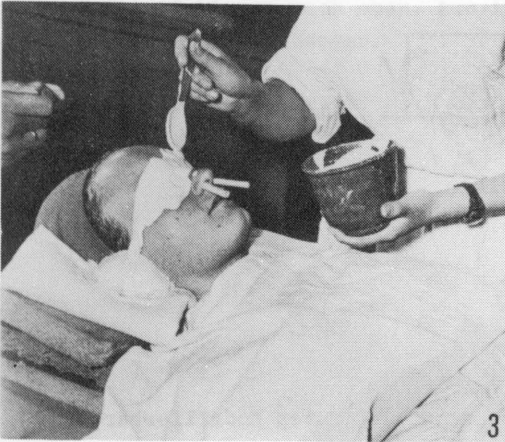


Abb. 63.3: Der Gipsauftrag beginnt auf den Augen

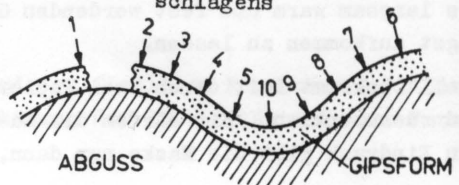


Abb. 63.4: Das Gesicht ist zugedeckt. Die Luftröhrchen müssen frei bleiben



Abb. 63.5: Abmeißeln der Gipsform

Abb. 63.6: Reihenfolge des Gipsab-schlagens



6

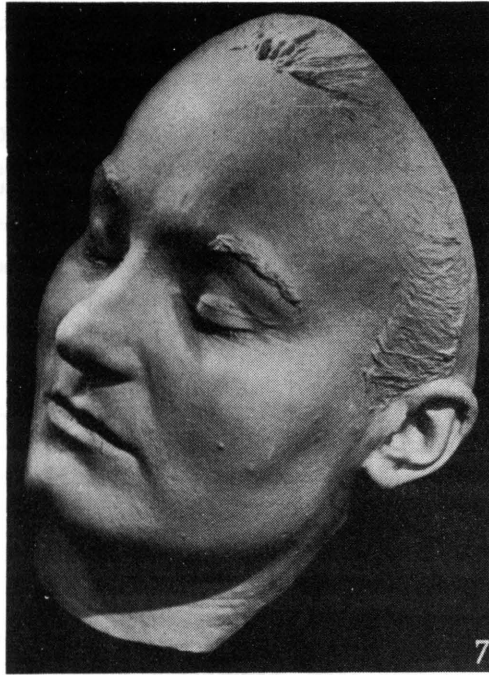


Abb. 63.7: Der fertige Gesichtsabguß

mindest der Haaransatz mit dargestellt werden. Das Haar bindet man hinter dem Haaransatz mit einem Tuch ab oder man benutzt besser eine Gummimitze (Badekappe) mit glattem Rand. Schultern und Brust deckt man mit Folien ab; seitlich des Halses und des Kopfes schafft man einen erhöhten Abschluß aus zusammengelegten Tüchern, die man ebenfalls mit Folien zudeckt. Haare, Augenbrauen und Wimpern fettet man mit Vaseline ein, in die Ohren gibt man Wattepföpfchen (Abb. 63.1).

Der Gipsauftrag beginnt bei den Ohren. Der Abschluß zum Gesicht verläuft dicht vor dem Ohr und so, daß alle Kanten zum Gesicht hin flach abfallen. Das gewährleistet, daß die Gesichtsform sich von den Ohrenteilen abziehen läßt, die Teile aber später wieder sicher in der Form liegen. Die Ohrenkeile erhalten ebenfalls einen satten Vaselineüberzug und werden so in das Hauptformteil einbezogen (Abb. 63.2).

Den ersten Gips bringt man auf die geschlossenen Augen auf (Abb. 63.3), von da arbeitet man nach dem Mund, dem Hals und dann zur Stirn. Die Ohrenteile werden ebenfalls einbezogen (Abb. 63.4).

Zuerst löst man jedes Ohrenteil durch leichten Druck in Richtung gegen den Kopf. Dann zieht man die Papierröllchen heraus und hebt das Hauptformteil vom Kinn her ab. Das Modell hat Nase und Mund sofort wieder frei und kann evtl. angeben, wo sich ein Haar nicht aus dem Gips lösen will.

Die Gipsform wird mit Waschbenzin ausgewaschen, mehrmals mit dünnem Schellack getränkt, mit Petrol-Stearin isoliert und ausgegossen.

Erst wenn der Gips völlig getrocknet ist, wird er abgemeißelt. Die Form liegt dabei im Schoß, nicht auf einer starren Unterlage. Der kleine, symmetrisch mit etwa 45° angeschliffene Meißel wird, nach oben federnd, zwischen Zeigefinger und Daumen gehalten und mit vorsichtigen Hammerschlägen nach unten geschneilt (Abb. 63.5). Man geht so vor, daß nicht aus Ausrundungen herausgeschlagen wird, sondern immer Bögen oder Spitzen weggenommen werden (Abb. 63.6).

Notwendige Retuschen, z. B. der Ohrnaht, schneidet man nicht, sondern man punktet

mit einem stichelförmigen Werkzeug die Naht hinweg. Soll der Abguß nicht eine besondere Farbgebung erhalten, wird man ihn wiederholt mit Magermilch bestreichen. Er bekommt dadurch eine feste und dichte, elfenbeinartige Oberfläche (Abb. 63.7).

Herstellung einer Totenmaske

Der Arbeitsablauf entspricht dem bei der Lebendmaske beschriebenen. Zusätzlich muß man beachten:

Damit das Gesicht frei von Verschiebungen bleibt, legt man ein zusammengerolltes Handtuch unter den Nacken. Dadurch kommt auch das Kinn frei vom Hals. Die Ohren und die Nasenöffnungen des Toten verschließt man leicht mit eingefetteten Watteröllchen, die aber die Nasenflügel nicht aufblähen dürfen.

Das Hauptformteil wird hier vorsichtig von der Stirn her abgehoben, damit die Augenlider nicht hängenbleiben und gibt dann auf die Unterlippe acht. Alle Gips- und Fettspuren lassen sich leicht mit einem Mullbausch entfernen. (37)

2.5.2. Mechanische Reproduktion

Ein besonderes Anwendungsgebiet der Formtechnik, bei dem man Oberflächenbefunde sichern oder für eine Auswertung zugänglich oder überhaupt sichtbar machen will. Dabei kommt es nicht auf die Gestalt des abgeformten Körpers an, sondern lediglich auf die Erfassung der Eigenheiten der Oberfläche. (27, 35, 46, 49, 51, 57, 95, 108)

Abdrücke, Abrollung

Ein Verfahren, das seinen Ursprung im Siegelvorgang hat und bei allen Objekten genügender Festigkeit angewendet werden kann. Das Abdruckmaterial kann sein: Siegelack, Ton, Plastilin, Guttapercha, Wachs oder härtbare Modelliermasse (SURALIN). Die flach ausgestrichene, gegebenenfalls erwärmte Masse stäubt man mit Hilfe eines Puderzerstäubers mit Talkum ein und drückt oder rollt das Original ab. Der Negativabdruck, der in vielen Fällen besser zu fotografieren ist als das Original, kann zugleich als Form für einen darauffolgenden Positivabguß dienen. (57, 68, 107a)

Lesbarmachung von feinsten Ritzungen

Aus der Kriminalistik entlehnt sind Verfahren, mit deren Hilfe feinste Abdruckspuren, Ritzungen und Schartenbilder von Schneid- und Prägewerkzeugen gewonnen werden, auch an schwer zugänglichen oder nicht planen und deshalb schwer zu fotografierenden Stellen. Specht/Nickenig (1956) beschreiben eine Methode, mit der sie Schriftzeichen auf römischen Bleitäfelchen gut sichtbar und auswertbar auf versilberten Kollodiumhäutchen darstellten.

Der Arbeitsgang scheint etwas aufwendig, der Erfolg rechtfertigt jedoch die Mühe nach eigener Erfahrung mit folgenden Einschränkungen:

1. Die Oberflächenstruktur muß relativ glatt sein und darf keine Schründen aufweisen. Besonders günstig sind Metallflächen.
2. Das Verfahren ist dann unübertroffen, wenn eine unebene Fläche gestreckt werden muß, man also ein planes Häutchen herstellen will. Bei ohnehin planen Oberflächen bewähren sich gleichermaßen Latex und Silikonkautschuk-Folien.
3. Die Ausdehnung der Fläche sollte 10 x 5 cm nicht überschreiten. Das Häutieren mit größeren Folien ist sehr schwierig.

Man stellt sich folgende Substanzen zusammen:

1. Kollodiumlack:

Butylacetat	250 g
Ethylacetat	148 g
Palatinol C (Dibutylphthalat)	22 g
Kollodiumwolle Wasag 8 oder H/14 Hagedorn mit 35 % anfeuchten	70 g
Kollodiumwolle Wasag 6 oder H/10 Hagedorn	6 g
	<hr/>
	496 g

2. Silbernitratlösung

7,5%ig

Natronlauge

7,5%ig

Zuckerlösung

7,5%ig

(vor Gebrauch 10 ml dieser Lösung mit 3 Tropfen konzentrierter Salpetersäure kochen und abkühlen. Damit ist die Lösung hydrolisiert.)

Ammoniaklösung (Salmiakgeist) konzentriert

Zinn(II)-chloridlösung 2%ig

Salpetersäure konzentriert

aqua dest.

(Die Lösungen sind in dunklen Flaschen monatelang haltbar)

Das Objekt wird wiederholt kurz in die Kollodiumlösung eingetaucht, bis sich nach jedesmaligem Zwischentrocknen ein genügend widerstandsfähiger Überzug gebildet hat, den man an geeigneter Stelle aufschneidet und abzieht.

Der Versilberungsvorgang entspricht dem der Spiegelversilberung. Die Arbeitstemperatur soll nicht über 18 °C liegen, der Niederschlag erfolgt sonst zu rasch und grobkörnig und haftet nicht. Zuerst schwenkt man die Häutchen 1 - 2 Minuten in der Zinn(II)-chloridlösung, die später weiterverwendet werden kann. Die so aktivierte Oberfläche wird in die Versilberungslösung gebracht, die man sich in der Reihenfolge: 10 ml Silbernitratlösung, 2 ml Ammoniaklösung, 10 ml Natronlauge, herstellt. Dahinein kommen 10 ml hydrolisierte Zuckerlösung in einem Guß.

Man schwenkt das Häutchen so lange, bis sich auf der Becherwandung nach 2 - 3 Minuten ein gleichmäßiger Silber Niederschlag abgeschieden hat. Die Lösung flockt dabei aus und verfärbt sich schwärzlich-braun.

Die Silberschicht der abgeformten Seite wird mit Salpetersäure wieder entfernt und die Silberseite mit einem Überzug aus Aluminiumbronze haltbar gemacht.

Die Häutchen geben bei schräg einfallendem Licht die Ritzungen, Scharten oder Einkerbungen in ausgezeichneter Schärfe wieder. Man kann das Bild ohne Schwierigkeit aus dem Spiegelbildlichen umkopieren (Abb. 64). (58, 59, 109, 111)

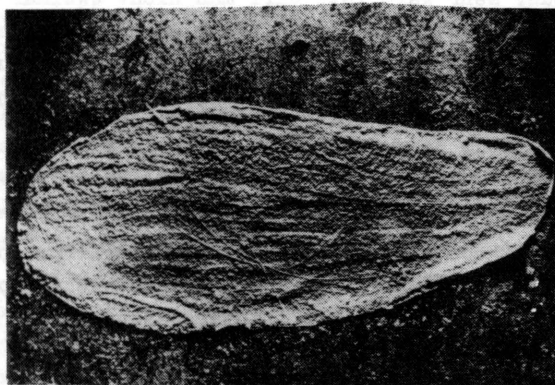


Abb. 64: Kollodiumabzug einer Steinritzung

Latexabzüge von Inschriften und Zeichnungen

Latex eignet sich hervorragend zum Abziehen großflächiger Inschriften und Gravuren in Stein, und zwar Naturkautschuk wegen der höheren Reißfestigkeit noch besser als synthetischer Kautschuk.

1952 wurden von Mitarbeitern des Weimarer Museums für Ur- und Frühgeschichte in einer schwer zugänglichen Höhle im Kyffhäusergebirge Inschriften abgezogen, die man trotz vieler technischer Hilfsmittel nicht in situ fotografieren konnte. Sie ließen sich im Fotoatelier nun bequem aufnehmen. Diese inzwischen weit verbreitete Methode ist weiter verbessert worden und hat in der Feldforschung - besonders durch die zahlreichen und qualitativ hochwertigen Abzüge von Inschriften, Flachreliefs und Felsbildern, die in Afrika angefertigt wurden (Otto 1965) allgemeine Bestätigung gefunden.

Die Genauigkeit der Wiedergabe ist bestechend. Das Original erleidet keinen Schaden, weder mechanisch noch durch farbliche Veränderung. Es wird jedoch von Staub- und Schmutzteilchen gereinigt, die auf dem Abzug verbleiben, ohne dessen Qualität zu beeinträchtigen.

Der Abzug kann im abgetrockneten Zustand, nachdem er beidseitig eingepudert wurde (besonders eignet sich Talkum), aufgerollt und transportiert oder gelagert werden. (Abb. 65)



Abb. 65:

Latexabzug von einem altnubischen Grotto von Musawwarat es Sufra
(Aus Otto 1965)

Arbeitsgang:

Die Begrenzung der Fläche, die reichlich über das eigentliche Motiv hinausgehen soll, klebt man mit Abdeckband, Leukoplast oder Lenkerband ab. Das ergibt eine Randverstärkung, die das Abziehen erleichtert und das Einreißen des Abzugs verhindert.

Mit großen Flachpinseln trägt man den Latex wie Farbe auf den Untergrund auf, wo sich je nach Konsistenz des Latex, der Feuchtigkeit des Untergrundes und der Sonnenbestrahlung in mehr oder weniger kurzer Zeit ein zäher Film bildet. Wenn der Untergrund sehr trocken oder sehr warm ist, darf man nicht zweimal über die gleiche Stelle streichen. Der Pinsel würde die dünne, aber noch nicht feste Haut aufreißen. Die Trocknung dauert jedesmal 10 - 30 Minuten, danach wird der Aufstrich wiederholt - insgesamt 3 - 5mal. Die letzte Schicht verstärkt man gewöhnlich mit Mull- oder Gazetüchern.

Das Fell läßt sich leicht vom Untergrund ablösen. Man läßt die Formseite noch etwas abtrocknen, dann wird es beiderseits talkumiert und zusammengerollt.

Solche Abzüge stellen nicht nur einen vollwertigen (allerdings spiegelbildlichen) Beleg des Originals dar, sondern aus ihnen können, wenn sie entsprechend stark und evtl. noch mit einer Gipsschicht als Träger hintergossen werden, sehr scharfe Gipspositive gegossen werden. (Abb. 66)

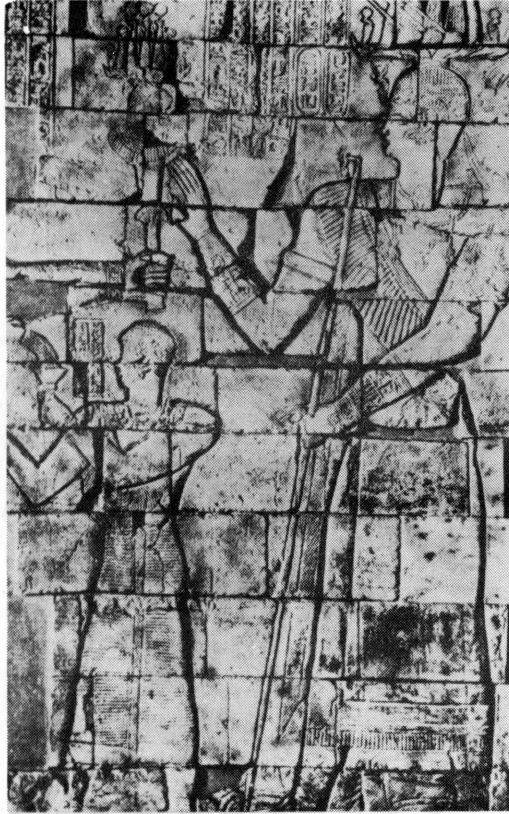


Abb. 66: Gipsrekonstruktion nach Latexabklatschen:
Teil der Südwest-Wand des Löwentempels von
Musawwarat es Sufra (Otto 1965)

Als Material werden empfohlen MCV 26, ein Latex auf Naturkautschukbasis, oder synthetische Kautschuke mit möglichst hohem Feststoffanteil. Beide werden mit destilliertem Wasser auf die jeweils benötigte Konsistenz gebracht. Für 1 m² Fläche benötigt man bei 5 Aufstrichen etwa 1 kg Latex. Die Pinsel stellt man in den Streichpausen ins Wasser.

Otto (1965) entwickelte dieses Verfahren weiter, um auch Felsbilder aufnehmen zu können, "deren Konturen und Details nicht vertieft sind, sich demzufolge also nicht für einen Abdruck eignen". Es handelt sich um flächige Darstellungen oder flach als Umriss in den Felsen geklopfte Felsbilder, die auf dem Wege des Abzuges keine brauchbare Zeichnung bzw. Darstellung gegeben hätten. "Mit einem geeigneten Pinsel (Aquarellpinsel oder entsprechender anderer mit feinen, jedoch nicht zu weichen Borsten) wird ein Farb-Latex-Gemisch auf jede einzelne sich markierende Klopf- oder Ritzstelle des Felsbildes aufgetupft, die durch eine gleichmäßig hellere (geringere) Patina als zum Felsbild gehörig ausgewiesen ist. Unmittelbar anschließend oder zu beliebiger Zeit wird wie beim oben beschriebenen Verfahren der mehrschichtige Latexfilm darübergestrichen und auch sonst entsprechend gehandelt. Beim fertigen Abzug haben sich die Farbtupfen fest und unverwischbar mit dem Abklatsch (dem Latexfilm, Verf.) verbunden. (Abb. 67) Es bleiben keine Farbrückstände auf dem Felsbild zurück. Diese Methode ermöglicht es zugleich, bildstratigraphische Einzelheiten ... zu fixieren. In einem solchen Fall können die Bilder der sich überlagernden bzw. überschneidenden Darstellungshorizonte mit verschiedenen Farbtönen betupft werden.



Abb. 67: Abziehen eines Farblatexabzuges
(Otto 1965)

Das Farblatex-Verfahren war im Versuch auch erfolgreich bei sehr schwer lesbaren Inschriften, bei denen infolge starker Verwitterung des Felsens oder ungewöhnlich starker Patinierung ein einfacher Latex-Abklatsch (Abzug, Verf.) nicht zum Ziele geführt hätte."

Die Farblatexmischung besteht aus 5 - 10 Einheiten Latex MCV 26, 5 - 10 Einheiten Wasser, dem man 1/2 Einheit Netzmittel (Filpon oder Wofapon DL spezial) beigibt, und zwei Einheiten technisch reiner Trockenfarben (Kadmium-Rot, Kadmium-Gelb, Ultramarin, Zinkoxid), die man beliebig mischen kann. Die Mischung ist so einzustellen, daß sie beim Auftragen nicht tropft. Sie sollte nicht mehr als zwei Tage vor dem Gebrauch angesetzt werden, weil die Farbe bestrebt ist, sich abzusetzen.¹⁾ (37, 42, 77, 86, 89, 132)

Abklatsche

Den Papierabklatsch kennt man schon im 16. Jh. Mit Hilfe von Papiermaché oder einfach ungeleimtem Saugpapier werden flachplastische Veränderungen einer Oberfläche "abgeklatscht". Diese Bezeichnung kennzeichnet deutlich den Vorgang: Mit einer großflächigen, weichen Bürste, wie sie auch der Tapezierer verwendet, klatscht man das eingeweichte und gut abgetropfte Papier vorsichtig in alle Unebenheiten hinein. Infolge seines gelockerten Gefüges gibt das Saugpapier nach, ohne allzuleicht zu reißen, und bewahrt im abgetrockneten Zustand seine Form. Nach dem Ausstäuben mit Talkum kann man von solchen Abklatschen bei vorsichtiger Arbeitsweise auch Gipspositive herstellen.

Das verwendete Saugpapier soll möglichst stark und steif sein. Notfalls kann man es mit weiteren Schichten kaschieren, jedoch entstehen durch den Kleister auf größeren Flächen leicht Verziehungen und übermäßige Spannungen. Sicherer ist es, zur Verstärkung Mullstoff mit Latexbinder aufzubringen.

1) Herrn Prof. Otto sei an dieser Stelle für das Einverständnis zur Verwertung seiner Forschungsergebnisse und der Abbildungen gedankt.

Im letzten Kriege wurden von den zum Einschmelzen bestimmten Glocken auf dem Wege des Abklatsches Schrift- und Reliefabzüge hergestellt. Das Verfahren ist billig, erfordert kaum Hilfsmittel, und die Abklatsche sind leicht zu transportieren und aufzubewahren. Der Wiedergabe der Oberflächenfeinheiten sind natürlich entsprechend der Materialstruktur Grenzen gesetzt. (13, 63)

Rubbings

Abreibungen werden sowohl zum Zwecke der Verdeutlichung für Foto und Zeichnung als auch für die direkte museale Betrachtung hergestellt. Es sind Anfärbungen der Reliefdarstellung in den erhabenen Partien auf übergelegtem Papier.

Green hat auf diesem Wege Grabstelen und Steinbilder der Maya bis zu beträchtlicher Größe "durchgedrückt". (Abb. 68)

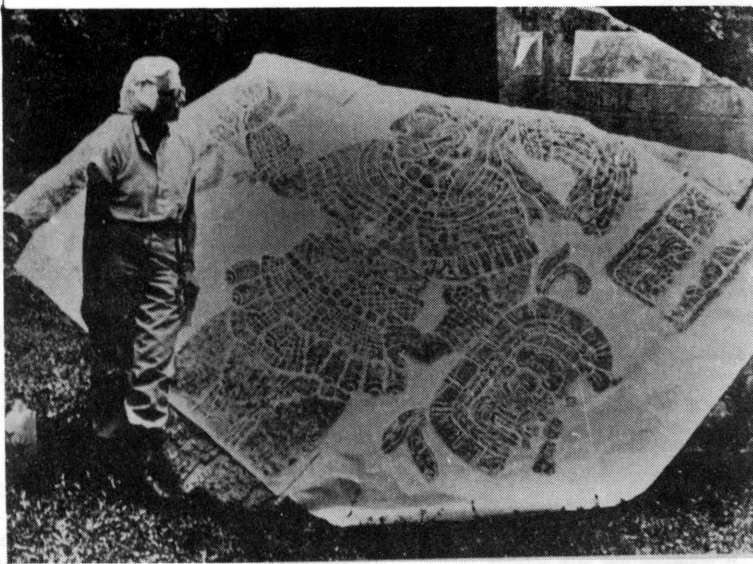


Abb. 68: Abreibung eines Steinbildes
(Green 1966)

Die Methode gleicht dem bei Kindern beliebten Spiel, wenn sie Geldstücke mit dünnem, glatten Papier überdecken und durch hin- und her"rubbeln" der flachen Bleistiftfrückseite das Münzbild abzeichnen. Das Ganze ähnelt einem von Hand betriebenen Druckvorgang. (Abb. 69)

Die Schwierigkeit liegt darin, über eine größere bis große Fläche die erhabenen Stellen gleichmäßig stark einzutönen, damit ein ausgewogener Gesamteindruck entsteht.

Green (1966) hat sich für die Maya-Rubbings zweier Methoden bedient, die sie gegebenenfalls miteinander kombinierte:

Auf dem möglichst trockenen Stein wird mit Klebestreifen ein Bogen vorsichtig eingefeuchtetes japanisches Seidenpapier (ein Papier aus Bastfasern) befestigt. Dieses soll bei tieferem Relief stärker, bei flachem schwächer sein.

Von oben beginnend treibt man mit einem weichen, porösen Stofftupfer das feuchte Papier vorsichtig in alle Vertiefungen hinein, also ähnlich wie beim Abklatsch. Ebenfalls mit einem Stoffbausch verreibt man Ölfarbe gleichmäßig und dünn auf kleine Stücke von Aluminiumfolie, die man nun nacheinander auf die Fläche abdrückt, um da-

mit die Farbe zu übertragen. Ist alles abgetrocknet, zieht man das Rubbing als festes Blatt mit der Reliefzeichnung vom Stein ab.

Nach der zweiten Methode trägt man die Farbe (Sumi-Tinte), nachdem sie auf ein Stempelkissen aufgegossen, breitgespachtelt, mit dem Tupfer aufgenommen und auf einer Folie vertrieben wurde, direkt auf das Papier auf. Das ist nur auf trockenem Untergrund und nicht bei direkter Sonnenbestrahlung möglich.

Im Vergleich zu der vorher beschriebenen Latexmethode scheint das Rubbing-Verfahren umständlicher zu sein. Allerdings ist es billiger und benötigt weniger Material. Leider hatte Verf. bisher keine Gelegenheit, Original-Rubbings zu sehen, um über die Qualität Vergleiche anstellen zu können. (44)



Abb. 69:

Rubbing. Man beachte die Exaktheit der Wiedergabe in den Details! (Green 1966)

2.5.3. Ausformen von Hohlkörpern in Keramik und Stein

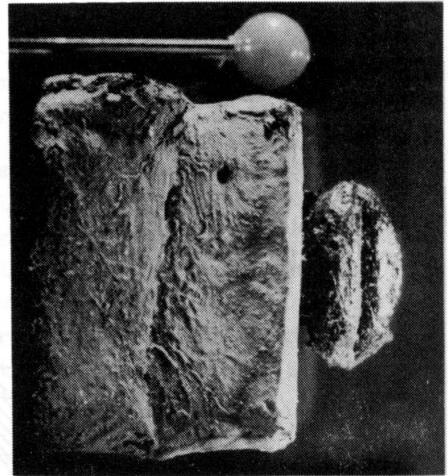
Abdrücke von Fruchtkörpern, Tieren, Pflanzenteilen, Knochen u. ä. in Keramik und Stein setzen der Deutung Schwierigkeiten entgegen, weil sie im Negativ vorliegen oder überhaupt unzugänglich sind. Sind solche Abdrücke offen und flächig vorhanden, kann man sie mit einem Leim- oder Kunststoffpositiv ausformen. Finden wir sie als Hohlräume vor, müssen besondere Hohlformen angefertigt werden.

Fruchtkornabdrücke in Keramik und Hüttenlehm

Die Fruchtkörperhohlräume werden gereinigt, in gebrannter Ware mit Wasser, in Lehmbewurf mit einem angespitzten Horn- oder Holzstäbchen oder einer Präpariernadel. Poröser oder bröckeliger Ton erhält nach dem Reinigen und Trocknen eine Festigung durch aufgespritzten, stark verdünnten Geiseltallack. Um die Öffnung baut man einen Rand aus Ton oder Plastilin, in den vorsichtig Kunststoff eingegossen wird. Durch

Abb. 70:

Ausguß eines Fruchtkornabdruckes in Keramik mit Naftoflex



sehr enge Öffnungen kann das Material nicht eindringen, weil die Luft nicht entweichen kann. Man stellt entweder eine dünne Kanüle ein, oder man drückt die Formmasse durch eine Kanüle hinein, oder man läßt sie von einer eingetauchten Nadel ablaufen. Das entformte Positiv kommt im Foto besser zur Geltung, wenn man den Sockel andersfarbig abdeckt. (Abb. 70)

Am besten eignet sich Thioplast für solche Ausformungen wegen seines günstigen Verhältnisses von Geschmeidigkeit zu Stand- und Reißfestigkeit. Wegen der geringen Transparenz kann man Thioplast (Naftoflex) auch sehr gut fotografieren.

Latexpräparate bleiben nicht maßgerecht, Siliconkautschuke sind zu wenig reißfest, Plastilin oder Wachs verformen sich beim Ausformen. (38, 96, 120)

Ausformen von Hohlräumen im Stein

Häufig findet man im Kalkgestein Pflanzen-, Tier- oder Holzkohleneinschlüsse, deren Ausformung dann schwierig ist, wenn man sie nicht bergen und in der Werkstatt bearbeiten kann. In diesem Fall bestreicht man den Abdruck mit Latexkonzentrat und zieht den Film aus dem Hohlraum heraus. Größere Körper tragen sich jedoch so nicht mehr. Deshalb schließt man die Öffnung über einem Kunststoffröhrchen mit aufgeschobener Gummimanschette zu einem kleinen Ballon. Er läßt sich herausziehen und kann wieder entsprechend aufgeblasen werden, um ihn nochmals abzuformen - diesmal mit Gips. Die erste, dünnflüssige Schicht kann man erst nach dem Erhärten weiter verstärken. Der Formballon wird entfernt, der Hohlraum wenn nötig isoliert und mit Gips oder Kunststoff als Positiv ausgegossen, und die Form abgeschlagen. (Abb. 71)

Wenn die Größe oder der Umfang des Hohlraumes die eben beschriebene Möglichkeit ausschließen, bringt man eine weniger flexible Masse ein, die möglichst schnell erstarrt (z. B. Stafanat). Man muß beachten, daß eine eingeschnürte Öffnung das Positiv nicht wieder freigibt, wenn es massiv, d. h. als Vollguß, ausgeführt ist. Man führt also einen konisch gearbeiteten Kern ein (Tonkern über einem Holzstiel, einen zugearbeiteten Holzstab oder dgl.), um dessen Masse die Form beim Herausnehmen nachgeben kann. (Abb. 72)

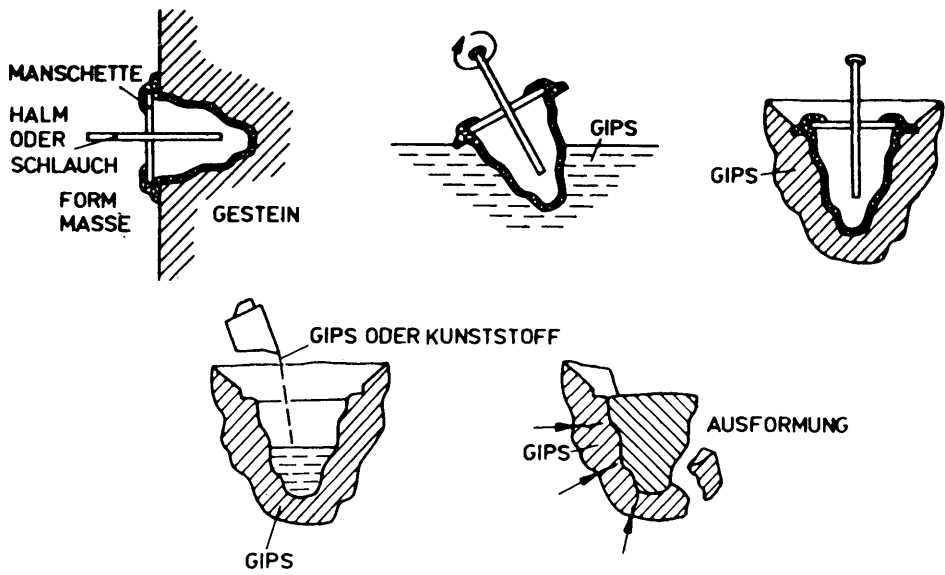


Abb. 71: Ausformen eines Hohlraumes mit einer Formblase

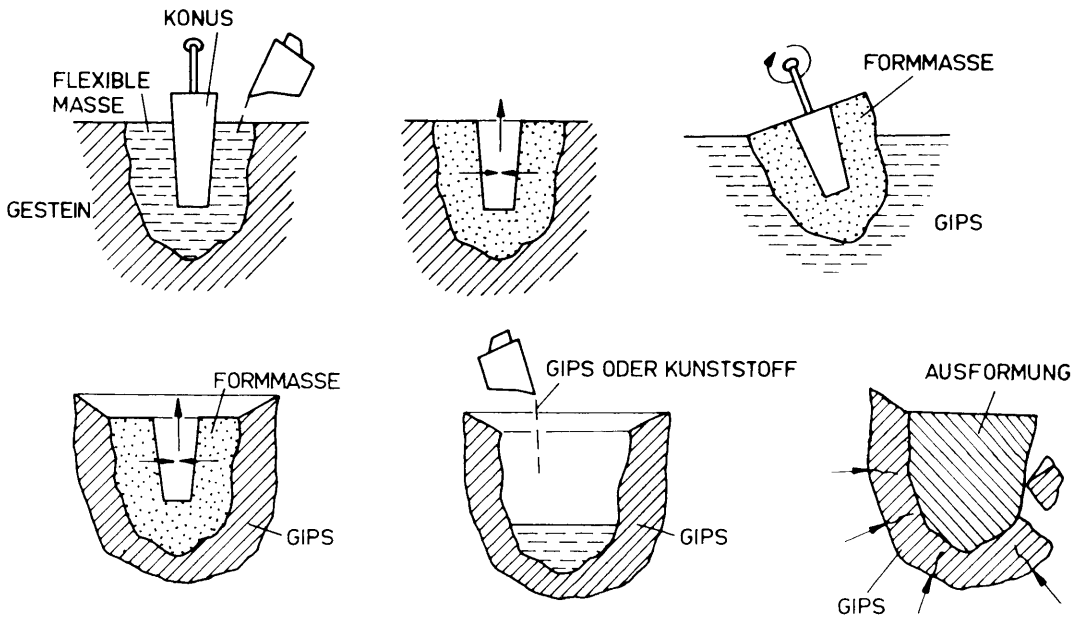


Abb. 72: Ausformen eines Hohlraumes über einem Konus

2.5.4. Innenausformung von Schädeln

Das konkave Innenrelief des Schädels wird als konvexer Abdruck für anthropologische Untersuchungen und Messungen zugänglich und sichtbar gemacht.

Der übliche Weg zur Gewinnung eines Innenabdrucks ist das Abtrennen des Schädeldaches, das Ausformen und Zusammenfügen beider offenliegender Teile und das Zuklammern der Knochenteile. In der Weimarer Restaurierungswerkstatt ist eine andere Methode mit Erfolg in Anwendung, bei der es nicht nötig ist, die ur- oder frühgeschichtlichen Schädel aufzusägen. Als Formmasse dient Schmelzmasse VL 997 A der Dynamit-AG Troisdorf, die bei 160 °C verarbeitet wird. Trotz der hohen Temperatur hat bisher keiner der zahlreichen, z. T. stark verwitterten bearbeiteten Schädel Schaden genommen.

Alle Schmutzspuren im Inneren des Schädels werden soweit als möglich entfernt. Sehr schlecht erhaltene Knochen tränkt man mit stark verdünntem Geiseltallack.

Außer dem Hinterhauptsloch, um das man einen 2 cm hohen Tonring als Eingußtrichter legt, werden alle Öffnungen mit Ton verschlossen.

Die im Wärmeschrank auf 160 °C erhitzte Schmelzmasse gießt man durch das Hinterhauptsloch ein, und zwar nur soviel, daß sich beim Ausschwenken eine gleichmäßig dünne Schicht bilden kann. Ist diese erstarrt, wiederholt man ein zweites und ein drittes Mal, bis die Schicht etwa 1 cm stark ist. Dann setzt man den Schädel auf den Tonring, damit ein noch ablaufender Rest der Schmelzmasse sich am Eingußloch sammelt und damit die Hohlform vollkommen schließt.

Der Erfolg hängt wesentlich von der Eingußtemperatur ab. Ist sie zu hoch, wird die Form durch Blasen unbrauchbar. Ist sie zu niedrig, zeichnet die Masse nicht scharf genug, außerdem fließt sie schlecht und ungleichmäßig.

Für eine Ausformung benötigt man etwa 600 ml Schmelzmasse. Man soll den Schädel zum Abkühlen erst beiseitestellen, wenn diese erstarrt ist. Sonst bilden sich Klumpen, die das Entnehmen aus dem Schädel erschweren.

Befinden sich größere Fehlstellen am Schädel, benutzt man diese als Eingußöffnung. Auch dann muß man den Schädel nach dem Ausschwenken so hinstellen, daß der Einguß mit dem zurückfließenden Rest sich schließen kann. Nur so kann die Schluppe ohne Schwierigkeit abgeformt werden.

Ist die Schmelzmasse völlig abgekühlt, wird aller Ton entfernt. Sind größere Öffnungen vorhanden, läßt sich die Form mühelos dadurch entnehmen. Durch das Hinterhauptsloch kann man sie nicht ziehen, deshalb muß man das Schläfenbein entfernen. Es läßt sich verhältnismäßig leicht lösen und auch leicht wieder einsetzen.

Die gut gegossene Schmelzmasseschluppe ist so stabil, daß sie sich beim Abformen mit Gips nicht verzieht bzw. ihre äußere Form nicht verändert. Wenn sie dünn geraten ist, trägt man den Gips mit dem Pinsel in dünner Schicht auf, sonst wie üblich mit dem Spachtel, aber auf jeden Fall nur ringsum bis zum Beginn der Schädelbasis. Diese Gipschicht wird als Warnschicht mit Sudan-, Trocken- oder Abtönfarbe eingefärbt und auf 1,5 - 2 cm Stärke gebracht.

Man verputzt den Abschluss zur Basis, schellackiert und isoliert mit Petrol-Stearin. Die Schädelbasis kann man wegen der vielen Feinheiten nicht in Gips einbetten; sie würden beim Ausmeißeln verloren gehen. Deshalb nehmen wir hier Calzinat, auf das sofort eine Gipskappe als Stütze und zur Verhinderung des Schrumpfens aufgebracht werden muß.

Die Gipsteile werden voneinander getrennt, die Calzimatform hebt man vorsichtig von der Schmelzmasse ab und klebt sie sogleich mit Ligament-VHW-Kleber wieder in die Kappe hinein. Durch Calzinarschicht und Gipskappe hindurch schneidet man an der Stelle des Hinterhauptsloches die Eingußöffnung hinein. Die (obere) Gipsform wird schellackiert und isoliert oder 15 Minuten in Pottaschelösung gelegt.

Für einen Abguß benötigt man etwa drei halbe Becher Gips, welche man nacheinander ausschwenkt.

Die Form wird vorsichtig vom Gipsabguß abgemeißelt. Wenn sie gut isoliert war, springt sie in großen Stücken leicht ab. (Abb. 73)



Abb. 73: Abmeißeln der Gipsform

Dann erst hebt man die untere Kappe ab und löst das Calzimat vom Abguß. Die Nahtstelle zwischen Ober- und Unterteil der Form wird nicht verputzt, um Ungenauigkeiten, die dabei entstehen könnten, zu vermeiden. (Abb. 74)

Der fertige Schädelausguß wird abschließend noch leicht mit Schellack überzogen, um ihn griffest zu machen, oder in Modellhärter LAW gefestigt. (Abb. 75)

Die Schmelzmasse kann für solche Ausgüsse etwa sechsmal verwendet werden. (22, 44, 74)

Ein erfahrener Former kann diese Aufgabe u. U. auch mit Siliconkautschuk-Formmasse lösen. Dabei wird das Schädelinnere schichtweise bis zu einer Dicke von 1 cm ausgeschwenkt. Die erstarrte Innenform wird angeschnitten und in Stücke zerrissen, die man gerade noch durch die Eingußöffnung entnehmen kann.

Die mit Nadeln und (oder) mit Siliconkleber zusammengefügte Einzelteile erhalten ein Stützbett aus Gips und werden dann weiterbearbeitet, wie es bei der Schmelzmasseschluppe beschrieben wurde.

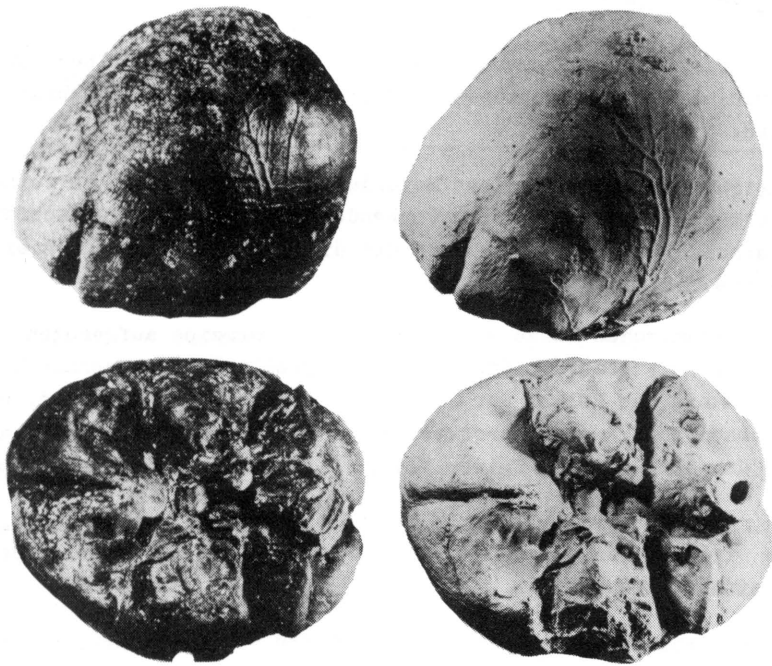


Abb. 74: Schmelzmasseausguß und Gipsabguß



Abb. 75: Originalschädel mit den Innenausgüssen

2.5.5. Metallisierte Minzkopien in Keramik

Ein Verfahren zur originalgetreuen Nachbildung von Gold- und Silbermünzen, gekennzeichnet dadurch, daß in Quetschformen ausgeformte Fayenzemasse gebrannt und metallisiert wird.

Chocholousek (1969) praktiziert diese Methode in der Weise, daß er feine Fayenzemasse, wie sie für Bijouteriearbeiten verwendet wird, in Gips-Quetschformen ausformt. Der Überschuß der Masse weicht in die dicht neben dem Negativ eingearbeitete Überlaufrinne aus. (s. S. 26)

Das Wasser der keramischen Masse wird schnell vom Formgips aufgesogen, so daß man schon nach kurzer Zeit die Form öffnen und den Preßling herausnehmen kann. Die Kopien legt man, damit das Relief der Unterseite nicht beschädigt wird, auf eine Unterlage aus Schaumstoff, wo sie trocknen kann. Die feine Quetschfahne auf dem Rande läßt sich mit dem Skalpell und feiner Messinggaze (kein Sandpapier!) leicht entfernen.

Im Muffelofen wird der Ton bei 980 - 1000 °C gebrannt, wobei eine größere Zahl von Abgüssen übereinanderliegen kann.

Mit einem weichen Aquarellpinsel trägt man auf den völlig erkalteten Abdruck keramisches Poliersilber bzw. -gold auf. Diese Metalle sind mit ätherischen Ölen dispergiert, die sich beim erneuten Brennen verflüchtigen. Der Einbrennvorgang läuft bei 680 - 750 °C ab. In der ersten Phase bis etwa 350 °C muß der Ofen mehrmals belüftet werden, um Reduktionen zu verhindern. Danach haben die Gegenstände ein mattes, metallähnliches Aussehen. Eine t r o c k e n e Messingdrahtbürste gibt ihnen die glatte Metalloberfläche.

Silbermünzen erhalten in Schwefelleberlösung die dem Original entsprechende Patina, die mit einem Poliertuch oder der Wollschwabbel an den erhabenen Stellen auf Silberglanz durchpoliert wird.

Die Abdrücke weisen einen Schwund von etwa 5 % gegenüber dem Original auf. Um das auszugleichen, wird das Original mit Siliconkautschuk abgeformt und diese Form in Benzin, Petroleum oder Toluol um das Schwundmaß des Tones aufgequollen. Aus ihr gewinnt man einen (vergrößerten) Kunststoffabguß, der als Modell für die Gips-Quetschform dient.

Die Qualität dieser Kopien ist hervorragend, der Arbeitsaufwand bei der Herstellung mehrerer Stücke wesentlich geringer als bei galvanoplastischen Nachbildungen, die Materialkosten sind minimal. (20)

3. Gieß- und Ausformtechniken

Dem eigentlichen Formausguß kommt nicht die Bedeutung zu wie dem Formenbau: Erfolg oder Mißerfolg des Abgusses liegen im wesentlichen in der Anlage und im Bau der Form begründet. Die Prinzipien des Metallgusses sind grundsätzlich auch hier gültig, obwohl die Problematik beim Übergang vom Metallguß zum Wachs-, Kunststoff- und Gipsausguß abnimmt. Die besonderen Kriterien liegen in der Gießtemperatur, der Gießbarkeit, der Viskosität, im Schrumpfungsverhalten sowie in der Aushärtezeit. (5, 7, 9, 12, 18, 23, 44, 52, 61, 67, 69, 70, 75, 79, 82, 87, 101, 105, 107, 118, 126, 129)

Ausformmaterial

Gebräuchliches Material

Material	Eingußtemperatur	Topf/-Aushärtezeit	Erstarrungspunkt/ Wärme exotherm	Volumenänderung
Letternmetall	450 °C		ca. 400 °C	-
Stangenlötzinn SnL 60	250 °C		190 °C	-
Gips	15 - 25 °C	8 ... 25 min 20 ... 60 min	30 ... 35 °C	+1 ... 2 %
Epoxidharz	20 °C	ca. 30 min 8 ... 24 Std.	bis 80 °C	- 2 %
Polyesternarz	20 °C	ca. 20 min 24 Std.	40 ... 75 °C	-6 ... 9 %
Methacrylsäure- ester	18 °C	2 ... 30 min	bis 70 °C	- 2 %
PVC-Teig	20 °C	max. 90 min bei 120 - 140 °C	-	- 0,5 - 1,5 %
Schaumharz	20 °C	15 ... 50 sec 6 min	bis 50 °C	-

Beeinflussung der Abbindezeiten

Material	Verzögerung	Beschleunigung
Gips	Protol, Leim Weißkalk	NaCl, warmes Wasser kräftiges Durchrühren
Epoxidharz	Abkühlung	Erwärmen
Polyesterharz	Beimengung von Füll- stoffen, Abkühlung	Erwärmen, mehr Katalysator
Methacrylsäure- ester	Flüssigkeitsüber- schuß, Abkühlung, Füllstoffe	Pulverüberschuß, Erwärmen

Gebräuchliche Handelstypen

Gips	SÜALA schneeweißer Alabastergips	VEB Harzer Gipswerke
	SÜHA - weiß, Hartgips für orthodon- tische Arbeiten	4711 Rottleberode
	SÜHA - blau, Hartgips für Präzisions- güsse	
	Alabaster-Modellgips non-plus-ultra	
	MOBELIT - Hartgips blau	VEB Dental-Chemie Hohenbocka
	MOBELIT - Hartgips weiß für ortho- dontische Arbeiten	7807 Mosena
	DENTALOC, Spezial-Hartgips für die Modellgußtechnik	

Epoxidharz	EPILOX EGK 19 (T20-20), kalthärtend, bernsteinfarben, dünnflüssig + 11 Gew.% Härter 3 oder 45 Gew.% Härter 8 EPILOX EGK 106 (T20-22), kalthärtend, gelblich, dünnflüssig + 12 Gew.% Härter 3 oder 55 Gew.% Härter 8	VEB Leuna-Werke "Walter Ulbricht" 422 Leuna CIBA: Araldit 1001
Polyesterharz	Polyester G Schkopau. leicht gelbe, klare viskose Flüssigkeit 100 g Harz + 2 g Katalysator 50 % + 2 g Beschleuniger 1 % HOBBY-PLAST UP, vorbeschleunigtes Harz, klare, viskose Flüssigkeit, + 2 % Härter	VEB Chemische Werke Buna 4212 Schkopau über Merseburg VEB Spezialchemie 7033 Leipzig
Methacrylsäureester	KALLOPLAST R, klare Flüssigkeit, 8 cm ³ Pulver + 10 ml Flüssigkeit (2-Komponenten-Polymerisationskleber)	
Polyvinylchlorid	PVC-E-Pulver + Rodamoll 4:1 SURALIN, Modelliermasse, farbig	VEB Chem. Werke Buna VEB Spielwaren 5812 Waltershausen
Schaumharz	Polyurethan SYSpur SD Hartschaumstoff	VEB Synthesewerk 7817 Schwarzheide

Isolierung

Die schon bei den Formtechniken aufgeführten Trenn- oder Isoliermittel finden auch beim Ausgießen Anwendung. Gießharze setzen der Ausformung jedoch größeren Widerstand entgegen. Ihnen gegenüber sind folgende Trennmittelgruppen wirksam:

die flüssig bleibenden (Öle)

Paraffinöl
Polyethylenöl
Siliconöl,

die quasifesten (Wachse)

Wachsemulsionen
Stearate
Hartwachse,

die festen (Filme)

Celluloseacetat
Polyvinylalkohol.

Die flüssigen Isoliermittel können trotz ihrer sehr guten Trennwirkung möglicherweise die Abgußoberfläche verändern, evtl. das Abbinden ganz verhindern. Deshalb werden Trennmittel auf Wachsbasis im allgemeinen bevorzugt. Bohnerwachs z. B. ist universell zu verwenden, es wird auch in der Industrie eingesetzt. Auch die Hartwachse für die Fahrzeugkosmetik (Aero 46 u. ä.) bewähren sich gut. Die Fa. Wendschuh KG, Dessau, stellt ein bohrerwachsähnliches "Trennmittel A" mit sehr guten Isoliereigenschaften her.

Lösungen von Polyvinylalkohol sind als sichere Trennmittel vor allem für kalthärtende Harze bekannt. Sie bilden einen geschlossenen, festen Film, der von den Har-

zen nicht gelöst wird. Die am Abguß oder an der Form verbleibenden Reste kann man abziehen oder mit Wasser abwaschen.

Allen Anforderungen im Kunststoffausguß wird eine Isolation aus Bohnerwachs und einem darüberliegenden PVA-Film gerecht.

Metallausgüsse zeigen bei Talkumisolierung eine matte Oberfläche, sind aber sehr konturenscharf. Ruß und Graphit ergeben glänzende Oberflächen, aber weichere Konturen. (31, 40, 55, 56, 57, 62, 67, 70, 83, 99)

3.1. Statischer Guß (Schwerkraftguß)

Man versteht darunter das Eingießen in eine Form ohne zusätzliche Anwendung von Kräften (z. B. Druck oder Fliehkraft) zum Einpressen oder Verdichten des Ausgußmaterials. Lediglich das Eigengewicht und die spezifische Beschaffenheit des Materials bestimmen die Dichte der Anlagerung an die Formfläche. (15, 29, 27, 36)

3.1.1. Fallguß (Abb. 76)

Die Formen sind oben angeschnitten, das Material fließt von oben ein und neigt wegen der Wirbelbildung zum Schäumen. Für leicht erstarrendes und schwerflüssiges Material geeignet. Bei Metallen bleibt die Oxidbildung gering.

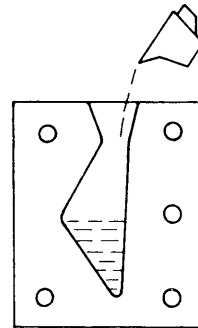


Abb. 76: Fallguß

3.1.2. Steigender Guß (Abb. 77)

Der Formanschnitt befindet sich unten, das Gußmaterial steigt von unten nach oben in die Form ein. Für dünnflüssiges Material. Zum Metallausguß muß die Form vorgewärmt sein, sonst erstarrt das Metall auf dem langen Wege. Sehr saubere, homogene, blasenfreie Abgüsse. Begünstigt Oxidbildung auf Metallen.

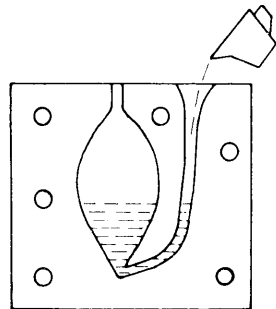


Abb. 77: Steigender Guß

3.1.3. Hohlguß (Abb. 78)

Die Form wird nur zu einem Teil mit Ausgußmaterial gefüllt und so gedreht, daß die Formwandung möglichst gleichmäßig damit bedeckt ist. Es entsteht ein nur auf seiner Außenseite formgerechter Hohlguß.

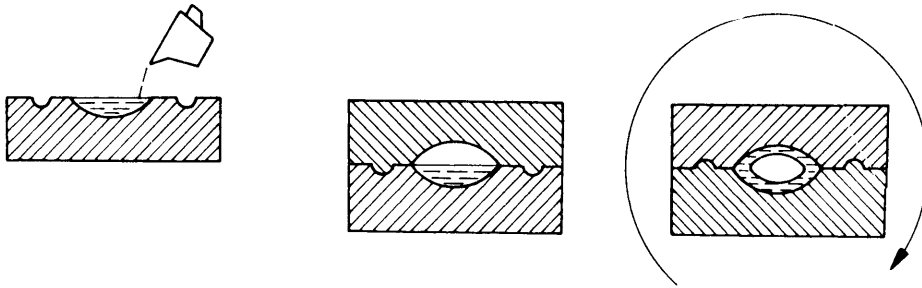


Abb. 78: Hohlguß (Schwenkguß)

In der Museumstechnik sehr häufig angewendete Methode zur Herstellung von Gips- oder Kunststoffabgüssen von Gefäßen, Schädeln, massiven Werkzeugen, Plastiken, Büsten usw. Solche Formen sind entweder an einer Stelle offen, so daß man das Ausschwenken beobachten kann (Gefäße), oder die Teile sind ringsum geschlossen und man schwenkt "blind" (Schädel).

G i p s wird nach Möglichkeit in mehreren Schichten gegossen, was bei offenen Formen keine Schwierigkeit ist. Bevor er beginnt zu klumpen und sich zusammenschieben, wird der Überschuß aus der Öffnung ausgegossen und frisch angemachter Gips eingefüllt usf., bis die gewünschte Stärke erreicht ist. Tritt zwischen zwei Folgen eine Pause ein, in der der vorherige Gips schon erstarrt, muß man erst mit Wasser ausschwenken. Eine Spur Netzmittel im Anrührwasser bewirkt, daß die erste Schicht gleichmäßig auf der Formfläche verläuft und sich keine Nester bilden.

Viele K u n s t s t o f f e haben eine lange Topfzeit, d. h. es dauert manchmal Stunden, bis sie auszuhärten beginnen. Es wäre mühsam, während der ganzen Zeit die Form schwenken zu wollen. Man läßt die angerührte Masse bis kurze Zeit vor dem Beginn des Festwerdens stehen, gießt dann ein und schwenkt. Berücksichtigen Sie, daß Kunststoffe, in größeren Mengen angesetzt, oft schneller reagieren als in kleinen Mengen!

3.2. Dynamischer Guß

Die Ausnutzung der Fliehkraft oder kinetischer Energie zur Verdichtung der Moleküle sowie zur Verbesserung der Masseanlagerung an die Formfläche. Das Ergebnis ist eine blasenfreie, dichte Abgußoberfläche sowie hohe Auslaufsicherheit in diffizilen Formen. (15, 36)

3.2.1. Schleuderguß

Die bei Rotationsbewegungen auftretende Fliehkraft preßt das Gußmittel in die Form hinein. In der Museumswerkstatt ist das oft der sicherste Weg zum Ausgießen von Formen kleiner, scharf profilierter Gegenstände. Bevorzugt für den Edelmetallguß.

Der Industrie und der Dentaltechnik stehen Zentrifugal-Gießmaschinen zur Verfügung, welche in den Museumswerkstätten nicht rentabel sind. Man behilft sich im einfachsten Fall mit der H a n d s c h l e u d e r (Abb. 79). Die Form liegt in der Kivette, die in das Widerlager eingehängt wird. Die sofort nach dem Eingießen ein-

setzende Drehbewegung wird aus der schräg-horizontalen Ebene möglichst schnell in die vertikale Ebene gerichte*

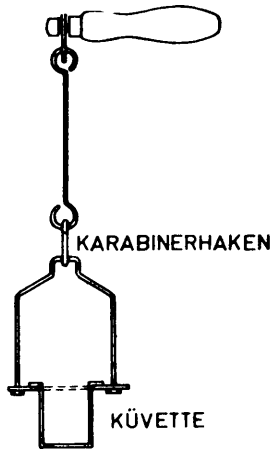


Abb. 79: Handschleuder

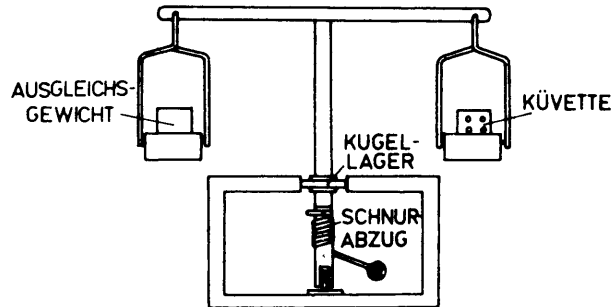


Abb. 80: Tischschleuder

Die T i s c h s c h l e u d e r (Abb. 80) wird durch Abziehen einer Schnur in kurzer Zeit auf eine hohe Umdrehungsgeschwindigkeit gebracht. Die Fliehkraft wirkt also länger auf die noch fließfähige Masse ein. Zur Sicherung des Gleichlaufs und um eine Unwucht zu vermeiden, muß das Gegengewicht exakt dosiert und wie die KÜvette unverrückbar gelagert sein.

3.2.2. Rüttelguß

Die Vibration bewirkt in der flüssigen Masse, daß die Teilchen aneinandergerüttelt werden und dadurch Blasen nach oben ausweichen müssen. Ein zusätzlich aufgebautes Vacuum beschleunigt den Vorgang und entspannt (zerstört) die Blasen.

Vibrationsgeräte mit Vacuumglocke (Typ VV 1, VEB Labortechnik Ilmenau) werden in kleineren Museumswerkstätten kaum vorhanden sein. Mit wenigen Mitteln gelingt es aber, einen elektrischen Rütteltisch selbst herzustellen. Eine Möglichkeit besteht darin, eine Motorachse mit einer Stößelscheibe zu versehen und eine Auflageplatte damit in vertikale Bewegung zu versetzen. Die Hubhöhe wird am Stößel eingestellt. (Abb. 81)

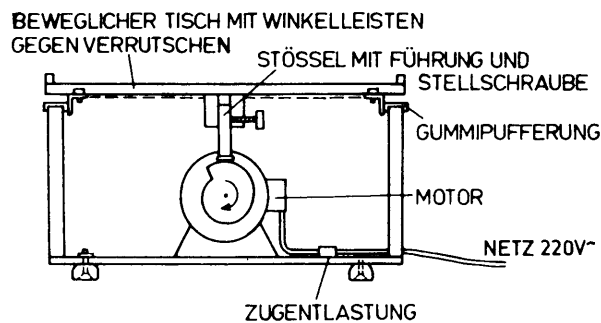


Abb. 81: Rütteltisch mit Motorantrieb

Ein anderer Weg ist der, die elektromagnetische Wirkung einer vom Wechselstrom durchflossenen Spule dazu auszunutzen, daß ein an der gummigelagerten Auflageplatte befestigter Anker im Rhythmus der Netzfrequenz angezogen wird. Entsprechend der Vorspannung der Platte an den Gummipolstern (dem Ankerabstand zur Spule) ist der Hub einstellbar. Hier wurde in einfachster Weise ein ausgedienter Schaltschütz für diesen Zweck hergerichtet. (Abb. 82)

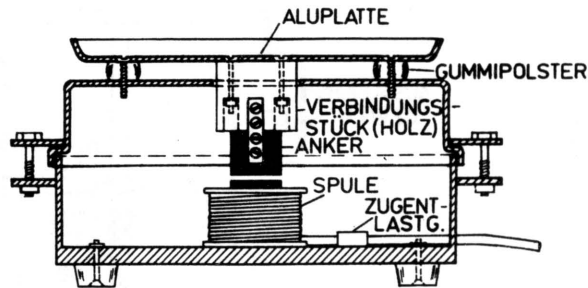


Abb. 82: Rütteltisch mit elektromagnetischem Antrieb

Im Bild erkennt man den Unterschied der Oberflächengüte von Gips aus einem Ansatz, gleichzeitig in zwei Formen einer knapp 3 cm großen Münze gegossen: links ungerüttelt (Abb. 83), rechts gerüttelt (Abb. 84) auf dem oben beschriebenen elektromagnetischen Rütteltisch.

Bei Gips darf man den Rüttelvorgang nicht bis in den Beginn des Abbindens hinein fortsetzen, er wird sonst gar nicht fest. Kunststoff dagegen verträgt das Rütteln bis zum Festwerden. (31)



Abb. 83: Gipsabguß ungerüttelt (vergrößert)



Abb. 84: Gipsabguß gerüttelt (vergrößert)

3.3. Formenbeschichtung

Es handelt sich nicht im eigentlichen Sinne um eine Gießtechnik. Vielmehr wird die Form mit einer teigigen Masse von Hand ausgedrückt, schichtweise mit durchtränktem Glasfaser- oder Textilgewebe ausgelegt (laminiert) oder mit einer spritzfähigen Substanz ausgespritzt (entspricht nicht dem Spritzguß im industriellen Druckgußverfahren). (2, 27, 39, 45, 48, 66a, 69, 79, 108)

3.3.1. Ausdrücken und Laminieren

Zur Herstellung von Abdrücken aus nicht gießbaren Kunststoffmodifikationen (Plaketten, Reliefs, Modeln, Kleinplastiken) oder von leichten großflächigen Abformungen (Grabsteine, Wandreliefs, großfigurliche Darstellungen usw.).

Eine verarbeitungsfertige Modelliermasse (SURALIN) des VEB biggi Waltershausen wird in verschiedenen Farben im Handel angeboten. Für größere Mengen stellt man sich selbst einen Teig her aus Polyvinylchlorid. Zu einer gut modellierfähigen Masse werden 1000 g PVC-E-Pulver des VEB Chemische Werke BUNA mit 300 g Rodamoll-PH-Weichmacher des VEB Hydrierwerk Rodleben oder Palatinol (Dibutylphthalat) des VEB Chemische Werke BUNA intensiv durchgeknetet (Gummihandschuhe tragen!). Je nach Veränderung des Weichmacheranteils kann die Konsistenz von gummiartig-weich bis spröde variiert werden. In der Industrie gibt man noch etwa 0,3 % Stabilisator zu (Dicyandiamid des VEB Stickstoffwerk Plesteritz), welcher die Grundfarbe konstant halten soll. Hier ist das wegen der meist ohnehin abschließenden Bemalung ohne Belang. Fügt man Titanweiß zu, erhält man eine gipsähnliche Oberfläche. Trocken- oder Tubenölfarben werden in den Weichmacher eingebracht.

Indem man von innen nach außen arbeitet, wird die Form entsprechend stark ausgedrückt. Reicht die Masse nicht aus, gibt man neue auf der Oberseite zu und setzt sie nicht an den Rändern an. Zwei- oder mehrteilige Formen werden am Rande sauber und leicht nach innen geneigt abgestrichen.

Die Formlinge härten bei 100 - 140 °C am sichersten in der Form aus, entweder unter Infrarotbestrahlung, im Wärmeschrank, durch ein Heißluftgebläse oder in kochendem Wasser. Die Hitzeeinwirkung soll 90 Minuten nicht überschreiten. Nach dem Abkühlen kann man die nunmehr erhärteten Formlinge beschneiden, sägen, feilen, fräsen oder bohren. Zum Kleben eignen sich PC 10 oder PC 15, das giftige PCD 13 sollten wir nicht verwenden. Fugen werden mit Kalloplast ausgefüllt. (Abb. 85)



Abb. 85: PVC-Abdruck (Kopf aus Benin)

Großflächige Abformungen muß man aus Stabilitätsgründen laminieren. Für solche Arbeiten sind teigartige Massen nicht brauchbar. Man verwendet mit Aktivfüller eingedickte Kunstharzlösungen (Epoxidharz EGK 19 oder Polyester G bzw. HOBBY-PLAST UP), die mit dem Pinsel aufgetragen werden. Als Einlage kommt besonders Glasseidengewebe infrage, das für stark profilierte Formen notfalls in Stücke geschnitten und mit Hilfe des Harzes überlappend aufkaschiert wird.

Zur optischen Annäherung an den Charakter oder die Farbe der Originalvorlage kann man in die erste Schicht Trockenfarbe, Sand, Metallschliff, Graphit o. ä. einmischen. (3, 30, 66a, 99, 110)

3.3.2. Gipsspritzen

Gips wird mit einer großdünsigen (Farb-)Spritzpistole auf die Formfläche aufgebracht und ergibt auch auf stark profiliertem Untergrund eine gleichmäßig starke Schicht.

Dieses 1957 in der Weimarer Restaurierungswerkstatt entwickelte Verfahren verbindet wirtschaftliche Vorteile mit leichter, unaufwendiger Verarbeitbarkeit, die besonders bei Landschafts-, geologischen- und Architekturmodellen zur Geltung kommen. Die Dichte aufgespritzten Gipses ist so groß, daß es auch ohne Schwierigkeit gelingt, völlig blasenfreie Abformungen von Reliefs, Medaillen oder sogar Münzen herzustellen.

In eine Farbspritzpistole setzt man eine 6 mm Düse ein. Der Spritzdruck beträgt 0,4-0,6 MPa. Der Gips wird in mehreren Gipsbechern schnell nacheinander angesetzt. Zum Einstreuen sollte man sich eines Siebes bedienen, damit die Düse nicht durch Verunreinigungen verstopfen kann. Ein Netzmittel (Filpon, Nekal, Fit o. dgl.) dem Anrührwasser beigegeben, verhindert das Perlen auf der gut isolierten Formfläche und ergibt eine gleichmäßig zusammenfließende Schicht.

Diese kann man beliebig stark aufspritzen und zur Versteifung Perlongewebe, bei profilierten Flächen Perlonwatte in die noch weiche Schicht eindrücken, die man dann noch einmal übersprüht. Will man einen außergewöhnlich stabilen Formling erhalten, wird anschließend noch Gaze aufkaschiert. Die Gesamtstärke genügt bei profilierter Fläche mit 5 mm auf 1 m² Größe hohen Ansprüchen.

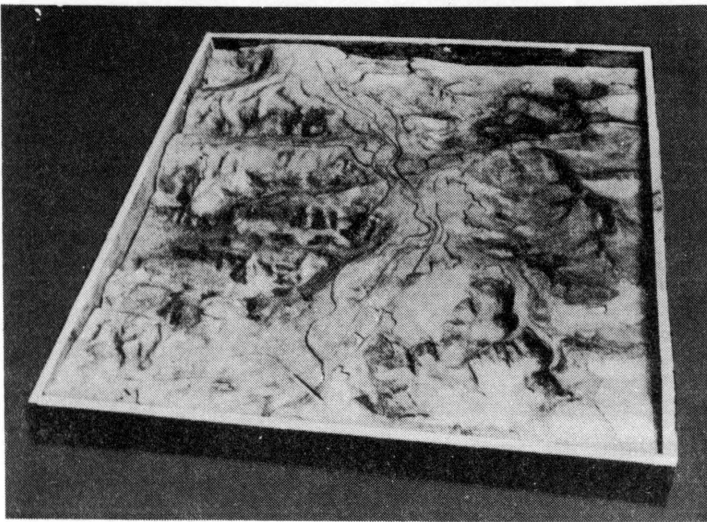


Abb. 86:

Zum Gipsspritzen vorbereitete Form eines Landschaftsmodells

Als Formen eignen sich besonders solche aus Gips, die man mit einem Holzrahmen abschließt. Die Oberfläche wird schellackiert und mit Petrol-Stearin gefettet, ebenfalls der Holzrahmen. (Abb. 86)

Auf solche Weise hergestellte Vervielfältigungen sind außer ihrer Leichtigkeit und Widerstandsfähigkeit von ausgezeichneter Schärfe. Sie haben sich z. B. als Landschaftsmodelle im praktischen Schulbetrieb ausgezeichnet bewährt. (29)

3.4. Ausschäumen

Die Anwendung von Schaumharz als Ausformmittel fand erst relativ spät Eingang in die Museumstechnik, während die Industrie bereits eine große Einsatzbreite für dieses Material gefunden hat. Die vielen produzierten und in der Entwicklung befindlichen Typen für die verschiedensten Anwendungsbereiche erschweren dem Restaurator die Übersicht und die Auswahl für die konkrete Aufgabe. Es ist immer angeraten, sich mit dem Hersteller zu beraten.

Die Schaumstoffe (Plaste oder Elaste) werden hergestellt, indem man den Ausgangsmischungen Treibmittel zusetzt, verdampfende Lösungsmittel beifügt oder - wie beim Polyurethanschaum - das durch Reaktion von Isozyanaten mit Wasser entstehende Kohlendioxid ausnutzt. Die hier interessierenden Schäume sind Schaumpolyester, Polyurethanschaum und Schaumpolystyren.

Verschäumbares Polyesterharz des VEB Chemische Werke Buna wird in zwei Komponenten angesetzt, die schnell und innig miteinander vermischt und sofort vergossen werden.

- Komponente A: Polyester Schkopau
 - 2 % Benzoylperoxidpaste 50%ig
 - 34 % Natrium- oder Ammoniumcarbonat
- Komponente B: 2 % Dimethylanilin 100%ig
 - 10 % Stabilisator L
 - 24 % Essigsäure 50%ig

Die SYSpur (Polyurethan) Schaumsysteme SD sind harte Struktur-schaumstoffe, die ebenfalls als Zwei-Komponentensysteme in flüssiger Form geliefert werden. Die Grundkomponente A ist ein Gemisch von Polyolen mit Aktivatoren, Zusatzstoffen und den Treibmitteln. Die Vernetzerkomponente B ist ein Systanat.

Die Komponenten werden im genauen Gewichtsverhältnis im Pappbecher oder einem Polyethylenbehälter innig miteinander vermischt (Rührwerk mit 800 bis 3000 U/min). Die angegebene Reaktionszeit ist genau einzuhalten, da dann spontan die Aufschäumung beginnt. Dabei können erhebliche Drücke gegen die Formwandung wirksam werden, was eine entsprechend widerstandsfähige Konstruktion derselben notwendig macht. Als Material kommt bei kleinen Stücken oder kleinen Serien Silikonkautschuk infrage, evtl. auch gefülltes Epoxidharz.

Hersteller von Polyurethan-Schaumstoffen in der DDR: VEB Synthesewerk Schwarzheide (3, 10, 55, 104)

Polystyrenschäumstoff läßt sich relativ einfach verarbeiten. Das Granulat vergrößert sein Volumen z. B. schon durch Einlegen des Formbehälters in heißes Wasser und füllt so die Form je nach dem Volumenanteil mehr oder weniger dicht aus. Im Architekturmodellbau wurde diese Technik mit Erfolg für die Herstellung größerer Serien bautechnischer Modellteile angewendet. (Abschlußbericht zu einem

4. Vergrößerungen

Die Quellfähigkeit verschiedener Formmaterialien wird ausgenutzt, um im aufgequollenen Zustand (vergrößerte) Ausgüsse aus ihnen zu gewinnen.

1958 wies Fuehrer auf die Möglichkeit hin, Latexformen in Petroleum, Benzin, Kerosin, Ether, Tetrachlorkohlenstoff oder in Schwerölen um 50 % innerhalb 12 - 24 Stunden zu vergrößern. Diese Vergrößerung erfolgt weitgehend verzerrungsfrei und ist besonders bei flachen, aber auch bei hohlen Formen anwendbar.

Auch andere Naturkautschuke oder synthetische Kautschuke besitzen diese Eigenschaft. Für unsere Materialien gelten etwa folgende Werte:

	Petroleum		Benzin
	Quellung nach		
	12 Std.	2 Std.	12 Std.
Latexkonzentrat	45 %	50 %	50 %
Thioplast	6,5 %	0 %	3 %
Siliconkautschuk	25 %	35 %	35 %

Die Quellung in Petroleum ist der in Benzin vorzuziehen, weil sie bei längerer Einwirkungsdauer keine Verziehungen ergibt. Außerdem sind die Formen noch standfester als benzingequollene. Siliconkautschuk bleibt gegenüber dem Naturkautschuk elastischer und ist auch wieder in der Originalgröße zu verwenden, wenn die Quellflüssigkeit ausgetreten ist.

Durch Abformen eines beliebigen Modells, Quellen der Form, Herstellen eines (Gips-) Abgusses und beliebig häufiges Wiederholen des Vorganges besteht die Möglichkeit, dreidimensionale Vergrößerungen von Münzen, Medaillen, Gravuren und anderen schwer erkennbaren Details gut sichtbar dazustellen. (Abb. 87) (37, 92, 133, 32a)



Abb. 87: Stufenweise Vergrößerung eines Siegelabdrucks

5. Verfestigung von Gipsabgüssen

Gips wird in der Form- und Gießtechnik aus wirtschaftlichen Gründen und wegen seiner günstigen Ver- und Bearbeitungseigenschaften eine besondere Bedeutung behalten, trotz vieler spezieller Vorteile, welche Kunststoffe aufweisen. Deshalb ist man bestrebt, die Gipseigenschaften, besonders im Hinblick auf Oberflächengüte (Abriebfestigkeit) und Härte noch weiter zu verbessern, ohne die günstigen Fließ- und Abbindeigenschaften zu beeinträchtigen.

5.1. Härte- und Festigungsmittel

5.1.1. Melamin-Formaldehydharze

Verfahren, bei denen durch Beifügung von Melaminharzen zum Anmachwasser eine Verdoppelung der Biegefestigkeit des Gipses erreicht werden kann.

Nach einem amerikanischen Patent von 1951 werden Melaminharze zur Gipstränkung verwendet, die eine besonders auffällige Verbesserung der Oberflächenhärte ergeben. In Japan wurde dieses Verfahren von Ito und Utsumi (1963) aufgegriffen und so abgeändert, daß synthetische Harze von vornherein dem Gips zugemischt werden. Nach seinem Erhärten erfolgt eine Wärmenachbehandlung, der allerdings durch die Eigenschaft des Gipses, oberhalb 97 °C Wasser abzuspalten, Grenzen gesetzt sind. Bei 80 - 90 °C steigt die Biegefestigkeit des Gipses auf etwa das Doppelte, die Porösität ist stark verringert und die Wasserabsorption auf ein Drittel des Normalen gesunken - Eigenschaften, die unseren Forderungen an eine gute Eingußmasse sehr entgegenkommen. Bleck (1966) untersuchte die Einsatzmöglichkeit des für die Holzkonservierung verwendeten Melaminharzes Piazep M 1/45 (heute ME 2) des VEB Stickstoffwerk Piesteritz für solche Verfestigungen und gibt ein bewährtes Rezept:

200 g Melaminharz (= 100 g Trockensubstanz) werden in 300 ml siedendem Wasser aufgelöst und rasch unter der Wasserleitung auf Zimmertemperatur abgekühlt. In dieser (stechend riechenden Flüssigkeit) wird der Gips wie üblich angemacht und vergossen. Nach dem Verputzen der Nähte usw. kommt der Abguß in einen Wärmeschrank oder wird unter Infrarot auf etwa 80 °C gebracht, wo er eine etwas fleckig-bräunliche Oberfläche bekommen kann, aber sehr glatt und außerordentlich fest wird. Da solcher Gips erstaunlich wasserfest ist, kann man so Abgüsse behandeln, welche im Freien oder in feuchten Räumen aufgestellt werden sollen.

Auch normal gegossene Gipskörper können nachträglich mit der Harzlösung behandelt werden. Sie werden mehrmals getaucht oder bestrichen, wobei man zwischendurch bei Zimmertemperatur trocknen soll. Dann kondensiert man bei 80 °C aus. Der Effekt ist verständlicherweise wegen der geringeren Kunststoffmenge im Gips schwächer, aber immer noch erheblich gegenüber unbehandeltem Gips. (11, 97, 101)

5.1.2. Modellhärter LAW

Ein Wachs-Kunstharzgemisch des VEB Leipziger Arzneimittelwerks, das als Schmelze verwendet wird.

Der Härter wurde für die Dentaltechnik entwickelt, ist relativ teuer, aber einfach zu verarbeiten. Das Wachs-Harzgemisch wird bei 150 °C als Schmelze eingebracht. Damit bei so großer Temperaturdifferenz der Abguß nicht zerspringt, erwärmt man ihn

auf etwa 85 °C. Danach wird er so lange eingetaucht, bis keine Luftblasen mehr entweichen. Auf Fließpapier abtropfen lassen.

Umfängliche Objekte stellt man über die Schmelze und tupft sie mit einem mit der Tiegelzange gehaltenen Mullbausch auf. Dabei sorgt von oben eine Infrarotlampe für Wärme. Die Objekte müssen so warm sein, daß der Härter sogleich eindringt und keine konturenschwächende Schicht verbleibt. (31)

5.1.3. Versteifungen

In den Gips eingebrachte Versteifungen sollen nicht quellen, nicht rosten und sich nicht zersetzen. Gebräuchlich sind grobmaschiges Gewebe (Kaschierleinen), Maschengewebe aus Kunststoff und Glasseidengewebe. Sehr widerstandsfähig werden Güsse, bei denen Haare in den Gips gemischt werden. Müssen Eisenstaffagen eingelegt werden, erhalten sie vorher einen Anstrich aus Schellack oder besser Rostschutzlack. Um die Angriffsfläche zu vergrößern, umwickelt man Stangen mit Kupfer- oder Aluminiumdraht. Winkeleisen und Kanteisen stemmt man kräftig auf. (2, 17, 40, 41, 66, 69, 99, 105)

6. Galvanoplastische Nachbildungen

Die Galvanoplastik ist eine Verfahrenstechnik, bei der durch elektrolytische Metallabscheidung auf leitenden oder nichtleitenden Untergründen starke, abtrennbare Metallschichten hergestellt werden. Diese ergeben in Form und Struktur ein außerordentlich genaues Abbild von der Auflagefläche. Wenn diese Auflagefläche die Form (das Negativ) eines beliebigen Objektes darstellt, erhält man eine präzise Kopie in Metall (Hohlgalvanoplastik) (Abb. 88.1). Wird die Schicht direkt auf das Original oder einen positiven Abguß aufgebracht (Kerngalvanoplastik) (Abb. 88.2), erhält man eine Metallschicht, die mit Zunahme der Stärke die Details auf der Oberfläche immer ungenauer wiedergibt.

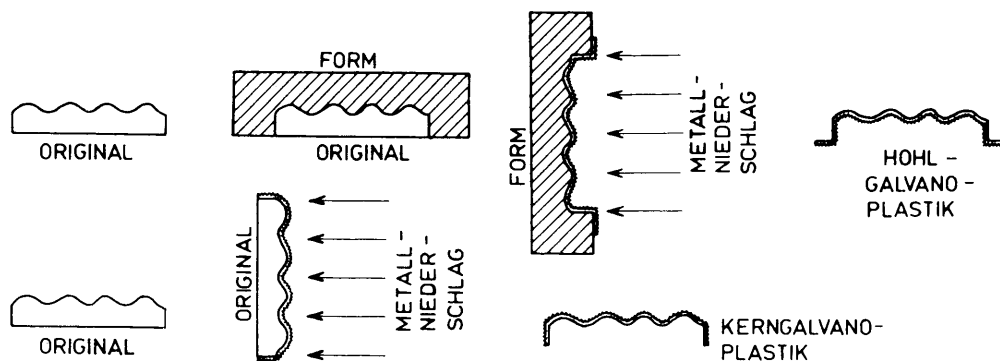


Abb. 88: Galvanoplastische Verfahren

Die Galvanoplastik als Teilgebiet der Galvanotechnik wird hier im Rahmen des Formens und Gießens aufgeführt, weil sie vom Restaurator zur Anfertigung von Kopien aus Metall eingesetzt werden kann. Sie ist im eigentlichen Sinne kein Formverfahren, obwohl man die erzeugten Metallniederschläge in der Kerngalvanoplastik als Form verwenden kann und das in der Galvanotypie auch tut.

1838 wurden von M. H. Jacobi der Petersburger Akademie der Wissenschaften Kopien von Medaillen und anderen Gegenständen vorgelegt, die auf galvanischem Wege hergestellt worden waren. Das von Jacobi (1840) beschriebene Verfahren ist in der Folge zum Vergolden anstelle der Feuervergoldung, zur Zementation von Kupfer aus natürlichen Kupferwässern, zur Herstellung von starken Schutzschichten gegen Korrosion und Witterungseinflüsse, für die Drucktechnik (Hoch- und Tiefdruckplatten, Druckwalzen, Heliogravure, Galvanokaustik), die Denkmälerfertigung und die Metallplastik (Überziehen von Kunststoffteilen) weiterentwickelt worden. Die Hohlgalvanoplastik ist neben der drucktechnischen Verwendung vorzugsweise auf dem Gebiete in Erscheinung getreten, auf dem sie auch heute vom Restaurator genutzt wird: bei der Anfertigung absolut oberflächengetreuer Metallkopien von Münzen, Reliefs, Büsten, Fibeln, Waffen, Schmuck, Geschirr u. dgl. (29, 53, 73, 56a)

6.1. Vorbereitende Arbeiten

Die häufigste und hier vorgestellte Art der Galvanoherstellung ist die Hohlgalvanoplastik, bei der das Negativ des Originals mit einem metallischen Niederschlag bedeckt wird. Hierzu ist also eine geeignete und entsprechend präparierte Form Voraussetzung. Die seltenere Kerngalvanoplastik fordert eine Vorbehandlung des zu überziehenden Modells oder Abgusses, damit der Elektrolyt die Oberfläche nicht angreift, die elektrische Leitfähigkeit, aber auch das Ablösen des Galvanos jedoch gesichert sind.

6.1.1. Abformen

Alle vorher beschriebenen Formtechniken können angewendet werden. Bei mehrteiligen Formen müssen die Fugen lückenlos ausgefüllt werden, weil auch kleinste Risse und Spalten vom Metall nicht überbrückt werden. Deshalb stellt man auch gern von vollplastischen Objekten fugenlose Formen her (z. B. im Wachsausschmelzverfahren), oder man galvanisiert die Formteile einzeln aus und lötet die Teile zusammen. Von den vielen für die Galvanoplastik empfohlenen oder in der Industrie verwendeten Formmaterialien (z. B. leicht schmelzende Metallegierungen, Celluloid, Wachse, Gips, Guttapercha, Gummi, Gelatine, Prägeblei) benutzen wir nur Gips, Wachs und Kautschuk, mit denen man allen Aufgaben des Restaurators gerecht werden kann. (29, 73)

Gipsformen

Wegen der Stabilität besonders geeignet für mehrteilige Abformung und große Galvanos. Nachteile sind die Porigkeit und geringe Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Elektrolyten.

Arbeitshinweise:

Die Nähte so legen, daß die Bearbeitung der Lötfläche am Galvano ohne Schwierigkeiten möglich ist. Außerdem einen genügend breiten Rand zur Stromzuführung vorsehen.

Um den Gips für die Aufnahme des Leitmittels geeignet zu machen und zum Schutz gegen die Flüssigkeit, in einem Bad aus Stearin und Paraffin zu gleichen Teilen tränken. Dazu das Formteil (oder das Gipsmodell bei der Kerngalvanoplastik) erst völlig trocknen, dann angewärmt in die Schmelze legen, und darin auf 120 °C erwärmen, bis keine Luftblasen mehr aufsteigen. Auf 70 ... 80 °C abkühlen und mit der Bildseite nach oben langsam abtrocknen lassen. Eine evtl. verbleibende Wachsschicht im Wärmeschrank abschmelzen - ebenfalls mit der Bildseite nach oben. Die richtige Zusammen-

setzung des Tränkmittels auf einem Uhrenschälchen prüfen: Sie darf erkaltet nicht reißen oder vom Glase abspringen, aber auch nicht schmieren. Andere Tränkmittel wie Lacke aller Art, Harze usw. haben keine Vorteile im Hinblick auf Verarbeitung, Wirksamkeit und Beständigkeit gezeigt. (29)

Wachsformen

Für eoene und wenig plastische Objekte, wie Münzen, Messer, Schalen, Fibeln

Arbeitshinweise:

Die gleiche Wachsmischung wie im vorigen Abschnitt beschrieben kann man auch hier verwenden. Das Original mit Talkum abstäuben oder mit Siliconspray isolieren, auf 30 ... 40 °C erwärmen, damit das Wachs nicht "erschrickt" und Luftblasen noch aufsteigen können und das Festwerden möglichst spannungsfrei erfolgt.

Ein einfacheres Verfahren: Das Original in eine eingestäubte Wachsplatte prägen (gut geeignet das in der Dentaltechnik verwendete Bißwachs). Das Relief darf nicht zu stark sein, sonst drückt sich das Wachs vom Rande weg, ohne ihn zu umschließen.

Kautschukformen

Das beste Material für Galvanoformen. Es läßt sich sehr leicht leitend machen, ist weitgehend beständig im Elektrolyten und außerordentlich zeichnungsscharf (ein abgeformter Spiegel ergibt ein einwandfreies Spiegelgalvano!). Nachteile: der relativ hohe Preis und die Schrumpfung, die sich mit 0,2 ... 1,5 % nach etwa 2 Tagen bemerkbar macht (Formen bis zur nächsten Verwendung vollgießen!). (127, 56a)

Arbeitshinweise:

Größere Flächen nicht dick gießen, sondern mit Kunststoffstäben (PVC-Schweißdraht mit eingießen) stabilisieren. Große Teile benötigen möglicherweise eine Gipskappe gegen Verwerfung. Diese wieder in Wachs tränken, besonders gegen Badverunreinigung durch abgeschwemmten Gips.

Soweit es möglich ist, mehrere Formteile aneinander gießen (wenn man z. B. mehrere Münzen gleichzeitig nachbilden muß). Die fugenlose Fläche wird nach entsprechender Weiterbehandlung in einem Arbeitsgang ausgalvanisiert, verstärkt usw. Das ist auch für die Deponierung der Form vorteilhaft. Zur Identifizierung kerbt man Nummern in die Randfläche.

6.1.2. Stromzuführung

Bei vorgegebenen Formen und in der Serienfertigung wird erst die Formfläche elektrisch leitend gemacht, und dann erst wird die eigentliche Stromzuführung hergestellt, also die Verbindung zwischen Stromquelle bzw. Badzuleitung und der Formfläche. In der Museumspraxis hat sich die umgekehrte Reihenfolge als günstiger erwiesen, weil man beim variablen Formenbau den Stromleiter besser in die Leitschicht integrieren kann.

Wichtige Voraussetzung für ein schnell deckendes und dadurch gleichmäßig starkes Galvano ist, daß der Strom von allen Seiten auf die Fläche geführt wird; der Leiter muß ringsherum angeordnet werden. Auf einer großen Fläche (20 cm Ø) sollte man den Strom auch auf die Mitte der Fläche leiten. Als Leitungsmaterial benutzt man Kupferdraht von 0,5 ... 1 mm Ø, in einigen Fällen auch Kupferlitze.

Bei Gipsformen:

Den Draht in Form einer Schlinge vor dem Eingießen in halber Höhe der Formstärke einführen und so biegen, daß er auf dem Rande der Formfläche zu liegen kommt und einen elektrisch geschlossenen Ring bildet. Nach dem Guß schabt man ihn ringsherum frei. (Abb. 89)

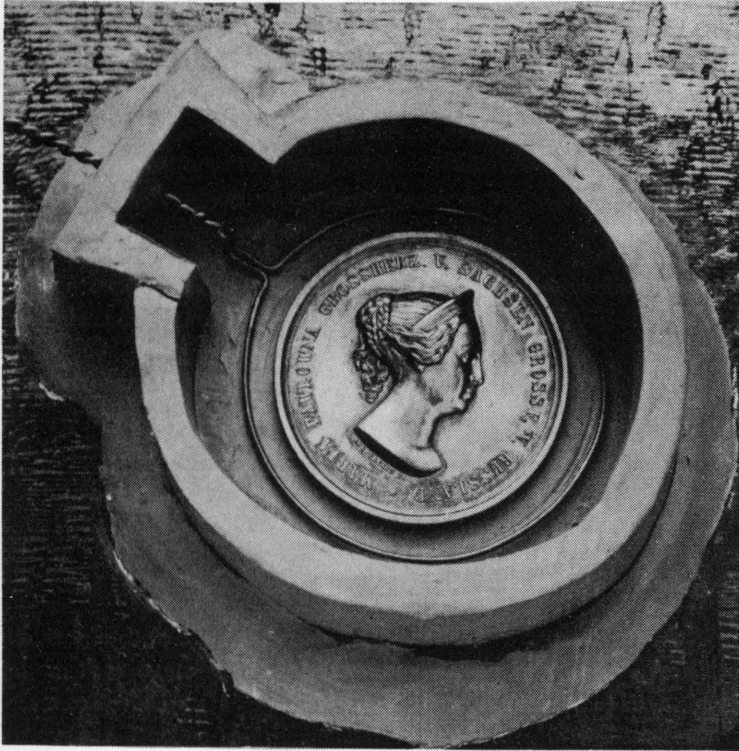
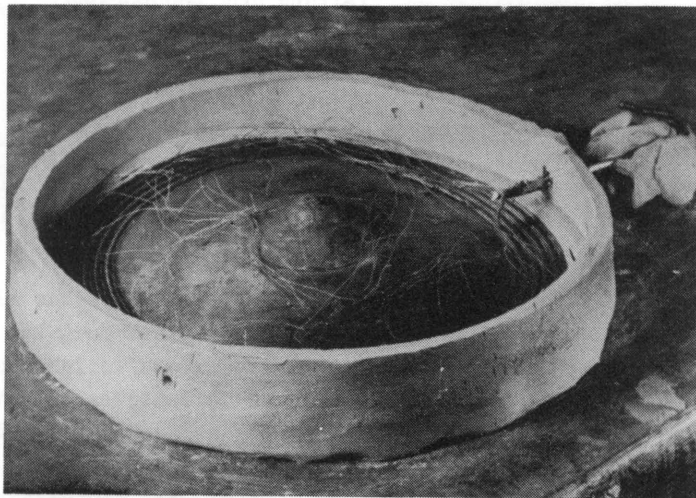


Abb. 89: Anordnung der Zuleitung für eine Gipsform

Auf einer großen Fläche verwendet man Litze, die - wiederum vor dem Guß - in halber Formhöhe eingelegt und dann aufgedrillt wird. Die feinen Drähte verteilt man über die ganze Fläche, drückt sie möglichst dicht auf das Original und gießt den Gips auf. In diesem Falle ist keine Zuführung vom Rande her notwendig, auch die dicht unter der Gipsoberfläche liegenden Drähte sind als Zuführung zur Leitschicht wirksam. (Abb. 90) (29)

Abb. 90:

Eingegossene Litze
als Zuleitung



Bei Wachsformen:

Entweder wie bei Gipsformen verfahren, oder einen Kupferdraht auf den Rand der fertigen Form auflegen und mit dem LötKolben in das Wachs einschmelzen. Anschließend übergeschmolzenes Wachs wieder abschaben! Vorteilhaft ist es, an der Formunterseite einen Glasstreifen o. dgl. anzuschmelzen, damit die Wachsform wegen ihres geringen spezifischen Gewichtes nicht auf dem Elektrolyten schwimmt, sondern senkrecht im Bade hängt. (Abb. 91)



Abb. 91: Wachsform mit eingeschmolzener Zuleitung und Beschwerung

Bei Siliconkautschukformen:

Man steckt den Draht von hinten durch die Form und biegt ihn auf den Formrand. Aus Kupferdraht bildet man kleine Krampen, mit denen die Zuleitung fest auf dem Untergrund befestigt werden kann. (Abb. 92)

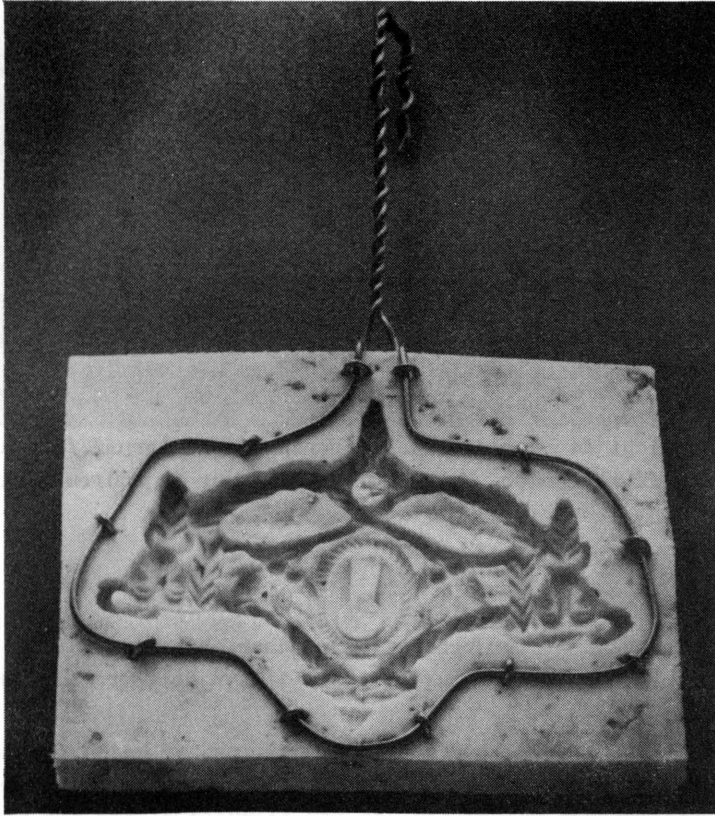


Abb. 92: Aufgekrampfte Zuleitung

6.1.3. Leitendmachen der Form

Von der Leitfähigkeit und Geschlossenheit der Leitschicht hängt in erster Linie das Gelingen des Galvanos ab. Löcher in der Metallschicht schließen sich auch bei langer Exposition nicht. Wenn aber nach kurzer Zeit die Fläche nicht vollkommen bedeckt ist, nimmt die schon vorhandene Schicht als Kathode den Niederschlag auf, sie verstärkt sich ungleich schneller und bildet am Rande pulvrige oder knospenartige Anlagerungen. Nachträgliche Manipulationen und partielle Reparaturen bringen selten Erfolg oder sind im Positiv sichtbar. (29)

Graphitieren

Die verbreitetste Methode, deren Erfolg von der Beschaffenheit des Graphits abhängt. Nur reinsten, geschlammten und völlig sandfreien Graphit verwenden, am besten den handelsüblichen Galvanographit. Nur für saure Elektrolyten!

Arbeitshinweise:

W a c h s f o r m e n in schwacher Natriumcarbonatlösung (ca. 50 g Na_2CO_3 auf 1000 ml H_2O) auswaschen. Auf grobkörnige Oberflächen erst einen Schellacküberzug aufbringen, sonst das Wachs leicht anwärmen und mit einem weichen Pinsel den Graphit 2 - 3 Minuten lang kreisförmig aufpinseln. In dieser Zeit ordnet er sich zu einer dünnen Schicht, in der sich die Blättchen berühren und überdecken. In weniger als der angegebenen Zeit ist das nicht möglich, auch wenn die Fläche dann schon ein grau-schwarzes Aussehen angenommen hat; längere Bearbeitung bewirkt keinen größeren Effekt.

G i p s f o r m e n mit einem Brei aus Graphit und Wasser einstreichen, trocknen lassen und mit einer etwas festeren Bürste nacharbeiten.

S i l i c o n k a u t s c h u k f o r m e n mit Graphit-Spiritusbrei einstreichen, trocknen lassen und mit trockenem Graphit nacharbeiten. Vorteilhaft ist es, einen Pinsel in die Ständerbohrmaschine zu spannen und die Form leicht darunter hinweg zu führen. So werden auch Vertiefungen wirkungsvoll erfaßt.

Metallpulver

Kupferschliff, Silberpulver oder Goldbronzepulver hinterlassen ihre typische Metallfarbe auf der Galvanooberseite, so daß schon eine gewisse Vorfärbung entsprechend dem Original gegeben ist. Die Leitfähigkeit ist besser als bei Graphit, welches auch eine schmutzige Grundfarbe hinterläßt. (127)

Die Technologie entspricht der vorher beschriebenen Graphitierung. Nur allerfeinsten, kornfreien Schliff verwenden. Metallpulver sind nur in sauren Elektrolyten brauchbar.

Leitlacke

Wegen der Dicke der Lackschicht nur bedingt verwendbar. Sie eignen sich zur Aufzeichnung von Leiterbahnen zu schwer zugängliche Stellen der Form als Abzweigung der Zuleitungsdrähte.

Leitendmachen auf chemischem Wege

Aus Silberverbindungen schlägt man metallisches Silber als sehr dünne, gut leitende Schicht nieder, die allerdings gegen Berührung oder starke Badbewegung empfindlich ist.

Arbeitshinweis:

Man stellt eine ammoniakalische Silbernitratlösung her aus

Silbernitrat	100 ml
dest. Wasser	200 ml
Ammoniaklösung	200 ml
Alkohol	250 ml

Die eingetauchten oder mit der Lösung besprühten Flächen in einen Exsiccator oder unter einen Glassturz bringen und Schwefelwasserstoffdämpfen aussetzen, die man durch Übergießen von Schwefeleisen mit verdünnter Salzsäure entwickelt. Die in warmem Luftstrom gut abgetrocknete Silberschicht darf nicht mehr berührt werden. (29)

6.1.4. Niederschlagsblenden

Unter den Bedingungen der Restaurierungswerkstatt werden die Verhältnisse zwischen Elektrodenform, Elektrodengröße und -abstand, Seitenbegrenzung der Elektroden, Stromstärke und Badtemperatur kaum optimal sein. Deswegen entstehen leicht durch Zusammendrängung der Stromlinien an den Rändern und Kanten Randverdickungen, Metallknospen und -bäume, welche den schon bestehenden Dickenabfall vom Rande zur Mitte hin infolge der höheren Stromdichte noch verstärken. Man kann dem mit Niederschlagsblenden aus PVC-Material entgegenarbeiten, welche in geringem Abstand von der Kathode zwischen den Elektroden eingehängt werden. Sie erhalten der Form entsprechende Ausschnitte. (Abb. 93)

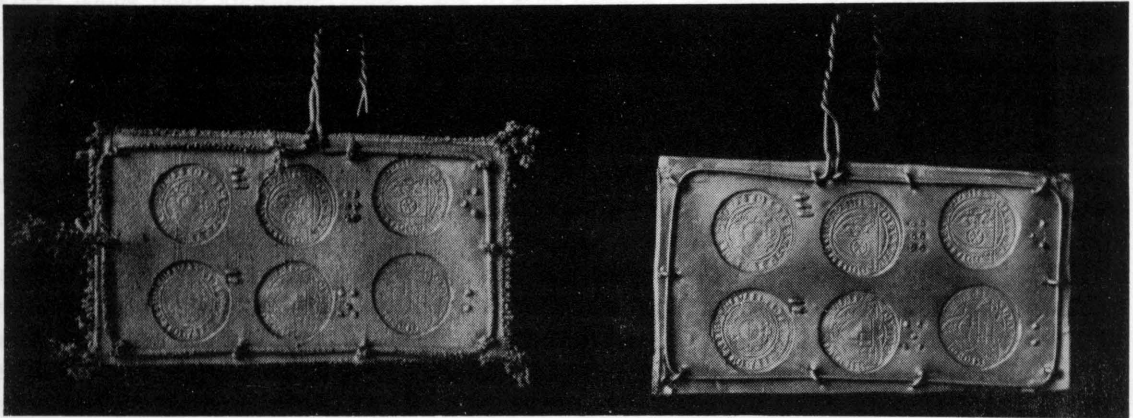


Abb. 93: Minzgalvanos, ohne und mit Niederschlagsblenden hergestellt

Sehr saubere Formkanten bekommt man durch Abdecken der Zuleitungsflächen: Wenn der Metallniederschlag gerade geschlossen ist, deckt man sie mit Abdecklack, Nitrolack o. dgl. sauber bis zum Abdruckrand hin ab. Die Kanten kann man schließlich leicht abbrechen.

6.2. Kupfergalvanoplastik

Die für die Metallabscheidung in der Galvanoplastik verwendeten Metalle sind vorwiegend Kupfer und Nickel, für wertvolle Arbeiten auch Silber. Wegen der einfachen, billigen und gefahrlosen Arbeitsweise wird Kupfer bevorzugt.

6.2.1. Anoden

Es werden keine unlöslichen Anoden benutzt, sondern nur Metallanoden, welche bei normalen Anodenstromdichten den Metallgehalt des Elektrolyten in der Masse ergänzen können, wie das Metall an der Kathode niedergeschlagen wird.

Grundsätzlich gilt: Gewalztes Metall ist wegen seiner homogenen Beschaffenheit anodisch schwerer löslich als gegossenes oder elektrolytisch gewonnenes mit relativ lockerer Struktur.

Demzufolge läßt Walzmetall nur geringe Stromstärken zu, hinterläßt aber auch weniger Metallschlamm als Elektrolyt- oder gar Gußmetall.

Insgesamt eignen sich am besten Anoden aus Elektrolytkupfer, oder aus solchen Abfällen gegossene oder gewalzte, die man gut ausglüht. Sie haben eine kupferrote Farbe oder zeigen manchmal eine gelbbraune Kupferoxiduldschicht, die sich unter Stromeinfluß im Bade ohne Schlamm bildung löst (Elektrolytwalzkupfer nach TGL 10256).

Im Sinne einer wirtschaftlichen und rohstoffsparenden Arbeitsweise soll man die bei der Galvanoplastik anfallenden Elektrolytkupferabfälle in Beuteln aus Polyestergerewebe, notfalls in Leinensäcken, als Anode aufbrauchen.

Arbeitshinweise:

Abstand Anode - Kathode je nach Größe 5 - 15 cm, bei sehr plastischen Kathoden bis 30 cm.

Die Anodenform soll der Kathode möglichst angepaßt sein, vollplastische Kathoden in eine Ringanode (einen Zylinder) bringen oder gegenüber einer schalenförmigen Kathode häufig drehen, in Hohlkathoden zylindrische oder kugelförmige Innenanoden einhängen. Größe der Anode: 1,5 mal größer als die Kathode.

Befestigung der Anoden an angenieteten Kupferstreifen oder starkem Kupferdraht mit schlüssiger Verbindung.

6.2.2. Elektrolyte

GTL-Kupfersalz "G":

Ansatz für 10 l Elektrolyt:

2200 g GTL-Kupfersalz "G"	
500 g Schwefelsäure chem. rein, D = 1,84	
Dichte bei 20 °C	1,142 ... 1,179
pH-Wert	< 1
Temperatur	20 ... 30 °C
Stromdichte	1 ... 5 A/dm ²
Spannung	2 ... 8 V
Stromausbeute bei 1 A/dm ²	ca. 100 %
Abscheidung bei 1 A/dm ²	1 µm in 4,5 min
Bewegung des Elektrolyten erforderlich	

Zum Selbstansatz wird empfohlen (für 10 l Elektrolyt):

Kupfersulfat krist.	2000 g
Schwefelsäure D = 1,84	300 g
Dichte bei 20 °C	1,133
Temperatur	20 °C
Stromdichte	0,5 ... 3 A/dm ²
Spannung	0,6 ... 5 V
Stromausbeute bei 1 A/dm ²	ca. 100 %

Ein Schnellgalvanoplastikbad enthält eine höhere Metallkonzentration, aber weniger Säure. Es läßt größere Stromstärken bei Temperaturen von 35 ... 60 °C zu.

10 l Elektrolyt enthalten:

Kupfersulfat krist.	2500 g
Schwefelsäure D = 1,84	75 g
Alkohol	100 g
Dichte bei 20 °C	1,151 ... 1,155
pH-Wert	2,5
Temperatur	35 ... 60 °C
Stromdichte	1 ... 7 A/dm ²
Spannung	0,8 ... 8 V
Stromausbeute bei 1 A/dm ²	100 %
Badbewegung durch Rührwerk oder eingblasene Luft.	

Die Bäder müssen von Zeit zu Zeit durch ein Leinentuch gefiltert werden. Schwebeteilchen, die sich auf der Form absetzen, verursachen eine rauhe Fläche und begün-

stigen Loch- oder Knospenbildung. Aus diesem Grunde das Galvano wiederholt aus dem Bad nehmen und kratzen, wodurch auch eine Verdichtung der Oberfläche bewirkt wird. (29)

Erhöhung der Elektrolyttemperatur läßt eine erhebliche Steigerung der Stromdichte zu, weil in heißer Lösung die Lösungstendenz des Kupfers bedeutend zunimmt und damit ausreichende Ausfällung des Kupfers möglich ist. Die Neigung zur Bildung von Randknospen nimmt zu.

Bewegung des Elektrolyten erleichtert die Zuführung der entladbaren Ionen zur Kathode, was bei unveränderter Stromdichte zur Vergrößerung des Kornes führt. Andererseits kann man durch Badbewegung höhere Stromdichten einsetzen und den Beginn der Streifen- und Knospenbildung verzögern. Wegen des gröberen Kornes nimmt die Härte des Überzugs ab.

6.2.3. Stromversorgung

Der Stromregelbereich für galvanoplastische Arbeiten liegt in dem für elektrolytische Verfahren der Restaurierung üblichen Rahmen. Der Gleichrichter mit 10 A (24 Volt) Ausgangsleistung, wie er sich in unseren Werkstätten durchgesetzt hat, eignet sich sehr gut auch für diese Arbeiten. Als Ersatz kann man einen Modellbahntrafo (z. B. Netzanschlußgerät FZ 1 des VEB Piko Sonneberg, 1,2 A, 2 - 12 Volt) für Objekte nicht allzu großen Ausmaßes verwenden. Stromzuführung mit kunststoffummantelter Kupferlitze von mindestens 2,5 mm Querschnitt und angeschraubten Batterieklemmen.

6.3. Nacharbeiten

Kerngalvanoplastisch hergestellte Überzüge werden von den Stromzuführungsdrähten abgetrennt und mit Bronzedraht-Rundbürsten am Kratzbock gekratzt. Sie bekommen entweder einen galvanischen Überzug, der dem Original entspricht, oder (und) sie werden gefärbt. Für Kupfer nimmt man dazu meist heiße Schwefelleberlösung.

6.3.1. Verstärken

Hohlgalvanoplastiken müssen über die galvanoplastisch niedergeschlagene Schicht hinaus häufig weiter verstärkt werden, wozu man weniger wertvolle Rohstoffe als Kupfer einsetzt.

Hintergießen

Schalenförmige Galvanos (Medaillen, Reliefs) hintergießt man mit Epoxidharz (EGK 19) oder mit Polyesterharz (Hobbyplast). Methacrylsäureester (Kalloplast) ist nicht geeignet. Er löst sich durch Hitzeeinwirkung (beim Polieren), durch Biegebeanspruchung (beim Kratzen) oder in Flüssigkeit (beim Weitergalvanisieren) von der Fläche ab.

Plastische Flächen streicht man mit Epoxidharzspachtel (Epasol) oder mit durch Füllstoff angedicktem Epoxidharz (EGK 19) aus.

Auslöten

Man benutzt das handelsübliche Stangenlötzinn (SnL 30 ... 50). Das Galvano muß so stark sein, daß es sich durch die Hitzeeinwirkung nicht verwirft oder verspannt; einige Erfahrung ist hier vonnöten.

Das Galvano bleibt in seiner Form und wird reichlich mit säurefreiem Lötwasser benetzt. Am besten gelingt das Auslöten mit einem regulierbaren Lötrohr, mit dem man die Fläche (nicht die Form!) und gleichzeitig das Lötzinn erhitzt. Nur so viel Wärme zuführen wie nötig ist, die Schmelze glattfließen zu lassen, die dann langsam abkühlen soll. Man kann auch mit einem Bunsenbrenner arbeiten, dessen Flamme sich aber nicht so gut richten und regulieren läßt. Ein LötKolben ist nur bei kleinen Objekten angebracht. Keinesfalls darf man ihn auf das Kupfer aufsetzen; die partielle Erhitzung würde das Galvano verziehen. Man läßt das Zinn abtropfen, taucht die Lötspitze ein und bringt es zum Verlaufen.

Rückseitig offene Galvanoplastiken werden nur ausgeschwemmt, ebenso Hohlkörper, Teile von Büsten und Plastiken. Einseitig dargestellte Münzen, Medaillen und Fibeln füllt man bis zum Rand.

6.3.2. Aussägen und Verschleifen

Der Leitrand wird nicht abgeschnitten - das ergibt Verwerfungen -, sondern mit einem feinen Metallsägeblatt im Sägebügel abgesägt. Glätten des Randes mit Schlüsselfeilen und Sandpapier feinsten Körnung. Auch Dentalschleifkörper entsprechender Form eignen sich gut, zum Glätten benutzt man dann Gummischleifkörper.

Das rückseitige Planschleifen, z. B. von Münzgalvanos, erleichtert man sich mit einer einfachen Handhabe: Entsprechend der Größe der Münze mit dem Forstnerbohrer ein flaches Loch in ein Holzklötzchen bohren, so tief wie das Galvano stark werden soll. Man legt die Münze hinein (wenn sie sehr profiliert ist, bettet man sie in ihrem Lager noch in Gips (Abb. 94)) und führt sie über einen flach ausgespannten Bogen Schleifpapier oder gegen eine rotierende Scheibe, welche mit Sandpapier bezogen ist. Solche Scheiben gibt es als Zusatzgerät zu Modellkreissägen usw.

Eine andere Möglichkeit ist, die Galvanoplastik auf ein Stück Siegellack aufzuschmelzen, das man gut fassen kann. Wegen der Hitzeentwicklung beim maschinellen Schleifen nur mit Vorsicht anwenden!

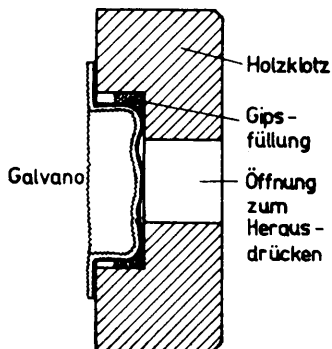


Abb. 94:

Handhabe zum Planschleifen

6.3.3. Montieren

Die ausgelöteten Teile gut auf Paßsitz bringen, mit Moldine oder mit Reagenzglas- oder Holzwäscheklammern fest aneinanderpassen, nur die Fuge mit Lötlwasser bestreichen und mit einem scharf angeschliffenen 60 Watt-Lötkolben zusammenschmelzen. Die sauber verputzten Zinnfugen müssen später im cyanidischen Kupferbad übergalvanisiert werden, in einem sauren Elektrolyten würden sie sich stumpf markieren.

Vorsicht, daß beim gleichzeitigen Hantieren mit sauren und cyanidischen Bädern kein Elektrolyt in den anderen Behälter gelangt! Entwicklung von Cyanwasserstoff (Blausäure)!

6.3.4. Galvanische Weiterbehandlung

Die Oberseite der Galvanoplastik wird unter dem Einfluß der Leitschicht ein mehr oder weniger unsauberes Aussehen haben. Siegellackreste vom Planschleifen entfernt man mit Spiritus, die Verunreinigungen vom Leitmittel mit einem Brei aus Wiener Kalk oder - wenn es die Oberflächenkonturen zulassen - durch Kratzen mit der rotierenden Messingdrahtbürste unter Seifenwurzellösung.

Die abschließende Oberflächenbehandlung geschieht nach den üblichen Verfahren der Galvanik und der Metallfärbung.

6.4. Herstellungsbeispiele

6.4.1. Kerngalvanoplastik



Abb. 95: Kerngalvanoplastik: Öllampe Original, Gipsabguß und galvanisierter Gipsabguß

6.4.2. Hohlgalvanoplastik

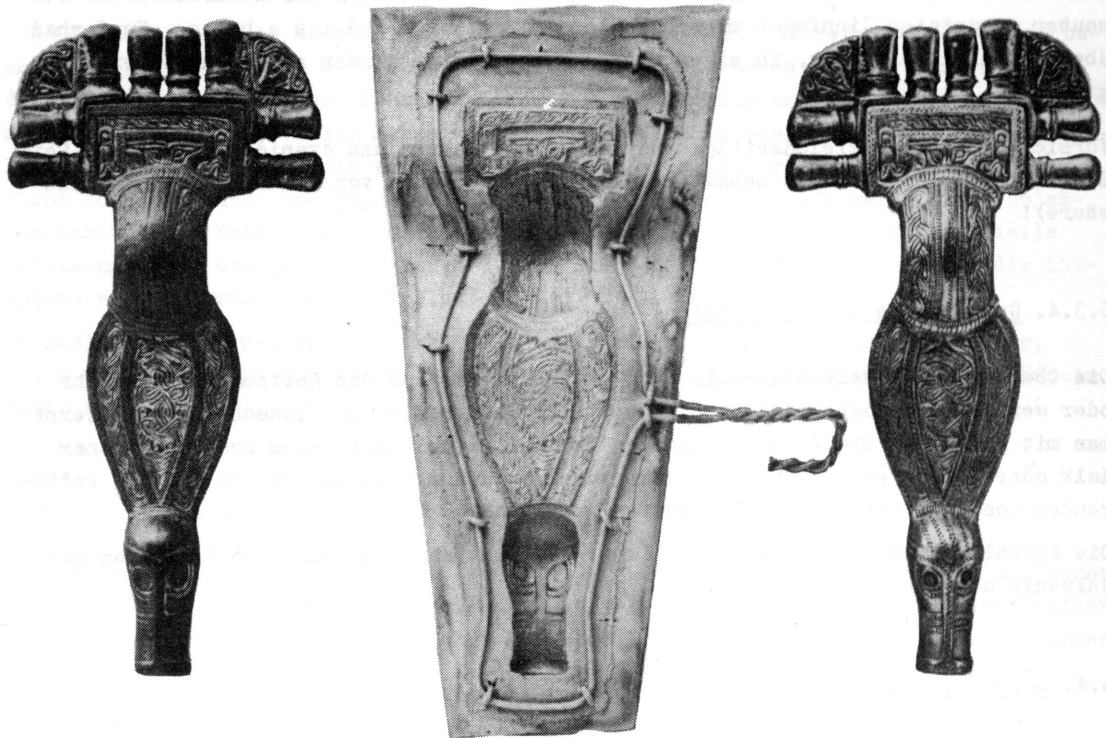


Abb. 96: Hohlgalvanoplastik: Originalfibel, ausgalvanisierte Kautschukform des Fibelkörpers und überarbeitete Galvanoplastik mit nachgegossenen Knöpfen

6.4.3. Minzgalvanoplastik

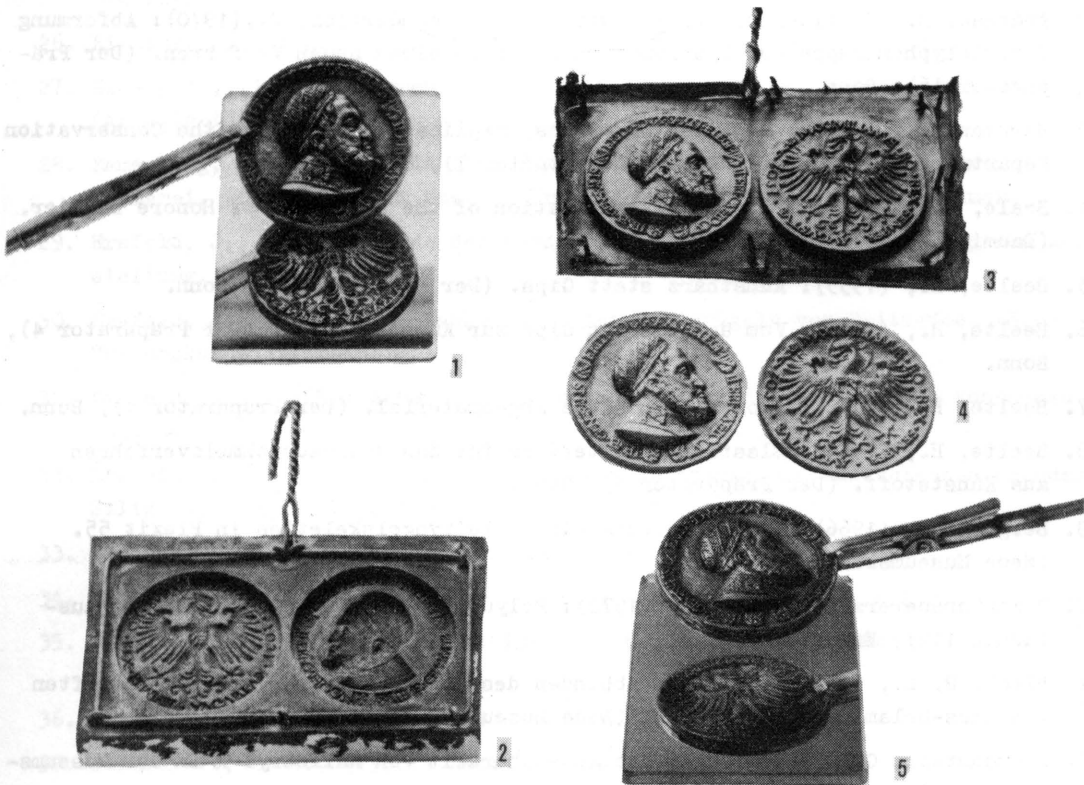


Abb. 97: Minzgalvanoplastik: Originalmünze (Rückseite im Spiegel), ausgalvanisierte Kautschukform der Vorder- und Rückseite, das der Form entnommene Galvano, Vorder- und Rückseite ausgeschnitten, beide Seiten zusammengelötet.

6.4.4. Vollplastisches Galvano

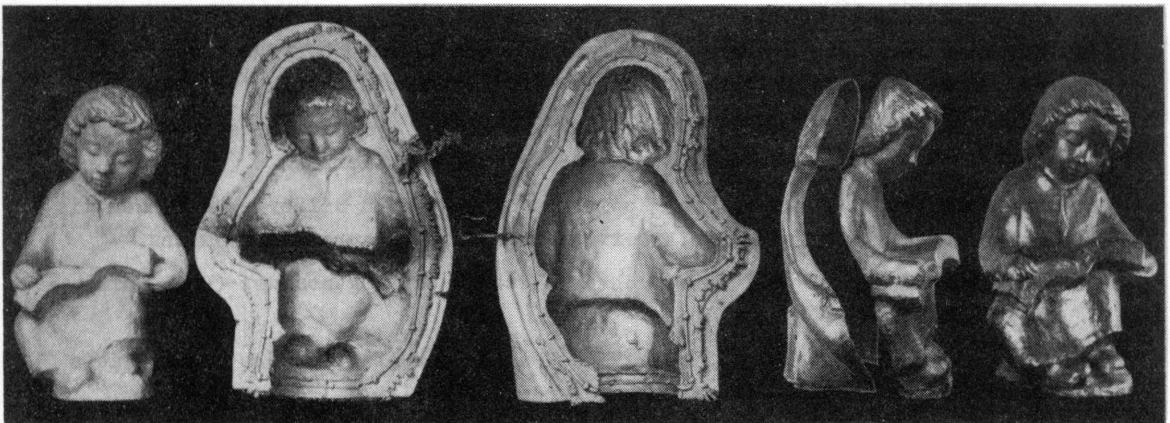


Abb. 98: Galvano einer Plastik: Original, ausgalvanisierte Formhälften, zum Zusammenlöten vorbereitete Vorder- und Rückseite, galvanoplastische Nachbildung

7. Literatur

1. Allendorf, H., (1958): Präzisionsgießverfahren mit Ausschmelzmodellen, Leipzig.
2. Andreae, B., Conticello, B., Schroeteler, H., Wunderlich, D., (1970): Abformung der Pholyphemgruppe von Sperlonga in GfK nach einem neuen Verfahren. (Der Präparator 16), Bonn.
3. Barkman, L., (1969): Replicas of relics; replica production at the Conservation Department of the Wasa Museum. (Wasastudier 7), Stockholm.
4. Beale, A., (1969): A technical examination of the sculpture of Honore Daumier. (Daumier sculpture), Cambridge, Mass.
5. Beelte, H., (1955): Kunstharz statt Gips. (Der Präparator 1), Bonn.
6. Beelte, H., (1958): Vom ägyptischen Gips zur Kunststoffform. (Der Präparator 4), Bonn.
7. Beelte, H., (1958): Stonex, ein neues Abgußmaterial. (Der Präparator 4), Bonn.
8. Beelte, H., (1959): Elastische Mutterform für das Wachsausschmelzverfahren aus Kunststoff. (Der Präparator 5), Bonn.
9. Berger, W., (1966): Die Einbettung eines Kleinvogelskelettes in Plexit 55. (Neue Museumskunde 9), Berlin.
10. Bezirksneuererzentrum Erfurt, (1972): Polyurethane. (NZ - Der Erfahrungsaustausch 112), Erfurt.
11. Bleck, R. D., (1966): Über das Abbinden des Gipses und über die Eigenschaften von Gips-Melaminharz-Gemischen. (Neue Museumskunde 9), Berlin.
12. Blumenstein, G., (1968): Über die Anwendbarkeit von Kallocryl R in der Museumstechnik. (Neue Museumskunde 11), Berlin.
13. Borchard, P., (1911): Papierabformung von Monumenten. (Z. f. Ethnologie 43), Berlin.
14. Breiner, E., (1958): Silikonkautschuk und Naftoflex. (Der Präparator 4), Bonn.
15. Brepohl, E., (1973): Theorie und Praxis des Goldschmieds. Leipzig.
16. Burkhard, E., (1960): Abformen mit flexibler Masse. (Neue Museumskunde 3), Leipzig.
17. Cassidy, M. W., (1964): Reinforced plastics - Casting and laying up in latex rubber molds. (Curator 7), New York.
18. Che Pang Fong, J., (1965): Die Verwendung von plastischen Kunststoffen bei der Herstellung biologischer Modelle. (Z. f. Museumstechnik 11), Bonn.
19. Chocholoušek, V., (1965): Anfertigung von Kopien der Sammlungsgegenstände mit Hilfe der Paraffinmethode. (Neue Museumskunde 12), Berlin.
20. Chocholoušek, V., (1971): Das Kopieren von Gold- und Silbergegenständen mit einer keramischen Methode. (Arbeitsblätter für Restauratoren), Mainz.
21. Coghlan, H. H., (1968): A note on prehistoric casting moulds, (Bull. Hist. Metall. Group 2), London.
22. Cott, J., Schrader, K., (1966): Eine Methode zum Abformen des Innenreliefs menschlicher Schädel. (Neue Museumskunde 9), Berlin.
23. Csanády, G., Vágás, E., (1963): Museologische Einbettung empfindlicher biologischer Präparate in Polyester-Kunstharz. (Mikroskopie 18), Wien.

24. Deutsche Akademie der Künste, (1951): Entstehung einer Plastik, Berlin.
25. Duca, A., (1963): Castings as an art. (Materials in Design Engineering 58), New York.
26. Eichler, W., (1966): Mach alles mit Silikon! (Jugend und Technik), Berlin.
27. Elmer, J., (1973): Abformungen von Felszeichnungen auf Carschenna (Schweiz). (Arbeitsblätter f. Restauratoren), Mainz.
28. Emmerling, J., (1962): Die Entwicklung und die Techniken der Gießerei und Formerei. (Manuskript im Mus. f. Ur- und Frühg. Thür. Weimar), Weimar.
29. Ersfeld, J., (1954): Funde der Vorzeit, ihre Bergung, Konservierung und Ausstellung. Weimar.
30. Ersfeld, J., (1960): Zur Nachbildung des Steigbügels von Pritzerbe. (Neue Museumskunde 3), Leipzig.
31. Ersfeld, J., (1965): Arbeitshilfen beim Formen und Gießen. (Neue Museumskunde 8), Berlin.
32. Ersfeld, J., (1967): Erfahrungen bei der Abformung mit kaltvulkanisierendem Silikonkautschuk. (Plaste und Kautschuk 14), Leipzig.
33. Fischer, A., (1951): Das Formen und Gießen. Leipzig.
34. Fendler, R., (1955): Eine neue flexible Ausgußmasse. (Der Präparator 1), Bonn.
35. Forde-Johnston, J. L., (1955): The use of rubber latex. (Museums Journal 55), London.
36. Fritz, E., (1955): Die Zahntechnik. Halle.
37. Fuehrer v., O. F., (1958): Latex in der Museumstechnik. (Z. f. Museumstechnik 4), Bonn.
38. Gall, W., (1967): Getreide- und Fruchtkornabdrücke an urgeschichtlichen Tongefäßen und an Hüttenlehm. (Neue Museumskunde 10), Berlin.
39. Gebhard, M., (1967): Die Anwendung von PVC-Knetmasse in der Skelettechnik. (Neue Museumskunde 2), Berlin.
40. Geersdaele van, P. C., (1969): Moulding the impression of the Sutton Hoo Ship. (Studies in Conservation 14), London.
41. Geersdaele van, P. C., (1970): Making the fibre glass replica of the Sutton Hoo Ship impression. (Studies in Conservation 15), London.
42. Goell, K., (1955): A modern archaeological method: recording inscriptions in rubber latex. (Illustrated London News 227), London.
43. Götze, A., (1913): Die Technik gegossener Bronzeketten. (Montelio septuagenario dedicata. Montelius-Festschrift), Stockholm.
44. Green, W., (1966): Classic Maya rubbings. (Expedition, The Bulletin of the University Museum 9), Pennsylvania.
45. Hähnel, W., (1965): PVC als Abform- und Modelliermasse. (Z. f. Museumstechnik 11), Bonn.
46. Heintz, N., (1963): Casting Dinosaur footprints at Spitzbergen. (Curator 6), New York.
47. Helmeth, S., (1961): Die Eigenschaften von kaltvulkanisierten Siloprenpasten und ihre Verarbeitung zur Herstellung elastischer Formen. (Der Präparator 7), Bonn.
48. Hoffmann, J., (1966): Siegelnachbildungen. (Der Archivar 19), Düsseldorf.

49. Hübener, E., (1881): Über mechanische Kopien von Inschriften, Berlin.
50. Hussong, L., Wihr, R., (1954/1955): Ein wichtiger Fortschritt im Nachbilden und Ergänzten antiker Gläser. (Trierer Zeitschrift 23), Trier.
51. Istudor, I., (1964): Eine Methode zur Herstellung von Reliefnachbildungen aus verschiedenen Materialien. (Revista muzeelor), Bukarest.
52. Jacob, H., (1962): The new British Museum replicas. (Museums Journal 62), London.
53. Jacobi, H., (1840): Die Galvanoplastik oder das Verfahren, kohärentes Kupfer in Platten oder nach sonst gegebenen Formen aus Kupferauflösungen, auf galvanischem Wege zu produzieren, Berlin.
54. Jakubaschk, H., (1966): Gießharztechnik in der Amateurpraxis, Berlin.
55. Jockisch, H., (1970): Naturlatex und Polyurethan-Schäume als Abformungsmaterialien. (Arbeitsblätter f. Restauratoren), Mainz.
56. Kampa, E., (1966): Erfahrungen bei der Herstellung von Negativformen und Positivgüssen von Fossilien. (Der Präparator 12), Bonn.
57. Karl, F. W., (1969): Abrollungen von reliefiertem Dekor an Gefäßkörpern. (Arbeitsblätter f. Restauratoren), Mainz.
58. Katte, W., Hadersdorfer, H., (1953): Versilberung von Kollodiumhäutchen, ein Verfahren zur Identifizierung abgeformter Geschoßoberflächen, Hamburg.
59. Katte, W., Hadersdorfer, H., (1955): Neue Anwendungsgebiete der Fixierung von Schartenspuren mit Hilfe versilberter Kollodiumhäutchen, Lübeck.
60. Ladenbauer-Orel, H., (1965): Restaurierung und Abgießen von Bodenfunden. (Kunstjahrbuch der Stadt Linz), Linz.
61. Lange-Richter, R., (1965): Keine Chance für Polystyrol? (Jugend und Technik), Berlin.
62. Lange, W., (1965): Formtrennmittel und Probleme der Entformung von GFP-Teilen. (Plaste und Kautschuk 12), Leipzig.
63. Larfeld, W., (1914): Griechische Epigraphik. (Handbuch klass. Altertumswiss.), München.
64. Lehočzky, L., (1972): Möglichkeiten zur Rekonstruktion verformter oder zerstörter Gegenstände. (Arbeitsblätter f. Restauratoren), Mainz.
65. Letz, J., (1970): Die Gipsabgüsse des archäologischen Institutes der Universität Heidelberg und deren Behandlung. (Der Präparator 11), Bonn.
66. Lippmann, G., (1960): Textilglas zur Verstärkung von Gips. (Der Präparator 6), Bonn.
67. Mackay, P. D., (1969): Plastic embedding and casting. (Art Galleries und Museums Association Bulletin 10), Australien.
68. Meril, S., Wihr, R., (1969): Abrollungen in Revultex MR. (Arbeitsblätter f. Restauratoren), Mainz.
69. Miel, G., (1965): Modellbootkörper aus kalthärtendem Epoxidharz und Glas-seide (Modellbau und Basteln 2), Berlin.
70. Monsen, L., (1966): More about plastic-casting. (Museumsnytt 15), Oslo.
71. Neostupny, J., (1952): Nový způsob doplnování Keramiky a váni predmetu, Prag.
72. Neumann, G., (1940): Vorgeschichtliche Gußformen aus Thüringen im Germanischen Museum Jena. (Mannus 32), Leipzig.

73. Nimmo, B. A. F., Prescott, A. G., (1968): Moulding, casting and elektrotyping. (Museums and Monuments 11), Paris.
74. N. N., (1955): Method of internal casting of scull in latex. (Quarterly new letters by Agma), Sydney.
75. Oddy, W. A., Geersdaele van, P. C., (1972): The recovery of the graveny boat. (Studies in Conservation 17), London.
76. Oldeberg, A., (1942; 1943): Metalltechnik under Förhistorisk Tid I, II, Lund.
77. Otto, K. H., (1965): Mechanische Reproduktionen von Inschriften und Felsbildern durch Latexabklatsche. (Ethnogr.-Archäol. Z. 6), Berlin.
78. Pandya, S., Bhowmik, S. K., (1969): A new material and the way of using it for the preparation of moulds and replicas of snakes, certain reptiles and objekts of art. (Bulletin of the Baroda Museum and Picture Gallery 21), Baroda.
79. Pape, H., (1962): Die Herstellung von Fischmodellen für die Schausammlung. (Der Präparator 9), Bonn.
80. Pasternak, M., (1972): Fachkunde für Former und Gießer, Leipzig.
81. Petermann, R., (1961): Herstellung von naturgetreuen Plastogenausgüssen aus Formalose-Formen. (Der Präparator 7), Bonn.
82. Petermann, R., (1969): Nachbildung antiker Gläser. (Arbeitsblätter f. Restauratoren), Mainz.
83. Petermann, R., (1969): Herstellung von Kunstharzgüssen aus Gipsformen. (Arbeitsblätter f. Restauratoren), Mainz.
84. Petermann, R., (1972): Abformtechniken am Römisch-Germanischen Zentralmuseum. (Arbeitsblätter f. Restauratoren), Mainz.
85. Petermann, R., (1974): Abformung von Großreliefs mit Silikonkautschuk oder Revultex und Baustahlgewebe. (Arbeitsblätter f. Restauratoren), Mainz.
86. Pietsch, E., (1963): Altamira und die Urgeschichte der chemischen Technologie, München.
87. Pleiner, R., Frydryn, S., (1962): Modelle aus Kunstharz und die Bedeutung des Modelles in der Archäologie. (Archeologické rozhledy 14), Prag.
88. Poller, A., (o. J.): Kurze Anleitung zum Abformen mit Negocoll, Hominit und Celerit. (Als maschinenschr. Vorabdruck im Museum für Ur- und Frühgeschichte Thüringens), Weimar.
89. Prichett, W. K., (1952, 1953): Liquid rubber for Greek epigraphy. (American Journal of Archeology 56-57), Princeton.
90. Reichert, R., Seyffarth, K., (1958): Fischnachbildungen und ihre Darstellung. (Neue Museumskunde 1), Halle.
91. Raap, F., (1960): Über die Anfertigung eines Gummi-Kork-Modelles. (Der Präparator 6), Bonn.
92. Rachlin, C. K., (1955): The rubber mould technique for the study of textile-impressed pottery. (American Antiquity 20), Salt Lake City.
93. Rau, R., (1955): Abformen von Naturkörpern mit Latex-Gummi. (Natur u. Volk), Frankfurt/Main.
94. Rau, R., (1958): Naturgetreue Abgüsse durch elastische Formen. (Die Umschau), Frankfurt/Main.
95. Reinach, S., (1885): Instruktionen pour la recherche des antiquités en Tunisie adressées aux officiers de la division d'occupation, Paris.

96. Reinach, S., (1885): *Traité d'epigraphie Greque*, Paris.
97. Reuther, H., Reichel, G., (1965): *Versuche zur wasserabweisenden Imprägnierung von Gips. (Plaste u. Kautschuk 12)*, Leipzig.
98. Richter, G. M. H., (1958): *Ancient plaster casts of Greek metalware. (American Journal of Archeology 62)*, Princeton.
99. Rixon, A. E., Meade, M. J., (1960): *Glass fibre resin casts of fossils. (Palaeontologie 3)*, Oxford.
100. Rohner, J. R., (1968): *Nachbildung einer antiken griechischen Münze. (Museum News 46)*, Washington.
101. Schmidt, A., (1936): *Steinerne Nachgüsse mit I.G.-Wachsen, Igelith und Härten von Gipsnachgüssen. (Museumskunde)*, Berlin.
102. Schmieja, E., (1963): *Weitere Erfahrungen bei der Verwendung von Formalose als Negativ-Formmaterial. (Der Präparator 9)*, Bonn.
103. Schönemann, H.-O., (1958): *Elastische Abgußformen aus kaltvulkanisiertem Silikonkautschuk. (Mitt. f. d. Archivpflege in Bayern, Sonderh. 1)*, München.
104. Schollenberger, H., Selzer, W., Wihr, R., (1969): *Naturlatex und Polyurethanschäume als Abformungs-Materialien. (Arbeitsblätter f. Restauratoren)*, Mainz.
105. Schroeteler, H., (1971): *Abformung der Polyphemgruppe in glasfaserverstärktem Kunststoff (G. f. K.) nach einem neuen Verfahren. (Arbeitsblätter f. Restauratoren)*, Mainz.
106. Schultz, B. K., (1926, 1927): *Ein neues Abformverfahren im Dienste der Anthropologie, Ethnographie und Prähistorik. (Mitt. d. Anthrop. Ges. 57)*, Wien.
107. Schurig, H., (1958): *Vernetztes Kunstwachs als gießbarer Werkstoff. (Der Präparator 4)*, Bonn.
108. Smirnov, P. I., Sher, J. A., (1965): *Verwendung polymerisierender Kunststoffe zur Nachbildung von Felszeichnungen. (Sovietskaja arkheologija)*, Moskau.
109. Specht, W., Nickenig, A., (1956): *Neues Verfahren zur Abformung und Lesbarmachung von Schriftzeichen auf Grabungsfunden. (Ber. d. Bayer. Landesamts f. Denkmalpflege 1955)*, München.
110. Szalay, Z., Koncsanszky, G., (1970): *Kopieherstellung von alten Wachssiegeln. (Muzeumi Mitargyvédelem 1)*, Budapest.
111. Takko, O., (1942): *Eine neue Methode zur Abbildung der Geschoßmängel. (Archiv f. Kriminologie)*, Lübeck.
112. Timpel, I., (1959): *Erfahrungen mit der Hermanit-Cefa-Masse beim Abformen steinähnlicher Objekte. (Neue Museumskunde 2)*, Halle.
113. Toepfer, V., (1937): *Ein Frauengrab der Hügelgräberbronzezeit von Bliedersstedt/Thür. (Germania 21)*, Berlin.
114. Tschakert, F., (1958): *Das Einbetten in Polyesterharze. (Der Präparator 4)*, Bonn.
115. Tschakert, F., (1958): *Gesundheitsschäden und Gesundheitsschutz beim Arbeiten mit Polyesterharzen, Reagenzien und Lebensmitteln. (Der Präparator 4)*, Bonn.
116. Uhlenhut, E., (1928): *Vollständige Anleitung zum Formen und Gießen. (Chem.-techn. Bibliothek 49)*, Wien/Leipzig.
117. Vollenweider, M.-L., (1959): *Über das Abgießen von Münzen und geschnittenen Steinen. (Wiss. Abhandl. d. Deutschen Numismatikertages in Göttingen 1951)*, Göttingen.

118. Voss, K. W., (o. J.): Eingießtechnik mit Polyester, Uetersen.
119. Vultée v., J., (1956): Die Verwendbarkeit von Silikonkautschuk als Abdruckmittel von Gemmen. (Deutsche Goldschmiedezeitung 54), Stuttgart.
120. Waih, F., (1957): Die Ausformung prähistorischer Abdrücke von Getreide- und Samenkörnern mittels Latex. (Der Präparator 3), Bonn.
121. Walter, O., (1914, 1915): Einiges über das Gießen von Bronze in steinernen Gießformen. (Mitt. d. Ver. f. Heimatkunde d. Kr. Lebus in Müncheberg), Frankfurt/Oder.
122. Wihr, R., (1957): Ergänzungen und Abgüsse antiker Hohlgläser. (Deutsche Kunst- u. Denkmalpflege), München/Berlin.
123. Wihr, R., (1959): Die Quellung von natürlichen und synthetischen Kautschukformen. (Der Präparator 5), Bonn.
124. Wihr, R., (1959): Silikon- und Polysulfidkautschuk. (Der Präparator 5), Bonn.
125. Wihr, R., (1960): Neue Anwendungsmöglichkeiten von Latexkonzentraten. (Der Präparator 6), Bonn.
126. Wihr, R., (1960): Die Portlandvase und das Trierer Diatretglas. (Der Präparator 6), Bonn.
127. Wihr, R., (1962): Galvanoplastische Nachbildung eines La-tène-zeitlichen bronzenen Siebgefäßes. (Der Präparator 8), Bonn.
128. Wihr, R., (1963): Zur Abformung großer Objekte mittels Latexkonzentraten. (Der Präparator 9), Bonn.
129. Wihr, R., (1963): Zur Ergänzung und Nachbildung antiker Gläser. (Annales du 2nd Congrès des "Journées Internationales du Verre"), Liège.
130. Wihr, R., (1968): Möglichkeiten der Restaurierung und Nachbildung antiker Gläser mittels gießbarer Kunststoffe. (Arbeitsblätter f. Restauratoren), Mainz.
131. Wilcke, H., (1981): Stuck- und Gipsarbeiten, Berlin.
132. Willet, F., (1954): The study of engravings with the help of rubber latex. (Man 54), London.
133. Witchard, R. S., (1957): The casting of human hands. (Art Galleries and Museums Association Bulletin 10), Australien.

Nachtrag zur 2. und 3. Auflage

- 15a. Bull, R., (1977): Buch vom Wachs, München.
- 17a. Chaney, Ch., Skee, S., (1973): Plaster mold and model making, New York.
- 32a. Faltermeyer, K., (1984): Technik der Nachbildung durch Abgießen, Applikationschrift der CIBA-GEIGY, Schweiz.
- 55a. Kalberg, G., (1978): Polyurethane in der Museumstechnik Teil 1. (Neue Museumskunde 21), Berlin.
- 55b. Kalberg, G., (1979): Polyurethane in der Museumstechnik Teil 2. (Neue Museumskunde 22), Berlin.
- 56a. Karl, H., (1987): Bericht über die Restaurierung eines silbernen Weihrauchfassens aus der Zeit um 1600 (Arbeitsblätter für Restauratoren), Mainz.
- 66a. Ludeck, W., (1985): Handbuch der Kleb-, Gieß- und Laminieretechnik, Leipzig.
- 89a. Raab, R., (1982): Erfahrungen mit neuen Silicon- bzw. m-Polymerabformmassen (Arbeitsblätter für Restauratoren), Mainz.
- 107a. Schwappach, F., (1979): Techniques for recording archaeological finds of pottery and metalwork with stamped or incised decoration. (The archaeological advertiser), Bad Bramstedt.

8. Sachregister

- Abbindezeiten beeinflussen 77
Abdruckpaste 55
Abdrücke 64
Abformen f. Galvanoplastik 89, 90
Abguß 10
Abklatsche 68
Abmeißeln der Gipsform 63, 74
Abreibungen 69
Abrollungen 64
Abzüge v. Inschriften 66
Aceton, entfetten mit 39
- z. Verdünnung v. Thioplasten 56
AERO 46, 78
Agar-Agar 53
Alabastergips 77
Alaungerbung 44
Alginat 43, 52, 53
- Aufgießtemperatur 52
- Konsistenz 52
- Schrumpungsverhalten 52
Alkohol z. Entfetten v. Wachsmodellen 39
- z. Verbesserung d. Benetzbarkeit v. Kautschuk 55
Alterungsbeständigkeit v. Thioplasten 56
Alufolie z. Schutz d. Originals 27, 41, 45
Anoden 95
Anschnitte 38, 79
Araldit 78
Architekturmodelle 84
Aufgießtemperatur v. Kunststoffen 52
Ausdrücken v. Formen 83
Ausformen v. Hohlräumen 70, 71
Ausformmaterial 77
Aushärten v. PVC 84
Aushärtezeiten 77
Auslöten v. Galvanos 98
Aussägen v. Galvanos 98
Ausschäumen 85
Ausschmelzen d. Wachsmodells 37
Ausschmelzmodelle 39
Auswalzen v. Tonstreifen 46

bautechnische Modelle 85
Bärlappsamen 23
Beeinflussung der Abbindezeit 77
Benetzung verbessern 39
Benzin als Quellmittel 76, 86
Benzinoform z. Formentfettung 63
Benzen als Dispergiermittel 55
Beschichtung v. Formen 82

Bewegung des Elektrolyten 97
Bildgießerei 29, 37
bildstratigraphische Einzelheiten fixieren 67
Bohnerwachs als Trennmittel 78
Buddhafigur abformen 58
Bunalatex 53
Büste, Abformen einer 32
Butadien-Styren-Polymerisate 53

Calzinat 53
- Handabformung mit 56
- Schädelinnenausgüsse mit 73
Jellini 37
Celluloseacetat 78
Chlorierte Kohlenwasserstoffe 56
Circ-perdue 37
Cuponringe 58

Dauerformen in Kautschuk 61
Dentaloc 77
Dicyandiamid 83
Dispersion, Siliconkautschuk als 55
Dolakol 55
Druckluft z. Entformen 45
dünnchalige Abdrücke 83
Dynamischer Guß 80

Einbrennen v. Poliersilber u. Gold 76
Eingußkanal 18, 36
Eingußkegel 18, 19
Eingußtemperaturen 77
Einkerbungen sichtbar machen 64
Eisenoxid, Zusatz z. Kautschuk 55
Eisenstauffagen 86
Elastische Formen 41
Elektrolytbewegung 27
Elektrolyt f. Galvanoplastik 86, 87
Elektrolytkupfer f. Anoden 95
Entformen mittels Druckluft 45
Entlüftungsböhrung 51
Epilox 78
Epiloxabguß 58
Epoxidharz 77, 78
Epoxidharzausguß 36
Epoxidharz, z. Verstärken v. Galvanos 97
- Verträglichkeit m. Kunststoffen 52
Erstarmpunkt 77
Ethylsilicat 39
exotherme Gießmassen i. Leimformen 45
exotherme Temperaturen 77

radenlegen,
 - beim Gesichtsabguß 61
 - beim Handabguß 56
 Fallguß 79
 Fayenzemasse 76
 Felsbilder, mit Latex aufnehmen 66
 Feinguß 39
 Festigen v. Gips 16, 87
 - v. Leimformen 44
 Fibelgalvanoplastik 100
 Figürliche Darstellungen 37
 Filme z. Isolation 78
 Fliehkraft beim Ausgießen 81
 Formanschnitt 79
 Formarten 10
 Formbehälter 58
 Formblase 72
 Formen ausdrücken 83
 - ausgießen 76
 - beschichten 82
 Formen, Einteilung 10
 - Entwicklung der Techniken 8
 - flexible 41, 43
 Formen, f. Galvanoplastik 89, 90
 - Herdformen 11
 - kombinierte 60
 - aus Kunststoff 51, 56
 - aus Lehm 39
 - aus Leim 42
 - starre 11
 - verdeckte 17
 - aus Wachs 36
 Formkanten 29
 Formkasten 21, 39
 Formlehm 39
 Formmassen 42
 Formrahmen 58, 60
 Formschlösser 25
 Formstärke 32
 Formtechniken 8
 Formteile befestigen 30
 Frauenstatuette in Epilox 58
 Fruchtkornabdrücke 71
 Füllstoff 77

 Galvanoplastik 88 ff.
 Gefäßabguß 30
 Gelatine 42, 43
 Geiseltallack 73
 Geologische Modelle 84
 Gerben v. Leim 44
 Gesichtsmasken 61

 Gips, 77
 - Abbindezeit beeinflussen 77
 - Abguß übergalvanisieren 99
 - Abmeißeln 74
 - anrühren 15, 80
 - aufgießen 15
 - z. Aufstellung im Freien 87
 - festigen 13, 16, 87
 - Handelstypen 77
 - Handhaben 46
 - rütteln 82
 - spritzen 84
 - Verträglichkeit m. Kunststoffen 52
 Gipsbüste abformen 32
 Gipsformen f. Galvanoplastik 89, 91
 Gipsformen graphitieren 94
 Gipskappe 41
 - abheben 45
 Gipsschlösser 25
 Gießen 9
 Gießmaschinen 90
 Gieß- u. Ausformtechniken 76
 glasige Oberfläche 83
 Glasseidengewebe 88
 Gleichrichter 97
 Glockenguß 29
 Glutinleim 42, 43
 Goldbronzepulver 94
 Grabsteinabguß 36
 Grabstelen 69
 Graphitisolierung 55, 79
 Graphit z. Leitendmachen 93
 Gravuren 66
 großfigürliche Darstellungen 36
 großflächige Inschriften 66
 Gummiringe 21, 48, 58
 Guß á Cire perdue 37
 Guß, dynamischer 80
 - fallender 79
 - Hohlguß
 - Rüttelguß 81
 - steigender 79
 Gußkegel 18, 19
 Gußkönig am Wachsmo­dell 40
 Gußtrichter 38

 Härtemittel f. Gips 16, 87
 Handabformung 56
 Handelstypen Gips 77
 Handhabe f. Gipskappen 46
 - z. Planschleifen 98
 Handschleuder 80
 Harnstoff f. Ausschmelzmodelle 39

Hartschaumstoff 78
 Hartwachs 78
 Henkel abformen 32
 Herabsetzen d. Schwundes b. Kautschuk 55
 Herdform, 11
 - Herstellungsablauf 15
 - Möglichkeiten d. Herstellung 13
 Herdguß, verdeckter 21
 Hintergießen v. Galvanos 97
 Hobby-Plast 78
 Hohlgalvanoplastik 88, 100
 Hohlguß 37, 79
 Hohlräume ausformen 70, 71
 Holzkohleneinschlüsse ausformen 71
 homogene Abgüsse 79
 Hitzebeständigkeit, Erhöhung b. Kautschuk 55

 Infrarotstrahler z. Aushärten v. PVC 8
 - z. Formtrocknen 57
 - z. Modellerwärmung 54
 Innenausformung v. Schädeln 73
 Inschriften, Latexabzüge von 66
 Isolieren, vor Ausgüssen 78
 - v. Gips 14
 - v. Lein 44
 - vor Metallausguß 21
 - vor Schwefelguß 16
 Isoliermittel 14
 Isolierschema 14

 Japanpapier 69

 Kalloplast R 50, 78
 Kappen 29
 - abheben 45
 Kappenbau 30
 Kaschierleinen 88
 Kautschuk, 53
 - Benetzbarkeit verbessern 55
 - Dauerformen 61
 - Dispersion 55
 - Herabsetzen d. Schwundes 55
 - Streckungsmittel für 55
 - Stromzuführung f. Galvanos 92
 - quellen 76, 86
 Kautschukform, 58
 - f. Galvanos 55, 90
 - graphitieren 94
 Keilform 28
 Kerngalvanoplastik 88, 99
 Kern 23, 37, 38, 71
 Kernformen 23
 Kernhalter 37, 38
 Kernhaltung 23
 Kernmarken 23
 Kernstützen 37, 38
 Klappform 22
 - Herstellung 27
 Kleben v. PVC 83
 Kleinplastiken 37
 Kollodiumhäutchen 64
 - versilbern 65
 kombinierte Formen 60
 Kriechfähigkeit 15
 kunstgewerbliche Gegenstände 37
 Kunstharzlack als Trennmittel 54
 Kunststoffabguß 58
 - f. Ausschmelzmodelle 39
 Kunststoffformen 51
 - Herstellung 56
 Kunststoffmaterialien 52, 78
 - Schrumpfungsverhalten 52
 - Verträglichkeit m. anderen K. 52
 Kupfergalvanoplastik 95
 Kupfersalz-Elektrolyt 96
 Kupferschliff 55, 94

 Landschaftsmodelle 84
 Lanzenspitze nachgießen 27
 Latex, 52, 53
 - Abzüge v. Inschriften 66
 - Ausformungen im Stein 71
 - Konsistenz 52
 - Schrumpfungsverhalten 52
 - Verträglichkeit m. Abgußmaterialien 52
 - Quellung 54, 85
 Latexkonzentrat f. Wappenabformung 57
 Lebendmaske 61
 Lehm 11, 37, 39
 Leim 43
 - ansetzen 44
 - isolieren 44
 - m. Kunststoff ausgießen 50
 Leimform 42
 - Herstellung 45
 Leimkocher 44
 Leimprobe 44
 Leimzusätze 44
 Leinölfirnis z. Festigen 13
 Leitendmachen v. Formen 93, 94
 Leitlack 94
 Leitschicht 93
 Leitsilberpulver 55
 Lesbarmachen v. Ritzungen 64
 Letternmetall 77

Ligament VHW-Kleber 74
 Lötzinn als Gußmetall 58, 77
 - z. Verstärken v. Galvanos 98
 Luftblasen, Mängel durch 18
 - Austrittslöcher f. 42
 - entfernen 15
 Luftpfeifen 17, 20, 38
 Luftstücke 58
 Luftstechen 23
 Lunkern 18

 Magermilch z. Oberflächenbehandlung 64
 magnetische Spannplatten als Formkästen 58
 Masken v. Lebenden u. v. Toten 61
 Massenherstellung 23, 39
 - in Thioplastform 60
 Material f. Ausformungen 77
 Materialreservoir 18, 20
 Matrize 10, 39
 mechanische Reproduktionen 64
 Melamin-Formaldehydharz z. Gipsfestigen 87
 Meißelhandhabung b. Gipsabschlagen 63
 Metallabguß 58
 metallähnliche Abdrücke 83
 Metallbäume 94
 Metallguß in Ägypten 7
 metallisierte Münzkopien 76
 Metallknospen 94
 Metallkopien, galvanoplastische 89
 Metallnachguß 39
 Metallpulver, z. Leitendmachen 94
 Metallverträglichkeit m. Kunststoffen 52
 Methacrylsäureester, 77, 78
 - Abbindezeit beeinflussen 77
 - in Leinformen gießen 50
 - Verträglichkeit m. Kunststoffen 52
Methyl-Siliconöl 55
 Mischen d. Thioplastkomponenten 55
 Mischtemperatur f. Thioplaste 56
 Modellausschmelzverfahren 8, 9, 39
 Modelle, bautechnische 85
 Modellbäume 39
 Modellgips 77
 Modeln ausdrücken 83
 Modellhärter LAM 74, 87
 Modelliermasse 78, 84
 Modellreinigung 15
 Modelltrauben 39
 Moldine 58
 Montieren v. Galvanos 99
 Münzgalvanoplastik 101
 Münzkopien, metallisierte 76
 Mutterform 10, 39

 Nacharbeiten am Galvano 97
 Nachbildungen, galvanoplastische 88
 Nachgüsse in Wachs 39
 Nadelköpfe über Schäfte gießen 40
 Nahtlose Abformung 39
 Naftoflex 55, 71
 Naturkautschuk 53
 Negocoll 53
 Netzmittel 68, 84
 Niederschlagsblenden 94

 Ofenplattenguß 12
 Öffnungen umformen 32
 Ölbad f. Schmelzmasse 54
 Öle als Isoliermittel 78
 Oxidbildung beim Guß 79

 Palatinol 83
 Papierabklatsch 68
 Papiermaché 68
 Papierröllchen (Lufttröhrchen) 61
 Paraffin als Formträger 35
 Paraffinöl als Isoliermittel 78
 Pastenviskosität v. Kautschuk 54
 Paßsitz durch Gipsschlösser 25
 Patrizie 10
 Perlon z. Versteifen 84
 permanentmagnetische Spannplatte 58
 Petroleum als Quellmittel 76, 85
 Pferdchenform in Thioplast 60
 Pflanzeneinschlüsse abformen 71
 Piaflex 40 (Trennlack) 54
 Planschleifen v. Galvanos 98
 Plastilin-Einbettmittel 54
 Plastik-Galvano 101
 Plastiken in Sand formen 24
 Poliergold 76
 Poliersilber 76
 Poller'sches Verfahren 53
 Polyester
 - Ausguß 36
 - Harz 77, 78
 - Schaumharz 85
 - z. Verstärken v. Galvanos 97
 - Verträglichkeit m. Kunststoffen 52
Polyethylenöl 78
 Polymethylmethacrylatausguß 36
Polystyren f. Ausschmelzmodelle 39
Polystyrenschaumstoff 85
 Polysulfidhaltige Kunststoffe 55
 Polyurethan 78, 85
 Polyvinylalkohol 78
 Polyvinylchlorid 78, 83
 - aushärten 84

Positiv 42
 Präzisionsguß 8, 39
 Protol 77
 PVC, Abgußmaterial 77, 78, 83
 - Aushärtung 84
 - Kleben 83
 - Verträglichkeit m. Kunststoffen 52

 Quarzmehl 39
 Quarzsand, Zusatz z. Kautschuk 55
 Quellen v. Kautschuk 76, 86
 Quetschform 26
 - f. Münzkopien 76

 Randknospen 97
 Reinigen d. Modells 15
 Reiterdenkmal, Rohguß 38
 Reliefs durch Gips-spritzen 84
 Reproduktionen, mechanische 64
 Retuschen 63
 Ritzungen lesbar machen 64
 Rodemoll 83
 Rohguß eines Reiterdenkmals 38
 Rubbings 69
 Rus, in Polysulfidkautschuk 55
 - als Isoliermittel 79
 Mittelguß 81
 Mitteltisch 81, 82

 Sandform 23
 - mit Kern 24
 Schädelabformung 45
 Schloßinnenausformung 73
 Schalenform 22
 Schartenbilder 64
 Schaumharz 77, 78, 85
 Schellacklösung 16
 Schieferform 26
 Schleuderguß 80
 Schlieren vermeiden 39
 Schlüsser 25
 Schlußstück 30
 Schmelzmasse 43, 52, 54
 - als Form f. Epiloxabguß 56
 - z. Innenausformung v. Schädeln 73
 Schnellgalvanoplastikbad 96
 Schrumpungsverhalten v. Kunststoffen 52
 Schutz d. Originals 27, 41
 Schwefelgußmasse 16
 Schwefelleberpatina 76, 97
 Schwenkguß 79
 Schwerkraftguß 79
 Seifenlösung 15

 Sichelform 21
 Siegelabdruck, vergrößerter 86
 Silbernitratlösung, z. Leitendmachen 94
 Silberpulver 94
 Siliconkautschuk 43, 52
 - Aufgießtemperatur 52
 - Dauerformen 61
 - Dispersion 55
 - Form einer Buddhafigur 58
 - Formen f. Galvanos 55, 90
 - Formen graphitieren 93
 - Herabsetzen des Schwundes 55
 - Schrumpungsverhalten 52
 - Streichpaste 57
 - Stromzuleitung f. Galvanos 92
 - Verbesserung d. Benetzbarkeit 55
 - Verträglichkeit m. Abgußmaterial 52
 - Quellen 76, 85
 Siliconöl 78
 Siliconspray 55
 Siliciumorganische Verbindungen 54
 Spannplatten als Formkästen 58
 spezielle Anwendung v. Formen 61
 Spiralmischer 55
 Spreu 37
 Spritzen v. Gips 84
 Stabilisator 83
 Stadtwappen abformen 57
 Stafanat 55
 - f. Steinausformungen 71
 - f. Wappenabformungen 57
 Stangenlötzinn 77
 Stanniol z. Objektschutz 27
 starre Form 11
 statischer Guß 79
 Stearate z. Isolieren 78
 steigender Guß 79
 Steigtrichter 23
 steinähnliche Abgüsse 16
 steinähnliche Abdrücke 83
 Steinausformungen 71
 Steinbilder 69
 Steinformen 11
 Steinwappen abformen 57
 Steinzeichnungen 66, 69
 Streckungsmittel f. Kautschuk 55
 Streichpaste bei Wappenabformung 57
 Stromdichte 97
 Stromversorgung 97
 Stromzuführung f. Galvanoplastik 90
 Stückform 28
 - einer Büste
 - eines Gefäßes 30

- in Wachs 35
- f. Wachsmodelle 40
- SÜALA 77
- SÜHA 77
- Sumitinte 70
- SuRalin 78, 84
- Synthesekautschuk 53
- SYSpur 85

- Talkum 79**
- Thioplast, 43, 52, 55
 - Beschleunigung d. Verfestigung 56
 - Form 60
 - Konsistenz 52
 - Quellung 85
 - Schrumpfungsverhalten 52
 - Schwunderscheinungen 56
 - Verdünnung 56
 - Verträglichkeit m. Abgußmaterial 53
 - Verzögerung d. Verfestigung 56
- Tiegelform 11, 12
- Tiegelguß 21
- Tiereinschlüsse in Stein 71
- Tischschleuder 81
- Titandioxid 55
- Titanweiß 83
- Toluen, als Dispergiemittel 55
 - als Quellmittel 76
- Tonstreifen gleichmäßig herstellen 46
- Topfzeit 77, 80
 - verlängern 55
- Totenmasken 64
- transparente Oberfläche 83
- Trennfugen 25
- Trennlack 40, 54
- Trennmittel 78
- Trichlorethylen z. Reinigung 56

- Überfangguß 40
- Umgießen 40
- Unterkieferform 50
- Unterschneidungen 12, 32
- Urmodell 39

- Vakuum beim Ausgießen 81
- Vaseline z. Isolieren 45, 63
- Vatallium 39
- Verbundguß 40
- verdeckte Form 17
- Verfärbungen durch Thioplast 55
- Verfeinerung v. Originalvorlagen 39
- Verfestigung v. Gips 16, 87
- Vergrößerungen 86

- Verlorene Form 37
- Verlorene Köpfe 19
- Versilbern v. Kolloidumhäutchen 65
- Verstärken v. Galvanos 97
- Versteifungen in Gips 84, 88
- Verträglichkeit v. Kunststoffen
 - m. Ausgußmaterial 52
- Vibrationsgeräte 81
- Vinoflex-Verdünner 84
- Vinyle 52, 54
- Viskosität v. Kautschuk 54
- Vollplastisches Galvano 101
- Volumenänderungen 77
- Vorformen 10

- Wachs, z. Isolierung 78
 - Stückformen aus 35
 - Verträglichkeit m. Kunststoffen 52
 - Zubereitung 35
- Wachsabformung eines Grabsteines 36
- Wachsausgüsse aus Siliconformen 55
- Wachsausschmelzverfahren 37
 - f. Galvanoplastik 89
 - f. Überfangguß 40
- Wachsformen f. Galvanoplastik 90
- Wachsmodell 37, 39
 - graphitieren 93
- Wärme, exotherm 77
- Walzmetall f. Anoden 95
- Warnschicht 39
- Wappenabformung 57
- Weichmacher 83
- Weichmetall 39
- Weißkalk 77
- Wendelringnachguß 39
- Windpfeifen 20
- Wirbelstromverfahren 39

- Xylen als Dispergiemittel 55

- Zeichnungen, Latexabzüge von 66
- Zentrifugal-Gießhilfen 80
- Zentrifugenlatex 53
 - f. Abzüge v. Zeichnungen 66
 - f. Wappenabformung 57
- Zinn, z. Verstärken v. Galvanos 98
- Zinnfiguren-Schieferform 26
- Zuleitung, elektr. 91, 92
- Zusammenhalt kombinierter Formen 61

