

# HANSER



Leseprobe

Erhard Brepohl

Theorie und Praxis des Goldschmieds

ISBN (Buch): 978-3-446-44543-7

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44543-7>

sowie im Buchhandel.

# Vorwort

Bei einem Blick ins Internet erfuhr ich, angenehm überrascht, was junge Leute, die aus unterschiedlichen Gründen auf unterschiedlichem Niveau Freude am »Schmuckmachen« haben, von meinem über 50 Jahre alten Fachbuch so halten (der Wortlaut der Zitate wurde beibehalten):

»Hallo, ich suche Lehrbücher für Goldschmiede, die sich mit verschiedenen Techniken der Goldschmiedekunst auseinandersetzen. Besonders interessant fände ich ein Buch, was die Herstellung verschiedener Fassungen und Abwicklungen beschreibt (achteckige Fassung, konische Fassungen, Krappenfassungen . . .). Kann mir einer weiterhelfen, wo ich solche Bücher finde?«

Na klar, wer möchte da nicht helfen? Also heißen die Antworten im Blog, wie das heutzutage genannt wird:

- »hallo, mausi hab schon viele bücher gekauft, und es war viel schmarrn dabei. Welches mittlerweile mein treuer begleiter ist: Erhard Brepohl: Theorie und Praxis des Goldschmieds.«
- »Hallo, würde mich auch für Fachbücher interessieren, diesen Brepohl besitze ich aber ohne Fachkenntnisse . . .«

Klärend greift der Moderator ein:

»Der Brepohl ist sehr zu empfehlen – ein Standardwerk.«

All die jungen Leute haben, ihrem Erkenntnisstand entsprechend, reagiert. Für Einsteiger und Laien ist das Buch wirklich zu kompliziert, aber intuitiv haben beide erkannt, dass es ein »Klassiker für Goldschmiede« und »Gold- und Silberschmieden in der Lehre ein Nachschlagewerk« ist. Andere, die selbst schon einiges ausprobiert hatten, sagten ganz richtig, dass »**der Brepohl**« gewisse praktische Erfahrungen voraussetzt.

Ich bin stolz auf meinen »Goldenen Meisterbrief« und ich empfehle aus meiner 40-jährigen Erfahrung als Goldschmiedelehrer die solide Ausbildung unter Anleitung erfahrener Meister und Fachlehrer mit Gesellen- und Meisterprüfung. Wir sollten aber auch die jungen Leute ernst nehmen, die voller Begeisterung für die Goldschmiedekunst ihren eigenen Zugang zu unserem Beruf suchen. Sie gehören nun

auch ganz offiziell dazu, denn das traditionelle Gebot der deutschen Goldschmiede

– *Erst die Meisterprüfung, dann die Geschäftseröffnung* –

gilt seit 2004 nicht mehr, und wir müssen uns auf die neue Situation einstellen, dass nämlich jeder, der es sich zutraut, bei der Handwerkskammer ganz unkompliziert einen Goldschmiede-Gewerbebetrieb anmelden kann, ohne Gesellenprüfung, ohne teuren Meisterlehrgang mit Meisterbrief, ohne Nachweis praktischer Tätigkeit!

Aber, wie jedes Schnäppchen, hat auch dieses hübsche Sonderangebot einen Haken, denn es gibt eine Prüfungskommission, an der man sich nicht vorbeimogeln kann, die den Jungunternehmer gnadenlos überprüft und keine Schwäche, keinen Fehler durchgehen lässt – seine Kundschaft! Ob mit oder ohne Prüfung, die Kunden verlangen meisterliche Qualität! Die Schmuckstücke im Schaufenster des »Freien Goldschmieds« sollten nicht schlechter, sondern möglichst deutlich besser und etwas billiger sein als beim Goldschmiedemeister auf der anderen Straßenseite. Unsolide Hobby-Künstler, Pfuscher, durchgefallene Meisterprüflinge haben keine Chance. Wer aber Talent hat, die »Goldschmiedekunst« als Lebensinhalt empfindet, fleißig und zielstrebig am Werkbrett arbeitet, Fehler und Misserfolge zur Erkenntnisgewinnung nutzt, kann es schaffen.

Neben dem Werkbrett sollte aber unbedingt das Fachbuch stehen, in dem »*der Autor nur so mit Fachbegriffen um sich wirft*« (Internet-Blog!) und von dem es in einer US-amerikanischen Rezension heißt: »*Wenn Du nur zwei Bücher in Deiner Werkstatt hast, muss eines davon »Der Brepohl« sein!*«

Wenn man das Buch flüchtig durchblättert, mag es mit seinen Diagrammen, Formeln, Berechnungen kompliziert erscheinen. Es gibt zahlreiche bequeme Goldschmiedebücher mit vielen bunten Bildchen, die leichter zu lesen, zur Erkenntnisgewinnung aber weniger geeignet sind. Niemand wird mein Buch wie »Harry Potter« von vorn bis hinten durchlesen. Man wird im Rahmen der Ausbildung einzelne Kapitel studieren und während der täglichen Werkstattarbeit immer wieder nachschlagen, um Antwort auf diese

oder jene Frage zu bekommen und, wenn man sich wirklich und ernsthaft dem Goldschmiedehandwerk verschrieben hat, wird sich auch mit der Fachtheorie beschäftigen, weil die wissenschaftlichen Erkenntnisse wiederum die praktische Werkstattarbeit befördern.

»Der Brepohl«, ein anspruchsvolles Buch für anspruchsvolle Leser, hat die »Schmuckmacher« bei der Ausbildung und in der täglichen Werkstattpraxis seit 1962 bis heute begleitet. Vertrauend auf die erfolgreiche Zukunft des Goldschmiedehandwerks hatte sich der Verlag mit der 16. Auflage zu einer völligen Neugestaltung des bewährten Standardwerks entschlossen.

- **Das größere Format des Buches** fällt ja sofort auf. Gestaltung und Typographie wurden ganz neu und viel großzügiger eingerichtet.
- **Digitale Neusatz.** Mit Bleisatz, Autotypien, Strichätzungen wurde die Erstauflage gemacht (wer kennt heute noch diese Begriffe?), und die 16. Auflage ist jetzt durchgängig digitalisiert! Für den Verlag eine hohe Investition!
- **Textbearbeitung.** Für den Autor die wunderbare Gelegenheit, den eigenen Text vom Vorwort bis zum Literaturverzeichnis gründlich überarbeiten, aktualisieren, ergänzen zu können – und er hat diese Gelegenheit optimal genutzt! So wird man auch zukünftig in diesem Buch alles finden, was der Goldschmied an theoretischem Wissen und praktischen Anleitungen braucht, um aus einer gestalterischen Idee ein perfektes Schmuckstück entstehen zu lassen. Computergesteuertes Juwelnenfasen, Laserschweißen usw. gibt es inzwischen auch, und so wird es auch zukünftig als Nachschlagewerk seinen festen Platz in den Werkstatt behalten!
- **Das komplette Buch im Vierfarbdruck.** Für die rein technischen Erläuterungen sind Schwarzweißfotos und klare Zeichnungen nach wie vor nützlich und zweckmäßig. Bisher gab es nur 16 Seiten mit Farbabbildungen, jetzt ist das Fachbuch durch die zahlreichen Farbbilder ausgewählter Schmuckstück deutlich aufwertet worden. Die Farbbilder sind dem Text genau zugeordnet, um zu zeigen, wie man die jeweilige Arbeitstechnik gestalterisch umsetzen kann.
- **Schmuckvitrine.** Hat man sich schließlich mit viel Fleiß und Mühe, begleitet von den Freuden der Erfolge und den Enttäuschungen der Misserfolge, all die bis hierhin behandelten handwerklichen Fähig-

keiten und Fertigkeiten des Goldschmieds erarbeitet, beginnt die eigentliche kreative Phase: die Schmuckgestaltung. In der Schmuckvitrine zeigen wir einige Arbeiten prominenter Schmuckgestalter. Solche perfekt gestalteten Schmuckstücke kann man herstellen, wenn man sehr viel gestalterische Phantasie besitzt und die bisher behandelten Grundtechniken des Goldschmieds beherrscht.

Die Metalllegierungen und die Rezepturen der Chemikalien wurden entweder von mir selbst ausprobiert oder nach Hinweisen von erfahrenen, zuverlässigen Kollegen übernommen. Wenn nicht anders angegeben, sind die Mischungsverhältnisse (Prozente oder Mischungsteile) nicht auf Volumina, sondern immer auf **Massen** bezogen.

Solch ein Buch kann man nicht allein schreiben. Viele Kollegen haben mir im Laufe der 45 Jahre geholfen, indem sie mir ihre Arbeitserfahrungen mitgeteilt oder Teile des Buches kritisch durchgesehen haben. Alle Kollegen, die ich um Fotos ihrer Arbeiten bat, um die Neuauflage mit noch mehr Anwendungsbeispielen auszugestalten, haben mich bereitwillig unterstützt, von der Goldschmiedeschule und Uhrmacherschule Pforzheim bekam ich eine reiche Bildauswahl von Studienarbeiten. Eine vollständige Namensliste würde zu weit führen, aber ich werde keinen von ihnen vergessen! Herzlichen Dank an alle!

Über vier Jahrzehnte lang wurde meine Arbeit von den Mitarbeitern des Fachbuchverlages Leipzig begleitet, dankbar denke ich an *Gerhard Lehmann*, der es riskierte, mit einem 28-jährigen Goldschmied einen Vertrag abzuschließen. Und ich bedanke mich ausdrücklich bei *Jochen Horn*, der mit großem persönlichem Einsatz dafür gesorgt hat, dass die neu gestaltete 16. Auflage realisiert werden konnte.

Mit der vorliegenden 17. Auflage wird »Der Brepohl« kontinuierlich fortgesetzt werden, denn der Inhalt der vorhergehenden Auflage ist nach wie vor gültig. Beim »Blick in die Zukunft« sind die 3D-Systeme inzwischen alltägliche Praxis geworden, und in diesen Tagen wurde auf der Inhorgenta ein ganz neues, zukunftsweisendes System vorgestellt: Technologie für Direktes Metall-Laser-Sintern (DMLS). Am Ende des Buches wird es vorgestellt!

Kritische Hinweise zur vorliegenden Ausgabe werden gern entgegengenommen.

Bad Doberan, Oktober 2015

*Erhard Brepohl*

# Inhaltsverzeichnis

<b>0 HISTORISCHE EINLEITUNG .....</b>	<b>13</b>	<b>2 NICHTMETALLISCHE WERKSTOFFE .....</b>	<b>99</b>
<b>1 METALLISCHE WERKSTOFFE .....</b>	<b>27</b>	2.1 Elfenbein.....	99
1.1 Hauptmerkmale der Metalle .....	27	2.2 Perlmutter .....	104
1.2 Metalle im Periodensystem .....	27	2.3 Schildpatt .....	105
1.3 Innerer Aufbau .....	29	2.4 Horn .....	106
1.3.1 Atom- und Kristallgefüge ....	29	2.5 Jagdschmuck .....	106
1.3.2 Untersuchung des Gefüges ...	31	2.6 Holz .....	109
1.4 Einteilung der Metalle .....	31	2.7 Kunststoffe .....	111
1.5 Eigenschaften wichtiger Metalle .....	32	2.8 Keramik .....	115
1.5.1 Allgemeine Eigenschaften ...	32	<b>3 CHEMIKALIEN .....</b>	<b>119</b>
1.5.2 Verhalten an der Luft und im Wasser .....	37	3.1 Säuren und Basen .....	119
1.5.3 Verhalten in Säuren .....	38	3.1.1 Das Wesen von Säuren und Basen .....	119
1.5.4 Härte .....	40	3.1.2 Die wichtigsten Säuren .....	120
1.5.5 Zugfestigkeit .....	41	3.1.3 Die wichtigsten Basen .....	122
1.5.6 Wärme .....	44	3.2 Salze .....	123
1.5.7 Reflexionsvermögen .....	46	3.2.1 Benennung der Salze .....	123
1.6 Edelmetalllegierungen .....	46	3.2.2 Die wichtigsten Salze .....	123
1.6.1 Löslichkeit der Metalle .....	47	3.3 Umgang mit Giften .....	123
1.6.2 Randsysteme der Legierung Au-Ag-Cu .....	48	<b>4 ZURICHTUNGSARBEITEN .....</b>	<b>127</b>
1.6.2.1 System Au-Ag .....	48	4.1 Wägen, Messen und Prüfen .....	127
1.6.2.2 System Au-Cu .....	49	4.1.1 Maßeinheiten .....	127
1.6.2.3 System Ag-Cu .....	50	4.1.2 Wägen .....	127
1.6.3 Dreistoffsystem Au-Ag-Cu ....	60	4.1.3 Längenmessung .....	129
1.6.4 Platinlegierungen .....	78	4.1.4 Längenprüfung .....	131
1.6.5 Neue Legierungen und Halbzeuge .....	80	4.1.5 Dichte .....	131
1.6.6 Legierungsrechnen .....	82	4.2 Prüfen der Edelmetalle und ihrer Legierungen .....	134
1.7 Kupferlegierungen .....	90		
1.8 Stahl und Gusseisen .....	93		

4.2.1	Hilfsmittel zur Strichprobe ...	135
4.2.2	Farbige Metalle und Legierungen .....	135
4.2.3	Weiße Metalle und Legierungen .....	137
4.3	Scheiden .....	139
4.3.1	Prinzip der Quartscheidung...	139
4.3.2	Ausarbeitung in der Scheideanstalt .....	141
4.4	Schmelzen .....	142
4.4.1	Schmelzvorgang .....	142
4.4.2	Schmelzzubehör .....	143
4.4.3	Schmelzen von Gold, Silber und deren Legierungen.....	148
4.4.4	Schmelzen von Platin und Weißgold .....	151
4.5	Gießen.....	151
4.5.1	Gießbarkeit.....	151
4.5.2	Gießvorgang .....	152
4.5.3	Erstarrungsvorgang .....	152
4.5.4	Volumenschwund .....	154
4.5.5	Gießen mit Schwerkraft.....	156
4.5.5.1	Grundlagen .....	156
4.5.5.2	Kokillenguss .....	157
4.5.5.3	Formguss .....	158
4.5.6	Gießen mit Fliehkraft .....	162
4.5.6.1	Grundlagen .....	162
4.5.6.2	Schleuderguss .....	163
4.5.6.3	Rotationsguss mit Kokille ....	176
4.5.6.4	Vakuulguss .....	176
4.6	Walzen und Ziehen .....	179
4.6.1	Wesen der Umformung .....	179
4.6.2	Walzen .....	182
4.6.3	Ziehen .....	186
4.7	Glühen und Aushärten .....	190
4.7.1	Rekristallisation.....	190
4.7.2	Oxidation beim Glühen .....	193
4.7.3	Aushärten .....	196
4.7.4	Glühen .....	201

<b>5</b>	<b>HANDWERKLICHE GRUNDTECHNIKEN .....</b>	<b>205</b>
5.1	Werkstatt des Goldschmieds .....	205
5.1.1	Werkstatteinrichtung .....	205
5.1.2	Arbeitsplatz .....	207
5.2	Vorgang der Spanabnahme .....	208
5.2.1	Spanbildung .....	208
5.2.2	Schneidengeometrie .....	209
5.3	Sägen .....	210
5.3.1	Wirkungsweise der Säge .....	210
5.3.2	Laubsäge .....	210
5.3.3	Arbeiten mit der Laubsäge ...	211
5.3.4	Sägemaschinen .....	212
5.4	Feilen .....	212
5.4.1	Aufbau und Wirkungsweise der Feile .....	215
5.4.2	Einteilung der Feilen .....	215
5.4.3	Behandlung und Aufbewahrung der Feilen ....	217
5.4.4	Vorrichtungen zum Befestigen des Werkstücks .....	217
5.4.5	Anwendung der Feilen .....	219
5.5	Bohren .....	221
5.5.1	Dreul und elektrische Bohrmaschine .....	221
5.5.2	Bohrmaschinen .....	221
5.5.3	Wirkung des Bohrers .....	224
5.5.4	Bohrerarten .....	224
5.5.5	Herstellung eines Spitzbohrers	225
5.6	Fräsen .....	226
5.6.1	Wirkungsweise des Fräasers ..	226
5.6.2	Kleinfräser .....	226
5.7	Drehen .....	227
5.7.1	Anwendungsmöglichkeiten ..	227
5.7.2	Wirkungsweise .....	228
5.7.3	Drehmaschine .....	228
5.7.4	Werkstückaufnahme .....	228
5.7.5	Werkzeugaufnahme .....	229
5.7.6	Drehmeißel .....	230
5.8	Schmieden .....	230

5.8.1	Begriff .....	230	7.1.5	Reibspindelpresse .....	302
5.8.2	Umformungsvorgänge beim Schmieden .....	231	7.1.6	Exzenterpresse .....	303
5.8.3	Hämmer .....	231	7.1.7	Hydraulische Presse .....	306
5.8.4	Ambosse .....	233	7.2	Schneiden .....	307
5.8.5	Pflege der Werkzeuge .....	234	7.2.1	Begriff .....	307
5.8.6	Wirkung unterschiedlicher Hammerformen auf das Werkstück .....	235	7.2.2	Einteilung der Schneidwerkzeuge .....	307
5.8.7	Vorschmieden .....	236	7.2.3	Vorgänge beim Schneiden....	308
5.8.8	Formschmieden .....	236	7.2.4	Schneidwerkzeuge .....	309
5.8.9	Damaszener Stahl .....	241	7.2.5	Bauelemente der Schneidwerkzeuge .....	312
5.9	Biegen .....	242	7.2.6	Mehrfachschneidwerkzeuge ..	313
5.9.1	Veränderung des Gefüges ....	242	7.2.7	Werkstoffausnutzung .....	314
5.9.2	Biegezangen .....	244	7.3	Biegen .....	315
5.9.3	Biegen von Draht.....	246	7.3.1	Begriff .....	315
5.9.4	Biegen von Blech.....	253	7.3.2	Einfaches Biegen .....	316
5.9.5	Biegen von Scharnier .....	258	7.3.3	Rollbiegen .....	317
5.9.6	Herstellung von Ösenketten ..	260	7.3.4	Formbiegen, Formstanzen ...	318
5.9.7	Filigran .....	270	7.3.5	Prägen .....	319
5.10	Übungen zur Berufsausbildung .....	272	7.4	Tiefziehen .....	319
			7.4.1	Arbeitsweise und Werkzeuge	319
			7.4.2	Bestimmung des Zuschnitts ..	320
			7.4.3	Tiefziehstufen .....	323
			7.5	Biegen von Draht .....	324
			7.6	Kettenherstellung .....	324
<b>6</b>	<b>SILBERSCHMIEDEARBEITEN .....</b>	<b>277</b>	<b>8</b>	<b>VERBINDENDE TECHNIKEN .....</b>	<b>327</b>
6.1	Begriffserklärung .....	277	8.1	Löten .....	327
6.2	Umformung beim Treiben .....	277	8.1.1	Begriffsklärung .....	327
6.3	Spannen .....	279	8.1.2	Lote .....	327
6.4	Auftiefen .....	280	8.1.3	Flussmittel .....	330
6.5	Aufziehen .....	282	8.1.4	Wärmequellen .....	333
6.6	Herstellung einer Kanne aus der Abwicklung .....	287	8.1.5	Lötunterlagen .....	338
6.7	Anfertigung eines bauchigen Gefäßes	289	8.1.6	Weichlötverfahren .....	338
6.8	Goldschmiedische Treibarbeiten .....	291	8.1.7	Hartlötverfahren .....	341
<b>7</b>	<b>UMFORMEN MIT WERKZEUGMASCHINEN .....</b>	<b>297</b>	8.2	Schweißen .....	354
7.1	Funktionsprinzip der Pressen .....	297	8.2.1	Grundlagen .....	354
7.1.1	Aufbau der Maschinen .....	297	8.2.2	Gasschweißen .....	355
7.1.2	Fallhammer .....	297	8.2.3	Punktschweißen .....	355
7.1.3	Fußhebelpresse .....	299	8.2.4	Laserschweißen.....	356
7.1.4	Handspindelpresse .....	301			

## INHALTSVERZEICHNIS

8.3	Granulieren .....	358	10.5.2	Werkzeuge .....	440
8.4	Verstiften und Vernieten .....	361	10.5.3	Treibkitt .....	442
8.5	Schrauben .....	363	10.5.4	Anwendung der Punzen .....	443
8.6	Kleben .....	365	10.5.5	Beispiele für Ziselierarbeiten .....	444
8.6.1	Kleber .....	365	10.6	Flambieren .....	449
8.6.2	Kitte .....	366	10.7	Ätzen .....	451
8.6.3	Befestigen von Besatzwerkstoffen .....	366	<b>II GALVANOTECHNIK .....</b>	<b>457</b>	
8.6.4	Verbinden von Metallteilen ...	368	II.1	Ionentheorie und Dissoziation .....	457
<b>9 VOLLENDEDE TECHNiken .....</b>	<b>373</b>		II.2	Metallabscheidung ohne äußere Stromquelle .....	458
9.1	Schleifen und Polieren .....	373	II.3	Elektrochemische Beschichtung .....	461
9.1.1	Begriffsklärung .....	373	II.3.1	Theoretische Grundlagen .....	461
9.1.2	Vorgänge beim Schleifen und Polieren .....	373	II.3.2	Galvanische Einrichtungen ..	467
9.1.3	Hilfsmittel und Werkzeuge ...	374	II.3.3	Galvanische Versilberung .....	469
9.1.4	Arbeitsmethoden .....	376	II.3.4	Galvanische Vergoldung .....	473
9.1.5	Trommelbearbeitung .....	385	II.3.5	Galvanisches Rhodinieren ...	476
9.1.6	Säubern verschmutzter Gegenstände .....	388	II.3.6	Galvanisches Entsuden und Glanzentgolden .....	477
9.1.7	Trocknen der Ware .....	392	II.3.7	Galvanoplastik .....	478
9.2	Beizen, Färben und Reinigen .....	392	II.3.8	Galvanoformung .....	479
9.2.1	Schwefelsäurebeize .....	392	II.3.9	Entsorgung verbrauchter Elektrolyte .....	480
9.2.2	Silber und Silberlegierungen ..	394	<b>12 FASSUNGEN UND FASSEN</b>		
9.2.3	Gold und Goldlegierungen ...	397	<b>DER EDELSTEINE .....</b>	<b>483</b>	
9.2.4	Kupfer und Kupferlegierungen	399	12.1	Fassungen .....	483
9.2.5	Färben des Stahls .....	405	12.2	Fassen von Juwelen .....	493
9.3	Feuervergoldung .....	405	12.2.1	Spezialwerkzeuge .....	494
	Schmuckvitrine .....	409	12.2.2	Besonderheiten der Juwelenfassung .....	495
<b>10 SONDERTECHNIKEN .....</b>	<b>419</b>		12.2.3	Vorbereitung der eingelassenen Fassung .....	497
10.1	Niellieren .....	419	12.2.4	Karo-Fassung .....	499
10.2	Emaillieren .....	422	12.2.5	Fadenfassung .....	503
10.3	Tauschieren .....	429	12.2.6	Inkrustation .....	508
10.4	Gravieren .....	432	12.2.7	Pavé-Fassung .....	509
10.4.1	Flachstichgravur .....	432	12.2.8	Eingeriebene Fassung .....	512
10.4.2	Guillochierung .....	436	12.2.9	Karmoisierung .....	513
10.4.3	Maschinengravur .....	437	12.2.10	Stotzenfassung .....	516
10.5	Ziselierung .....	440			
10.5.1	Begriffsbestimmung .....	440			

12.2.11 Computergesteuertes Juwelenfassern .....	517	13.3.4 Klemmverschluss .....	552
<b>13 FUNKTIONELLE BAUTEILE .....</b>	<b>519</b>	13.4 Ohrschmuck .....	553
13.1 Bewegliche Verbindungen .....	519	13.5 Manschettenknopf-Mechaniken .....	558
13.1.1 Ösenverbindung .....	519	<b>14 REPARATURARBEITEN .....</b>	<b>561</b>
13.1.2 Scharnierverbindung .....	519	14.1 Allgemeine Grundsätze .....	561
13.1.3 Baretterverbindung .....	524	14.2 Annahme der Reparatur .....	562
13.1.4 Stotzenverbindung .....	524	14.3 Edelsteine in der Werkstatt .....	562
13.1.5 Stiftverbindung .....	525	14.4 Generelle Reparaturarbeiten .....	565
13.1.6 Bewegliche Verbindung von Fassungen .....	525	14.5 Spezielle Reparaturarbeiten .....	567
13.2 Ketten- und Armschmuckverschlüsse	526	14.6 Änderung der Ringweite .....	569
13.2.1 Herstellungsverfahren .....	526	<b>15 BLICK IN DIE ZUKUNFT .....</b>	<b>577</b>
13.2.2 Funktionsanalyse .....	542	15.1 Das virtuelle Schmuckstück .....	577
13.3 Broschierungen .....	545	15.2 3D-System .....	579
13.3.1 Funktionselement und Zierform .....	545	15.3 Direktes Metall-Laser-Sintern (DMLS)	581
13.3.2 Nadel und Scharnier .....	547	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>585</b>
13.3.3 Broschhaken .....	550	<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>589</b>
		<b>Bezugsquellen .....</b>	<b>597</b>

Durch gezielte Auswahl und Dosierung der Komponenten können die Eigenschaften der reinen Metalle wesentlich beeinflusst und ganz neue Qualitäten geschaffen werden. Bei den Edelmetallen kommt noch die Verminderung des Preises dazu.

## 1.6.1 Löslichkeit der Metalle

### Verhalten in flüssigem Zustand

Beim Zusammenschmelzen der Metalle können sich folgende Möglichkeiten ergeben:

*Völlige Unmischbarkeit.* Es gibt in flüssigem Zustand keine gegenseitige Löslichkeit der Komponenten, die Metalle lagern sich entsprechend ihrer Dichte in deutlich unterscheidbaren Schichten übereinander ab. Dementsprechend würden sich

beim Gießen die Metalle voneinander getrennt in der Form absetzen.

Wenn mit den Metallen in flüssigem Zustand keine homogene Mischung zu erreichen ist, besteht keine Möglichkeit, daraus eine brauchbare Legierung herzustellen!

*Völlige Löslichkeit.* Hierbei lösen sich die Metalle in jedem beliebigen Mischungsverhältnis zu einer homogenen Schmelze, in der die Ausgangsstoffe nicht mehr zu unterscheiden sind.

Dieser Fall ist der bei weitem häufigste und wichtigste, denn nur aus einer homogenen Schmelze kann eine Legierung entstehen.

*Begrenzte Löslichkeit.* In der Schmelze des einen Metalls wird nur eine begrenzte Menge des jeweils anderen Metalls aufgenommen; wird diese Grenze überschritten, setzt sich der Überschuss als unlösliche Schicht in der Schmelze ab.

Als Beispiel dafür kann das System Ag-Ni dienen: In der Nickelschmelze lassen sich bis zu 2% Ag lösen, im flüssigen Silber bis zu 0,4% Ni. Ist der Anteil des zugesetzten Metalls höher, bilden die beiden Phasen übereinanderliegende Schmelzschichten. So würde bei einer 50%igen Legierung die Schmelze aus einer Nickelschicht mit 2% Ag und einer Silberschicht mit 0,4% Ni bestehen.

Voraussetzung für eine praktisch nutzbare Legierung ist immer, dass eine homogene, einphasige Schmelze gebildet wird, in der die beteiligten Komponenten restlos gelöst sind. Es kommen also nur solche Mischungen in Frage, die im flüssigen Zustand völlig löslich sind bzw. bei begrenzter Löslichkeit noch im Homogenitätsbereich liegen, wie etwa bei dem Beispiel des Systems Ag-Ni nur Ni mit maximal 2% Ag bzw. Ag mit maximal 0,4% Ni.

### Verhalten in festem Zustand (Bild 1.20)

*Homogene Mischkristalle.* Wenn die beteiligten Metalle den gleichen Gittertyp bilden und etwa gleiche Atomgröße haben, kann es sein, dass die völlige Löslichkeit auch in festem Zustand beibehalten wird. Das Kristallgitter wird von den Atomen der beteiligten Metalle gemeinsam aufgebaut, in jedem Kristallit sind die Legierungsmetalle in gleichem Verhältnis wie in der Gesamtlegierung verteilt. So entspricht das Mikroschliffbild einer Legierung Au-Ag oder Au-Cu dem eines reinen Metalls.

*Heterogenes Kristallgemenge.* Sind die Komponenten aber in ihrem strukturellen Aufbau unterschiedlich, so »entmischt« sich die einheitliche Schmelze beim Erstarrungsprozess, und jeder Gitterverband wird je-

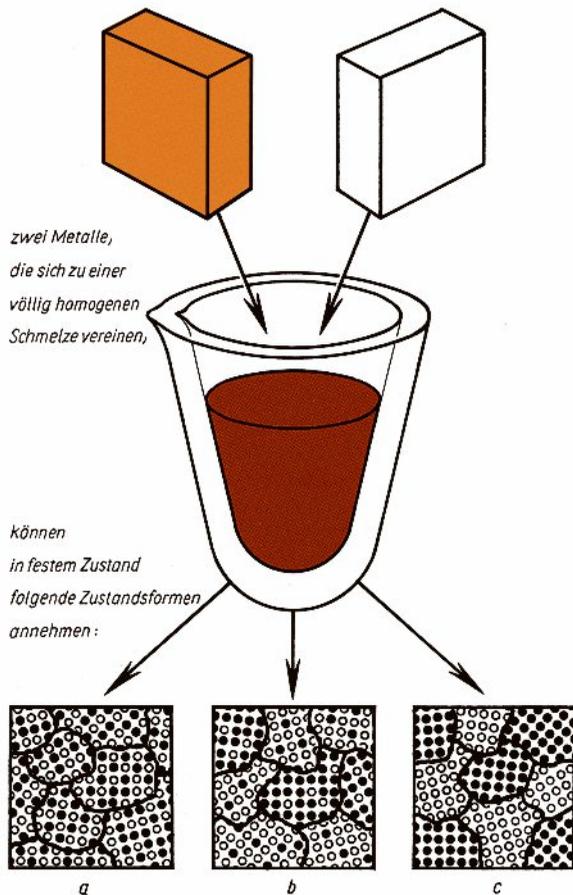


Bild 1.20  
Legierungsbildung aus der homogenen Schmelze (Schema).  
a) homogene Mischkristalle, b) begrenzte Mischkristallbildung,  
c) heterogenes Kristallgemenge

weils nur von einer Atomart gebildet, die Kristallite bestehen immer nur aus einem der beteiligten Metalle. Diese Form absoluter Unlöslichkeit in festem Zustand kommt in der Praxis nur selten vor.

*Begrenzte Mischkristallbildung.* Während die Komponenten in flüssigem Zustand eine völlig homogene Schmelze bilden, entstehen bei der Entstarrung Mischkristalle, in denen jeweils eine Metallart überwiegt, und im Kristallgitter dieses Metalls wird eine begrenzte, geringe Menge der Atome des anderen Metalls eingebaut. Die unterschiedlichen Kristallarten sind auf dem Mikroschliffbild deutlich zu erkennen. Dieser Legierungstyp kommt ziemlich häufig vor und hat für die Praxis sehr große Bedeutung, weil sich dabei die Eigenschaften der Legierungen besonders stark von denen der reinen Metalle unterscheiden, wie etwa beim System Ag-Cu.

*Intermetallische Verbindungen (Metallide).* Im Kristallgitter sind die Atome der beteiligten Metalle in ganzzahligem Mengenverhältnis enthalten. Dieses Verhältnis der Atommengen wird mithilfe der chemischen Symbole ausgedrückt. Wenn solche Ausdrücke, wie AuCu, Au<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>, bei flüchtiger Betrachtung auch an chemische Molekülformeln erinnern, so haben sie tatsächlich nichts damit zu tun, denn es handelt sich nur um die Angabe des Mengenverhältnisses bei metallischen Bindungen. Bei ganzzahligem Verhältnis können nämlich die Atome des Gitterverbandes in regelmäßiger Folge geordnet sein, sodass beispielsweise die Atome des einen Metalls die Würfelecken, die des anderen die Zentralplätze besetzen. Zur Ordnung der Atome entsprechend der Gitterstruktur kommt also noch die regelmäßige Platzverteilung, deshalb spricht man von einer »Überstruktur«. Es können sehr komplizierte Gitterverbände gebildet werden, die sich von denen der reinen Metalle wesentlich unterscheiden und deren Komponenten in solchen Verhältnissen stehen können wie Cu<sub>5</sub>Zn<sub>8</sub>, Cu<sub>31</sub>Sn<sub>8</sub>. Alle Metallide sind hart, spröde und kaum plastisch formbar.

## 1.6.2 Randsysteme der Legierung Au-Ag-Cu

### 1.6.2.1 System Au-Ag

#### Zustandsdiagramm

Mit diesem Diagramm wird das Verhalten der Legierungen bei Änderung des Aggregatzustands festflüssig dargestellt. Aus einer solchen Übersicht lassen

sich wesentliche Aussagen über die Charakteristik jeder beliebigen Metallmischung des betreffenden Systems ableiten. Diese Diagramme bilden deshalb eine der wichtigsten Grundlagen der Metallkunde.

Da die Legierung Au-Ag einen besonders einfachen Kurvenverlauf hat, soll daran das Prinzip erläutert werden (Bild 1.21). Im Koordinatensystem werden auf der Senkrechten die Temperaturen in °C, auf der Waagerechten die Konzentration der Legierung in Tausendteilen aufgetragen. Im Ergebnis von Messungen werden für einige Legierungen des Systems die Umwandlungstemperaturen empirisch ermittelt, die Werte in das Diagramm eingetragen und durch Kurven miteinander verbunden.

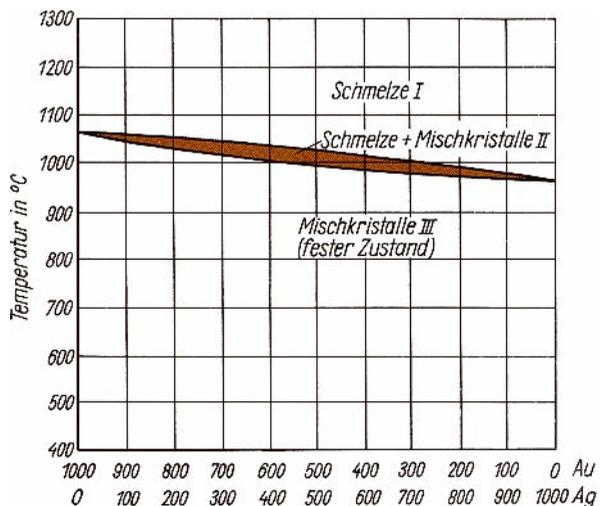


Bild 1.21  
Zustandsdiagramm des Systems Au-Ag

Während bei reinen Metallen die Änderung des Aggregatzustands bei konstanter Temperatur – dem Schmelzpunkt – erfolgt, gibt es bei den Legierungen ein Temperaturintervall zwischen Beginn und Ende der Erstarrung mit den Liquidus- und Solidustemperaturen.

So begrenzt die Liquiduskurve den flüssigen und die Soliduskurve den festen Zustand der Legierung; zwischen beiden Kurven ist der Übergangsbereich, in dem Schmelze und Mischkristalle, also flüssige und feste Phase, nebeneinander vorliegen. Demnach sind die Metalle im Bereich I schmelzflüssig, II bezeichnet das teigartige Übergangsstadium, und im Bereich III besteht die Legierung aus festen Mischkristallen. Das Diagramm ist sowohl für den Verlauf des Erstarrungsprozesses als auch umgekehrt für das Er-schmelzen gültig. So kann man sehen,

- bei welcher Temperatur eine bestimmte Legierung erstarrt,

- welche Temperatur erreicht sein muss, um sie zu verflüssigen,
- wann sie »schmort«,
- wie gegläht werden muss und
- ob man ablöschen soll usw.

Dazu einige Ablesebeispiele:

*1000 Au (0 Ag)*. Es handelt sich um Feingold. Bei  $1063\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dem Schmelz- bzw. Erstarrungspunkt, erfolgt die Änderung des Aggregatzustands fest-flüssig. Bei dieser Temperatur befindet sich das Metall so lange in einem teigartigen Übergangsstadium, bis die Umwandlung fest-flüssig abgeschlossen ist.

*Au 900 (Ag 100)*. Hierbei sieht man, dass kein einfacher Umwandlungspunkt mehr vorliegt, sondern dass sich der Schmelzpunkt zu einem Temperaturintervall erweitert, d. h., der teigartige Übergangszustand liegt zwischen zwei unterschiedlichen Temperaturwerten. Bei etwa  $1058\text{ }^{\circ}\text{C}$  werden aus der Schmelze die ersten Mischkristalle ausgeschieden (Liquiduspunkt), und erst bei  $1048\text{ }^{\circ}\text{C}$  ist die Mischkristallbildung abgeschlossen (Soliduspunkt). Zwischen Liquidus- und Soliduspunkt liegt das für Legierungen typische Schmelzintervall.

*Au 500 (Ag 500)*. Bei der Legierung, in der beide Metalle im gleichen Mengenverhältnis miteinander gemischt sind, ist das Intervall zwischen Liquiduspunkt  $1020\text{ }^{\circ}\text{C}$  und Soliduspunkt  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  noch größer.

*Au 250 (Ag 750)*. Mit steigendem Silbergehalt verringert sich der Abstand zwischen Liquidus- und Soliduspunkt wieder ( $988 \dots 975\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

*Au 0 (Ag 1000)*. Schließlich haben wir beim Feinsilber die konstante Umwandlungstemperatur von  $960,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Zusammenfassend ist festzustellen: Alle irgendwie möglichen Liquiduspunkte des Systems liegen auf einer erhaben gewölbten Kurve, während die Soliduspunkte auf einer nach unten gewölbten Kurve liegen. Beide Kurven treffen sich in den Schmelzpunkten der reinen Metalle.

Ein solches Diagramm ist typisch für die Bildung homogener Mischkristalle.

### Eigenschaften und Bedeutung

Wie aus dem Diagramm ersichtlich ist, liegen alle Liquidus- und Solidustemperaturen zwischen den Schmelzpunkten von Au und Ag.

Die Farbe ändert sich mit steigendem Silbergehalt vom Gelb des Feingolds über grünlich bis zum Weiß des Silbers. Zwischen Au 600 und Au 700 entsteht eine besonders deutliche Grünfärbung; bei 50%igem Atomverhältnis von Au und Ag, also bei Au 646, wird der intensivste Grüngold-Farbtönen erreicht.

Nur solche Legierungen, deren Goldgehalt unter Au 523 liegt, können von Salpetersäure zersetzt werden, Legierungen mit höherem Goldgehalt werden kaum angegriffen. In Königswasser lassen sie sich lösen, wenn der Feingehalt über Au 750 liegt, der Silberanteil also weniger als  $\frac{1}{4}$  beträgt, bei höherem Silbergehalt bedeckt sich der Gegenstand mit einer unlöslichen Schutzschicht aus Silberchlorid  $\text{AgCl}$ , die den weiteren Angriff verhindert. Die Anlaufgrenze liegt bei Au 377. Legierungen mit geringerem Goldanteil werden also von den in der Atmosphäre enthaltenen Schwefel- und Ammoniumanteilen geschwärzt, deshalb kann man sie auch mit Schwefelleber schwarz färben.

Die reinen Au-Ag-Legierungen werden in der Praxis kaum benutzt, es wird meist noch etwas Kupfer zugesetzt, selbst dem Grüngold werden noch weitere Metalle zulegiert.

So sind die Au-Ag-Legierungen nur als Randsystem der Dreistofflegierungen Au-Ag-Cu wichtig.

### 1.6.2.2 System Au-Cu

Zustandsdiagramm (Bild 1.22)

Wegen der engen Verwandtschaft beider Metalle werden, wie bei der eben behandelten Legierung, in jeder Zusammensetzung nur homogene Mischkristalle gebildet.

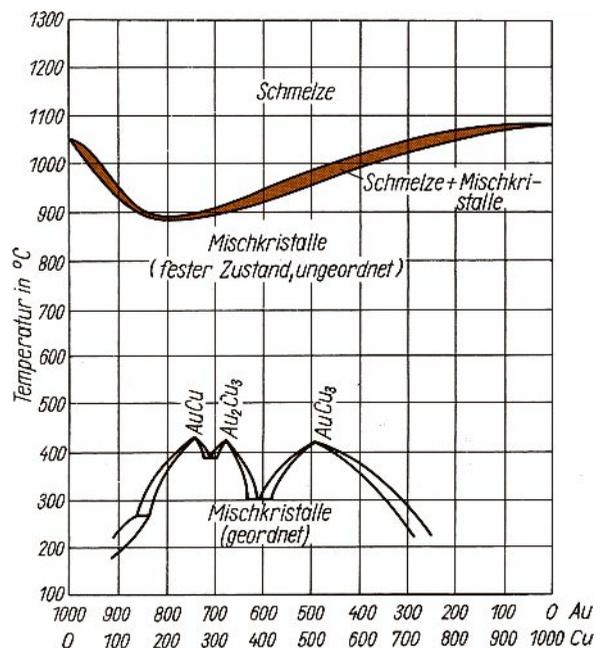


Bild 1.22  
Zustandsdiagramm des Systems Au-Cu

Die Liquidus- und Solidustemperaturen aller Legierungen liegen *unter* den Schmelzpunkten der Ausgangsmetalle Gold (1063 °C) und Kupfer (1984 °C). Bei der Konzentration von Au 820, Cu 180 wird das Minimum von 889 °C erreicht. Die Temperatur bleibt während der Änderung des Aggregatzustands konstant, sodass Liquidus- und Solidustemperatur gleich sind. Bei dieser Temperatur treffen deshalb beide Kurven in einem Punkt zusammen.

Aus dem Diagramm ist außerdem zu ersehen, dass im festen Zustand unter 400 °C bei den Atomverhältnissen AuCu, Au<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>, AuCu<sub>3</sub> intermetallische Verbindungen durch Bildung von Überstrukturen entstehen können, wodurch in diesem Bereich bei langsamer Abkühlung oder durch Tempern wesentliche Steigerungen von Härte und Festigkeit auftreten können (vgl. »Glühen und Aushärten«).

### Eigenschaften und Bedeutung

Das Au-Cu-System umfasst die Rotgoldlegierungen mit reinem Kupferzusatz. Beim Gießen und Löten muss man auf das Temperaturminimum zwischen Au 850 und Au 700 Rücksicht nehmen, weil solche Legierungen bei etwa 900 °C erschmelzen; man muss besondere niedrig schmelzende Lote auswählen.

Bei der Verarbeitung der Legierungen zwischen Au 500 und Au 750 ist zu berücksichtigen, dass sie im Aushärtungsbereich liegen. Will man solche Legierungen nach dem Gießen oder nach dem Glühen in weichem Zustand weiterbearbeiten, muss die Aushärtung durch Ablöschen in Wasser oder Spiritus verhindert werden; soll das Werkstück dagegen hart bleiben, muss es nach dem Glühen bei niedriger Temperatur getempert werden.

Von starken Säuren, besonders Salpetersäure, werden die Legierungen unter Au 650 zersetzt, bei höherem Feingehalt erfolgt kein Angriff. Alle Legierungen sind in Königswasser löslich. Ein wichtiger Nachteil ist die geringe Luftbeständigkeit, weil die Legierungen unter Au 508 merklich anlaufen; mit Schwefel-leber können sie geschwärzt werden.

Lediglich die Au-900-Legierung hat als Münzgold eine gewisse Bedeutung erlangt, sonst gilt auch hier, dass noch weitere Metalle zugesetzt werden, sodass auch Au-Cu vorwiegend als Randsystem der Dreistofflegierung Au-Ag-Cu Bedeutung hat.

### 1.6.2.3 System Ag-Cu

Das ist die eigentliche Silberlegierung, denn trotz aller Bemühungen gibt es praktisch keine bessere Silberlegierung für Schmuck und Silberschmiedearbeiten als eben diese mit Kupfer. Die alte Feingehaltsangabe nach »Lot« ist nicht mehr zulässig. Mit dem Stem-

pelgesetz ist festgelegt worden, dass der Anteil des Silbers in der Gesamtlegierung in Tausendteilen anzugeben ist, und so wird ja auch gestempelt.

»Ag 900« bedeutet also, dass von 1000 Teilen dieser Legierung 900 Teile Silber sind; die restlichen 100 Teile bestehen aus dem Zusatzmetall, üblicherweise also Kupfer.

### Zustandsdiagramm (Bild 1.23 a)

Die Ag-Cu-Legierungen bilden ein eutektisches System, bei dem zwischen beiden Metallen eine Mischungslücke besteht, weil im Kristallgitter des einen nur eine begrenzte Menge der Atome des anderen Metalls aufgenommen werden kann. Ein Eutektikum ist ein Gemenge aus zwei oder mehreren Stoffen, die bei einem konstanten Temperaturminimum nebeneinander auskristallisieren (griech.: ευτηκτος eutektos: leicht schmelzend).

Obleich man Silber und Kupfer in jedem beliebigen Verhältnis miteinander legieren kann, besteht das Gefüge doch immer nur aus den im Schlibfbild deutlich unterscheidbaren Kristallarten:

- silberreiche  $\alpha$ -Mischkristalle mit maximal Cu 90
- kupferreiche  $\beta$ -Mischkristalle mit maximal Ag 80

Liquidus- und Soliduskurve treffen im *Eutektischen Punkt* (Ag 720; 779 °C) zusammen. Während die Liquiduskurve fast geradlinig von den Schmelzpunkten der reinen Metalle zu diesem Punkt abfällt, enthält die von den gleichen Temperaturpunkten ausgehende Soliduskurve als waagerechten, durch den Eutektischen Punkt verlaufenden Abschnitt die Eutektikale (Ag 910 bis Ag 80; 779 °C), die folgende Bedeutung hat:

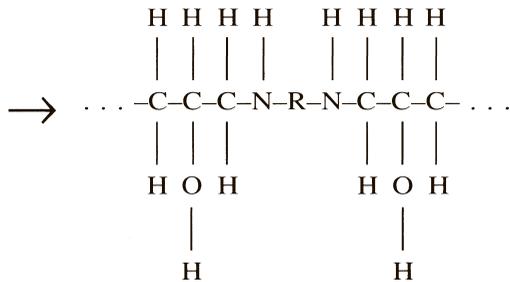
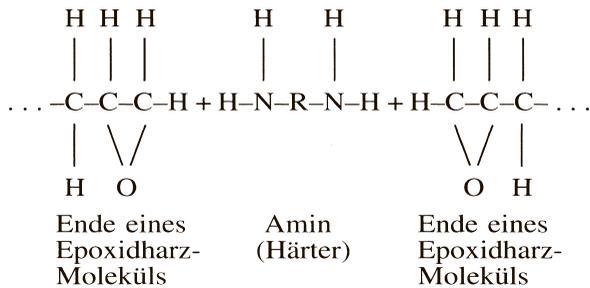
- Beginn und Ende der bei konstanter Temperatur verlaufenden Entstehung des eutektischen Gefüges,
- Solidustemperatur der betreffenden Legierung,
- zusammen mit den von der Eutektikalen ausgehenden Entmischungskurven wird der eutektische Bereich markiert.

Man unterscheidet:

- eutektische (Ag 720)
- übereutektische (Ag 910 bis Ag 720)
- untereutektische (Ag 720 bis Ag 80)
- außereutektische Legierungen (Ag 1000 bis Ag 910; Ag 80 bis Ag 0)

(Bilder 1.24 bis 1.27)

Zum besseren Verständnis des eutektischen Systems soll der Abkühlungsverlauf an einigen Beispiellegierungen erläutert werden.



Die Epoxidharze sind glasklar mit leicht gelblich-bräunlicher Tönung und lassen sich leicht einfärben. Gegen aggressive organische und anorganische Stoffe sind sie beständig. Sie haben fast keinen Schwund beim Aushärten, deshalb eignen sie sich auch als Gießharze.

## 2.8 Keramik

### Keramik-Schmuck

Auf den beliebten Kunsthandwerkermärkten findet man bei so manchem Keramiker neben der traditionellen Töpferware hin und wieder ganz reizvolle Schmuckstücke, meist Anhänger, phantasievoll aus Ton modelliert und oft farbig glasiert. Sie werden genauso hergestellt wie alle üblichen Keramiken, wir brauchen also in unserem Buch darauf nicht einzugehen. Es sei aber angemerkt, dass über diese zaghaften Versuche hinaus »Schmuck aus Keramik« ein reizvolles Thema mit guter Perspektive sein könnte.

### Porzellan-Schmuck

Für »Schmuck aus Porzellan« gilt das Gleiche. Vor etwa 50 Jahren brachte die Porzellanmanufaktur Meißel ovale Porzellanplättchen heraus, mit Blumenbildern, roten und grünen chinesischen Drachen bemalt, die der Goldschmied zu Anhängern verarbeiten musste.

### High-Tech-Keramik

Firma CERICO GmbH & Co. KG, Darmstädter Str. 36  
64625 Bensheim. Tel.: 06251/985188  
www.cerico.de, E-Mail: info@cerico.de

Das hat nichts mehr mit der überkommenen Vorstellung von gebranntem Ton zu tun. Hochwertige Farbsteine, in Gelbgold oder Platin gefasst, in glatte, schlichte Ringe aus hochglänzender oder matter schwarzer Keramik eingelassen – das ergibt eine edle Materialkombination (Bilder 2.25 und 2.26). Es handelt sich um einen hochwertigen oxidkeramischen Werkstoff mit dichter, polierfähiger Oberfläche, so hart wie Korund (Härte 9), deshalb völlig kratzfest und darüber hinaus sehr bruchzäh und völlig anti-allergen. Die keramische Pulvermischung, u. a. mit einem Zusatzstoff versehen, der beim Brand die gewünschte Farbe ergibt, hat die Konsistenz von fein



Bild 2.25

Ringe, High-Tech-Keramik, Edelsteine in Gold- und Platinfassungen (Firma CERICO GmbH & Co KG Bensheim)



Bild 2.26

Ringe, High-Tech-Keramik, Edelsteine in Gold- und Platinfassungen (Firma CERICO GmbH & Co KG Bensheim)

- egal, welche Außenform das Blech hat, die Schläge werden immer von der Mitte her kreisförmig nach außen geführt,
- die Randzone wird weniger oder gar nicht bearbeitet, damit sich an den Kanten keine Wellen bilden,
- rechteckige und ovale Bleche werden in Längsrichtung bearbeitet.

Nachdem man das Blech so durchgespannt hat, wie es auf Bild 6.2 a gezeigt ist, hält man es schräg gegen Licht. So erkennt man am besten, ob das Blech ganz glatt ist, oder ob es noch Beulen hat. Eine Beule bedeutet, dass das Metall an dieser Stelle zu stark gedehnt wurde, sodass es sich aus der Ebene nach vorn oder hinten herausgedrückt hat. Solche Beulen müsse geradegezogen werden. Es nützt nichts, wenn man auf diese Beule schlägt, denn man kann das aufgewölbte Blech nicht zurückdrücken, sondern mit jedem Schlag würde es mehr gedehnt, und die Beule würde nur noch größer.

Wenn man dagegen die Metallfläche rings um die Beule mit gezielten Schlägen spannt, wird diese Randzone härter, und das Blech dehnt sich in Richtung nach der glatten Fläche stärker aus, weil in dieser Richtung der Umformungswiderstand geringer ist. Infolge der rings um die Beule entstehenden Spannung wird der durchgewölbte Bereich schließlich glattgezogen. Wenn nötig, wird das Ausspannen so oft wiederholt, bis die Wölbung verschwunden ist. Selbstverständlich muss rechtzeitig zwischen-geglüht werden. Häufig liegen solche Beulen dicht nebeneinander; sie werden gemeinsam eingeebnet (Bild 6.2 f). Die Eckbereiche des Blechs werden so gespannt, dass man sie wie Dreiecksflächen behandelt, deren Spitzen zum Rand zeigen und die jeweils von ihrem Zentrum aus bearbeitet werden (Bilder 6.2 b, d).

Auf der Richtplatte wird die Qualität der gespannten Fläche kontrolliert.

Immer wieder kommt es vor, dass sich lange Blechstreifen beim Zuschneiden oder beim Walzen verziehen, dass also eine Seite des Streifens länger wird als die andere. In solchen Fällen wird der Streifen im Bereich der kürzeren Seite gespannt und dadurch so gestreckt, dass sich die Längen der Kanten ausgleichen. Danach wird der Blechstreifen ausgeglüht und nochmals im Ganzen gespannt (Bild 6.2 g, h).

In Weiterführung des Verfahrens kann das ebene Blech auch so gespannt werden, dass es in der Form eines Uhrglases straff durchgewölbt wird. Dazu wird die flach gewölbte Hammerbahn verwendet, und man schlägt vom Rand aus in spiralförmigem Verlauf bis zur Mitte. Nachdem die Randzone durch die Schläge verfestigt ist, können bei der fortschreitenden Bearbeitung die Kristallite der äußeren Kraft nur dadurch

ausweichen, dass sie sich in Richtung zur noch un- bearbeiteten Blechmitte hin umformen. Da sich der Rand nicht ausweitet, das Blech mit jedem Hammer- schlag aber gedehnt wird, kann es sich innerhalb des vorgegebenen Umfangs strecken, und so wölbt es sich durch. Natürlich muss bei der Bearbeitung das gewölbte Blech immer so auf dem Flachstock gehalten werden, dass die Schlagstelle genau auf dem Amboss aufliegt.

Solche in Wölbung gespannte Bleche haben eine hohe Stabilität. Der Silberschmied benutzt sie als Gefäßdeckel, hohl gewölbten Gefäßboden, Leuchterfuß und in reiner Form als Gong.

### 6.4 Auftiefen

Mit dem Kugelhammer wird das Blech in eine der Gefäßform entsprechende Holzmulde geschlagen.

Als Schlagunterlage eignet sich besonders der Holzklotz; ein standfester, etwa 60 cm hoher Abschnitt eines Baumstamms aus Hartholz.

Mit dem Stemmbeitel werden einige Mulden unterschiedlicher Größe und Tiefe sorgfältig ausgearbeitet. Man kann auch Hartholzklotze mit eingearbeiteter Mulde verwenden, die man in den Schraubstock einspannt, aber sie federn beim Schlag immer etwas nach.

Mit kugelförmigen und gewölbten Hämmern kann man ganz gezielt schlagen, sie eignen sich besonders zur Bearbeitung dünner Bleche.

Für dicke Bleche und tiefere Gefäßformen wendet man das »Poltern« an. Mit schweren – und dadurch besonders wirkungsvollen – Kugelhämmern oder sogar mit dem kugligen Einsteckamboss stampft man mit großer Wucht das Blech in die Holzmulde.

Als Übungsstücke für das Auftiefen eignen sich runde Schalen von 15 . . . 20 cm Durchmesser. Das Material kann Kupfer oder Messing sein; die Blechdicke soll 0,7 . . . 1,0 mm betragen.

*Gewölbte Schale.* Diese ist die einfachste Form einer aufgetieften Schale, sie entspricht einem Kugelabschnitt. Der Fuß wird als Zarge untergelötet (Bild 6.3).

Zunächst wird eine Schablone angefertigt, damit man die Form kontrollieren kann (Bild 6.3 b). Diese Vorbereitungsarbeit ist bei der Anfertigung aller Korpusgegenstände erforderlich, muss also bei den folgenden Beispielen nicht nochmals ausführlich behandelt werden. Die Zeichnung des Seitenrisses wird auf Transparentpapier übertragen. An der Mittelachse wird die Zeichnung zusammengeknickt, und man überprüft die Symmetrie. Um sicherzugehen, genügt es, dass man nur eine Hälfte der Zeichnung auf das Transparentpapier überträgt und die andere

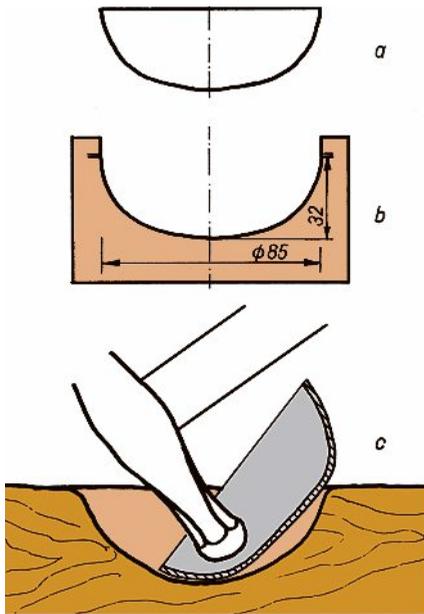


Bild 6.3  
Aufziehen einer gewölbten Schale. a) Seitenansicht, b) Schablone, c) Bearbeitung in der Holzmulde

Hälfte auf dem zusammengefalteten Transparentpapier ergänzt. Für Schablonen eignet sich gut eine 3 mm dicke Hartfaserplatte, auf die die Seitenansicht vom Transparentpapier übertragen wird; für kleinere Formen genügt auch stabile Pappe.

Die Form wird ausgesägt, nach oben bleibt die Schablone noch etwas länger. Gefäßhöhe und Mittelachse werden mit einer Linie auf der Schablone markiert.

Die Schablone bewahrt man zur Wiederverwendung auf, deshalb werden die wichtigsten Daten darauf vermerkt:

- Größe, Dicke, Masse der Platine,
- Abmessung der fertigen Schale (Durchmesser und Höhe),
- Hauptarbeitsgänge, Arbeitszeit, Masse der fertigen Schale.

Wenn man für dieses einfache Beispiel einen solchen Aufwand auch nicht zu betreiben brauchte, soll dieses Modell auch für kompliziertere Anwendungsfälle gültig sein!

Mit dem rechnerisch ermittelten Durchmesser wird die Platine angerissen, ausgeschnitten und befeilt. Für Kontrollmessungen während der Bearbeitung ist es bei dieser, wie auch bei allen folgenden Platinen wichtig, dass das Zentrum dauerhaft markiert wird.

Am einfachsten lässt sich das Gefäß formen, wenn die Holzmulde genau der Schalenform entspricht.

Das wäre wünschenswert, ist aber durchaus keine Bedingung und trifft in den seltensten Fällen zu.

Beim Auftiefen wird das Blech grundsätzlich von außen nach innen bearbeitet!

Man beginnt also am Rand und setzt die Schläge in einem spiralförmigen Verlauf dicht nebeneinander, bis das Zentrum erreicht ist. Auf diese Weise wird das Blech vom Rand aus mit kräftigen, gleichmäßigen Schlägen in die Mulde getieft. Da es hohl liegt, gibt es leicht nach und dehnt sich (Bild 6.3 c).

Beim Auftiefen wird das Blech etwas dünner.

Schon wenn man einmal rings um den Rand geschlagen hat, sieht man deutlich die beginnende Wölbung. Auch bei der weiteren Bearbeitung achte man immer darauf, dass das Blech an der Schlagstelle hohl liegt.

Nachdem die Schale einmal durchgehämmert worden ist, vergleicht man das Ergebnis mit der Schablone. Wenn man noch weiter tiefen muss, kann die Arbeit in gleicher Weise wiederholt werden. Die Mulde muss immer so beschaffen sein, dass auch die inzwischen eingegengte Form noch hohl liegt. Die fertig getiefte Schale vergleicht man wieder mit der Schablone. Wenn der Verlauf der Rundung noch nicht überall stimmt, korrigiert man die noch unbefriedigenden Stellen, indem man hier noch etwas nachschlägt.

Flache Schale mit niedrigem Rand (Bild 6.4). Wenn die Schale eine Standfläche haben soll, wird der Schalenrand von der Außenkante beginnend nur bis

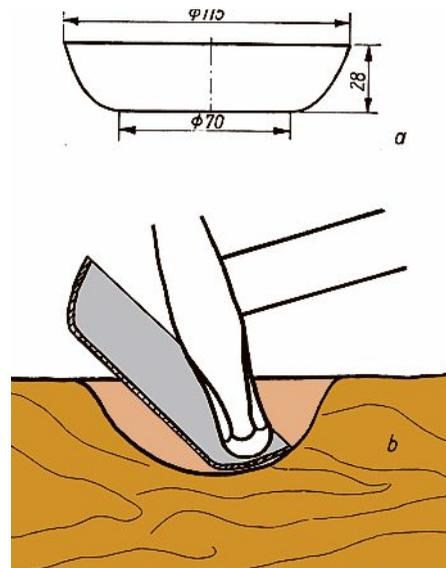


Bild 6.4  
Aufziehen einer flachen Schale mit niedrigem Rand. a) Seitenansicht, b) Bearbeitung in der Holzmulde

zur Markierung des Bodens getieft; die Bodenfläche bleibt unbearbeitet. Wenn nötig, kann die Tiefung des Randes auch wiederholt werden; mit der Schablone wird die Arbeit kontrolliert.

*Flache Schale mit hohem Rand* (Bild 6.5). Nicht immer wird man solche Holzmulden zur Verfügung haben, die mit der gewünschten Schalenform übereinstimmen. Man kann sich dann so helfen, wie es auf dem Bild zu sehen ist. Der Rand der Schale wird in diesem Fall in einer halbkuglig ausgearbeiteten Holzmulde bearbeitet, die etwa mit der Rundung des Randes übereinstimmt.

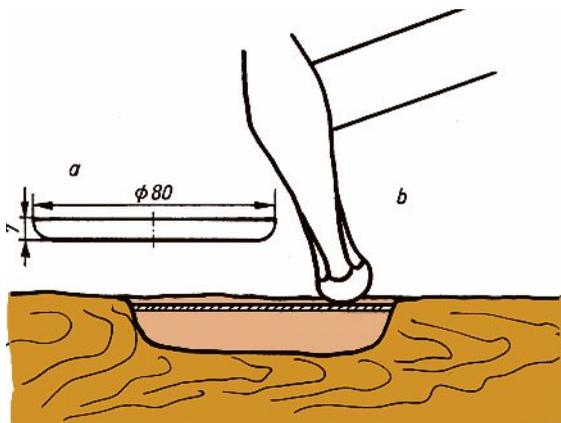


Bild 6.5  
Aufziehen einer flachen Schale mit hohem Rand.  
a) Seitenansicht, b) Bearbeitung in der Holzmulde

Meist ist der äußere Rand der Schale nach dem Aufziehen noch etwas nach außen gewölbt, die Wandung der Schale ist also noch nach innen statt nach außen gewölbt. In diesen Fällen wird der Rand auf dem Flachstock mit dem flach gewölbten Hammer nachgerichtet (Bild 6.6).

*Nacharbeit der aufgetieften Schale.* Nun kann das Planieren beginnen. Man benutzt als Amboss geeignete Fausteisen mit passender Wölbung, deren Oberfläche natürlich gut poliert sein muss. Man schlägt mit einem mäßig gewölbten Knaufhammer. Die leicht vorgeritzte Kontur der Standfläche bei der flachen Schale wird mit überhämmert, sodass ein gerundeter Übergang entsteht.

Der Boden der flachen Schale ist nach der Vorformung meist noch etwas nach außen gewölbt, die Schale hat noch keine sichere Standfläche. Die Schale wird deshalb umgewendet und mit dem Boden auf die Richtplatte gelegt. Mit dem Spannhammer bearbeitet man die hohl liegende Bodenfläche. Wenn es

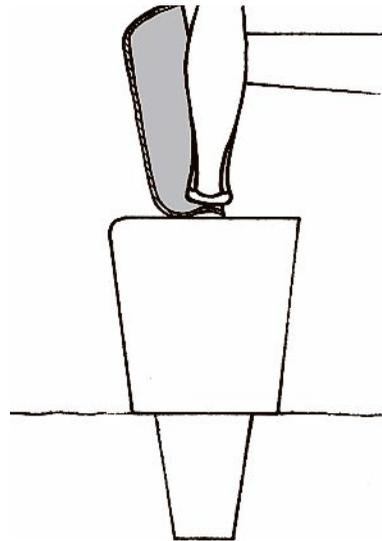


Bild 6.6  
Ausrichten des Rands der Schale

dem Anfänger noch nicht gelingt, eine absolut ebene Standfläche zu bekommen, richtet man es so ein, dass der Boden leicht nach innen durchgespannt wird. Dadurch bekommt die Schale eine gute Stabilität, und da sie nur auf der Bodenkante aufsteht, kann sie nicht kippen.

Auf einem Abziehstein wird die Oberkante der Schale glattgezogen, dann wird diese Kante noch geschmirgelt.

## 6.5 Aufziehen

Während das Spannen auf ebene oder nur leicht gewölbte Bleche beschränkt ist, beim Tiefen nur eine Schalenform entsteht, ist das Aufziehen die eigentliche Methode, um aus der flachen Blechscheibe nahtlos ein Hohlgefäß zu gestalten. Es ist immer wieder faszinierend, wie mit einfachen Hämmern und geringen Hilfsmitteln durch das Geschick des Silberschmieds die Gefäßwand hochwächst, wie sich das Blech staucht und streckt, wie das Metall ganz unterschiedlich reagiert, wenn man die Hammerhaltung etwas ändert. So kann aus der Platine ein Becher, eine schlanke Weinkanne oder eine Kugelvase werden.

Das kann man nicht aus einem Buch erlernen, sondern das muss man sich unter Anleitung eines erfahrenen Meisters Schritt für Schritt erarbeiten. Was hier dazu gesagt wird, soll als Anregung zu eigenen Versuchen dienen. Wer Spaß daran findet, wird es weiter betreiben und seine Fertigkeit entwickeln.

## 8.3 Granulieren

### Vorbemerkung

Als Granulation bezeichnet man die Ziertechnik, bei der kleine Metallkugeln (Granalien) auf eine Metalloberfläche gelötet bzw. geschweißt werden. Umfangreiche Informationen über das Verfahren aus historischer und technischer Sicht findet man in:

BREPOHL: Theophilus;  
NESTLER/FORMIGLI: Granulation;  
WOLTERS: Granulation.

Seit dem Ende des 19. Jahrhundert suchte man unter dem Eindruck der wiederentdeckten etruskischen Granulationsarbeiten in historischen Quellenschriften, wie THEOPHILUS, CELLINI, nach Informationen über »Granulation«. Man fand nichts. Man konnte auch nichts finden, weil es eine solche Spezialtechnik nie gegeben hatte, aber man war dicht dran, man hätte nur die Kapitel über das Lötten durchlesen müssen – und all die vielen, mühsamen Rekonstruktionsversuche hätte man sich sparen können. Man wäre auf das Reaktionslöten gestoßen, also auf das Verfahren, mit dem nicht nur Fassungen und Drahtornamente, sondern speziell die uns hier interessierenden Kügelchen seit der Antike bis zum Mittelalter mit dem Grundblech verbunden wurden, das wir anschließend ausführlich behandeln werden, und das nur bei reinen Edelmetallen funktioniert.

Gold war immer knapp! Mit Beginn des 13. Jahrhunderts entwickelten sich die Städte zu wirtschaftlichen und kulturellen Zentren. Münzwesen, Ausstattung der Kirchen, Ansprüche der bürgerlichen Oberschicht ergaben einen derartigen Edelmetallbedarf, der nicht mehr zu beschaffen war. Also begann man, das Silber mit Kupfer und das Gold mit Silber und Kupfer zu legieren, um die verfügbare Edelmetallmenge zu vergrößern.

Demnach gilt seit 800 Jahren: Keine reinen Edelmetalle – kein Reaktionslot. Filigranornamente und Metallkügelchen konnte man nur noch mit normalem Hartlot auflöten.

Die Wiederbelebung der Granulation ist bis zum Ende des 20. Jahrhunderts von zahlreichen Irrtümern und Missverständnissen begleitet, in den zahlreichen Fachartikeln rühmten die Autoren sich selbst und ihre Granulationsarbeiten, verhüllten ihre Erfahrungen in geheimnisvollem Nebel, und jeder Autor übernahm von seinen Vorgängern das Märchen vom Goldkarbid, das beim Erhitzen der Kugeln im Holzkohlepulver an der Granalienoberfläche entstand und die Schmelztemperatur der Kugeloberfläche verringerte – offenbar eine Analogie zum Eisenkarbid –

nur schade, dass sich das Edelmetall unter Normalbedingungen nicht mit Kohlenstoff verbinden kann!

### Historische Lötverfahren

Seit der Antike bis ins Mittelalter benutzte man, den jeweiligen Erfordernissen entsprechend, zwei ganz unterschiedliche Lötverfahren.

*Montagelötung.* Wenn man beispielsweise die beiden Henkel an einen Kelch montieren wollte, wurde die Fuge zwischen den Verbundteilen mit einer niedrigschmelzenden Lotlegierung ausgefüllt, also genauso, wie wir es heute noch machen.

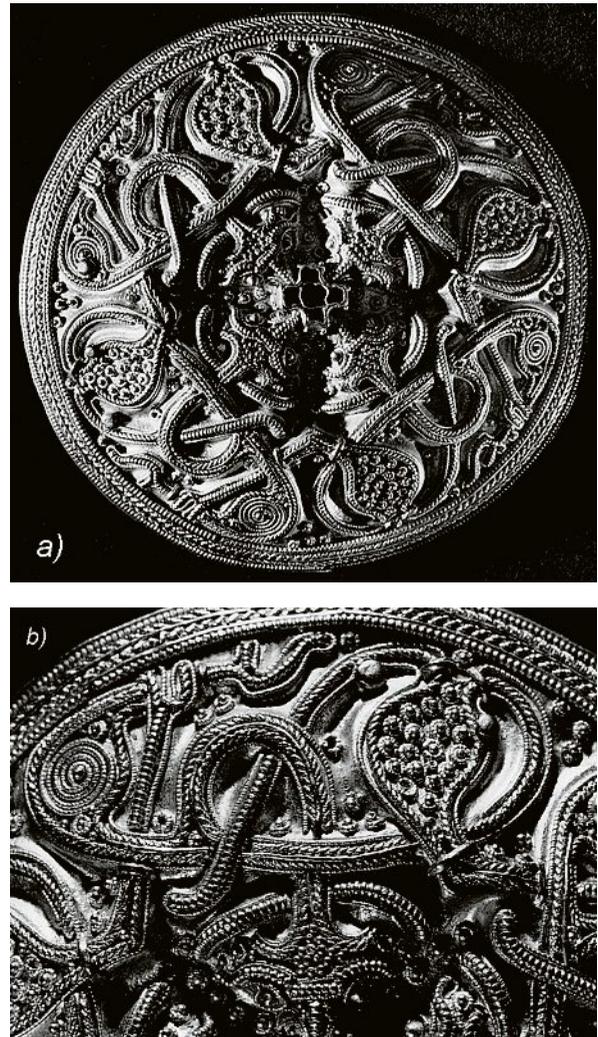


Bild 8.23  
Belötung mit Filigrandrähten und Granalien. »Goldschatz von Hiddensee«. Ende 10. Jahrhundert, Jütland. a) Gesamtansicht der Scheibenfibel, b) Detail (Kulturhistorisches Museum Stralsund)

*Belötung mit Reaktionslot.* So wurden beispielsweise die Stege für die altägyptischen Zelleneinlagen, die Drahtornamente und die Kügelchen des Hiddenseeschmucks (Bild 8.23), die Steinfassungen und Filigranornamente mittelalterlicher Bucheinbände mit Reaktionslot aufgebracht.

Für das Reaktionslot werden folgende Kupferverbindungen empfohlen:

- *Chrysokoll.* Ein amorphes, erdiges, wasserhaltiges Kupfersilikat ( $\text{CuSiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), grün bis blaugrün, kantendurchscheinend, ein Stein, der oft zusammen mit Malachit und Azurit vorkommt. Von Plinius erfahren wir, dass das Pulver dieses Steins schon in der Antike zum Lötten verwendet wurde, daher auch sein Name: »chrysokolla« (gr: χρυσόκολλα, Goldkleber). In der Literatur wird immer wieder behauptet, dass Plinius damit den Malachit gemeint hätte. Guido Graeff (Karlsrufer-Helmarshausen) hat durch eigene Experimente nachgewiesen, dass der Malachit ungeeignet ist, dass aber mit Chrysokoll auch komplizierte Lötungen in beachtlicher Qualität möglich sind. So verdanken wir ihm die Erkenntnis, dass nicht Malachit, sondern Chrysokoll der antike »Goldkleber« ist!
- *Kupfer(II)-oxid*  $\text{CuO}$ , das schuppenartig beim Glühen des Kupfers als »Kupferhammerschlag« entsteht.
- *Kupfer(II)-hydroxid*  $\text{Cu(OH)}_2$ , das beim Erhitzen mit Alkali in schwarzes Kupfer(II)-oxid übergeht.
- *Kupferchlorid*  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , entsteht beim Glühen eines mit Kochsalz bestrichenen Kupferblechs (nach THEOPHILUS).
- *Kupfersulfat*  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

Es sei nochmals betont: Die Reaktionslötung funktioniert nur, wenn das Grundblech und alle Teile, die damit verbunden werden sollen, aus reinem Gold bzw. reinem Silber bestehen!

- Auf das Grundblech wird eine chemische Kupferverbindung aufgebracht.
- Dazu kommt eine organische Substanz als Reduktionsmittel, die auch als Kleber dient, und ein Flussmittel.
- Auf den so vorbereiteten Rezipienten werden Zargenfassungen, Drähte, Stege und Kugeln aufgelegt.
- Im reduzierenden Holzkohlenfeuer zerfällt die Kupferverbindung.
- Das freigesetzte Kupfer bildet an der Gold- bzw. Silberoberfläche eine niedrig schmelzende Legierung.
- Wenn die Oberfläche so aussieht, »als ob du Wasser ausgeschüttet hättest« (THEOPHILUS), sinken die aufgelegten Teile in diese Schmelzschicht ein und werden innig mit dem Grundmetall verbunden.

Beim Erwärmen wird die organische Substanz zerlegt, es wird Kohlenstoff freigesetzt, der, unterstützt durch das reduzierende Holzkohlenfeuer, die Kupferverbindung reduziert. Fein verteilte Kupferteilchen diffundieren in die Oberflächen des Grundmetalls und der Belötungselemente. Auf dem hoch schmelzenden Feingold bzw. Feinsilber entsteht eine niedrig schmelzende Kupferlegierung.

- Die Schmelztemperatur des *Feingolds* ( $1063\text{ }^\circ\text{C}$ ) wird durch Cu bis zum Minimum bei Au 820 ( $889\text{ }^\circ\text{C}$ ) vermindert.
- Auf Feinsilber ( $960,5\text{ }^\circ\text{C}$ ) entsteht eine eutektische Legierung Ag-Cu ( $779\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Die besonderen Vorzüge des Reaktionslots bestehen darin, dass

- eine gleichmäßige Schmelzschicht ausreichender Dicke auf dem Rezipienten entsteht,
- es auch an den nicht belöteten Stellen keine Lotreste gibt, weil das Kupfer völlig diffundiert,
- es keine Rest von Lotpailen gibt, die mühsam entfernt werden müssten,
- alle Versäuberungsarbeiten entfallen.

**Heutige Granulationsverfahren** (Bilder 8.24 bis 8.29)

*Herstellung der Granalien.* Ein Blech wird so dünn wie möglich ausgewalzt, davon werden wie beim Lot Pailen abgeschnitten. Man kann auch von dünnen Drähten kleine Stücke abschneiden. In einen Schmelztiegel bringt man im Wechsel schichtenweise Holzkohlenpulver und mit einem Salzstreuer die Metallpailen ein. Der Tiegel wird so lange erhitzt, bis sich die Pailen zu Kugeln zusammengezogen haben.

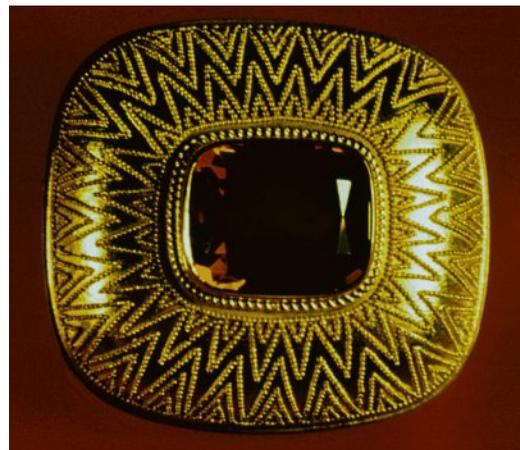


Bild 8.24  
Brosche, Gold. Ornamentale Zeichnung mit Granalien (Siegfried Meyer, Freiberg, Sachsen)



Bild 8.25  
Anhängler, Au 900, granuliertes Ornament (Pura Ferreiro, München)



Bild 8.26  
Kreuz mit Flächengranulation, Au 900 (Pura Ferreiro, München)



Bild 8.27  
Ohrklipp mit granulierter Windrose, Au 900, Diamanten (Wiebke Peper, Wackernheim)



Bild 8.28  
Granulierte Kugeln, Au 900 (Wiebke Peper, Wackernheim)



Bild 8.29  
Granuliertes Kettenschloss »Spirale«, Au 900. Kette aus Labradoritperlen (Wiebke Peper, Wackernheim)

Der Tiegelinhalt wird in Wasser gegossen, ausgeschlämmt und getrocknet.

Um die Kugeln zu sortieren, fertigt man sich ein gestaffeltes Siebbehälnis an. Dazu braucht man einige Metallsiebe unterschiedlicher Maschenweite oder Bleche mit unterschiedlichen Bohrungen. Die Siebe werden in einem Rohr geeigneter Größe so angeordnet, dass die Lochgrößen von einem Sieb zum nächsten abnehmen. So kann man die Kugeln nach Größen sortieren und in den Einsätzen festhalten.

#### Reaktionslötung der Granalien

Dieses Verfahren gilt besonders für die etwas größeren Granalien, die in der Hitze, während des Verbundvorgangs, nur an der Oberfläche erschmelzen, während der Kern unverändert fest bleibt.

Eine wässrige Lösung aus Kupfersalz, Flussmittel und Klebstoff (Tragant) wird auf die Bereiche des Rezipienten aufgebracht, die mit Granalien belegt

werden sollen. Auf die so vorbereitete Oberfläche werden die Granalien aufgelegt.

Nach dem Trocknen wird mit reduzierender Flamme langsam angewärmt, dann die Hitze weiter gesteigert, wodurch das Kupfer aus seiner Verbindung gelöst und zur Diffusion gebracht wird. Günstig ist es, wenn das Blech immer wieder auch von unten erwärmt wird.

Wenn die Oberfläche gerade spiegelnd erglänzt, weil die Solidustemperatur erreicht ist, sinken die Granalien in die ersmolzene Oberfläche ein – und das ist der entscheidende Moment!

Wenn Dauer und Intensität der Erwärmung zu gering sind, verschmelzen die Granalien nicht zuverlässig mit dem Rezipienten; ist die Hitze zu hoch, wird die Metallfläche rau, und der Reiz der Granulation geht verloren.

Nach Möglichkeit müssen alle Granalien in einem Arbeitsgang aufgebracht werden, denn es ist immer schwierig, einige Kügelchen nachträglich aufzubringen.

#### Aufschweißen der Granalien

Alle hier abgebildeten modernen Arbeiten sind besonders feine Granulationen, die keinerlei Lötsubstanz bedürfen, Kleber und Flussmittel genügen.

Man kann Au 900 verwenden, die Dicke der Grundplatte soll dem Granaliendurchmesser entsprechen. Lineare Motive werden dünn vorgraviert, damit die Kugeln sicher liegen. Als Kleber haben sich verdünnte Lösungen von Tragant oder ausgekochten Quittenkernen bewährt; das Flussmittel kann eine verdünnte Fluoronlösung sein. Die Granalien sollte man nicht abbeizen, weil die anhaftenden Holzkohleteilchen die Oberflächenspannung erhöhen. »Ich beize immer ab«, sagte mir eine erfahrene Kollegin. Man möge es ausprobieren.

Die Oberfläche des Blechs wird mit der Lösung aus Kleber und Flussmittel eingestrichen, die Granalien werden aufgesetzt und dann geduldig getrocknet.

Ebenso wie beim Reaktionslöten wird das Schmuckstück zunächst mit weicher Flamme vorgewärmt, von der Rückseite wird die Grundplatte weiter erhitzt, und dann erst streicht man mit der Flamme über die Vorderseite, bis der Rezipient gerade »spiegelt«. In dem Moment verschweißen die Granalien mit der erschmelzenden Oberfläche des Rezipienten.

Man kann davon ausgehen, dass die sehr kleinen Granalien während des Aufschweißens völlig flüssig sind, von der Oberflächenspannung des Metalls, die durch den Kohlenstoffüberzug noch vergrößert wird, aber zusammengehalten werden. Erinnerung sei an den allbekanntesten umgekehrten Effekt, wenn die Lotpaill-

le sich zur Kugel zusammenzieht, statt in die Fuge zu fließen.

#### Granulationsgestaltung

Nur durch beharrliches Üben und Probieren wird man *seine* Methode finden. Besonders die Wärmeregulierung beim Aufschweißen der Granalien erfordert sehr viel Übung, und dabei darf man sich nicht entmutigen lassen. Jeder Granuleur hat damit seine Anfangsschwierigkeiten. Da helfen keine noch so guten Ratschläge, das eigene Training ist nicht zu umgehen.

Ein bedeutender Granuleur sagte einmal: »Wenn die Granulierung eine so einfache Sache würde, dass jeder Stümper die Kugeln mühelos auf die Platte bekäme, wäre die Technik nur noch eine sinnlose Spielerei!«

Die gestalterischen Möglichkeiten ergeben sich aus den unterschiedlichen Anordnungen der Granalien. Man kann

- die Granalien punktförmig aufsetzen,
- lineare Gestaltungen aus Granalien zusammenstellen,
- nach dem Prinzip der dichtesten Kammerfüllung die Granalien zu Dreiecken, Rosetten, Trauben zusammenziehen,
- ganze Flächen mit Granalien belegen
- oder aber ganz feine Kügelchen als Staubgranulation aufbringen.

## 8.4 Verstiften und Vernieten

### Begriffsklärung

Es handelt sich um unlösbare Verbindungen, denn nur mit größerem Aufwand und durch Zerstörung des Nietkopfs kann man sie wieder öffnen.

Man unterscheidet:

- *Verstiftung*. Mit dem Scharnierstift werden die Scharnierröhrchen verbunden, und sie sind um diesen Stift beweglich (Gelenk eines Kastendeckels).
- *Lose Nietung*. Zwei oder mehr durchbohrte Teile werden unlösbar miteinander verbunden, bleiben aber trotzdem gegeneinander beweglich (Gelenk einer Zange) (Bild 8.30).
- *Festnietung*. Durchbohrte Teile werden starr miteinander verbunden (Befestigung eines nichtmetallischen Kannengriffs).

Der Niet besteht aus

- dem vorbereiteten *Setzkopf*,
- dem zylindrischen *Schaft*, der durch die Bohrungen gesteckt wird,

## Schmuckvitrine

Von den Zurichtungsarbeiten bis zu den vollendenden Techniken sind alle Arbeitsverfahren behandelt worden, die der Goldschmied braucht, um aus seinen gestalterischen Ideen schöne, brauchbare Schmuckstücke entstehen zu lassen. Neben den Bildern, die zur Erläuterung der handwerklich-technischen Prozesse erforderlich sind, wurden immer wieder Schmuck-

stücke gezeigt, an denen man die gestalterische Umsetzung der jeweiligen Arbeitstechnik erkennen kann. Jetzt, am Ende des 9. Kapitels, werden in der kleinen Schmuckvitrine einige meisterliche Arbeiten gezeigt, an denen man erkennen kann, welche gestalterischen Möglichkeiten sich aus der Kombination der verschiedenen Goldschmiedetechniken ergeben.



Bild 9.35  
Ring. Au 900, Platin, Südseeperle, Brillanten  
(Ute Buchert-Büge, Rodenbek)



Bild 9.36  
Ring. Au 900, Platin, Brillanten  
(Ute Buchert-Büge, Rodenbek)



Bild 9.37  
Ring. Au 900, eingeschweißtes  
Platingitter, Tahiti-Perle, Brillant  
(Wilhelm Buchert, Rodenbek)



Bild 9.38  
Ring. Au 900, gelbe Saphire  
(Wilhelm Buchert, Rodenbek)

## Schmuckvitrine



*Bild 9.39*  
Brosche. Au 900, grüner Turmalin  
(Wilhelm Buchert, Rodenbek)



*Bild 9.40*  
Brosche. Au 900, gelber Saphir, Diamant  
(Wilhelm Buchert, Rodenbek)



*Bild 9.41*  
Brosche. Au 900, Feueropal, Brillant  
(Wilhelm Buchert, Rodenbek)



*Bild 9.42*  
Brosche. Au 900, graue Perle, gelbe Saphire, Brillant  
(Wilhelm Buchert, Rodenbek)

## Schmuckvitrine

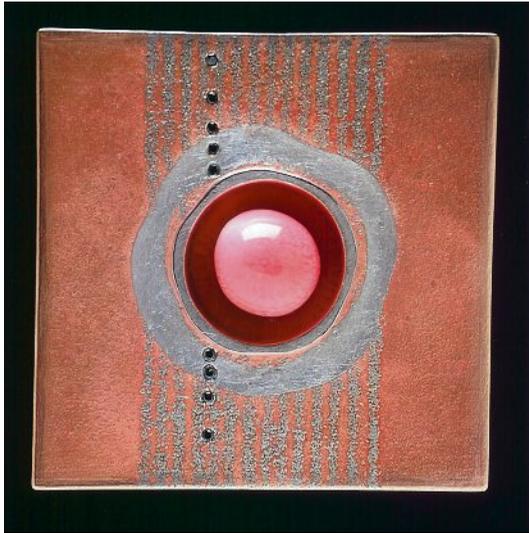


Bild 9.43  
Brosche/Anhänger. Au 750 Rotgold, Platin, Perle,  
schwarze Brillanten (Michael Zobel, Konstanz)

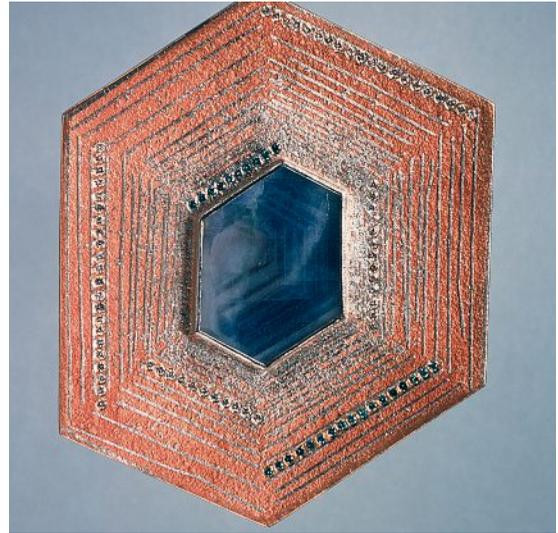


Bild 9.44  
Brosche/Anhänger. Au 750 Rotgold, Platin, Saphir,  
Diamanten (Michael Zobel, Konstanz)



Bild 9.45  
Brosche/Anhänger. Ag 925, Feingold, altrömischer  
Glasarmreif, Glasscheibe (Michael Zobel, Konstanz)



Bild 9.46  
Brosche/Anhänger. Ag 925, Au 917, Feingold, altrömischer  
Glasarmreif, Glasscheibe (Michael Zobel, Konstanz)

## Schmuckvitrine



Bild 9.47  
Brosche/Anhänger. Ag 925, Au 917, Feingold, Jade,  
Brillanten (Michael Zobel, Konstanz)



Bild 9.48  
Brosche/Anhänger. Ag 925, Feingold, Onyx,  
schwarze Diamanten (Michael Zobel, Konstanz)



Bild 9.49  
Brosche/Anhänger. Ag 925, Au 917, Feingold,  
Opaldoublette, Diamanten (Michael Zobel, Konstanz)



Bild 9.50  
Brosche/Anhänger. Au 750, Platin, Rutilquarz  
(Schliff: T. Munsteiner), Diamanten (Michael Zobel,  
Konstanz)

## Schmuckvitrine



Bild 9.51  
Brosche/Anhängel. Au 750, rötliches Elfenbein,  
Diamanten (Michael Zobel, Konstanz)



Bild 9.52  
Brosche/Anhängel. Au 750, Platin, Diamanten  
(Michael Zobel, Konstanz)

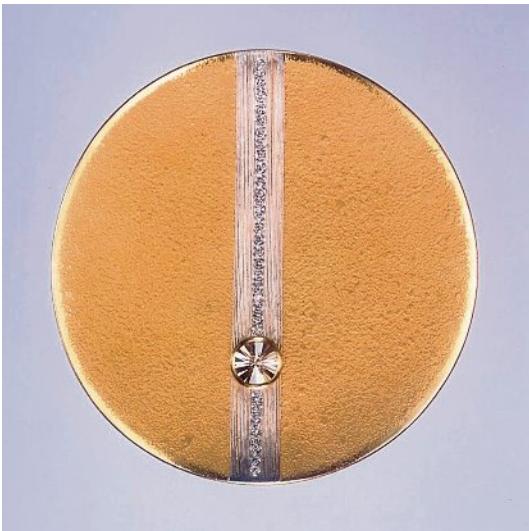


Bild 9.53  
Brosche/Anhängel. Au 750, Platin,  
Diamanten (Michael Zobel, Konstanz)



Bild 9.54  
Brosche/Anhängel. Au 750, altrömische Glasgemme,  
altägyptisches Amulett, Lapislazuli (Michael Zobel, Konstanz)

## Schmuckvitrine



*Bild 9.55*  
Armreif. Au 900, Au 750, Platin, Aquamarin  
(Schliff: B. Munsteiner),  
farblose und farbige Diamanten  
(Peter Schmid, Konstanz)



*Bild 9.56*  
Armreif. Au 900, Au 750, Platin, Silber, Quarz mit Glimmer  
(Schliff: T. Munsteiner),  
schwarzer Diamant, pinkfarbener Diamant,  
naturgraue Saatperlen (Peter Schmid, Konstanz)



*Bild 9.57*  
Armreif. Au 999, Au 900, Au 750, Smaragd, Opal, Rubin,  
schwarze Diamanten (Peter Schmid, Konstanz)



*Bild 9.58*  
Armreif. Silber, Au 999, Graue und champagnerfarbene  
Diamanten (Peter Schmid, Konstanz)

## Schmuckvitrine



Bild 9.59  
Anhängers. Silber, Au 999, Au 900, Bronze, Oregon Sunstone, Lapislazuli, Türkis, Imperia  
(Peter Schmid, Konstanz, Peter Lenk, Bodman)



Bild 9.60  
Brosche/Anhängers. Au 999, Au 750, Platin, Mammutzahn, Feueropale (Peter Schmid, Konstanz)

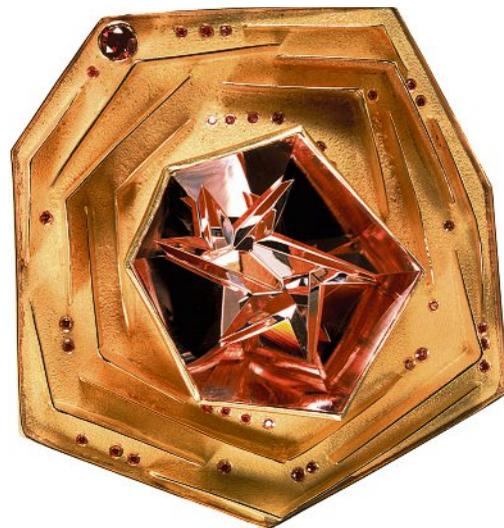


Bild 9.61  
Brosche / Anhängers. Au 750, Morganit (Schliff: T. Munsteiner), pinkfarbene Diamanten (Peter Schmid, Konstanz)

## 15.3 Direktes Metall-Laser-Sintern (DMLS)

Heimerle & Meule GmbH, Dennigstr. 16  
75179 Pforzheim Tel. 0723/940-0  
Cookson Precious Metals Ltd, 59-83 Victoria Street,  
Birmingham, B1 3NZ, United Kingdom  
Tel. 0044/121 233 8192

Noch vor wenigen Jahren war das neuste Vorgehen im 3D-Druck folgendes: Der Designer entwirft auf dem Bildschirm des Computers das Schmuckstück, und der 3D-Drucker macht daraus ein plastisches Wachsmodell, das dann abgeformt und auf übliche Weise gegossen werden kann.

»Hier entsteht die Technologie der Zukunft«, war der letzte Satz in der 16. Auflage dieses Buches. Inzwischen ist das »3D-Verfahren« technisches Allgemeinut geworden.

Doch unser Blick in die Zukunft vor kurzem wesentlich erweitert:

Auf der Inhogenta München präsentierte die Pforzheimer Heimerle + Meule GmbH zusammen mit seinem englischen Tochterunternehmen Cooksongold die »Direct Metal Laser Sintering-Technologie« (DMLS) die im Folgenden etwas erläutert wird (Bild 15.11).

Hierbei scheint die vollautomatische Herstellung hochwertiger Schmuckteile aus feinstem Metallpulver direkt aus dreidimensionalen CAD-Dateien möglich geworden. So sind kein Wachsmodell und kein Metallguss o. ä. mehr notwendig. Der Prozess beginnt mit der Gestaltung eines 3D-Modells anhand

einer CAD-Datei oder aus Scandaten, die nach einer Entwurfszeichnung des fertigen Schmuckstücks erzeugt werden (Bild 15.11). Die Modelldaten werden anschließend von der EOS-Software in einzelne Schichten unterteilt. Auf einer Grundplatte aus Edelstahl wird nun die erste Schicht aus feinstem Pulvermaterial aufgebracht. Im Computer tastet ein Sensor die Oberfläche des ersten virtuellen Scheibchens ab, steuert so einen fokussierten Laserstrahl. Durch dessen Energie wird das Edelmetallpulver zielgenau verschmolzen und verfestigt. Mithilfe des ersten virtuellen Scheibchens ist dessen präzises metallisches Abbild aus der Goldstaubschicht herausgesintert worden. So entstehen nun nach dem DMLS-Verfahren schichtenweise die Teile. Das lose Goldpulver wird entfernt, die Bauplattform senkt sich ab, und die nächste Pulverschicht wird aufgetragen. Auf das erste Metallplättchen des entstehenden Werkstücks wird wieder Goldpulver aufgebracht, der Laser formt daraus das nächste Metallplättchen, das sofort mit dem ersten versintert. So entsteht Schicht für Schicht das Schmuckstück in einem selbstarbeitenden Sinterprozess, ohne dass der Bediener eingreifen muss.

Auf diese Weise können erstmals Teile produziert werden, die aufgrund ihrer Komplexität nicht gießbar sind. Ebenso können Hohlteile mit diesem Verfahren hergestellt werden. Das Schmuckstück wird mithilfe des CAD-Verfahrens von einem Designer auf dem Computer entwickelt. Er muss kein Goldschmiedemeister sein, nicht unbedingt den »Brepohl« studiert haben, denn ohne Rücksicht auf die konventionellen Handwerkstechniken kann er mit seiner gestalterischen Phantasie ein ganz neuartiges virtuelles Schmuckstück konstruieren, das dann mit

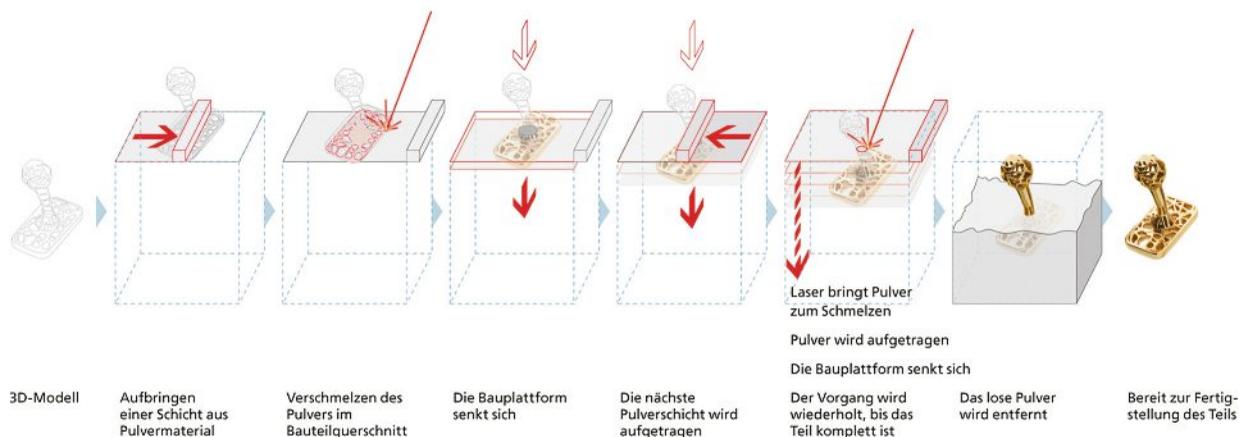


Bild 15.11

Vom Konzept bis zum verarbeitungsbereiten Endprodukt innerhalb eines Tages

# Sachwortverzeichnis

## A

Abdecklack 453  
Abdeckmittel 453  
Ablöschen 202  
Ablösen der Perle 368  
Abrauchen 407  
Abscheidung von Legierungen 465  
Abschneiden 307  
Abschrecken 202  
Absetzen 444  
Abwicklung 287  
Abziehen der Kante 277  
Abziehstein 377  
Acetylen 334, 336  
Acetylen 334  
Acetylenverfahren 144  
Acrylglas 113  
Ägypten 14  
Ajourarbeit 498  
Alexandrinischer Halsreif 14  
Alfenide 93  
Alpaca 93  
Alpaka 93  
Aluminium 35, 38, 39, 57, 76  
Aluminiumoxid 375  
Amalgam 406  
Amazonit 564  
Amboss 233  
amerikanisches Dublee 466  
Amethystgold 75  
Ammoniumchlorid 331, 420  
Ammoniumhydroxid 123  
Änderung der Ringweite 569  
Andrücken 495  
Anhänger 21, 81, 569  
Anhängerkette 260  
Anke 278, 291, 292  
Ankerkette 261, 262  
Anlassen 95  
Anlassfarbe 95  
Anlasstemperatur 95  
Anlaufen 54  
Anlaufen der Ag-Cu-Legierung 53  
Anlaufen der Au-Ag-Cu-Legierung 66  
Anpassen 339, 341  
Anschraubmechanik 557  
Ansteckschmuck 35, 567  
Arbeitsplatz 207, 208  
Argentan 93  
Armband 569

Armbandverschluss mit Blechhaken 528  
Armfeile 216  
Armreifriegel 234  
Armschmuckverschluss 526  
Asphaltlack 453  
Atomaufbau 27, 457  
Atomgefüge 29  
Ätzen 451  
Ätzflüssigkeit 453  
Ätzmittel 454  
Ätzzvorgang 454  
Au-333-Legierung 69  
Au-375-Legierung 71  
Au-585-Legierung 71  
Au-750-Legierung 72  
außereutektisches Gefüge 52  
Aufbereitung des Edelsteins 484  
aufgetiefte Schale 282  
aufgezogener Becher 284  
Aufkitten 368  
Aufkitten der Perle 367, 566  
Aufsägen des Ringes 570  
Aufschweißen 361  
Auftiefen 277, 278, 280  
Auftragen des Emails 426  
Aufziehen 277, 278, 282  
Aufziehholz 283, 284  
Ausfassen 492  
Ausfüllkitt 366  
Aushärten 190, 196  
Aushauwerkzeug 309  
auslaufende Kornreihe 508  
Ausschneiden 307

## B

Badspannung 461  
Bajonettverschluss 532, 544  
Balkenwaage 128  
Bandring 238, 239  
Bandsäge 212  
Bär 297  
Barettverbindung 524  
Barock 17  
Base 119, 122  
bauchiges Gefäß 289  
Baustahl 93, 94  
Bearbeitung des Elfenbeins 100  
Bearbeitung von Bein 103  
Bechereisen 284

Becherwandung 286  
begrenzte Löslichkeit 47  
begrenzte Milchkristallbildung 48  
Bein 99, 103  
Beizen 392, 394, 397, 399  
Beizgefäß 392  
Beizgerät 393  
Benvenuto Cellini 24  
Bernstein 564  
Beryll 564  
Besatzwerkstoff 366  
Beschichtung 466  
Beschichtungsverfahren 475  
Besteckkitt 366  
Besteckteil 467  
bewegliche Verbindung 519  
beweglicher Bügel 555  
Bewegungsscharnier 363, 520  
Biegen 242, 315  
Biegen mit der Hand 246, 253  
Biegen mit der Zange 246, 253  
Biegen von Blech 253  
Biegen von Draht 246, 324  
Biegen von Scharnier 258  
Biegewerkzeug 317  
Biegezeuge 244  
Bimsmehl 379  
Bimsstein 378  
Bindedraht 346  
Binden 346, 347  
Bindung 375  
Bindungsmittel 376  
Blasensilber 58, 59  
Blassgold 68  
Blausilber 59, 195  
Blecheinguss 157  
Blechplanchen 236  
Blechwalze 183  
Blei 34, 38, 39, 57, 76  
bleibende Biegung 243  
Bleiglätte 38  
Bleiunterlage 253  
Blindkorn-Reihe 508  
Blutstein 375  
Bockscharnier 549  
Bodeneisen 284  
Bogenfassung 489  
Bohren 221  
Bohrer 494  
Bohrerart 224  
Bohrmaschine 221, 223  
Bohrrolle 222

Bollstichel 432, 433  
 Borax 146, 332  
 Bördleisen 233  
 Bördeln 254  
 Borsäure 120, 201, 332  
 Brennen 399  
 Brennen des Emails 426  
 Brenngas 334  
 Brennunterlagen 423  
 Bretteisen 233  
 Bretthammer 231, 232  
 Brinellhärte 40, 64, 127  
 Bronze 90  
 Brosche 22, 81  
 Broschhaken 550, 551  
 Broschierung 545, 546, 567  
 Broschscharnier 548  
 Bruch 141  
 Bruchspäne 209  
 Brünieren 405  
 Brustschmuck 19  
 Büffelhorn 106  
 Bügelfibel 546  
 Bügelverschluss 541

C

CAD-System 579  
 Cadmium 35, 38, 39, 57, 76  
 Calciumcarbonat 375  
 Chaton 491  
 Chemikalie 119  
 Christofle-Metall 93  
 Chromoxid 375  
 Chrysoberyll 564  
 Chrysokoll 359  
 computergesteuertes Juwelenfassen 517  
 Crownclad 475

D

Damaszener Stahl 241  
 Dampfdruck 152  
 Decklack 453  
 Dehnung 43, 64  
 deutsche Edelmetallmünze 56  
 deutsches Dublee 466  
 Diamant 375, 563  
 Dichte 127, 131  
 Digital-Elektronen-Mikrometer 131  
 Dinglinger, Johann Melchior 18  
 Direktes Metall-Laser-Sintern (DMLS) 581  
 Dissoziation 457, 458  
 Doppelsalz 123  
 Drahtbiegen 246  
 Drahteinguss 157  
 Drahtwalze 183  
 Drahtziehen 187  
 drehbarer Stiftverschluss 540  
 Drehen 227, 228  
 Drehmaschine 228

Drehmeißel 229, 230  
 Drehsicherung 550  
 dreidimensionales Gravieren 439  
 Dreistoffdiagramm 60  
 Dreistoffsystem Au-Ag-Cu 60, 62, 65–67, 69, 72, 73  
 Dreul 221  
 3D-Drucker 579  
 Druckknopf 559  
 Druckpolieren 381  
 Dublieren 352  
 Dukatengold 74

E

ebener Pantograph 438  
 Ebenholz 110  
 Echtschmuck 32  
 Edelholz 110  
 Edelkorund 375  
 Edelmetall-Clay 81  
 Edelmetalllegierung 46, 197  
 Edelmetallscheidung 139  
 Edelmetallschmuck 32  
 Edelmetallverarbeitung 95  
 Edelstein in der Werkstatt 562  
 edles Weißgold 80  
 Eigenschaft wichtiger Metalle 32, 33  
 Einbettmasse 173  
 einfaches Biegen 316  
 eingelassene Fassung 497  
 eingeriebene Fassung 512  
 Einsatz- und Nitrierstahl 94  
 Einschnelden 307  
 Einständer-Exzenterpresse 304  
 Einsteckamboss 233  
 Einsteckfaust 233  
 Einzelfassung 109  
 Einzelkristallit 180  
 Einziehen 277  
 Eisen 38, 39, 56, 76, 93  
 Eisen-Kohlenstoff-Diagramm 94  
 Eisenhammerschlag 38  
 Eisenoxid 375  
 Eisensorte 95  
 elastische Biegung 242  
 elastische Umformung 179  
 Elefantenzahn 99  
 elektrische Bohrmaschine 221  
 Elektro-Schmelzofen 144  
 elektrochemische Beschichtung 461  
 Elektrokorund 375  
 Elektrolyt-Rückstand 141  
 elektrolytisches Oxidationsverfahren 36  
 elektrolytisches Polieren 381  
 elektronische Präzisionswaage 128  
 Elementarzelle 30  
 Elfenbein 99, 564  
 Elfenbeinarbeit 101  
 émail à jour 423  
 émail champlevé 423  
 émail cloisonné 422  
 émail de basse taille 423

émail en ronde bosse 423  
 émail mixte 423  
 émail peindre 423  
 Email-Miniaturmalerei 423  
 Emailfarben 423  
 emaillierbares Metall 424  
 Emaillieren 422  
 Emailmalerei 423  
 Emailofen 423  
 Emailvorbereitung 425  
 Engold 476  
 Entfetten 471  
 Entfettungsmittel 389, 390  
 Entsorgung verbrauchter Elektrolyte 480  
 Entsuden 477  
 Epoxidharz 114  
 Erbskette 261, 263  
 Erdgas 144, 333–335  
 erhaben gewölbter Armreif 292  
 Erstarrungsvorgang 152  
 Erstarrungswärme 153  
 Erweiterung des Schmuckringes 572  
 Erweiterung des Trauringes 571  
 Ethin 334  
 Eureka-Bohrer 224, 225  
 Eutektikale 50  
 eutektische Legierung 142  
 eutektischer Punkt 50  
 eutektisches Gefüge 52, 70  
 eutektisches System 50  
 Exzenterpresse 303

F

Facettenstichel 432, 433  
 Fadenfassung 503  
 Fadenstichel 432, 433  
 Fallhammer 297  
 Faltholz 283, 284  
 Farbänderung bei konstantem Feingehalt 89  
 Färben 392  
 Färben der Goldlegierung 398  
 Färben des Stahls 405  
 farbige Metallide des Goldes 75  
 Fasermatte 81  
 Faserstift-Galvanisiersystem 469  
 Fassen 483  
 Fassen des Steins 511  
 Fassen in Kastenfassung 487  
 Fassen von Juwelen 493  
 Fasskloben 495  
 Fassonkette 568  
 Fassung 483  
 Fassungsverbindung 525  
 Faulenzer-Arbeit 251  
 Faulenzer-Punze 442  
 federnder Stift 540  
 Federring 530, 542  
 Federstahl 94  
 Fehlermöglichkeit beim Bohren 223

Fehlermöglichkeit beim Emailieren 427  
 Fehlermöglichkeit beim Walzen 185  
 Feile 215, 217  
 Feilen 212  
 Feilnagel 207, 211, 219  
 Feilübung 220, 274  
 Feilung 141  
 Feingehalt 83  
 Feingold 148  
 Feingoldnachweis 137  
 Feingoldplattierung 474  
 Feinsilber 148  
 Feinsilbernachweis 138  
 Fensteremail 423  
 Festnietung 361  
 Fettlösungsmittel 389  
 Feuerschweißen 354  
 Feuervergoldung 405, 473  
 Fibeln 15  
 Filigran 270  
 Filigran-Netzwerk 271  
 Filigranbelötung 270  
 Filigrandraht 270  
 Filzscheibe 380  
 Finierfräser 227  
 Finnenhammer 231, 232, 284  
 Fion 495  
 Firnisbrand 401  
 Flachstichel 432, 433  
 Flachstichgravur 432  
 Flachstock 233  
 Flachzange 245  
 Flambieren 449  
 Flammenlötlung 340  
 Fliehkraft-Trommelverfahren 387  
 Fließen des Lotes 352  
 Fließspan 209  
 Fluoron 333  
 Flussmittel 327, 330, 340  
 Fluxit 333  
 Folgeschnittwerkzeug 313  
 Formbiegen 316, 318  
 Formflasch 161  
 Formguss 154, 158  
 Formrahmen 161  
 Formschmieden 236  
 Formstanzen 310, 316, 318  
 Formstanzwerkzeug 318  
 Fräsen 226  
 Fräser 226, 494  
 Fräserform 227  
 Freischneidwerkzeug 310  
 Freiwinkel  $\alpha$  209, 210, 215  
 Frischen 339, 341  
 Fuchsfänge 109  
 Fuchsschwanzkette 263, 264  
 Führungsschlitz 532  
 funktionelles Bauteil 519  
 Fußhebelpresse 299

## G

galvanische Anlage 467  
 galvanische Beschichtung 478  
 galvanische Einrichtung 467  
 galvanische Goldplattierung 68  
 galvanische Metallabscheidung 462  
 galvanische Vergoldung 68, 473  
 galvanische Versilberung 469  
 galvanischer Niederschlag 465  
 galvanischer Prozess 463  
 galvanisches Entsuden 477  
 galvanisches Rhodinieren 476  
 Galvanisieranlage 467  
 Galvano-Tisch 468  
 Galvanoformung 479, 480  
 Galvanoplastik 478  
 galvanoplastischer Hohl schmuck 479  
 Galvanotechnik 457  
 Garibaldi-Kette 261, 266  
 Gasflamme 201  
 Gasflasche 335  
 gasförmiger Brennstoff 333  
 Gaslöteinrichtung 335  
 Gasschweißen 355  
 gebundenes Schleifmittel 377  
 Geflechtkette 270  
 Geflechtschlauch 269  
 Geflechtverbindung 519  
 Gefüge 31  
 Gefügebau 328  
 geklebter Ring 370  
 Gekrätz 141  
 Gelbbrennen 91  
 Gelbsieden 397, 398  
 Genfer Zange 245  
 gerade Reihung 510  
 Geradzug-Guillochiermaschine 437  
 Geradzugmaschine 437  
 Gerstenkornscharnier 549  
 Gesamtschneidwerkzeug 313  
 Geschichte der Goldschmiedekunst 13  
 geschlossener Mantelring 294  
 gestrickte Kette 269  
 gestrickter Geflechtschlauch 268  
 Gewicht 127, 128  
 Gewinde 363  
 Gewindebohrer 365  
 Gewindedraht 270  
 Gewindekluppe 364  
 Gewindeschneideisen 364  
 Gießbarkeit 151  
 Gießen 151, 167  
 Gießen mit Fliehkraft 162  
 Gießen mit Schwerkraft 156  
 Gießtemperatur 152  
 Gießvorgang 152  
 Gin-shi-bu-ichi 403  
 Gipslötung 349  
 Gitterumwandlung 198  
 Glanzbrenne 400  
 Glanzbrennen 427  
 Glanzentgolden 477  
 Glanzschnitt 501

Glanzvergoldung 473  
 Glanzversilberung 469, 471, 472  
 Glasbein 99  
 Glasstein 564  
 Glüheinrichtung 201  
 Glühen 190, 201, 389, 397  
 Glühofen 201  
 Glühwachsen 408  
 Gold 32, 37, 38, 193, 397  
 Gold-Kupfer-Legierung 195  
 Gold-Silber-Kupfer-Legierung 195  
 Goldatom 29  
 Goldbeschichtung 474  
 Goldfeingehalt 83  
 Goldlegierung 397  
 Goldlegierung Au 333 71  
 Goldlegierung Au 585 71  
 Goldlegierung Au 750 74  
 Goldlot 330  
 Goldmünze 56, 74  
 Goldschatz von Hiddensee 358  
 Goldschmiedehammer 232  
 Goldschmiedewerkstatt 205, 206  
 goldschmiedische Emailtechnik 422  
 goldschmiedische Treibarbeit 291  
 Goldwaage 128, 134  
 Gotik 17  
 Grafittegel 144  
 Grain 82  
 Granalien 359, 360  
 Granat 564  
 Grandeln 106  
 Grandelschmuck 108  
 Granulation 358  
 Granulationsgestaltung 361  
 Granulationsverfahren 359  
 Granulieren 358  
 Grauguss 93  
 Gravieren 432  
 Gravierkugel 434  
 Gravierübung 434  
 griechischer Kulturkreis 14  
 Grubenemail 423, 425  
 Guillochierung 436  
 Guinee 74  
 Guldin'sche Regel 322  
 Gummiform 172  
 Gummikissen 312, 319  
 Gussbaum 173  
 Gusseisen 93  
 Gussgefüge 70  
 Gussspannung 155  
 Gusswachs 173

## H

Haarlineal 131  
 Hakenverschluss 527, 528, 542  
 halbkugliger Knopf 291  
 Halbzeug 80  
 Halskette 20  
 Halsschmuck 21, 81  
 Halteklammer 348  
 Haltekörner 500

Hämatit 375, 564  
 Hammer 231  
 Handbohrmaschine 223  
 Handfeile 216  
 Handschleuder 167, 169  
 Handspindelpresse 301  
 handwerkliche Grundtechnik 205  
 Härte 40  
 Härtemessgerät 40  
 Härten 95  
 Härteprüfung 40  
 Hartgoldplattierung 474  
 Hartguss 93  
 Hartlot 327, 329  
 Hartlötmittel 332  
 Hartlötverfahren 341  
 Hartvergoldung 473  
 Hartversilberung 471, 472  
 Hartwachs 164, 166  
 Hauer des Walrosses 100  
 Herrenring 159, 160  
 Herstellung ovaler Ösen 249  
 Herstellung runder Ösen 248  
 Herunterlegieren 84, 86  
 Hessischer Tontiegel 145, 150  
 heterogenes Kristallgemenge 47  
 Hiddensee-Schmuck 15  
 Hieb 215  
 High-Tech-Keramik 115  
 Hirschgrandeln 106  
 historische Goldschmiedetechnik 22  
 historisches Lötverfahren 358  
 Historismus 19  
 Hochätzung 453  
 Hochbaustahl 93  
 Hochlegieren 84–86, 88  
 Hochleistungselektrolyte 474  
 hohlgewölbter Ring 292  
 Hohlglied 265  
 Hohlpunzen 442  
 Holz 109  
 Holzhammer 231, 232, 284  
 Holzklotz 233  
 Holzpunzen 441  
 Holzschrot-Trockner 392  
 Holzunterlage 254  
 homogenes Milchkristall 47  
 Horizontalschnepper 530, 544  
 Horn 106  
 Hornamboss 234  
 Hornhammer 231, 232  
 hydraulische Presse 306  
 hydrostatische Waage 134

## I

Induktionsverfahren 178  
 INDUTHERM-Gießanlage 178  
 Inkrustation 508  
 intermetallische Verbindung 48  
 Ionentheorie 457  
 Iridium 32, 79, 193

## J

Jade 564  
 Jagdschmuck 106  
 japanische Farbm Metallgestaltung 402  
 Jugendstil 19  
 Justieren 498  
 Justierstichel 432, 433, 493  
 justierte Fassung 487  
 Juwelierborax 146  
 Juwelierpalladium 80  
 Juwelierplatin 78

## K

Kaffeekanne 322  
 Kalisalpete 148  
 Kaliumcarbonat 146  
 Kaliumhydroxid 123  
 Kaliumnitrat 148  
 Kanne 288  
 Kapselfassung 108  
 Kara-kane 403  
 Karat 82  
 Karmoisierung 513  
 Karo-Fassung 499  
 Kastenfassung 483  
 Kastenschloss 534, 535, 544  
 Kathodenpotenzial-Stromdichte-Kurve 463  
 Keilschneiden 307  
 Keilwinkel  $\beta$  209, 210, 215  
 Keimbildung 152, 153, 191  
 Keimwachstum 192  
 Keramik-Schmuck 115  
 Kette 568  
 Kettenfertigung 261  
 Kettenherstellung 324  
 Kettenschmuckverschluss 526  
 Kettenverbindung 559  
 Kieselerde 375  
 Kitt 366  
 Kittkasten 442  
 Kittkugel 442  
 Kittstock 219, 495  
 Klammern 348  
 Klappknebel 558  
 Klappmechanik 558  
 Klappsicherung 550  
 Klebefläche 369  
 Kleben 365  
 Kleben von Perlen 368  
 Kleiderklemme 552, 553  
 Kleinfräser 226  
 Kleingalvanisiergerät 467  
 Klemmverschluss 552  
 Knebelverschluss 527, 542  
 knetbares Wachs 164  
 Kobalt 79  
 Kokillenguss 154, 157  
 Kölnische Mark 82  
 Kolophonium 331  
 Kommasilber 59

Komplexsalz 123  
 Königswasser 38, 121, 140  
 konische Fassung 485  
 Kontaktgalvanisiergerät 469  
 Kontaktverfahren 458, 461  
 Konterscharnier 520, 522  
 Konzentrationsdreieck 61  
 Koralle 564  
 Korallenkitt 366  
 Kordeldraht 250, 270  
 Kordelkette 261, 265, 266  
 Kordieren 251  
 Korneisen 494  
 Körnerfassung 496  
 Kornflächenätzung 31  
 Korngrenzenätzung 31  
 Korngrenzsubstanz 59  
 Korngröße 192  
 Kornkeil 502  
 Körnung 375  
 Kornvergrößerung 192  
 Körperemail 423  
 Korpusarbeit 344  
 Korund 564  
 Kraft 127  
 Krappenfassung 490, 493  
 Kratzen 384  
 Kratzwerkzeug 385  
 Krawattennadel 548  
 Kreissäge 212  
 Kreolenbügel 555  
 Kristallgefüge 29, 152  
 Kristallite 30  
 Kristallitgefüge 153  
 Kristallitverband 181  
 Kristallwachstum 152  
 kubisch-flächenzentriertes Gitter 30  
 kubisch-raumzentriertes Gitter 30  
 Kugelfräser 227  
 Kugelhaken 552  
 Kugelhammer 231, 232  
 Kugelnadel 266, 267  
 Kugelpunzen 278, 291  
 Kugelscharnier 549  
 Kunstharzkleber 368  
 Kunststoff 111  
 Kunststoffhammer 231, 232  
 Kunststoffschmuck 112  
 Kunststoffseele 260  
 Kupfer 34, 38, 39, 79, 193, 399  
 Kupferlegierung 90, 91, 399  
 Küvette 167, 173

## L

Lackieren 54  
 Lacküberzug 68  
 Länge 127  
 Längen-Temperaturkoeffizient 45  
 Längenmessung 129  
 Längenprüfung 131  
 Lapislazuli 564  
 Laser 356  
 Laser-Schweißgerät 357

Laserschweißen 356  
 Laubsäge 210, 211  
 Laubsägeblatt 211  
 Legieren mit reinem Metall 148  
 legierter Stahl 93  
 Legierung 149  
 Legierungsbildung 47  
 Legierungsrechnen 82, 86–88  
 Leichtschamott 338  
 light metal 81  
 Limoges-Malerei 423  
 Lineal 129  
 Linsenverschluss 529, 542  
 Liquidusfläche 60, 62  
 Liquiduskurve 50  
 Liquidustemperatur 48, 142  
 Lochen 308  
 lockerer Stein 566  
 lose Nietung 361  
 loses Schleifmittel 379  
 Löslichkeit des Metalls 47  
 Lösungsdruck 458  
 Lot 82, 327, 350  
 Löten 327, 354  
 Löten in Gips 349  
 Löt fett 332  
 Lötholzkohle 338, 345  
 Löt kolben 333  
 Löt mittel 350  
 Löt mittelpräparat 332, 333  
 Lotpaille 351  
 Löt paste 332  
 Löt pinzette 344  
 Löt pistole 336  
 Löt tisch 345  
 Löt übung 273  
 Löt unterlage 338  
 Löt zange 344  
 Lunkerbildung 155

## M

Magnesiumoxid 375  
 Magnetpolieren 388  
 Mahagoni 111  
 Malachit 564  
 Mammutstoßzahn 100  
 Manschettenknopf-Mechanik 558  
 Markasit 564  
 maschinell gefertigte Kette 325  
 Maschinenbaustahl 93  
 Maschinengravur 437, 438  
 Maßeinheit 127  
 Maserholz 111  
 Masse 127  
 Masse-Einheit 82  
 Mastix 366  
 Mattbrenne 400  
 Mattieren 382  
 Mattierpunzen 383  
 Mattpunzen 441  
 Mechanik reparieren 567  
 mechanisches Polieren 381

Medaillon 21  
 Mehrfachschneidwerkzeug 313  
 Mehrstofflegierung 149  
 Messen 127  
 Messerstichel 432, 433  
 Messing 90  
 Messschieber 130, 131  
 Messschraube 130  
 Messuhr 130  
 Metall 76  
 Metallabscheidung 458  
 Metallid 48  
 metallischer Werkstoff 27  
 Metallkerntechnik 479  
 Metallmodell 170  
 Metallseele 259  
 Metrisches Gewinde 364  
 Mikro-Löt- und -Schweißanlage 337  
 Mikrometer 130  
 Milanaise-Band 261, 266  
 Milchbein 99  
 Millegrieffes-Rädchen 495  
 Mischkristall 63  
 Mittelfarbe 68  
 Modellieren 443  
 Modellierpunzen 441, 443  
 Modellwachs 164  
 Mokume-Technik 403  
 Mokumegane 404  
 Molekülbildung 457  
 Mondstein 564  
 Montagelötung 358  
 Montieren auf säurelöslichem Metall 350  
 montierte Fassung 487  
 Muffelofen 144  
 Muschelkameen 104  
 Musterpunzen 442

## N

Nadelfeile 216  
 Nadelstiel 547  
 Narwalzahn 100  
 Nassschleifen 388  
 Natriumcarbonat 146  
 Natriumhydroxid 122  
 Natriumnitrat 148  
 Natriumtetraaborat 146  
 Natronsalpeter 148  
 Nephrit 564  
 Neulegierung 84  
 Neusilber 90, 92  
 nicht rostender und säurebeständiger Stahl 94  
 Nichtmetall 58, 77  
 nichtmetallischer Werkstoff 99  
 Nickel 56  
 Nickelweißgold 74, 80  
 Niederhalter 319  
 Niellieren 419  
 Niello 420, 421  
 Niet en 362

Nigurome 403  
 Nilpferdzahn 100  
 Normalglühen 94  
 Normalkorund 375  
 Normalvergoldung 473  
 Normalversilberung 469  
 Nummer 375

## O

Oberflächenspannung 151  
 offener Mantelring 293  
 Ohmsches Gesetz 461  
 Ohrclip 556  
 Ohrklemme 558  
 Ohrlochstechen 553  
 Ohrring 554  
 Ohrring-Mechanik 554  
 Ohrschmuck 81, 553, 567  
 Ohrstecker 553, 555  
 Ösen verstärken 567  
 Ösenkette 260  
 Ösenspirale 248  
 Ösenverbindung 519, 526  
 Osmium 32, 193  
 osmotischer Druck 458  
 Ossa Sepia 159  
 Oxidation 194, 201  
 Oxidation beim Glühen 193  
 oxidierendes Schmelzen 150  
 oxidierendes Schmelzmittel 148

## P

Packfong 93  
 Palisander 111  
 Palladium 32, 33, 38, 193  
 Palladiumlegierung 78  
 Palladiumweißgold 80  
 Pantograph 438  
 Panzerkette 261, 264  
 Panzerkettenautomat 325  
 Parallelfleile 216  
 Parallelschneiden 307  
 Parallelschraubstock 217, 218  
 Pariser Kette 261, 265, 266  
 Pariser Oxid 396  
 Pariser Rot 375  
 Passivieren 54  
 Patentbrisur 555  
 Patina 400  
 Pavé-Fassung 509  
 Periodensystem der Elemente 28  
 Perlbohrer 225  
 Perle 564  
 Perhalter 367  
 Perlkettenschloss 531  
 Perlkitt 366  
 Perlmutter 104  
 Perlpunzen 442  
 Perlteller 367  
 Pfennig 82

Phosphor 58, 77  
 Piacyl 113  
 Planchen 157  
 Planieren 277, 279  
 Planierhammer 231, 232, 284  
 Planierpunze 441  
 plastische Umformung 43, 180  
 plastisches Filigran 271  
 Platin 32, 37, 38, 139, 151, 193  
 Platine 321  
 platinhaltiger Abfall 141  
 Platinlegierung 78, 139  
 Platinlot 330  
 Platinnebenmetall 32  
 Platinoid 32  
 Platinweißgold 80  
 plattengeführtes Schneidwerkzeug 310  
 Plexiglas 113  
 Plinius secundi 23  
 Polieren 373, 380, 381  
 Poliergrün 375  
 Polierholz 381  
 Polierkörper 386  
 Poliermaschine 374, 380  
 Poliermittel 375, 381  
 Polierrot 375  
 Polierstahl 382  
 Polierstein 382  
 Poliertrommel 387  
 Polierweiß 375  
 Poltern 277, 280  
 Polyesterharz 114  
 Polyethylen 113  
 Polymethacrylat 113  
 Polystyrol 113  
 Porzellan-Schmuck 115  
 Pottasche 146  
 Pottwalzahn 100  
 Prägen 316, 319  
 praktische Goldlegierung 69  
 Präzisionsfinish 387  
 Präzisionswinkel 131  
 Pressen 297  
 Presskraft 299  
 Probiernadel 135  
 Probiersäure 135  
 Probiertein 135  
 Produktionsverfahren 582  
 Profilschnittlehre 189  
 Profilschnittvorrichtung 189  
 Propan 144, 334, 335  
 Propangas 334  
 Prüfen 127  
 Prüfen des Edelmetalls 134  
 Prüfstab 42  
 Punktschweißen 355  
 Punktschweißgerät 356  
 Punzen 292, 440, 443  
 Punzenform 441  
 Punzenführung 488  
 Punzierungsübung 273  
 Putzen 54  
 Pyrit 564

## Q

qualitative Goldprobe 135  
 quantitative Goldprobe 136  
 quantitative Platinprobe 139  
 quantitative Probe 138  
 Quart Gold 140  
 Quartscheidung 139  
 Quarzgruppe 564  
 Quecksilber 34, 38  
 Quecksilberüberzug 460

## R

Rahmenfassung 489  
 Rahmenzange 366  
 Rändelmaschine 571  
 Raugewicht 82  
 Reagenzglasprobe 136, 138, 139  
 Reaktionslot 359  
 Reaktionslötung 360  
 Reduktionsverfahren 458, 461  
 reduzierendes Schmelzmittel 146  
 reduzierendes Umschmelzen 149  
 Reflexionsvermögen 46  
 Regleuse Zange 245  
 Reibspindelpresse 302  
 Reinigen 392, 399  
 Reinigen des Schmucks 565  
 Rekristallisation 190  
 Rekristallisationsgefüge 70, 73, 190  
 Rekristallisationskorngröße 192  
 Relieftauschierung 432  
 Reliquiar-Anhänger 16  
 Reliquienkreuz 16  
 Renaissance 17  
 Reparaturarbeit 561  
 Rhodinieren 54  
 Rhodium 32, 33, 79, 193  
 Richten auf der Richtplatte 252  
 Richten auf Dorn 253  
 Richten durch Recken 252  
 Richten mit Zangen 252  
 Richten von Draht 252  
 Richten von Hand 252  
 Richtplatte 252  
 Riegel 234  
 Riffelfeile 216  
 Ring 81  
 Ringbiegezange 245  
 Ringerweiterungsmaschine 572  
 Ringfibel 546  
 Ringmaß 569  
 Ringriegel 234  
 Ringsägezange 570  
 Ringschiene 239, 240  
 Ringstock 569, 570  
 Ringweite 570  
 Rockwell 41  
 Rockwellhärte 40  
 Roheisen 93  
 Rohr-Biegevorrichtung 260

Rollbiegen 316, 317  
 Romanik 15  
 Ronde 321  
 Rotationsguss mit Kokille 176  
 Rotgold 68  
 Rotgoldlegierung 50, 198  
 Rotguss 90, 92  
 rotierende Schleifscheibe 377  
 Rundflachzange 245  
 Rundhohlzange 245  
 Rundzange 245  
 Rundzug-Guillochiermaschine 437  
 Rundzugmaschine 437  
 Ruthenium 32, 33, 193

## S

Säge 210  
 Säge- und Biegeübung 273  
 Säge- und Feilübung 273  
 Sägeblatt 210  
 Sägebügel 210  
 Sägemaschine 212  
 Sägen 210  
 Sägen à jour 498  
 Sägetechnik 214  
 Sägeübung 213  
 Salmiak 331, 420  
 Salmiakgeist 396  
 Salpetersäure 120  
 Salz 123, 124  
 Salzfass 17  
 Salzsäure 121, 454  
 Sandguss 160  
 Sandstrahlgebläse 384  
 Säubern 388  
 Sauerstoff 58  
 Säulen-Stanzautomat 305  
 säulengeführtes Schneidwerkzeug 310  
 Säure 119, 120  
 Säurelöslichkeit 39  
 Schamottestein 338  
 Scharnier mit Spannfeder 521  
 Scharnierherstellung 188  
 Scharnierniet 549  
 Scharnierrohr 188, 258  
 Scharnierverbindung 519, 523  
 Scheideanstalt 141  
 Scheiden 139  
 Scheidewasser 39  
 Schellack 366  
 Scherspäne 209  
 Schichtenspannung 156  
 Schiebehaken 550  
 Schieberohr 539  
 Schiefer 378  
 Schienenzange 245  
 Schildpatt 105  
 Schlagfläche 236  
 Schleifen 373  
 Schleifen von Hand 379  
 Schleifholz 379  
 Schleifkohle 378

- Schleifkörper 386  
 Schleifmaschine 374  
 Schleifmittel 375  
 Schleifprozess 373  
 Schleifscheibe 377  
 Schleiftrommel 387  
 Schleuderbürste 383  
 Schleuderguss 163  
 Schlichthammer 231, 232  
 Schlosserhammer 231  
 Schmelzdiagramm 69, 71, 72  
 Schmelzeinrichtung 143  
 Schmelzen 142, 143, 148, 151  
 Schmelzen von Feilung 150  
 Schmelzen von reinem Metall 148  
 Schmelzextraktions-Verfahren 81  
 Schmelzkurve 143  
 Schmelzmittel 147  
 Schmelzmittelgemisch 146  
 Schmelzpietole 143  
 Schmelzpunkt 48  
 Schmelzschale 144, 145  
 Schmelzschweißen 354  
 Schmelztemperatur 142  
 Schmelztiegel 144, 145  
 Schmelztopf 143  
 Schmelzvorgang 142  
 Schmelzwärme 44  
 Schmelzzubehör 143  
 Schmieden 230, 231, 235  
 Schmiedeübung 237, 274  
 Schmirgel 375  
 Schmirgelholz 376  
 Schmirgeln 376  
 Schmirgelpapier 376  
 Schmucklegierung 74  
 Schmuckvitrine 409  
 Schmutzwerkstatt 207  
 Schnallzange 218  
 Schnaupe 288  
 Schneiden 307  
 Schneidengeometrie 209  
 Schneidplatte 312  
 Schneidstempel 312  
 Schneidwerkzeug 309, 311  
 Schnepfer 530, 535, 536  
 Schnittwinkel  $\delta$  209, 210, 215  
 Schränkungsnaht 344  
 Schrauben 363  
 Schraubstock 217  
 Schraubverschluss 533, 544  
 Schrotten 443  
 Schrotpunzen 441, 443  
 Schubkurbelgetriebe 304  
 Schüttelfasspolieren 385  
 Schütteln 385  
 Schutzgas 201  
 Schutzsalz 201  
 Schwefel 58, 77  
 Schwefeldioxid 59  
 Schwefelleber 395  
 Schwefelsäure 122  
 Schwefelsäurebeize 392, 393  
 Schweifhammer 232  
 Schweifstock 234  
 Schweißen 354  
 Schweißflamme 355  
 Schwerpunkt 322  
 Seitenschneider 245  
 Senkemail 423  
 Sepiaform 160  
 Sepiaguss 159  
 Setzpunzen 441, 444  
 Shak-do 403  
 SI-Einheit 127  
 Sicherheitskettchen 538  
 Sicherungsacht 534, 537  
 Sicherungshaken 537  
 Sicherungsklappe 537  
 Sickenhammer 231, 232  
 Siegelring 18  
 Silber 33, 37, 39, 138, 193, 394  
 Silber-Kupfer-Legierung 193  
 Silberfeingehalt 82  
 Silbergehalt 467  
 Silberlegierung 53, 138, 394, 396  
 Silberlot 329  
 Silbermünze 56  
 Silberprobiensäure 138  
 Silberschmiedearbeiten 277  
 Silicium 58, 77  
 Siliciumcarbide 375  
 Siliciumdioxid 375  
 Sin-chu 403  
 SLA (Stereo-Lithographie-Anlage) 579  
 Soda 146  
 Solidusfläche 60, 62  
 Soliduskurve 50  
 Solidustemperatur 48, 142  
 Sondermessing 91  
 Sondertechnik 419  
 Sovereign 74  
 Spanabnahme 208  
 Spanbildung 208  
 Spannen 277, 279  
 Spannring 491  
 Spannungs-Dehnungs-Diagramm 42  
 Spannungsfreiglühen 95  
 Spanwinkel  $\gamma$  209, 210, 215  
 Spezialfräser 227  
 Spezialhammer 232  
 Spezialwerkzeug 494  
 Spezialzange 245  
 spezifische Wärmekapazität 44  
 Spiegelfassung 489  
 Spindelpresse 302  
 Spinell 564  
 Spiralbohrer 224, 225  
 Spirale 250  
 Spiritus 389  
 Spitzbohrer 223–225  
 spitze Flachzange 245  
 Spitzfeile 216  
 Spitzfräser 227  
 Spitzstichel 432, 433  
 Spitzzange 245  
 Spritzgussmaschine 114  
 Stadtgas 333–335  
 Stahl 93  
 Stahlsorte 93, 95  
 Stahlunterlage 254  
 Stahlwinkel 131  
 standard silver 55  
 Stauchen 182, 277  
 Stecknadel 349  
 Steinauflage 498  
 Steinauflage der Zargenfassung 487  
 Steinkitt 366  
 Steinruhfräser 227  
 Stempelführung 308, 312  
 Stempelgesetz 82  
 Stereolithographieverfahren 579  
 sterling silver 55  
 Stichel 494  
 Stichelform 432  
 Stielkloben 218  
 Stierhorn 106  
 Stiften 362  
 Stiftdgalvanisiergerät 469  
 Stiftverbindung 525  
 Stiftverschluss 538, 544  
 Stirnfräser 227  
 Stotzenfassung 516  
 Stotzenverbindung 524, 526  
 Streifenführung 313  
 Strichprobe 135–139  
 Sudverfahren 461  
 Sulfieren 395  
 System Ag-Cu 50  
 System Au-Ag 48  
 System Au-Cu 49
- ## T
- Tagua-Nuss 99, 103  
 Tauchverfahren 458, 460  
 Tauschieren 429  
 Tauschierung 403, 431  
 Tausendteile 82  
 Technik-Bohrmaschine 222  
 Tellerhammer 231, 232  
 Temperatur 44, 127  
 Temperaturdifferenz 127  
 Theophilus 23, 419, 483  
 Tiefätzung 453  
 Tiefen 277  
 Tiefschnittemail 423  
 Tiefziehen 319  
 Tiefziehstufe 323  
 Tiegelguss-Schleuder 174  
 Tiegelschmelzofen 144  
 Tiergrandeln 106  
 Tischbohrmaschine 223  
 Tischschleuder 167  
 Titan 35  
 Titanblech 36  
 Tombak 91  
 Tonnenscharnier 549  
 Topas 564  
 Transformatorschmelzofen 144  
 Trassierpunze 441

Trauringeinguss 158  
 Trauringmaschine 574  
 Trauringrändelmaschine 571  
 Treiben 277  
 Treibhammer 232  
 Treibkitt 442  
 Treibziselieren 277, 440  
 Tri 389  
 Tripel 375  
 Trockenpolieren 388  
 Trocknen 392  
 Trommelanlage 386  
 Trommelbearbeitung 385  
 Trommeln 385  
 Türkis 564  
 Turmalin 564

U

U-Bügelverschluss 541, 544  
 U-förmiges Scharnier 548  
 übereutektisches Gefüge 52  
 Überlappungsnaht 344  
 Ultraschall-Reinigungsgerät 390  
 Umformen mit Werkzeugmaschine 297  
 Umgang mit Gift 123  
 Umklappen 258  
 Umlegen 254  
 Umlegieren 84  
 Umlegieren mit bestimmter Farbe 87  
 Umrechnung von Karat und Lot in Tausendteile 82  
 Umschmelzen von Legierung 149  
 ungesättigtes Polyesterharz 114  
 unlegierter Werkzeugstahl 93  
 untereutektisches Gefüge 52  
 Unze 82

V

V-Biegewerkzeug 316  
 Vakuum-Druckgießanlage 177  
 Vakuum-Druckguss 178  
 Vakuum-Gießanlage 176  
 Vakuumguss 176  
 Verbinden von Metallteilen 368  
 verbindende Technik 327  
 verbogenes Teil 565  
 Verengen des Schmuckringes 574  
 Verengen des Trauringes 574  
 Vergoldungsbad 474  
 Vergüten 95  
 Vergütungsstahl 94  
 Verhindern des Lotflusses 353  
 Vermeil 407  
 Vernieten 361, 362  
 Verquicken 407, 460  
 Versäubern 340, 353  
 verschlissene Fassung 565  
 versetzte Reihung 511  
 Verstiften 361, 362  
 Vertikalschnitt 61, 63  
 Verwalzung 404

Vickershärte 40  
 Vierkorn-Fadenfassung 506  
 virtuelles Schmuckstück 577  
 Viskosität 151  
 Völkerwanderung 15  
 vollendende Technik 373  
 völlige Löslichkeit 47  
 völlige Unmischbarkeit 47  
 Volumenschwund 154  
 Vorbeize 400  
 Vorbrenne 400  
 Vorschmieden 235, 236  
 Vorschubbegrenzung 313  
 Vorversilberung 471  
 Vulkanisierpresse 172  
 vulkanisierte Gummiform 172

W

Wachsbein 495  
 Wachsdraht 165  
 Wachsdrucker 580  
 Wachsinjektor 172, 173  
 Wachskerntechnik 479  
 Wachsmo­dell 164, 166, 173  
 Wagen 127  
 Walze 183  
 Walzen 179, 182  
 Walzen von Blech 184  
 Walzen von Draht 185  
 Walzenfräser 226, 227  
 Walzgolddublee 473  
 Walzvorgang 182, 183  
 Wärme 44  
 Wärmeausdehnung 44, 45  
 Wärmebedarf 45  
 Wärmebehandlung des Stahls 94  
 Wärmeleitfähigkeit 44, 45  
 Wärmemenge 44, 142  
 Wärmequelle 333  
 Warmluft-Trockenzentrifuge 392  
 Wasserschweißgerät 337  
 Weichglühen 94  
 Weichlot 327, 328  
 Weichlötmittel 331  
 Weichlötung 339  
 Weichlötverfahren 338  
 weißes Metall 137  
 Weißgold 74, 139, 151  
 Weißkupfer 93  
 Weißsieden 55, 394, 396  
 Welfenschatz 16  
 Werkstatt­einrichtung 205  
 Werkstoffausnutzung 314  
 Werkstückaufnahme 228, 229  
 Werk­tisch 207  
 Werkzeugaufnahme 229  
 Werkzeugmaschine 297  
 Werkzeugstahl 94  
 Wiener Brisur 555  
 Wiener Kalk 375  
 Wolfram 79  
 Wollrad 382  
 Wood'sches Metall 329

Z

Zahngold 74  
 Zange 244  
 Zangenschraubstock 217, 218  
 Zarge 274  
 Zargenfassung 484, 492  
 Zargenriegel 234  
 Zeder 111  
 Zehntelmaß 130  
 Zeit 127  
 Zellenemail 422, 425  
 Zementation 460  
 Zentrifugal-Gießmaschine 171, 174, 175  
 Zentrumsbohrer 224, 225  
 Ziehbank 187  
 Zieheisen 186  
 Ziehen 179, 186  
 Ziehen von Draht 187  
 Ziehfaden 379–381  
 Ziehpunze 441  
 Ziehring 319  
 Ziehstein 187  
 Ziehstempel 319  
 Ziehvorgang 186  
 Ziehwerkzeug 186  
 Zierkette 260, 267  
 Zink 34, 38, 39, 57, 76  
 Zinkchlorid 331  
 Zinkoxid 375  
 Zinn 34, 38, 39, 57, 76  
 Zinn-Bronze 91  
 Zinnasche 34, 38  
 Zinnlot 328, 329, 566  
 Zinnoxid 375  
 Zinnpest 34  
 Zirkon 564  
 Ziselieren 277, 440  
 Ziselierhammer 232, 442  
 Ziselierübung 446  
 Zugfestigkeit 41, 43, 64, 127  
 Zugsicherung 550  
 Zugversuch 40, 41  
 zunder- und hitzebeständiger Stahl 94  
 Zurichtungsarbeit 127  
 Zusatzstoff 76  
 Zuschnitt 320  
 Zuschnitt-Diagramm 323  
 Zuschnittberechnung 321, 322  
 Zustandsdiagramm 50, 51, 60  
 Zustandsdiagramm Au-Ag-Cu 200  
 Zustandsdiagramm Cu-Sn 92  
 Zustandsdiagramm Cu-Zn 92  
 Zustandsdiagramm des Systems Au-Ag 48  
 Zustandsdiagramm des Systems Au-Cu 49  
 Zustandsdiagramm des Systems Au-Ni 75  
 Zustandsdiagramm Pb-Sn 328  
 Zweikorn-Fadenfassung 504  
 Zwischenlegieren 86