

Theorie und Praxis des Goldschmieds

Bearbeitet von
Erhard Brepohl

17., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage 2015. Buch. 600 S. Hardcover

ISBN 978 3 446 44543 7

Format (B x L): 21,2 x 26,2 cm

Gewicht: 1991 g

[Weitere Fachgebiete > Technik > Sonstige Technologien, Angewandte Technik > Handwerkstechnik](#)

schnell und portofrei erhältlich bei


DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.



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 Juwelenfasen, 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

| | | | |
|--|-----------|---|------------|
| 0 HISTORISCHE EINLEITUNG | 13 | 2 NICHTMETALLISCHE WERKSTOFFE | 99 |
| 1 METALLISCHE WERKSTOFFE | 27 | 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 | 3 CHEMIKALIEN | 119 |
| 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 | 4 ZURICHTUNGSARBEITEN | 127 |
| 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 |

5 HANDWERKLICHE GRUNDTECHNIKEN 205

| | | |
|-------|--|-----|
| 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 |
| 6 | SILBERSCHMIEDEARBEITEN | 277 | 8 | VERBINDENDE TECHNIKEN | 327 |
| 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 |
| 7 | UMFORMEN MIT WERKZEUGMASCHINEN | 297 | 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 | | | |

| | | | | | |
|-------------------------------------|---|-----|--------------------------------|--|-----|
| 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 | II GALVANOTECHNIK | 457 | |
| 8.6.4 | Verbinden von Metallteilen ... | 368 | II.1 | Ionentheorie und Dissoziation | 457 |
| 9 VOLLENDEDE TECHNIKEN | 373 | | 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 | 12 FASSUNGEN UND FASSEN | | |
| 9.2.3 | Gold und Goldlegierungen ... | 397 | DER EDELSTEINE | 483 | |
| 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 |
| 10 SONDERTECHNIKEN | 419 | | 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 |
| 13 FUNKTIONELLE BAUTEILE | 519 | 13.4 Ohrschmuck | 553 |
| 13.1 Bewegliche Verbindungen | 519 | 13.5 Manschettenknopf-Mechaniken | 558 |
| 13.1.1 Ösenverbindung | 519 | 14 REPARATURARBEITEN | 561 |
| 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 | 15 BLICK IN DIE ZUKUNFT | 577 |
| 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 | Literaturverzeichnis | 585 |
| 13.3.3 Broschhaken | 550 | Sachwortverzeichnis | 589 |
| | | Bezugsquellen | 597 |

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-

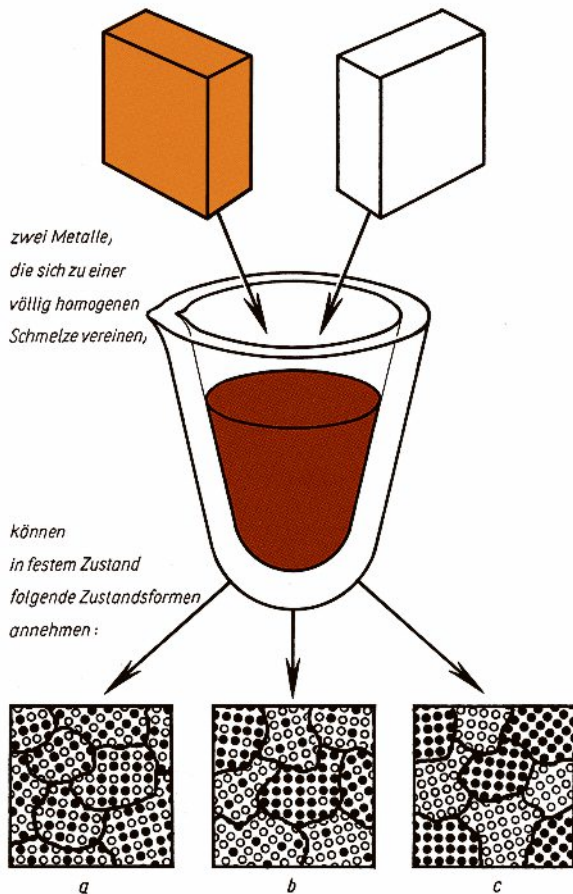


Bild 1.20
Legierungsbildung aus der homogenen Schmelze (Schema).
a) homogene Mischkristalle, b) begrenzte Mischkristallbildung,
c) heterogenes Kristallgemenge

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, Au₂Cu₃, 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 Würfecken, 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 Cu₅Zn₈, Cu₃₁Sn₈. 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.

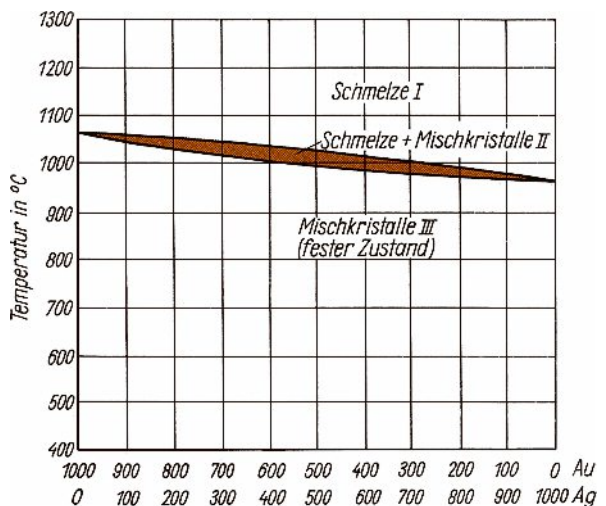


Bild 1.21
Zustandsdiagramm des Systems Au-Ag

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 °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 °C werden aus der Schmelze die ersten Mischkristalle ausgeschieden (Liquiduspunkt), und erst bei 1048 °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 °C und Soliduspunkt 1000 °C noch größer.

Au 250 (Ag 750). Mit steigendem Silbergehalt verringert sich der Abstand zwischen Liquidus- und Soliduspunkt wieder (988... 975 °C).

Au 0 (Ag 1000). Schließlich haben wir beim Feinsilber die konstante Umwandlungstemperatur von 960,5 °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 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.

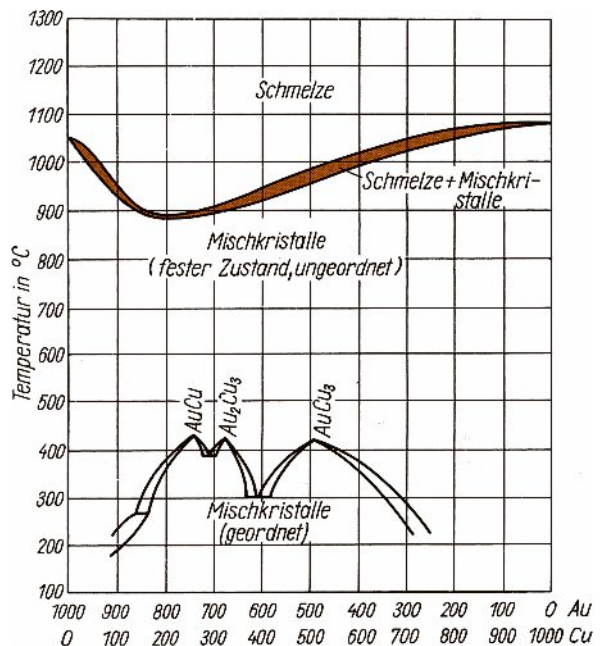


Bild 1.22
Zustandsdiagramm des Systems Au-Cu

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, Au₂Cu₃, AuCu₃ 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 Schlibbild deutlich unterscheidbaren Kristallarten:

- silberreiche α -Mischkristalle mit maximal Cu 90
- kupferreiche β -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:

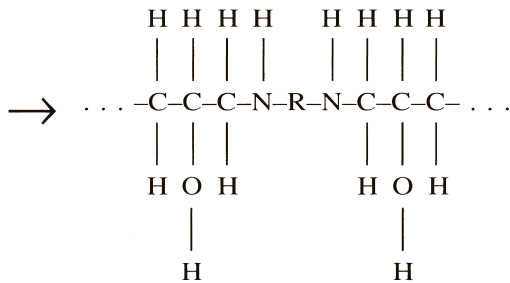
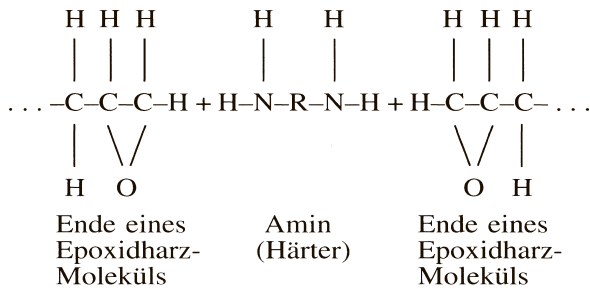
- Beginn und Ende der bei konstanter Temperatur verlaufenden Entstehung des eutektischen Gefüges,
- Solidustemperatur der betreffenden Legierung,
- zusammen mit den von der Eutektikalen ausgehenden Entmischungskurven wird der eutektische Bereich markiert.

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 zwischengeglüht 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 Stemmbittel 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

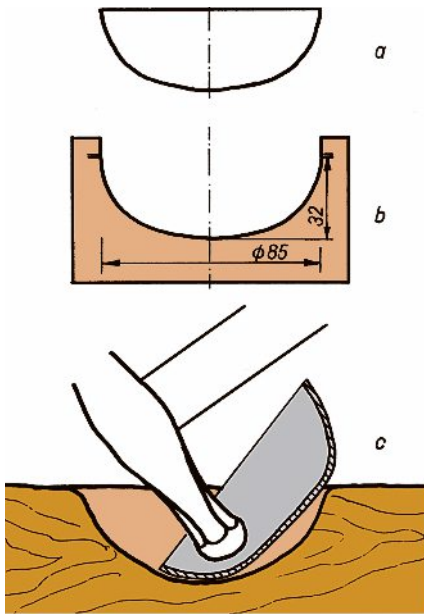


Bild 6.3
Aufziehen einer gewölbten Schale. a) Seitenansicht, b) Schablone, c) Bearbeitung in der Holzmulde

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

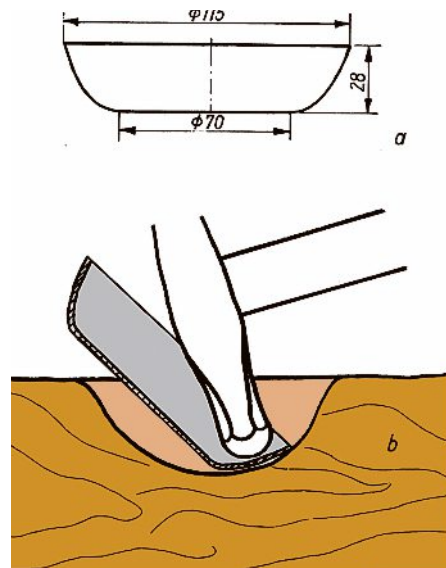


Bild 6.4
Aufziehen einer flachen Schale mit niedrigem Rand. a) Seitenansicht, b) Bearbeitung in der Holzmulde

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.

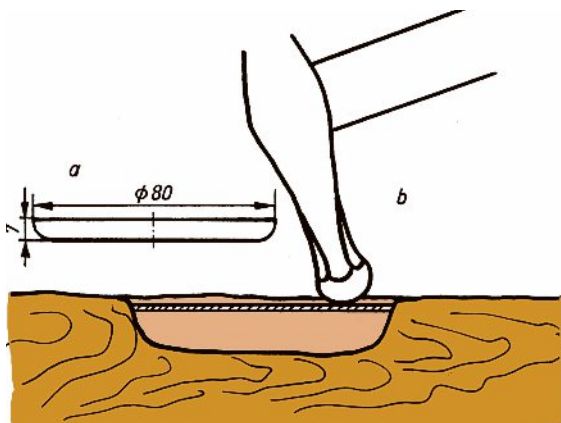


Bild 6.5
Aufziehen einer flachen Schale mit hohem Rand.
a) Seitenansicht, b) Bearbeitung in der Holzmulde

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

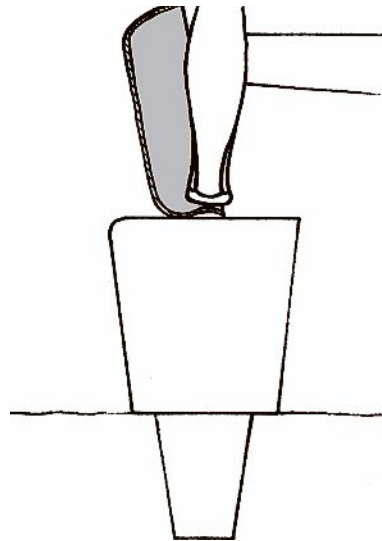


Bild 6.6
Ausrichten des Rands der Schale

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.

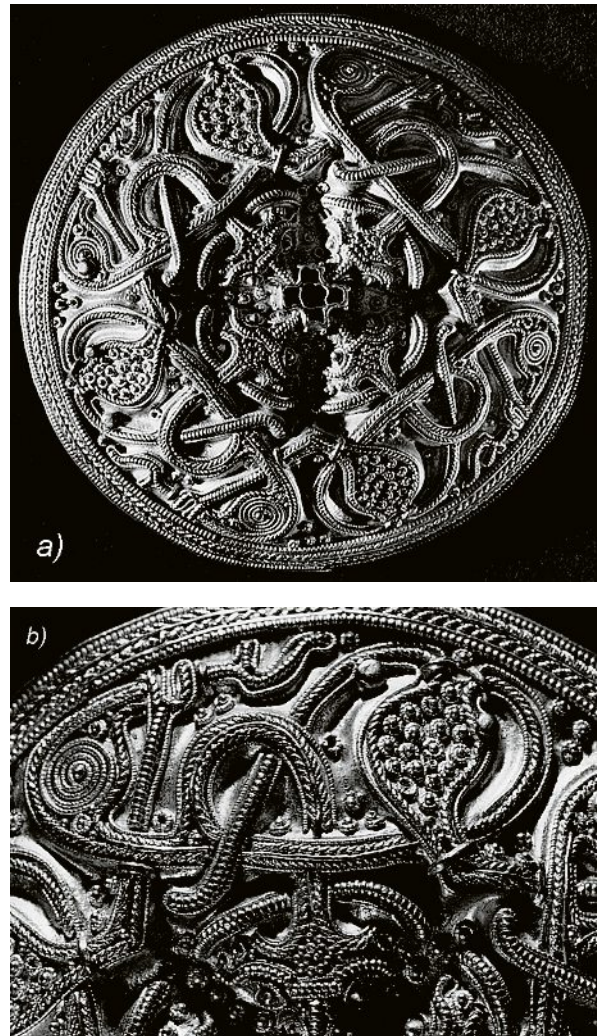


Bild 8.23
Belötung mit Filigrandrähten und Granalien. »Goldschatz von Hiddensee«. Ende 10. Jahrhundert, Jütland. a) Gesamtansicht der Scheibenfibel, b) Detail (Kulturhistorisches Museum Stralsund)

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* CuO , das schuppenartig beim Glühen des Kupfers als »Kupferhammerschlag« entsteht.
- *Kupfer(II)-hydroxid* 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 Salztreyer 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
Anhänger, 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 ersmelzenden 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 Granuliererei 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

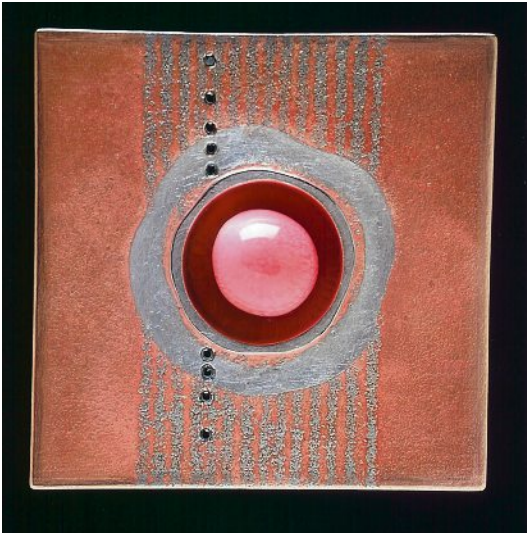


Bild 9.43
Brosche/Anhänger. Au 750 Rotgold, Platin, Perle,
schwarze Brillanten (Michael Zobel, Konstanz)

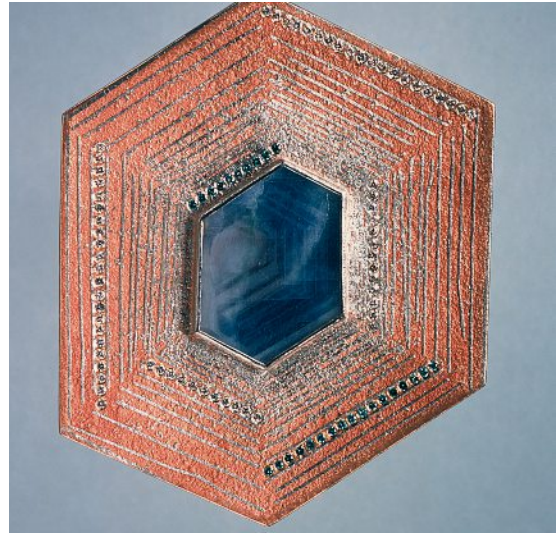


Bild 9.44
Brosche/Anhänger. Au 750 Rotgold, Platin, Saphir,
Diamanten (Michael Zobel, Konstanz)



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)

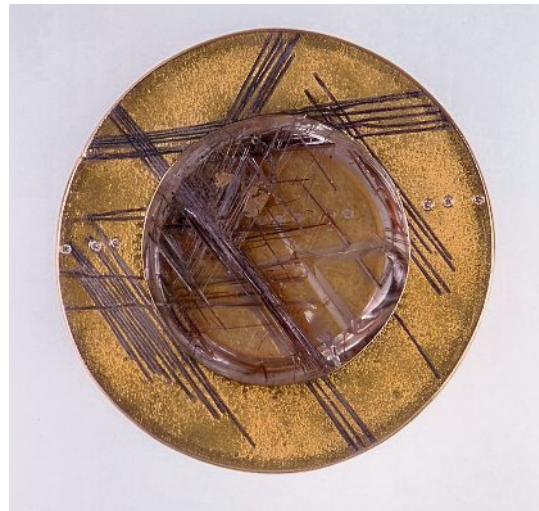


Bild 9.50
Brosche/Anhänger. Au 750, Platin, Rutilquarz
(Schliff: T. Munsteiner), Diamanten (Michael Zobel,
Konstanz)

Schmuckvitrine



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



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



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



Bild 9.54
Brosche/Anhänger. 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)

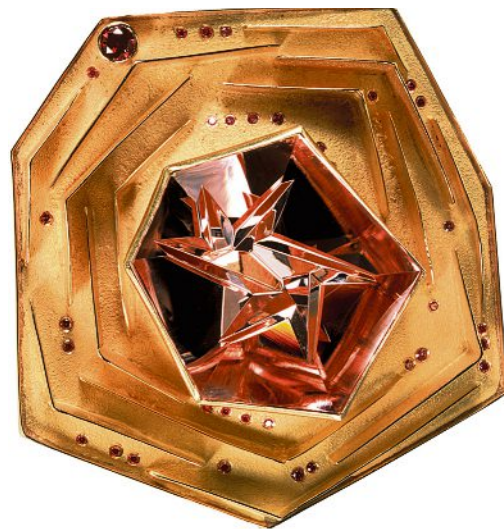


Bild 9.61
Brosche / Anhängers. Au 750, Morganit (Schliff: T. Munsteiner), pinkfarbene Diamanten (Peter Schmid, Konstanz)

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

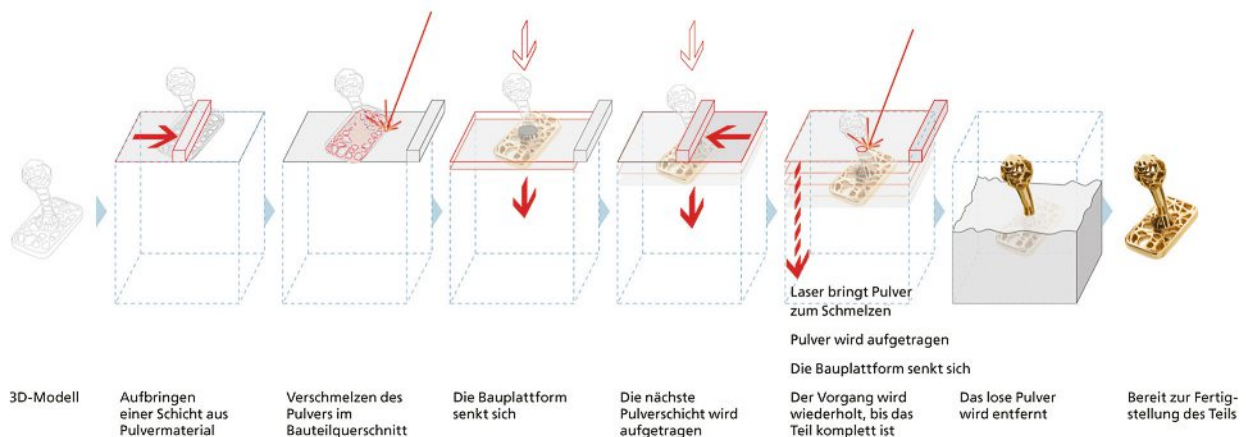


Bild 15.11

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
Asphaltilack 453
Atomaufbau 27, 457
Atomgefüge 29
Ätzen 451
Ätzflüssigkeit 453
Ätzmittel 454
Ätzworgang 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
Bleigliätte 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 Feinge-
 halt 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 α 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
 Kalisalpeter 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 β 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
 Lötfett 332
 Löhholzkohle 338, 345
 Lötkolben 333
 Lötmedium 350
 Lötmediumpräparat 332, 333
 Lotpaille 351
 Lötpaste 332
 Lötpinzette 344
 Lötpistole 336
 Löttisch 345
 Lötübung 273
 Lötunterlage 338
 Lötzange 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
 Nietten 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
 Patentbrisure 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
 Piacryl 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
 Probiertestein 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
 Schleiftrammel 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 δ 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 γ 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
 Stiftgalvanisiergerät 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
 Vakuulguss 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
 Wachsmo-
 dell 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
 Weichlötvorgang 338
 weißes Metall 137
 Weißgold 74, 139, 151
 Weißkupfer 93
 Weißsieden 55, 394, 396
 Welfenschatz 16
 Werkstattteinrichtung 205
 Werkstoffausnutzung 314
 Werkstückaufnahme 228, 229
 Werk-tisch 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