



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für metalltechnische Berufe

Roller
Buck Pröm Rödter Wintgens

Fachkunde Modellbau

Technologie des Modell- und Formenbaus

7., überarbeitete und erweiterte Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorf Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 1244X

Autoren:

Roller, Rolf	Dipl.-Ing.(FH), Oberstudienrat	Heidenheim
Buck, Volkmar	Dipl.-Ing.(FH), Oberstudienrat	Heidenheim
Pröm, Manfred	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Stuttgart
Rödter, Hans	Dipl.-Ing., Gießereiberatungsingenieur	Heidenheim
Wintgens, Rudolf	Dipl.-Ing., Gießereikunde	Schopfheim

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:
Volkmar Buck

Bildentwürfe: Autoren

Fotos: siehe Bild und Textquellenverzeichnis Kapitel 10.2

Bildbearbeitung: Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

7. Auflage 2017

Druck 5 4 3 2 1

ISBN 978-3-8085-1370-5

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2017 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Volvo Car Germany GmbH, Köln, und RAMPF Tooling Solutions GmbH & Co. KG, Grafenberg

Druck: M. P. Media-Print Informationstechnologie GmbH, 33100 Paderborn

Vorwort zur 7. Auflage

Das seit über 30 Jahren eingeführte Standardwerk für den Modellbau wurde durch den Verlag Europa-Lehrmittel übernommen und erschien im Sommer 2003 erstmals vollständig überarbeitet im vierfarbigen Layout als 4. Auflage.

Das vorliegende Buch berücksichtigt die Ausbildungsverordnung und den Rahmenlehrplan des Ausbildungsberufes *Technischer Modellbauer/Technische Modellbauerin*. Die Neuordnung des Berufes wurde einerseits in den Zuordnungen der Lernfelder sowie in neuen Teilkapiteln wie Karosseriemodellbau, rechnerunterstützte Verfahren, Lehrenbau und Werkstoffkunde berücksichtigt. Auf eine Gliederung der Inhalte nach Lernfeldern wurde verzichtet. Aus methodischen Gründen wurde die Technische Kommunikation den jeweiligen Grundlagen und Fachkapiteln zugeordnet.

Die Additiven Fertigungsverfahren wurden in **dieser Auflage** überarbeitet. Ebenso wurden die C-Techniken mit CAD, CAM und CAQ auf den aktuellen Stand gebracht. Eine beiliegende CD enthält Prüfungsfragen mit Lösungsvorschlägen und Videos mit Verfahrensschritten für die Additive Fertigung sowie Abbildungen und technische Illustrationen.

Wie bereits bei den vorangegangenen Auflagen dient das Fachbuch nicht nur als Standardwerk für die Ausbildung des Technischen Modellbauers und der Technischen Modellbauerin, sondern wird auch in Meisterschulen, Techniker- und Hochschulen sowie in der Praxis benutzt. Der Inhalt des Buches, der aus diesem Grunde bereits über den Rahmenlehrplan der Schulen hinausgeht, hat jedoch aus finanziellen Gründen seine Begrenzung. Trotzdem sind wir für Anregungen bezüglich der nächsten Auflage an lektorat@europa-lehrmittel.de dankbar.

Durch die neuerliche Unterstützung einiger Unternehmen des Modell- und Formenbaus konnte erreicht werden, dass auch weiterhin ein Fachbuch für diese Branche zur Verfügung steht.

Diese Sponsoren stellen im Kapitel 10 ihren Bereich des Modell- und Formenbaus vor.

1 Einführung

7...12

2 Grundlagen

13...86

3 Fertigung von Modelleinrichtungen

87...128

4 Rechnerunterstützte Verfahren

129...155

5 Additive Fertigungsverfahren

156...168

6 Karosseriemodellbau

169...206

7 Formenbau

207...240

8 Gießereimodellbau

241...404

9 Werkstoffkunde

405...447

10 Sponsoren

448...465

Zuordnung der Lernfelder nach Inhalten

Die Gliederung der Inhalte wurde auf den Rahmenlehrplan des Ausbildungsberufes Technischer Modellbauer/Technische Modellbauerin für den berufsbezogenen Unterricht der Berufsschule abgestimmt. Die ersten beiden Ausbildungsjahre werden für die Basisqualifikationen des Technischen Modellbaus verwendet. In den Lernfeldern 1 bis 10 sind daher die Ausbildungsinhalte für alle Fachrichtungen gleich. Die Ausbildung erfolgt ab dem dritten Ausbildungsjahr in den Fachrichtungen **Anschauung – TMB-A –**, **Gießerei – TMB-G –** sowie **Karosserie und Produktion – TMB-K+P –**, da in den verschiedenen Fachrichtungen ganz unterschiedliche Produkte hergestellt werden.

Auf eine handlungsorientierte Darstellung mit Informationsphase, Planung, Entscheidung, Ausführung, Anwendungsphase und Bewertung wurde in dem Standardwerk verzichtet, um dies offenzuhalten. Die Zuordnung der Lernfelder wurde auf die wesentlichen Inhalte beschränkt.

Kapitel des Fachbuches		Ausbildungsjahr Zuordnung der Lernfelder				
		1.	2.	3. + 4. TMB-A	3. + 4. TMB-G	3. + 4. TMB-K+P
1	Einführung			11/16		
2	Grundlagen	1	6/9/10			
3	Fertigung von Modelleinrichtungen	2	7			
4	Rechnerunterstützte Verfahren			13/14/15	13/15	12/14/16
5	Rapid Prototyping		8			
6	Karosseriemodellbau					11/13/15
7	Formenbau	3			14	
8	Gießereimodellbau	3/4	7		11/12/16	
9	Werkstoffkunde	5		12		

1 Einführung

1.1 **Geschichte** 7
 1.2 **Gießereimodellbau** 8
 1.3 **Formenbau** 8
 1.4 **Karosseriemodellbau** 9
 1.5 **Anschauungsmodellbau** 10

2 Grundlagen

2.1 **Einführung** 13
 2.2 **Spanende Bearbeitung** 14
 2.2.1 Keil als Werkzeugschneide 14
 2.2.2 Winkel an der Werkzeugschneide 14
 2.3 **Holzbearbeitungswerkzeuge** 15
 2.3.1 Hobel 15
 2.3.2 Beitel 18
 2.3.3 Handsägen 19
 2.3.4 Werkzeuge zum Bohren 21
 2.3.5 Feilen und Raspeln 22
 2.4 **Metallbearbeitungswerkzeuge** 24
 2.4.1 Meißel 24
 2.4.2 Sägen 24
 2.4.3 Spiralbohrer 25
 2.4.4 Senker 26
 2.4.5 Reibahle 26
 2.4.6 Gewindeschneidwerkzeuge 27
 2.5 **Maschinen** 28
 2.5.1 Holzbearbeitungsmaschinen 29
 2.5.1.1 Kreissägemaschinen 30
 2.5.1.2 Bandsägemaschinen 35
 2.5.1.3 Hobelmaschinen 39
 2.5.2 Modellbaumaschinen 45
 2.5.2.1 Fräsmaschinen 45
 2.5.2.2 Drehmaschinen 49
 2.5.2.3 Schleifmaschinen 55
 2.5.2.4 Bohrmaschinen 60
 2.6 **Mess- und Anreißtechnik** 61
 2.6.1 Prüfen 61
 2.6.2 Messmethoden 61
 2.6.3 Prüfmittel 62
 2.6.4 Anreißtechnik 66
 2.7 **Fügeverfahren** 69
 2.7.1 Einteilung 69
 2.7.2 Gewinde 69
 2.7.3 Stiftverbindungen 70
 2.7.4 Löten und Schweißen 71
 2.8 **Elektrotechnik** 73
 2.8.1 Allgemeines 73
 2.8.2 Stromkreis 74
 2.8.3 Stromarten 76
 2.8.4 Spannungserzeugung 76
 2.8.5 Elektrische Unfälle 77
 2.9 **Steuerungstechnik** 79
 2.9.1 Steuern und Regeln 79
 2.9.2 Pneumatik 80
 2.9.3 Hydraulik 85

3 Fertigung von Modelleinrichtungen

3.1 **Holzmodelle** 87
 3.1.1 Holzverbindungen 87
 3.1.2 Anwendungen 96
 3.2 **Kunstharzmodelle** 107
 3.2.1 Allgemeines 107
 3.2.2 Vorarbeiten 108
 3.2.3 Verfahren mit Gegenformen 111

3.2.4 Verfahren ohne Gegenformen 122
 3.2.5 Unfallverhütung 123
 3.2.6 Mischungsverhältnisse 123
 3.2.7 Kurzzeichen 123
 3.3 **Schaumstoffmodelle** 125
 3.3.1 Trennverfahren 125
 3.3.2 Zerspanungsverfahren 126
 3.3.3 Kleben 128

4 Rechnerunterstützte Verfahren

4.1 **Allgemeines** 129
 4.2 **CAD** 132
 4.3 **CNC-Fräsmaschinen** 134
 4.3.1 Vorteile 134
 4.3.2 Aufbau 134
 4.3.3 Koordinatensysteme 135
 4.3.4 Numerische Steuerungen 135
 4.3.5 Programmieren 136
 4.3.6 Bildzeichen 136
 4.3.7 Bemaßungssysteme 137
 4.3.8 Bezugs- und Nullpunkte 137
 4.3.9 Arbeitsmöglichkeiten 138
 4.3.10 Vermessen von Werkzeugen 139
 4.3.11 Programmbeispiele 140
 4.3.12 5-/3-Achsfräsen 141
 4.3.13 CNC-Werkzeugfräsmaschine 142
 4.3.14 HSC-Fräsmaschinen 143
 4.3.15 Schichtfräsmaschine 144
 4.4 **Erodiermaschinen** 146
 4.4.1 Anwendung 146
 4.4.2 Wirkungsweise 146
 4.4.3 Maschinenaufbau 146
 4.4.4 Erodierverfahren 147
 4.4.5 Elektrodenherstellung 147
 4.4.6 Programmierung 148
 4.5 **Rechnerunterstützte Messverfahren** 149
 4.5.1 Messmaschinen 149
 4.5.2 Messsysteme 150
 4.5.3 Messen von Regelgeometrien 151
 4.5.4 Messen von Freiformflächen 152
 4.5.5 Flächenhafte 3-D-Messtechnik 153
 4.6 **Wiederholungsfragen** 155

5 Additive Fertigungsverfahren

5.1 **Grundlagen** 156
 5.2 **Erzeugung der Schichtebenen** 157
 5.3 **Fertigungsverfahren** 158
 5.3.1 Prototypenarten 158
 5.3.2 Übersicht der Fertigungsverfahren 158
 5.3.3 Stereolithographie 159
 5.3.4 Laser-Sintern 160
 5.3.5 3-D-Printing 161
 5.3.6 3-D-Druckverfahren 162
 5.3.7 3-D-Druckverfahren 163
 5.3.8 FDM-Verfahren 165
 5.3.9 LOM-Verfahren 166
 5.3.10 3-D-Keltool-Verfahren 167
 5.3.11 Vakuumgießen 168
 5.4 **Wiederholungsfragen** 168

6 Karosseriemodellbau

6.1 **Modellarten** 169
 6.1.1 Karosseriemodell 169
 6.1.2 Designmodell 170

6.1.3	Datenkontrollmodell	171	8.2.1.2	Handmodelle	269
6.1.4	Referenzmodell	171	8.2.1.3	Maschinenformen	279
6.1.5	Cubing	172	8.2.1.4	Modellplatten	298
6.1.6	Funktionscubing	172	8.2.2	mit verlorenem Modell	309
6.1.7	Attrappen	173	8.2.2.1	mit Schaumstoffmodellen	309
6.1.8	Mock-up	173	8.2.2.2	Feingießverfahren	317
6.1.9	Ergonomiemodell	173	8.3	Formen mit Kernen	322
6.1.10	Show-Car	174	8.3.1	Kernarten	322
6.1.11	Erstmuster	174	8.3.2	Kernlagerung	330
6.1.12	Formhilfswerkzeuge	174	8.3.3	Kernmarkenarten	333
6.1.13	Anlagemodell	175	8.3.4	Kernsicherungen	338
6.2	Prüfhilfsmittel	175	8.3.5	Kernherstellung	348
6.2.1	Messaufnahme	175	8.3.6	Kernformwerkzeuge	361
6.2.2	Prüflehren	176	8.3.7	Kernlehren	378
6.2.3	Vorrichtungen	178	8.4	Formstoffe	379
6.3	Prozesskette	179	8.5	Einguss- und Speisertechnik	385
6.3.1	Begriffe	179	8.5.1	Eingusssystem	385
6.3.2	Datenkontrollmodell	179	8.5.2	Speisersysteme	390
6.3.3	Prozessschritte	180	8.6	Normen	394
6.4	Herstellung von Karosseriemodellen	184	8.6.1	Übersicht	394
6.4.1	Aufbaumöglichkeiten	184	8.6.2	Systematik	394
6.4.2	Finish	187	8.6.3	VDG-Merkblätter	395
6.5	Einteilung nach Kontur	188	8.6.4	Übersicht DIN EN 12890	395
6.6	Koordinatensysteme	189	8.6.5	Neue Inhalte	396
6.7	Herstellung der Karosserieteile	190	8.6.6	Güteklassenabhängigkeit	397
6.7.1	vom Karosseriemodell zum Karosserieteil	190	8.6.7	Güteklassen von Kernkästen	397
6.7.2	Fertigung der Karosserie-Blechteile	192	8.6.8	Gütemerkmale	398
6.8	Fachbegriffe nach DIN	197	8.6.9	für Vollformverfahren	402
6.9	Wiederholungsfragen	199	8.6.10	für Feingießen	403
6.10	Technische Kommunikation	200			

7 Formenbau

7.1	Übersicht	207
7.2	Kokillen	208
7.2.1	Verfahren	208
7.2.2	Formwerkzeug Kokille	208
7.2.3	Niederdruck-Kokillengießen	212
7.3	Druckgusswerkzeuge	213
7.3.1	Verfahren	213
7.3.2	Vorteile	213
7.3.3	Druckgießmaschinen	214
7.3.4	Druckgießwerkzeuge	215
	Wiederholungsfragen	217
7.4	Spritzgießwerkzeuge	218
7.4.1	Verfahren	218
7.4.2	Spritzgießmaschine	219
7.4.3	Spritzgießwerkzeuge	220
7.5	Formen aus Normalien	232
7.6	Schäumwerkzeuge	235
7.7	Warmumformen	237
7.7.1	Vakuuumformung	237
7.7.2	Hohlkörperblasen	239

8 Gießereimodellbau

8.1	Grundlagen	241
8.1.1	Werdegang	241
8.1.2	Formherstellung	243
8.1.3	Gießereimodelle	244
8.1.4	Farbkennzeichnung	246
8.1.5	Modellzugaben	247
8.1.6	Teilungen	251
8.1.7	Gießereitechnisches Zeichnen	253
8.2	Formtechnik	264
8.2.1	mit Dauermodell	265
8.2.1.1	Handformen	265

9 Werkstoffkunde

9.1	Werkstoff Holz	405
9.1.1	Verwendung im Modellbau	405
9.1.2	Entstehung von Holz	405
9.1.3	Stammquerschnitt	406
9.1.4	Holzschnitte	406
9.1.5	Holzigenschaften	407
9.1.6	Holztrocknung	409
9.1.7	Holzqualität	410
9.1.8	Plattenförmige Holzwerkstoffe	412
9.2	Kunststoffe	414
9.2.1	Anwendungsgebiete	414
9.2.2	Vor- und Nachteile	414
9.2.3	Chemie der Kunststoffe	415
9.2.4	Kunststoffherstellung	416
9.2.5	Physikalisches Verhalten	417
9.2.6	Kunstharzsysteme	418
9.2.7	Klebstoffe	419
9.2.8	Modelllacke	422
9.2.9	Spachtel und Kitte	423
9.2.10	Trennmittel	423
9.3	Metalle	424
9.3.1	Grundlagen	424
9.3.2	Normung	425
9.3.3	Stahl	426
9.3.4	Gusseisen	427
9.3.5	Temperguss	431
9.3.6	Schneidstoffe	432
9.3.7	Nichteisenmetalle	435
9.3.8	Gussfehler	440
9.3.9	Werkstoffprüfung	443
9.3.10	Korrosion	446

10 Sponsoren

10.1	Werbeseiten	448
10.2	Bild- und Textquellennachweis	478
10.3	Sachwortverzeichnis	481

1 Einführung

1.1 Geschichte

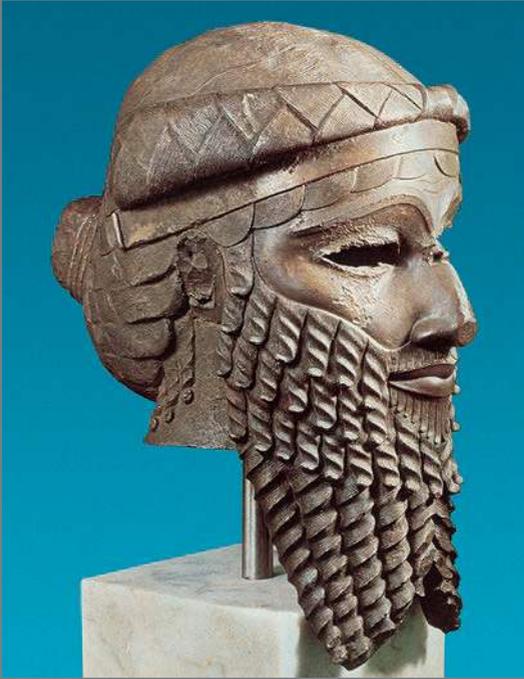


Bild 1: ALTERTUM
Modelle für solche Gussteile wurden als Wachsmodelle vor ca. 4000 Jahren hergestellt. Der abgebildete Kopf aus Kupfer wurde bei Ausgrabungen an einem Tempel in Mesopotamien gefunden.



Bild 2: MITTELALTER
Im Mittelalter wurden für Geschützrohre als Modelleinrichtungen Schablonen verwendet. In dieser Zeit lagen die Modellherstellung und die Gussherstellung noch in einer Hand.



Bild 3: NEUZEIT
Der moderne Modellbau ist gekennzeichnet durch Vielseitigkeit in den Anwendungsgebieten (siehe Bild 4), Werkstoffen und Technologien. Das Bild zeigt ein Beispiel aus dem Karosseriemodellbau.

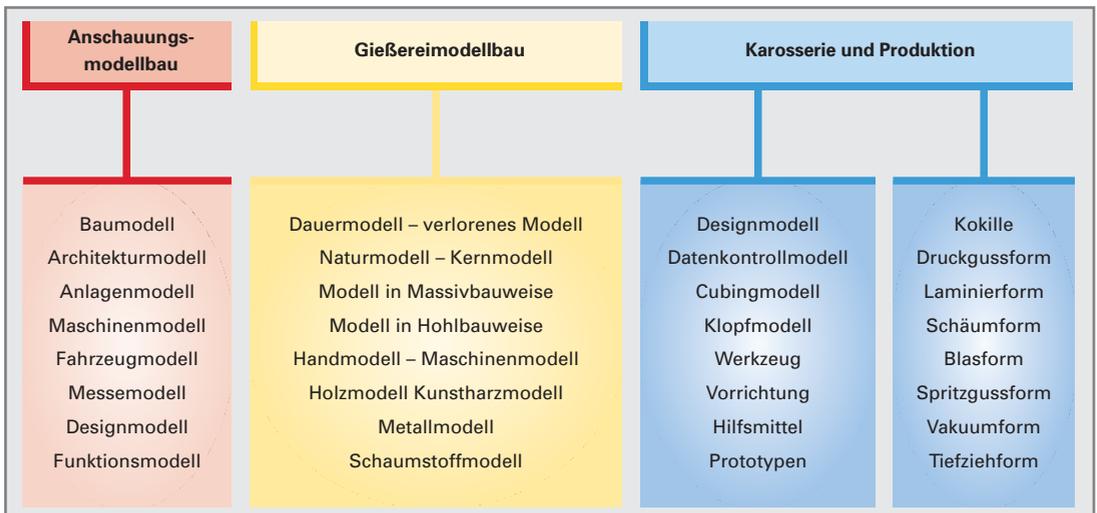


Bild 4: Der Modellbau hat sich im Laufe seiner 5000-jährigen Geschichte vom Gießereimodellbau mit künstlerischer Ausprägung zu einer vielseitigen Fertigung mit hohem technologischen Stand entwickelt. Die Gliederung zeigt einen Teil der vielfältigen Produkte geordnet entsprechend der Neuordnung der Berufe.

1.2 Gießereimodellbau

■ Begriff

Ein Gießereimodell dient zur Herstellung einer Gießform aus Formstoff. Man bezeichnet daher das Gießereimodell auch als Formwerkzeug.

■ Modelleinrichtung

Außer dem eigentlichen Gießereimodell ist häufig noch eine ganze Anzahl von Zubehör vom Modellbauer für die Herstellung der Gießform an die Formerei zu liefern. Man bezeichnet deshalb die Gesamtheit von Gießereimodell und Zubehör für einen Auftrag als Modelleinrichtung. Sie umfasst neben dem Modell Kernkästen, Hilfeinrichtungen wie z.B. Kernlehren und Aufstampfböden.

■ Kernkästen

Für die Hohlräume des Gussteils werden Sandkerne mit der Kontur des Hohlraumes in die Form eingelegt. Das zur Herstellung des Sandkerns notwendige Kernformwerkzeug bezeichnet man vereinfacht als Kernkasten. In diesen wird der Sand eingefüllt und verfestigt. Der Kernkasten wird ebenfalls vom Modellbauer gefertigt. Das Modell kann wie der Kernkasten aus Holz, Metall oder Kunstharz sein. Für Kunstharzkernkästen werden häufig zur Herstellung vorher Kernseelen aus Holz oder Kunststoff gefertigt, die wiederum die Form des Sandkerns aufweisen.

(Ausführliches zum Gießereimodellbau Kapitel 8.)

1.3 Formenbau

Bei großen Gussstückzahlen werden anstatt verlorener Formen aus Sand Dauerformen aus Stahl hergestellt. In diesem Falle fertigt der Modellbauer oder der Werkzeugmechaniker der Fachrichtung Formenbau das Gießwerkzeug. Im Bereich der Gießerei sind Kokillen und Druckgussformen die Dauerformen. Es werden damit vorwiegend Aluminium-, aber auch Magnesium- und Zinkgussteile gegossen.

Während die Kokillen und Druckgussformen eindeutig dem Gießereibereich zuzuordnen sind, gibt es auch Formen, die anderen Bereichen angehören. So werden mit Schäumformen Karosserieteile aus Integralschaum hergestellt. Für die Herstellung von thermoplastischen Kunststoffteilen werden Dauerformen für das Spritzgießen notwendig.

Im Modell- und Formenbau wird der Anteil des Formenbaus immer bedeutender. Der Übergang zum Werkzeugbau und zum Karosseriemodellbau ist dabei fließend.

(Ausführliches zum Formenbau Kapitel 7.)

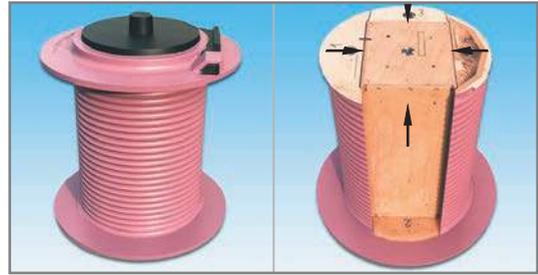


Bild 1: Gießereimodell für das Handformen einer Seiltrommel als Korbmodell (Pfeile zeigen Entformung von Korb und Anleger)



Bild 2: Der Kernkasten und das Modell von Bild 1 bilden miteinander die Modelleinrichtung aus Holz.



Bild 3: Die Kernseele weist die Form des Sandkerns auf. Sie wird zur Herstellung eines Kunstharzkernkastens benötigt.



Bild 4: Diese Kokille aus Stahl ist eine Dauerform für Abgüsse von Einspritzpumpengehäusen.

1.4 Karosseriemodellbau

■ Produkte

- Karosseriemodelle wie Design- und Datenkontrollmodelle
- Klopffmodelle
- Formen und Werkzeuge
- Vorrichtungen
- Prototypen

Der Karosseriemodellbau arbeitet heute durchweg mit rechnergesteuerten Verfahren.

Karosseriemodelle

Der Oberbegriff Karosseriemodell wird für mehrere Modellarten benützt:

- Nach ersten 2-D-Entwürfen (Randering) steht immer ein Designmodell, z.B. im Maßstab 1:4 oder 1:1, häufig aus Ton (Claymodell) modelliert.
- Das Datenkontrollmodell stellt die Verkörperung der CAD-Daten dar.
- Am Cubingmodell werden Einzelmodelle zu einem Ganzen montiert und aufeinander abgestimmt.

Formen und Werkzeuge

Ausgehend von den Karosseriemodellen werden Werkzeuge für die Blechumformung und Formen für die Kunststoff- und Schaumstoffteile hergestellt. Hierbei sind die Kenntnisse und Fertigkeiten von Kunstharzverarbeitung und Formtechnik wichtige Voraussetzungen.

Vorrichtungen

Die Vorrichtungen, die teils auch im Karosseriemodellbau gefertigt werden, sind Messaufnahmen, Prüflöhren und Schweißvorrichtungen.

- Für die Aufnahme der Karosserieteile zur Vermessung an der Messmaschine dient die Messaufnahme.
- Durch Einlegen des Karosserieteils in eine Prüflöhre zeigt sich, ob das Teil „GUT“ oder „Ausschuss“ ist.

■ Prototypen

Neben der Herstellung mit Additiven Fertigungsverfahren (Kapitel 5) werden z.B. aus Vorserienwerkzeugen vielfach die ersten Spritzgussteile als Prototypen im Modell- und Formenbau hergestellt. Die Palette der Fertigung reicht jedoch vom Einzelteil bis zum komplettierten Produkt (Bild 4).

(Ausführliches zum Karosseriemodellbau Kapitel 6.)



Bild 1: Erster 2-D-Designentwurf (Randering)



Bild 2: Designmodell im Maßstab 1:1 aus Ton modelliert (Claymodell)



Bild 3: Datenkontrollmodell mit Spiegellinien zur Beurteilung des Formverlaufs.
Aufbau: Kunststoff lackiert



Bild 4: Presswerkzeug eines Kraftfahrzeughimmels

1.5 Anschauungsmodellbau

■ Berufsbild

Der Anschauungsmodellbau ist eine eigenständige Fachrichtung.

Die Technologie des Anschauungsmodellbaus unterscheidet sich teilweise stark von der des Produktionsmodellbaus.

Bereits das Lesen von Plänen für die Bau-, Architektur- oder Anlagenmodelle erfordert andere Kenntnisse als das Lesen der Zeichnungen des Maschinenbaus.

Bei den Werkstoffen sind Kunststoffe vorherrschend, jedoch wird auch Metall und Holz verarbeitet.

Für das Aussehen der Anschauungsmodelle ist die Farbgebung, die Oberflächenbehandlung und die künstlerische Gestaltung von großer Wichtigkeit. Wie auch im Produktionsmodellbau sind maschinelle und manuelle Arbeitstechniken Grundlagen für die Be- und Verarbeitung der Werkstoffe. Der Einsatz von computerunterstützten Techniken ist ebenfalls weitgehend üblich.

■ Bereiche

Die Bezeichnung der Anschauungsmodelle erfolgt vorwiegend nach dem Bereich, für den das Modell gebaut wird. Danach unterscheidet man

- Baumodelle
- Architekturmodelle
- Anlagenmodelle
- Maschinenmodelle
- Fahrzeugmodelle
- Messemodelle
- Designmodelle
- Funktionsmodelle
- Museumsmodelle.



Bild 1: Baumodell einer Brücke im Maßstab 1:100.
Werkstoffe: Acrylglas, PVC, Kunststoffblockmaterial

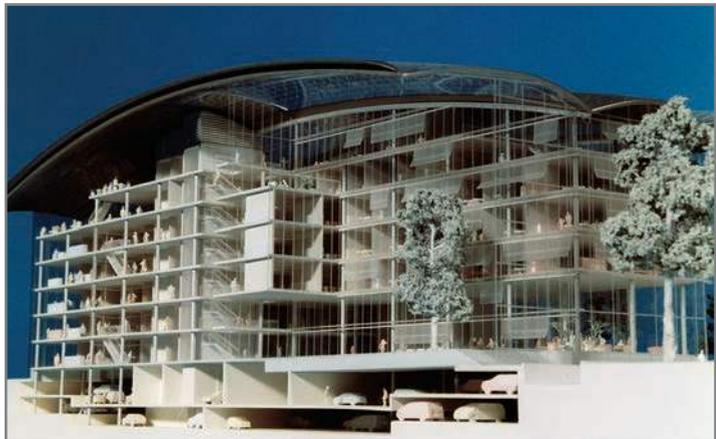


Bild 2: Architekturmodell eines Verwaltungsgebäudes im Maßstab 1:200.
Werkstoffe: Polystyrol, Acrylglas



Bild 3: Anlagenmodell einer Wasseraufbereitungsanlage im Maßstab 1:25.
Werkstoffe: PVC, Polystyrol, Kunststoffblockmaterial

Baumodelle stellen größere Bauten wie Staudämme und Brücken dar.

Architekturmodelle sind vorwiegend Modelle von modernen und historischen Gebäuden. Zu dieser Modellart zählen auch Wettbewerbsmodelle, Arbeitsmodelle, Präsentationsmodelle und städtebauliche Modelle. Für die Herstellung dieser Modelle sind Kenntnisse der Architektur, der Baustile und des Bauwesens Voraussetzung.

Anlagenmodelle sind Modelle von Raffinerien, chemischen Anlagen, Wasseraufbereitungsanlagen usw.

Maschinenmodelle stellen einzelne Maschinen wie Motoren, Turbinen, Werkzeugmaschinen usw. dar.

Fahrzeugmodelle umfassen das große Gebiet von Lkw, Pkw und Schienenfahrzeugen.

Messemodelle können maßstäblich vergrößerte Modelle von Industrieprodukten sein. Diese dienen als Blickfang für die Messebesucher.

Am **Designmodell** werden Entscheidungen über Form, Farbe und Funktion des Produkts getroffen. Designmodelle spielen sowohl im Anschauungsmodellbau als auch im Karosseriemodellbau eine wichtige Rolle.

Funktionsmodelle sind z.B. Prototypen oder Modelle, die Bewegungsabläufe simulieren sowie Modelle, die motorisch, pneumatisch oder hydraulisch bewegt werden. Funktionsmodelle in Großserie sind besonders bekannt als Spielzeug, z.B. Modelleisenbahnen.

Museumsmodelle sind meist historische Modelle und dienen zur Veranschaulichung oder Rekonstruktion.



Bild 1: Maschinenmodell eines Spänebunkers im Maßstab 1:25.
Werkstoffe: Acrylglas, Polystyrol, Metall



Bild 2: Fahrzeugmodell und gleichzeitig Designmodell einer U-Bahn im Maßstab 1:10. Werkstoffe: Acrylglas, PVC, Metall, Kunststoffblockmaterial



Bild 3: Messemodell von Süßwaren im Maßstab 20:1.
Werkstoffe: Kunststoffblockmaterial, PU-Schaum



Bild 1: Designmodell eines Mikroskops im Maßstab 1:1. Werkstoffe: Kunststoff-blockmaterial, Kunstharz, Metall

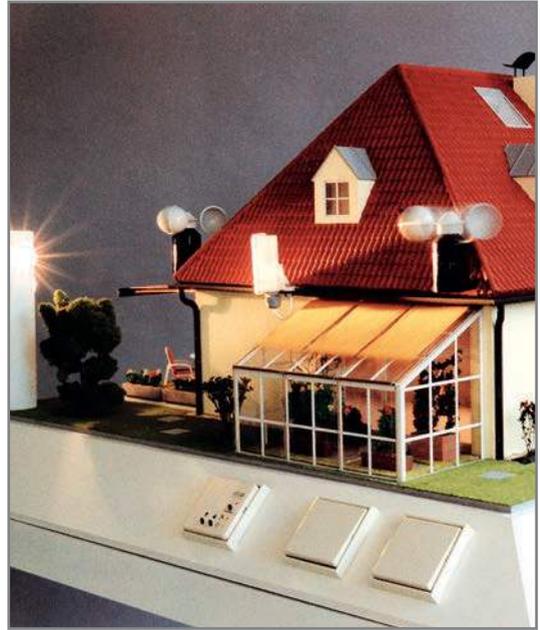


Bild 2: Funktionsmodell zur Demonstration von Antriebstechnik und Sensortechnik im Maßstab 1:20. Werkstoffe: Polystyrol, Acrylglas, Metall, Holzwerkstoffe



Bild 3: Museumsmodell eines historischen Fahrzeugs im Maßstab 1:5. Werkstoffe: Holz, Metall, Leder

2 Grundlagen

2.1 Einführung

Der Modell- und Formenbauer stellt seine Produkte vorwiegend durch spanende Fertigungsverfahren aus den Werkstoffen Metall, Holz, Kunststoff und Schaumstoff her. Seine Produkte dienen wiederum indirekt dem Urformen oder seine Karosseriemodelle indirekt dem Tiefziehen. Eine Übersicht über die Vielfalt der Fertigungsverfahren enthält DIN 8580.

■ Urformen

Das Merkmal des Urformens ist das Erzeugen der Werkstückform, indem der Zusammenhalt des Materials in einer Form geschaffen wird. Bei den verschiedenen Gießverfahren erfolgt dies durch das Erstarren des flüssigen Metalls, beim Sintern durch Pressen und Erwärmen pulverförmiger Werkstoffe.

■ Umformen

Beim Umformen wird mit oder ohne Werkzeug die Werkstückform, meist ein Halbzeug, verändert. Hierbei bleibt der Materialzusammenhalt bestehen. Solche Verfahren sind das Druckumformen, z.B. Schmieden, das Zugdruckumformen, z.B. Tiefziehen, das Biegeumformen usw.

■ Trennen

Das Merkmal des Trennens ist das Verändern der Werkstückform, wobei der Materialzusammenhalt aufgelöst wird. Die wichtigsten Gruppen sind das Zerteilen, z.B. Scherschneiden, das Spanen mit geometrisch bestimmter und mit geometrisch unbestimmter Schneide. Eine geometrisch bestimmte Schneide besitzen Meißel, Bohrer, Hobel u.a. Werkzeuge, während das Schleifkorn eine geometrisch unbestimmte Schneide aufweist.

Die Fertigungsverfahren des Spanens sind für den Modell- und Formenbauer maßgebend und deshalb auch der wesentliche Inhalt des folgenden Kapitels.

■ Fügen

Beim Fügen werden Einzelteile miteinander verbunden. Man unterscheidet lösbare (Schrauben, Stiften u.a.) und unlösbare (Kleben, Schweißen u.a.) sowie formschlüssige (Vielkeilwelle) und kraftschlüssige (Morsekegel) Verbindungen.

Nach DIN 8580 sind weitere Fertigungsverfahren das **Beschichten** und **Stoffeigenschaftsändern** (z.B. Wärmebehandlungen wie Härten und Glühen).

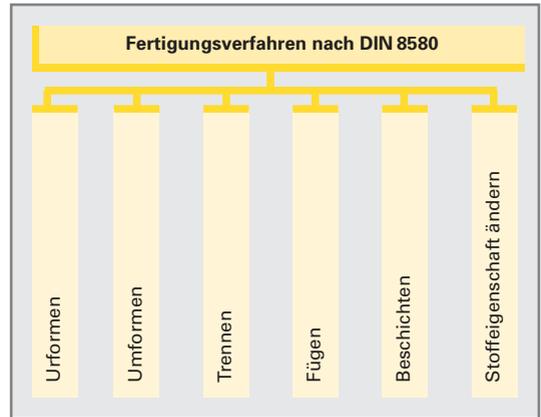


Bild 1: Einteilung der Verfahren



Bild 2: Urformen



Bild 3: Umformen: Pressen von Karosserieteilen

2.2 Spanende Bearbeitung

2.2.1 Keil als Werkzeugschneide

Der Keil ist das Grundelement jeder Werkzeugschneide. Die Kräfte, die durch die Kräftezerlegung dargestellt werden können, bewirken den Vorgang des Zerteilens oder Spanens. Bild 1 und 2 zeigen dies am einfachsten Werkzeug, dem Meißel. Beispiele aus der Praxis, die dem Zerteilen zugeordnet werden, sind bei der Karosserieherstellung Fertigungsverfahren wie Schneiden und Lochen. Die meisten Fertigungsverfahren benutzen die keilförmige Werkzeugschneide zum Spanen.

Nach der Zahl der Werkzeugschneiden bezeichnet man die Werkzeuge für das Spanen (Auswahlbeispiele)

- als einschneidig (Meißel, Stechbeitel, Hobel)
- als mehrschneidig (Säge, Feile, Bohrer, Fräser)
- oder als vielschneidig (Schleifen).

2.2.2 Winkel an der Werkzeugschneide

Die Winkel an der Schneide werden entsprechend Bild 3 angeordnet und nach dem griechischen Alphabet bezeichnet. Bei Werkzeugen mit geradliniger Bewegung dienen Waagerechte und Senkrechte als Hilfslinie. Bei Werkzeugen mit drehender Bewegung dienen Radiale und Tangentiale als entsprechende Hilfslinie (siehe Kapitel Kreissägeblätter).

Die Größe des Keilwinkels Beta ist abhängig von der Art des zu zerspanenden oder zu trennenden Werkstoffes. Je härter der Werkstoff um so größer ist der Keilwinkel. Ein kleinerer Keilwinkel erleichtert zwar das Eindringen der Werkzeugschneide mit weniger Kraft in das Werkstück, dafür wird die Standzeit (Zeit von einem Werkzeuganschleiß bis zum nächsten erforderlichen) kürzer. Aus diesen Gründen kann z.B. der optimale Keilwinkel eines Stechbeitels für Weichholz 25° und der Keilwinkel an einem Drehmeißel für Stahl 70° betragen.

Die Größe des Spanwinkels bestimmt den Zerspannungsvorgang und die Spanform. Ist der Spanwinkel sehr klein, 0° oder gar negativ, so handelt es sich bei der Zerspannung um ein Schaben, es entsteht ein Reißspan. Ist der Spanwinkel groß, so ist der Zerspannungsvorgang ein Schneiden, und es entsteht ein Fließspan. Der Scherspan ist eine Zwischenform, bei Stahl kommt es hierbei meist zu einem Verschweißen der einzelnen Spanteilchen. Die Spanform ist auch abhängig vom Werkstoff. Weicher Stahl neigt eher zum Fließspan, Holz neigt eher zum Reißspan. Insbesondere bei schälendem Schnitt (siehe Kapitel Dreheln) kommt es jedoch auch bei vielen Holzarten zu schönen Fließspänen.

Der Freiwinkel ist insbesondere bei Maschinenwerkzeugen zur Verminderung der Reibung und der damit entstehenden Wärme notwendig. Er liegt üblicherweise zwischen 6° und 12°.

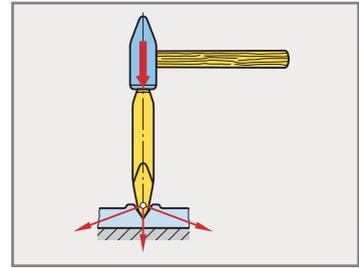


Bild 1: Meißel:
Zerteilende Wirkung des Werkzeugkeils

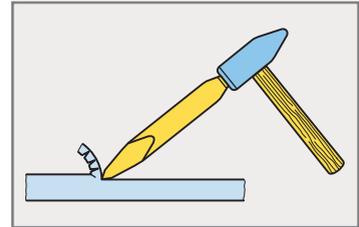


Bild 2: Meißel:
Spanende Wirkung des Werkzeugkeils

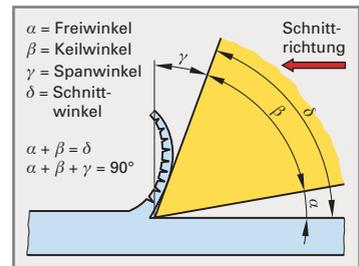


Bild 3: Winkel an der Werkzeugschneide

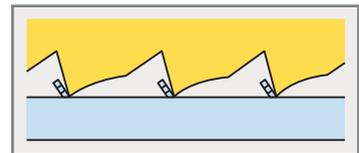


Bild 4: Beispiel gehauene Feile:
Schabende Wirkung bei negativem Spanwinkel

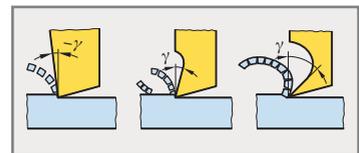


Bild 5: Beispiel Hobeln von Metall:
Spanbildung durch unterschiedliche Spanwinkel und Werkstoffe

2.3 Handwerkzeuge für die Holzbearbeitung

2.3.1 Hobel

■ Aufbau

Der Hobelkasten besteht aus gedämpftem Rotbuchenholz. Für die Hobelsohle wird meist Weißbuchen- oder Pockholz verwendet. Beide Teile werden maschinell verzahnt und verleimt. Ungefähr in der Mitte hat der Hobelkasten eine Öffnung, die nach unten als Hobelmaul bezeichnet wird und nach oben als Spanloch. Hier wird von oben das Hobeisen eingeschoben und gegen das Keilwiderlager mit einem Weißbuchenkeil festgekeilt.

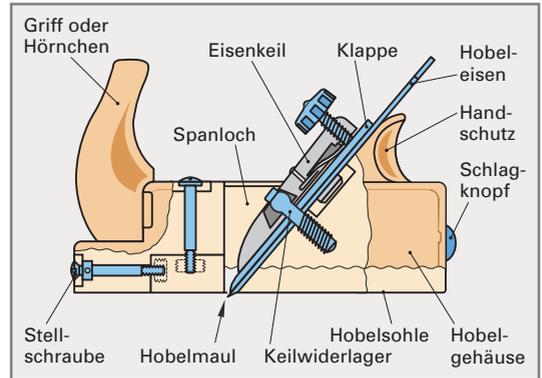


Bild 1: Bezeichnungen am Reformputzhobel

■ Hobelmaul

Die vordere Kante des Hobelmauls drückt beim Hobeln auf die Hobelfläche und knickt den abgetrennten Span rechtzeitig ab. Wenn das Hobelmaul zu groß ist, wird der Span zu spät gebrochen und reißt dadurch leicht zu tief ein. Ist das Hobelmaul zu klein, verstopft es leicht.

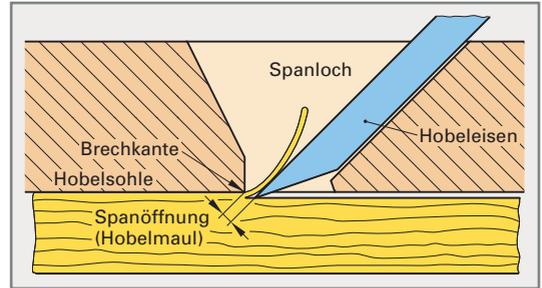


Bild 2: Spanbildung beim Hobel

■ Hobeisen

Das Hobeisen besteht aus Werkzeugstahl. Die vordere Seite des Hobeisens bezeichnet man als Spiegelseite, und die dazu angeschliffene Fläche bildet mit der Spiegelseite die Schneide und heißt Fase.

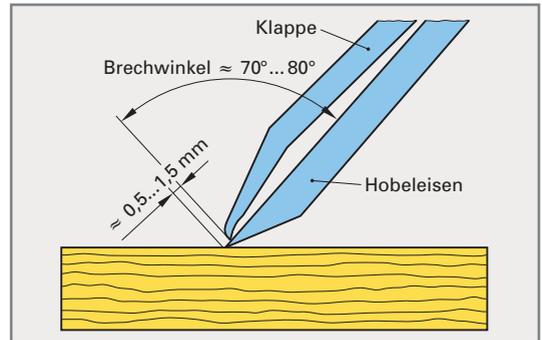


Bild 3: Doppelhobeisen mit Klappe

■ Klappe

Sie hat die Aufgabe, den Span unmittelbar hinter der Schneide zu brechen, damit er nicht einreißen kann. Außerdem soll sie satt auf der Spiegelseite aufliegen. Der Brechwinkel soll 70° bis 80° betragen. Der Abstand zwischen Brechkante der Klappe und Hobelschneide muss jeweils auf einen bestimmten Abstand eingestellt werden. Je nach Art der Arbeit und nach Art des zu bearbeitenden Holzes beträgt dieser beim Doppelhobel und der Raubank ungefähr 1 mm, beim Putzhobel 0,5 mm.

■ Winkel an der Schneide

Schnittwinkel

Er ist bei den einzelnen Hobelarten verschieden und beträgt im Allgemeinen 45° bis 50°. Ausnahmen machen der amerikanische Hirnholzhobel mit 34° und der Zahnhobel mit 75° Schnittwinkel.

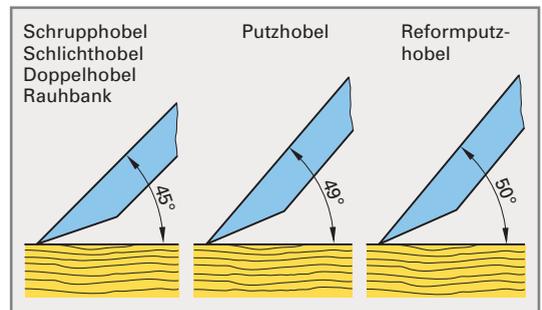


Bild 4: Schnittwinkel bei den Hobelarten

Keilwinkel

Der Keilwinkel beträgt in der Regel 25° und kann durch Nachschleifen der Fasse verändert werden. Ist der Keilwinkel kleiner als 25° , so bricht die Schneide bei Ästen leicht aus, ist er größer, muss mit mehr Kraft gehobelt werden.

Freiwinkel

Als Freiwinkel bezeichnet man den Winkel der von der Fasse zum Werkstück noch frei ist. Je kleiner der Freiwinkel ist, desto größer ist der Kraftaufwand beim Hobeln.

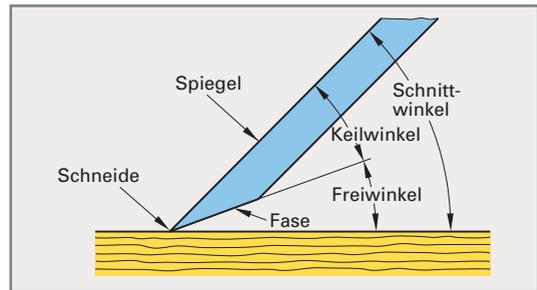


Bild 1: Bezeichnungen am Hobeisen

Arten und Verwendung

Schrupphobel

Schrupphobel haben eine bogenförmig angeschliffene Schneide. Die Eisenbreite ist der Halbmesser der Rundung. Der Hobel eignet sich zum Abhobeln verschmutzter oder dickerer Holzschichten.



Bild 2: Schrupphobel

Schlichthobel

Er hat ein einfaches Hobeisen, das 45, 48 oder 51 mm breit ist. Die Schneide ist leicht bogenförmig, der Spalt des Hobelmauls ca. 1 mm weit geöffnet. Der Schlichthobel ist deshalb besonders geeignet, raue, unebene Flächen zu schlichten.



Bild 3: Schlichthobel

Doppelhobel

Der Doppelhobel besitzt ein Hobeisen mit Klappe. Sie ist mit einer Brechkante versehen und bricht den Span unmittelbar hinter der Schneide. Deshalb wird der Doppelhobel hauptsächlich verwendet, wenn die Flächen mit dem Schlichthobel nicht sauber genug werden.



Bild 4: Doppelhobel

Putzhobel

Er ist kürzer als der Doppelhobel, hat ebenfalls ein Hobeisen mit Klappe, aber der Schnittwinkel beträgt 48° bis 50° . Deshalb wird er für viele Putzarbeiten bei Massivholz oder furnierten Flächen sowie für Einpassarbeiten verwendet.

Universalhobel

Der Universalhobel ersetzt Putzhobel, Doppelhobel, Schlichthobel, Schrupphobel und Simshobel. Dies wird möglich durch eine Verstellmöglichkeit für den Schnittwinkel und der Ausnützung der gesamten Hobelbreite durch die Messerbreite.

Dieser neuartige Hobel besteht aus hochbelastbarem Kunststoff und ist über eine Gratverbindung mit einer reibungsarmen Metallhobelsohle verbunden. Das Wendemessersystem hat austauschbare Klingen, die ohne Schlagwerkzeug justiert werden. Der Ersatzklingenspender ist im Hohlkörper integriert. Die Breite des Hobels beträgt 48 mm.

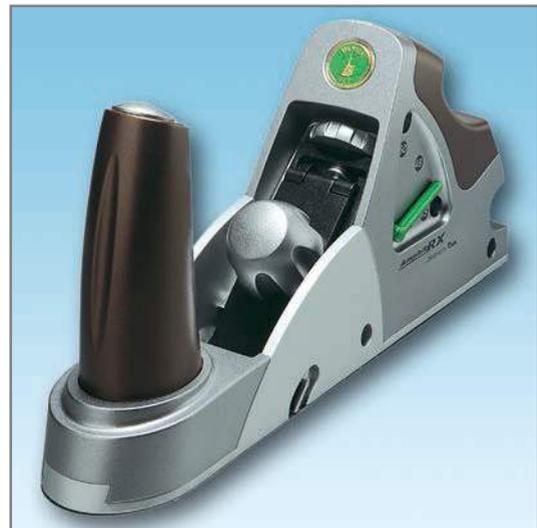


Bild 5: Universalhobel

Raubank

Die Raubank hat ein Hobeisen mit Klappe, die Breite beträgt 57 oder 60 mm, die Länge z.B. 600 mm. Sie wird angewendet, um größere Flächen herzustellen sowie gerade Fugen und Kanten.

Simshobel

Er dient zum Aushobeln und Nachhobeln von Absätzen und Fälzen sowie profilierten Kanten. Der doppelte Simshobel hat gegenüber dem einfachen Simshobel eine Klappe und ein verstellbares Hobelmaul.

Schärfen des Hobeisens

Mit einem scharfen Hobeisen wird eine gute Fläche erzielt. Deshalb sollte man es rechtzeitig schärfen. Wenn die Schneide nur wenig stumpf und ohne Scharfen ist, kann sie durch Abziehen wieder geschärft werden. Ein stumpfes oder scharftiges Eisen wird heute meist nur noch an künstlichen Schleifscheiben geschliffen.

Schleifen

Dabei wird das Eisen in eine Vorrichtung gespannt und während des Schleifens hin- und herbewegt. Da durch die Reibung Hitze erzeugt wird, darf nur mit wenig Druck geschliffen werden, sonst wird die Schneide braun oder blau. Durch diesen Anlassvorgang verliert die Schneide einen Teil ihrer Härte.

Abziehen

Das Hobeisen muss nach dem Schleifen abgezogen werden, es erhält dadurch die richtige Schneide. Sehr gebräuchlich sind natürliche Abziehsteine. Der „Belgische Brocken“, ein Schieferstein, wird mit Wasser verwendet, während der Arkansasstein, ein Quarzstein, seine beste Wirkung mit Schleiföl entfaltet. Künstliche Abziehsteine kann man zum Abziehen entweder mit Wasser, Petroleum oder Schleiföl benutzen. Um das Hobeisen abzuziehen, wird die Fase satt auf dem Stein aufliegend in elliptischen Bewegungen so lange über den Abziehstein bewegt, bis die Schleifriefen auspoliert sind und der Schleifgrat entfernt ist. Um den Grat schneller zu entfernen, wird auch die Spiegelseite ganz flach über den Stein geführt. Sie darf aber nicht abgezogen werden, weil sonst die Klappe nicht mehr in der ganzen Breite aufliegt und dadurch der Hobel verstopft. Abziehen kann auch mit Maschinen erfolgen. Beim Zahnhobeisen wird die Fase abgezogen und die Schneide anschließend in eine Hartholzstirnseite eingeschlagen. Dadurch wird der Grat entfernt.



Bild 1: Raubank



Bild 2: Simshobel

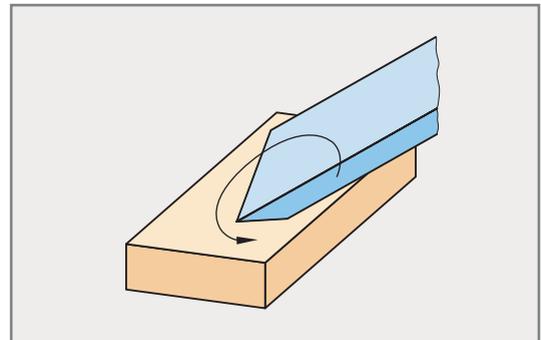


Bild 3: Abziehen auf dem Naturstein

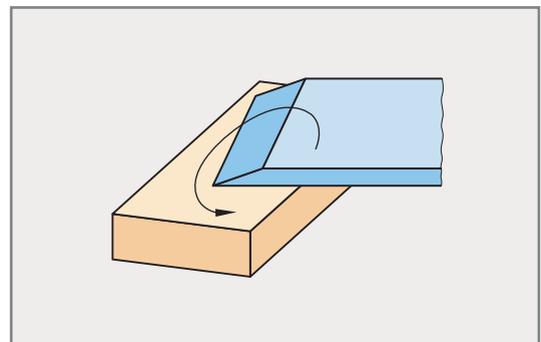


Bild 4: Zurückdrücken des Grates

Wiederholungsfragen

1. Wie heißen die Einzelteile eines Doppelhobels?
2. Warum sollte das Hobelmaul möglichst eng sein?
3. Wie groß ist der Keilwinkel am Hobeisen?
4. Wozu dient die Klappe?

2.3.2 Beitel

Arten und Verwendung

Stechbeitel dienen zum Herstellen von Passungen, Holzverbindungen und zum Ausarbeiten bestimmter Konturen und Vertiefungen an Modellen, die mit Maschinen nicht zugänglich sind, außerdem zum Einlassen von Modellbau-Beschlägen. Die Breiten sind genormt und betragen 2 bis 50 mm.

Lochbeitel werden hauptsächlich zur Herstellung von Zapfenlöchern verwendet. Das Herauswuchten der Späne geschieht über die Lochkanten als Drehpunkt. Deshalb sollte das Loch zuerst ca. 2 mm kleiner ausgestemmt und danach auf Maß ausgestochen werden. Die Breiten sind genormt und betragen 2 bis 26 mm.

Hohlbeitel werden beim Ausarbeiten von Hohlräumen, Vertiefungen und zum Einlassen verschiedener Modellbaubeschläge verwendet. Der Durchmesser der Krümmung ist gleich der Klingebreite. Die Breiten sind genormt und betragen 6 bis 50 mm.

Aufbau

Heft

Das Heft ist meist aus Weißbuchenholz oder Kunststoff und oben und unten mit zwei Zwingen umschlossen. Sie sollen verhindern, dass das Heft beim Arbeiten spaltet. Die Kraft zur Spanabnahme wird entweder mit der Hand oder mit dem Holzhammer aufgebracht.

Klinge

Die Klinge besteht aus Werkzeugstahl und kann im Querschnitt rechteckig sein oder angefasete Kanten besitzen, wobei sich letztere besser eignen, um spitzwinklige Ecken wie Zinken und Schwalbenschwänze sauber auszuarbeiten.

Angel

Die Angel soll fest und gerade in die Mitte des Heftes eingetrieben werden.

Krone

Damit die Angel nicht zu tief in das Heft eindringt, besitzt die Klinge am Ende eine Krone. Sie dient als Anschlag.

Pflege

Um die Werkzeuge zu schonen, sollten sie nur in einwandfrei geschärftem Zustand benutzt werden. Die Beitel werden wie die Hobeisen geschärft, jedoch müssen die Ecken scharfkantig bleiben. Der Keilwinkel sollte 25° betragen. Die Klinge darf beim Schleifen nicht braun oder blau anlaufen.

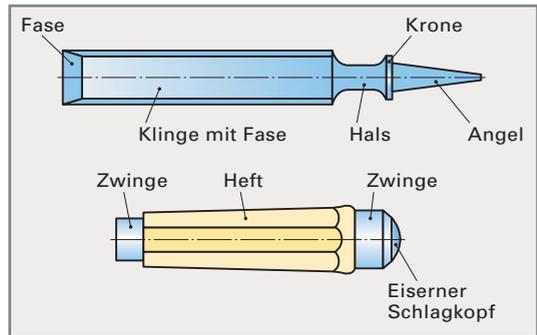


Bild 1: Stechbeitelklinge mit Heft



Bild 2: Beitelarten

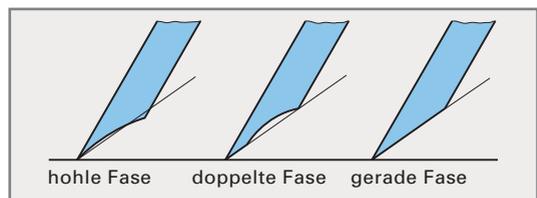


Bild 3: Fasen am Lochbeitel

Wiederholungsfragen

1. Wofür werden Stechbeitel verwendet?
2. Wie groß soll der Keilwinkel am Stechbeitel sein?
3. Wofür werden Hohlbeitel verwendet?
4. Wie verhält sich die Breite des Hohlbeitels zur Krümmung?
5. Wofür werden Lochbeitel verwendet?
6. Wozu dient der Stechbeitel mit abgeschrägten Längskanten?
7. Wozu dient die Krone?

Rückensäge

Die Rückensäge ist eine Heftsäge mit aufgesetztem Rücken. Die Zahnteilung beträgt etwa 3 mm, und die Zähne stehen schwach auf Stoß. Das ermöglicht einen feinen Schnitt, wobei die Tiefe durch den Rücken begrenzt ist.

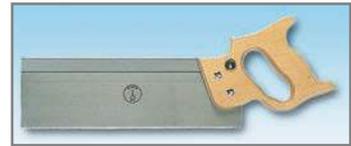


Bild 1: Rückensäge

Stichsäge

Die Stichsäge ist eine Heftsäge mit schmalen, spitz zulaufendem Sägeblatt. Das Blatt ist dick und verjüngt sich in Richtung des Blattrückens, damit es sich beim Sägen freischneidet. Sie eignet sich besonders zum Schneiden von Rundungen innerhalb großer Flächen und zum Erweitern kleiner Öffnungen.

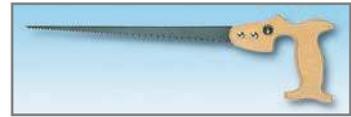


Bild 2: Stichsäge

Abrichten

Bei älteren Sägeblättern, die schon häufig nachgeschärft werden mussten, kann es sein, dass die Zähne nicht mehr in einer Flucht liegen bzw. unterschiedlich groß sind. Mit einer Flachfeile wird in Längsrichtung über die Zahnschneiden gefeilt, bis alle auf gleicher Höhe liegen. Danach werden mit der Sägefeile alle Zähne auf gleiche Form gefeilt. Anschließend sollten die Zähne geschränkt und geschärft werden.

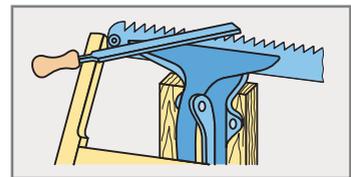


Bild 3: Abrichten des Sägeblattes

Schränken

Damit sich das Blatt beim Sägen freischneidet, müssen die Zähne geschränkt werden. Dabei werden die Zähne mit dem Schränkeisen abwechselnd nach links und rechts gebogen. Dadurch wird die Schnittbreite größer. Beim Schränken ist Folgendes zu beachten:

Der Schrank muss nach beiden Seiten gleichmäßig sein, sonst verläuft die Säge nach der stärker geschränkten Seite.

Die Schnittbreite darf nicht mehr als die doppelte Blattdicke betragen, sonst wird der Schnitt unsauber.

Die Zähne dürfen nur auf die halbe Zahnhöhe geschränkt werden, sonst können sich am Zahngrund Risse bilden oder Zähne abbrechen.

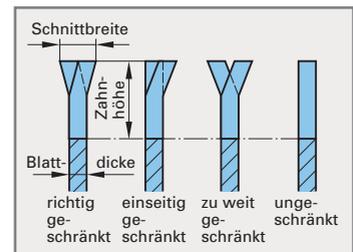


Bild 4: Schnittbahn bei geschränkter und ungeschränkter Säge (verschieden geschränkte Sägeblätter im Schnitt)

Schärfen

Wenn die Säge stumpf ist, werden Zahnbrust und Zahnrücken mit einer Sägefeile scharfkantig gefeilt. Dazu wird die Säge, wenn es möglich ist, entspannt und bis nahe an die Zahngrundlinie in den Feilkloben gespannt. Die Feile ist mit leichtem Druck so zu führen, dass sie waagrecht und mit 90° zum Sägeblatt die ganze Form des Zahnes erfasst.

Pflege

Strecksägen dürfen nur in gespanntem Zustand benutzt werden. Das Blatt muss in einer Flucht verlaufen. Wenn Sägen längere Zeit nicht gebraucht werden, sollte man das Sägeblatt leicht einfetten und das Gestell entspannen. Es dürfen keine stumpfen Sägeblätter verwendet werden (Unfallgefahr).

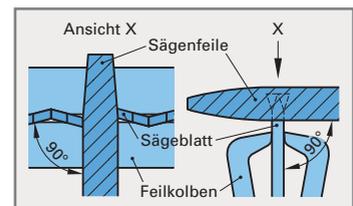


Bild 5: Feilenführung beim Schärfen

Wiederholungsfragen

1. Wie werden Handsägen eingeteilt?
2. Wie werden die verschiedenen Sägen arbeitssteif gehalten?
3. Welche Bezahlungsarten gibt es?
4. Was versteht man unter Keil-, Span-, Frei- und Schnittwinkel?
5. Beschreiben Sie den Schärfvorgang einer Gestellsäge.