EUROPA-FACHBUCHREIHE
für metalltechnische Berufe

Roller
Buck Berndt Dahlmann Leineweber Ludwig Dr. Appelt Pröm Rödter
Schlotterbeck Wintgens

Fachkunde Gießereitechnik

Technologie des Formens und Gießens

9., überarbeitete und erweiterte Auflage

Verlag Europa-Lehrmittel · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 1793X

Autoren:

Roller, Rolf	Dipl.-Ing.(FH), Oberstudienrat	Heidenheim
Berndt, Kerstin	Techniker, Produktmanager Nicht-Eisen-Schmelzebehandlung Vesuvius GmbH	Borken
Buck, Volkmar	Dipl.-Ing.(FH), Oberstudienrat	Heidenheim
Dahlmann, Martin	Dipl.-Ing., Produktmanager Maskenformverfahren und Spezialsande Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH	
Leineweber, Laura	M.Sc.,Technische Leitung MAGMAacademy, MAGMA Gießereitechnologie GmbH	Aachen
Ludwig, Johann	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Stuttgart
Appelt, Christian	Dr., ASK Chemicals GmbH, Produktmanagement Anorganische Bindemittel	Hilden
Pröm, Manfred	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Stuttgart
Rödter, Hans	Dipl.-Ing., Gießereiberatungsingenieur	Heidenheim
Schlotterbeck, Martin	Leiter Schulung Oskar Frech GmbH + Co. KG	Schorndorf
Wintgens, Rudolf	Dipl.-Ing., Gießereikunde	Schopfheim

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:
Rolf Roller

Bildentwürfe: Autoren

Fotos: siehe Bild- und Textquellenverzeichnis Kapitel 9.2

Illustrationen: Grafische Produktionen Neumann, 97222 Rimpar

Betreuung der Bildbearbeitung:
Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, 73760 Ostfildern

9. Auflage 2021

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-7585-1179-0

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

© 2021 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Umschlagfotos: Laempe Mössner Sinto GmbH, Schopfheim, und SHW Casting Technologies GmbH & Co. KG, Aalen

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Vorwort zur 9. Auflage der Fachkunde für gießereitechnische Berufe

Das vorliegende Standardwerk für die Gießerei ist seit 36 Jahren in Ausbildung und Praxis eingeführt.

Wie bereits bei vorangegangenen Auflagen dient das Fachbuch nicht nur für die Ausbildung der Gießereimechaniker und Former, sondern wird auch in Meister- und Technikerschulen, zum Einstieg in spezielle Studiengänge sowie in der Praxis benutzt.

Für die Neubearbeitung waren wiederum der Stoffplan der Berufsschulen und der Ausbildungsplan der Betriebe maßgebend. Auch durch die weitgehende Verwendung des Buches in Industrie und Studium musste die sich rasch verändernde Technik berücksichtigt werden.

So wurde die 9. Auflage komplett überarbeitet und u.a. die Themen Gießprozesssimulation, Druckgießverfahren, Anorganische Formstoffbindemittel und Schmelzebehandlung neu verfasst. Neu sind auch die QR-Codes in den Kapiteln Druckguss, Gießereiprozesssimulation und Additive Fertigungsverfahren und ein kleines Kapitel mit dem Thema Industrie 4.0 hält Einzug in die Gießerei.

Erfreulicherweise waren hierzu wieder maßgebende Unternehmen bereit, an der Überarbeitung mitzuwirken. Ihnen gilt der besondere Dank des Verlages Europa-Lehrmittel. Zahlreiche Beiträge, Fotos und die Durchsicht von Kapiteln ermöglichten es, das Buch auf den neuesten Stand zu bringen. Die daran beteiligten Unternehmen sind im Kapitel 9.2 aufgeführt.

Die Technische Kommunikation ist in die entsprechenden Kapitel der Technologie aus methodischen Gründen fächerverbindend integriert.

Die Regeln für die gießereitechnischen Zeichnungen entsprechen dem VDG-Merkblatt M 150.

Der Inhalt des Buches, der über die Stoffpläne der Schulen hinausgeht, hat aus finanziellen Gründen seine Begrenzung. Trotzdem sind wir für Anregungen bezüglich der nächsten Auflage dankbar.

Die Neuausgabe in dieser Ausstattung ist für einen Beruf mit relativ geringen Ausbildungszahlen ein wirtschaftliches Problem. Durch die Unterstützung einiger maßgebender Unternehmen konnte jedoch erreicht werden, dass auch weiterhin ein Fachbuch für diese Branche zur Verfügung steht. Diese Sponsoren stellen im Kapitel 9.1 ihre Unternehmen und Produkte vor.

Herbst 2021 Rolf Roller

Formtechnik mit Technischer Kommunikation 8...146 **1**

Gießverfahren 147...196 **2**

Einguss- und Speisertechnik 197...217 **3**

Schmelztechnik und Schmelzöfen 218...237 **4**

Putztechnik 238...243 **5**

Formstofftechnik 244...268 **6**

Werkstoffkunde 269...325 **7**

Ergänzende Grundlagen und Techniken 326...412 **8**

Sponsoren 413...441 **9**

Geleitwort

Die Anforderungen an die technischen Mitarbeiter in der Gießereibranche wachsen und verändern sich stetig. Hinzu kommt, dass eine hohe Flexibilität und ein kontinuierliches Erlernen neuer Fähigkeiten immer mehr erforderlich sind. Die praktische Ausbildung in den Betrieben und der fachnahe Unterricht an einer Berufsschule schaffen eine sehr gute Basis für den Start ins Berufsleben. Diese Ausbildung ist ein weltweit anerkanntes Erfolgsmodell! Auch das Angebot für eine kontinuierliche Weiterbildung ist umfangreich und wird durch eine zunehmende Mechanisierung und Automatisierung sowie die Anwendung computergestützter Technologien getrieben.

Gießereibetriebe haben sich dem Strukturwandel in der Vergangenheit immer erfolgreich gestellt. Insbesondere der solide fachliche Grundstock der Mitarbeiter und ihr ständiges eigenes Dazulernen schaffen wichtige Voraussetzungen für das Bewältigen neuer Aufgaben. Die Zukunftsperspektiven der deutschen Gießerei-Industrie – die weltweit die produktivste ist – bieten eine Arbeitsumgebung, in der man Erfüllung und persönliche Bestätigung finden kann.

In der vorliegenden 9. Auflage wurde die Entwicklung der Gießereitechnik konsequent berücksichtigt und eine komplette Überarbeitung vorgenommen. Auch Experten aus der Zuliefererindustrie haben bezüglich heute verfügbarer Anlagentechnik, Hilfs- und Betriebsstoffe und auch der Computersimulation die Aktualisierung der neuen Ausgabe unterstützt. Das vorliegende klar strukturierte Lehrbuch ist über die Ausbildung hinaus ein nützlicher Begleiter der Gießereifachfrau und des Gießereifachmannes. Dem Lektor und den Autoren ist es gelungen, mit dem Lehrbuch „Fachkunde Gießereitechnik“ umfassende Fachkenntnisse praxisnah und graphisch anschaulich aufbereitet darzustellen.

Wir danken dem Lektor, den Autoren und dem Verlag für dieses gelungene Ausbildungs- und Nachschlagewerk und wünschen allen Auszubildenden Erfolg und Freude in unserem schönen Gießereiberuf.

Düsseldorf, im Herbst 2021

Verein Deutscher Gießereifachleute e.V.
Dr.-Ing. Erwin Flender
Hauptgeschäftsführer

1 Formtechnik mit Technischer Kommunikation

1.1 Geschichtliche Entwicklung des Formens und Gießens . . . 8
1.2 Grundlagen der Formtechnik . . . 11
1.2.1 Werdegang eines Gussteils . . . 11
1.2.2 Formherstellung . . . 13
1.2.3 Gießereimodelle – Arten . . . 14
1.2.4 Farbkennzeichnung der Modelle . . . 15
1.2.5 Modellzugaben . . . 16
1.2.6 Form- und Modellteilung . . . 20
1.2.7 Grundlagen der Gießereitechnischen Kommunikation . . . 22
1.3 Formtechnik für verlorene Formen . . . 30
1.3.1 Formtechnik für verlorene Formen mit Dauermodell . . . 31
1.3.1.1 Handformen . . . 31
1.3.1.2 Modelle für das Handformen . . . 35
1.3.2 Herstellung von verlorenen Formen mit verlorenem Modell . . . 42
1.3.2.1 Formverfahren mit Schaumstoffmodellen . . . 42
1.3.2.2 Feingießverfahren . . . 51
1.3.3 Sonderverfahren . . . 56
1.3.3.1 Vakuumformverfahren unter Verwendung einer Folie . . . 56
1.3.3.2 Direkte Herstellung von Formen und Kernen . . . 59
1.3.3.3 Verfahren mit aushärtenden Formstoffen 60
1.3.4 Maschinenformen . . . 63
1.3.4.1 Grundlagen . . . 63
1.3.4.2 Formanlagen . . . 71
1.3.4.3 Modellplatten . . . 77
1.4 Formen mit Kernen (Technologie und Technische Kommunikation) . . . 86
1.4.1 Kernarten . . . 86
1.4.2 Kernlagerung . . . 94
1.4.3 Kernmarkenarten . . . 97
1.4.4 Kernsicherungen . . . 101
1.4.5 Kernherstellung . . . 109
1.4.6 Kernformwerkzeuge (Kernkästen) . . . 123
1.5 Europäische Normen und VDG-Merkblätter im Modellbau . . . 137
1.5.1 Übersicht über die neuen Europäischen Normen . . . 137
1.5.2 Systematik der Werkstoff-Güteklassen . 137
1.5.3 VDG-Merkblätter . . . 138
1.5.4 Übersicht über die DIN EN 12890 . . . 138
1.5.5 Neue Inhalte der DIN EN 12890 gegenüber der DIN 1511 – allgemein . . . 139
1.5.6 Neue Inhalte der DIN EN 12890 gegenüber der DIN 1511 – güteklassenabhängig . . . 140
1.5.7 Güteklassen von Kernkästen . . . 140
1.5.8 Gütemerkmale nach DIN EN 12890 . . . 141
1.5.9 DIN EN 12892 Formwerkzeuge für verlorene Modelle für das Vollformverfahren . . . 145
1.5.10 DIN EN 12883 Wachsspritzformen für verlorene Modelle für das Feingießen . . 146

2 Gießverfahren

2.1 Übersicht . . . 147
2.1.1 Gießarten . . . 147
2.1.2 Gießen in Dauerformen . . . 149
2.1.3 Gießeigenschaften der Metallschmelzen 150
2.2 Kokillengießen . . . 152
2.2.1 Verfahren . . . 152
2.2.2 Kokillengießmaschinen und Kokillengießanlagen . . . 153
2.2.3 Niederdruckkokillengießen . . . 155
2.2.4 Aufbau der Gießwerkzeuge . . . 157
2.2.5 Anschnittgestaltung . . . 159
2.2.6 Wärmefluss . . . 160
2.2.7 Kokillenschlichten . . . 162
2.3 Druckgießen . . . 164
2.3.1 Verfahren . . . 164
2.3.2 Aufbau von Druckgießmaschinen . . . 169
2.3.3 Weg der Schmelze in die Form . . . 172
2.3.4 Übersicht der Gießphasen . . . 173
2.3.5 Der Gießzyklus einer Druckgießmaschine . . . 175
2.3.6 Die Druckgießform (Dauerform) . . . 176
2.3.7 Berechnungen, Formeln und Begriffserklärung . . . 181
2.3.8 Die Temperierung . . . 183
2.3.9 Trenn- und Schmierstoffe beim Druckgießen . . . 188
2.3.10 Die häufigsten Gießfehler . . . 190
2.3.11 Die automatisierte Gießzelle nach CE . . . 191
2.3.12 Sonderdruckgießverfahren . . . 192
2.4 Schleudergießen . . . 196
2.5 Stranggießen . . . 196

3 Einguss- und Speisertechnik

3.1 Eingusssystem (Schwerkraftguss) . . . 197
3.1.1 Allgemeines . . . 197
3.1.2 Naturgesetze, die Strömungs- und Füllvorgänge der Form beeinflussen . . . 198
3.1.3 Berechnung des Eingusssystems . . . 200
3.1.3.1 Zurückhalten von Schlacken . . . 202
3.1.4 Gestaltung des Eingusssystems . . . 204
3.1.5 Weitere Eingusssysteme . . . 205
3.2 Speisersysteme . . . 207
3.2.1 Aufgaben des Speisersystems . . . 207
3.2.2 Speiserarten . . . 207
3.2.3 Speiserform . . . 208

3.2.4 Wirkungsweise des Speisers 209
3.2.5 Fehleranalyse 209
3.2.6 Speisertechnik Hauptbereiche 209
3.2.7 Berechnung der Speiser 210
3.2.8 Erstarrungsverlängerung durch exotherme und isolierende Einsätze 214
3.2.9 Vermeidung von Lunkern und Porositäten durch Sondermaßnahmen . 215
3.2.10 Speisungslänge 216
3.2.11 Innenkühlung 216
3.2.12 Einfluss der Formstoffe 216
3.2.13 Lunkerarten 217

4 Schmelztechnik und Schmelzöfen

4.1 Allgemeines über Schmelzöfen 218
4.2 Auswahl der Schmelzöfen 218
4.3 Allgemeines zum Schmelzen 219
4.4 Schmelzöfen 220
4.4.1 Kupolofen 220
4.4.2 Induktionsöfen 222
4.4.3 Lichtbogenofen 227
4.4.4 Drehtrommelofen 227
4.4.5 Duplexverfahren 227
4.4.6 Schmelzöfen in NE-Gießereien 228
4.5 Zustellung der Öfen mit Feuerfestmasse 230
4.6 Gattieren und Einsetzen 231
4.7 Aufgabe der Schlacke und Schlackenführung im Schmelzprozess . 232
4.8 Schmelzebehandlung von Gusseisen .. 233
4.8.1 Desoxidation 233
4.8.2 Impfen von Gusseisen 233
4.9 Temperaturmessung 234
4.10 Gießpfannen 234
4.11 Arbeitssicherheit und Unfallverhütungsvorschriften 236

5 Putztechnik

5.1 Aufgabe 238
5.2 Gussputzerei Bereiche 238
5.3 Auspacken 239
5.4 Strahlen 240
5.5 Trennen und Schleifen 242

6 Formstofftechnik

6.1 Formstoffe 244
6.1.1 Grundsätzlicher Aufbau der Formstoffe . 244
6.1.2 Anforderungen an Formstoffe 244
6.1.3 Formgrundstoffe 245
6.1.4 Formstoffbindersysteme 246
6.1.4.1 Tongebundene Formstoffe 246
6.1.4.2 Bindersysteme mit organischen Bindern 248
6.1.4.3 Anwendungen von Kaltharzverfahren .. 250
6.1.4.4 Anorganische Formstoffbindemittel ... 251
6.1.5 Formstoffzusatzstoffe 255
6.1.6 Form- und Kernüberzugsstoffe 256
6.2 Formstoffaufbereitung und Formstoffregenerierung 258
6.2.1 Definition und Aufgabe 258
6.2.2 Systeme 258
6.2.3 Prozessstufen beim Formstoff-Umlaufsystem 259
6.2.4 Regenerieren von Altformstoffen mit aushärtendem Formstoffbinder 260
6.2.5 Mischen der Formstoffe 263
6.2.6 Formstoffsteuerung 264
6.3 Formstoffprüfung 265
6.3.1 Aufgaben der Formstoffprüfung 265
6.3.2 Prüfung des Formgrundstoffes 266
6.3.3 Prüfungen mit Probekörpern 267
6.3.4 Formfestigkeitsprüfung 268
6.3.5 Prüfung der Formstoffbestandteile 268
6.3.6 Prüfung der harzgebundenen Formstoffe 268

7 Werkstoffkunde

7.1 Einführung 269
7.1.1 Einteilung der Werkstoffe 269
7.1.2 Eigenschaften 270
7.1.3 Verantwortlicher Umgang mit Werkstoffen und Rohstoffen 271
7.2 Holz 273
7.2.1 Anwendung für Gießereimodelle 273
7.2.2 Plattenförmige Holzwerkstoffe 273
7.3 Kunststoffe 274
7.3.1 Eigenschaften 274
7.3.2 Anwendungen in der Formerei 274
7.3.3 Anwendungen im Modellbau 274
7.3.4 Chemie der Kunststoffe 278
7.3.5 Kunststoffherstellung 279
7.3.6 Physikalisches Verhalten 280
7.4 Metalle 281
7.4.1 Grundlagen Metalle 281
7.4.2 Eisenwerkstoffe 283

7.4.2.1 Roheisenerzeugung ... 283
7.4.2.2 System Eisen-Zementit ... 285
7.4.2.3 Stahl ... 286
7.4.2.4 System Eisen-Grafit ... 290
7.4.2.5 Gusseisen ... 291
7.4.2.6 Temperguss GJMW und GJMB ... 298
7.4.2.7 Schneidstoffe ... 299
7.4.2.8 Wärmebehandlung von Eisen-Kohlenstoff-Werkstoffen ... 301
7.4.3 Nichteisenmetalle und ihre Legierungen 304
7.4.3.1 Leichtmetalle und ihre Legierungen ... 304
7.4.3.2 Schwermetalle und ihre Legierungen ... 311
7.5 Gussfehler ... 314
7.6 Korrosion ... 318
7.7 Qualitätstechnik ... 319
7.7.1 Qualitätsmanagement ... 319
7.7.2 Werkstoffprüfung ... 321
7.8 Wiederholungsfragen zu Kapitel 7 ... 325

8 Ergänzende Grundlagen und Techniken

8.1 Grundlagen Fertigungstechnik ... 326
8.1.1 Einführung ... 326
8.1.2 Umformen ... 327
8.1.3 Spanende Bearbeitung ... 328
8.1.3.1 Keil als Werkzeugschneide ... 328
8.1.3.2 Winkel an der Werkzeugschneide ... 328
8.1.3.3 Meißel ... 329
8.1.3.4 Sägen ... 329
8.1.3.5 Feilen ... 330
8.1.3.6 Spiralbohrer ... 331
8.1.3.7 Senker ... 332
8.1.3.8 Reibahlen ... 332
8.1.3.9 Gewindeschneidwerkzeuge ... 333
8.1.3.10 Drehen ... 334
8.1.3.11 Fräsen ... 335
8.1.3.12 Bohrmaschine ... 336
8.1.4 Schweißen von Gussteilen ... 337
8.1.5 Mess- und Anreißtechnik ... 342
8.1.5.1 Prüfen ... 342
8.1.5.2 Messmethoden ... 342
8.1.5.3 Prüfmittel ... 343
8.2 Chemie ... 347
8.2.1 Allgemeines ... 347
8.2.2 Elemente ... 347
8.2.3 Chemische Verbindungen ... 347
8.2.4 Chemische Umsetzungen ... 348
8.2.5 Säuren – Basen – Salze ... 351
8.3 Elektrotechnik ... 352
8.3.1 Allgemeines ... 352
8.3.2 Stromkreis ... 353
8.3.3 Stromarten ... 355
8.3.4 Spannungserzeugung ... 355
8.3.5 Elektrische Unfälle ... 356
8.4 Steuerungstechnik ... 358
8.4.1 Steuern und Regeln ... 358
8.4.2 Pneumatik ... 359
8.4.3 Elektropneumatik ... 364
8.4.4 Hydraulik ... 368
8.5 Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) ... 370
8.5.1 Einführung ... 370
8.5.2 Analoge und digitale Signale ... 371
8.5.3 Aufbau einer SPS ... 372
8.5.4 Arbeitsweise einer SPS ... 373
8.5.5 Programmierung einer SPS ... 374
8.5.6 Ablaufsteuerungen ... 378
8.5.7 STEP 7 ... 380
8.5.8 Aufbau eines SPS-Programms mit Programmbausteinen ... 381
8.6 Rechnerunterstützte Verfahren ... 384
8.6.1 Allgemeines zur Computertechnik ... 384
8.6.2 Flächenhafte 3D-Messtechnik ... 387
8.7 Automatisierung in der Gießerei ... 389
8.7.1 Allgemeines ... 389
8.7.2 Allgemeines zum Roboter ... 390
8.7.3 Aufbau des Roboters ... 390
8.7.4 Roboter im Gießereibetrieb ... 391
8.8 Gießprozess-Simulation ... 394
8.8.1 Grundlagen ... 394
8.8.2 Gussteilauslegung ... 397
8.8.3 Gießprozessoptimierung ... 400
8.8.4 Simulation der gesamten Prozesskette . 402
8.8.5 Implementierung der Gießprozess-Simulation im Unternehmen ... 404
8.9 Additive Fertigungsverfahren ... 405
8.9.1 Begriff ... 405
8.9.2 Geschichtliche Entwicklung ... 405
8.9.3 Vorteile des Verfahrens ... 405
8.9.4 3D-Druckverfahren in der Gießerei ... 406
8.9.5 Additives Verfahren für Feinguss ... 408
8.9.6 Laser-Sinter-Verfahren ... 409
8.10 Industrie 4.0 hält Einzug in die Gießerei 410

9 Sponsoren

9.1 Werbeseiten ... 413
9.2 Bild- und Textquellenverzeichnis ... 449
9.3 Sachwortverzeichnis ... 451

1 Formtechnik mit Technischer Kommunikation

1.1 Geschichtliche Entwicklung des Formens und Gießens

Gießen damals und heute

Fundstücke aus dem vorderen Orient zeigen, dass es den Menschen bereits vor rund 5000 Jahren gelang, Gegenstände aus Metall herzustellen. Beginnend mit einfachen Werkzeugen aus schwer verarbeitbarem Kupfer wurde durch die Technik des Legierens mit Zinn Bronzeguss möglich. Heute wird eine breite Palette von Gusswerkstoffen zu endabmessungsnahen Bauteilen vergossen. Die Gießereiindustrie ist als Primärindustrie heute wichtiger Zulieferer vieler Branchen.

Erste Gießformen

Um Metallschmelze in definierte Formen zu gießen, wurden Gießformen notwendig. Wurden erste einfache Formen noch direkt als Negativformen aus bearbeitbaren Steinen herausgearbeitet, erforderten komplexere Geometrien die Weiterentwicklung des Formenbaues. Die gewünschte Kontur, bei der nun auch Hinterschnitte möglich waren, wurde dann als leicht formbares Wachsmodell erstellt, das in Ton eingeformt und dann ausgeschmolzen wurden. Der verbliebene Hohlraum konnte mit Schmelze ausgegossen werden. Aus diesem Verfahren hat sich das hochmoderne Feingießen entwickelt (siehe hierzu Kapitel 1.3.2.2).

Schmelz- und Legierungstechnik

Beginnend mit den im Altertum verwendeten Tiegelöfen mit Holzkohle als wichtigstem Energieträger hat sich die Ofentechnik bis heute weiterentwickelt. Je nach Werkstoff werden heute meist elektrische Energie, neben gießereitechnischen Gas oder Koks als Energieträger eingesetzt. Moderne Steuerungs- und Regeltechnik erlaubt genaueste Temperaturführung.

Gießereiberufe

Die früher sehr handwerklich geprägten Berufsbilder **Former** und **Gießer** haben sich aufgrund des technischen Fortschritts der Gießereitechnik und der Anlagentechnik zu komplexen Berufen entwickelt. Zu den immer noch wichtigen handwerklichen Fähigkeiten sind die Bedienung komplexer Anlagen und die Verarbeitung von prozessrelevanten Daten hinzugekommen. Typische moderne Gießereiberufe sind Gießereimechaniker(in), Gießereiingenieur(in) und Laborberufe für die Metallurgie und die Formstoffe.

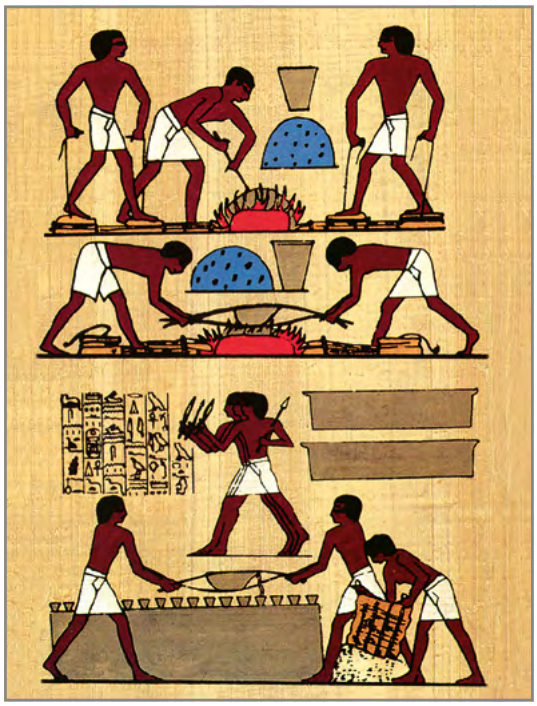


Bild 1: Schmelzen und Gießen in Ägypten 1450 v. Chr.
Bild oben: Arbeiten am Tiegelfeuer und Betätigen der Blasebälge
Bildmitte: Abnehmen des Schmelztiegels
Bild unten: Gießen einer Tempeltür und Transportarbeiten

Bild 2: Geschützrohr – typisches Gussteil des Mittelalters

Bild 3: Gießen heute: automatisiert und programmiert

Entwicklungen zur Industrie 4.0

Unter „industriellen Revolutionen“ sind verschiedene Epochen gemeint, in denen wichtige Erfindungen und Entwicklungen in Technik, Produktivität und Wissenschaften gemacht wurden. Tiefgreifende Veränderungen sollten dadurch erreicht werden, bedingt durch Bevölkerungszuwachs und Veränderungen von Arbeitsbedingungen. Aus diesem Grund werden diese Epochen auch als „Revolution“ bezeichnet.

1. Industrielle Revolution

Die 1. Industrielle Revolution begann Ende des 18. Jahrhunderts mit der Mechanisierung der Produktion. Erfindungen wie die Dampfmaschine und ihrer Anwendung im Lokomotivbau werden häufig als Symbol der 1. Industriellen Revolution angesehen. Kennzeichnend ist auch die aufstrebende Textilindustrie mit ihren Webereien. Werkstätten mit mechanisch angetriebenen Werkzeugmaschinen waren ebenso neu. Für alle diese Neuerungen wurden Gussteile benötigt, so dass in Folge die ersten industriellen Gießereien, mit einfachen Maschinen (Seite 68, Bild 2) zur Verdichtung von Formstoffen entstanden.

2. Industrielle Revolution

Kennzeichnend für die 2. Industrielle Revolution Ende des 19. Jahrhunderts ist die Serien- und Massenfertigung. Die Fließbandfertigung des Ford Modell T, genannt Tin Lizzy, ist das bekannteste Beispiel. Auch in den Gießereien begann die Serienfertigung mit einfachen Formanlagen.

3. Industrielle Revolution

Automatische Steuerungen der Maschinen kennzeichnen in den 70iger Jahren die 3. Industrielle Revolution. Computer Steuerungen übernehmen den Fertigungsablauf von den Handsteuerungen. In der Gießerei beginnt der Siegeszug von automatischen Gießanlagen. Die Gießereiprodukte erreichen konstant höchste Qualität.

4. Industrielle Revolution

Als Ausbau der Digitalisierung bis hin zur totalen Vernetzung könnte man die 4. Industrielle Revolution bezeichnen, die im Moment in vollem Gange ist (Kap. 8.10). Die Erfassung von Produktionsdaten und der Datenaustausch aller vernetzten Komponenten ermöglichen Sichtbarkeit und Transparenz der Parameter, um daraus Prognosen und entsprechende Handlungen abzuleiten. Für die Gießerei Industrie bietet dies ein wertvolles Potential zur Verbesserung der Produktionsprozesse und Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz und zur automatischen Regelung von Prozessparametern.

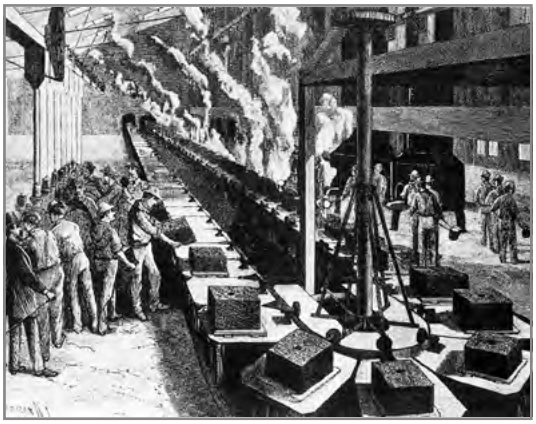


Bild 1: Eines der frühesten Beispiele für die Gießereimechanisierung ist vor 1890 die Gießerei der Westinghouse Corp. Bei Pittsburg/USA

Bild 2: Moderne Kernfertigung

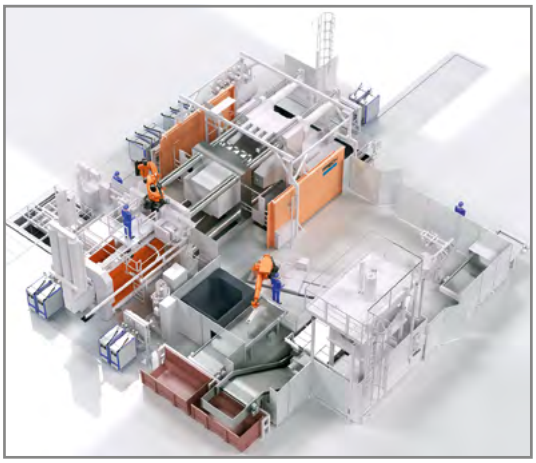


Bild 3: Moderne Druckgussfertigung

Zeittafeln Geschichte

Der Fachausschuss Geschichte im VDG (Verein Deutscher Gießereifachleute) hat für die Geschichte des Formens, der Schmelztechnik und der Gusswerkstoffe Zeittafeln erarbeitet. Diese schließen in gekürzter Form das Kapitel „Geschichtliche Entwicklung des Formens und Gießens“ ab.

Formen (Beispiele)	
5000 v. Chr.	Steinformen in Vorderasien
3000 v. Chr.	Wachsausschmelzverfahren in Vorderasien und Indien
1500 v. Chr.	Blasebälge statt Blasrohre in Ägypten
1500 v. Chr.	Erste Rennfeuer zur Eisenverhüttung in Vorderasien
1800 v. Chr.	Älteste Sandsteingießform in Mitteleuropa (Olmütz)
1250 v. Chr.	Metallische Dauerform aus Bronze für Beile in Uelzen
300 v. Chr.	Metallische Kokillen für Eisenguss in China
1100 n. Chr.	Erste schablonierte Formen für Bronzegrapen
1400	Drehspindel-Schablonenformen von Geschützrohren
1827	Erfindung der Modellplatte in der „Rote Hütte“, Harz
1872	Erste Formmaschine mit mech. Verdichtung (Seboldt)
1944	Croning-Grundlagenpatent f. d. Maskenformverfahren
1950	Kernschießmaschine von Hansberg

Öfen und Schmelztechnik (Beispiele)	
5000 v. Chr.	Gold wird in Vorderasien geschmiedet und gegossen
3000 v. Chr.	Tiegelöfen zum Schmelzen von Bronze in China
500 v. Chr.	Keltische Schmelzfeuer der La-Tène-Zeit
1500 n. Chr.	Herd-Flammöfen in Glocken- und Kanonengießereien
1700	Ersatz von Holzkohle durch Koks in englischen Hochöfen
1700	Wilkinson-Schachtofen – Vorläufer des Kupolofens
1864	Siemens-Martin-Ofen (Gebr. Siemens, Pierre Martin)
1865	Erster Kupolofen mit integriertem Eisensammelraum
1879	Erster Lichtbogen-Schmelzofen (Werner v. Siemens)
1908	Erster Netzfrequenz-Induktionsrinnensofen
1912	Erster ölbeheizter Ofen zum Eisenschmelzen
1935	Erster Netzfrequenz-Induktionstiegelofen

Gusswerkstoffe (Beispiele)	
5000 v. Chr.	Gegossenes und geschmiedetes Gold in Vorderasien
3000 v. Chr.	Bronzegüsse (Cu-As-Pb) in Indien und Mesopotamien
2700 v. Chr.	Beginn der Kupferzeit in Europa
1100 v. Chr.	Beginn der europäischen Eisenzeit
500 v. Chr.	Beginn des Eisengusses in China
1400 n. Chr.	Beginn des Eisengusses in Europa
	Gusseiserne Geschützrohre und Kugeln
1630	Erstes englisches Patent zum Tempern von Gusseisen
1800	Entdeckung der Leichtmetalle (Ti 1791, Mg 1808, Al 1825)
1845	Erster Formguss aus Tiegelstahl (J. Mayer, J.C. Fischer)
1909	Erste Magnesium-Gusslegierung
1921	Verwendung von Aluminium als Gusswerkstoff
1942	Arbeiten zur Herstellung von Temperguss

Bild 1: Mesopotamischer Kupferguss 2000 v. Chr.

Bild 2: Skytischer Goldkamm 400 v. Chr.

Bild 3: Hildesheimer Dom, Bronzeguss 1225 n. Chr.

1.2 Grundlagen der Formtechnik

1.2.1 Werdegang eines Gussteils

Konstruktion

In der Konstruktionsabteilung wird entschieden, ob ein Produkt durch Gießen, Schmieden, Schweißen oder durch Zerspanen hergestellt wird.

Auch der Konstrukteur muss die Grundlagen der Formtechnik kennen, damit er das Gussteil so konstruiert, dass es sich mit dem geringsten Aufwand formen lässt.

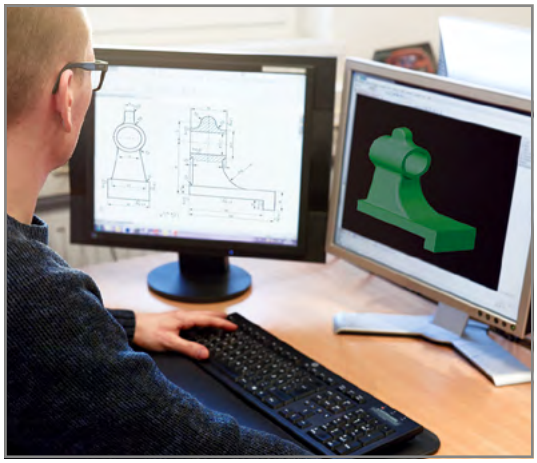


Bild 1: Konstruktion

Modellbau

Im Modellbau nimmt das Gussteil erstmals dreidimensionale Gestalt an. Heute werden vielfach CNC-Maschinen zur Modellfertigung eingesetzt. Der Modellbauer fertigt nach der vorliegenden Zeichnung oder CAD-Vorgaben eine Modell-Einrichtung, die meist aus Modell und zugehörigen Kernkästen besteht. Die Zeichnung, nach welcher der Modellbauer arbeitet, unterscheidet sich von der Konstruktionszeichnung durch form- und gießereitechnische Ergänzungen wie Formschräge, Teilung und Kerne sowie die Bearbeitungszugabe.

Entsprechend dem verwendeten Modellwerkstoff werden die Modelle als Holz-, Kunststoff-, Schaumstoff- oder Metallmodelle bezeichnet.

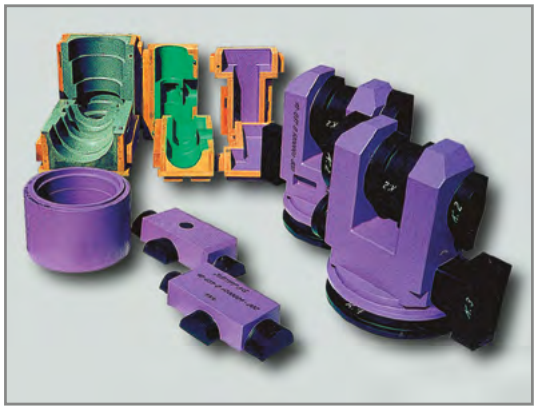


Bild 2: Modelle und Kernkästen aus Holz und Kunststoff

Formerei

Mithilfe des Modells werden in der Formerei die Formen hergestellt. Formen sind Negative, sie enthalten den auszugießenden Hohlraum, der das zukünftige Gussteil ergibt. Die mit Modellen hergestellten Formen bestehen aus Formstoffen wie z. B. tongebundenem Quarzsand. Er erhält seine Festigkeit durch Verdichten. Dies geschieht in der Handformerei durch Aufstampfen und in der Maschinenformerei mit Formmaschinen durch Pressen, Schießen, Rütteln oder durch Impuls. Bei kunstharzgebundenen Formstoffen erfolgt die Verfestigung durch Aushärten.

Kernmacherei

Die Hohlräume eines Gussstückes können durch Kerne gebildet werden. Kerne sind Verkörperungen der Hohlräume und bestehen aus Formstoff. Zur Herstellung der Kerne benötigt man sogenannte Kernkästen, die in der Serienfertigung auch als Kernformwerkzeuge bezeichnet werden. Damit die Kerne in die Form eingelegt werden können, müssen Form und Kern eine Kernlagerung aufweisen.

Die Abteilung in der Formerei, welche die Kerne herstellt, wird als Kernmacherei bezeichnet.

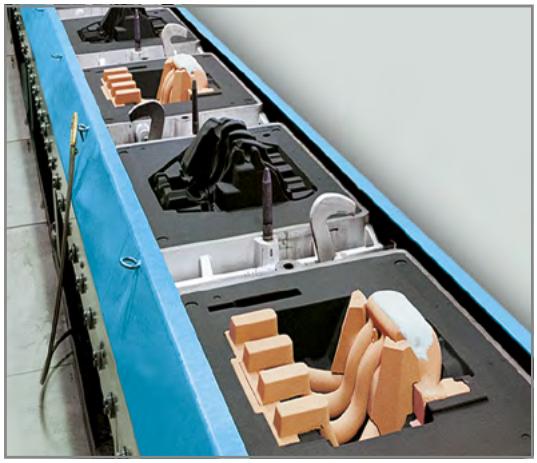


Bild 1: Formhälften mit eingelegten Kernen in einer automatischen Formanlage

Schmelzen

Das zum Abgießen der Gussteile erforderliche flüssige Metall wird in der Schmelzerei aus Masseln, Rücklaufmaterial und teilweise Schrott erschmolzen. Das Zusammensetzen dieser Rohstoffe wird als Gattieren bezeichnet (Bild 1). Für Eisengießereien ist der älteste und am meisten verbreitete Schmelzofen der Kupolofen, zunehmend wird jedoch auch hier der Induktionstiegelofen verwendet. Für Stahlguss kommt überwiegend der Lichtbogenofen und für die Nichteisenmetalle der öl-, gas-, oder widerstandsbeheizte Tiegelschmelzofen zur Anwendung. Seltener wird mit dem Drehtrommelofen erschmolzen.

Bild 1: Gattieren der für das Schmelzen notwendigen Rohstoffe

Gießen

Das Gießen ist der eigentliche Höhepunkt bei der Herstellung eines Gussteils. Allerdings beansprucht der Vorgang als solcher nur kurze Zeit, je nach Gussgewicht liegt die benötigte Zeit für das Füllen einer Form zwischen dem Bruchteil einer Minute und einigen Minuten. Um das flüssige Metall von den Schmelzöfen zu der gießfertigen Form und über das Eingusssystem in das Innere der Form zu bringen, werden Kranpfannen, Stopfenpfannen, Handpfannen oder andere Gießgefäße benützt. Vor dem Gießen erfolgt oft noch eine Schmelze-Behandlung wie beispielsweise das Impfen.

Bild 2: Gießen

Auspacken

Nach ausreichender Zeit für das Erstarren und Abkühlen der Gussteile erfolgt das Auspacken. Unter Auspacken versteht man das Freilegen des Gussteils von Formkasten und Formstoff. Während dieser Vorgang früher mithilfe des Pressluftmeißels erfolgte, geschieht dies heute vorwiegend auf dem Rüttelrost. Der Formstoff fällt dabei durch den Rost und kann der Wiederaufbereitung zugeführt werden, während das Gussteil weiter gekühlt und der Putzerei zugeführt wird. Häufig wird die Form auch aus dem Kasten ausgedrückt und vollends in einer Schwingtrommel ausgepackt.

Gussputzerei

In der Gussputzerei wird das Gussteil von Einguss- und Speisersystem, Gussgrat und Formsandresten befreit. Beim Strahlputzen werden körnige, metallische Strahlmittel mit hoher Geschwindigkeit auf die zu reinigende Oberfläche geschleudert, während beim Nassputzen der Vorgang mit einem Hochdruckwasserstrahl durchgeführt wird. Grate und Unebenheiten werden durch Schleifen beseitigt, hier werden auch bereits Manipulatoren eingesetzt.

Bild 3: Gussputzen

1.2.2 Formherstellung

Die Voraussetzung, um ein Gussteil herstellen zu können, ist das Vorhandensein einer Form. Die Form enthält das zukünftige Gussteil als Hohlraum, sie ist deshalb das Negativ des Gussteils.

Möglichkeiten der Formherstellung

Um den Hohlraum einer Form herzustellen, können zwei grundlegende Möglichkeiten angewandt werden:

- Bei **Dauerformen,** wie sie bei Kokillen und Druckguss notwendig sind, wird der Hohlraum meist aus einem Stahlblock zerspanend herausgearbeitet. In eine solche Dauerform werden immer wieder Gussteile gegossen und anschließend entformt (siehe Kap. 2.2 und 2.3).
- Bei **verlorenen Formen** wird mithilfe eines **Modells** der Hohlraum in den **Formstoff** geformt. Das Modell ist wie das Gussteil ein Positiv. Naturmodelle sind hierbei um das Schwindmaß größer, Kernmodelle besitzen außerdem noch Kernmarken.

Um den Hohlraum in den Formstoff zu formen, wurden ursprünglich einfache, flache Modelle in den Sand gedrückt und anschließend gezogen. Heute wird der Formstoff auf das Modell geschüttet und entweder durch Verdichten oder durch Aushärten verfestigt. Durch Ziehen des Modells aus der Form oder Abheben der Form vom Modell entsteht dann beim Formen der Hohlraum.

Entformbarkeit der Modelle

Das Entformen der Modelle ist nur möglich, wenn die Form nach oben offen ist. Das kann man auch erreichen, wenn man Form und Modell teilt. Die Teilfläche wird dadurch zur offenen Seite, an der das Modell herausgezogen wird. Formschräge, Lackierung und Trennmittel dienen ebenfalls zur leichteren Entformung der Modelle aus der Form.

Formung der Hohlräume durch Kerne

Hohlräume in Gussteilen können durch Kerne gebildet werden. Das sind Körper mit der Form des Hohlraumes bestehend aus Formstoff. Die Kerne werden in Kernkästen hergestellt, indem der Formstoff in diese gefüllt und verfestigt wird. An Stelle von Stampfen wird hierzu heute oft Schießen in Verbindung mit chemischer Aushärtung angewandt. Damit der Kern maßgerecht in die Form eingelegt und während des Gießvorganges nicht mehr verrückt werden kann, erhält er eine Kernlagerung. Diese Verlängerung des eigentlichen Hohlraumes wird an Modell und Kernkasten als Kernmarke bezeichnet.

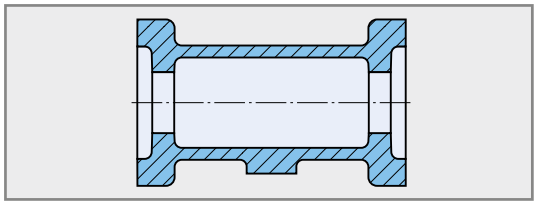


Bild 1: Gussteil

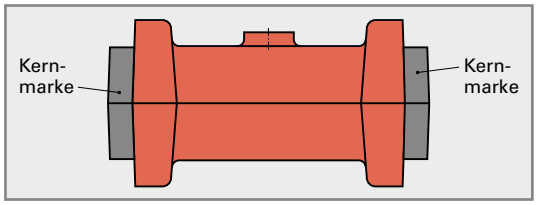


Bild 2: Modell zweiteilig

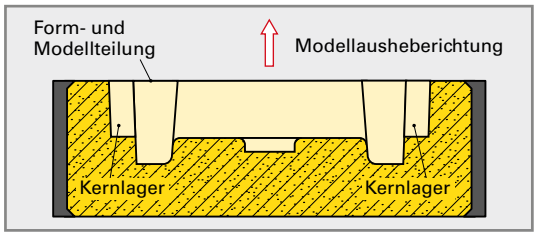


Bild 3: Formhälfte

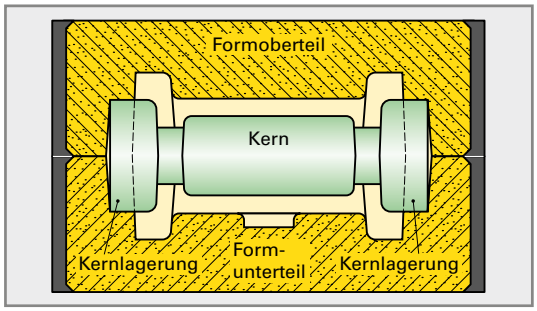


Bild 4: Formkasten zweiteilig mit eingelegtem Kern

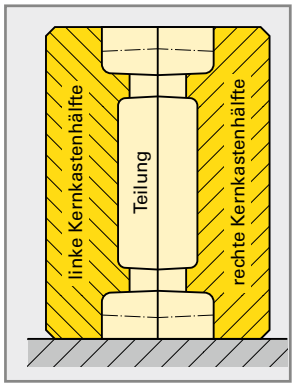


Bild 5: Kernkasten zweiteilig

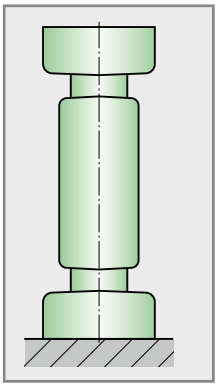


Bild 6: Kern entformt

1.2.3 Gießereimodelle – Arten

Zur Herstellung der Verlorenen Formen werden vom Modellbau Gießereimodelle gefertigt. Unterscheidung siehe Bild 1.

- **Dauermodelle – Verlorene Modelle**
  Modelle, die mehr als einmal eingeformt und wieder ausgeformt werden, sind **Dauermodelle.** Dagegen werden **Verlorene Modelle** nur einmal eingeformt, bei Polystyrolschaummodellen vergast oder herausgeschnitten und beim Feingießverfahren ausgeschmolzen.
- **Naturmodell – Kernmodell**
  Ein Modell, das genau dem Gussteil entspricht, ist ein Naturmodell (Bild 2). Werden dagegen Außen- und Innenkonturen durch Kerne gebildet, so handelt es sich um ein **Kernmodell.** Dieses ist an den schwarz gestrichenen Kernmarken (Bild 3) zu erkennen.
- **Modellarten nach Werkstoff**
  Holzmodelle sind bei Güteklasse H3 und H2 aus Weichhölzern und bei den Güteklassen H1 aus Harthölzern und Hartholzfurnierplatten hergestellt. Holzmodelle kommen neben allgemeinem Einsatz besonders für große Abmessungen, als Hohlmodelle zur Anwendung.

  Kunstharzmodelle werden aus Epoxydharz und Polyurethanharz mithilfe von Negativen abgegossen. Sie werden für höchste Stückzahlen bis zu einigen zehntausend Abformungen eingesetzt.

  Metallmodelle kommen bei Verfahren mit Heißaushärtung wie z. B. Croning zur Anwendung.

  Polystyrolschaumstoffmodelle werden beim Vollformverfahren und beim Lost-Foam-Verfahren (Seite 49 und 50) in der Form gelassen und durch die Schmelze vergast. Aber auch lackiert, als Dauermodell, kommt dieses Modell für Stückzahlen bis meist 10 zur Anwendung.

  Hohlbauweise – Massivbauweise
  Kleine oder mittlere Modelle werden ohne Hohlraum, d. h. als Modell in **Massivbauweise,** und Großmodelle mit Hohlraum, d. h. als Modell in **Hohlbauweise,** ausgeführt. Durch Hohlbauweise verringern sich Gewicht und Kosten. Diese Modelle werden in Rahmenbauweise mit Beplankung oder ähnlich aufgebaut.

  Handmodelle – Maschinenmodelle
  Handmodelle sind für das Handformen und **Maschinenmodelle** für das Formen an Formmaschinen und automatischen Formanlagen bestimmt.
- **Modelle durch Additive Verfahren/3D-Druck**
  Modelle können auch durch Additive Verfahren erzeugt werden. Bei den Additiven Verfahren wird das Modell schichtweise entsprechend der Daten aufgebaut (siehe Kap. 8.9).

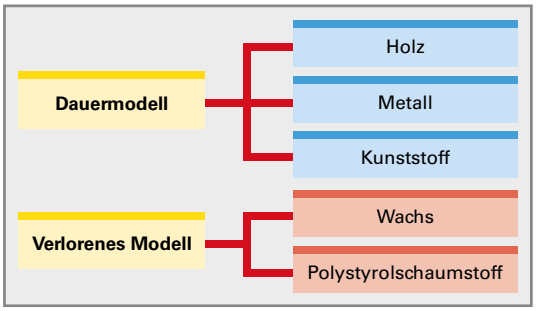


Bild 1: Modelle und ihre Werkstoffe

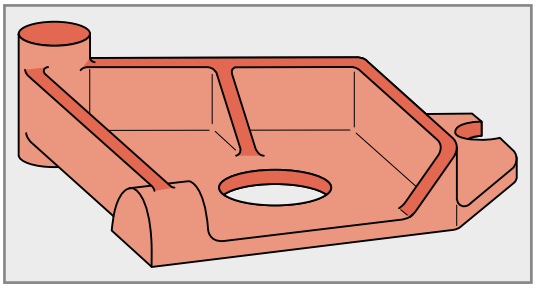


Bild 2: Naturmodell

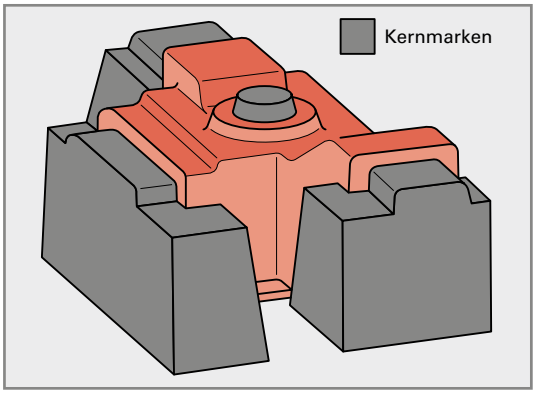


Bild 3: Kernmodell

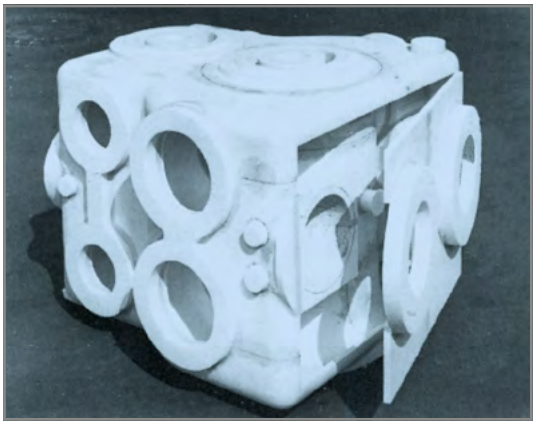


Bild 4: Schaumstoffmodell

1.2.4 Farbkennzeichnung der Modelle

Die Modelllackierung hat drei Hauptaufgaben:

- Erleichterung des Aushebens aus der Form
- Schutz vor Formstoff und Witterung
- Kennzeichnung

Die Kennzeichnung eines Modells erfolgt einerseits durch eine Modellnummer, die den Zusammenhang zwischen Modell und Begleitpapieren herstellt. Andererseits kann durch eine Farbkennzeichnung nach EN 12890 besonders dem Handformer eine einfache Arbeitsanweisung gegeben werden.

Zunächst erkennt der Former am Farbton der **Grundfarbe,** welche Gruppe von Gießmetall verwendet wird (Tabelle 1), an den meist gelben oder auch roten Strichen, wo das Gussteil bearbeitet wird, und an den schwarzen Flächen, wo der Kern eingelegt wird. Darüber hinaus sind die folgenden Kennzeichnungen für den Handformer besonders wichtig:

	Grundfarben für Modelle, Kernkästen, Ziehkanten	am Gussteil zu bearbeitende Flächen	Stellen für Abschreckkörper
Gusseisen mit Lamellengrafit	rot	gelb	blau
Gusseisen mit Kugelgrafit	violett	gelb	rot
Stahlguss	blau	gelb	rot
Temperguss	grau	gelb	rot
Schwermetall	gelb	rot	blau
Leichtmetall	grün	gelb	blau
Leichtmetall	grün	gelb	blau

Tabelle 1: Unterscheidende Farbkennzeichnung der verschiedenen Gusswerkstoffe

Stellen für Abschreckkörper

Eine Materialanhäufung kann im Gussstück zu Lunkern führen. Abhilfe sind Speiser, Kühlkörper für innere Kühlung und Abschreckkörper für äußere Kühlung.

Die Abschreckkörper werden zuerst als Modell angefertigt. Sie müssen dabei an das Modell angepasst werden. Nach dem Abgießen werden sie vom Former mit dem Modell eingeformt. Damit er die richtige Stelle kennt, wird sie am Modell farblich gekennzeichnet (Bild 1).

Kernmarken und Lage des Kernes auf Teilflächen	schwarze Fläche
Sitzstellen loser Modellteile und zu entfernende Schrauben	schwarz umrandet
Speiser	gelbe Streifen
zu bearbeitende kleine und mittlere Flächen	Flächen ganzflächig, sonst Striche Farbe siehe Tab. 1
Aushebeeinrichtung mit Gewinde	Angabe der Gewindegröße z. B. M 10 auf Modellfläche

Tabelle 2: Gemeinsame Kennzeichnung

Hohlkehlen

Bei Großmodellen mit sehr wenigen Abgüssen wird gelegentlich die Ausführung der Hohlkehlen dem Former überlassen. Am Modell wird dies durch eine gestrichelte Linie und die Angabe des Radius gekennzeichnet.

Dämmteile

Dünne Holzmodelle müssen oft durch eine Leiste gegen Verziehen gesichert werden. Diese Leiste wird zwar abgeformt, darf aber nicht abgegossen werden. Der entsprechende Formhohlraum muss deshalb mit Formsand zugedämmt werden. Solche Teile werden als Dämmteile bezeichnet und mit schwarzen Schrägstrichen gekennzeichnet.

Kennzeichnung

Außer der üblichen Modellnummer können weitere Angaben wie Zeichnungsnummer, Kennung des Bestellers, Werkstoff-Spezifikation und Datum als Kennzeichnung herangezogen werden. Statt Lackschrift ist heute das Aufkleben von Kunststoffbuchstaben üblich.

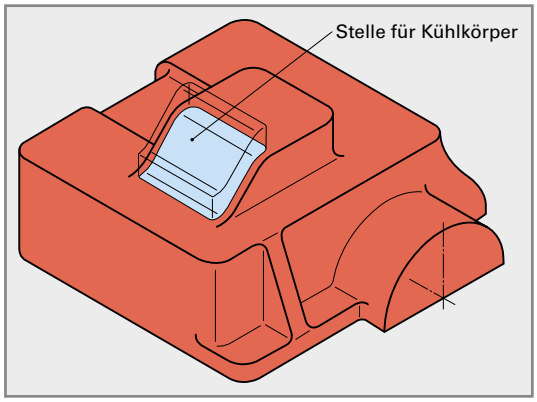
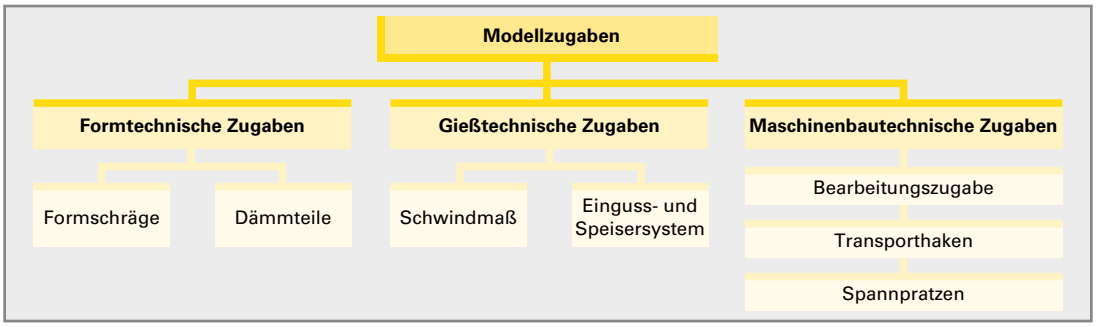


Bild 1: Kühlkörper-Kennzeichnung am Modell

1.2.5 Modellzugaben



Schwindmaße

Alle geschmolzenen Metalle und Legierungen ziehen sich bei der Abkühlung zusammen. Es handelt sich dabei um eine temperaturabhängige Volumenverminderung. Hierbei wird zwischen drei Phasen unterschieden (Bild 1):

- flüssige Schrumpfung
- Erstarrungs-Schrumpfung
- feste Schwindung

Schwindungsbereiche

- **Die flüssige Schrumpfung**
  Diese zuerst einsetzende Schrumpfung ist trotz ihrer Größe ohne Belang, weil sie praktisch innerhalb des Eingusssystems nach der Wirkung der kommunizierenden Röhren ausgeglichen wird.
- **Die Erstarrungs-Schrumpfung**
  Diese Phase muss besonders vom Gießer beherrscht werden, hier können sonst bei ungenügender Speisung an Wanddickenanhäufungen Lunker (Schwindungshohlräume) entstehen. Durch gießtechnische Maßnahmen muss der Gießer dafür sorgen, dass die Lunker außerhalb des Gussteiles liegen (Bild 2).
- **Die feste Schwindung**
  Diese für den Modellbauer wichtigste Schwindung setzt nach der Erstarrung ein und dauert bis zur Abkühlung auf Raumtemperatur.

Zweck der Schwindmaßzugabe

Um in der Gießerei maßhaltige Gussteile fertigen zu können, muss der Modellbauer die Modelleinrichtungen um den jeweiligen prozentualen Betrag der festen Schwindung des Gusswerkstoffes **größer** herstellen. Damit der Modellbauer rasch und sicher arbeiten kann, benutzt er Mess- und Anreißgeräte, bei denen die Maßskalen um das Schwindmaß größer hergestellt sind, sogenannte Schwindmaßstäbe.

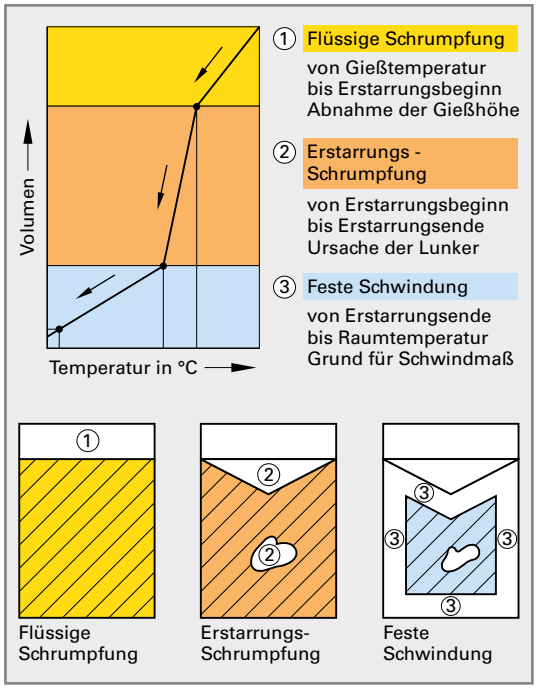


Bild 1: Bereiche der Schwindung beim Abkühlen von Metallen

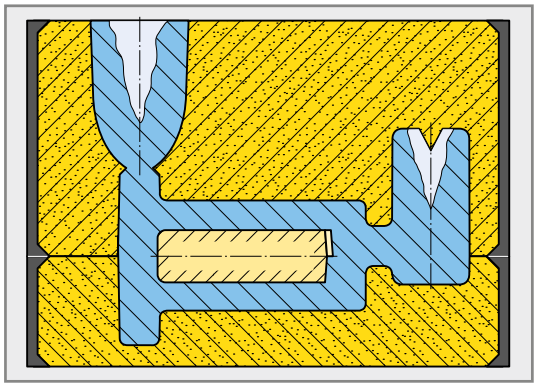


Bild 2: Schwindungshohlraum im Speiser

Hot-Box-Verfahren

Wirkungsweise

Beim Hot-Box-Verfahren wird das Sandkorn von dem dünnflüssigen Binder umhüllt. Da sich diese Binderbeschaffenheit bis zum Aushärten nicht ändert, spricht man von einem feucht umhüllten Sand. Bei Verwendung von Phenolharzen beträgt die Härtetemperatur ca. 180 bis 240 °C, bei Verwendung von Furanharzen ca. 150 bis 250 °C. Härter, Ammoniumchlorid u. Ä. oder Säuren sind dem Harz bereits beigemischt. Durch die Wärme härtet in 10 bis 180 s eine Kernwanddicke von 2 bis 5 mm aus. Das Kerninnere härtet nach dem Entnehmen aus dem Kernkasten nach.

Anwendung

Hauptanwendungsgebiet ist die Großserienfertigung für Aluminiumgusswerkstoffe, vorwiegend bei kleinen bis mittleren Teilen. Kerngewichte können 0,1 bis 30 kg betragen.

Vorteile

- leicht entformbar
- Maßgenauigkeit
- glatte Oberfläche und Kantenschärfe
- guter bis sehr guter Zerfall nach dem Gießen

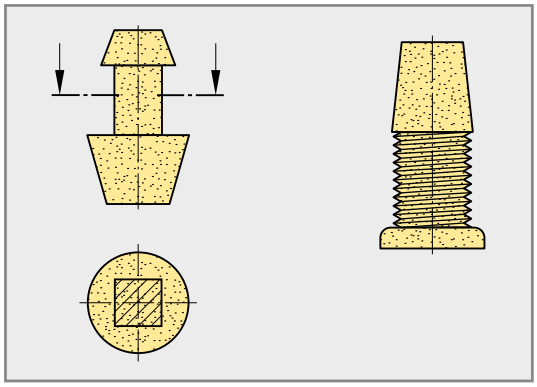


Bild 1: Hot-Box-Kerne mit erforderlicher Kantenschärfe

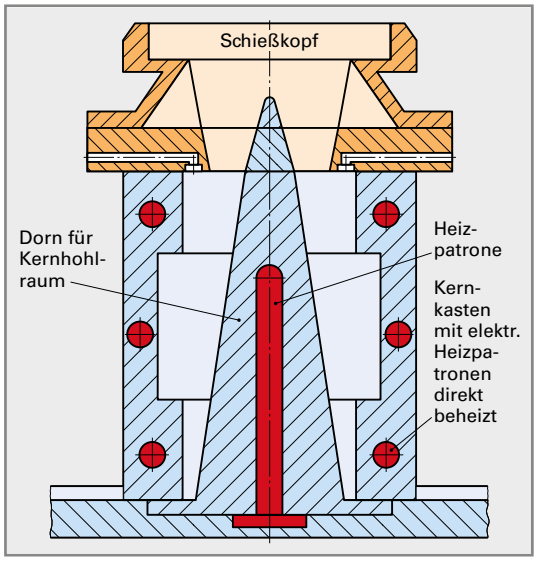


Bild 2: Hot-Box-Verfahren: elektrisch beheizter Kernkasten für Hohlkern

Cold-Box-Plus-Verfahren

Bei diesem Verfahren wird der Formstoff in 40 bis 80 °C warme Formen geschossen und somit höhere Kernaußenfestigkeit erzielt. Der Name Cold-Box-Plus-Verfahren ist aus Cold-Box plus Wärme abgeleitet.

Warm-Box-Verfahren

Wirkungsweise

Das Warm-Box-Verfahren ist eine Variante des Hot-Box-Verfahrens. Als Härter für den Furanharzbinder dienen aromatische, modifizierte Sulfonsäuren. Es genügt bereits eine Kernkastentemperatur von 150 °C zur Kernaushärtung.

Zusätzliche Vorteile gegenüber Hot-Box-Verfahren

- weniger Energieverbrauch
- geringere Geruchsbelästigung

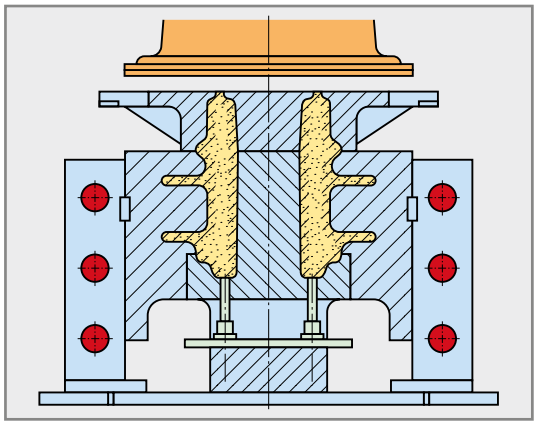


Bild 3: Hot-Box-Kernkasten für Kernschieß- und Härtemaschine

Nachteile von Verfahren mit Heißhärtung

- zusätzliche Energiekosten
- teure Werkzeuge
- erschwerte Handhabung der heißen Kerne

Croning-Kernverfahren

Wirkungsweise
Eine größere Bedeutung als Maskenformen haben Maskenkerne, da diese oft in Kombination mit Kokillen und Sandgussformen hervorragende Gussteile erzeugen helfen.

Kennzeichnend am Croning-Kernverfahren ist die Verwendung eines Sandes, der nach erfolgter **Harzumhüllung trocken** ist. Diese Umhüllung besteht aus dem Phenolharz mit dem wiederum beigemischten Härter (Hexamethylentetramin). Die Aushärtung erfolgt im heißen Kernkasten bei 220 bis 300 °C.

Neben den bereits bekannten Vorteilen der Heißhärtung ergeben sich zusätzliche Vorteile aus der trockenen Umhüllung: Durch die fehlende Klebewirkung der Sandkörner untereinander ist der Croningsand besonders fließ- oder rieselfähig. Das beigemischte Trennmittel verstärkt diese Eigenschaft noch.

Croningkerne werden ausgeführt als

- Maskenkerne (Bild 1 und folgende Seite)
- Vollkerne und
- Hohlkerne (Bild 2)

Croning-Vollkerne (Croning-Massivkerne)
Croning-Vollkerne werden anstelle von Hot-Box-Kernen dann eingesetzt, wenn dünne Querschnitte und schwierige Konturen zu schießen sind. Diese können vom fließfähigen Croningsand besser ausgefüllt werden.

Croning-Hohlkerne
Eine weitere Möglichkeit, Formstoff einzusparen, besteht entsprechend Bild 2. Der Kernhohlraum wird hierbei mit einer Kernkasteneinlage und durch Zusammenfügen der beiden halben Kerne erreicht.

Die Herstellung von Croning-Hohlkernen entspricht der von Croning-Vollkernen.

Vorteile	Nachteile
• hervorragend verschießbar • gute Oberfläche • gute Lagerfähigkeit • maßgenaue Kerne • feuchtigkeitsunempfindlich • Kernfestigkeiten hoch, bis 700 N/cm^2 • guter Zerfall	• Energiekosten (Gas/Elektrizität) • hohe Werkzeug- und Maschinenkosten • erschwerte Handhabung der heißen Kerne • hohe Formstoffkosten

Tabelle 1: Eigenschaften des Croning-Verfahrens

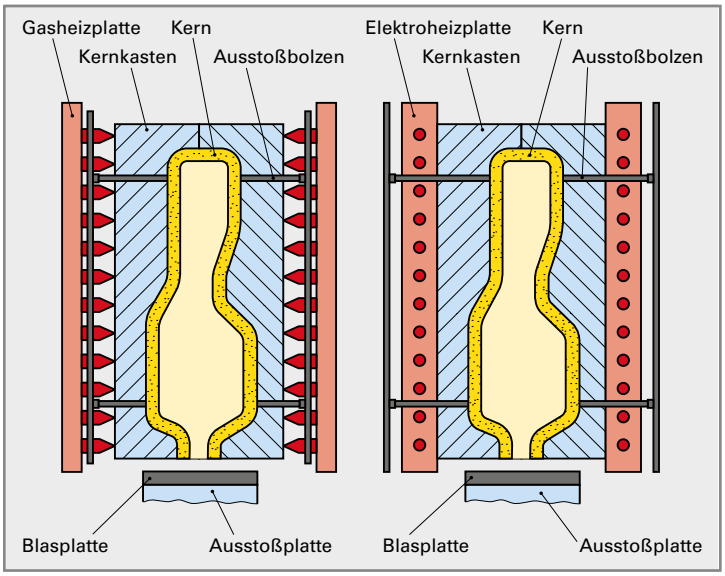


Bild 1: Croning-Maskenkern

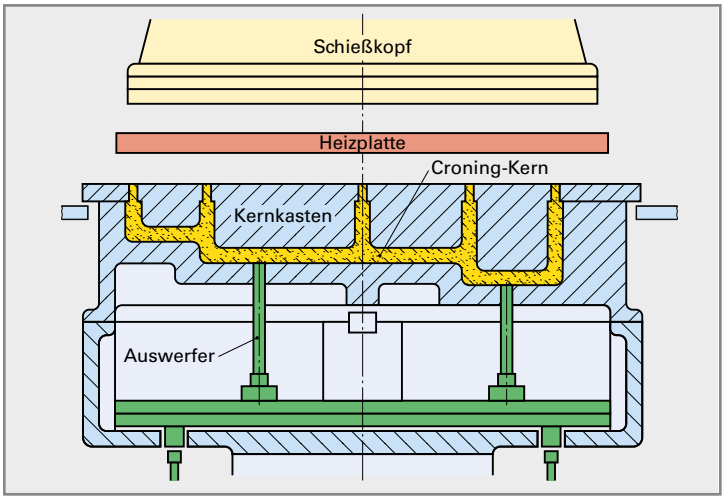


Bild 2: Kernformeinrichtung (Kernkasteneinrichtung) **für Hohlkernhälfte nach dem Croning-Verfahren**

4.4.6 Schmelzöfen in NE-Gießereien

Tiegelöfen

Der Tiegelofen besteht aus einem Gas- oder Ölbrenner und einem Tiegel. Der metallische Einsatz kann auch elektrisch durch Heizelemente, die sich im Ofeninnenraum gegenüber dem Tiegel befinden, aufgeheizt werden (widerstandsbeheizter Tiegelofen). Da Öfen mit Brennereinsatz eine ca. 25 % höhere Schmelzleistung aufweisen als widerstandsbeheizte Ofen, werden sie bevorzugt zum Schmelzen eingesetzt. Widerstandsbeheizte Öfen haben unter anderem den Vorteil, dass keine schädlichen Abgase beim Schmelzen oder Warmhalten frei werden, welche die Umgebung und die Schmelze schädigen können. Deshalb setzt man widerstandsbeheizte Öfen hauptsächlich zum Warmhalten ein. Im Ofenraum befindet sich meist ein Tiegel aus Grafit, Siliciumcarbid oder Gusseisen. Der Tiegel mit der zu schmelzenden oder warm zu haltenden Legierung (Aluminium, Bronze usw.) wird in einem mit Deckel verschlossenen Ofenraum aufgeheizt. Dabei gelangt die Schmelzwärme vom Ofenraum über die Tiegelwand zum Einsatzmaterial. Um die Gasaufnahme bzw. den Abbrand relativ klein zu halten, kann man den Schmelztiegel abdecken. Tiegelöfen werden hauptsächlich in NE-Gießereien eingesetzt. Die Steuerung der Öfen ist einfach. Die Öfen können so ausgerichtet werden, dass nach dem Aufschmelzen der Legierung der Tiegel mit einer Scherenzange herausgenommen werden kann. In diesem Fall ist der Schmelztiegel auch der Gießtiegel. Bei Tiegelöfen mit einem fest eingemauerten Schmelztiegel muss der Ofen kippbar sein. Das zu vergießende Metall wird mit einem separaten Gießgefäß direkt am Ofen abgeholt.

Schachtöfen

Der Schachtschmelzofen (Bild 1) spielt heute vor allem in Aluminium-Gießereien eine immer größere Rolle aufgrund seiner hohen Schmelzleistung (300 kg/h bis 7 t/h) und Wirtschaftlichkeit. Der Energieverbrauch zum Schmelzen ist niedrig, da die aufsteigenden, heißen Brennergase das heruntersinkende Einsatzgut im Schacht vorwärmen. Dies bewirkt auch eine hohe Metall-Qualität und geringe Oxidationsverluste.

Mit einem Hebe-Kipp-Gerät werden Masselblöcke sowie gießereiinternes Kreislaufmaterial chargiert. Die automatische Beschickung wird durch die Daten des Ofens gesteuert. Der Schmelzprozess ist kontinuierlich, sodass jederzeit flüssiges Metall der gewünschten Temperatur der Warmhaltekammer des Ofens entnommen werden kann. Dessen Fassungsvermögen liegt – in Abhängigkeit der Schmelzleistung – zwischen einer und zwanzig Tonnen Schmelze. Die Metallentnahme erfolgt entweder über eine Absticheinrichtung oder, besonders bei größeren Anlagen, über eine hydraulische Kippeinrichtung des Ofens.

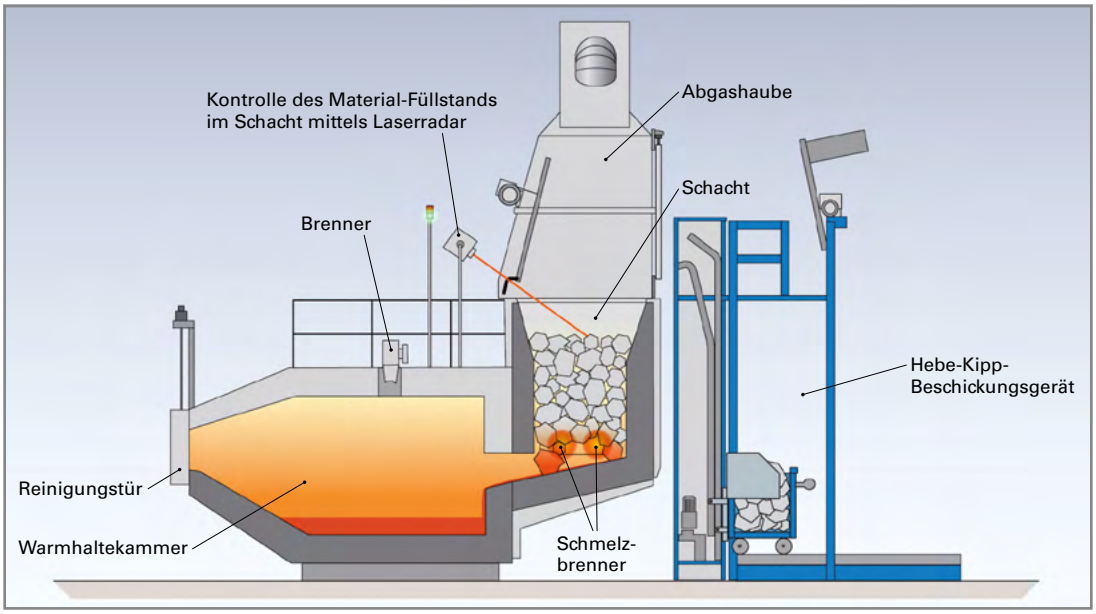


Bild 1: Schachtschmelzofen

Schmelzöfen für Magnesiumguss

Doppelofensystem

Zum Schmelzen und Dosieren von Magnesiumlegierungen wird häufig ein Doppelofensystem (Bild 1) mit vorgeschalteter Masselvorwärmung eingesetzt.

Hierbei werden die unterschiedlichen Anforderungen an den Schmelz- und Warmhalteprozess in zwei entkoppelten Öfen realisiert. Dies wird im Schmelzofen und im Dosierofen, unabhängig voneinander, über elektrische Widerstandsbeheizung, seitlich und am Boden, geregelt.

Die beiden Öfen sind über ein Transferrohr miteinander verbunden. Dieses ist ein beheiztes, kommunizierendes Rohr und verbindet den Tiegel des Schmelzofens mit dem Warmhalteofen. Die meisten Verunreinigungen aus dem Schmelzofen werden so nicht in den Warmhalteofen verschleppt.

Über eine Niveaumessanlage im Dosierofen wird das Chargieren von Masseln und Rücklaufmaterial gesteuert.

Masseln werden aus der Vorwärmung automatisch in die Masselschleuse geschoben und hier spritzfrei in die Schmelze geführt. Für das noch warme, meist sperrige Rücklaufmaterial existiert eine extra Schleuse.

Aus dem Warmhaltetiegel kann eine Schmelze von gleich bleibender Temperatur unmittelbar mit einer Pumpe dosiert werden. In den Nebenzeiten wird die Schmelze in dem Dosierrohr immer auf gleichem Niveau unmittelbar unter dem Auslauf gehalten. An dieser Stelle wird mit Argon begast um eine Oxidation der Schmelze im Rohr zu minimieren. Um Magnesiumbrände in den Tiegeln zu verhindern, wird die Schmelzbadoberfläche mit Schutzgas beaufschlagt, ein Gemisch aus dem Trägergas N_2 mit geringen Mengen an SF_6 oder SO_2. Die Gemischaufbereitung erfolgt in einer speziellen Schutzgasanlage. Das Schutzgas wird kontrolliert auf die Öfen verteilt und in Edelstahlrohren zu den Gasverteilern auf die Tiegeldeckel geführt.

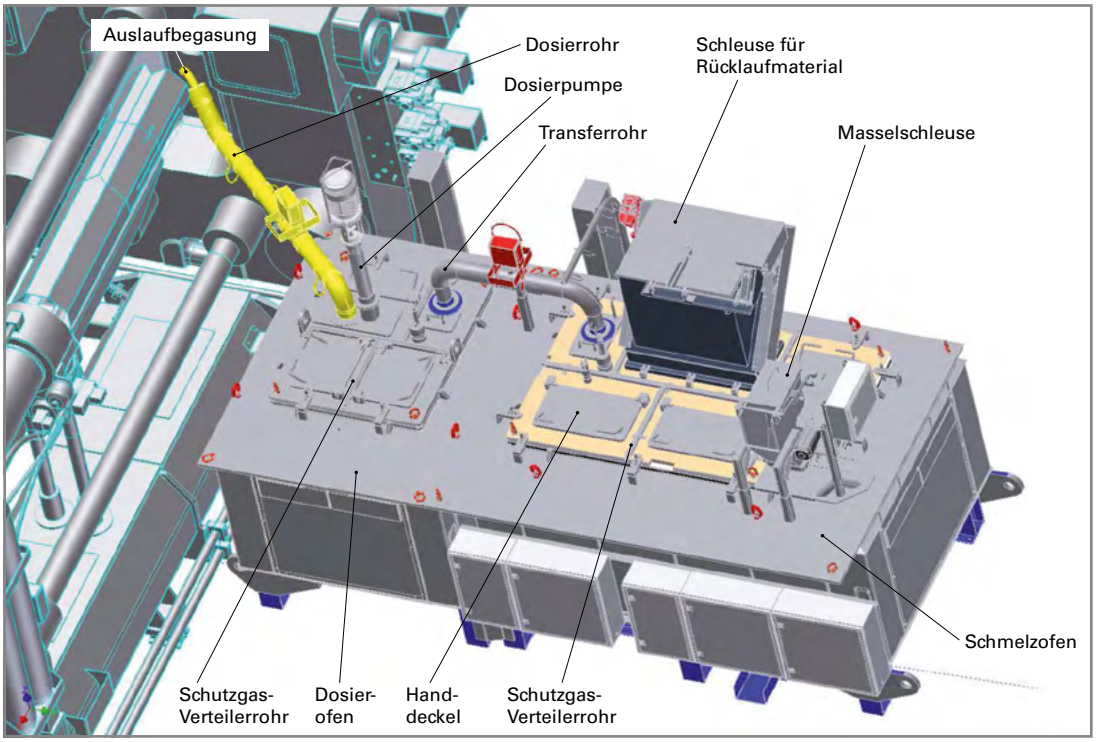


Bild 1: Kaltkammermaschine für Magnesiumdruckguss mit Doppelofensystem

4.5 Zustellung der Öfen mit Feuerfestmasse

Alle Schmelzöfen haben eine Feuerfestauskleidung. Dies ist eine Verschleißmasse, die das Schmelzgefäß vor der Zerstörung durch die Schmelze schützt. Unter der Zustellung eines Ofens versteht man allgemein das Einbringen der Feuerfestauskleidung in den Schmelz- und Ofenraum. Diese Zustellung erfolgt beim Kupolofen durch Spritzen, Mauern oder Einbringen von Feuerfestbetonen, während man bei Elektroöfen die Massen unter Vibration (Rüttler) oder als Fertigtiegel eingesetzt.

Feuerfestauskleidung bei Kupolöfen

Herkömmliche Kaltwindöfen, die lediglich einen Tag schmelzen und anschließend eine neue feuerfeste Zustellung erhalten, können ohne Probleme mit günstigeren **sauren Massen** (hoher SiO_2-Gehalt) zugestellt werden; bei Heißwind-Kupolöfen im Langzeiteinsatz werden oft andere feuerfeste Massen, beispielsweise **basische Massen,** eingesetzt. Diese haben eine höhere Temperaturbeständigkeit und bestehen hauptsächlich aus Magnesit (MgO). Die Temperaturwechselbeständigkeit ist jedoch sehr schlecht.

Feuerfestauskleidung bei Elektroöfen

Elektroöfen sind mit sauren **Massen** ausgekleidet, die ca. 98% SiO_2 (Quarz) enthalten. Eine Quarzitstampfmasse lässt sich leicht in den Tiegel einbringen und hat eine gute Temperaturwechselbeständigkeit. Nach dem Einbringen in den Tiegel muss die Masse gesintert werden. Schäden an einer sauren Feuerfestauskleidung sind leicht zu reparieren. Statt loser Massen kann man auch **Fertigtiegel** einsetzen, was den Zeitbedarf für die Zustellung verringert. Die abgenutzten Tiegel werden mit einer **Tiegelausdrückvorrichtung** entfernt, dadurch spart man Zeit und die Belastung der Mitarbeiter wird deutlich verringert.

Nach jedem **Abkühlen des Tiegels** bilden sich Risse im Ofenfutter, die sich beim Wiederaufheizen des Ofentiegels schließen müssen, bevor sich Schmelze bildet. Sonst dringt diese durch die Risse bis zur wassergekühlten Ofenspule und zerstört sie (Explosionsgefahr).

Neutrale Feuerfestmassen sind meistens so genannte Korundmassen, deren Hauptbestandteil Al_2O_3 (Bauxit) bildet. Besonders in Warmhalteöfen findet man diese Feuerfestmasse; aufgrund ihrer hohen Feuerfestigkeit und hohen Beständigkeit gegen Schlacken erreichen diese Stoffe eine Haltbarkeit von mehreren Jahren.

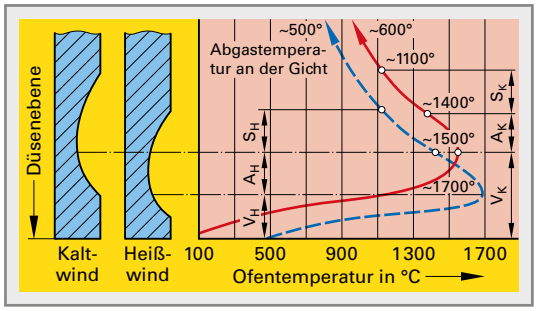


Bild 1: Temperaturzonen und Futterausbrand bei Kalt- und Heißwind-Kupolöfen

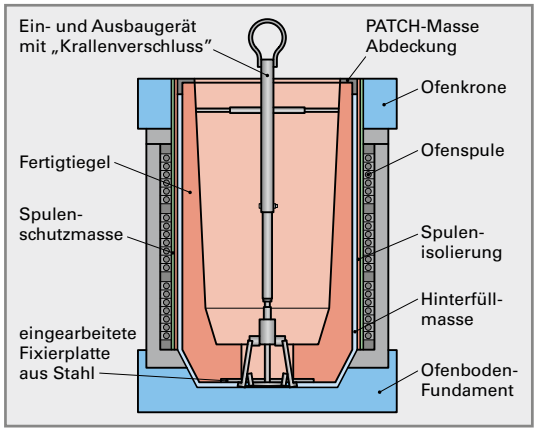


Bild 2: Elektroofen mit Fertigtiegel

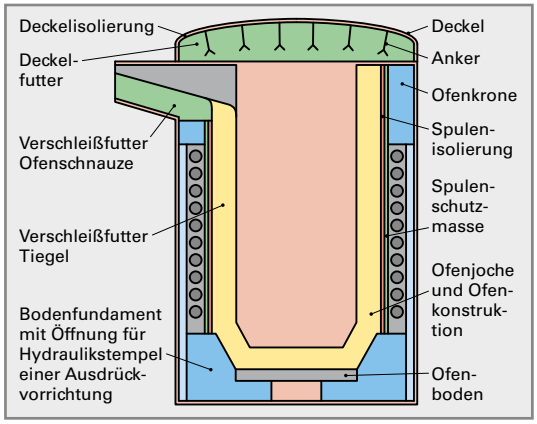


Bild 3: Elektroofen mit Quarzitmasse zugestellt

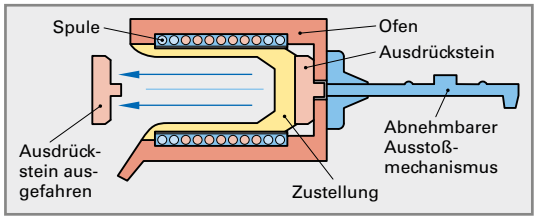


Bild 4: Elektroofen mit Tiegelausdrückvorrichtung

8.8.3 Gießprozessoptimierung

vel.plus/ FGT10

Formfüllung

Gerade bei der Füllung dünnwandiger, großflächiger Strukturbauteile im Druckguss kann es zu starken Temperaturverlusten der Schmelze kommen. Typische Fehlerbilder reichen hier von Fließlinien und Oberflächendefekten bis hin zu inakzeptablem Kaltlauf in den kritischen Bauteilbereichen. Daneben sind Porosität durch Lufteinschlüsse oder ausgeschiedene Gase oft Ausschusskriterien. Die Prozessentwicklung hat daher das Ziel, eine optimale Füllung einzustellen.

Die Auswahl geeigneter Prozessbedingungen für den Transport der Schmelze in der Schusskammer kann zur Vermeidung dieser Risiken beitragen. Hierzu werden die Geschwindigkeit des Gießkolbens sowie Dosierschwankungen systematisch virtuell untersucht. Auf diese Weise können wertvolle Erkenntnisse über verschiedene Risikopotenziale für die Gussteilqualität, z. B. durch mögliche Lufteinschlüsse in der Gießkammer, gewonnen werden (Bild 1).

vel.plus/ FGT11

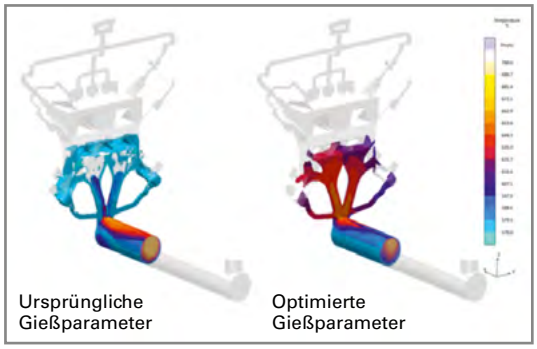


Bild 1: Vergleich der Formfüllung des Verbindungsknotens mit ursprünglichen Prozessparametern und für den besten Kompromiss aus dem virtuellen Versuchsplan

Weitere Formfüllergebnisse:

- Temperatur, Geschwindigkeiten und Drücke in der Schmelze (Turbulenzen, Totgebiete)
- zuletzt gefüllte Bereiche (Entlüftung der Form)
- Aufeinandertreffen von Schmelzefronten (Kaltschweißstellen, Fließfiguren)
- Partikelansammlungen (Einschlüsse, Oxide)

Bild 2 zeigt die Temperatur der Schmelze während der Formfüllung für vier unterschiedliche Zeitpunkte. Auf diese Weise lassen sich Temperaturverluste und Bereiche ermitteln, die zuletzt gefüllt werden.

vel.plus/ FGT12

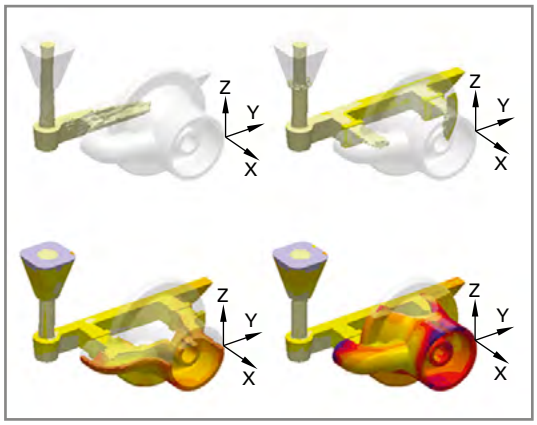


Bild 2: Temperaturverlauf während der Formfüllung

Erstarrung

Die Anforderungen an ein dichtes Bauteil sind sehr hoch und stehen teilweise im Widerspruch zu den Produktionskosten. Um ein dichtes Bauteil zu erhalten, werden im Stahl- oder Aluminiumsandguss meistens Speiser benötigt, um die Porosität zu verringern. Mit der Simulation kann die Gießtechnik ausgelegt und eine geeignete Position und Dimension für die Speiser gefunden werden.

Bild 3 zeigt den Anteil der flüssigen Schmelze während der Erstarrung eines Turboladers. Auf diese Weise kann sichtbar gemacht werden, wo speisungskritische Bereiche im Gussteil entstehen.

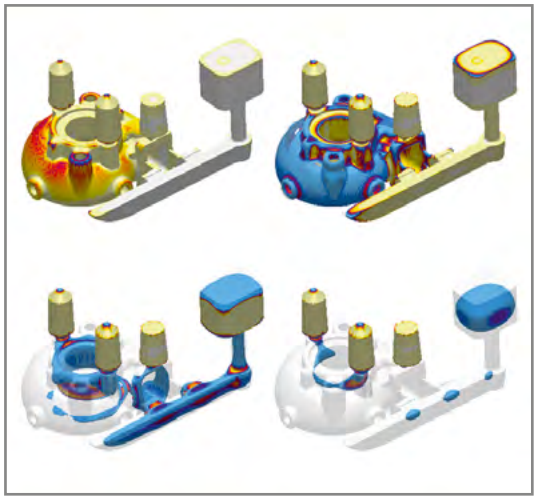


Bild 3: Anteil der flüssigen Schmelze während der Erstarrung

Beispiel Zylinderköpfe

Zylinderköpfe haben bedingt durch steigende Emissionsvorgaben und die dadurch notwendigen höheren Verbrennungsdrücke große Anforderungen bezüglich der Gussqualität. Die Zylinderköpfe dieses Beispiels werden aus Aluminium im Niederdruckgussverfahren hergestellt. Mit Hilfe der Simulation wurde der Einfluss der Formtemperierung auf Erstarrungsvorgang und Gefüge abgebildet. Durch entsprechende Variationen konnte für das Gießwerkzeug das Optimum der Temperierung gefunden werden. Dieses führte auch zu einem feineren Gefüge und kleineren Dendritenarmabständen im Zylinderkopf.

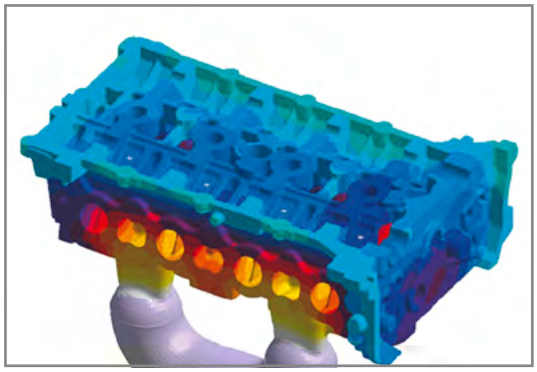
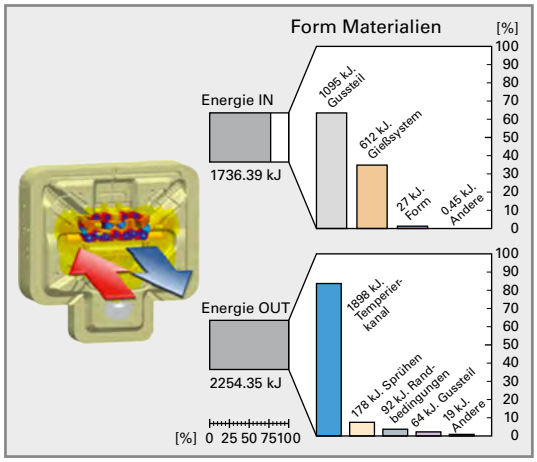


Bild 1: Erstarrungverlauf eines Zylinderkopfes

Weitere Gussteilerstarrungsergebnisse:

- Temperaturen, Erstarrungsanteile und Dichteänderungen während des Erstarrungsverlaufs (Speisungsverhalten, Volumenfehler)
- Gefügeausbildung (mechanische Eigenschaften)
- Eigenspannungen und Dehnungen (Risse, Verzug)



vel.plus/ FGT13

Bild 2: Energiebilanz – Energieaustausch zwischen Materialien oder Materialgruppen, bspw. Gussteil oder Werkzeugbestandteil, über Prozesszyklus, -phasen oder definierte Zeitabschnitte

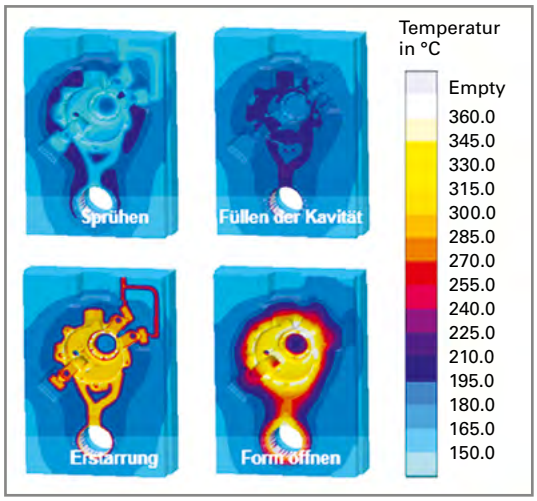
Wärmehaushalt der Form

Aus der Gießprozess-Simulation kann eine Energiebilanz für den Gesamtprozess ermittelt werden (siehe Bild 2). Dies ermöglicht die Bewertung des Wärmehaushalts der Form sowie der thermischen Stabilität des Gesamtsystems oder zwischen allen Materialgruppen (z. B. Gussteil, Gießsystem, Werkzeugbestandteil) über den ganzen Prozesszyklus. Für Dauerformen lassen sich die über den Prozesszyklus abgeführten Energiemengen durch innere Werkzeugtemperierung und äußeres Sprühen unmittelbar miteinander vergleichen und auf Energie- und Kosteneffizienz optimieren.

Informationen über das Werkzeug:

- Temperaturverteilung über dem Prozessverlauf (Wirksamkeit von Temperierung)
- Wärmebilanz (Wärmeverlust beim Sprühen)
- Verschleiß und Schädigung (Erosion, Klebneigung, Kavitation)
- Spannungshysterese (Lebensdauer der Form)

Bild 3 stellt die berechneten Temperaturen auf der Formoberfläche während unterschiedlicher Phasen des Gießprozesses dar.



vel.plus/ FGT14

Bild 3: Temperatur auf der Form während des Gießprozesses

8.8.4 Simulation der gesamten Prozesskette

Die Qualität vieler gegossener Bauteile wird neben dem eigentlichen Kernprozess „Gießen“ auch von vor- und nachgelagerten Fertigungsschritten, wie beispielsweise der Herstellung von Sandkernen und -formen, einer Wärmebehandlung oder der mechanischen Bearbeitung bestimmt. Um aussagefähig hinsichtlich der tatsächlichen Eigenschaften eines Gussteils im Lieferzustand zu sein, muss die Gießprozess-Simulation die wesentlichen Merkmale dieser Prozessschritte berücksichtigen.

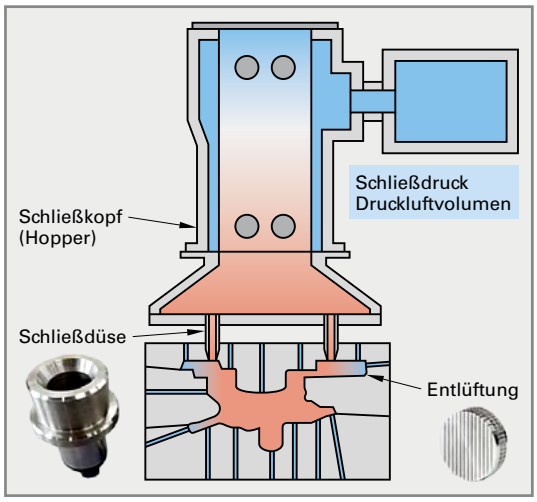


Bild 1: Schematischer Aufbau einer Kernschießmaschine

Kernschießen

Eine wichtige Einflussgröße in Bezug auf die Qualität der Gussteilfertigung stellen die Sandkerne dar. Auch beim Kernschießen ist es wichtig, optimale Prozessparameter zu finden, um Kosten zu reduzieren und die Qualität zu erhöhen. Dies kann durch die numerische Simulation der Kernherstellung erreicht werden. Es können sowohl organische als auch anorganische Sand-Binder-Systeme simulationstechnisch untersucht werden. Bild 1 zeigt den schematischen Aufbau einer Kernschießmaschine.

vel.plus/ FGT15

Die Qualität des Sandkerns wird durch die Strömungsverhältnisse im Sand und in der Luft beeinflusst. Diese Sanddichte ist somit die wesentliche Einflussgröße für die nachgelagerte Aushärtung des Bindersystems, welches für ausreichende Stabilität und gute Entformbarkeit des Sandkerns im Gießprozess sorgt.

Wichtige Einflussgrößen sind hierbei:

- Fließfähigkeit des Sand-Binder-Luft-Gemischs
- Geometrie des Kerns
- Anzahl und Lage der Schießdüsen
- Anzahl der Entlüftungsdüsen
- Position der Entlüftungsdüsen
- Typ der Entlüftungsdüsen
- Schießdruck

vel.plus/ FGT16

Beim anschließenden Aushärten sind je nach Verfahren für die letztendliche Qualität des Kerns folgende Parameter maßgeblich verantwortlich:

- Temperierung des Kernformwerkzeuges (siehe Bild 2)
- Begasungsdruck
- Begasungsmenge
- Begasungszeit
- Entlüftungssituation

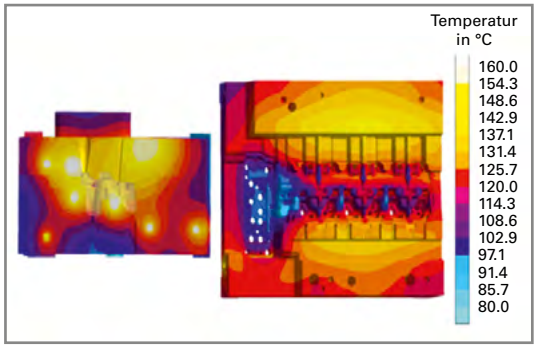


Bild 2: Temperaturverteilung im Kernformwerkzeug

In Bild 3 ist beispielhaft der Gaseinschluss durch Kerngase in einem Bauteil dargestellt.

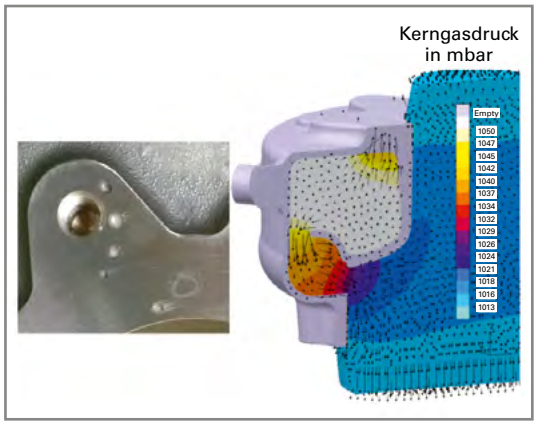


Bild 3: Gaseinschluss im realen Gussteil nach Bearbeitung

Wärmebehandlung

Die Struktur des Gussgefüges und die daraus resultierenden mechanischen Eigenschaften des Bauteils werden durch die Wärmebehandlung verändert. Die numerische Kopplung von Diffusionsrechnung und Phasenumwandlung ermöglicht die Vorhersage von Gefüge und Eigenschaften zu jedem Zeitpunkt der Wärmebehandlung. So kann der Stahlgießer beispielsweise frühzeitig Durchhärtungsprobleme erkennen oder der Aluminiumgießer optimale Auslagerungsparameter hinsichtlich Festigkeit oder Dehnung festlegen. Unter Verwendung entsprechender Materialmodelle und des Schwerkrafteinflusses kann mit Hilfe der Simulation auch der geometrische Verzug des Bauteils berechnet werden.

Bild 1 zeigt beispielhaft die Martensitverteilung eines Stahlbauteils nach dem Abschrecken und die Härteverteilung nach dem Anlassen.

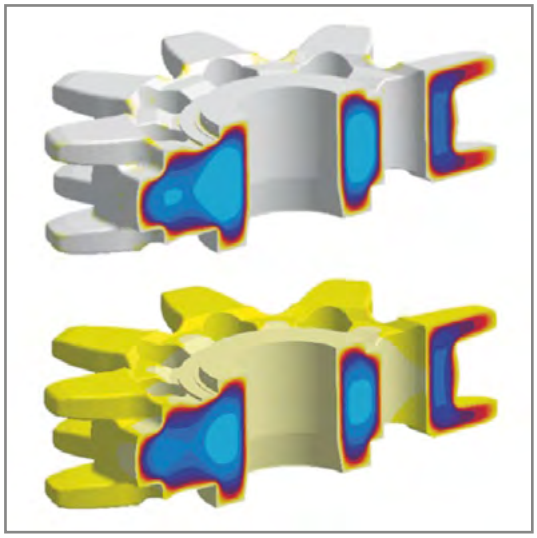


Bild 1: Martensitverteilung in einem Stahlbauteil nach der Abschreckung (oben) und Härteverteilung nach dem Anlassen (unten)

Bearbeitungsschritte

Der Spannungszustand in einem Bauteil ändert sich über den Herstellprozess fortlaufend. Die Simulation des Eigenspannungszustandes eines Gehäuses aus Gusseisen zeigt im Gusszustand Spannungen, die sehr moderat und weit unter der Fließgrenze liegen. Allerdings kommt es während der Bearbeitung dennoch zu Rissen. Dies führt zum vollständigen Versagen des Bauteils. Bei der Simulation der Bearbeitung zeigt sich, dass durch die Spannungsumlagerungen bei der Bearbeitung Spannungskonzentrationen im Gussteil entstehen, die die Zugfestigkeit des Teils weit übertreffen.

Das Beispiel in Bild 2 zeigt, wie wichtig es ist, dass Gießerei und Gussteilabnehmer intensiv miteinander kommunizieren. Nur wenn beide Seiten über den gesamten Herstellungsprozess informiert sind, können sie den Einfluss jedes Fertigungsschrittes auf das Bauteilverhalten bewerten.

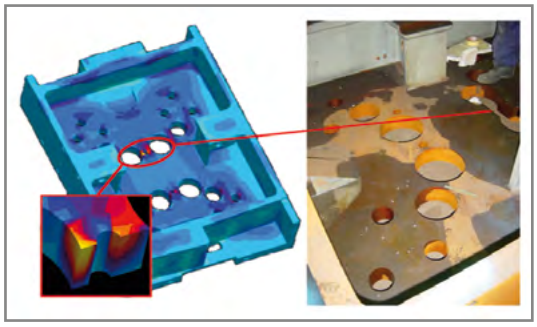


Bild 2: Spannungsumlagerung nach der Bearbeitung (links) und gerissenes Gussteil (rechts)

Strangguss

Halbzeug aus Aluminium-, Kupfer- und Stahlwerkstoffen kann mit dem kontinuierlichen Gießverfahren Stranggießen hergestellt werden. Hierbei wird das Metall durch eine gekühlte Kokille gegossen und mit erstarrter Schale, meist mit noch flüssigem Kern, nach unten oder seitwärts abgezogen. Die Simulation berücksichtigt Strömung, Wärmetransport, Erstarrung und Spannungsentstehung in der einströmenden Schmelze, dem erstarrenden Strang und der Kokille. Damit kann die Sumpftiefe vorhergesagt werden (siehe Bild 3).

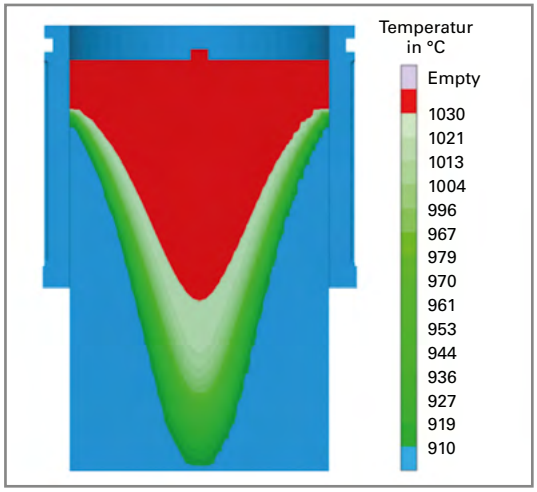


Bild 3: Ermittlung des Sumpfprofils inklusive des teilerstarrten Bereichs

8.8.5 Implementierung der Gießprozess-Simulation im Unternehmen

Integration der Simulation in den Produktlebenszyklus

Durch die umfassende Integration der Simulation in den Produktlebenszyklus ist das virtuell erzeugte Wissen Grundlage für abgesicherte Entscheidungen und die Auslegung robuster Werkzeuge und Fertigungsprozesse. In der Regel ist der Lebenszyklus unternehmensübergreifend. Die Gießprozess-Simulation wird daher nicht nur in der Gießerei, sondern auch in der Bauteilentwicklung und -konstruktion bei Gussabnehmern sowie für die Auslegung von Betriebsmitteln (Werkzeugbau) integriert.

Design- und Konstruktionsphase: Neben der virtuellen Funktionsvalidierung (Belastungssimulation) unterstützt die Gießprozess-Simulation die frühzeitige Bewertung von Fertigungseinflüssen auf die finalen Bauteileigenschaften (siehe Bild 1). Potenzielle Probleme beim Gießen können idealerweise durch geometrische Änderungen der Bauteilgeometrie eliminiert werden.

Werkzeug- und Prozessauslegung: Die Simulation liefert fundierte Informationen für die Auslegung von Dauerformen und verlässliche Vorgaben für geeignete Prozessbedingungen in der Produktion, berechnete Größen zu Füllkurven, Werkzeugtemperierungen und Zykluszeiten (Bild 2).

Gießprozess-Simulation als Kommunikationswerkzeug

Quantitative Informationen aus der Gießprozess-Simulation dienen als fundierte, verbindliche Gesprächsbasis und unterstützen die

- schnelle Produkt- und Prozessentwicklung,
- optimale Prozess- und Werkzeuggestaltung hinsichtlich Qualität, Ausbringung und Kosten,
- robuste Prozessauslegung mit maximaler Reproduzierbarkeit der Qualität.

Die methodische Durchführung virtueller Versuchspläne erzeugt systematisches Wissen zu Korrelationen zwischen Fertigungsparametern und Qualitätsmerkmalen des Gussteils (siehe Bild 3), frei von wirtschaftlichen oder produktiven Risiken. Darüber hinaus können die virtuellen Versuche quantitativ betrachtet und konstruktive und gießtechnische Maßnahmen ergriffen werden, bevor das erste Gussteil gegossen wird.

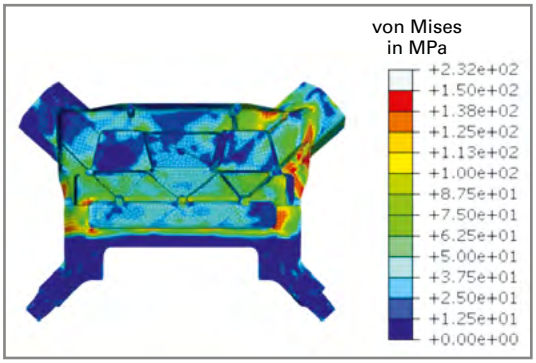


Bild 1: Spannungsverteilung nach einem Fontalcrash mit Berücksichtigung der Eigenspannungen aus dem Gießprozess

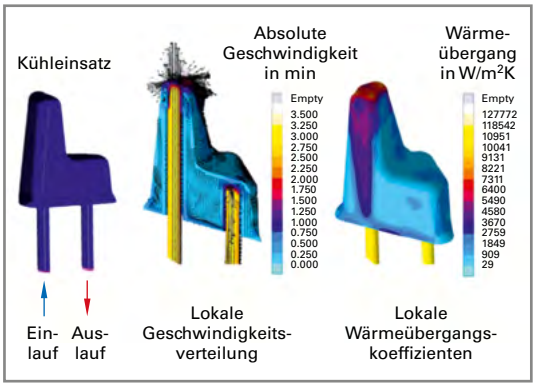


Bild 2: Auf Basis der lokalen Strömungsvektoren werden die an der Grenzfläche zur Schmelze resultierenden wirksamen Wärmeübergangskoeffizienten berechnet.

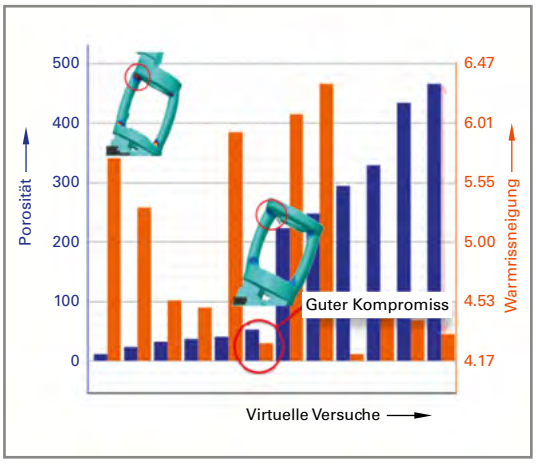
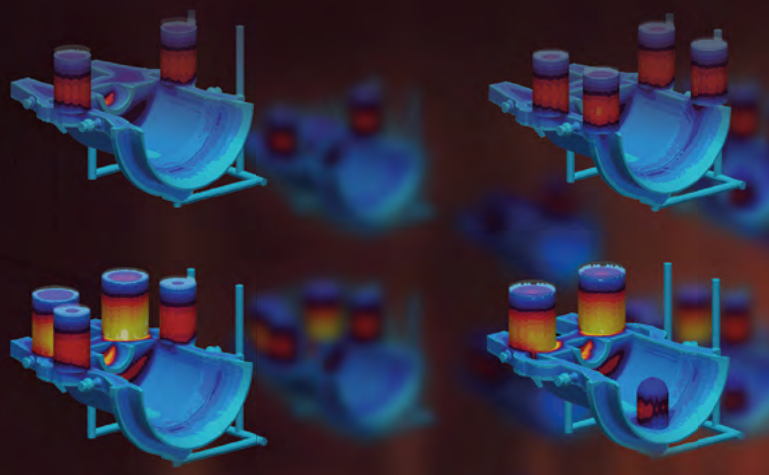


Bild 3: Quantitative Bewertung von konstruktiven und gießtechnischen Maßnahmen zur Vermeidung von Porosität und Warmrissen

MAGMASOFT®

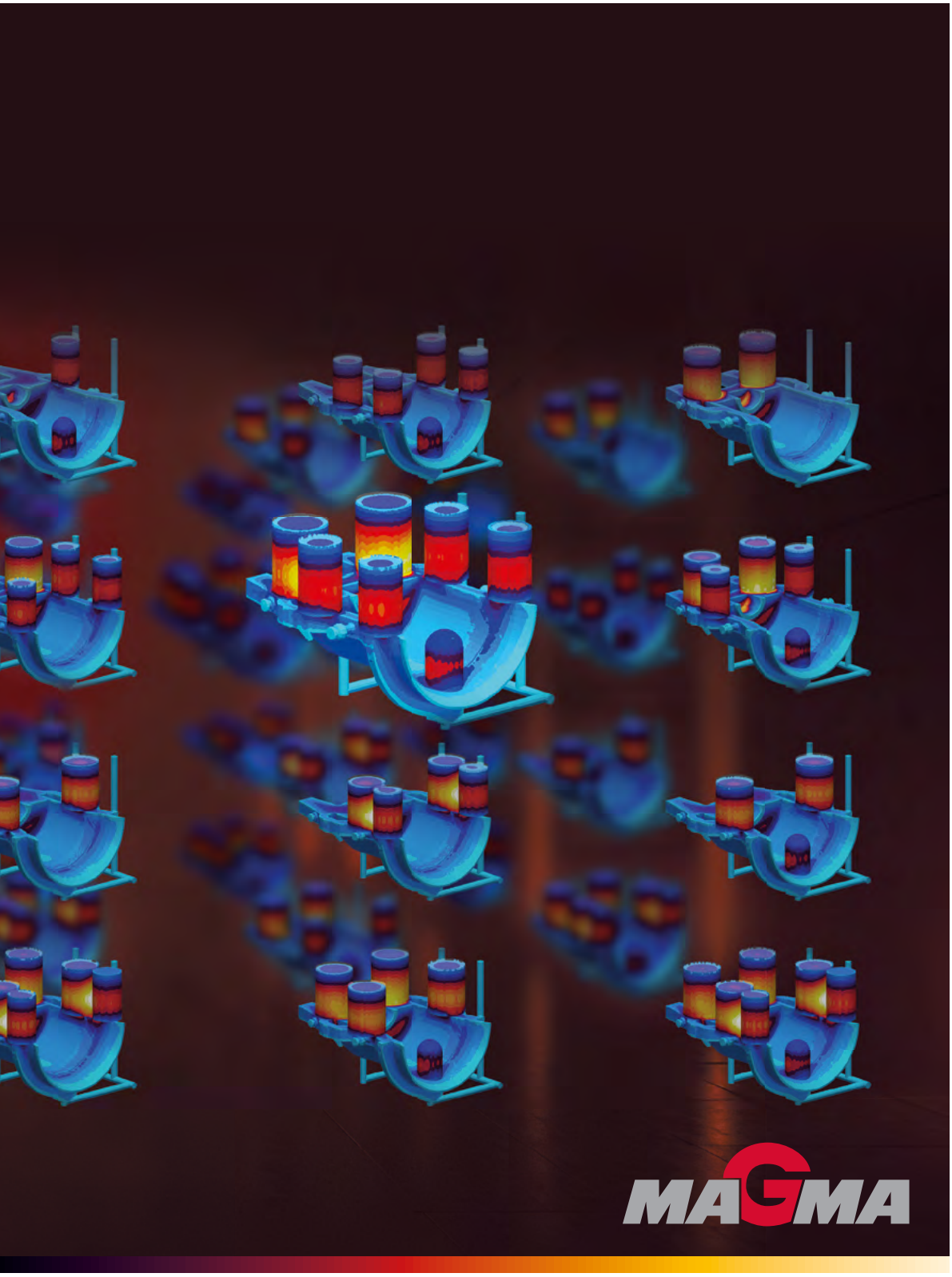
Der digitale Giesserei-Prozess



Gießen ist ein anspruchsvolles und variantenreiches Verfahren
Alles muss bedacht werden, damit man am Ende stolz ist auf ein Hightech-Teil "aus einem Guss". Vom Design bis zur Fertigung sind viele Prozessschritte und Einflussgrößen gezielt zu optimieren und abzusichern, um Fertigungsrisiken so klein wie möglich zu halten. Berechenbare Gussteilqualität schafft Vertrauen und stärkt die Zusammenarbeit nachhaltig.

Gießprozess-Simulation mit MAGMA wird heute zur Optimierung von Gussteilen für alle Anwendungen speziell in der Automobilindustrie und dem Maschinenbau eingesetzt. Simulation liefert quantitative Vorhersagen zur Machbarkeit anspruchsvoller Gussteile. Sie unterstützt die wirtschaftliche Produktion mit stabilen Prozessen und zielt auf eine Reduzierung von Energie- und Rohstoffeinsatz ab.

www.magmasoft.de


MAGMA

150 Jahre wöhr

AAGM Aalener

> Durchlaufwirbelmischer für kaltharzgebundene Formsande

>www.aagm.de

Gießereimaschinen GmbH

> Regenerierungsanlagen
> Formanlagen

Gewerbehof 28
D-73441 Bopfingen
Tel.: +49 7362 956037 0
Email: info@aagm.de

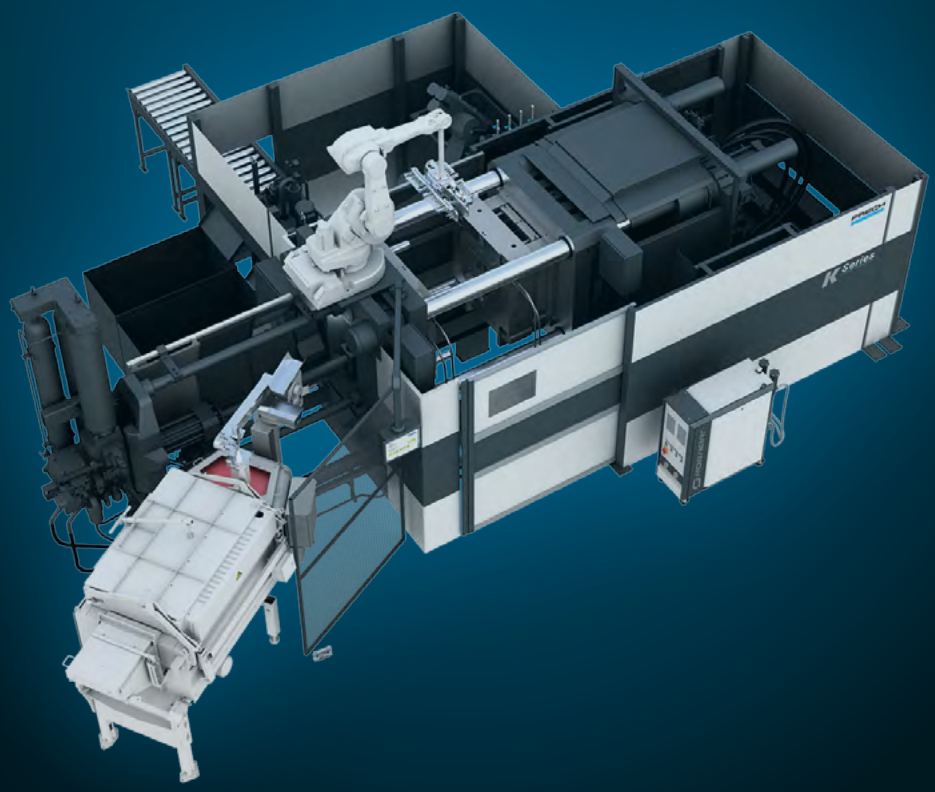
Choose the Original
Choose Success!

FRECH®

Druckgießtechnik weitergedacht!

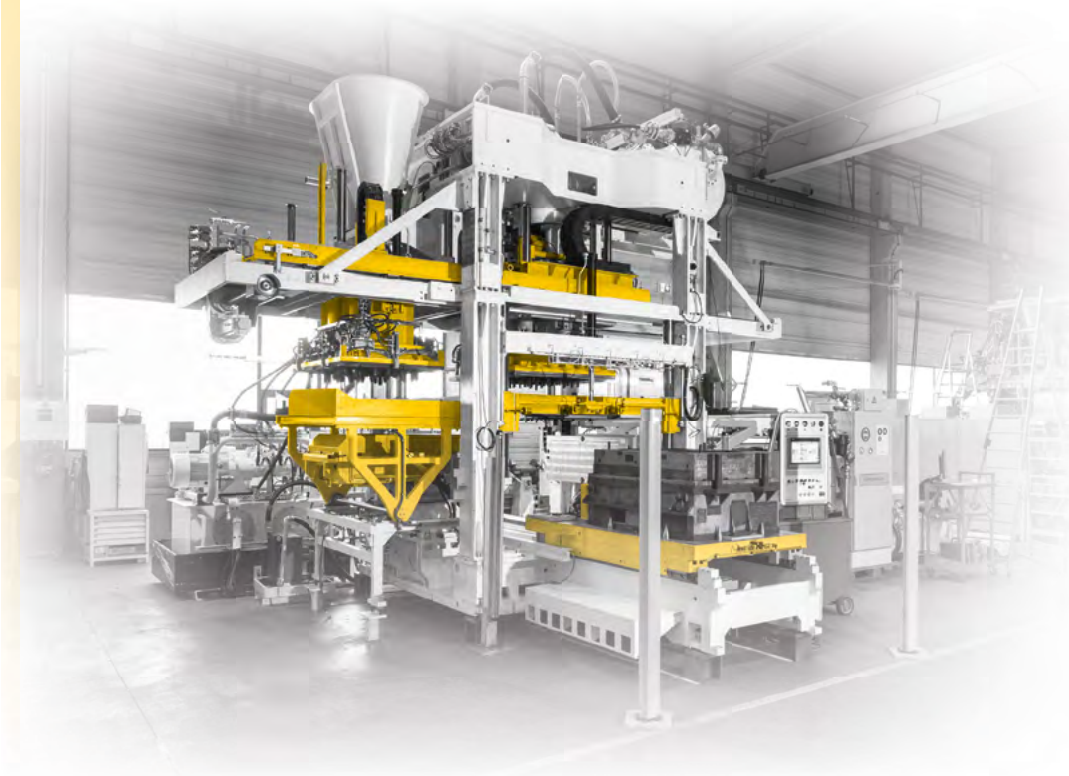
Wo immer Aluminium, Magnesium und Zink ins Spiel kommen,
vertrauen Spezialisten aller Branchen auf Lösungen von FRECH.
Schöpfen Sie das Potential des Druckgießverfahrens voll aus.

Mehr dazu finden Sie gebündelt und übersichtlich im Kapitel Druckgießen.



www.frech.com

Laempe. Der Kern.



Ganzheitliche Lösungen sind die Basis für die Kernfertigung der Zukunft

Laempe Mössner Sinto ist weltweit führend in der Kernfertigungstechnologie.
Wir bieten maßgeschneiderte Lösungen für unsere Kunden: Als einziger Komplettanbieter liefert Laempe Mössner Sinto von der Kernsandmischanlage über die Kernschießmaschine bis hin zur Automatisierung alles aus einer Hand.

Branchenführendes Know-how in der Kernmacherei und weltweite Präsenz machen Lampe Mössner Sinto zum idealen Partner.

www.laempe.com

LAEMPE
GLOBAL PARTNER OF sinto

PERFEKTION IN JEDER FORM

Innovative Form- und Gießtechnologien

- SEIATSU/ACE Formmaschinen und -anlagen
- Kastenlose Formmaschinen und -anlagen
- Vakuum Formmaschinen und -anlagen

- Gießmaschinen, halb- und vollautomatisch
- Niederdruck-Gießmaschinen
- Kipp-Gießmaschinen
- Sandregenerierung

- Software für Gießereien
- Modernisierung vorhandener Anlagen
- Service

sinto

New Harmony » New Solutions™

www.sinto.com

sinto FOUNDRY INTEGRATION™

sinto FOUNDRY INTEGRATION

HEINRICH WAGNER SINTO Maschinenfabrik GmbH
SINTOKOGIO GROUP
Bahnhofstr. 101 · 57334 Bad Laasphe, Germany
Tel +49 2752 / 907 0 · Fax +49 2752 / 907 280 · **www.wagner-sinto.de**

FÜR NEUBAU UND/ODER RETROFIT

Sandplant_control

Als europaweit einziges Unternehmen begleitet datec die Modernisierung der elektronischen Ausrüstung jeder Sandaufbereitung von der Planung als Hersteller, über die Lieferung bis hin zur Inbetriebnahme.

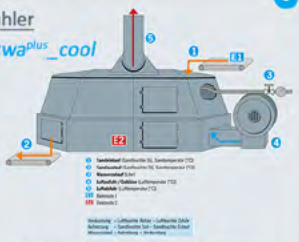
Steuerungsteil

Leistungsteil

Sandaufbereitung

Kühler

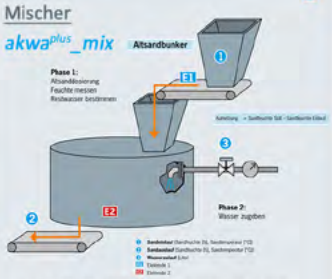
akwa^{plus}_cool



Kühlersteuerung
Wasserdosierung
Temperaturmessung
Feuchtemessung

Mischer

akwa^{plus}_mix



Mischersteuerung
Waagendosierung
Rezeptsteuerung
Wasserdosierung
Feuchtemessung
Temperaturmessung

Messtechnik

Feuchtemessung

akwa_indicat

Unterschiedliche Elektrodentypen:

- Rotationselektrode im Mischer oder Kühler
- bipolare oder tripolare Elektrode am Zuführband

Beispiel: tripolare Elektrode am Zuführband

Sandprüfsystem:

RTC 107

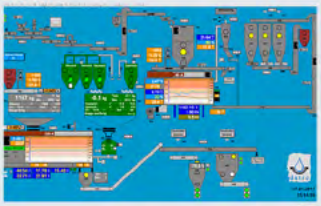
misst:
- Verdichtbarkeit
- Druckfestigkeit
- Springback !! NEU !!

...und regelt den Wasser- und Bindemittelbedarf daraus.

Visualisierung

Betriebszustände/Messwerte anzeigen

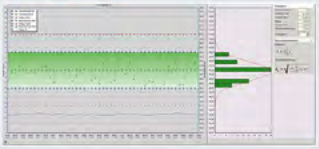
DView



Auswertung der Chargendaten

Statistische Prozesskontrolle

DView_Analyse



Energieeffizienz

Vermeidung des Leerlaufstroms und bedarfsweises Ein-/Ausschalten der Gruppen im Sandkreislauf mit dem Energiemanagement-System energy_control.

weitere Produkte:
- Störanalyse
- Bindemittelsteuerung
- Log-In via RFID-Chip

up to datec

datec Dosier- und Automationstechnik GmbH • www.datec.org

HITACHI
Inspire the Next
NO ONE IS MORE METAL THAN US
OE750 Next Level OES Metallanalyse
Der neue Hitachi OE750 macht leistungsstarke Metallanalyse dank bahnbrechender Technologie erschwinglich. Für eine schnelle und umfassende Qualitätskontrolle in einem einzigen Gerät bietet der OE750 von Hitachi High-Tech alles, was Sie brauchen.
Erfahren Sie mehr über den OE750:
hhtas.net/oe750-de
Hitachi High-Tech optische Emissionsspektrometer
hhtas.net/schmelzkontrolle
contact@hitachi-hightech.com | +49 2825 9383-0

Saveway®

Die Nr. 1 für einen sicheren Ofenbetrieb

SAVEWAY®
RESTWANDSTÄRKEMESSUNG

SAVELINE®
FLÄCHENDECKENDE HOT-SPOT-ÜBERWACHUNG

SAVEDRY®
TROCKNUNGS- UND LECKAGENÜBERWACHUNG

SAVESEARCH®
ÜBERWACHUNG DER SPULE-JOCH-ISOLATION

OPTISAVE
GROßFLÄCHIGE TEMPERATURMESSUNG

Deine Zukunft bei Saveway

Die Saveway GmbH & Co. KG ist ein international agierendes Unternehmen mit Niederlassungen in Japan, den USA und Südafrika. Die weltweit größten Gießereien, Stahlwerke und Metallhütten gehören zu unseren Kunden. Seit über 30 Jahren produzieren wir einzigartige und individuell zugeschnittene Mess- und Sicherheitstechnik für feuerfeste Zustellungen von Schmelz- und Warmhalteaggregaten jeglicher Art.

Wir suchen und beschäftigen Fachkräfte aus den Bereichen Gießerei-, Werkstoff- und Elektrotechnik.

WWW.SAVEWAY-GERMANY.DE

OTTOJUNKER
WE UNDERSTAND METALS

INDUKTIONSOFENANLAGEN

WE UNDERSTAND METALS

WWW.OTTO-JUNKER.DE

WIR STELLEN UNS VOR

OTTO JUNKER ist weltweit einer der erfolgreichsten Hersteller von komplexen Industrieofenanlagen für die Metallindustrie sowie einbaufertiger Edelstahlgussteile. Mehr als 650 Mitarbeiter entwickeln, fertigen und montieren Anlagen zum Schmelzen und Gießen sowie für die Wärmebehandlung von metallischen Werkstoffen. Die Edelstahlgießerei fertigt erstklassige Gussprodukte und bietet eine hochpräzise mechanische Bearbeitung kundenspezifischer Bauteile. Mit einer klaren Ausrichtung auf die Technologie- und Innovationsführerschaft setzt OTTO JUNKER sowohl im Anlagenbau als auch im Edelstahlguss kontinuierlich neue Maßstäbe hinsichtlich Technik, Materialbeschaffenheit, Arbeits- und Prozesssicherheit und Energieeffizienz.

OTTO JUNKER bietet für praktisch jede erdenkliche Aufgabenstellung die optimale Lösung — vom einzelnen Aggregat bis hin zur hochkomplexen Gesamtanlage inklusive Zusatzeinrichtungen. Anlagen aus dem Hause OTTO JUNKER werden überall dort eingesetzt, wo passgenaue Schmiede- oder Gussstücke sowie hochwertige Halbzeuge wie Platten, Bänder, Folien, Profile oder Rohre aus den verschiedensten Metallen gefragt sind. Wir verpflichten uns zur ständigen Steigerung der Energieeffizienz unserer Anlagen, der Erhöhung der Prozesssicherheit sowie der Reproduzierbarkeit der technologischen Parameter. Als Systemlieferant beraten wir Sie bei der Einbindung kompletter Anlagen oder einzelner Aggregate in bestehende Produktionsabläufe.

Das Unternehmen OTTO JUNKER ist seit 1982 im Besitz der Otto-Junker-Stiftung. Entsprechend der Satzung der Stiftung wird die Ausbildung des Ingenieurnachwuchses an der technischen Hochschule in Aachen (RWTH) und die Forschung und Entwicklung auf den Gebieten Metallurgie und Elektrotechnik gefördert.
Dies ermöglicht dem Unternehmen den schnellsten Zugriff auf modernste Technologien und Verfahren sowie eine kurzfristige Umsetzung der neuesten Entwicklungen für die Anlagentechnik.

Auf dem Gebiet des Gießereianlagenbaus für die Gusseisen/Stahl-, Leicht- und Schwermetallindustrie umfasst das Lieferprogramm

- Engineering und Realisierung kompletter Anlagen für den Schmelz- und Gießbetrieb und von Wärmebehandlungsanlagen

OTTO JUNKER bietet im Gießereibereich Schmelz-, Warmhalte- und Gießöfen, insbesondere:

- Mittelfrequenz-Induktionstiegelöfen mit und ohne Vakuumtechnik
- Rinneninduktionsöfen
- Druckbetätigte Gießöfen mit Rinnen und Tiegelinduktor
- Gasbeheizte Aluminium-Schmelzöfen

sowie

- Wärmebehandlungsanlagen für Aluminium-Gussteile

OTTO JUNKER GMBH
Jägerhausstr. 22
52152 Simmerath-Lammersdorf
Tel.: (02473) 601-0 | Fax: (02473) 601-600
E-Mail: info@otto-junker.de

WE UNDERSTAND METALS

Erfahrung zeigt sich im Detail

Wir sind ein mittelständischer Betrieb mit über 100-jähriger Tradition, der spezielle Produkte und Dienstleistungen rund um Metall anbietet. Vielseitige Technik, stetige Investition in Produkt- und Personalentwicklung sowie Zertifizierungen nach DIN EN ISO 9001 sorgen dafür, dass nur Produkte mit hohem Kundennutzen und Qualität unser Haus verlassen. Wir kennen uns aus mit Technologien und Materialien. Deshalb bieten wir nicht nur Standard, sondern Optimierungen und Modifikationen für Produkte und Bearbeitungen.

Mit unserem Sortiment an Gießereihilfsmitteln sind wir langjähriger Partner zahlreicher europäischer Gießereien. In Zusammenarbeit mit Forschungsinstituten haben wir Produkte, wie z.B. unsere geklebten Kernstützen und Technologie stetig weiterentwickelt.
Wir fertigen aus Stahl, Guss- und Nichteisenmetallen oder Kundenmaterial mit unterschiedlichen Oberflächenveredlungen.
Zum Produktangebot zählen verschiedene Befestigungsarten, Kernböckchen und Kernstützen, geschweißt und in vielseitiger Form sowie Sonderausführungen. Wir fertigen Muster, Einzelstücke und Serien.
Regionale Kooperationen unterstützen die Sicherheit unserer Lieferketten.

GIESSEREIHILFSMITTEL | BESCHLAGTEILE | NÄGEL
BAUBEDARFSTEILE | DREHTEILE | STAUCHTEILE

nageno

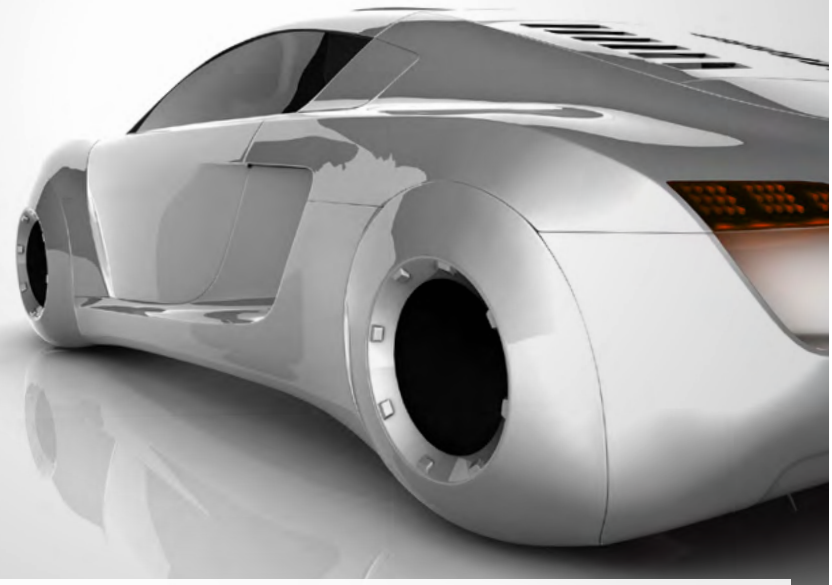
nageno – seit 1893

Nagelschmiede und Metallwaren GmbH
OT Oberschönau | Oberschönauer Hauptstraße 28
98587 Steinbach-Hallenberg | Germany

T +49 (0)3 68 47 51 00-0 | F +49 (0)3 68 47 51 00-30
info@nageno.de | www.nageno.de

BEREIT

mit INOTEC™ Vollgas
zu geben?



INOTEC™ patented technology

Für mehr Ökologie, mehr Produktivität und leistungsfähigere Gussteile

INOTEC™ bietet Ihnen klare ökologische Vorteile und eine überzeugende Produktivitätsverbesserung zur Herstellung von Gusskomponenten mit exzellenten technologischen Eigenschaften. Damit fahren Sie garantiert auf der Überholspur!

Unsere Experten freuen sich auf Ihre Kontaktaufnahme:
Telefon: +49 211 71103-0
E-Mail: info@ask-chemicals.com
www.ask-chemicals.com

ASKCHEMICALS
We advance your casting

Gussteile sind unverzichtbar beim Bau von Windkraftanlagen, die nicht nur große Mengen an Energie erzeugen, sondern auch den stärksten Stürmen standhalten können.

Seit mehr als 100 Jahren verlassen sich Gießereien darauf, einen starken Partner an ihrer Seite zu haben, mit innovativen Lösungen, effizienten Technologien und Produkten von höchster Qualität. Zusammen mit dem Know-how erfahrener Gießerei-Ingenieure - weltweit und auch direkt bei Ihnen vor Ort.

FOSECO. Your partner to build on.

www.foseco.de FosecoInternational linked.com/company/foseco

FOSECO

future@ha-group.com

Hüttenes-Albertus ist ein modern strukturiertes Familienunternehmen und bietet als international führender Hersteller von chemischen Produkten für die Gießereiindustrie interessante Einstiegs- und Entwicklungsmöglichkeiten.

Wir beliefern unsere Kunden mit den modernsten gießereichemischen Produkten für alle gängigen Kern- und Formherstellungsverfahren. Die mit Hilfe unserer Bindersysteme hergestellten Gussstücke begleiten uns durch unser ganzes Leben: Ob als Motor im Auto, riesige Nabe in einer Windkraftanlage oder als glänzende Armatur im Badezimmer.

Als international erfolgreiches Unternehmen sind wir in mehr als 30 Ländern auf allen Kontinenten mit Produktions- und Vertriebsstandorten vertreten.

Neben unserer Zentrale in Düsseldorf und dem Hauptproduktionsstandort in Hannover haben wir in Deutschland weitere Standorte in Delligsen, Baddeckenstedt und Braunschweig.

ha-group.com

Ausbildung - Studium - Karriere

Rund 500 engagierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Deutschland und insgesamt 1.800 weltweit leisten täglich einen wichtigen Beitrag zum Erfolg unserer Unternehmensgruppe – egal in welchem Bereich oder in welcher Position. So vielfältig wie unser Team, so vielfältig und spannend sind auch die Aufgabenfelder bei Hüttenes-Albertus.

Wir suchen und beschäftigen insbesondere Mitarbeitende aus den folgenden Fachrichtungen:

→ Gießereiingenieurwesen
→ Chemie- / Verfahrensingenieurwesen
→ Chemie
→ (Int.) Betriebswirtschaft
→ Chemikant/in, Laborant/in, kfm. Sachbearbeiter/in

Unser aktuelles Stellenportal für Bewerbungen:
https://www.ha-group.com/karriere/stellenangebote/

vdguss

Fotos: Fotolia, Kuka, BDG/Soschinski, Gestaltung: BDG

Gemeinschaft mit Sachverstand

Der Verein Deutscher Giessereifachleute (VDG) ist die Gemeinschaft aller im Gießereibereich tätigen Fachleute. Mit dem Anspruch „Zukunft gestalten“ arbeitet der Verein Deutscher Giessereifachleute im Interesse seiner Mitglieder gezielt für den technisch-wissenschaftlichen Fortschritt in der Gießereitechnik, fördert den Nachwuchs und die berufliche Zukunft.

Alle Angebote und Leistungen können Sie anfordern unter:

Verein Deutscher
Giessereifachleute e.V.

Tel.: 02 11/68 71-0

Fax: 0211 / 68 71-333

E-Mail: infor@vdg.de
www.vdg.de

- GIESSEREI LEXIKON
- Übungsaufgaben und Merkblätter für die Ausbildung und Prüfung
- Themenwelten der Gießereibranche
- Fachartikel
- News
- Newsletter
- Termine
- Stellenbörse

Das unschlagbare Duo:

Kompetente Begleiter für Ausbildung, Studium und Forschung:

Das **Gießerei-Portal**
www.giesserei-praxis.de

und das **Taschenbuch der Giesserei-Praxis**

- Praxisorientierte Darstellung der Begriffe und Anwendungsbereiche
- Grundlagen der Gießereitechnik
- Neue Trends, Technologien und Forschungsergebnisse
- Beschreibung der unterschiedlichen Verfahren in der Gusstechnik

WWW.FOUNDRY-PLANET.COM
FOUNDRY-PLANET.COM
THE B2B PORTAL
CORPORATE PUBLISHING
B2B FOR TECHNICAL AND COMMERCIAL FOUNDRY MANAGEMENT

MEISSNER - Return on Investment
Werkzeuge für Ihren Erfolg.
Unser Ausbildungsangebot
Mechatroniker (m/w/d)
Elektroniker (m/w/d)
Werkzeugmechaniker (m/w/d)
Zerspanungsmechaniker (m/w/d)
Technischer Produktdesigner (m/w/d)
Technischer Modellbauer (m/w/d)
Fachinformatiker (m/w/d)
Bewerbungen online über:
jobs.meissner.eu
MEISSNER®
MEISSNER AG · D-35216 Biedenkopf-Wallau · +49 (0)6461 802-0 · info@meissner.eu · www.meissner.eu

Jetzt mit
online-shop
Direkt online bestellen!

GIESSEREIBEDARF
HOHNEN & CO
MODELLBAUBEDARF

Lipper Hellweg 47 • 33604 Bielefeld • Postf. 21 90 33 • 33697 Bielefeld • Tel. (05 21) 9 22 12-0 • Fax (05 21) 9 22 12-20
E-mail: info@hohnen.de • Internet: www.hohnen.de

AUSWAHL · QUALITÄT · SERVICE

GIESSEREIBEDARF von A - Z
MODELLBAUBEDARF von A - Z

führend seit Jahrzehnten

„Es gibt viele Möglichkeiten, sich zu unterscheiden…
wir haben uns für Qualität entschieden!“

Die Firma **Hohnen & Co. KG** wurde bereits 1918 als technische Großhandlung gegründet und ist spezialisiert auf die Lieferung von Gießerei- und Modellbaubedarf.

Wir sind Vertriebspartner für

- TOOLING - PRODUKTE SikaBlock® und Biresin® und ZIMMERMANN milling solutions

Das Gießereibedarfsprogramm umfasst alle zum Schmelzen, Gießen und Formen notwendigen Werkzeuge, Kernstützen und Kühlmaterialien, Zubehör für Formerei und Kernmacherei, Gussputzwerkzeuge, Labor- und Transportgeräte sowie Arbeitsschutzartikel und Hilfsstoffe. Im Bereich Modellbau liegt der Schwerpunkt seit einigen Jahren neben dem traditionellen Lieferungsprogramm mit Zubehör für Modelle, Kernkästen und Kokillen sowie Mess- und Fräswerkzeugen, auf den SIKA-Tooling-Produkten SikaBlock® und Biresin® - Flüssigkunststoffen sowie den Modellbaumaschinen Fabrikat Zimmermann.
Wir handeln nach unserem Leitspruch: „Auswahl – Qualität – Service“ und versuchen stets, den größten Umfang des Lieferungsprogramms in den Bereichen Gießerei- und Modellbaubedarf sowie qualitativ hochwertige Produkte anzubieten und unsere Verlässlichkeit im Kundenkontakt zu optimieren.

Wir bauen auf ein zentrales Wertesystem:
- Kundenorientierung & Kundenzufriedenheit
- Innovation
- Teamfähigkeit
- Tradition (Familienunternehmen)

GIESSEREIBEDARF
HOHNEN & CO
MODELLBAUBEDARF

Modellbau
Hermann
Siegen

Modell- und Formenbau
Werkzeug- und Lehrenbau
CAD-CAM-CAQ

ENGINEERING UND HANDWERK.
Die komplette Prozesskette aus einer Hand.

KONTAKT:
Hermann GmbH
Auf der Weiss 7 | 57074 Siegen
Telefon +49 271 | 66052-0
Telefax +49 271 | 66052-52
E-Mail info@modellbau-hermann.de
Internet www.modellbau-hermann.de

PRÄZISE. FLEXIBEL. ZUVERLÄSSIG. Seit 1919.

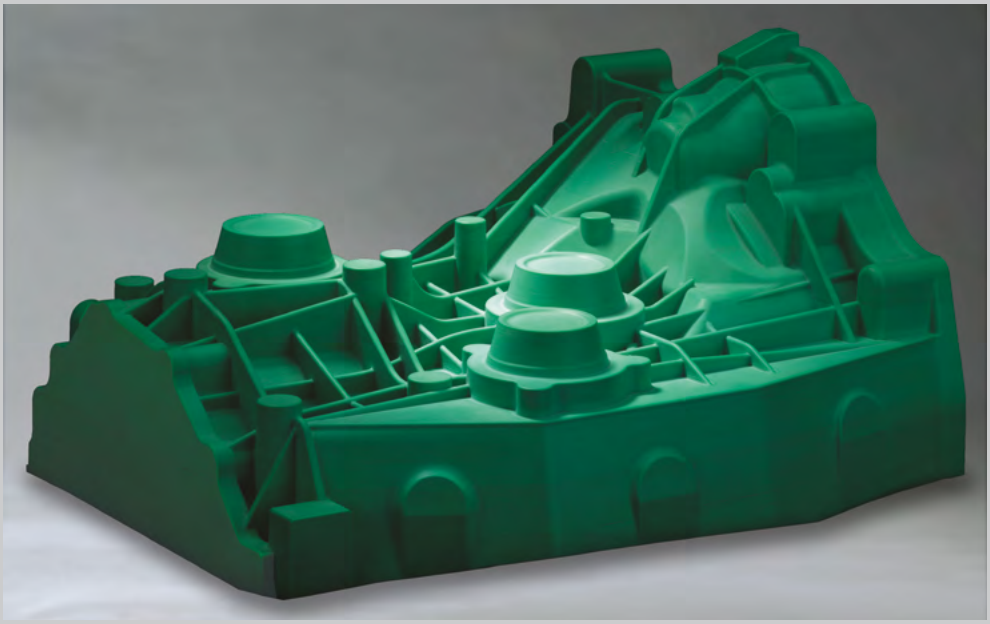
Leistungsstarke Polyurethan- und Epoxidharze von ebalta. Ihre Größe im Gießereimodellbau.

Spezialkunstharze Halbzeuge Hilfsstoffe Silikone

Wir freuen uns auf Ihren Anruf!

Tel.: +49 9861 7007-0
www.ebalta.de

ebalta
Lösung zur Form



PERFEKTE LÖSUNGEN FÜR DEN GIESSEREI-MODELLBAU

SikaBlock® und SikaBiresin®

- Breites Sortiment an Modell- und Werkzeugplatten
- Hochabriebfeste PUR-Elastomere als Gießharze oder Blockware
- EP-Gießharze, Schnellgießharze und Hinterfüllsysteme
- Laminierharze und -pasten sowie Oberflächenharze

SikaBlock® und SikaBiresin®

- Hochabriebfeste Kernkästen und Modelleinrichtungen für Serie oder Vorserie/Prototypen
- Kernseelen, Urmodelle und Negative

Advanced Resins
www.sika.de/industry

BUILDING TRUST

Sika®

Mit uns an Ihrer Seite sind Sie gut in Form!

EPS-Modellschaumstoffe

- für den Vollformguss bis 5 m x 1,25 m x 1 m ohne Klebe-Naht
- für Dauermodelle, z. B. S1-Modelle bis 40 kg/m³

EPS-Formteile

- für den Vollformguss, z.B. Rasterrahmen, Tragzapfen, Dreikantleisten, Anschnitte, Hohlkehlen u.v.a.m.

Kunststoff-Blockmaterial

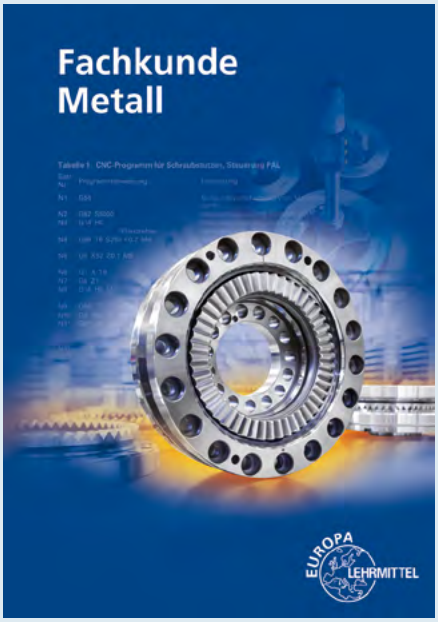
für Modelle, Kernkästen, Formplatten z. T. auch großformatig bis 2 m x 1 m

Zudem bieten wir:

Klebstoffe, leichte PU-Hartschäume, Werkzeugharze, Wabenplatten, ...

SCHURG® Modellbauwerkstoffe für die Industrie

SCHURG GmbH • www.schurg.de • Tel. +49 (0) 56 21/70 03-0 • info@schurg.de • Industriestraße 12 • D-34537 Bad Wildungen



Fachkunde Metall

58. Auflage 2017, 704 Seiten, über 1500 Abb., 4-fbg., 17 x 24 cm, brosch., mit CD „Bilder & Tabellen interaktiv“
Europa-Nr. 10129
ISBN 978-3-8085-1290-6 | € 41,30 *

Die Fachkunde Metall vermittelt in einem Band Grund- und Fachkenntnisse für die Berufe des Maschinenbaus und der Fertigungstechnik.

Das Buch berücksichtigt neueste Entwicklungen im technischen Bereich.

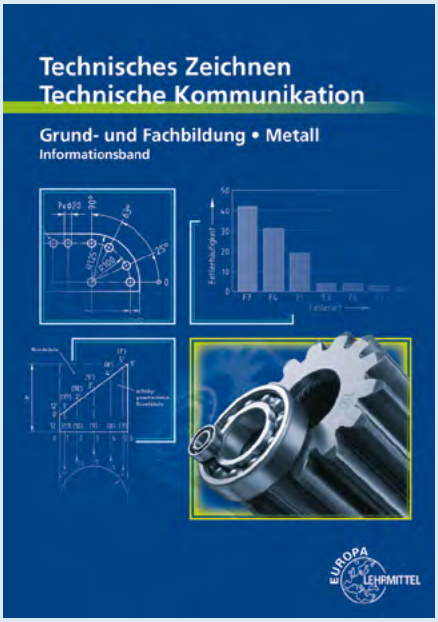
Die lernfeldorientierten Rahmenlehrpläne erfordern handlungsorientierte Unterrichtsformen, durch die der Lernende das erworbene Wissen in die betriebliche Praxis übertragen kann. Der Erwerb dieser Fähigkeit wird in dreizehn Lernfeldern durch je ein Leitprojekt mit einem Vorschlag für die Umsetzung angeboten.

Das Sachwortverzeichnis enthält alle Begriffe auch in Englisch.

Die beiliegende CD enthält Bilder und Tabellen und ist zur Verwendung am Whiteboard geeignet.

EUROPA THEK Dieser Titel ist auch als digitales Buch für die **EUROPATHEK** erhältlich. Weitere Informationen finden Sie auf www.europa-lehrmittel.de/digital.

* Preis gültig bis 31. März 2022



Technisches Zeichnen – Technische Kommunikation

Grund- und Fachbildung Informationsband

10. Auflage 2019, 199 Seiten, zahlr. Abb., 2-fbg., DIN A4, broschiert
ISBN 978-3-8085-1590-7
Europa-Nr. 12814 | € 29,90*

Der Inhalt des Lehrganges berücksichtigt die deutschen und internationalen Normen und ist weitgehend auf den Rahmenlehrplänen der KMK aufgebaut. Der Informationsband kann neben der Berufsausbildung in der beruflichen Fortbildung eingesetzt werden und eignet sich als Gesamtnachschlagewerk für die Konstruktionslehre in technischen Studiengängen.

Dem großen Themenbereich der Geometrischen Produktspezifikation (GPS) wird mit vielen Beispielen in sehr anschaulicher Weise ein eigenes Kapitel gewidmet. Im Anhang befindet sich ein Normenverzeichnis.

Die einzelnen Kapitel schließen mit verschiedenen Aufgaben zur Lernzielkontrolle.
Am Ende des Buches sind ausführliche und umfangreiche Aufgaben zu einem Winkelgetriebe, das für den Lernenden unterschiedliche Herausforderungen bietet und sich über die gesamten Themengebiete der Technischen Kommunikation erstreckt.

EUROPA THEK Dieser Titel ist auch als digitales Buch für die **EUROPATHEK** erhältlich. Weitere Informationen finden Sie auf www.europa-lehrmittel.de/digital.

* Preis gültig bis 31. März 2022

Fachkunde Modellbau

Technologie des Modell- und Formenbaus

7. Auflage 2017, 480 Seiten, zahlr. Abb., 4-fbg., 17 x 24 cm, geb., mit CD
Europa-Nr. 1244X
ISBN 978-3-8085-1370-5 | € 59,70 *

Als Standardwerk hat sich das Fachbuch seit Jahrzehnten etabliert.

Inhalt:

– Grundlagen des Modellbaus,
– Fertigungen von Modelleinrichtungen,
– rechnergestützte Verfahren,
– Additive Fertigungsverfahren,
– Karosseriemodell-, Formen- und Gießereimodellbau,
– Werkstoffkunde.

Die technische Kommunikation ist integrativ den jeweiligen Fachkapiteln zugeordnet. Zu allen Kapiteln sind Wiederholungsfragen vorhanden.

Die beiliegende CD enthält Bilder, Prüfungsaufgaben mit einblendbaren Lösungen sowie zwei Videos zum Kapitel Additive Fertigung.

EUROPA THEK Dieser Titel ist auch als digitales Buch für die **EUROPATHEK** erhältlich. Weitere Informationen finden Sie auf www.europa-lehrmittel.de/digital.

* Preis gültig bis 31. März 2022

Werkstoffkunde für Praktiker

9. Auflage 2021, 240 Seiten, zahlr. Abb., 2-fbg., 17 x 24 cm, brosch.
Europa-Nr. 13217
ISBN 978-3-7585-1208-7 | € 20,90 *

Werkstoffe haben ihre eigene Sprache, die mitunter die Kommunikation zwischen Praktikern, Ingenieuren, Kaufleuten und Anwendern erschwert. Dieses Lehrbuch bietet einen anschaulichen Einstieg in die Werkstoffkunde für alle genannten Gruppen, darunter auch Anfänger aus dem kaufmännischen Bereich oder Quereinsteiger aus der Praxis.

Unter weitgehendem Verzicht auf Formeln und Berechnungen werden einfach, kurz und verständlich die wesentlichen Grundlagen der Entwicklung von Werkstoffen, die Prüfung ihrer Eigenschaften sowie aktuelle Anwendungsfragen erläutert.

Themen sind metallische Werkstoffe (Stähle, Gusseisen, wichtige Nichteisenmetalle wie z. B. Aluminium und Kupfer), Kunststoffe, Keramiken und Hilfsstoffe sowie das Recycling. Egal ob Zustandsdiagramme, Mischkristalle, Rekristallisation, Versetzung, Aushärtung, Martensit oder Korngrenze – das Lehrbuch erklärt die Begriffe und Zusammenhänge einfach und nachvollziehbar mithilfe aussagekräftiger Grafiken, Fotos und didaktisch aufgebauter Texte. Damit eignet sich das Buch für die Ausbildung, aber auch für das Selbststudium und das Nachschlagen in der Praxis.

EUROPA THEK Dieser Titel ist auch als digitales Buch für die **EUROPATHEK** erhältlich. Weitere Informationen finden Sie auf www.europa-lehrmittel.de/digital.

* Preis gültig bis 31. März 2022