

# HANSER



Leseprobe

Andreas Schötz

Abmusterung von Spritzgießwerkzeugen

Strukturierte und analytische Vorgehensweise

ISBN (Buch): 978-3-446-44673-1

ISBN (E-Book): 978-3-446-44918-3

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44673-1>

sowie im Buchhandel.

Schötz

## **Abmusterung von Spritzgießwerkzeugen**



### **Bleiben Sie auf dem Laufenden!**

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

**[www.hanser-fachbuch.de/newsletter](http://www.hanser-fachbuch.de/newsletter)**

## **Die Internet-Plattform für Entscheider!**

**Exklusiv:** Das Online-Archiv der Zeitschrift Kunststoffe!

**Richtungsweisend:** Fach- und Brancheninformationen  
stets top-aktuell!

**Informativ:** News, wichtige Termine, Bookshop, neue  
Produkte und der Stellenmarkt der Kunststoffindustrie

**Kunststoffe.de**

Andreas Schötz

# **Abmusterung von Spritzgießwerkzeugen**

Strukturierte und analytische Vorgehensweise

2., aktualisierte Auflage

HANSER

*Der Autor:*

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Schötz, Nürnberg

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

Print-ISBN: 978-3-446-44673-1

E-Book-ISBN: 978-3-446-44918-3

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Alle in diesem Buch enthaltenen Verfahren bzw. Daten wurden nach bestem Wissen erstellt und mit Sorgfalt getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die in diesem Buch enthaltenen Verfahren und Daten mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieser Verfahren oder Daten oder Teilen davon entsteht.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 URG genannten Sonderfälle – reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© Carl Hanser Verlag, München 2016

Herstellung: Kösel Media GmbH, Anja Seibold

Satz: Manuela Treindl, Fürth

Coverconcept: Marc Müller-Bremer, [www.rebranding.de](http://www.rebranding.de), München

Coverrealisierung: Stephan Rönigk

Druck und Bindung: Kösel, Krugzell

Printed in Germany

# Inhalt

<b>Vorwort .....</b>	<b>XI</b>
<b>Der Autor .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Informationen zum Buchaufbau .....</b>	<b>XV</b>
Abmusterungscheckliste .....	XV
Bezeichnungen für Abmusterungsfachkräfte .....	XX
Beschreibung der Informationsboxen .....	XXI
<b>1 Einführung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Warum eine Werkzeugabmusterung? .....	1
1.2 Ablauf der Werkzeugabmusterung .....	2
1.3 Problemstellung Zeitfaktor bei der Abmusterung im Unternehmen .....	4
1.4 Energieeffizienz beginnt beim Abmustern .....	6
1.4.1 Energie- und Leistungsflüsse einer Spritzgießmaschine .....	7
1.4.2 Energieeinsparpotenziale der Plastifiziereinheit .....	9
1.4.3 Energieeinsparpotenziale der Schließeinheit .....	11
1.4.4 Spezifischer Energieverbrauch .....	12
1.4.5 Fazit der Energieeffizienz beim Abmustern .....	12
1.5 Die Spritzgießsimulation effektiv nutzen für eine Abmusterung .....	13
<b>2 Informationsbeschaffung und Vorbereitung der Abmusterung .....</b>	<b>15</b>
2.1 Informationsbeschaffung .....	15
2.1.1 Informationsblatt für Abmusterungen .....	16
2.2 Vorbereitung der Abmusterung .....	18

<b>3 Werkzeug rüsten</b>	<b>21</b>
3.1 Vor dem Werkzeugeinbau .....	21
3.1.1 Allgemeine Sicherheitsüberprüfungen .....	22
3.1.2 Überprüfung des Spritzgießwerkzeuges .....	23
3.1.3 Überprüfung bei Heißkanalwerkzeugen .....	24
3.2 Werkzeugeinbau .....	26
3.2.1 Ablauf beim Werkzeugeinbau .....	26
<b>4 Grundeinstellung der Schließeinheit</b>	<b>31</b>
4.1 Werkzeugbewegungen .....	31
4.1.1 Werkzeug öffnen .....	31
4.1.2 Werkzeugöffnungsgeschwindigkeit .....	33
4.1.3 Werkzeug schließen .....	33
4.1.4 Einstellung der Werkzeugauswerfer .....	33
4.1.5 Zusatzfunktionen im Werkzeug .....	34
4.2 Werkzeugsicherung .....	34
4.2.1 Werkzeugsicherung einstellen .....	35
4.2.2 Funktionsüberprüfung der Werkzeugsicherung .....	37
4.3 Grundeinstellung der Werkzeugzuhaltekraft .....	38
4.4 Werkzeugtemperierung .....	41
4.4.1 Höhe der Werkzeugtemperatur .....	42
4.4.2 Gleichmäßige Temperaturverteilung im Werkzeug .....	48
4.4.3 Überprüfung der Durchflussmenge des Temperiermediums .....	51
4.4.4 Formhälften gemeinsam aufheizen .....	53
4.5 Literatur zu Kapitel 4 .....	54
<b>5 Grundeinstellung der Plastifiziereinheit</b>	<b>55</b>
5.1 Zylindertemperaturen einstellen .....	56
5.1.1 Thermisches Verhalten von amorphen und teilkristallinen Thermoplasten .....	58
5.1.2 Auswirkungen der Schmelzetemperatur auf das Spritzteil und den Spritzgießprozess .....	60
5.1.3 Zylindertemperaturprofil einstellen .....	61
5.1.4 Flanschtemperatur (Materialeinzug) einstellen .....	65
5.2 Plastifizievorgang einstellen .....	68
5.2.1 Plastifizierweg bzw. -volumen .....	68
5.2.2 Plastifiziergeschwindigkeit .....	72
5.2.3 Schneckenstaudruck .....	75
5.2.4 Schneckendekompression einstellen .....	80

5.3 Einspritzvorgang einstellen . . . . .	81
5.3.1 Einspritzdruck . . . . .	81
5.3.2 Einspritzgeschwindigkeit . . . . .	82
5.3.3 Einspritzgeschwindigkeitsprofil . . . . .	86
5.3.4 Einspritzzeit . . . . .	88
5.4 Kühlzeit und Entformungstemperatur . . . . .	89
5.4.1 Kühlzeit . . . . .	89
5.4.2 Entformungstemperatur des Kunststoffes . . . . .	90
5.4.3 Grundeinstellung der Kühlzeit . . . . .	92
5.5 Düsenanlagepunkt abnullen und prüfen . . . . .	95
5.5.1 Düsenanlagenkraft einstellen . . . . .	96
5.5.2 Vorgehensweise zur Erstellung eines Düsenabdruckes . . . . .	97
5.6 Bewegung der Plastifiziereinheit einstellen . . . . .	97
5.6.1 Bewegungsgeschwindigkeit der Plastifiziereinheit . . . . .	98
5.7 Begutachtung der Kunststoffschmelze . . . . .	98
5.7.1 Überprüfung der Schmelzetemperatur . . . . .	98
5.7.2 Optische Begutachtung der Kunststoffschmelze . . . . .	99
5.7.3 Überprüfung der Werkzeugtemperatur . . . . .	100
5.8 Literatur zu Kapitel 5 . . . . .	101
<b>6 Füllstudie, Nachdruck und Werkzeugzuhaltekraft . . . . .</b>	<b>103</b>
6.1 Füllstudie . . . . .	104
6.1.1 Erkenntnisse aus der Füllstudie . . . . .	104
6.1.2 Vorgehensweise der Füllstudie und Ermittlung des Umschaltpunktes bzw. -volumens . . . . .	106
6.1.3 Art der Umschaltung von Einspritzdruck auf Nachdruck . . . . .	108
6.1.4 Auswirkungen der Umschaltung auf das Spritzteil und den Spritzprozess . . . . .	111
6.2 Nachdruck . . . . .	111
6.2.1 Nachdruckhöhe . . . . .	113
6.2.2 Nachdruckzeit . . . . .	114
6.2.3 Nachdruckprofil . . . . .	117
6.3 Werkzeugzuhaltekraft . . . . .	119
6.3.1 Experimentelle Optimierung der Zuhaltekraft . . . . .	122
6.4 Literatur zu Kapitel 6 . . . . .	125

<b>7 Abmusterungsanalyse der Grundeinstellung .....</b>	<b>127</b>
7.1 Erste Musterteile fertigen .....	129
7.2 Wichtiges zur Durchführung einer Abmusterungsanalyse .....	129
7.2.1 Der Spritzgießprozess .....	130
7.2.2 Abmusterungsanalyse über Werkzeugindruckverlauf .....	137
7.2.3 Abmusterungsanalyse mit Hilfe der Thermografie .....	145
7.2.4 Analyse der benötigten Durchflussmenge des Temperiermediums .....	152
7.2.5 Analyse der Verweilzeit der Schmelze im Plastifizierzylinder ..	155
7.2.6 Überprüfung des vorhandenen Materialtrocknervolumens .....	157
7.2.7 Überprüfung der Werkzeugtuschierung .....	158
7.2.8 Überprüfung der Maßhaltigkeit des Spritzteils .....	158
7.3 Abmusterungsanalyse der Grundeinstellung .....	159
7.3.1 Abmusterungsanalyse durchführen .....	161
7.4 Literatur zu Kapitel 7 .....	170
<b>8 Optimierung der Grundeinstellung .....</b>	<b>171</b>
8.1 Optimierung der Grundeinstellung – Teil 1 .....	174
8.1.1 Schritt 1: Festlegung der Optimierungsstrategie .....	174
8.1.2 Schritt 2: Durchführung von Spritzversuchen .....	179
8.1.3 Schritt 3: Auswertung der Spritzversuche .....	189
8.2 Optimierung der Grundeinstellung – Teil 2 .....	194
8.2.1 Schritt 1: Optimierte Grundeinstellung auf Produktivität bewerten und optimieren .....	195
8.2.2 Schritt 2: Optimierte Grundeinstellung auf Energieeffizienz bewerten und optimieren .....	199
8.2.3 Optimierungsmöglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz	206
8.3 Optimierung der Grundeinstellung – Teil 3 .....	210
8.3.1 Schritt 1: Prozessfähigkeitsanalyse von Maschineneinstell- und Prozessparametern .....	210
8.3.2 Schritt 2: Prozess-Run@Rate der optimierten Grundeinstellung	216
<b>9 Dokumentation der Werkzeugabmusterung .....</b>	<b>223</b>
9.1 Warum ist eine Dokumentation so wichtig? .....	224
9.2 Dokumentation der Maschineneinstell- und Prozessparameter .....	224
9.3 Werkzeugabmusterungsbericht .....	229
9.4 Einberufung eines Kurz-Meetings aller abmusterungsbeteiligten Mitarbeiter .....	233

<b>10 Kurz-Meeting und Maßnahmenfestlegung .....</b>	<b>235</b>
10.1 Kurz-Meeting (Ideenkonferenz) .....	235
10.1.1 Vorteile eines Kurz-Meetings .....	235
10.1.2 Allgemeines zum Kurz-Meeting .....	236
10.1.3 Richte Vorbereitung auf das Kurz-Meeting .....	237
10.1.4 Neutraler Besprechungsraum für Kurz-Meeting .....	237
10.1.5 Kreativmethoden zur schnelleren Lösungsfindung .....	237
10.2 Vorgehensweise/Ablauf des Kurz-Meetings .....	241
10.3 Maßnahmenfestlegung und weiteres Vorgehen .....	243
10.3.1 Werkzeugkorrekturen bzw. Änderungen .....	243
<b>11 Folgeabmusterung (Iterationsschleife) oder Freigabe .....</b>	<b>245</b>
11.1 Folgeabmusterung (Iterationsschleife) .....	246
11.1.1 Informationsbeschaffung und Vorbereitung der Folgeabmusterung (Iterationsschleife) .....	246
11.1.2 Werkzeug rüsten und Einstellung der Schließ- und Plastifiziereinheit .....	247
11.1.3 Spritzteile fertigen und Abmusterungsanalyse der optimierten Grundeinstellung .....	247
11.1.4 Optimierung der „optimierten Grundeinstellung“ bei einer Folgeabmusterung (Iterationsschleife) .....	248
11.1.5 Dokumentation der Folgeabmusterung (Iterationsschleife) .....	248
11.1.6 Kurz-Meeting und Maßnahmenfestlegung im Anschluss an die Folgeabmusterung (Iterationsschleife) .....	248
11.2 Abmusterungskreislauf .....	249
11.3 Freigabeprozess (Werkzeugübergabe in die Serienfertigung) .....	250
11.3.1 Abschluss-Meeting zur Werkzeugübergabe in die Serienfertigung .....	250
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>253</b>

# Vorwort

Die Intention, dieses Fachbuch zu schreiben, war, dass Werkzeugabmusterungen in der kunststoffverarbeiteten Industrie häufig als Nebensache betrachtet werden. Dies sollte nicht so sein, da die Abmusterung der wichtigste Prozessschritt zu einem einwandfreien Spritzgießwerkzeug und Spritzteil ist. Die Erfahrung aus der Praxis zeigt, dass vieles einen optimalen Abmusterungsprozess im Spritzbetrieb negativ beeinflusst, wie zum Beispiel:

- Der Zeitdruck bei der Werkzeugabmusterung, da Ressourcen für die Serienproduktion entfallen.
- Defizite beim Prozesswissen der Mitarbeiter.
- Falsche Vorgehensweisen bei der Findung der optimalen Maschinenparameter.
- Systemloses „ausprobieren“ von Maschineneinstellparametern bei Spritzteilfehlern sowie Prozessproblemen.
- Wichtige Arbeitsschritte einer Abmusterung werden vergessen oder übergangen.
- Fehlende bzw. mangelnde Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen der Mitarbeiter.
- Mangelnde Abmusterungsdokumentation in Form von Vorlagen und Checklisten.
- Schlechte bis zum Teil fehlende Kommunikation bei der Problem- bzw. Ursachenfindung unter den abmusterungsbeteiligten Mitarbeitern.
- Fehlende Vorgaben, wie Standardisierung, im Ablauf einer Werkzeugabmusterung.
- Zu viele notwendige Optimierungsschleifen eines Werkzeuges während der Abmusterungsphase.

Dieses Buch soll den Leser für die oben dargestellten Problematiken sensibilisieren und eine Anleitung zur optimalen, strukturierten und analytischen Werkzeugabmusterung im Unternehmen geben. Mit einer kompletten Abfolge der einzelnen Abmusterungsschritte und vielen Hintergrundinformation, Hinweisen, Praxisbeispielen sowie Praxistipps begleitet das Buch den Leser von der Auftragserteilung einer Abmusterung bis hin zur Übergabe an die Serienproduktion.

Die Themenschwerpunkte sind das strukturierte Vorgehen einer Abmusterung unter Berücksichtigung der Energieeffizienz, die Dokumentation und Kommunikation einer Abmusterungsanalyse, die optimale Maschineneinstellung durch strategisches Vorgehen und Methodiken an der Spritzgießmaschine, die Prozessoptimierung mit anschließender Untersuchung der Prozessfähigkeit sowie eines Run@Rate Prozesses.

Das Fachbuch wurde so gestaltet, dass es für den Praxisanwender an der Spritzgießmaschine sowie für Lehrzwecke an Berufsschulen, Weiterbildungseinrichtungen und Hochschulen bestens geeignet ist.

Mein großes Ziel ist es, dem Leser mit diesem Buch wertvolle Impulse und Anregungen zur optimalen Umsetzung eines doch sehr komplexen Abmusterungsprozesses auf den Weg zu geben, so dass dieser einfacher umzusetzen ist.

*Andreas Schötz*

Nürnberg, im April 2016

# 1

# Einführung

## ■ 1.1 Warum eine Werkzeugabmusterung?

Eine Werkzeugabmusterung findet in einem Spritzgießunternehmen bei jedem Neuwerkzeug, einem Materialwechsel oder einer Werkzeugkorrektur statt. Die Abmusterung eines Werkzeuges hat folgende Gründe:

- Mechanische Mängel des Spritzgießwerkzeuges zu erkennen und gezielt zu beheben.
- Die Prozessparameter strategisch und analytisch zu ermitteln, zu dokumentieren und zu archivieren.
- Die optisch und maßlich geforderte Spritzteilqualität zu erhalten.
- Eine optimale Zykluszeit zu erreichen.
- Eine maschinenschonende bzw. verschleißreduzierte und energieeffiziente Serienproduktion zu realisieren.

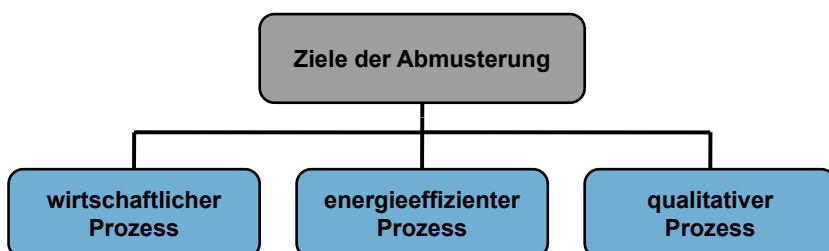


BILD 1.1 Ziele der Abmusterung

## ■ 1.2 Ablauf der Werkzeugabmusterung

Die Werkzeugabmusterung ist ein komplexer Prozess, da unterschiedliche Abteilungen im Unternehmen ineinander greifen. Die unterschiedlichen Abteilungen müssen gemeinsam zum richtigen Zeitpunkt funktionieren, um effektiv den Abmusterungsprozess zu steuern. Das stellt jedes Unternehmen vor eine fachliche und logistische Herausforderung. Um Ihnen das Lernen bzw. Arbeiten mit diesem Fachbuch zu erleichtern, wurde mit Hilfe eines Flussdiagramms (Bild 1.2) der Abmusterungsprozess übersichtlich dargestellt. Dieser Ablauf wird in den nachfolgenden Kapiteln systematisch behandelt.

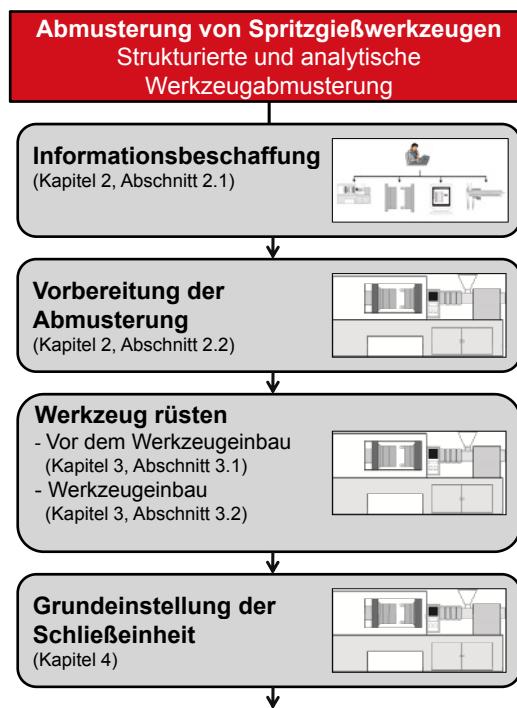


BILD 1.2 Flussdiagramm des Abmusterungsprozesses (*Fortsetzung nächste Seite*)

Zu einer Mustervorbereitung gehört es, alle nötigen Abmusterungsunterlagen sowie die benötigte Abmusterungsausrüstung an der Spritzgießmaschine (Bild 2.4 auf der nächsten Seite) bereitzustellen. Folgende Abmusterungsunterlagen werden für die anstehende Werkzeugabmusterung benötigt:

**TABELLE 2.1** Überblick Abmusterungsunterlagen

Informationsblatt für Abmusterungen	Abschnitt 2.1.1, Bild 2.2
Abmusterungscheckliste	Informationen zum Buchaufbau
Technisches Materialdatenblatt und Verarbeitungshinweise des Materialherstellers	Beispiel siehe: Abschnitt 4.4.1 „Einstellung der Werkzeugtemperatur“, Bild 4.11
Werkzeugkühlplan	Beispiel siehe: Abschnitt 3.2.1 „Ablauf beim Werkzeugeinbau“, Bild 3.5
Wasseranschlussplan	Abschnitt 3.2.1 „Ablauf beim Werkzeugeinbau“, Bild 3.6
Ermittlung der erforderlichen Nachdruckzeit	Abschnitt 6.2.2 „Nachdruckzeit“, Bild 6.6
Experimentelle Optimierung der Werkzeugzuhaltekraft	Abschnitt 6.3.1 „Experimentelle Optimierung der Zuhaltekraft“, Bild 6.12
Ein-Faktor-Methode/Versuchsplan (DoE)	Abschnitt 8.1.2.1 „Durchführung von Spritzversuchen mit der Ein-Faktor-Methode“, Bild 8.5, Bild 8.7
Auswertung der Spritzversuche	Abschnitt 8.1.3.1 „Vorlage zur Auswertung der Spritzversuche“, Bild 8.9
Optimierung der Energieeffizienz	Abschnitt 8.2.3 „Optimierungsmöglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz“, Bild 8.19
Prozessfähigkeitsanalyse von Maschineneinstell- und Prozessparametern	Abschnitt 8.3.1 „Schritt 1: Prozessfähigkeitsanalyse von Maschinen- und Prozessparametern“, Bild 8.21
Prozess-Run@Rate der optimierten Grundeinstellung	Abschnitt 8.3.2 „Schritt 2: Prozess-Run@Rate der optimierten Grundeinstellung“, Bild 8.24
Maschineneinstelldatenblatt	Abschnitt 9.2 „Dokumentation der Maschineneinstell- und Prozessparameter“, Bild 9.2
Werkzeugabmusterungsbericht	Abschnitt 9.3 „Werkzeugabmusterungsbericht“, Bild 9.3
Werkzeugübergabe-Protokoll	Abschnitt 11.3.1 „Abschluss-Meeting zur Werkzeugübergabe in der Serienfertigung“, Bild 11.3

Des Weiteren sollten Sie folgende Hilfsmittel und Geräte griffbereit an der Spritzgießmaschine vorbereiten:

- Das abzumusternde Spritzgießwerkzeug.
- Den zu verarbeitenden Kunststoff und wenn nötig, das dazugehöriges Einfärbemittel (Masterbatch).
- Schutzhandschuhe und eine Schutzbrille.
- Die zugehörige Bauteilzeichnung des Spritzteils.

- Messgeräte:
  - Eine Messuhr zur Ermittlung der erforderlichen Werkzeugzuhaltekraft mit einer Genauigkeit von 1/100 mm.
  - Eine Waage, die mit mindestens zwei Nachkommastellen und einer Genauigkeit von 0,01 g arbeitet.
  - Ein Temperaturmessgerät und eine Wärmebildkamera (Thermografiekamera).
  - Einen Messschieber.
  - Eine Wasserwaage.
  - Radienlehren und eine Messdorne.
  - Ein Wasserdurchflussmessgerät
- Wasserschläuche
- Ihren Laptop
- Einen Taschenrechner



**BILD 2.4** Beispiel einer Mustervorbereitung an der Spritzgießmaschine

### Meilenstein „Informationsbeschaffung und Vorbereitung der Abmusterung“

Dieser ist erfolgt, wenn Sie Block 1 der „Abmusterungscheckliste“ bearbeitet haben.

**TABELLE 4.1** Spezifische Zuhaltkräfte als Richtwerte aus der Praxis

Kunststoff	Richtwerte der spezifischen Zuhaltkraft (kN/cm <sup>2</sup> )	Erfahrungswerte für den Werkzeuginnendruck (bar) aus der Praxis heraus
<b>Amorphe Thermoplaste</b>		
PS	1,5 – 3,5	150 – 350
SB	2,0 – 4,0	200 – 400
SAN	2,5 – 4,5	250 – 450
ABS	3,0 – 5,0	300 – 500
PC/ABS	3,0 – 5,5	300 – 550
PVC hart	2,5 – 5,0	250 – 500
PVC weich	1,5 – 3,0	150 – 300
CA	2,5 – 4,5	250 – 450
CAB	2,5 – 4,5	250 – 450
CP	2,0 – 3,5	200 – 350
PMMA	3,5 – 5,5	350 – 550
PPE (mod.)	3,5 – 6,0	350 – 600
PPO (mod.)	3,5 – 6,0	350 – 600
PC	3,5 – 6,5	350 – 650
PSU/PES	4,0 – 6,0	400 – 600
PAR	3,5 – 6,5	350 – 650
PEI	4,5 – 6,5	450 – 650
PAI	4,5 – 7,5	450 – 750
<b>Teilkristalline Thermoplaste</b>		
PE-HD	2,0 – 6,0	200 – 600
PE-LD	2,0 – 6,0	200 – 600
PP	3,0 – 6,5	300 – 650
PA 4.6	4,5 – 7,5	450 – 750
PA 6	3,5 – 5,5	350 – 550
PA 6.6	4,5 – 7,5	450 – 750
PA 6.10	3,0 – 5,0	300 – 500
PA 11, PA 12	3,5 – 4,5	350 – 450
PA amorph	3,5 – 4,5	350 – 450
POM	5,5 – 10,5	550 – 1050
PET	4,5 – 7,5	450 – 750
PBT	4,0 – 7,0	400 – 700
PPS	3,5 – 6,5	350 – 650
PAA	3,0 – 7,0	300 – 700
LCP	3,0 – 8,0	300 – 800



### PRAXISBEISPIEL:

#### Gegeben:

- Spritzteil: Gehäuseabdeckung
- Kunststoff: PC/ABS
- Werkzeugkavitäten: 1-fach
- Spritzteilmaße: 535,8 cm<sup>2</sup>.
- Nach Tabelle 4.1 wurde eine spezifische Zuhaltekraft für PC/ABS von 5,5 kN gewählt.

#### Gesucht:

vorläufige Zuhaltekraft in kN

#### Lösungsweg:

##### Schritt 1:

Mit Gleichung (4.1):

$$F_z(\text{kN}) = \text{spez. Zuhaltekraft} \left( \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \right) \times \text{proj. Fläche} \left( \text{cm}^2 \right) \times \text{Kavitäten}$$

##### Schritt 2:

Werte in Gleichung (4.1) einsetzen:

$$F_z(\text{kN}) = 5,5 \left( \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \right) \times 535,8 \left( \text{cm}^2 \right) \times 1 = 2946,9 \text{ kN}$$

#### Antwort:

Es wird eine vorläufige Zuhaltekraft von 2946,9 kN, das sind ca. 290 t, benötigt.

Eine weitere sichere Methode, die vorläufige Zuhaltekraft zu erhalten, ist über die Simulationstechnik möglich. In vielen Fällen werden die Spritzgussteile bereits in der Entwicklungs- und Konstruktionsphase durch ein Spritzgießsimulationsprogramm begleitet und optimiert. Hier ist es möglich, die benötigte Zuhaltekraft (Bild 4.10) für die im Praxisbeispiel gezeigte Gehäuseblende anzeigen zu lassen und für die Abmusterung zu nutzen.

Mit dieser selbst errechneten oder aus der Simulation entnommenen Zuhaltekraft kann die folgende Füllbildstudie (siehe auch Kapitel 6 „Füllstudie, Nachdruck und Werkzeugzuhaltekraft“) begonnen werden. Auf die Zuhaltekraft wird zum späteren Zeitpunkt in Kapitel 6 „Füllstudie, Nachdruck und Werkzeugzuhaltekraft“ detailliert eingegangen. Hier werden alle wichtigen Hintergrundinformationen sowie eine Optimierungsstrategie aufgezeigt.

**TABELLE 5.16** Düsenanpresskräfte von Spritzgießmaschinen [3]

Schließkraft (kN):	Düsenanpresskraft (kN):
bis 500	30 bis 100
501 bis 1000	50 bis 100
1001 bis 5000	80 bis 200
5001 bis 10 000	120 bis 250
Über 10 000	120 bis 400

### 5.5.2 Vorgehensweise zur Erstellung eines Düsenabdruckes

- **Schritt 1:** Papier zwischen Angussbuchse und Maschinendüse hängen
- **Schritt 2:** Maschinendüse im Einrichtbetrieb auf das Werkzeug fahren
- **Schritt 3:** Beurteilung der Düsenzentrierung und der Radien mit Hilfe des Papierabdruckes (Bild 5.19)

**BILD 5.19** Beispiel eines Düsenabdruckes

## ■ 5.6 Bewegung der Plastifiziereinheit einstellen

In vielen Fällen, meist bei Kaltkanalwerkzeugen, ist es notwendig, die Plastifiziereinheit „abheben“ zu lassen (axiale Bewegung der Plastifiziereinheit). Dies dient besonders der thermischen Trennung zwischen dem kälteren Spritzgießwerkzeug und der heißen Maschinendüse. So können beispielsweise Einfriereffekte an der Maschinendüse oder mögliche Fadenbildungen des Kunststoffs vermieden werden.

Bei Heißkanalwerkzeugen sollte generell mit anliegender Maschinendüse gefahren werden. Ob ein „Abheben“ der Plastifiziereinheit notwendig ist, muss daher von der „Fachkraft für Abmusterung“ an der Maschine beurteilt werden. Der „Abhebeweg“ sollte zwischen 10 – 15 mm betragen.

### 5.6.1 Bewegungsgeschwindigkeit der Plastifiziereinheit

Ist ein „Abheben“ der Düse erforderlich, muss diese mit hoher Geschwindigkeit, jedoch stoßfrei, erfolgen. Hier muss darauf geachtet werden, dass während der Beschleunigung und dem Abbremsen keine Verkantungen oder sonstige Abweichungen von der Mittelachse der Maschine auftreten. Die Maschinendüse muss sanft bei langsamer Geschwindigkeit an der Angussbuchse des Werkzeuges aufgesetzt werden können, da sonst bei harten Stößen die Düse leicht zugeschmiedet bzw. beschädigt wird. Als Richtwerte sind in Tabelle 5.17 empfohlene mittlere Fahrgeschwindigkeiten der Plastifiziereinheit angegeben [3].

**TABELLE 5.17** Bewegungsgeschwindigkeiten der Plastifiziereinheit [3]

Schließkraft (kN):	Bewegungsgeschwindigkeitsbereich (mm/s):
bis 500	> 0 bis 350
501 bis 1000	> 0 bis 300
1001 bis 5000	> 0 bis 250
5001 bis 10 000	> 0 bis 150
Über 10 000	> 0 bis 130

## ■ 5.7 Begutachtung der Kunststoffschmelze

Bevor wir in Kapitel 6 „Füllstudie, Nachdruck und Werkzeugzuhältekraft“ zur Füllstudie kommen, ist es notwendig, die Schmelze auf folgende Punkte zu überprüfen:

- die Schmelzetemperatur und
- das optische Erscheinungsbild der Schmelze.

### 5.7.1 Überprüfung der Schmelzetemperatur

Die Schmelzetemperatur wird bei einer aus dem Zylinder abgespritzten Kunststoffschmelze mit Hilfe eines Thermometers (Bild 5.20) gemessen. Hierdurch können Sie beurteilen, ob eine nach dem Rohstoffhersteller empfohlene Verarbeitungstem-



### Schritt 3: Gezielte Analyse von Spritzgießprozess und Spritzgießwerkzeug:

Nachdem Sie die auftretenden Fehler am Spritzteil lokalisiert, definiert und dem Spritzgießprozess oder Spritzgießwerkzeug zugeordnet haben, beginnt nun die gezielte Analyse nach den möglichen Fehlerursachen bzw. Störquellen der auftretenden Fehler.

#### 1. Ermitteln der möglichen Einflussfaktoren:

Als Hilfestellung dafür entnehmen Sie aus Tabelle 7.4 unter Ihren auftretenden Fehlern am Spritzteil die möglichen Einflussfaktoren der Maschineneinstellparameter sowie die notwendigen Überprüfungen der Prozessparameter. Analog dazu suchen Sie aus Tabelle 7.5 die möglichen Einflussgrößen heraus, die am Spritzgießwerkzeug zu überprüfen sind.



**HINWEIS:** In der Tabelle 7.4 steht das „X“ für Maschineneinstellparameter, die als mögliche Einflussgrößen eine Auswirkung auf Ihren auftretenden Fehler am Spritzteil haben können. Weiter zeigen die Pfeile an, ob diese Parameter zu vergrößern ( $\uparrow$ ) oder zu verkleinern ( $\downarrow$ ) sind. Alle weiteren Felder in Tabelle 7.4 und Tabelle 7.5, die mit einem Kästchen ( $\square$ ) gekennzeichnet sind, müssen in der Abmusterungsanalyse gezielt überprüft und bewertet werden.

#### 2. Zusammenfassen der analysierten Einflussfaktoren der auftretenden Fehler am Spritzteil:

Mit Hilfe eines Ursache-Wirkungsdiagramms (Bild 7.22) gilt es nun, alle möglichen Einflussfaktoren aus Tabelle 7.4 und Tabelle 7.5 graphisch zu skizzieren. Der Vorteil hierbei ist, dass alle Ihre ermittelten Einflussfaktoren die eine bestimmte Wirkung auf Ihren auftretenden Fehler am Spritzteil haben können, in ihre Haupt- und Nebenursachen zerlegt werden. Dadurch erhalten Sie eine übersichtliche Gesamtbetrachtung für die anstehenden Überprüfungen des Spritzgießprozesses sowie des Spritzgießwerkzeuges.

#### 3. Überprüfung und Bewertung aller Einflussfaktoren der Prozessparameter und des Spritzgusswerkzeuges:

Die Einflussfaktoren aus Spritzgießprozess und Spritzgießwerkzeug, die mit einem Kästchen ( $\square$ ) gekennzeichnet sind, gilt es im Detail zu untersuchen. Ziel hierbei ist, neben den bereits möglichen Einflussgrößen der Maschineneinstellparameter, die verantwortlichen Fehlerursachen bzw. Störquellen der auftretenden Fehler über die Prozessparameter sowie des Spritzgießwerkzeuges zu erkennen.

# Stichwortverzeichnis

## A

- Abmusterungsanalyse 160
  - Ablauf 160
- Abmusterungscheckliste XV
- Abmusterungsfachkräfte XX
- Abmusterungskreislauf 249
- Abmusterungsprozess 2
- Abmusterungsunterlagen 19
- Abmusterung von Heißkanalwerkzeugen 24
- Allgemeine Informationsbeschaffung 15
- amorphe Thermoplaste 44
- Art der Umschaltung 108
  - hydraulikdruckabhängige 109
  - weg- bzw. volumenabhängig 109
  - werkzeuginnendruckabhängig 110
  - zeitabhängig 109
- Auswerferweg 33

## B

- Brainstorming 237

## D

- Design of Experiments (DoE) 177
- Dokumentation 224
- Durchflussmenge 152
- Düsenabdruck 97
- Düsenanlagenkraft 96
- Düsenanlagepunkt 95

## E

- Ein-Faktor-Methode 176
- Einspritzdruck 81
- Einspritzgeschwindigkeit 82
- Einspritzgeschwindigkeitsprofil 86
- Einspritzvorgang 81
- Einspritzzeit 88
- Energieeffizienz 6
- Energieeinsparpotenziale 12
- Energiemonitoring 200
- Energie- und Leistungsflüsse im Spritzgießprozess 7
- Entformungstemperatur 90
- Enthalpie 152

## F

- Faktorielle Versuchsplanung 177
- faserverstärkte Kunststoffe 64
- Flanschtemperatur 65
- Folgeabmusterung (Iterationsschleife) 245
- Freigabeprozess 250
- Frikitionswärme 72
- Füllstudie 104
  - Erkenntnisse 104

## G

- Geschwindigkeitsprofil 32
  - Werkzeug öffnen 32
  - Werkzeug schließen 36

**H**

Hebekran 22  
Heißkanalaufheizphase 25

**I**

Informationsblatt für Abmusterungen 18

**K**

Kernzüge 34  
Kühlzeit 89  
– Näherungsformel 92  
– Simulationstechnik 92  
Kunststoffschmelze 98  
Kurz-Meeting (Ideenkonferenz) 233, 235

**M**

Maschineneinstelldatenblatt 224  
Maschinenfähigkeit 133  
Massepolster 69  
Maßhaltigkeit 158  
Maßnahmenfestlegung 243  
Materialdatenblatt 81  
Materialdurchsätze 64  
Mindmap 239  
Mustervorbereitung 18

**N**

Nachdruck 111  
Nachdruckhöhe 113  
Nachdruckprofil 117  
Nachdruckzeit 114

**O**

Optimierung der Grundeinstellung 173,  
174

**P**

Plastifiziergeschwindigkeit 74  
Plastifizierhub 68, 69

Plastifizievolumen 69, 72

Plastifizievorgang 68

Plastifizierweg 68

Produktivität 195

Prozessfähigkeitsanalyse 210

Prozess-Run@Rate 216

Prozesssicherheit 211

**R**

Restmassepolster 69

**S**

Scher- und Dehnbeanspruchung 85  
Schmelzekristallinität 65  
Schmelztemperatur 60, 98  
Schneckendekompression 72, 80  
Schneckenstaudruck 75  
– Funktion 75  
Schneckenumfangsgeschwindigkeit 72  
Schubmodul-Temperaturkurve 90  
Schussvolumen 69  
Siegpunkt 114  
spezifischer Energieverbrauch 12, 204  
Spritzgießprozess 130  
– Aufbau 131  
– Einflussfaktoren 132  
– Energieeffizienz 194  
– Produktivität 194  
Spritzgießsimulation 16  
Spritzgießwerkzeug 51  
– Durchflussmenge 51  
– Temperaturverteilung 41  
Spritzversuche 179  
Spritzzyklus 196  
statistische Versuchsplanung 177

**T**

Thermisches Verhalten 58

– amorphe Thermoplaste 58

– teilkristalline Thermoplaste 44, 58

Thermografie 145

– Emissionsgrad 148

- Heißkanalsystem 151
- Reflexionsgrad 148
- Spritzgießwerkzeug 150
- Spritzteil 150
- Transmissionsgrad 148
- Tuschierung 158

## U

- Umschaltpunkt 107
- Ursache-Wirkungsdiagramm 164

## V

- Verweilzeit 155
- Vicat-Erweichungstemperatur 91
- Viskosität 84
- volumetrische Spritzteilstülpfung 107

## W

- Wärmemenge 152
- Wasseranschlussplan 29
- Werkzeugabmusterungsbericht 229

- Werkzeugeinbau 26
- Werkzeugeinbauhöhe 27
- Werkzeuginnendruck 138
- Werkzeuginnendruckkurve 138
- Werkzeugkühlplan 28
- Werkzeugmaße 23
- Werkzeugöffnungsgeschwindigkeit 33
- Werkzeugöffnungsweg 31
- Werkzeugsicherung 34
  - Funktionsüberprüfung 37
  - Kraft 38
  - Weg 35
  - Zeit 35
- Werkzeugtemperierung 41
- Werkzeugzuhaltekraft 38
  - Optimierung 122
- Wirtschaftlichkeit 194

## Z

- Ziele der Abmusterung 1
- Zuhaltekraft 120
- Zylindertemperatur 56
  - Profil 58