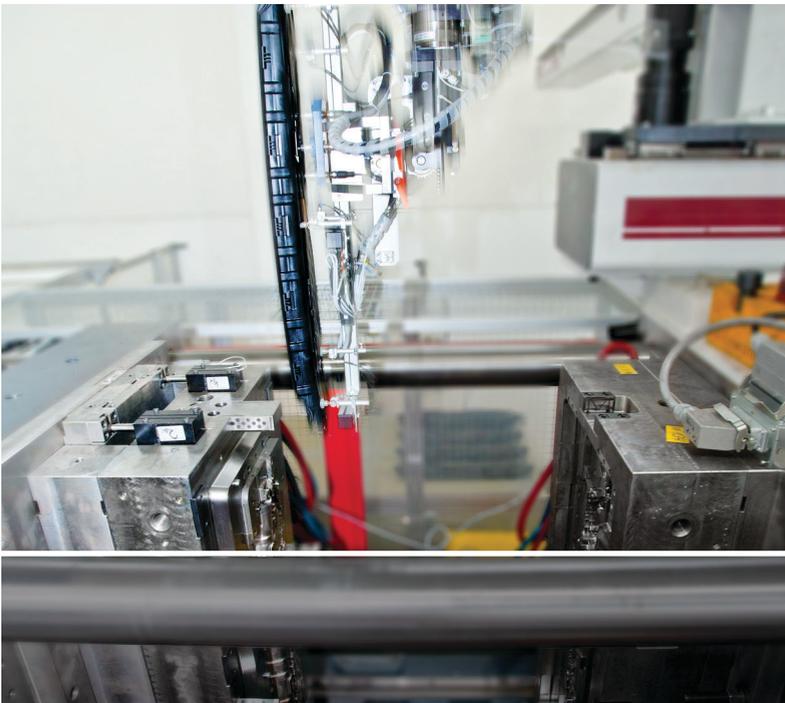


Andreas Schötz

Abmusterung von Spritzgießwerkzeugen

Strukturierte und analytische Vorgehensweise



4., aktualisierte Auflage

HANSER

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

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

4., aktualisierte Auflage

HANSER



Print-ISBN: 978-3-446-47564-9

E-Book-ISBN: 978-3-446-47722-3

Alle in diesem Werk enthaltenen Informationen, Verfahren und Darstellungen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt geprüft und getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Werk enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor:innen und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht. Ebenso wenig übernehmen Autor:innen und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt also auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benützt werden dürften.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Werkes, 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.

© 2023 Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München

www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Mark Smith

Herstellung: Cornelia Speckmaier

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Coverbild: © Andreas Schötz

Covergestaltung: Max Kostopoulos

Satz: Eberl & Koesel Studio, Kempten

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

Inhalt

Vorwort	XIII
Der Autor	XV
Informationen zum Buchaufbau	XVII
Abmusterungsscheckliste	XVII
Bezeichnungen für Abmusterungsfachkräfte	XXIV
Beschreibung der Informationsboxen	XXV
1 Einführung	1
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
1.4.2.1 Zylindertemperatur	9
1.4.2.2 Plastifizieren (Schneckendrehzahl)	10
1.4.2.3 Nachdruck und Nachdruckzeit	10
1.4.2.4 Restkühlzeit	10
1.4.3 Energieeinsparpotenziale der Schließeinheit	11
1.4.3.1 Zuhaltkraft	11
1.4.3.2 Werkzeugbewegungen	11
1.4.3.3 Werkzeugtemperatur	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

2	Informationsbeschaffung und Vorbereitung der Abmusterung	15
2.1	Informationsbeschaffung	15
2.1.1	Informationsblatt für Abmusterungen	16
2.2	Vorbereitung der Abmusterung	18
3	Werkzeug rüsten	21
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
3.1.3.1	Allgemeines zum Abmustern von Heißkanalwerkzeugen	24
3.1.3.2	Erstinbetriebnahme und Funktionsüberprüfung des Heißkanalsystems	25
3.1.3.3	Vorgehen beim Anfahren und Füllen eines leeren Heißkanalsystems	25
3.2	Werkzeugeinbau	26
3.2.1	Ablauf beim Werkzeugeinbau	27
4	Grundeinstellung der Schließeinheit	33
4.1	Werkzeugbewegungen	33
4.1.1	Werkzeug öffnen	33
4.1.2	Werkzeugöffnungsgeschwindigkeit	34
4.1.3	Werkzeug schließen	35
4.1.4	Einstellung der Werkzeugauswerfer	35
4.1.5	Zusatzfunktionen im Werkzeug	36
4.2	Werkzeugsicherung	36
4.2.1	Werkzeugsicherung einstellen	37
4.2.2	Funktionsüberprüfung der Werkzeugsicherung	39
4.3	Grundeinstellung der Werkzeugzuhaltkraft	40
4.4	Werkzeugtemperierung	43
4.4.1	Höhe der Werkzeugtemperatur	44
4.4.1.1	Amorpher oder teilkristalliner Thermoplast	47
4.4.1.2	Auswirkungen der Werkzeugtemperaturhöhe auf das Spritzteil	48

4.4.2	Gleichmäßige Temperaturverteilung im Werkzeug	50
4.4.2.1	Ursachen und Folgen einer ungleichmäßigen Temperaturverteilung im Spritzgießwerkzeug	51
4.4.3	Überprüfung der Durchflussmenge des Temperiermediums	54
4.4.4	Formhälften gemeinsam aufheizen	56
5	Grundeinstellung der Plastifiziereinheit	57
5.1	Zylindertemperaturen einstellen	59
5.1.1	Thermisches Verhalten von amorphen und teilkristallinen Thermoplasten	60
5.1.2	Auswirkungen der Schmelzetemperatur auf das Spritzteil und den Spritzgießprozess	62
5.1.3	Zylindertemperaturprofil einstellen	63
5.1.3.1	Temperaturprofil für amorphe Thermoplaste	64
5.1.3.2	Temperaturprofil für teilkristalline Thermoplaste	65
5.1.3.3	Temperaturprofil bei faserverstärkten Kunststoffen, hoher Kristallinität und hohen Durchsätzen	66
5.1.4	Flanschttemperatur (Materialeinzug) einstellen	67
5.1.4.1	Auswirkungen der Flanschttemperatur	68
5.1.4.2	Richtige Flanschttemperatur einstellen	68
5.2	Plastifiziervorgang einstellen	70
5.2.1	Plastifizierweg bzw. -volumen	70
5.2.1.1	Ermittlung des erforderlichen Plastifizier- volumens (cm ³)	71
5.2.2	Plastifiziergeschwindigkeit	75
5.2.2.1	Schneckendrehzahl und Schneckenumfangs- geschwindigkeit	75
5.2.2.2	Auswirkungen der Plastifiziergeschwindigkeit	78
5.2.2.3	Vorgehensweise zur Grundeinstellung der Plastifiziergeschwindigkeit	78
5.2.3	Schneckenstaudruck	79
5.2.3.1	Auswirkungen des Schneckenstaudruckes	82
5.2.3.2	Vorgehensweise zur Grundeinstellung des Schneckenstaudruckes	83
5.2.4	Schneckendekompression einstellen	84

5.3	Die Einspritzphase richtig einstellen	85
5.3.1	Einspritzdruck	85
5.3.2	Einspritzprofil	86
5.3.3	Einspritzvolumenstrom (cm ³ /s)	88
5.3.3.1	Auswirkungen der Einspritzphase	89
5.3.3.2	Ermittlung des erforderlichen Einspritzvolumenstroms (cm ³ /s)	91
5.3.4	Einspritzzeit (s)	97
5.4	Kühlzeit und Entformungstemperatur	98
5.4.1	Kühlzeit	98
5.4.2	Entformungstemperatur des Kunststoffes	99
5.4.3	Grundeinstellung der Kühlzeit	101
5.4.3.1	Kühlzeit über Simulationstechnik	101
5.4.3.2	Abschätzen mithilfe einer Näherungsformel	102
5.5	Düsenanlagepunkt abnullen und prüfen	104
5.5.1	Düsenanlagenkraft einstellen	105
5.5.2	Vorgehensweise zur Erstellung eines Düsenabdruckes	106
5.6	Bewegung der Plastifiziereinheit einstellen	106
5.6.1	Bewegungsgeschwindigkeit der Plastifiziereinheit	107
5.7	Begutachtung der Kunststoffschmelze	107
5.7.1	Überprüfung der Schmelzetemperatur	108
5.7.2	Optische Begutachtung der Kunststoffschmelze	108
5.7.3	Überprüfung der Werkzeugtemperatur	109
6	Füllstudie, Nachdruck und Werkzeugzuhaltekraft	111
6.1	Füllstudie	112
6.1.1	Erkenntnisse aus der Füllstudie	112
6.1.1.1	Erkenntnisse über das Spritzteil und das Werkzeug	112
6.1.1.2	Erkenntnisse über die Grundeinstellung der Prozessparameter	113
6.1.2	Vorgehensweise der Füllstudie und Ermittlung des Umschalt- punktes bzw. -volumens	114
6.1.3	Art der Umschaltung von Einspritzdruck auf Nachdruck	116
6.1.4	Auswirkungen der Umschaltung auf das Spritzteil und den Spritzprozess	119

6.2	Nachdruck	119
6.2.1	Nachdruckhöhe	121
6.2.1.1	Vorgehensweise zur Ermittlung des benötigten Nachdruckes	121
6.2.2	Nachdruckzeit	122
6.2.2.1	Vorgehensweise zur Ermittlung der erforderlichen Nachdruckzeit	124
6.2.3	Nachdruckprofil	126
6.3	Werkzeugzuhaltekraft	128
6.3.1	Experimentelle Optimierung der Zuhaltekraft	130
6.3.1.1	Vorgehensweise der experimentellen Optimierung der Zuhaltekraft	131
6.3.1.2	Erkenntnisse aus der experimentellen Optimierung der Zuhaltekraft	134
7	Abmusterungsanalyse der Grundeinstellung	135
7.1	Erste Musterteile fertigen	137
7.2	Wichtiges zur Durchführung einer Abmusterungsanalyse	137
7.2.1	Der Spritzgießprozess	138
7.2.1.1	Spritzgießprozessdefinition und -aufbau	138
7.2.1.2	Einflussfaktoren auf den Spritzgießprozess und das Spritzteil	140
7.2.2	Abmusterungsanalyse über Werkzeuginnendruckverlauf	145
7.2.2.1	Allgemeines zum Werkzeuginnendruck	146
7.2.2.2	Verlauf einer Werkzeuginnendruckkurve	147
7.2.2.3	Erkenntnisse aus einer Werkzeuginnendruckkurve	150
7.2.3	Abmusterungsanalyse mithilfe der Thermografie	154
7.2.3.1	Thermografie an Spritzteilen	158
7.2.3.2	Thermografie an Spritzgießwerkzeugen	159
7.2.3.3	Thermografie an Heißkanal-Systemen	160
7.2.4	Analyse der benötigten Durchflussmenge des Temperiermediums	161
7.2.5	Analyse der Verweilzeit der Schmelze im Plastifizierzylinder ..	164
7.2.5.1	Ermittlung der mittleren Verweilzeit (t_v)	165
7.2.6	Überprüfung des vorhandenen Materialtrocknervolumens	166

7.2.7	Überprüfung der Werkzeuguschierung	167
7.2.8	Überprüfung der Maßhaltigkeit des Spritzteils	168
7.3	Abmusterungsanalyse der Grundeinstellung	168
7.3.1	Abmusterungsanalyse durchführen	170
8	Optimierung der Grundeinstellung	185
8.1	Optimierung der Grundeinstellung – Teil 1	188
8.1.1	Schritt 1: Festlegung der Optimierungsstrategie	188
8.1.1.1	Ein-Faktor-Methode	190
8.1.1.2	Statistische Versuchsplanung (DoE)	191
8.1.2	Schritt 2: Durchführung von Spritzversuchen	193
8.1.2.1	Durchführung von Spritzversuchen mit der Ein-Faktor-Methode	195
8.1.2.2	Durchführung von Spritzversuchen mit Versuchsplan (DoE)	198
8.1.3	Schritt 3: Auswertung der Spritzversuche	201
8.1.3.1	Vorlage zur Auswertung der Spritzversuche	201
8.1.3.2	Festlegung der optimierten Maschineneinstellung	205
8.2	Optimierung der Grundeinstellung – Teil 2	206
8.2.1	Schritt 1: Optimierte Grundeinstellung auf Produktivität bewerten und optimieren	207
8.2.1.1	Optimierungsmöglichkeiten zur Steigerung der Produktivität	207
8.2.2	Schritt 2: Optimierte Grundeinstellung auf Energieeffizienz bewerten und optimieren	212
8.2.2.1	Optimierte Einstellung auf Energieeffizienz bewerten und klassifizieren	219
8.2.3	Optimierungsmöglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz	221
8.3	Optimierung der Grundeinstellung – Teil 3	225
8.3.1	Schritt 1: Prozessfähigkeitsanalyse von Maschineneinstell- und Prozessparametern	225
8.3.2	Schritt 2: Prozess-Run@Rate der optimierten Grundeinstellung	231

9	Dokumentation der Werkzeugabmusterung	237
9.1	Warum ist eine Dokumentation so wichtig?	238
9.2	Dokumentation der Maschineneinstell- und Prozessparameter	238
9.3	Werkzeugabmusterungsbericht	243
9.4	Einberufung eines Kurz-Meetings aller abmusterungsbeteiligten Mitarbeiter	247
10	Kurz-Meeting und Maßnahmenfestlegung	249
10.1	Kurz-Meeting (Ideenkonferenz)	249
10.1.1	Vorteile eines Kurz-Meetings	249
10.1.2	Allgemeines zum Kurz-Meeting	250
10.1.3	Richtige Vorbereitung auf das Kurz-Meeting	251
10.1.4	Neutraler Besprechungsort für Kurz-Meeting	251
10.1.5	Kreativmethoden zur schnelleren Lösungsfindung	251
10.1.5.1	Brainstorming	251
10.1.5.2	Mindmapping	253
10.2	Vorgehensweise/Ablauf des Kurz-Meetings	255
10.3	Maßnahmenfestlegung und weiteres Vorgehen	258
10.3.1	Werkzeugkorrekturen bzw. Änderungen	258
11	Folgeabmusterung (Iterationsschleife) oder Freigabe	259
11.1	Folgeabmusterung (Iterationsschleife)	260
11.1.1	Informationsbeschaffung und Vorbereitung der Folgeabmusterung (Iterationsschleife)	260
11.1.2	Werkzeug rüsten und Einstellung der Schließ- und Plastifiziereinheit	261
11.1.3	Spritzteile fertigen und Abmusterungsanalyse der optimierten Grundeinstellung	261
11.1.4	Optimierung der „optimierten Grundeinstellung“ bei einer Folgeabmusterung (Iterationsschleife)	262
11.1.5	Dokumentation der Folgeabmusterung (Iterationsschleife)	262
11.1.6	Kurz-Meeting und Maßnahmenfestlegung im Anschluss an die Folgeabmusterung (Iterationsschleife)	263
11.2	Abmusterungskreislauf	263

11.3	Freigabeprozess (Werkzeugübergabe in die Serienfertigung)	264
11.3.1	Abschluss-Meeting zur Werkzeugübergabe in die Serienfertigung	264
12	Der Abmusterungsprozess neu definiert – „Process engineering goes digital“	267
12.1	Digitalisierung und Industrie 4.0	268
12.2	Warum den Abmusterungsprozess digitalisieren?	269
12.2.1	Intention der IMG-Plattform	270
12.2.2	Vorteile und Nutzen der IMG-Plattform im Unternehmen	271
12.3	Kurze Einblicke in den IMG	272
12.3.1	Aufbau, Inhalte und Funktionen	273
12.3.2	Rund um die IMG-Plattform	280
12.4	Die IMG-Plattform über „Life-Cycle“ in der Serienproduktion	285
12.4.1	Die Serienproduktion kurz im Überblick	286
12.4.1.1	Digitale Prozessmappe	287
12.4.1.2	Fehlerkatalog	288
12.4.1.3	Prozesshistorie	289
13	Schlusswort	291
Index	293

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 Maschineneinstellparameter 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, Praxisbei-

spielen 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

Der Autor



Andreas Schötz Dipl.-Ing. (FH) startete seine berufliche Karriere mit einer Ausbildung zum Verfahrensmechaniker für Kunststoff- und Kautschuktechnik mit Schwerpunkt Formteile. Nach erfolgreicher Beendigung der Ausbildung arbeitete er mehrere Jahre als Facharbeiter und Schichtführer im Ausbildungsunternehmen weiter. Bereits als junger Facharbeiter erkannte er die Möglichkeiten, in diesem technischen, aufstrebenden Beruf etwas bewegen zu können. Den Grundstein legte er mit der Weiterbildung zum staatl. geprüften Kunststofftechniker, wo er anknüpfend weitere Jahre als Techniker

Praxiserfahrung sammeln konnte. Weiter studierte er an der Hochschule Rosenheim Kunststofftechnik. Nach dem Studium arbeitete Andreas Schötz als Entwicklungs- und Prozessingenieur für einen mittelständischen Zulieferer im Automotivbereich. Hierbei lagen seine Schwerpunkte im Bereich der technischen Beratung, der Produktentwicklung, der Spritzgießwerkzeugabmusterung und Prozessoptimierung, der Spritzgießsimulation und internen Mitarbeiterschulungen. Der Einstieg in die Selbständigkeit folgte im September 2013.

Die *Ingenieurbüro Schötz Kunststofftechnik GmbH* hat sich auf folgende Dienstleistungen im Bereich Spritzgießtechnologie spezialisiert:

- Technische Beratung
- Ganzheitliche Prozessoptimierung
- Abmusterungen/Troubleshooting/Prozessbewertungen
- Software & Digitalisierung
- Schulungen, Seminare und Workshops
- Forschung und Entwicklung (F&E)

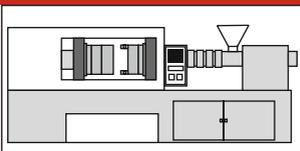


Informationen zum Buchaufbau

■ Abmusterungscheckliste

In den nachfolgenden Kapiteln dieses Fachbuches wird eine Abmusterung in ihrer optimalen Reihenfolge dargestellt. Als Hilfestellung und zur Eigenkontrolle der wichtigsten Abmusterungsschritte wurde eine so genannte „Abmusterungscheckliste“ für die „Fachkraft für Abmusterungen“ entworfen.

Die „Abmusterungscheckliste“ ist so aufgebaut, dass ein kontrolliertes Arbeiten in neun Blöcken erfolgen kann. Die Checkliste hat den Vorteil, dass Routinevorgänge nicht immer neu durchdacht werden müssen und so die Gefahr, wichtige Abmusterungsschritte zu vergessen, minimiert wird. Diese Checkliste wird die „Fachkraft für Abmusterungen“ durch den kompletten Abmusterungsprozess begleiten.

Abmusterungscheckliste		
Artikelbezeichnung:		Art der Abmusterung: <input type="checkbox"/> Erstabmusterung (FOT) <input type="checkbox"/> Folgeabmusterung <input type="checkbox"/> Materialabmusterung <input type="checkbox"/> Reklamation <input type="checkbox"/> Sonstiges
Artikelnummer:		
Werkzeugnummer:		
Kunde:		
Abmusterungstermin:		
Maschinennummer:		
Fachkraft f. Abmusterung:		
<small>Alle Abweichungen (mit „NEIN“ angekreuzte Felder) bitte im Werkzeugabmusterungsbericht mit Begründung/Bemerkung dokumentieren.</small>		

Informationsbeschaffung und Vorbereitung der Abmusterung				
1	Informationsblatt für die Abmusterung vorhanden und vollständig ausgefüllt?			Block 1
2	Vorbereitung für die Abmusterung an der Spritzgießmaschine abgeschlossen?			

Werkzeug rüsten				
Vor dem Werkzeugeinbau:		JA	NEIN	Block 2
3	Sicherheitsüberprüfungen an der Spritzgießmaschine (Kran bzw. Peripherie) durchgeführt und keine Mängel festgestellt?			
4	Überprüfung des Spritzgießwerkzeuges:			
4.1	Werkzeugtransportbrücke vorhanden und montiert?			
4.2	Werkzeugkennzeichnungen vorhanden und gut sichtbar?			
4.3	Werkzeugaustellfüße vorhanden?			
4.4	Werkzeug frei von optischen Schäden?			
4.5	Backen- oder Schieberwerkzeugsicherung vorhanden?			
4.6	Auswerferplattensicherung vorhanden?			
4.7	Werkzeugeinbaumaße (Werkzeugzentrierungs-Ø Düsenseite), Einbauhöhe, Länge des Auswerferstößels, Maschinenholmabstand ausreichend etc.) überprüft?			
4.8	Kühlkreisläufe durchgängig (Druckluftprüfung)?			
4.9	Kreislaufbezeichnung der Ein- und Ausgänge richtig?			
4.10	Durchflussmenge (L/min) geprüft und im Maschineneinstelldatenblatt dokumentiert?			
Bei Heißkanalwerkzeugen:				
4.11	Funktionsprüfung des Heißkanalsystems (HKS) durchgeführt und in Ordnung?			

Werkzeugeinbau:		JA	NEIN	Block 3
5	Ringschraube im Werkzeugschwerpunkt?			
6	Werkzeugaufspannnuten mit ausreichender Spannfläche?			
7	Richtige Einschraubtiefe (ca. $1,5 \times \varnothing$) der Schrauben beachtet?			
8	Werkzeugkühlung problemlos anschließbar?			
9	Düsenseite und Auswerferseite einzeln ausbaubar?			

Grundeinstellung der Schließeinheit				
Werkzeugbewegungen:		JA	NEIN	Block 4
10	Bewegliche Werkzeugteile geschmiert?			
11	Bewegliche Werkzeugteile (Schieber, Auswerfer etc.) leichtgängig?			
12	Werkzeugbewegungen (Fahrwege, Geschwindigkeiten, Auswerfer, Zusatzfunktionen im Werkzeug (Kerne etc.)) eingestellt?			
12.1	Werkzeug abgenullt?			
13	Werkzeugsicherung eingestellt und auf Funktion überprüft?			
14	Grundeinstellung der Werkzeugzuhaltkraft ermittelt und eingestellt?			
15	Richtige Werkzeugtemperatur eingestellt?			

Grundeinstellung der Plastifiziereinheit				
Temperaturen:		JA	NEIN	Block 5
16	Zylindertemperatur richtig gewählt und eingestellt?			
17	Zylindertemperaturprofil auf Thermoplasten angepasst?			
18	Richtige Flanschtemperatur gewählt und eingestellt?			
Plastifiziervorgang:		JA	NEIN	
19	Erforderliches Plastifiziervolumen bzw. -weg ermittelt und eingestellt?			
20	Plastifiziergeschwindigkeit eingestellt?			
21	Schneckenstaudruck und Schnecken-dekompression eingestellt?			
Einspritzvorgang:		JA	NEIN	
22	Einspritzdruck eingestellt?			
23	Einspritzgeschwindigkeit und Einspritzgeschwindigkeitsprofil eingestellt?			
Kühlzeit und Entformungstemperatur:		JA	NEIN	
24	Benötigte Entformungstemperatur ermittelt?			
25	Theoretische Restkühlzeit ermittelt und eingestellt?			
Plastifiziereinheit:		JA	NEIN	
26	Düsenanlagepunkt abgenullt?			
27	Düsenabdruck erstellt und in Ordnung?			
28	Bewegungen (z. B. Düse abheben) eingestellt?			

Füllstudie, Nachdruck und Werkzeugzuhaltekraft			
Begutachtung der Kunststoffschmelze:		JA	NEIN
29	Schmelzetemperatur und Werkzeugwandtemperatur überprüft?		
30	Begutachtung der Schmelze durchgeführt?		
Füllstudie, Nachdruck und Werkzeugzuhaltekraft:		JA	NEIN
31	Füllstudie (bis 100% volumetrisch gefüllte Teile) erstellt und Nachdruckhöhe optimiert?		
32	Füllstudie bewertet und dokumentiert?		
33	Erforderliche Nachdruckzeit (Siegelzeit) über das Formteilmgewicht ermittelt und dokumentiert?		
34	Erforderliche Zuhaltekraft (kN oder t) über eine Messuhr optimiert?		

Block 6

Erste Musterteile fertigen und Abmusterungsanalyse der Grundeinstellung			
Erste Musterteile fertigen:		JA	NEIN
35	Maschinenfähigkeit nach VDMA 24470 Teil 1 und 2 gegeben?		
36	Werkzeuginnendrucksensoren an Maschine angeschlossen?		
37	Spritzprozess über mehrere Zyklen (ca. 20–30) eingefahren?		
Abmusterungsanalyse der Grundeinstellung:		JA	NEIN
38	Analyse der benötigten Durchflussmenge des Temperiermediums durchgeführt?		
39	Alle auftretenden Fehler am Spritzteil lokalisiert und definiert?		
40	Fehlerursache eingegrenzt in Spritzprozess oder Werkzeug?		
41	Gezielte Analyse von Spritzprozess und Werkzeug durchgeführt?		
42	Allgemeine/Optische Prüfung des Prozesses:		
43	Soll/Ist-Vergleiche aller Maschineneinstellparameter durchgeführt?		
44	Vorhandenes Restmassepolster in Ordnung und im Maschineneinstelldatenblatt dokumentiert?		
45	Verweilzeit der Schmelze im Plastifizierzylinder ermittelt, geprüft und im Maschineneinstelldatenblatt dokumentiert?		

Block 7

Erste Musterteile fertigen und Abmusterungsanalyse der Grundeinstellung				
46	Thermische Prüfungen (Thermografie):			Block 7
47.1	Wärmebilder (Thermografie) erstellt?			
47.2	Entformungstemperatur (Soll/Ist-Vergleich) in Ordnung?			
47.3	Temperaturverteilung im Werkzeug und Spritzteil in Ordnung?			
47.4	Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf-temperatur des Temperiergerätes gemessen und in Ordnung?			
47.5	Gleichmäßige Werkzeugwandtemperatur gegeben?			
47.6	Keine Hot Spots im Werkzeug oder am Spritzteil?			
48	Werkzeuginnendruckverlauf:			
48.1	Werkzeuginnendruckkurven aufgenommen und begutachtet?			
48.2	Optimale Einspritzphase gegeben?			
48.3	Optimale Kompressionsphase gegeben?			
48.4	Richtiger Umschalt- punkt auf Nachdruck gegeben?			
48.5	Optimale Nachdruckhöhe und Nachdruckzeit gegeben?			
48.6	Nicht unter Restdruck entformt?			
49	Bewertung des Spritzteils und des Werkzeuges:			
49.1	Teilenummer und Teilebezeichnung richtig?			
49.2	Formnestkennzahlen richtig?			
49.3	Datumsuhr und Index richtig eingestellt?			
49.4	Spritzteil frei von Spritzgraten?			
49.5	Spritzteil frei von Auswerfermarkierungen?			
49.6	Auswerfer steht nicht vor?			
49.7	Auswerfer steht nicht zurück?			
49.8	Spritzteil voll ausgespritzt?			
49.9	Eingebrachte Werkzeugentlüftungen funktionsfähig?			
49.10	Spritzteil maßlich in Ordnung?			
49.11	Spritzteil ohne Blasenbildung/Luftblasen/Lufteinschlüsse?			
49.12	Spritzteil ohne Verzug?			

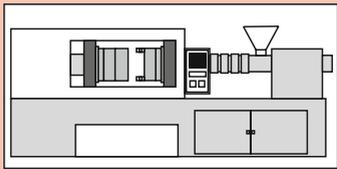
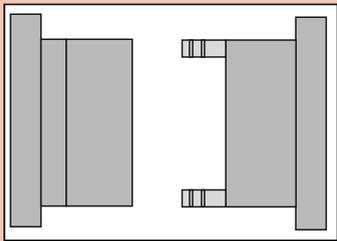
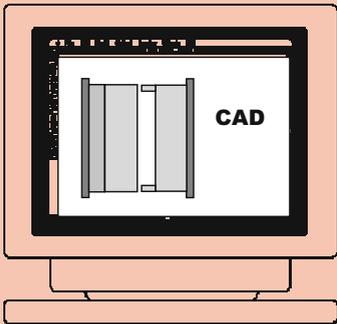
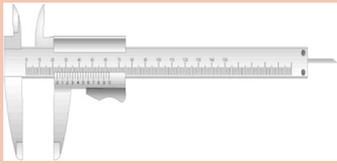
Erste Musterteile fertigen und Abmusterungsanalyse der Grundeinstellung				
49.13	Spritzteil ohne Einfallstellen?			Block 7
49.14	Spritzteil ohne Schlieren?			
49.15	Spritzteil ohne Kratzer bzw. Ziehspuren?			
49.16	Spritzteil ohne Spannungsrisse (Weißbruch)?			
49.17	Spritzteil ohne Glanzstellen?			
49.18	Spritzteil ohne matte Stellen?			
49.19	Spritzteil ohne Fließ- und Bindenaht in Sicht- bzw. Problembereichen?			
49.20	Spritzteil ohne Verunreinigungen?			
49.21	Spritzteil ohne Freistrahlbildung?			
49.22	Spritzteil ohne Kaltverschiebungen (Material)?			
49.23	Anspritzung (Angussbereich) optisch in Ordnung?			
49.24	Anspritzung (Anguss) optisch in Ordnung?			
49.25	Funktion der Entnahmeeinrichtung gegeben?			
49.26	Spritzteil ohne Dieseeffekt/Verbrennungen?			
49.27	Spritzteil ohne Schallplatteneffekt?			
49.28	Entformung des Spritzteils problemlos?			
50	Auswertung der Abmusterungsanalyse:			
50.1	Wurde die Auswertung vollständig durchgeführt und dokumentiert?			
50.2	Liegen keine Mängel im Spritzgießwerkzeug vor?			
50.3	Kann eine Optimierung der Grundeinstellung ohne negativen Einfluss durch das Werkzeuges erfolgen?			
50.4	Kann die Abmusterung fortgesetzt werden?			

Optimierung der Grundeinstellung				
Optimierung der Grundeinstellung Teil 1:		JA	NEIN	Block 8
51	Optimierungsstrategie festgelegt?			
52	Spritzversuche durchgeführt?			
53	Spritzversuche ausgewertet?			
Optimierung der Grundeinstellung Teil 2:		JA	NEIN	
54	Grundeinstellung auf Produktivität bewertet und optimiert?			
55	Grundeinstellung auf Energieeffizienz bewertet und optimiert?			
Optimierung der Grundeinstellung Teil 3:		JA	NEIN	
56	Prozessanalyse von Maschineneinstell- und Prozessparametern durchgeführt und bewertet?			
57	Prozess Run@Rate der optimierten Grundeinstellung durchgeführt und bewertet?			

Dokumentation der Werkzeugabmusterung				
58	Maschineneinstell- und Prozessparameter im Maschineneinstelldatenblatt dokumentiert?			Block 9
59	Alle Erkenntnisse, Probleme etc. aus der Abmusterung wurden im Teil „Beurteilung der Fachkraft für Abmusterungen“ des Werkzeugabmusterungsberichtes im Detail dokumentiert?			
60	Alle Abmusterungsdokumente (Vorlagen) wurden richtig und vollständig bearbeitet?			
61	Die Dokumente wurden vollständig dem Abmusterungsverantwortlichen übergeben?			

■ Bezeichnungen für Abmusterungsfachkräfte

Um den Abmusterungsprozess transparenter zu gestalten, sind in der folgenden Tabelle für alle abmusterungsbeteiligten Fachkräfte spezielle Symbole erstellt worden. Diese Symbole kennzeichnen, in welcher Abmusterungsphase die jeweilige Fachkraft zum Einsatz kommt und erleichtern so das Verfolgen des Prozesses. Des Weiteren sind zusätzlich die notwendigen Dokumente der einzelnen Fachkräfte mit diesen Symbolen versehen.

	<p>Fachkraft für Abmusterungen z. B. Verfahrensmechaniker für Kunststoff- und Kautschuktechnik, Kunststofftechniker</p>
	<p>Fachkraft für Werkzeugbau z. B. Werkzeugmechaniker</p>
	<p>Fachkraft für Konstruktion z. B. Techniker, Ingenieur</p>
	<p>Fachkraft für Qualitätswesen/Messtechnik z. B. Qualitätsbeauftragter, Qualitätssicherung</p>
	<p>Abmusterungsverantwortlicher z. B. Projektleiter, Abteilungsleiter, Ingenieur, Techniker, Meister</p>

■ Beschreibung der Informationsboxen

Die einzelnen Kapitel des Fachbuches werden durch Informationsboxen begleitet. Diese Informationsboxen sollen Ihnen ein transparenteres und übersichtlicheres Arbeiten ermöglichen.



Praxistipp:

Hier gibt es für Sie wertvolle Praxistipps zum jeweiligen Themengebiet.



Hinweis:

Folgendem sollten Sie besondere Aufmerksamkeit schenken.



Hintergrundwissen:

In dieser Informationsbox können Sie Hintergrundwissen (weiterführende Informationen) zum jeweiligen Themengebiet nachlesen.



Energieeffizienz:

Hier wird beschrieben, wo es großes Potenzial zur Erhöhung der Energieeffizienz gibt.



Merke:

An dieser Stelle werden Ihnen wichtige Sachverhalte vermittelt, die im Gedächtnis bleiben sollten.



Praxisbeispiel:

Praxisbeispiele veranschaulichen Ihnen hier die beschriebenen Sachverhalte. Hierbei begleitet Sie das Praxisbeispiel der „Gehäuseabdeckung“ durch das Fachbuch.

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.

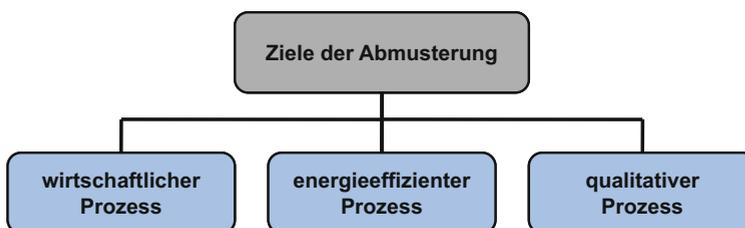


Bild 1.1 Ziele der Abmusterung

■ 1.2 Ablauf der Werkzeugabmusterung

Die Werkzeugabmusterung ist ein komplexer Prozess, da unterschiedliche Abteilungen im Unternehmen ineinandergreifen. 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 mithilfe eines Flussdiagramms (Bild 1.2) der Abmusterungsprozess übersichtlich dargestellt. Dieser Ablauf wird in den nachfolgenden Kapiteln systematisch behandelt.

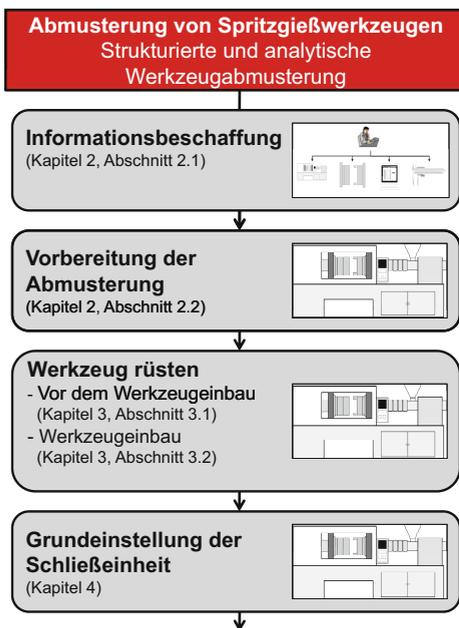


Bild 1.2 Flussdiagramm des Abmusterungsprozesses (*Fortsetzung nächste Seite*)

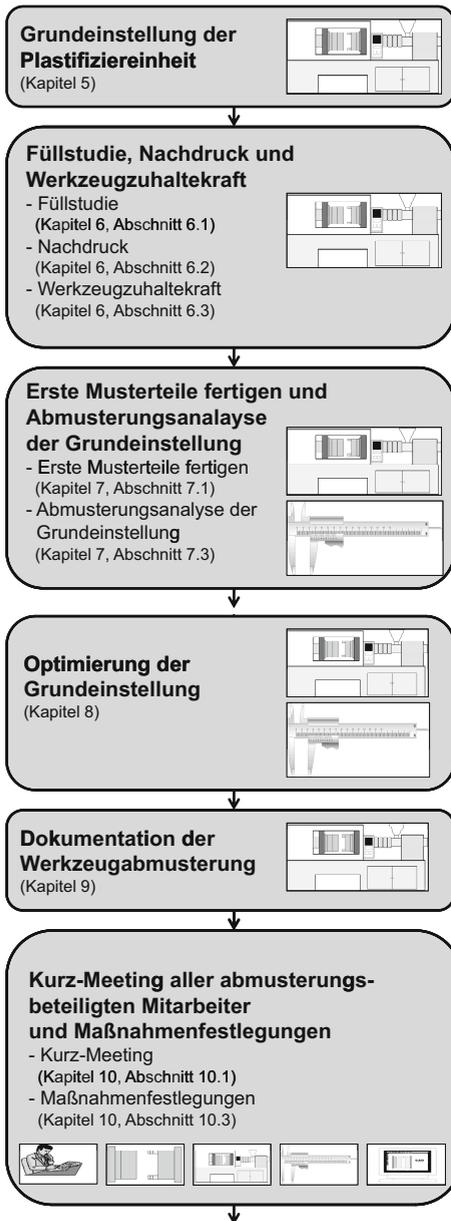


Bild 1.2 Flussdiagramm des Abmusterungsprozesses (Fortsetzung nächste Seite)

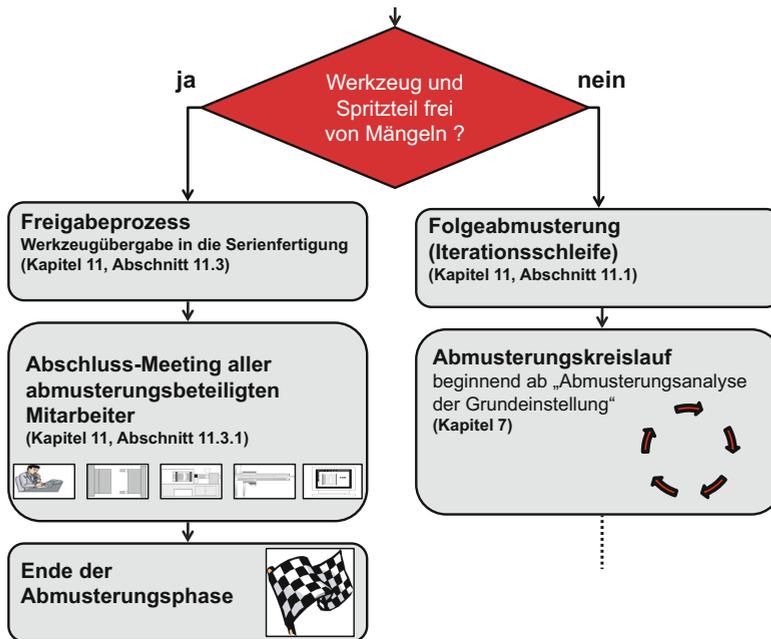


Bild 1.2 Flussdiagramm des Abmusterungsprozesses (Fortsetzung)

■ 1.3 Problemstellung Zeitfaktor bei der Abmusterung im Unternehmen

In einem Spritzgießunternehmen binden die Werkzeugabmusterungen Ressourcen einer Spritzgießmaschine. Das bedeutet, dass in der Abmusterungszeit keine Serienproduktion von Spritzteilen stattfinden kann. Folglich kommt es in Unternehmen häufig dazu, dass nur eine sehr grobe und nicht optimale Maschineneinstellung mit mangelnder Werkzeug- sowie Prozessoptimierung in der Serienfertigung verwendet wird, um kurzfristig Zeit zu sparen.

Die Grundhaltung, schnell eine einigermaßen akzeptable und oberflächliche Optimierung des Prozesses und des Werkzeugs zu realisieren, um damit Ressourcen für die Serienfertigung zu erhalten, wird Sie mit vielen Problemen in der späteren Serienproduktion wieder einholen.

Das Werkzeug geht durch diese Methode zwar schneller aus dem Abmusterungsprozess in die Serienfertigung über, es kann jedoch zu starken Schwankungen im späteren Serienprozess kommen. Höhere Ausschussquoten und Kundenreklamationen, die automatisch zu höheren Produktionskosten beitragen, sind die Folge. Dieses Phänomen ist ein Grundproblem einer jeden Abmusterung. Folglich stehen