

HANSER

Vorwort

Walter Michaeli

Extrusionswerkzeuge für Kunststoffe und Kautschuk

Bauarten, Gestaltung und Berechnungsmöglichkeiten

Beiträge von Ulrich Dombrowski, Ulrich Hüsgen, Matthias Kalwa,
Michael Meier, Claus Schwenzer

ISBN: 978-3-446-42026-7

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-42026-7>

sowie im Buchhandel.

Vorwort zur dritten Auflage

Im Januar 2003 erschien dieses Buch in seiner 3. Auflage in englischer Sprache. Durchaus angemessen, denn die so genannte Globalisierung war bereits zum Begriff und Handlungsstrang geworden.

Ein gewisser Aufschrei blieb danach jedoch nicht aus. Plötzlich entwickelte sich – und dies bis zum heutigen Tage – wieder Nachfrage nach dem Buch in deutscher Sprache. Dem werden wir hiermit nun gerecht, so dass diese Aktualisierung – und auch das gesamte Buch – weiterhin in Ihrem Beruf und Leben hilft und dabei hoffentlich auch Freude bereitet. Das bewährte Gliederungskonzept haben wir nach viel positivem Zuspruch beibehalten.

Wenn ich von „wir“ spreche, so spreche ich vornehmlich von meinen beiden wissenschaftlichen Mitarbeitern, *Herrn Dipl.-Ing. Micha Scharf* und *Herrn Dipl.-Ing. Christian Windeck*, die Inhalte, Gleichungen, Literaturverzeichnisse etc. kritisch hinterfragt, geprüft und ergänzt haben, sowie von der studentischen Hilfskraft *Jan Kohlwey*, der sie dabei unterstützt hat. Hierfür gilt ihnen mein besonderer Dank.

Auch danken wir *Frau Monika Stüve* und *Frau Dr. Christine Strohm* beim Hanser Verlag, München, für die Unterstützung und finale Publikation unserer Arbeit.

In ein solches Buch, so es aus der Kraft eines Forschungsinstituts erstellt wird und wie es auch hier der Fall war, fließen natürlich vielfältige Forschungsergebnisse. So gilt auch für die Inhalte dieser Auflage mein besonderer Dank dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Berlin, für die Förderung vieler Projekte der industriellen Gemeinschaftsforschung über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e. V. (AiF), Köln, der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), Bonn-Bad Godesberg, und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Berlin bzw. Bonn, und der Europäischen Kommission, Brüssel.

Aachen, im Oktober 2009

Walter Michaeli

Vorwort zur zweiten Auflage

Zehn Jahre nach Erscheinen der ersten Auflage dieses Buches ist es angemessen, mit der vorliegenden, überarbeiteten Ausgabe die weiteren Entwicklungen und Ansätze zur Gestaltung und Auslegung auf dem Gebiet der Extrusionswerkzeuge neu einzufangen und zu dokumentieren. Sicherlich sind die wesentlichen Werkzeugprinzipien heute noch die gleichen. Dennoch hat es inzwischen Weiterentwicklungen und Verfeinerungen im Werkzeugbereich aufgrund stetig steigender Qualitätsanforderungen, höherer Ausbringungsmengen sowie neuer Polymeren und neuartiger Produkte gegeben. So hat z. B. die Coextrusion deutlich an Bedeutung gewonnen; auch stehen mit den flüssigkristallinen Polymeren bereits wieder neue Werkstoffe, die gegebenenfalls neue Extrusionswerkzeugkonzepte erfordern, vor der Tür. Das bedeutet, die Entwicklung wird weitergehen, und daher kann diese zweite Ausgabe den gegenwärtigen Stand der Technik aktuell zusammenfassen und vor allem das theoretische Handwerkszeug, welches in dem vergangenen Jahrzehnt deutlich erweitert wurde (man denke an die Verbreitung der Methode der Finiten Elemente), zur Lösung von aktuellen Fragestellungen liefern.

Die grundsätzliche Zielsetzung dieses Buches – wie bereits im Vorwort der ersten Ausgabe beschrieben – soll unbedingt erhalten bleiben; es soll dem Praktiker helfen und ihn bei seiner täglichen Arbeit unterstützen und den Studierenden in die komplexe Welt der Extrusionswerkzeuge einführen und ihm dort eine umfassende Orientierung und Ausbildung geben.

Die Resonanz auf die erste Ausgabe dieses Buches war äußerst positiv. Dennoch kann man Dinge immer noch verbessern. Diesen Versuch haben wir mit dem vorliegenden Buch unternommen. So wurde ein Kapitel zur Auslegung von Werkzeugen für Elastomere neu aufgenommen, der Bereich der Coextrusionswerkzeuge wesentlich ergänzt, und auch alle anderen Kapitel erfuhren eine umfassende Überarbeitung. Wenn ich von „wir“ spreche, so meine ich besonders meine Mitarbeiter am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) an der Rheinisch-Westfälische Technischen Hochschule Aachen. Dies sind die Herren Dr. *U. Dombrowski*, Dr. *U. Hüsgen*, *M. Kalwa*, *M. Meier* und Dr. *C. Schwenzer*. Sie haben sich für dieses Buch hart engagiert und viele Stunden ihrer Freizeit geopfert. Dies gilt auch für die Damen *N. Petter* und *D. Reichelt*, die den Text des Buches auf einen Datenträger übertrugen, sowie Frau *G. Zabbaï* und Herrn *M. Cosler*, welche für die entsprechende Qualität der Bilder sorgten. Ihnen allen gilt mein besonderer und ganz persönlicher Dank!

Viele in diesem Buch vorgestellte Ergebnisse wurden von Studenten im Rahmen ihrer Studien- und Diplomarbeiten des Instituts erarbeitet. Ihnen gilt auch ein herzliches Dankeschön.

Anregungen aus dem Bereich der Kunststoff- sowie Kautschukverarbeitung wurden gerne aufgegriffen und fanden in dieser zweiten Ausgabe ihren Niederschlag. Allen, die hierbei angeregt und geholfen haben, sei gedankt; dieser Dank gilt vor allem auch den Mitgliedern der Fachbeiratsgruppen „Extrusion“ und „Extrusionsblasformen“ sowie „Kautschuktechnologie“ der Fördervereinigung des IKV.

Viele Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des IKV, die Grundlage für einen Teil der in diesem Buch beschriebenen Zusammenhänge bilden, wurden dankenswerterweise finanziell ermöglicht durch die direkte Gemeinschaftsforschung zwischen Industrie und IKV, durch Unterstützung durch die Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen (AIF),

Köln, der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), Bonn-Bad Godesberg, und dem Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT), Bonn, sowie der Stiftung Volkswagenwerk, Hannover.

Aachen, im Winter 1990

Walter Michaeli

Vorwort zur ersten Auflage

Das vorliegende Buch versucht, dem Praktiker und dem Studierenden eine umfassende Darstellung aller Werkzeuge zur Extrusion von Kunststoffen zu geben. Hierbei werden die verschiedenen Werkzeugarten und ihre Besonderheiten ausführlich vorgestellt, Gestaltungshinweise gegeben und die Möglichkeiten, Wege und Grenzen ihrer rechnerischen Auslegung aufgezeigt. Dies um so mehr, da in der jüngsten Vergangenheit und gegenwärtig allgemein verstärkte Anstrengungen sowohl in der Industrie als auch an den Hochschulen zur theoretischen Beschreibung der fließtechnischen (rheologischen) Phänomene und Wärmeaustauschvorgänge (thermodynamische Vorgänge) in Extrusionswerkzeugen unternommen wurden bzw. werden; diese wichtigen Arbeiten werden primär motiviert durch die Forderung nach höheren Ausstoßleistungen bei Verbesserung der Produktqualität (z. B. Toleranzen, Oberflächenqualität) der extrudierten Halbzeuge. Auch ist in zunehmendem Maße der rein empirische Weg der Gestaltung von Extrusionswerkzeugen aus wirtschaftlichen Überlegungen nicht mehr vertretbar.

Eine zentrale Stellung nimmt bei Extrusionswerkzeugen die Gestaltung des Fließkanals ein. So werden in diesem Buch zunächst die notwendigen Stoffdaten für seine Auslegung genannt und diskutiert.

Die Ableitung einfacher Grundgleichungen erlaubt anschließend die Abschätzung von Druckverlusten, Kräften an den Fließkanälen, Geschwindigkeitsprofilen, mittleren Geschwindigkeiten usw. im Fließkanal. Die hierzu in Tabellen zusammengestellten Gleichungen erlauben für die Mehrzahl von Extrusionswerkzeugen eine recht gesicherte rheologische Auslegung.

Wege zur Berechnung von Geschwindigkeits- und Temperaturfeldern mit numerischen Methoden unter Anwendung des Differenzenverfahrens und der Methode der Finiten Elemente (FEM) werden ebenfalls als für die Werkzeuggestaltung zunehmend wichtiger werdende Verfahren vorgestellt.

Die verschiedenen Arten und Besonderheiten von Extrusionswerkzeugen zur Austragung einer bzw. mehrerer Schmelzen werden in Kapitel 5 und 6 umfassend diskutiert. Es folgen anschließend eine Betrachtung der thermischen und mechanischen Werkzeuggestaltung und Anmerkungen zur Werkstoffauswahl für Extrusionswerkzeuge sowie zu ihrer Fertigung. Betrachtungen zur Handhabung, Reinigung und Pflege von Werkzeugen sowie zur Kalibrierung von Rohren und Profilen runden die Betrachtungen ab. Am Ende der Arbeit befindet sich ein umfangreiches Literaturverzeichnis.

Das vorliegende Buch entstand während meiner Tätigkeit als Abteilungsleiter der Abteilung Extrusion und Spritzgießen am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) an der RWTH, Aachen, unter Verwendung der wichtigsten Forschungsergebnisse des IKV auf dem Gebiet der Gestaltung von Extrusionswerkzeugen.

Den hierbei maßgeblich beteiligten ehemaligen und derzeitigen Mitarbeitern des IKV, insbesondere den Herren *J. Wortberg, A. Dierkes, U. Masberg, B. Franzkoch, H. Bangert, L. Schmidt, W. Predöhl, P. B. Junk, H. Cordes, R. Schulze-Kadelbach, P. Thienel, E. Haberstroh, G. Wübken, U. Thebing, K. Beiß, U. Vogt*, aus deren Forschungsarbeiten zahlreiche Ergebnisse stammen,

sei, wie allen weiteren beteiligten Mitarbeitern sowie Studien- und Diplomarbeitern des Instituts, herzlich gedankt. Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr.-Ing. G. Menges für die Anregung zu diesem Buch und die stete Hilfe, Förderung und Unterstützung, die mir die Ausführung ermöglichten.

Weiterhin gilt mein Dank verschiedenen Herren der Kunststoffbranche für wertvolle Hinweise und Anregungen; dieser Dank gilt vor allem den Mitarbeitern der Fachbeiratsgruppe „Extrusion“ und „Extrusionsblasformen“ der Fördervereinigung des IKV.

Viele Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des IKV, die in diesem Buch angesprochen werden und die Grundlage für einen Teil der Zusammenhänge bilden, wurden erst dankenswerterweise finanziell ermöglicht durch die direkte Gemeinschaftsforschung zwischen Industrie und IKV, durch Unterstützung durch die Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen (AIF), Köln, der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), Bonn-Bad Godesberg, und dem Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT), Bonn.

Aachen, im Juli 1979

Walter Michaeli