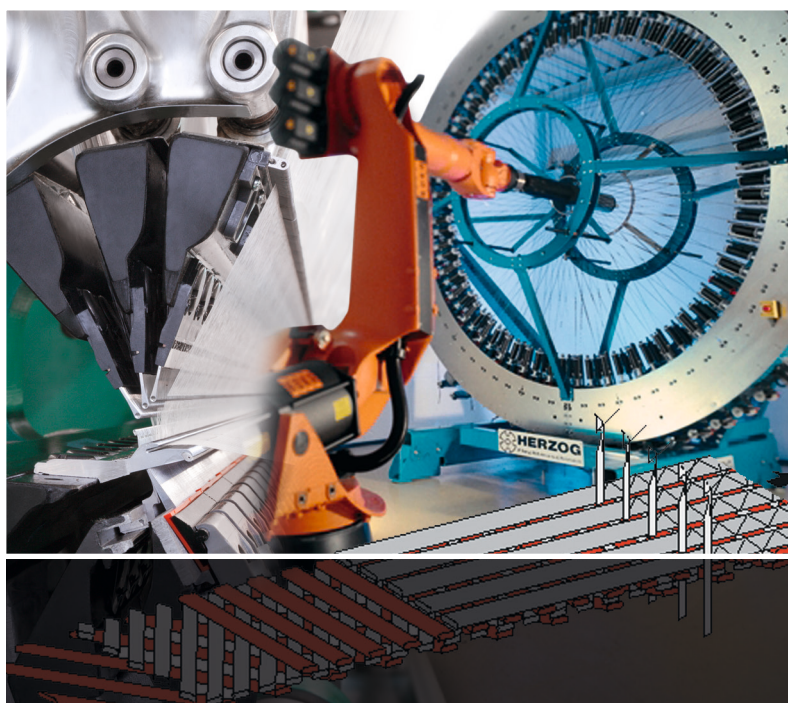


Thomas Gries
Dieter Veit
Burkhard Wulfhorst

Textile Fertigungsverfahren

Eine Einführung



3., aktualisierte und erweiterte Auflage

HANSER



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**

Thomas Gries
Dieter Veit
Burkhard Wulfhorst

Textile Fertigungsverfahren

Eine Einführung

3., überarbeitete und erweiterte Auflage

HANSER

Die Autoren:

Univ.-Prof. Thomas Gries, ITA, Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen,
Otto-Blumenthal-Str. 1, 52074 Aachen

Dr.-Ing. Dieter Veit, ITA, Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen,
Otto-Blumenthal-Str. 1, 52074 Aachen

Prof. Dr.-Ing. Burkhard Wulforth †, ehem. ITA, Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen,
Otto-Blumenthal-Str. 1, 52074 Aachen

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

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 dargestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die in diesem Buch enthaltenen Darstellungen und Daten mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autoren und Verlag übernehmen in folgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieser Darstellungen 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.

© 2019 Carl Hanser Verlag München

www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Ulrike Wittmann

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

Coverrealisierung: Stephan Rönigk

Satz: le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Druck und Bindung: Hubert & Co GmbH und Co. KG Buchpartner, Göttingen

Printed in Germany

ISBN: 978-3-446-45684-6

E-Book-ISBN: 978-3-446-45866-6

■ Vorwort zur 3. Auflage

Die 2. Auflage dieses Buches war schnell vergriffen. Daher entschlossen wir uns, eine komplett überarbeitete 3. Auflage herauszubringen. So wurden alle Kapitel aktualisiert und ergänzt. Zwei Kapitel wurden neu aufgenommen (Kapitel 12 „Textile Bodenbeläge“ und Kapitel 16 „Textilproduktion der Zukunft/Industrie 4.0“), wodurch jetzt alle wichtigen textilen Produktionsverfahren und Produkte beschrieben sind. Das Buch erhebt weiterhin nicht den Anspruch, alle Verfahren im Detail zu erklären. Vielmehr ist unser Ziel, Ihnen die Welt der Textiltechnik nahe zu bringen und alle relevanten Werkstoffe, Maschinen und Prozesse zu erklären. Weiterführende Literatur finden Sie am Ende jedes Kapitels für das vertiefte Studium.

Wir danken allen Co-Autoren dieses Buches, die uns bei der Gestaltung vieler Kapitel tatkräftig unterstützt haben. Unser Dank gilt auch Roswitha Jacobs, die eine Vielzahl von Abbildungen neu erstellt hat sowie Amrei Becker für ihre Hilfe bei der redaktionellen Umsetzung.

Dem Carl Hanser Verlag und seinen Mitarbeitern danken wir für die ausgezeichnete Zusammenarbeit bei der Erstellung dieser 3. Auflage.

Wir hoffen, dass auch die 3. Auflage unseres Buches gute Aufnahme finden wird und Ihnen dabei hilft, die vielfältige Welt der textilen Fertigungsverfahren zu verstehen.

Aachen im Juni 2018

Thomas Gries, Dieter Veit

■ Vorwort zur 2. Auflage

Seit dem Erscheinen der 1. Auflage dieses Buches im Jahr 1998 gab es zahlreiche neue Entwicklungen in der Textiltechnik. Daher haben wir uns entschlossen, dieses bewährte Standardwerk neu aufzulegen. Alle Kapitel wurden umfassend aktualisiert und z. T. neu geschrieben, einige Themen wurden neu aufgenommen (z. B. Mess- und Prüfverfahren, Simulation). Dadurch liegt nun wieder ein umfassendes Buch zu den textilen Fertigungsverfahren vor, das auf dem heutigen Stand der Technik ist. Eine englische Ausgabe wird in Kürze folgen.

Aachen im Januar 2015

Thomas Gries, Dieter Veit

■ Vorwort zur 1. Auflage

Seit dem Wintersemester 1995/1996 halte ich an der RWTH Aachen die Vorlesung „Textiltechnik I- Einführung in die textilen Fertigungsverfahren“. Hierbei handelt es sich um einen Überblick über die gesamten textilen Fertigungsverfahren vom Rohstoff über Verfahren und Maschinen der Garnherstellung, Gewebeerstellung, Maschenwarenherstellung, Vliesstoffherstellung, Geflechtherstellung, zur Herstellung von zweidimensionalen Verstärkungstextilien mit multiaxialen Aufbau, der Textilveredlung, der Konfektion bis zur Entsorgung von Textilien. Nach dieser Einführung folgen vertiefende Fachvorlesungen. Die Einführungsvorlesung wird für Studentinnen und Studenten des Textilmaschinenbaus mit der Vertiefungsrichtung Textiltechnik, der Sekundarstufe II mit beruflicher Fachrichtung in dem Fach Textil- und Bekleidungstechnik sowie der Betriebswirtschaft mit dem technischen Fach Textiltechnik angeboten. Wir haben 1994/1995 einen umfangreichen Umdruck für diese Vorlesung erstellt. Dieser Umdruck hat großes Interesse gefunden. Sehr häufig werden Exemplare aus der Industrie geordert. Aus diesem Grunde haben wir uns entschlossen, diesen Umdruck als Lehrbuch herauszugeben.

In der Zwischenzeit habe ich den Vorlesungsumdruck gekürzt, ergänzt und aktualisiert. Das Kapitel „Technische Textilien“ wurde hinzugefügt und wegen der hohen Aktualität relativ umfangreich ausgestaltet. Auch das Kapitel „Entsorgung von Textilien“ wurde wegen der hohen Aktualität wesentlich erweitert. Am Ende der einzelnen Kapitel wurde ein Abschnitt „Beispiele“ hinzugefügt. Unter dieser Überschrift werden drei ausgewählte Produkte erläutert. Für Jeans, Teppiche und Airbags wird die jedem Kapitel zugrunde liegende Prozessstufe besprochen. Auf diese Weise kann eine durchgehende Verbindung zwischen den Kapiteln hergestellt werden. Zur Aktualisierung dieses Lehrbuches habe ich jedem Kapitel einen Abschnitt „Entwicklungsrichtungen“ hinzugefügt. Hier soll in stichwortartiger Dar-

stellung auf zukünftige Entwicklungen hingewiesen werden. Das vorliegende Buch soll nur der Einführung in die Textiltechnik dienen und einen Überblick über die gesamte Prozesskette vermitteln. Zur Vertiefung der einzelnen Themen wird in den Literaturverzeichnissen auf weitergehende Fachliteratur verwiesen. Das vorliegende Buch ist gedacht zur Einführung in die Textiltechnik für Studentinnen und Studenten an Fachhochschulen, Technischen Hochschulen und Universitäten sowie für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Textil- und Bekleidungstechnik, im Textilmaschinenbau und in der Chemiefaserindustrie sowie im Handel. Häufig wollen sich die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Abteilung einer Prozessstufe über die vor- und nachgelagerten Prozessstufen informieren. Hierzu kann das vorliegende Buch dienen.

Bei der Erstellung des Vorlesungsumdrucks im Jahr 1994/1995 haben folgende wissenschaftlichen Mitarbeiter des Institutes für Textiltechnik der RWTH Aachen mitgearbeitet: Herren Dipl.-Ing. E. Berndt, Dipl.-Ing. Th. Bischoff, Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. C. Cherif, Dr.-Ing. E. deWeldige, Dr.-Ing. R. Knein-Linz, Frau Dipl.-Ing. N. Elsasser, Herren Dr.-Ing. R. Kaldenhoff, Dipl.-Ing. M. Leifeld, Dipl.-Ing. O. Maetschke, Dipl.-Ing. K.-U. Moll, Dr.-Ing. M. Osterloh, Dipl.-Ing. M. Pasuch, Dipl.-Ing. M. Reintjes, Frau Dipl.-Ing. G. Satlow, Herr Dipl.-Ing. M. Schneider, Frau Dipl.-Ing. P. Sommer, Herren Dipl.-Ing. D. Veit, Dipl.-Ing. St. Zaremba.

Allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sei dafür herzlich gedankt. Ein besonderer Dank geht an die Mitarbeiterinnen, die bei der redaktionellen Überarbeitung mitgeholfen haben. Dies sind Frau C. Cremer M. A., Frau Dipl.-Ing. N. Elasser, Frau S. Izlakar, Frau M. Steffens. Die redaktionelle Koordination lag bei Frau Dipl.-Ing. N. Elsasser, der an dieser Stelle dafür besonders herzlich gedankt werden soll.

Herr Prof. Dr. h.c. Klaus-Peter Weber vertritt an der RWTH Aachen als Lehrbeauftragter das Fach „Verfahren und Maschinen der Maschenwarenherstellung“. Herr Dipl.-Ing. Adolf Gräber ist Lehrbeauftragter für das Fach „Verfahren und Maschinen der Vliesstoffherstellung“. Beide Herren haben sich freundlicherweise bereit erklärt, Mitautor bei den Kapiteln Verfahren und Maschinen der Maschenwaren- und Vliesstoffherstellung (Kap. 5 und 6) zu sein. Den beiden Kollegen sei dafür herzlich gedankt. Frau Dipl.-Ing. Nicole Elsasser betreut unsere Vorlesung „Verfahren und Maschinen der Textilveredlung“ und ist daher Mitautorin in dem Kapitel 9. Herr Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Thomas Gries hat das Kapitel „Chemiefasern“ (Kap. 2.2 und 2.3) durchgesehen und überarbeitet. Herr Philipp Moll und Herr Dr.-Ing. Georg Tetzlaff vom Institut für Nähtechnik e. V. in Aachen haben „Verfahren und Maschinen der Konfektion“ (Kap. 10) überprüft. Den genannten Herren sei für die Mithilfe sehr herzlich gedankt.

Dem Carl Hanser Verlag danke ich sehr herzlich für die vorzügliche Zusammenarbeit, für gute Ratschläge während der Erstellung des Manuskriptes sowie für die Ausgestaltung dieses Buches.

Aachen im März 1998

Burkhard Wulfhorst

Danksagung

Wir danken den folgenden Unternehmen für die Bereitstellung von Bildmaterial:

- Oerlikon Barmag
Zweigniederlassung der Oerlikon Textile GmbH & Co. KG
Leverkuser Str. 65
42897 Remscheid
<https://www.oerlikon.com/manmade-fibers/de/>
- Beck GmbH
Auf Steingen 22
72459 Albstadt
<http://www.beck-group.biz>
- Coatema Coating Machinery GmbH
Roseller Str. 4
D-41539 Dormagen
<http://www.coatema.de>
- Lindauer Dornier GmbH
Rickenbacher Str. 119
88129 Lindau
<http://www.lindauer-dornier.com>
- August Herzog Maschinenfabrik GmbH & Co. KG
Am Alexanderhaus 160
26127 Oldenburg
<http://www.herzog-online.com>
- Hohenstein Institute
Schlosssteige 1
74357 Bönningheim
<http://www.hohenstein.de>

- Jakob Müller AG
Schulstrasse 14
5070 Frick
Schweiz
<http://www.mueller-frick.com>
- A. Monforts Textilmaschinen GmbH & Co. KG
Blumenberger Str. 143 - 145
41061 Mönchengladbach
<http://www.monforts.de>
- Oerlikon Textile GmbH & Co. KG
Leverkuser Straße 65
42897 Remscheid
<http://www.oerlikon.com>
- Picanol NV
Steverlyncklaan 15
8900 Ypres
Belgien
<http://www.picanol.be>
- Reifenhäuser REICOFIL GmbH & Co. KG
Spicher Straße 46 - 48
53844 Troisdorf
<http://www.reicofil.com>
- Maschinenfabrik Rieter AG
Klosterstraße 20
8406 Winterthur
Schweiz
<http://www.rieter.com>
- Schlafhorst Zweigniederlassung der Saurer Germany & Co. KG
Carlstraße 60
52531 Übach-Palenberg
<http://www.schlafhorst.saurer.com>
- Starlinger & Co. GmbH
Sonnenuhrgasse 4
1060 Wien
Österreich
<http://www.starlinger.com>

- Stäubli International AG
Poststraße 5
8808 Pfäffikon
Schweiz
<http://www.staubli.com>
- Temafa Maschinenfabrik GmbH
An der Zinkhütte 8
51469 Bergisch Gladbach
<http://www.temafa.de>
- Textechno Herbert Stein GmbH & Co. KG
Dohrweg 65
41066 Mönchengladbach
<http://www.textechno.com>
- Trützscher GmbH & Co. KG
Textilmaschinenfabrik Duvenstraße 82 - 92
D-41199 Mönchengladbach
<http://www.truetzschler.com>
- Zwick GmbH & Co. KG
August-Nagel-Str. 11
89079 Ulm
<http://www.zwick.de>

Autoren



Prof. Thomas Gries leitet seit 2001 das Institut für Textiltechnik und den damit verbundenen Lehrstuhl für Textilmaschinenbau der RWTH Aachen University. Davor war er mehrere Jahre im Chemiefaser-Anlagenbau in leitender Funktion tätig. Thomas Gries ist Mitglied der Akademie der Wissenschaften NRW und ein international anerkannter Reviewer zahlreicher Zeitschriften. Darüber hinaus ist er Autor und Co-Autor zahlreicher Bücher und Buchkapitel zu Themen der Textiltechnik. Für seine wissenschaftlichen Arbeiten in den Gebieten Textilmaschinenbau, Chemiefaserherstellung und -verarbeitung,

Technische Textilien und Faserverbundwerkstoffe sowie Medizintextilien und Smart Textiles erhielt er zahlreiche Preise und Auszeichnungen.



Dr. Dieter Veit ist seit 2001 akademischer Direktor des Instituts für Textiltechnik und des damit verbundenen Lehrstuhls für Textilmaschinenbau der RWTH Aachen University. Er ist ein ausgewiesener Experte auf dem Gebiet der Chemiefasertechnik und der Simulation textiler Prozesse und Maschinen. Dieter Veit ist Reviewer mehrerer internationaler Zeitschriften und Autor sowie Co-Autor mehrerer Bücher zu Themen aus der Textiltechnik. Für seine wissenschaftlichen und didaktischen Leistungen im Rahmen seiner Tätigkeit an der RWTH Aachen erhielt er zahlreiche Preise.

Prof. Burkhard Wulfhorst (1936 bis 2011) leitete von 1986 bis 2001 das Institut für Textiltechnik und den damit verbundenen Lehrstuhl für Textilmaschinenbau der RWTH Aachen University. Als gelernter Weber und Maschinenbauingenieur mit Schwerpunkt Textiltechnik sowie durch seine langjährige Tätigkeit in leitenden Funktionen im Textilmaschinenbau war er ein ausgewiesener Experte auf dem

Gebiet der Textiltechnik. Für seine zahlreichen, oft bahnbrechenden Arbeiten auf dem Gebiet der Textilforschung erhielt er viele Preise und Ehrungen. Er war verantwortlich als Herausgeber und Hauptautor für die erste Auflage.

■ Co-Autoren

Kapitel 4 „Gewebeherstellung“	Dr.-Ing. Christopher Lenz, Dr.-Ing. Heiko Schenuit, Dr.-Ing. Georg Tetzlaff
Kapitel 5 „Maschenwarenherstellung“	Dr.-Ing. Viktoria Schrank, Prof. Dr. h. c. Klaus-Peter Weber, Dr.-Ing. Achim Hehl
Kapitel 6 „Vliesstoffe“	Adolf Gräber, Prof. Dr.-Ing. Stefan Schlichter
Kapitel 8 „Gelegeherstellung“	Dr.-Ing. Andreas Schnabel
Kapitel 9 „Textilveredelung“	Dr.-Ing. Nicole Saeger
Kapitel 10 „Konfektion“	Dr.-Ing. Volker Niebel
Kapitel 11 „Technische Textilien“	Dr.-Ing. Philipp Schuster
Kapitel 12 „Textile Bodenbeläge“	Sophia Gelderblom, Dr.-Ing. Christiane Finetti-Imhof, Dirk Hanuschik, Thomas Brunke, Dr.-Ing. Jens-Christian Winkler, Dr.-Ing. Bayram Aslan
Kapitel 15 „Simulation“	Dr.-Ing. Yves-Simon Gloy
Kapitel 16 „Textilproduktion der Zukunft“	Dr.-Ing. Yves-Simon Gloy

Inhalt

Vorwort zur 3. Auflage	V
Vorwort zur 2. Auflage	VI
Vorwort zur 1. Auflage	VI
Danksagung	IX
Autoren	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Warum gibt es Fasern und Textilien?	1
1.1.1 Festigkeit und Dehnung	2
1.1.2 Oberfläche und Porosität	3
1.1.3 Mechanik von Festkörpern und textilen Strukturen	4
1.2 Geschichtliche Entwicklung der Textiltechnik	5
1.3 Fertigungsstufen	8
1.4 Typische Produkte aus Natur- und Chemiefasern	12
1.5 Garne	15
1.6 Textilien	15
1.7 Textile Produkte	18
1.8 Multiskalenmodell	22
1.9 Bedeutung der Textilindustrie	22
1.10 Welthandel mit Textilien	26
2 Rohstoffe	29
2.1 Naturfasern	31
2.1.1 Pflanzliche Fasern	33
2.1.1.1 Baumwolle (CO)	33
2.1.1.2 Flachs (Leinen) (LI)	37
2.1.1.3 Weitere Bast- und Hartfasern	43

2.1.2	Tierische Fasern	44
2.1.2.1	Wolle (Schafwolle) und feine Tierhaare (WO)	44
2.1.2.2	Seide (Maulbeerseide) (SE)	48
2.1.3	Mineralische Fasern	50
2.2	Chemiefasern	51
2.2.1	Herstellungsverfahren	52
2.2.2	Chemiefasern aus natürlichen Polymeren	56
2.2.2.1	Viskosefasern (CV)	57
2.2.2.2	Lyocellfasern (CLY)	60
2.2.2.3	Cuprofasern (CUP)	63
2.2.2.4	Acetatfasern (CA)	65
2.2.3	Chemiefasern aus synthetischen Polymeren	67
2.2.3.1	Bildungsmechanismen zur Erzeugung von Makromolekülen	67
2.2.4	Chemiefasern aus anorganischen Rohstoffen	72
2.2.4.1	Glasfasern (GF)	72
2.2.4.2	Carbonfasern (CF)	75
2.2.4.3	Metallfasern	77
2.2.5	Weiterverarbeitung	79
2.2.5.1	Verstrecken	79
2.2.5.2	Texturieren	82
2.2.5.3	Herstellung von Spinnfasern	86
2.3	Beispiele	88
2.3.1	Jeans	88
2.3.2	Teppich	89
2.3.3	Airbag	91
3	Garnherstellung	97
3.1	Baumwollspinnverfahren	97
3.1.1	Vorbereitungsmaschinen	100
3.1.1.1	Ballenabarbeitung	101
3.1.1.2	Öffnen, Reinigen	101
3.1.1.3	Mischen	102
3.1.1.4	Kardieren	104
3.1.1.5	Strecke	106
3.1.1.6	Bandvergleichmäßigung	107
3.1.2	Kämmerei	108
3.1.2.1	Kämmmaschine	110
3.1.3	Ringspinnverfahren	112
3.1.3.1	Flyer	112
3.1.3.2	Ringspinnmaschine	113

3.1.4	Nichtkonventionelle Spinnverfahren	115
3.1.4.1	OE-Rotorspinnen	116
3.1.4.2	Luftechtdrahtspinnen	119
3.1.4.3	Luftfalschdraht-Umwindespinnen	121
3.1.4.4	Übersicht: weitere nichtkonventionelle Spinnverfahren ...	122
3.1.4.5	Vergleich: Spinnverfahren	122
3.2	Spezielle Spinnverfahren	123
3.2.1	Streichgarnverfahren	123
3.2.1.1	Krempel	124
3.2.1.2	Nichtkonventionelle Streichgarnspinnverfahren	127
3.2.2	Kammgarnspinnverfahren	128
3.2.2.1	Doppelnadelstabstrecke, Kettenstrecke	130
3.2.3	Halbkammgarnspinnverfahren	132
3.3	Entwicklungsrichtungen	133
3.3.1	Vorbereitungsmaschinen	133
3.3.2	Herstellung von Spinnfasergarnen mit klar definierten Eigenschaftsprofilen	133
3.3.3	Produktionssteigerung durch Erhöhung der Spindeldrehzahl bei Ringspinnmaschinen	134
3.3.4	Ring/Läufer-Kombination	134
3.3.5	Bandverspinnung	134
3.3.6	Kompakt- und Verdichtungsspinnen	135
3.3.7	Nichtkonventionelle Spinnverfahren	135
3.3.8	Prozessleittechnik	135
3.4	Faser- und Garnnummerierungen	136
3.4.1	Längenummerierung	136
3.4.2	Gewichtsnummerierung	137
3.5	Berechnungsgrundlagen	139
3.5.1	Vorbereitungsmaschinen	139
3.5.2	Kämmerei	139
3.5.3	Ringspinnen	140
3.5.4	Rotorspinnen	140
3.6	Beispiele	141
3.6.1	Jeans	141
3.6.2	Teppich	141
3.6.3	Airbag	141

4 Gewebeherstellung	143
<i>Co-Autoren: C. Lenz, G. Tetzlaff</i>	
4.1 Produktionsverfahren	143
4.2 Webereivorbereitung	145
4.2.1 Spulen	145
4.2.2 Zwirnen	147
4.2.3 Kettbaumherstellung	150
4.2.4 Zetteln	151
4.2.5 Schären	151
4.2.6 Schlichten	152
4.3 Gewebekonstruktion	153
4.3.1 Gewebedefinitionen	153
4.3.2 Rapport	153
4.3.3 Flottierung	153
4.3.4 Bindungspatrone	153
4.3.5 Bindungskurzzeichen	153
4.3.6 Grundbindungen	154
4.3.6.1 Leinwandbindung	154
4.3.6.2 Körperbindung	155
4.3.6.3 Atlasbindung	155
4.3.7 Besondere Verbindungstechniken	156
4.3.7.1 Cord und Schusssamt	156
4.3.7.2 Frottiergewebe	156
4.3.7.3 Doppelgewebe	156
4.4 Aufbau und Funktion von Webmaschinen	157
4.4.1 Kettablasssysteme	159
4.4.2 Exzentermaschinen	159
4.4.3 Schaftmaschinen	159
4.4.4 Jacquardmaschinen	161
4.4.5 Schützenwebmaschine	163
4.4.6 Projektilwebmaschine	164
4.4.7 Greiferwebmaschine	164
4.4.8 Düsenwebmaschine	166
4.4.9 Rundweben mit Wellenfach	167
4.4.10 Schusseintragsleistung	169
4.4.11 Bandweben	170
4.4.12 Open-Reed-Weaving	171
4.5 Entwicklungsrichtungen	173
4.6 Beispiele	174
4.6.1 Jeans	174

4.6.2	Teppich	175
4.6.3	Airbag	177

5 Maschenwarenherstellung 181

Co-Autoren: V. Schrank, K.-P. Weber, A. Hehl

5.1	Gestricke	183
5.1.1	Aufbau und Struktur	183
5.1.2	Maschenbildung	185
5.1.2.1	Jacquardtechnik	187
5.1.3	Strickmaschinen	189
5.1.3.1	Flachstrickmaschinen	189
5.1.3.2	Rundstrickmaschinen	190
5.1.3.3	Abstandsstrickmaschinen	193
5.2	Wirken	194
5.2.1	Aufbau und Struktur	194
5.2.2	Wirkmaschinen	196
5.2.2.1	Kulierwirkmaschinen	196
5.2.2.2	Kettenwirkmaschinen	197
5.2.2.3	Abstandsgewirke	200
5.3	Entwicklungsrichtungen	201

6 Vliesstoffe 205

Co-Autoren: A. Gräber, S. Schlichter

6.1	Grundlagen	205
6.2	Markt	207
6.3	Rohstoffe	209
6.4	Herstellungsverfahren	209
6.4.1	Vliesbildung	211
6.4.1.1	Mechanische Vliesbildung	211
6.4.1.2	Aerodynamische Vliesbildung	215
6.4.1.3	Hydrodynamische Vliesbildung	216
6.4.1.4	Spinnvlies-Verfahren	218
6.4.1.5	Marktbedeutung	220
6.4.2	Vliesverfestigung	221
6.4.2.1	Mechanische Vliesverfestigung	221
6.4.2.2	Thermische Vliesverfestigung	223
6.4.2.3	Chemische Vliesverfestigung	224
6.4.2.4	Verfestigung durch Nähwirken	225
6.4.2.5	Marktanteile	225

6.5	Trocknung	226
6.6	Ausrüstung	227
6.6.1	Verfahren zur Verbesserung des textilen Falls	227
6.6.2	Verfahren aus der Lederausrüstung	228
6.6.3	Heißsiegelbeschichtungen	228
6.7	Einsatzgebiete	229
7	Geflechtherstellung	231
7.1	Einteilung der Geflechte	232
7.1.1	Muster	233
7.2	Flechtverfahren	234
7.2.1	Konventionelle Flechtverfahren	234
7.2.1.1	Litzenflechtmaschinen	234
7.2.1.2	Spitzenflechtmaschinen	236
7.2.1.3	Packungsflechter	237
7.2.2	Verfahren zur Herstellung von dreidimensionalen Geflechten ...	238
7.2.2.1	Rundflechten (Multilayer-Interlock-Braiding oder Through-The-Thickness-Braiding) und Umflechten	238
7.2.2.2	Magnaweave/Omniweave oder 4-Step-Braiding-Verfahren	240
7.2.2.3	2-Step-Braiding-Verfahren	241
7.2.2.4	Weiterentwicklungen der bisher genannten Verfahren ..	242
7.2.2.5	3D-Rotationsflechttechnik	242
7.3	2D- und 3D-Geflechte	244
7.4	Entwicklungsrichtungen	248
8	Gelegeherstellung	249
	<i>Co-Autor: A. Schnabel</i>	
8.1	Vom Kettengewirk zum multiaxialen Gelege	250
8.2	Biaxiale Gelege	252
8.2.1	Struktur	253
8.2.2	Prinzip	253
8.2.3	Stichtypen	254
8.3	Multiaxiale Gelege (MAG)	255
8.3.1	Struktur	255
8.3.2	Prinzip	256
8.4	Abstandsgelege	258
8.4.1	Aufbau der Struktur	258
8.4.2	Prinzip	258

8.5	Gestrickte Gelege	259
8.5.1	Aufbau der Struktur	259
8.5.2	Prinzip	260
8.6	Entwicklungsrichtungen	260
9	Textilveredelung	263
	<i>Co-Autor: N. Saeger</i>	
9.1	Vorbehandlung	264
9.1.1	Trockenvorbehandlung	264
9.1.2	Nassvorbehandlung	265
9.1.3	Faserstoffspezifische Vorgänge	270
9.1.3.1	Baumwolle	270
9.1.3.2	Wolle	272
9.1.3.3	Seide	274
9.2	Trocknen	274
9.3	Farbgebung	277
9.3.1	Färben	277
9.3.2	Drucken	280
9.4	Appretur	284
9.4.1	Chemische Appretur	285
9.4.2	Mechanische Appretur	285
9.4.3	Thermische Appretur	286
9.5	Beschichten	286
9.6	Entwicklungsrichtungen	288
9.7	Beispiele	289
9.7.1	Jeans	289
9.7.2	Teppiche	289
9.7.3	Airbag	290
10	Konfektion	293
	<i>Co-Autor: V. Niebel</i>	
10.1	Teilen	294
10.1.1	Schnittbilderstellung	295
10.1.2	Richtungsorientierung	295
10.1.3	Musterorientierung	296
10.1.4	Schnittbildarten	296
10.1.5	Verfahren zur Schnittbilderstellung/Übertragung	296
10.1.6	Zuschneiden	297
10.1.7	Markieren	298
10.1.8	Arbeitsvorbereitung	298

10.2 Fügeverfahren in der Konfektion	298
10.2.1 Nähen	299
10.2.1.1 Fadengeberhebel	304
10.2.1.2 Fadenspannungsvorrichtungen	304
10.2.1.3 Transport	304
10.2.1.4 Systematik der Nähnähte	304
10.2.2 Kleben und Fixieren	308
10.2.3 Schweißen	308
10.3 Formen	313
10.4 Automatisierung	314
10.5 Entwicklungsrichtungen	320
11 Technische Textilien	323
<i>Co-Autor: P. Schuster</i>	
11.1 Definitionen von Technischen Textilien	323
11.2 Beispiele für Technische Textilien	324
11.2.1 Faserverbundwerkstoffe (FVW)	324
11.2.2 Förderbänder	325
11.2.3 Reifen	326
11.2.4 Sicherheitstextilien (Mobiltech, Protech)	328
11.2.4.1 Mobiltextilien	328
11.2.4.2 Airbag	329
11.2.4.3 Panzerung von Automobilen	330
11.2.4.4 Schutzkleidung für die Feuerwehr	332
11.2.5 Textilien für den Hoch- und Tiefbau (Buildtech)	333
11.2.5.1 Textilbewehrter Beton	333
11.2.5.2 Beschichtete Textilien	336
11.2.6 Geotextilien (Geotech)	337
11.2.7 Textilien in der Medizin (Medtech)	345
11.2.7.1 Hygienetextilien	346
11.2.7.2 Medizintextilien	347
11.3 Entwicklungsrichtungen	353
12 Herstellung textiler Bodenbeläge	357
<i>Co-Autoren: S. Gelderblom, C. Finetti-Imhof, D. Hanuschik, Th. Brunke, J.-C. Winkler, B. Aslan</i>	
12.1 Aufbau und Terminologie von textilen Bodenbelägen	357
12.2 Wirtschaftliche Bedeutung von textilen Bodenbelägen in Europa	359
12.3 Faser- und Garnmaterialien textiler Bodenbeläge	360

12.4	Herstellungsverfahren für textile Bodenbeläge	360
12.4.1	Knüpfen	360
12.4.2	Tufting	361
12.4.2.1	Historische Entwicklung	361
12.4.2.2	Tuftingprozess im Allgemeinen	361
12.4.2.3	Maschineneinteilung	364
12.4.2.4	Musterungstechniken	370
12.4.2.5	Peripherie	372
12.4.3	Nadelvlies	373
12.4.4	Weben	376
12.4.5	Klebspol	378
12.4.6	Flocken	380
12.5	Rückenausrüstung	380
12.5.1	Funktionen der Rückenausrüstung	380
12.5.2	Vorstrich	381
12.5.3	Textiler Zweitrücken	383
12.5.4	Schwerbeschichtungen	384
12.5.5	Schaumbeschichtungen	385
12.5.6	Quellluftfähige Rückenausrüstungen	385
12.5.7	Konfektionierung	385
12.6	Farbgebung	386
12.6.1	Anforderungen	386
12.6.2	Farb- und Hilfsstoffe	386
12.6.3	Spinnfärbung	386
12.6.4	Flockefärbung	387
12.6.5	Garnfärbung	387
12.6.6	Stückfärbung	387
12.6.7	Druckverfahren	389
12.7	Scheren	393
12.8	Prüfung textiler Bodenbeläge	393
12.8.1	Gesetzliche Grundlagen	393
12.8.2	Emissionen	394
12.8.3	Brandverhalten	395
12.8.4	Einstufung	397
12.9	Recycling von textilen Bodenbelägen und zukünftige Herausforderungen	399
13	Textile Prüfungen	403
13.1	Normen	403
13.2	Prüfklima	404
13.2.1	Bestimmung des Prüfklimas	404

13.3 Prüfungen an Fasern	406
13.3.1 Feinheit	406
13.3.1.1 Bedeutung	406
13.3.1.2 Kenngrößen	407
13.3.1.3 Messverfahren	407
13.3.2 Faserlänge	409
13.4 Prüfungen an Garnen	411
13.4.1 Feinheit	411
13.4.1.1 Weifverfahren	412
13.4.2 Drehung	412
13.4.2.1 Spinnfasergarne	413
13.4.2.2 Filamentgarne	413
13.4.2.3 Zwirne	413
13.4.3 Mechanische Kennwerte	413
13.4.3.1 Messung	414
13.4.4 Ungleichmäßigkeit	416
13.4.4.1 Messprinzip	416
13.4.4.2 Diagramm	417
13.4.4.3 CV-Wert	417
13.4.4.4 Normal-Spektrogramm	419
13.5 Prüfungen an Textilien	420
13.5.1 Geometrie und Konstruktion	420
13.5.1.1 Dicke	420
13.5.1.2 Länge und Breite	421
13.5.2 Festigkeit und Dehnung	422
13.5.3 Verhalten gegenüber Wasser	423
13.5.3.1 Wasseraufnahmevermögen	423
13.5.3.2 Wasserrückhaltevermögen	424
13.5.3.3 Wasserabweisendes Verhalten	424
13.6 Prüfungen an konfektionierten Textilien	425
13.6.1 Oberflächenveränderung	425
13.6.1.1 Scheuerverhalten	426
13.6.1.2 Pilling	427
13.6.2 Verhalten gegenüber Feuchte und Wasser	428
13.6.2.1 Maßänderung	428
13.6.3 Farbechtheit	429
13.6.3.1 Begriffe	430
13.6.3.2 Graumaßstäbe	430
13.6.3.3 Blaumaßstab (DIN EN ISO 105-B01 und -B02)	431
13.6.4 Fall und Drapierbarkeit	432
13.6.4.1 Messverfahren	433

13.7	Bekleidungsphysiologische Prüfungen	433
13.7.1	Wärmehaushalt des Körpers	434
13.7.2	Hohensteiner Hautmodell	436
13.7.3	Thermoregulationsmodell	437
13.8	Prüfungen an technischen Textilien	438
13.8.1	Fasern	438
13.8.2	Garne	438
13.8.3	Textilien	439
13.8.4	Composites/Faserverbundwerkstoffe	439
13.9	Entwicklungsrichtungen	439
14	Entsorgung von Textilien	441
14.1	Stoffkreislauf in der Textilindustrie	442
14.1.1	Lebensstufen eines Produktes	442
14.1.2	Kreislaufwirtschaftsgesetz und Warenkennzeichnung	445
14.2	Stoffliches Recycling	446
14.2.1	Faserrückgewinnung	446
14.2.2	Bekleidung	447
14.2.3	Teppichböden	449
14.2.4	Autotextilien	450
14.2.5	Aufbereitung und Verarbeitung von Sekundärfasern	451
14.2.6	Thermisches Stoffrecycling	456
14.2.7	Depolymerisation	457
14.3	Thermisches Recycling	457
14.4	Deponierung	458
14.5	Umweltschutz in der Textilwirtschaft	458
14.5.1	Umweltfreundliche Produktionsverfahren	459
14.5.2	Öko-Labels	461
14.5.2.1	Öko-Tex Standard 100 und 1000	461
14.5.2.2	Ecoproof	462
14.5.2.3	EU Öko-Label	463
14.6	Entwicklungsrichtungen	464
14.7	Beispiele	464
14.7.1	Jeans	464
14.7.2	Teppich	464
14.7.3	Airbag	465

15 Simulation	467
<i>Co-Autor: Y.-S. Gloy</i>	
15.1 Arten der Simulation	467
15.2 Wirtschaftlichkeit und Verifikation	468
15.3 Modellbildung	468
15.3.1 Arten der Modellbildung	468
15.3.1.1 White Box-Modell	469
15.3.1.2 Black Box-Modell	469
15.3.1.3 Grey Box-Modell	469
15.3.1.4 Möglichkeiten der Vereinfachung	469
15.3.2 Wissensbasierte Modelle	470
15.3.3 Expertensysteme	470
15.3.3.1 Fallbasierte Systeme	470
15.3.3.2 Regelbasierte Systeme	471
15.3.3.3 Entscheidungsbäume	471
15.3.3.4 Anwendungen	471
15.4 Analytische Simulation von Maschinen und Prozessen	472
15.4.1 Garnherstellung	473
15.4.2 Gewebeerstellung	476
15.4.3 Veredelung	478
15.4.4 Empfehlungen zur Vorgehensweise	478
15.5 Numerische Simulation von Maschinen und Prozessen	479
15.5.1 Neuronale Netze	479
15.5.1.1 Biologische Grundlagen	479
15.5.1.2 Modell	481
15.5.1.3 Anwendungen	482
15.5.1.4 Empfehlungen zur Vorgehensweise	488
15.5.2 Genetische und evolutionäre Algorithmen	489
15.5.2.1 Grundlagen	489
15.5.2.2 Evolutionstheorie	490
15.5.2.3 Genotyp und Phänotyp	491
15.5.2.4 Mathematisches Modell	491
15.5.2.5 Anwendungen	492
15.5.3 Fuzzy-Logik	494
15.5.3.1 Grundlagen	494
15.5.3.2 Mathematisches Modell	494
15.5.3.3 Anwendungen	496
15.5.3.4 Empfehlungen zur Vorgehensweise	497

15.6 Simulation von Garnen und textilen Strukturen	497
15.6.1 Garne	497
15.6.2 Textile Strukturen	498
15.7 Industrie 4.0 – Leitsysteme und kognitive Maschinen	499
16 Textilproduktion der Zukunft	505
<i>Co-Autor: Y.-S. Gloy</i>	
Index	513

1

Einleitung

■ 1.1 Warum gibt es Fasern und Textilien?

Seit vielen tausend Jahren verwenden Menschen Fasern und Textilien. Das bekannteste Produkt und mengenmäßig immer noch das wichtigste ist Bekleidung. Textilien werden aber auch für medizinische Zwecke eingesetzt. So wurden z. B. Wundauflagen aus Seide schon in der Antike verwendet. Heutzutage werden auch Teile von Organen, Blutgefäße und Bänder aus textilen Strukturen hergestellt. Ohne Faserverbundwerkstoffe gäbe es keine modernen Flugzeuge und auch im Häuser- und Straßenbau werden immer mehr Fasern und Textilien eingesetzt. Filter bestehen ebenfalls fast immer aus textilen Strukturen, wobei ganz unterschiedliche Werkstoffe verwendet werden, z. B. Polyester, Polyamid und Stahl.

Warum werden für diese ganz unterschiedlichen Produkte nun Fasern und Textilien gebraucht? Dafür gibt es drei Gründe:

- Ihre *mechanischen Eigenschaften* (z. B. Festigkeit, Dehnung, Schrumpf, E-Modul) die in weiten Grenzen gezielt eingestellt werden können.
- Ihre große *Oberfläche* relativ zum Gewicht verbunden mit einer
- *definierten Porosität*.