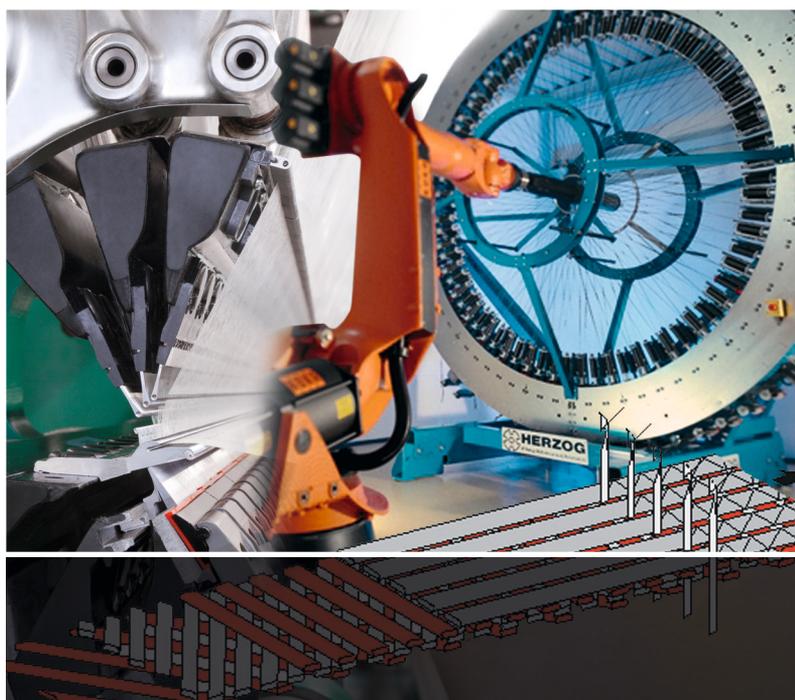


Thomas Gries  
Dieter Veit  
Burkhard Wulfhorst

# Textile Fertigungsverfahren

Eine Einführung



3., aktualisierte und erweiterte Auflage

HANSER



**Blieben 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**

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

Lektorat: Ulrike Wittmann

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

<b>Vorwort zur 3. Auflage</b> .....	<b>V</b>
<b>Vorwort zur 2. Auflage</b> .....	<b>VI</b>
<b>Vorwort zur 1. Auflage</b> .....	<b>VI</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>IX</b>
<b>Autoren</b> .....	<b>XIII</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
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
<b>2 Rohstoffe</b> .....	<b>29</b>
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
<b>3</b>	<b>Garnherstellung .....</b>	<b>97</b>
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

<b>4 Gewebeherstellung</b> .....	<b>143</b>
<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
<b>7</b>	<b>Geflechtherstellung .....</b>	<b>231</b>
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
<b>8</b>	<b>Gelegeherstellung .....</b>	<b>249</b>
	<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
<b>9</b>	<b>Textilveredelung .....</b>	<b>263</b>
	<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
<b>10</b>	<b>Konfektion .....</b>	<b>293</b>
	<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
<b>11 Technische Textilien .....</b>	<b>323</b>
<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
<b>12 Herstellung textiler Bodenbeläge .....</b>	<b>357</b>
<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
<b>13</b>	<b>Textile Prüfungen .....</b>	<b>403</b>
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
<b>14</b>	<b>Entsorgung von Textilien .....</b>	<b>441</b>
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

<b>15 Simulation</b> .....	<b>467</b>
<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
<b>16 Textilproduktion der Zukunft .....</b>	<b>505</b>
<i>Co-Autor: Y.-S. Gloy</i>	
<b>Index .....</b>	<b>513</b>



# 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*.