

# HANSER



## Leseprobe

zu

## Textile Fertigungsverfahren

von Thomas Gries, Dieter Veit  
und Burkhard Wulforst

ISBN (Buch): 978-3-446-45684-6

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

Weitere Informationen und Bestellungen unter  
<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-45684-6>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

## ■ 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*

# 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 Köperbindung .....	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
<b>5</b>	<b>Maschenwarenherstellung .....</b>	<b>181</b>
	<i>Co-Autoren: V. Schrank, K.-P. Weber, A. Hehl</i>	
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
<b>6</b>	<b>Vliesstoffe .....</b>	<b>205</b>
	<i>Co-Autoren: A. Gräber, S. Schlichter</i>	
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 Gewebeherstellung .....	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

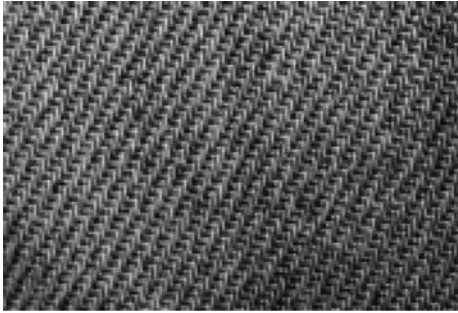
## Einleitung

### ■ 1.1 Warum gibt es Fasern und Textilien?

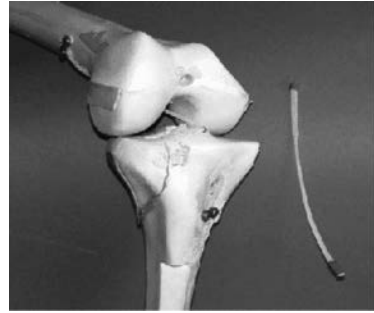
Seit vielen tausend Jahren verwenden Menschen Fasern und Textilien. Das bekannteste Produkt und mengenmäßig immer noch das wichtigste ist Bekleidung. Textilien werden aber auch für medizinische Zwecke eingesetzt. So wurden z. B. Wundauflagen aus Seide schon in der Antike verwendet. Heutzutage werden 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*.



Jeansstoff



Textiles Implantat



Airbag



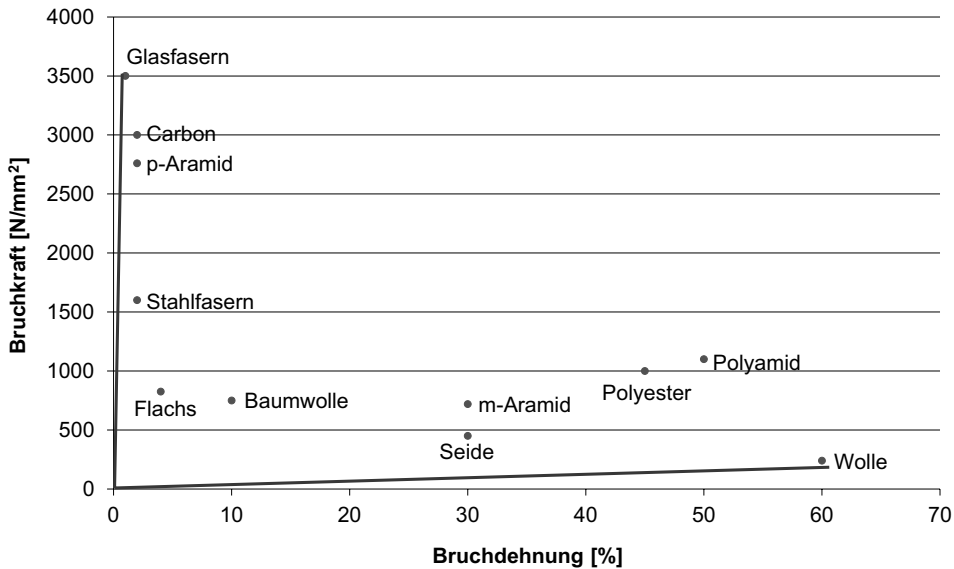
Radaufhängung aus FVK (Foto: Julian Eichhoff)

**Bild 1.1** Typische textile Produkte

### 1.1.1 Festigkeit und Dehnung

Fasern besitzen entlang ihrer Achse eine sehr hohe Festigkeit. Werden aus Fasern Garne hergestellt, so vervielfacht sich die Festigkeit, z. B. durch die aufgebrachte Drehung. Aus Fasern und Garnen erzeugte Textilien besitzen dann in alle Richtungen, in denen Fasern oder Garne liegen, entsprechend hohe Festigkeiten. So können Textilien sehr belastungsgerecht konstruiert und hergestellt werden. Gleichzeitig werden die eingesetzten Materialien optimal ausgenutzt, denn Fasern und Garne können nur in die Richtungen eingebracht werden, in die auch Kräfte und Momente wirken. Somit ist für textile Strukturen häufig wesentlich weniger Material erforderlich als für klassische Werkstoffe wie z. B. Metall. Daher sind Fasern und Textilien ideal geeignet für den Leichtbau, z. B. im Automobilbau, in der Luft- und Raumfahrt, in der Bauindustrie und in der Medizin sowie im Sport. Neben der Festigkeit können auch Dehnung und E-Modul je nach Belastungsfall optimal eingestellt werden. Dies ist so mit keinem anderen Werkstoff möglich. Das Bild 1.2 zeigt beispielhaft typische Bruchkraft- und Bruchdehnungswerte verschiedener

Fasermaterialien. Innerhalb des markierten Bereiches liegen die Eigenschaften noch vieler anderer Fasern. Nicht dargestellt ist z. B. Elastan mit einer Festigkeit von ca.  $165 \text{ N/mm}^2$  bei einer Dehnung von bis zu 700%.

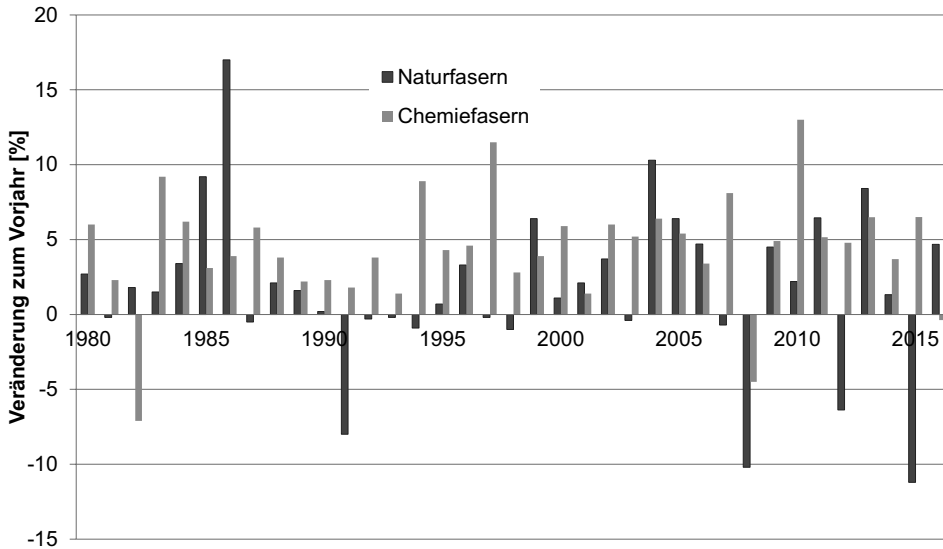


**Bild 1.2** Typische maximale Festigkeits- und Dehnungswerte von Fasern

### 1.1.2 Oberfläche und Porosität

Fasern und Textilien können aber noch mehr. Die geometrischen Eigenschaften einer textilen Struktur können in weiten Grenzen verändert werden. So sind sowohl sehr dichte als auch sehr offene Textilien möglich. Bei offenen Textilien kommt hinzu, dass die Fasern und Garne relativ zu ihrer Masse eine sehr große Oberfläche besitzen. Daher werden Fasern und Textilien immer dort eingesetzt, wo mit wenig Material eine möglichst große Oberfläche erzielt werden soll. Typische Anwendungen dieser Art sind Filter und Windeln, aber auch medizinische Implantate. Dort wird neben einer belastungsgerechten Struktur insbesondere eine definierte und meist große Oberfläche gefordert, damit sich körpereigene Zellen ansiedeln können. Auch in der variablen Einstellbarkeit von Oberfläche und Porosität sind Fasern und Textilien allen anderen Werkstoffen weit überlegen. Das Bild 1.3 zeigt links die Aufnahme eines typischen Vliesstoffs. Es ist klar zu erkennen, dass alle Fasern in diesem Beispiel nur an wenigen Punkten andere Fasern berühren. Dadurch ist die „freie Oberfläche“ solcher Strukturen sehr groß. Im rechten Teil des Bildes ist ein Gewebe zu sehen, bei dem im Gegensatz dazu alle Garne sehr dicht beieinander liegen. Dadurch ist die „freie Oberfläche“ sehr gering und die Porosität ist entsprechend niedrig.

Wie die Entwicklung der letzten Jahre zeigt, ist der steigende Faserverbrauch zum größten Teil durch Chemiefasern gedeckt worden, was sich zukünftig nicht ändern wird (Bild 2.4).



**Bild 2.4** Veränderung der erzeugten Natur- und Chemiefasern zum Vorjahr [Engelhardt, 2017]

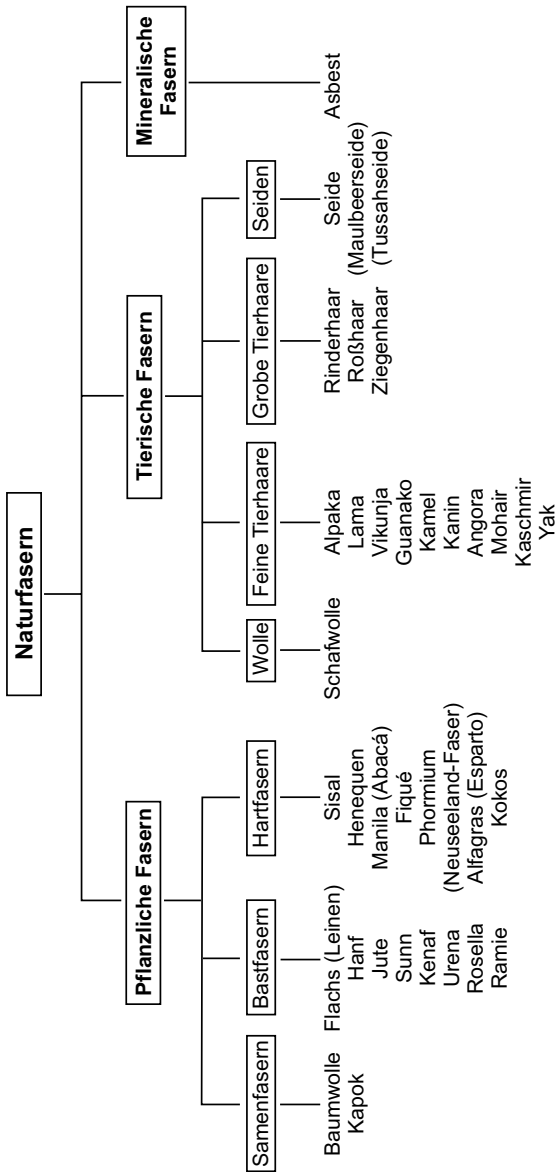
## ■ 2.1 Naturfasern

Generell werden Naturfasern in pflanzliche, tierische und mineralische Fasern unterschieden (Bild 2.5). Die mengenmäßig wichtigsten Vertreter sind jeweils Baumwolle, Wolle und Asbest. Naturfasern werden in fast allen Ländern der Welt erzeugt, je nach den klimatischen und geographischen Gegebenheiten. Im Folgenden werden nur die für den industriellen Einsatz relevanten Faserstoffe vorgestellt.

Die Tabelle 2.1 enthält eine Übersicht über die wichtigsten Faserkennwerte. Die Feinheit von Fasern wird meist in der Einheit [dtex] angegeben.

$$[\text{dtex}] = \frac{g}{10\,000\,m} \quad (2.1)$$

Bei Fasern mit rundem Querschnitt, z. B. bei Wolle, ist die Angabe des Durchmessers in  $\mu\text{m}$  üblich, bei Chemiefasern wird oft in „Denier“ gerechnet. Weitere Angaben zu Faser- und Garnnummerierungen befinden sich in Abschnitt 3.4.



**Bild 2.5** Einteilung der Naturfasern [DIN 60 001, 1990]



### 2.1.1 Pflanzliche Fasern

Die pflanzlichen Fasern werden meist unterschieden in Samenfasern (Faser ist mit dem Samen verbunden), Bastfasern (Fasern stabilisieren den Stängel) und Hartfasern (Fasern stabilisieren das Blatt).

#### 2.1.1.1 Baumwolle (CO)

Die ältesten Funde von Textilien aus Baumwolle stammen aus der Zeit um 5800 v. Chr. Es wurden in Mexiko Reste von Baumwollkapseln und Textilien gefunden. Gewebefragmente und Schnurstücke stammen von Ausgrabungsstätten am Unterlauf des Indus im heutigen Pakistan. Sie werden auf die Zeit um 3000 v. Chr. datiert [Koch, 1964]. Ausgrabungen in Pakistan erbrachten mehr als 9000 Jahre alte Baumwollsamensamen. In Europa wurde die Baumwolle dagegen erst im Mittelalter bekannt. Sie wurde durch Araber über Nordafrika um 1000 n. Chr. nach Sizilien und Spanien gebracht und dort auch angebaut.

In Nordamerika begann der Anbau in den so genannten alten Baumwollstaaten Florida, North und South Carolina, Louisiana und Georgia erst im 17. und 18. Jahrhundert. Wegen der mühsamen Handarbeit bei der Ernte und Entkörnung (Egrenierung, Ginnen) blieb der Welthandel mit Rohbaumwolle zunächst gering. Ein Arbeiter konnte an einem Tag maximal 600 g entkörnte Baumwollfasern erzeugen. Erst die Erfindung der Entkörnungsmaschine 1793 durch E. Whitney und die Mechanisierung der Verarbeitung leiteten den Aufschwung ein. Die Maschine erbrachte die Leistung von 1000 Arbeitern. Dadurch stieg die Erzeugung stark an. Mit der Baumwollverarbeitung begann auch die Industrialisierung Europas. Der Baumwollanteil lag 1937 weiterhin bei rund 80%, die Produktion bei rund 8,5 Mio. t. Heute liegt der Anteil der Baumwolle bei etwa 50% am Gesamtfaseraufkommen, und die Produktion beträgt jährlich 18 Mio. t.

Der Anbau der Baumwolle erfolgt heute in rund 75 Ländern auf durchschnittlich 32 Mio. ha. Das sind rund 0,8% der landwirtschaftlich genutzten Fläche der Welt. Der Weltdurchschnittsertrag lag 2012 bei 745 kg/ha. Je nach Land werden sehr unterschiedliche Erträge erzielt, die zwischen 150 kg/ha (Kongo) und 1400 kg/ha (Australien) liegen.

Die wichtigsten Produktionsländer sind gegenwärtig China, Indien, die USA, Pakistan, Brasilien, Usbekistan und Australien. Fasst man die fünf größten Erzeugerländer zusammen, so produzieren diese nahezu 75% der Baumwolle in der Welt. Die zehn größten Erzeuger haben einen Anteil von rund 87%.

**Tabelle 2.1** Mechanische Kennwerte wichtiger Naturfasern [Fourné, 1995]

		Faserstoff			
		Baumwolle	Flachs	Wolle	Seide
<b>Feinheit</b>	in dtex	1 – 4	techn. Faser: 10 – 40 Elementarfa- ser: 1 – 7	2 – 50  18 – 60 µm	1 – 4
<b>Faserlänge</b>	in mm	10 – 60	techn. Faser: 450 – 800 Elementarfa- ser: 10 – 40	feine Wolle: 55 – 75 grobe Wolle: 150 – 300	Haspelseide: 300 – 1000 Schappeseide: 50 – 250
<b>Feinheitsbezogene Höchstzugkraft</b>					
<i>trocken</i>	in cN/tex	25 – 50	30 – 55	10 – 16	25 – 50
<i>nass</i>	in % des Trockenwertes	100 – 110	techn. Faser: 105 – 120	70 – 90	75 – 95
<b>Höchstzug- spannung</b>	in daN/mm <sup>2</sup>	35 – 70	45 – 80	13 – 21	30 – 60
<b>Höchstzug- kraftdehnung</b>					
<i>trocken</i>	in %	6 – 10	1,5 – 4,0	25 – 50	10 – 30
<i>nass</i>	in % des Trockenwertes	100 – 110	techn. Faser: 110 – 125	110 – 140	120 – 200
<b>Dichte</b>	in g/cm <sup>3</sup>	1,5 – 1,54	1,43 – 1,52	1,32	Rohseide: 1,37 entbastet: 1,25

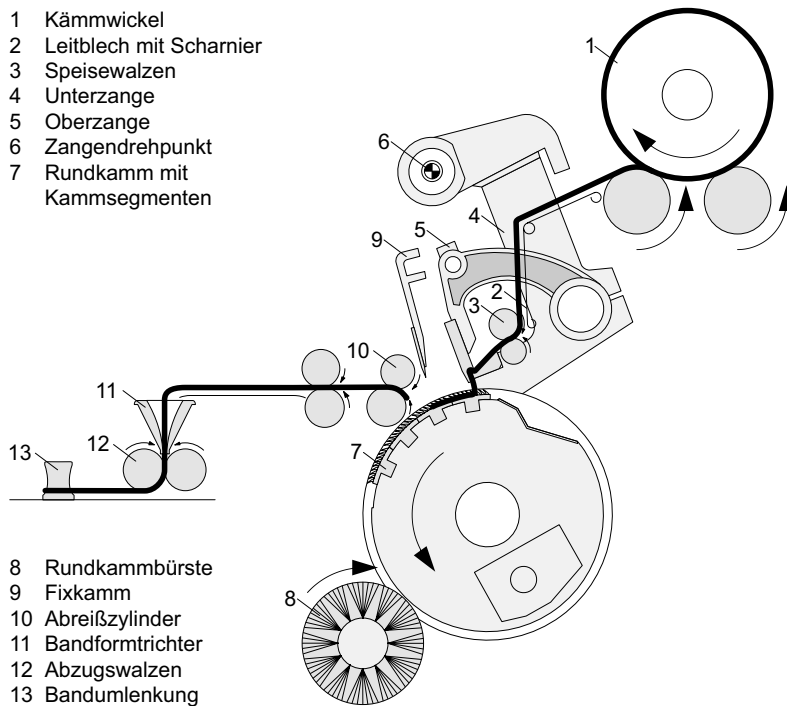
Eine Übersicht über die Entwicklung der letzten 50 Jahre für die fünf wichtigsten Produktionsländer zeigt Bild 2.6. Seit 2015 ist Indien der größte Baumwollerzeuger, China liegt auf Platz zwei. Zusammen mit den USA, Pakistan und Brasilien erzeugen diese fünf Länder ca. 75 % der Weltproduktion an Baumwolle.

Baumwollpflanzen wachsen strauch- oder baumartig und erreichen je nach Art, Boden, Klima und Anbaumethode eine Höhe von 25 cm bis über 2 m. Die Bewässerung erfolgt natürlich oder künstlich.

Von der Aussaat bis zur Ernte verstreichen 175 bis 225 Tage. Einige Tage nach der Aussaat sprießt der Keimling. Die Pflanze entwickelt sich in rd. 3 Monaten bis zur Blüte. Der Fruchtknoten in der Blüte verwandelt sich nach der Befruchtung zur Kapsel. Diese hat in etwa 3 Wochen ihre volle Größe erreicht und springt 50 Tage nach der Blüte auf und die Samenfasern quellen hervor.

Das Pflücken von Hand hat gegenüber der Ernte mit der Maschine den Vorteil, dass nur die Fasern der vollreifen Kapseln gesammelt werden. Normalerweise ist diese Baumwolle auch mit weniger Pflanzenteilen durchsetzt. Bei der maschinellen Ernte werden zwei Arten von Erntemaschinen eingesetzt:

- Abstreifmaschine (Stripper) und
- Spindelpflücker (Spindle-Picker).



**Bild 3.12** Arbeitsorgane einer Kämmmaschine [Olbrich et al., 1994]

Nach der in Bild 3.12 dargestellten Kämmspiel hebt sich die auf der Unterzange drehbar gelagerte Oberzange. Die Zange ist geöffnet. Ober- und Unterzange schwingen um den Zangendrehpunkt (6) auf die Abreißzylinder (10) zu. Die Abreißzylinder erfassen den Faserbart und bilden mit den schon gekämmten Fasern ein zusammenhängendes Kammzugvlies. Dieser Vorgang wird mit Lötten bezeichnet.

Der Fixkamm (9) senkt sich nach dem Lötten in den Faserbart, damit die Abreißwalzen beim folgenden Abreißen das Vlies nicht aus der Zange herausziehen. Durch die Förderbewegung der Abreißwalzen wird das Vlies getrennt. Dies bezeichnet man mit Abreißen. Das Abreißen wird vom Zurückschwingen der Zange unterstützt.

Die Speisewalzen (10) fördern vor dem nächsten Kammspiel das Vlies des Kammwickels um den einstellbaren Speisebetrag durch die noch geöffnete Zange. Nach dem Schließen der Zange kann ein neues Kammspiel beginnen.

Die Bestimmung des Kämmergebisses geschieht anhand des Kämmlingprozentsatzes  $p$  [%]. Der Kämmlingprozentsatz wird berechnet aus:

$$P = \frac{K}{G} \cdot 100\% \quad (3.2)$$

mit:	K:	Masse des Kämmlings (Kurzfasern)
	G:	Masse der Wickelwatte (Vorlage)

Der Kämmlingprozentsatz wird meist gravimetrisch ermittelt. Er beträgt je nach Maschineneinstellung und Rohstoff 5 bis 30 %.

### 3.1.3 Ringspinnverfahren

Das gegenwärtig am häufigsten eingesetzte Spinnverfahren ist das Ringspinnverfahren mit einem Marktanteil von ca. 80 % an der Gesamtgarnproduktion. Die erste Ringspinnmaschine wurde 1828 in den USA gebaut. Das Verfahren setzte sich dann aufgrund der hohen Produktion schnell durch und ist bis heute das dominierende Spinnverfahren mit ca. 250 Millionen Spindeln weltweit [Schindler, 2013]. In den letzten Jahren haben allerdings andere, nichtkonventionelle Spinnverfahren an Bedeutung gewonnen.

Beim Ringspinnen sind drei aufeinanderfolgende Prozessstufen vorhanden, Flyern, Ringspinnen und Spulen. Bei nichtkonventionellen Spinnverfahren werden diese drei Prozessstufen durch eine einzige Prozessstufe ersetzt (Bild 3.1).

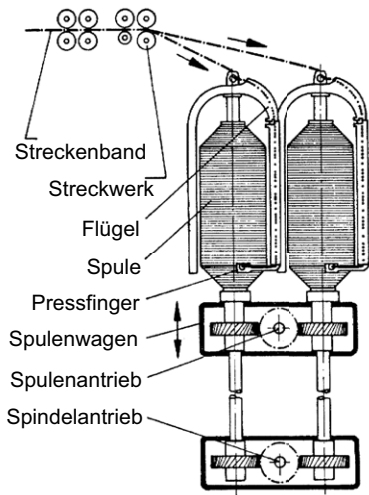
#### 3.1.3.1 Flyer

Das Streckband wird zunächst im Flyer vorverzogen (Verzug etwa 5 bis 50-fach), wobei es gleichzeitig durch die Aufbringung einer leichten Drehung gegen Fehlverzüge gesichert wird. Diese Schutzdrehung muss aber noch so niedrig bleiben, dass sie einen Verzug der Flyerlunte am Streckwerk der Ringspinnmaschine bis zur endgültigen Garnfeinheit zulässt.

In Bild 3.13 ist ein Flyer schematisch dargestellt. Die Bänder werden im Flyerstreckwerk, das meist als 3-Walzen-2-Riemchenstreckwerk ausgeführt ist, zunächst verzogen. Vom Streckwerk gelangt das verzogene Bändchen über eine Flügelkronen in den Flügelarm, an dessen unterem Ende es durch eine Öffnung wieder austritt und um einen Pressfinger an den Spulenkörper herangeführt wird. Bei jeder Flügelumdrehung wird dem Bändchen dabei eine Drehung erteilt. Die Aufwicklung selbst erfolgt durch ein Voreilen der Spule gegenüber dem Flügel, die für die Bewicklung erforderliche Hubbewegung erfolgt durch die Spule. Da der Flyer mit einer konstanten Liefergeschwindigkeit arbeitet, müssen die Hubbewegung

und die Drehzahl zu jedem Zeitpunkt auf den Spulendurchmesser abgestimmt werden. Die Drehzahlgrenze von Flyern liegt bei etwa 1300 bis 1500 U/min und richtet sich nach der maximalen Liefergeschwindigkeit.

Da die Flügel zum Spulenwechsel entfernt werden müssen, ist die Automatisierung nicht einfach zu realisieren. Der Flyer besitzt weitere Nachteile. Beispielsweise muss beim Bandbruch die gesamte Maschine stillgesetzt werden. Daher gibt es seit Jahrzehnten Bestrebungen, auf den Flyer zu verzichten und Streckenbänder direkt auf der Ringspinnmaschine zu verarbeiten, bisher ohne durchschlagenden Erfolg.



**Bild 3.13**

Schematischer Aufbau eines Flyers  
[Kirchenberger, 1986]

### 3.1.3.2 Ringspinnmaschine

Im nächsten Prozessschritt wird die Flyerlunte von der auf ein Gatter aufgesteckten Flyerspule abgezogen und dann einer Ringspinnmaschine zugeführt.

Zunächst wird das Bändchen in einem Doppelriemenstreckwerk bis zur endgültigen Faserfeinheit verzogen (Verzüge etwa 10 bis 50-fach). Das praktisch ungedrehte Bändchen verlässt dann das Streckwerk und erhält durch die Rotation des Läufers auf dem Ring die erforderliche Drehung (Bild 3.14). Durch die Rotation des Kopses wird der Ringläufer mitgeschleppt. Dem Garn wird bei jeder Umdrehung des Ringläufers eine Drehung erteilt, die sich bis zum Spinnendreieck fortpflanzt. Die Geometrie des Spinnendreiecks wird durch ein Gleichgewicht zwischen dem Garntorsionsmoment und dem Gegenmoment des losen Faserverbandes bestimmt. Durch das Nachschleppen des Ringläufers ist die vom Garn aufgenommene Drehung etwas geringer als die Drehung, die von der sich drehenden Spule erzeugt

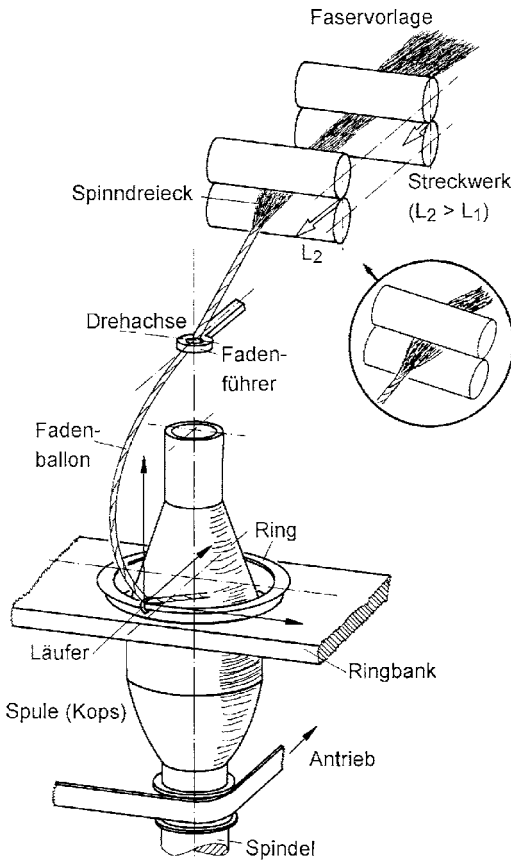
würde. Die erteilte Drehungshöhe  $T$  im Garn kann über das Verhältnis von Liefergeschwindigkeit und Kopsdrehzahl eingestellt werden. Dabei gilt:

$$T = \frac{n_L}{V} \quad (3.3)$$

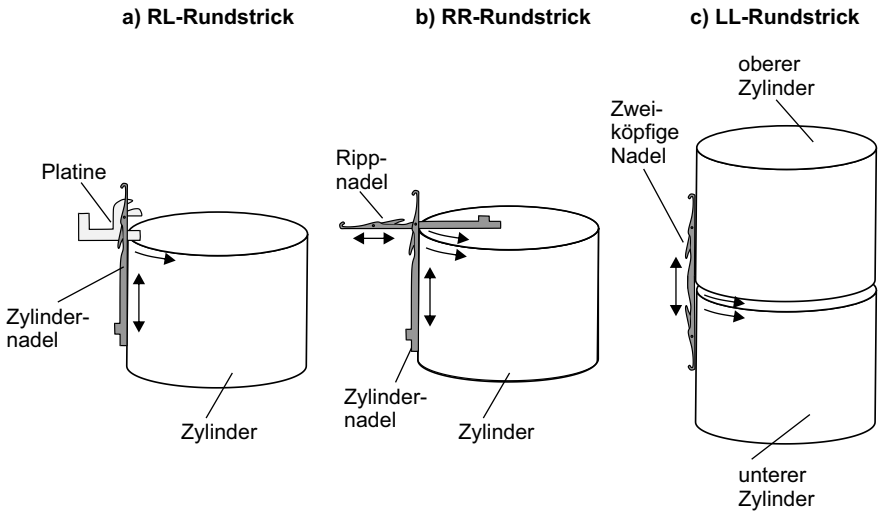
$$n_L = n_{Spi} - \frac{V}{d \cdot \pi} \quad (3.4)$$

$$T = \frac{n_{Spi}}{V} - \frac{1}{d \cdot \pi} \quad (3.5)$$

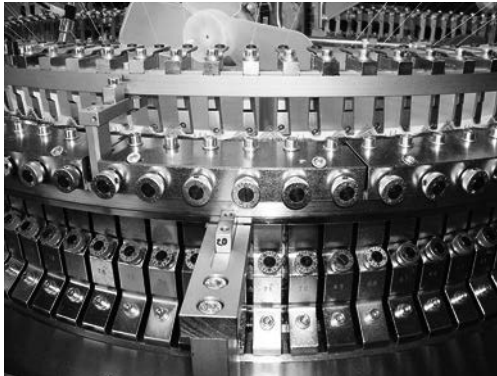
mit:	$T$ :	Garndrehung
	$V$ :	Lieferungsgeschwindigkeit
	$d$ :	aktueller Spindeldurchmesser
	$n_L$ :	Läuferdrehzahl
	$n_{Spi}$ :	Spindeldrehzahl



**Bild 3.14**  
Bauteile einer Ringspinnposition



**Bild 5.12** RL-, RR- und LL- Rundstrickmaschine



**Bild 5.13** Zylinder mit Stricksystemen einer Rundstrickmaschine (Beck)

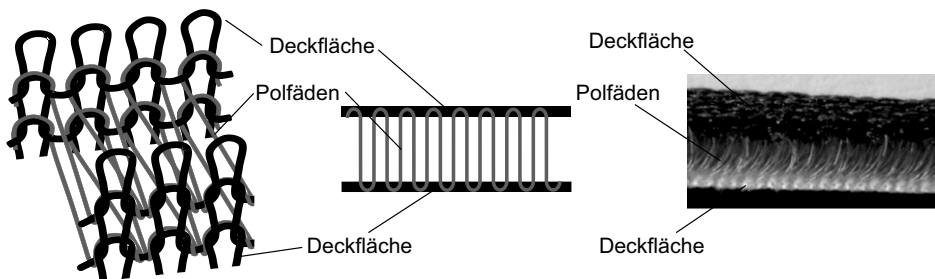
Die Fadenzuführung erfolgt über ein Spulengatter, das in der Regel oberhalb der eigentlichen Strickmaschine angeordnet ist. Die folgende Abbildung zeigt das Gesamtsystem beispielhaft.



**Bild 5.14** Rundstrickmaschine (Beck)

### 5.1.3.3 Abstandsstrickmaschinen

Abstandsgericke sind eine Weiterentwicklung der RR-Strickmaschinen. Sie bestehen aus zwei gestrickten Deckflächen, die über sogenannte Polfäden miteinander verbunden sind. Die druckelastischen Polfäden besitzen die Aufgabe, die beiden Deckflächen auf einem definierten Abstand zu halten.



**Bild 5.15** Abstandsgerick; links: schräg von oben, rechts: seitliche Ansicht (in Anlehnung an [Sun et al., 2010])

Abstandsgericke können sowohl auf Flach- als auch auf Rundstrickmaschinen hergestellt werden. Zwischen den Nadelbetten (bzw. zwischen Zylinder- und Ripp-scheibe) befindet sich ein Spalt. Zur Herstellung eines solchen Textils werden drei unabhängige Fadensysteme benötigt: zwei zum Stricken der beiden Decklagen, eine zum Verbinden der beiden Gestricken (Polfäden). Der Herstellungsprozess ist hier beispielhaft für eine Rundstrickmaschine dargestellt.



Co-Autor: P. Schuster

## ■ 11.1 Definitionen von Technischen Textilien

Textilien werden unterteilt in Bekleidungs-, Haus- und Heimtextilien sowie Technische Textilien. Bekleidungstextilien sowie Haus- und Heimtextilien (Gardinen, Vorhänge, Tapeten, Möbelbezugsstoffe, Teppiche und Fußbodenbelag) erscheinen eindeutig definierbar. Es könnte daraus der Schluss gezogen werden, dass alle anderen darüber hinausgehenden Produkte zu Technischen Textilien gerechnet werden könnten. Diese Definition ist jedoch nicht tragfähig. Beispielsweise sind die Bekleidung des Astronauten, die Schutzbekleidung des Arbeiters am Hochofen sowie die kälte- und wasserabweisende Schutzbekleidung des Tauchers nicht zu Bekleidungstextilien zu zählen. Hier handelt es sich bereits um Technische Textilien. Aus diesem Grunde wird folgende Definition eingeführt:

*Unter Technischen Textilien sind solche Produkte zu verstehen, die mehrheitlich unter dem Gesichtspunkt der **Funktionalität** konstruiert werden.*

Auf der Internationalen Fachmesse „Tectextil“ der Messe Frankfurt wurden 1997 grundlegende Begriffe für Technische Textilien festgelegt:

Agrotech:	Garten- und Landschaftsbau, Land- und Forstwirtschaft, Tierhaltung
Buildtech:	Membran-, Leicht- und Massivbau, Ingenieur- und Industriebau, Temporärbau, Innenausbau, Erd-, Wasser- und Verkehrswegebau, z. B. textilbewehrter Beton
Clothtech*):	Bekleidung, Schuhe
Homotech*):	Möbel, Polster- und Raumausstattung, Teppiche, Bodenbeläge

\*) Nach der Definition (siehe oben) sind hier nur die Produkte aus den Bereichen „Bekleidung“ sowie „Haus- und Heimtextilien“ einzuordnen, „die mehrheitlich unter dem Gesichtspunkt der Funktionalität konstruiert wurden“.

Geotech:	Tiefbau, Straßenbau, Dammbau, Deponiebau, Bergbau, z. B. Schutznetze für Bergbau, Gerüste sowie gegen Steinschlag, Wind, Hagel; Textilien als Erosions-, Ufer-, Hang- und Hochwasserschutz
Indutech:	Filtration, Reinigung, Maschinenbau, chemische Industrie, Elektroindustrie, z. B. Verbundwerkstoffe, Keilriemen, Förderbänder, Schleifscheiben
Medtech:	Medizin, Hygiene, z. B. Wäsche, Bekleidung, Verbandstoffe, Blutadern, Dialyse, Implantate, chirurgisches Nahtmaterial
Mobiltech:	Fahrrad, Motorrad, Auto, Bahn, Bus, Schiff, Fahrzeuge für die Luft- und Raumfahrt, Heißluftballons, Luftschiffe, Drachen, z. B. Airbag, Sicherheitsgurte, Sitzbezüge, Polsterstoffe, Himmel, Teppich, Türverkleidung, Reifencord, Planenstoffe, Zahn- und Keilriemen, Schläuche, Kupplungs- und Bremsbeläge, Dämmmaterialien, Verbundwerkstoff, Panzerung von Automobilen
Oekotech:	Umweltschutz, Recycling, Entsorgung
Packtech:	Verpackungsprodukte, z. B. Armierungen, Kordel, Bänder
Protech:	Personen- und Sachschutz, z. B. Hitze- und Kälteschutz, Wasserschutz, schussfeste Westen, Warnwesten, Schallschutz, Gebäudeschutz
Sporttech:	Sport und Freizeit, z. B. funktionsgerechte Sportbekleidung, Sportgeräte, Textilmembran für Surfen, Segeln, Drachenfliegen, Surfbretter

## ■ 11.2 Beispiele für Technische Textilien

### 11.2.1 Faserverbundwerkstoffe (FVW)

Faserverbundkunststoffe erfüllen Eigenschaften, die von anderen, seit langem verwendeten Werkstoffen kaum erreicht werden können. Hierzu zählen:

- geringes Gewicht,
- Steifigkeit, in weiten Grenzen einstellbar,
- gute Dämpfungseigenschaften,
- geringe thermische Ausdehnung in Faserrichtung,
- hohe Schwingungs- und Dauerfestigkeit, Kraft aufnehmende Fäden lassen sich in die Kraftlinien legen,
- gute Chemikalienbeständigkeit,
- hohe Energieaufnahme bei Zerstörung (z. B. beim Unfall von Automobilen).

Als Fasermaterial werden meist Glas-, Carbon- und Aramid-Filamentgarne bzw. -rovings eingesetzt (Kapitel 2). Diese werden zu Geweben (Kapitel 4), Maschenwaren (Kapitel 5), Vliesstoffen (Kapitel 6), Geflechten (Kapitel 7) und Gelegen (Kapitel 8) verarbeitet. Als Kunststoffmatrix werden Duro- und Thermoplaste eingesetzt.

## 11.2.5 Textilien für den Hoch- und Tiefbau (Buildtech)

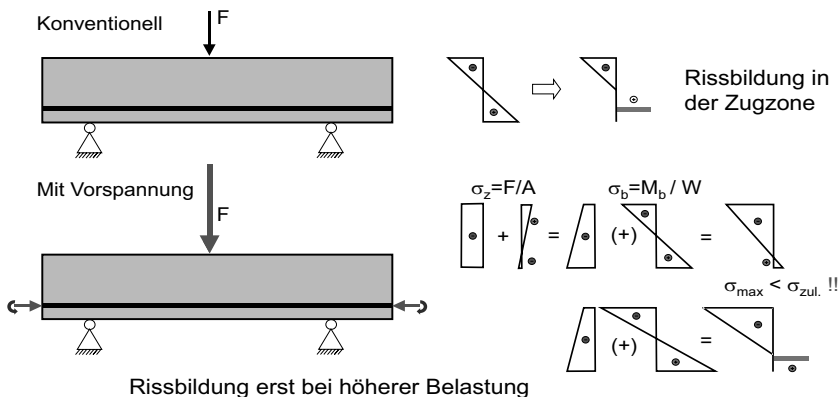
### 11.2.5.1 Textilbewehrter Beton

Mineralische Werkstoffe sind für die Druckbeanspruchung sehr geeignet. Sie versagen jedoch bei geringer Spannung und Verformung. Bereits frühzeitig wurden Haare und Pflanzenfasern den Wandputzen und Mörteln beigemischt, um die Rissbildung zu reduzieren und die Tragfähigkeit zu erhöhen [Janetzko, 2013].

Die Verstärkung ist am wirksamsten, wenn sie in der Richtung der Hauptzugspannungen verläuft. Werden Kurzfasern willkürlich in der Matrix verteilt, ergibt sich ein isotroper Verstärkungseffekt. Fasern und Textilien werden aus folgenden Gründen zur Verstärkung von Beton eingesetzt:

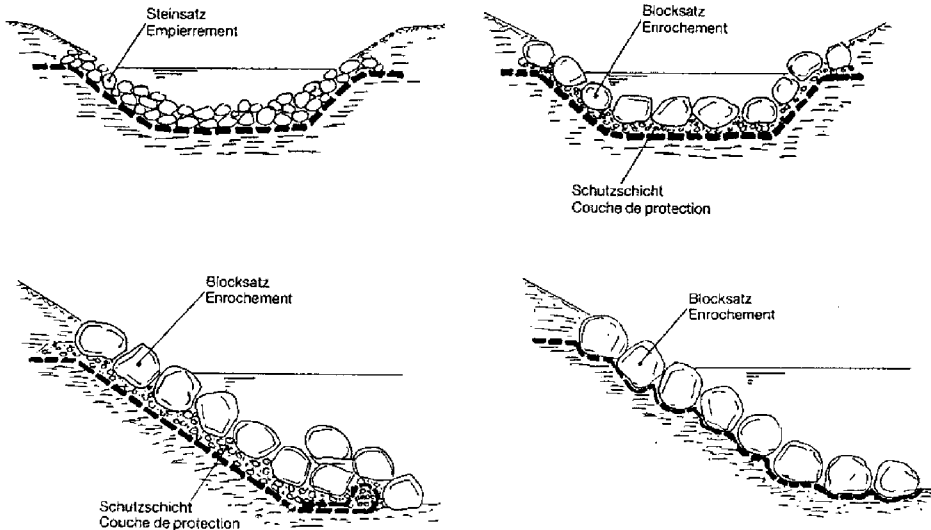
- Erhöhung der Grünstandfestigkeit (z. B. Rohre),
- Erhöhung der Dehnfähigkeit des jungen Betons (z. B. Platten und Schalen),
- Tragbewehrung des erhärteten Betons (z. B. Fassadenplatten),
- Hartbewehrung von Stahlbeton (z. B. Balken),
- Erhöhung der Feuerwiderstandsdauer bei hochfestem Beton (z. B. Stützen).

Die Verstärkung von Betonen durch Stahl führt häufig zu Korrosionsproblemen. Während der Belastung des Betons entstehen Risse, so dass Feuchtigkeit bis zur Stahlarmierung vordringen kann. Bei Anwesenheit von Luftsauerstoff findet eine Korrosionsreaktion statt, die einerseits die Belastbarkeit der Armierung reduziert und andererseits auf Grund der Volumenausdehnung zum Abplatzen des Betons führen kann. Dies vermindert ebenfalls die Belastbarkeit der Gesamtkonstruktion und kann zu Folgeschäden führen.



**Bild 11.3** Rissbildung bei unterschiedlichen Bewehrungsmaterialien [nach Ch. Cherif]  
oben: Stahl  
unten: vorgespanntes Textil

- Das Bergwasser bildet Flecken an den Innenflächen sowie Tropfsteine. Dies ist verbunden mit der Auslaugung des Betons und der Zerstörung des Mauerwerks.
- Das tragende Betongewölbe wird durch aggressives Bergwasser, das Sulfat enthält, angegriffen.



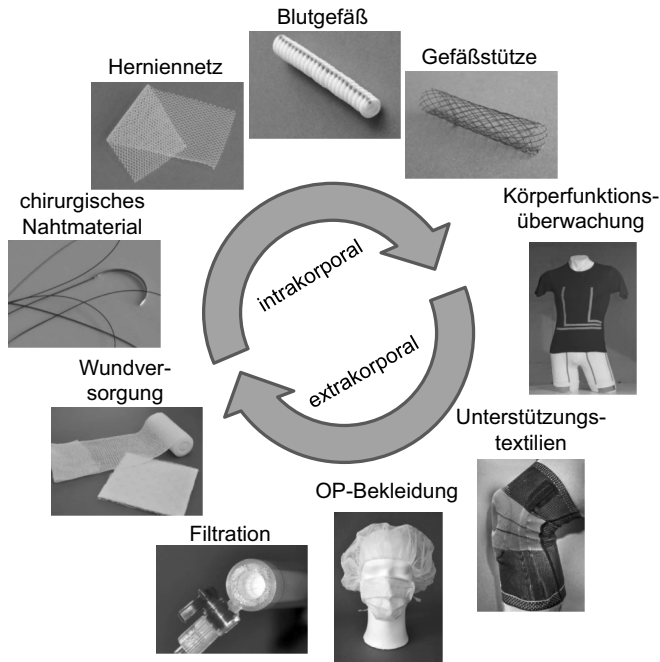
**Bild 11.13** Einbau von Geotextilien zur Uferbefestigung [NN, 2003]

Im Rahmen des Wasserbaus werden Geotextilien als Erosionsschutz eingesetzt. Hierdurch kann häufig auf einen mehrstufigen mineralischen Filteraufbau bzw. auf aufwendig einzubringende Schichten aus natürlichem Material verzichtet werden. Insbesondere für sehr feinkörnige Untergründe ist dies eine wichtige Anwendung. Mögliche Einbringungsformen von Geotextilien für unterschiedliche Anwendungen zeigt Bild 11.13.

### 11.2.7 Textilien in der Medizin (Medtech)

Textile Strukturen werden in der Medizintechnik bereits seit Jahrzehnten mit großem Erfolg eingesetzt. Vorteile textiler Strukturen für medizinische Anwendungen ergeben sich unter anderem aus der Möglichkeit, zwei- und dreidimensionale Strukturen herzustellen, deren guter Drapierbarkeit, den Möglichkeiten, die mechanischen und morphologischen Eigenschaften auf Mikro- und Makroebene einzustellen, der sehr großen spezifischen Oberfläche sowie der Möglichkeit, unterschiedliche Werkstoffe in verschiedener Weise zu kombinieren.

Nach dem Medizinproduktegesetz wird in Hygiene- und Medizintextilien unterschieden [Hill et al., 2012; Rabe et al., 1998]. Medizintextilien nach ihrem Einsatzgebiet in extra- und intrakorporale Anwendungen unterteilt werden.



**Bild 11.14** Typische Einsatzgebiete von Medizintextilien

### 11.2.7.1 Hygienetextilien

Unter Hygieneprodukten werden Artikel wie Babywindeln, Damenbinden und Tampons sowie Inkontinenzprodukte verstanden. Die Hygieneprodukte bestehen meist aus mehreren Schichten unterschiedlichen Materials. Hier wird grob in Abdeck- und Innenschicht unterteilt. Die Abdeckschicht wird meist aus einem dünnen Vlies hergestellt. Häufig besteht die Abdeckschicht aus Baumwolle oder Zellstoff. Die Innenschicht wurde ebenfalls über lange Zeit aus Baumwolle oder Zellstoffen hergestellt. In jüngerer Zeit werden hier vermehrt Vliese aus hydrophilen Chemiefasern und sogenannten „Superabsorbent“ eingesetzt.

Die Rückbenetzung und Durchlässigkeit der Abdeckvliese sind sowohl von der Abdeck- als auch von der Innenschicht abhängig. Die Vliese werden mit vier verschiedenen Technologien hergestellt: trocken, nass, nach der Spinnvliesetechnologie und nach dem Melt-Blown-Prozess. Bei den beiden letztgenannten Verfahren handelt es sich um einstufige Prozesse, die die Herstellung eines fertigen Vlieses aus den Rohstoffen gestatten. Bei den beiden anderen Verfahren folgt nach der Vliesbil-

# 12

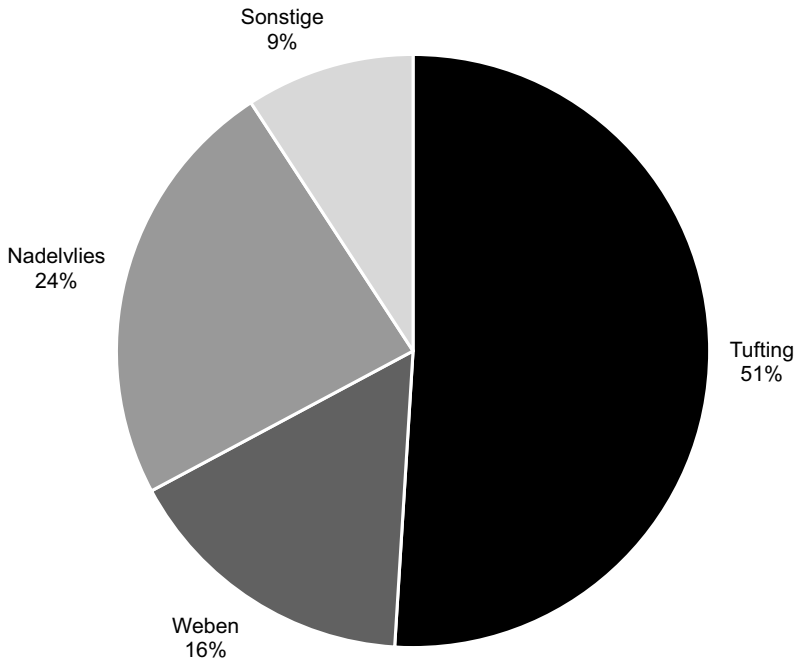
## Herstellung textiler Bodenbeläge

*Co-Autoren: S. Gelderblom, C. Finetti-Imhof,  
D. Hanuschik, Th. Brunke, J.-C. Winkler, B. Aslan*

Textile Bodenbeläge können maschinell durch Weben, Tuften und aus Nadelfilzen (Vliesstoffe) erzeugt werden oder manuell durch knüpfen. Die grundlegenden Technologien dieser Verfahren werden hier erklärt.

### ■ 12.1 Aufbau und Terminologie von textilen Bodenbelägen

Textile Bodenbeläge (TB) sind Bauprodukte, da sie fest mit einem Gebäude verbunden sind. Sie grenzen sich somit zu abgepassten Teppichen und Läufern ab. TB werden in Bahnenform (2 bis 5 m Breite) oder in Fliesenform (oft 50 x 50 cm) hergestellt und bestehen, je nach Herstellungsverfahren (Bild 12.1), aus einer Nuttschicht und evtl. einer Grundsicht.



**Bild 12.1** Marktanteile der Teppichherstellungsverfahren [BTH, 2017]

Es wird unterschieden zwischen TB mit Pol und ohne Pol. Bei TB mit Pol treten Garne oder Fasern aus der Grundschicht hervor und bilden die Nutzschrift. TB ohne Pol besitzen eine nicht polartige Nutzschrift und eventuell eine Grundschicht. Der Pol kann in Schlingen oder als Schnitt („Velours“) hergestellt werden.

Die am häufigsten verwendeten Materialien zur Herstellung der Nutzschriften textiler Bodenbeläge in Europa sind Polyamid und Polypropylen. Nischenprodukte werden mit Wolle und Polyester in der Nutzschrift gefertigt.

Die Herstellung von TB erfolgt in mehreren Prozessschritten: Zunächst wird eine textile Fläche bzw. 3D-Struktur hergestellt. Diese Fläche wird in einem oder mehreren nachfolgenden Ausrüstungs- bzw. Veredlungsschritten behandelt, um alle zur Verwendung erforderlichen Eigenschaften in das Produkt zu integrieren. Die Farbgebung kann zu verschiedenen Zeitpunkten der Prozesskette (Faser, Garn, Fläche) erfolgen.

# 15

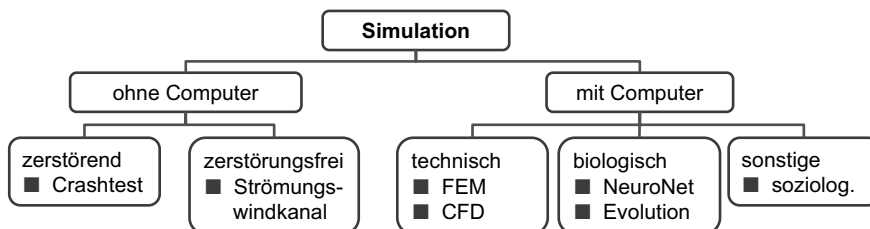
## Simulation

*Co-Autor: Y.-S. Gloy*

Mit Hilfe einer Simulation können Systeme analysiert werden, die mit expliziten Gleichungen nur schwer oder gar nicht zu beschreiben sind. Darunter fallen insbesondere dynamische Systeme, die häufig hochkomplex sind. Mit Hilfe eines Simulationsexperiments können Erkenntnisse über das reale System gewonnen werden. Manchmal lässt sich ein reales System nicht direkt untersuchen, auch dann kann eine Simulation u. U. wertvolle Erkenntnisse liefern.

### ■ 15.1 Arten der Simulation

Generell wird unterschieden in Simulationen mit und ohne Computer. Bei beiden werden mehr oder weniger starke Vereinfachungen getroffen, um das zu lösende Problem abzubilden. Ein typisches Beispiel für eine Simulation ohne Computer ist die Sichtbarmachung von Strömungen in einem verkleinerten Modell. Im Gegensatz dazu wird die Simulation des Polymerstroms in einer Spinndüse zur Chemiefaserherstellung in der Regel mit Computerunterstützung durchgeführt. Auch Festigkeitsberechnungen mit Hilfe der Finite Elemente Methode und die Simulation von Maschinen und Anlagen (z. B. in der Weberei) gehören dazu. Auch biologische Simulationen, z. B. mit Hilfe der Evolutionsstrategie oder mit neuronalen Netzen, fallen unter diese Kategorie (Bild 15.1).



**Bild 15.1** Arten der Simulation



## ■ 15.2 Wirtschaftlichkeit und Verifikation

Bei jeder Simulation, unabhängig davon, ob sie mit oder ohne Computer durchgeführt wird, ist die unbedingte Reproduzierbarkeit der Versuchsergebnisse zwingend erforderlich.

Weiterhin muss der Einsatz der Simulation wirtschaftlich sinnvoll sein. Daher wird das zugrunde liegende Modell üblicherweise so weit wie möglich vereinfacht. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die wesentlichen Einflussfaktoren dennoch berücksichtigt werden. Diese Vereinfachungen führen häufig dazu, dass eine Simulation nur für einen bestimmten Wertebereich der betrachteten Parameter Ergebnisse liefern kann, die auf die Realität übertragen werden können. Deshalb ist es von entscheidender Bedeutung für die Aussagekraft einer Simulationsrechnung, dass die Ergebnisse durch Versuche validiert werden. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass bei praktischen Experimenten stets auch Messfehler entstehen können, die das Ergebnis verfälschen.

## ■ 15.3 Modellbildung

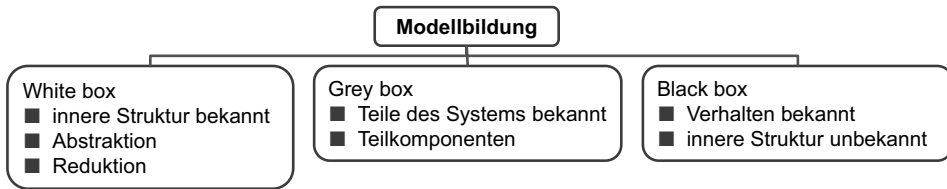
Vor der Durchführung einer Simulation muss zunächst ein Modell erstellt werden, das das System in allen wichtigen Parametern beschreibt. Um diese zu finden, werden entweder Versuche durchgeführt, z.B. mit einem Faktorenversuchsplan, oder theoretische Betrachtungen angestellt.

So entsteht ein Abbild der Realität, entweder für den gesamten interessierenden Parameterraum oder für einen Teilbereich. Ein Modell ist somit ein abstraktes Abbild eines Systems, das stellvertretend für das reale System untersucht wird.

Dabei kommt es nicht darauf an, dass das Modell die Realität in allen Facetten exakt widerspiegelt. Vielmehr ist es entscheidend, dass das Modell hinreichend genaue Ergebnisse zur Erklärung der Realität liefern kann.

### 15.3.1 Arten der Modellbildung

Je nach Art der inneren Struktur des Modells werden die Modelle White Box, Black Box und Grey Box.



**Bild 15.2** Prinzipien der Modellbildung

### 15.3.1.1 White Box-Modell

Bei dieser Art der Modellbildung ist die innere Struktur des Systems bekannt. Diese wird dann bewusst abstrahiert, modifiziert und auf die wesentlichen Einflussgrößen reduziert. Ein typisches Beispiel hierfür ist die Modellierung einer Maschine, z. B. einer Webmaschine.

### 15.3.1.2 Black Box-Modell

Wenn zwar die innere Struktur des Systems unbekannt ist, sich aber das Verhalten bzw. die Interaktion des Systems beobachten und modellieren lässt, spricht man vom so genannten Black Box-Modell. Eine typische Anwendung dafür ist der Einsatz von neuronalen Netzen.

### 15.3.1.3 Grey Box-Modell

Wenn nur Teile des Systems bekannt sind und nur einige, aber nicht alle Wechselwirkungen zwischen den Teilkomponenten bekannt sind, dann liegt ein Grey Box-Modell vor. Um Kosten zu sparen, wird dieser Ansatz sehr häufig angewendet.

### 15.3.1.4 Möglichkeiten der Vereinfachung

Um ein Modell im Vergleich zur Realität zu vereinfachen, kommen folgende Möglichkeiten in Frage:

- Komponenten, die nicht von entscheidender Bedeutung sind, werden nicht berücksichtigt. Dazu kann ein Faktorenversuch nützlich sein, mit dessen Hilfe sich aus der Größe der Effekte direkt die Wichtigkeit der Einflussfaktoren bestimmen lässt.
- Unwichtige Details werden weggelassen.
- Das System wird in einzelne Komponenten zerlegt und diese werden dann einzeln betrachtet. Mögliche Wechselwirkungen sind dann allerdings nur noch sehr schwer zu bestimmen.
- Die Zusammenfassung von Merkmalen in Klassen kann den Aufwand einer Simulation ebenfalls reduzieren. Allerdings gehen dabei u. U. wertvolle Informationen verloren, daher sollte dies sorgfältig abgewogen werden.

# Index

## Symbole

- 3D-Rotationsflechten 238
- 3D-Rotationsflechttechnik 242
- 3D-Textilien 239

## A

- Abfall 442
- Abhaspeln 50
- Abstandsgelege 258
- Abstandsgestricke 193
- Acetatfasern 56, 65
- Agrotech 323
- Airbag 19, 91, 177, 290, 329, 465
- Algorithmen 489
  - evolutionäre 489
  - genetische 489
- Amorph 54
- Anbluten 429
- Anfärbung 55
- Appretur 284
- Asbest 50
- Atlasbindung 155
- Aufbereitung 451
- Augmented-Reality 508
- Ausbluten 429
- Ausrüstung 227
- Australien 44
- Automatisierung 314
- AUTOWARP 478

- Avivierung 59
- Axminsterwebtechnik 378

## B

- Ballenabarbeitung 100
- Bandagen 349
- Bandvergleichmäßigung 107
- Bastfasern 43
- Bauchbinden 117
- Baumwolle 33, 270
- BCF-Verfahren 85
- Bekleidung 20, 23, 447
- Beschichten 286
- Beton 249
  - textilbewehrter 333, 335
- Beuchen 270
- Bindungskurzzeichen 153
- Bindungspatrone 153
- Blaumaßstab 430
- Blending 103
- Bodenbelag 357
- Brennen 274
- Buildtech 323, 333

## C

- Carbonisieren 47, 75, 273
- Chemiefasern 13, 29, 484
- China 44

- Chlorieren 273
- Clothtech 323
- Cord 156
- Cortex 45
  - ortho 45
  - para 45
- Crabben 274
- Cuprofasern 56
- CV-Wert 417

## D

- Dampfmaschine 5
- Dehnung 2, 411, 422
- Depolymerisation 441, 457
- Dicke 420
- Dickstellen 411
- Doppelgewebe 156
- Doppelkettenstich 300, 303
- Doppelnadelstabstrecke 130
- Doppelraschelmaschinen 258
- Doppelstepstich 300
- Dosieren 103
- Drainieren 340
- Drapierbarkeit 432
- Drehung 412
- Drehungserteilung 117
- Dreifachkettenstich 300
- Dreifachstepstich 300

Dreizylinderspinnverfahren 97  
 Drucken 280  
 Drucktechniken 282  
 – Flachsablonen-  
 druck 282  
 – Rotationsschablonen-  
 druck 283  
 – Rouleauxdruck 282  
 Dünnstellen 411  
 Durchmischen 103  
 Düsenwebmaschine 166  
 Düsenziehverfahren 73

## E

Egreniermaschine 35  
 – Sägezahn- 35  
 – Walzen- 35  
 Egrenierung 10  
 Einfachkettenstich 300  
 Einfachstepstich 300  
 E-Modul 2  
 Entbasten 274  
 Entkörnung 10  
 Entsorgung 444  
 Ernte 10  
 Erschweren 274  
 Evolutionstheorie 490  
 Expertensysteme 470,  
 471  
 Exzenter 158  
 Exzentermaschine 158,  
 159

## F

Fall 406, 432  
 Farbechtheit 429  
 Färben 277  
 Farbgebung 277  
 Farbstoffe 429  
 Faserband 10  
 Faserflocken 100  
 Faserflor 106

Faserkennwerte 31  
 Faserlänge 409  
 Faserleitkanal 116  
 Fasern 1, 33  
 – mineralische 50  
 – pflanzliche 33  
 – tierische 44  
 Faserrückgewinnung 446  
 Faserstraße 87  
 Faserverbundwerkstoff-  
 fe 1, 56, 249, 324, 439  
 Faservlies 11  
 FDY 81  
 Feinheit 36, 406  
 Feinreinigung 100  
 Festigkeit 2, 36, 411, 413,  
 422  
 – feinheitsbezogene 36  
 Fibrillen 62  
 Fibroin 49  
 Filamente 57  
 Filamentgarn 10, 13, 324  
 – Aramid- 324  
 – Carbon- 324  
 – Glas- 324  
 Filamentgarne 13  
 Filtern 340  
 Fixieren 308  
 Fixiertemperatur 55  
 Flächengebilde 11  
 Flachgeflechte 236  
 Flachs 37  
 Flachsfasern 42  
 Flachstrickmaschi-  
 nen 189  
 Flechtmaschine 231, 234  
 – Litzen- 234  
 – Packungs- 234  
 – Spitzen- 234  
 Flechtmuster 233  
 Flechtwinkel 233  
 Flocke 10  
 Flockverfahren 380  
 Flottierung 153  
 Flyer 112

Flyerlunte 112  
 Formen 313  
 Foulard 265, 266  
 FOY 80  
 Fremdteilausschei-  
 dung 100  
 Frottiergewebe 156  
 Fügeverfahren 298, 299,  
 308  
 Fuzzy-Logik 494

## G

Garn 15, 98  
 Garnbildung 10  
 Garnfehler 411  
 Garnstruktur 15  
 Geflecht 16, 231, 243  
 Gelege 16, 250  
 – biaxiale 252  
 – gestrickte 259  
 – multiaxiale 250, 255  
 Gelegestrukturen 249  
 Geotech 324, 337  
 Geotextilien 337, 341,  
 342, 345  
 Gestrick 181, 183, 184  
 Gewebe 11, 16, 143, 476,  
 486, 496  
 – biaxiale 252  
 Gewirke 181, 250  
 Glasfasern 29, 72  
 Glasgarn 74  
 Glasrovings 74  
 Glastemperatur 55  
 Graumaßstäbe 430  
 Greiferwebmaschine 164,  
 165  
 Griff 263, 406  
 Grundbindungen 154

**H**

Haarigkeit 98, 411  
 Halbkontinue-Verfahren 268  
 Handel 403  
 Hanf 43  
 Harnischfäden 161  
 Hartfasern 43  
 Haustextilien 23  
 HE-Garn 82  
 Heimtextilien 23  
 Heißluftschweißen 310  
 Heizkeilschweißen 309  
 Hernienetze 352  
 Hohensteiner Hautmodell 436  
 Homotech 323  
 Horizontalkreuzleger 214  
 Hygienetextilien 346

**I**

Indien 48  
 Industrialisierung 5  
 Industrie 4.0 499, 505  
 Indutech 324

**J**

Jacquardmaschinen 161  
 Jacquardtechnik 187  
 Jeans 18, 88, 174, 289, 464  
 Jerker 369  
 Jute 43

**K**

Kalander 226, 227  
 Kämmerei 47, 108  
 Kämmereivorbereitung 109  
 Kammgarne 108, 128  
 Kammgarnspinnerei 47

Kammgarnspinnverfahren 128

Kämmeling 45  
 Kammspiel 111  
 Kammzug 45, 47  
 Karde 100, 105  
 Kardieren 104  
 Kastenspeiser 452  
 Kenaf 43  
 Kettablasssysteme 159  
 Kettbaum 11  
 Kettbaumherstellung 150  
 Kettenstrecke 130  
 Kettenwirkmaschine 195, 254  
 Kettfäden 143  
 Kleben 308  
 Klemmpunktabstände 107  
 Klöppel 238, 243, 244  
 Klotzen 278  
 Knüpfen 360  
 Konfektion 11  
 Konvertieren 87  
 Köperbindung 155  
 Kopf 183  
 Kräuselung 82  
 Krempel 124  
 Krempelsatz 213  
 Kristallin 54  
 Kristallorientierung 56

**L**

Leinen 37  
 Leinwandbindung 154  
 Linke Masche 184  
 Litzenflechtmaschine 234  
 Litzengeflecht 232  
 Luftechtdrahtspinnen 119  
 Luftfalschdraht-Umwindspinnen 121  
 Lyocell 60

**M**

Makromoleküle 68  
 Maschen 183  
 Maschenbildung 185  
 Maschenreihe 183  
 Maschenstäbchen 183  
 Maschenware 11, 16, 181  
 Maulbeerseide 48  
 Mechanik  
 – Festkörper 4  
 Medizintextilien 346, 347  
 Medtech 324  
 Mehrphasen-Webmaschine 167  
 Meltblown-Prozess 219  
 Membran 350  
 Mercerisieren 270  
 Merino 44  
 Metallfasern 29  
 Micronaire-Verfahren 408  
 Mikrofibrillen 55  
 Mischen 98, 102  
 Mittelalter 5, 44  
 Mixing 103  
 Mobiltech 324, 328  
 Modalfasern 59  
 Modellbildung 468  
 Monofilament 10  
 Multifilamentgarn 10

**N**

Nadelvlies 373  
 Nähen 299  
 Nähnähte 304  
 Nahtmaterial 351  
 Nähwirken 225  
 Nassspinnverfahren 52  
 Nassvorbehandlung 265  
 – Aufhellen 267  
 – Bleichen 267  
 – Entschlichten 265  
 – Fixieren 266

- Netzen 265  
 - Waschen 268  
 Naturfasern 29  
 Neuronale Netze 479  
 Neuseeland 44  
 Nitschelstrecke 132  
 Nitschelwerk 127  
 NMMO 60  
 Normen 403  
 Nutzschrift 358

## O

Oberfläche 3, 425  
 Oekotech 324  
 OE-Rotorspinnen 116  
 OE-Verfahren 115  
 Öffnen 98, 101  
 Öko-Labels 459, 461  
 Öko-Tex Standard  
 100 461  
 Open-Reed-Weaving 171  
 Optimierung 472  
 Orientierung 11

## P

Packtech 324  
 Packungsflechter 237  
 Papier 205  
 Parallelisieren 98  
 Pilling 427  
 Pol 358  
 Polfäden 193  
 Polyacrylnitril 67  
 Polyaddition 68  
 Polyamid 68  
 Polyester 68  
 Polykondensation 68  
 Polymerisation 67  
 Polyolefine 67  
 Polypropylen 29, 85  
 Polyurethan 68  
 Polyvinylchlorid 67  
 Porosität 3

POY-Garne 80  
 Präzisionswicklung 145  
 Prepregs 354  
 Projektilwebmaschi-  
 ne 158, 164  
 Protech 324, 328  
 Proteinfasern 49  
 Prüfklima 403, 404

## Q

Qualität 320, 473

## R

Radialflechten 238  
 Ramie 43  
 Rapport 153  
 Rechte Masche 184  
 Recycling 441, 456, 457  
 Regulierstrecke 100, 106  
 Reifen 326  
 Reinigen 98, 101  
 Reißfasern 452  
 Reißkonvertierung 10  
 Riet 158  
 Ringspinnereinheit 474  
 Ringspinnmaschine 97,  
 113  
 Ringspinnverfahren 112  
 Ringzwirnmaschine 327  
 Rohseide 48  
 Rollenkupe 265  
 Roller-Gin 35  
 Roste 102  
 Röste 40  
 Röstprozess 40  
 Rotorspinnmaschine 118  
 Rundflechten 238  
 Rundflechtmaschine 236  
 Rundstrickmaschine 191

## S

Sägezahnreiniger 102  
 Saw-Gin 35  
 Schaf 45  
 Schäfte 158  
 Schaftmaschine 158, 159  
 Schären 143, 151  
 Scheibenfriktionsdrallge-  
 ber 83  
 Schenkel 183  
 Scheuerbeständig-  
 keit 426  
 Schiebernadel 182  
 Schlag 101  
 - freien 101  
 - gehaltenen 101  
 Schlichtemittel 266  
 Schlichten 152  
 Schlingenmaschine 364  
 Schmelzspinnverfah-  
 ren 52  
 Schneidkonverter 87  
 Schneidkonvertierung 10  
 Schnittbild 295, 296  
 Schnittmaschine 365  
 Schusseintrag 158  
 Schussfäden 143, 251  
 Schussamt 156  
 Schützen- 158  
 Schützenwebmaschi-  
 ne 158, 163  
 Schweißen 308  
 Schwingungsmessverfah-  
 ren 408  
 Seide 48, 274  
 Sekundärfasern 451  
 Selffaktor 126, 455  
 Sericin 49  
 SET-Zone 82  
 Sicherheitstextilien 328  
 Simulation 467  
 Spannrahmen 276  
 Spindel 112  
 Spinnbad 59

Spinddreieck 113  
 Spinddüsen 54  
 Spinnerei 47, 482  
 Spinnfasern 86  
 Spinnkabel 87  
 Spinnvlies 218  
 Spitzenflechtmaschine 236  
 Spitzennadel 185  
 Sporttech 324  
 Spulen 145  
 Stapellänge 86  
 Stehfäden 251  
 Störpartikel 100  
 Strecke 100, 106  
 Strecktexturiermaschinen 84  
 Streckwerk 98, 107  
 Streichbaum 157, 476  
 Streichgarn 97, 124, 453, 455  
 Streichgarnkreppe 126  
 Streichgarnverfahren 123  
 Streifenzugversuch 422  
 Strickmaschine 181, 189  
 – Abstands- 193  
 – Flach- 189  
 – Rund- 190  
 Strukturmodelle 54

## T

Tamboure 125  
 Teilen 294  
 Teppich 19, 89, 175, 289, 449, 464  
 Textilabfälle 451  
 Textilien 15  
 – Flächen 16  
 – Produkte 18  
 – Strukturen 15  
 Textilien 1  
 – technische 21, 23, 323, 353, 438  
 Textilindustrie 22

Textilveredelung 37  
 Texturieren 82  
 Thermofixieren 55  
 Tierhaare 44, 48  
 Trennen 339  
 Triacetatfasern 56  
 Trockenspinnverfahren 52  
 Trockenvorbehandlung 264  
 – Bürsten 264  
 – Klopfen 264  
 – Rauen 264  
 – Scheren 264  
 – Sengen 265  
 Trocknen 274  
 Trocknung 226  
 Tufting 176, 361

## U

Ultraschallschweißen 311  
 Ultraschallschweißmaschinen 311  
 Umflechten 238, 242  
 Umweltschutz 458  
 Ungleichmäßigkeit 147, 416

## V

Velours 358  
 Verbandstoffe 349  
 Veredelung 11, 263, 478  
 Vernadelung 222  
 Verstrecken 79, 98  
 Vertikalquerleger 214  
 Viskose 57  
 Viskosefasern 56  
 Vliesbildung 11, 211  
 Vliesstoffe 11, 16, 205  
 Vliesstrecke 215  
 Vliesverfestigung 221, 225  
 Vorbehandlung 263  
 Vorreinigung 100

## W

Walken 272  
 Walzenkreppe 212  
 Warenschau 487, 497  
 Waschaggregat 269  
 Wasseraufnahmevermögen 423  
 Wasserrückhaltevermögen 424  
 Webereivorbereitung 10, 145  
 Webmaschine 157, 158, 486  
 – Greifer- 158  
 – Luftdüsen- 158  
 – Projektil- 158  
 – Schützen- 158  
 Webmaschinen 476  
 Webteppich 376  
 Welthandel 26  
 Wiederverwertung 441  
 Wilde Wicklung 145  
 Wirkmaschine 181  
 Wirkmaschinen 196  
 – Abstands- 200  
 – Ketten- 197  
 – Kulier- 196  
 Wirtvlies 11  
 Wissensbasierte Modelle 470  
 Wolle 44, 272

## Z

Zellulose 56  
 Zellulose regeneratfasern 56  
 Zetteln 143, 151  
 Zungennadel 182, 185  
 Zuschneiden 297  
 Zwirn 15, 147  
 Zwirnen 147