

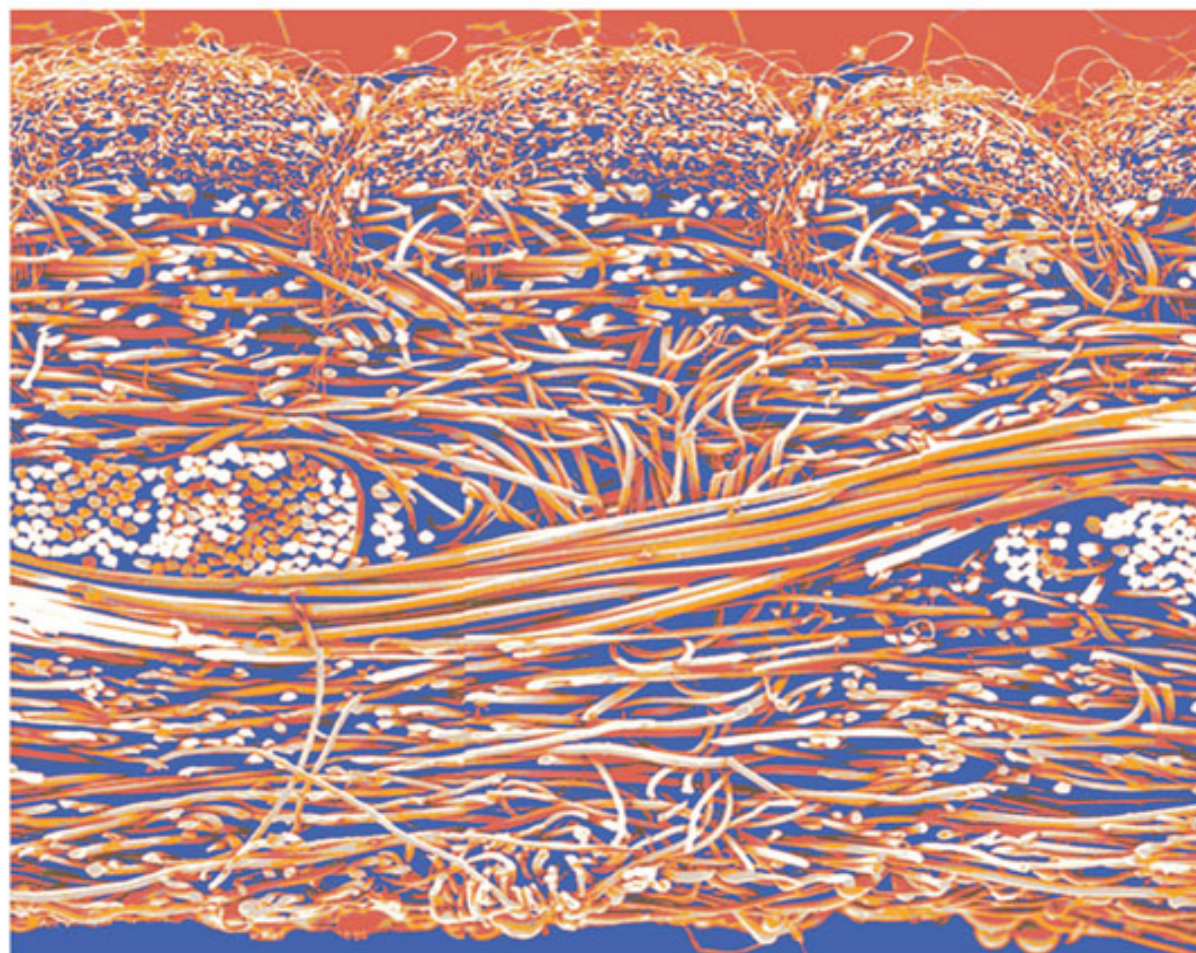
Herausgegeben von Hilmar Fuchs  
und Wilhelm Albrecht

 WILEY-VCH

# Vliesstoffe

Rohstoffe, Herstellung, Anwendung,  
Eigenschaften, Prüfung

Zweite, vollständig überarbeitete Auflage





*Herausgegeben von  
Hilmar Fuchs und  
Wilhelm Albrecht*

**Vliesstoffe**

***Beachten Sie bitte auch  
weitere interessante  
Titel zu diesem Thema***

Mascia, L.

**Polymers in Industry from  
A to Z  
A Concise Encyclopedia**

2012  
Hardcover  
ISBN: 978-3-527-32964-9

Janssen, L., Moscicki, L. (Hrsg.)

**Thermoplastic Starch  
A Green Material for Various  
Industries**

2009  
Hardcover  
ISBN: 978-3-527-32528-3

Thomas, S. Joseph, K. Malhotra, S. K.,  
Goda, K. Sreekala, M. S. (Hrsg.)

**Polymer Composites  
Volume 1**

2012  
Hardcover  
ISBN: 978-3-527-32624-2

**3 Volume Set**

2013  
Hardcover  
ISBN: 978-3-527-32985-4

Wiley-VCH (Hrsg.)

**Ullmann's Encyclopedia of  
Industrial Chemistry  
7th Edition in Print**

2011  
Ledereinband  
ISBN: 978-3-527-32943-4

Isayev, A. I. (Hrsg.)

**Encyclopedia of Polymer  
Blends**

**Series: Encyclopedia of Polymer Blends**  
Hardcover

**Volume 1: Fundamentals**

2010  
978-3-527-31929-9

**Volume 2: Processing**

2011  
978-3-527-31930-5

*Herausgegeben von Hilmar Fuchs und Wilhelm Albrecht*

## **Vliesstoffe**

Rohstoffe, Herstellung, Anwendung,  
Eigenschaften, Prüfung

Zweite, vollständig überarbeitete Auflage



**WILEY-  
VCH**

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

#### Herausgeber

**Prof. Dr.-Ing. Hilmar Fuchs**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Prof. Dr. Wilhelm Albrecht †**

42115 Wuppertal

#### Redaktionelle Bearbeitung

**Romy Naumann**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

2. vollständig überarbeitete Auflage 2012

Alle Bücher von Wiley-VCH werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung

#### Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

© 2012 Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Boschstr. 12,  
69469 Weinheim, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

**Print ISBN:** 978-3-527-31519-2  
**ePDF ISBN:** 978-3-527-64589-3  
**ePub ISBN:** 978-3-527-64588-6  
**mobi ISBN:** 978-3-527-64587-9  
**oBook ISBN:** 978-3-527-64586-2

**Satz** Reemers Publishing Services GmbH, Krefeld  
**Druck und Bindung** betz-druck GmbH, Darmstadt  
**Umschlaggestaltung** Adam-Design, Weinheim  
Printed in the Federal Republic of Germany  
Gedruckt auf säurefreiem Papier.

## Geleitwort

Herzlichen Glückwunsch, lieber Leser, zum Erwerb dieses Vliesstoff-Handbuchs! Behandeln Sie es gut, denn die erste Ausgabe dieses Handbuchs war nach 5 Jahren bereits vergriffen und die verkauften Exemplare wurden unter Experten stellenweise wie Gold gehandelt.

Vliesstoffe begeistern bis heute! Was in den 1940er Jahren als einfaches Substitutionsprodukt begann, ist heute zu einer hochentwickelten Branche mit einer atemberaubenden Vielzahl von technischen Optionen und Anwendungen gewachsen. Fast 6 Mio. Tonnen Vliesstoff wurden dieses Jahr weltweit produziert und verarbeitet. Für die kommenden 10 Jahre wird das Wachstum der Branche auf weltweit 7–9 % p. a. geschätzt, d. h. wir erwarten eine weitere Verdoppelung des Vliesstoff-Produktionsvolumens bis 2020. Gerade in boomenden Bereichen wie Energieerzeugung, Medizintechnik, Filtration und Trinkwasserversorgung können Vliesstoffe wertvolle Beiträge leisten.

Dieses Handbuch möge Vliesstoff-Herstellern, -Anwendern, -Maschinenbauern, -Studierenden und vielen weiteren Vliesstoff-Interessenten ein vertieftes Wissen über die kompletten Wertschöpfungsprozesse der Vliesstoffe geben. Neben wertvollem Basiswissen sollen auch Anregungen für zukünftige Innovationen in Vliesstoffen gegeben werden.

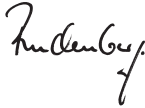
Innovationen in Vliesstoffen sind unerlässlich! Alternative Verfahren wie Gewebe, Gewirke, Papier, usw. haben in den letzten Jahren an einigen Stellen Vliesstoffe wieder zurückgedrängt – es ist also Zeit für neue Innovationen in Vliesstoffen! Dieses Handbuch zeigt die Richtung: Neue Fasern können neue Anwendungen eröffnen. Neue Maschinenkomponenten können Qualität und Produktivität signifikant weiter erhöhen. Neue Vliesverfestigungsverfahren können ganz neue Materialeigenschaften hervorbringen. Neue Ausrüstungsprozesse können die Zahl der Anwendungsfelder von Vliesstoffen weiter vervielfachen. Vliesstoffe werden uns also auch in Zukunft weiter begeistern!

VI | *Geleitwort*

In diesem Sinne gratuliere ich den Verfassern, den Autoren und dem Verlag zu dieser überarbeiteten zweiten Auflage und wünsche allen Beteiligten, einschließlich Ihnen, lieber Leser, viel Freude und viel Erfolg mit „Vliesstoffen“!

Herzlich

Ihr

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Freudenberg' with a stylized flourish at the end.

Heino Freudenberg<sup>1)</sup>  
*Weinheim, 25.10.2011*

1) *Dr. Heino Freudenberg (42) ist Geschäftsleiter der Freudenberg Vliesstoffe KG, Weinheim*



## Inhaltsverzeichnis

	<b>Vorwort</b>	XXI
	<b>Vorwort zur 1. Auflage</b>	XXIII
	<b>Liste der Autoren</b>	XXV
<b>0</b>	<b>Einführung</b>	1
0.1	Definition und Einsatz von Vliesstoffen	1
0.2	Kurzer Überblick zu den Vliesstoffproduktionsprozessen	3
0.3	Entwicklung der Vliesstoffindustrie	4
0.3.1	1972–2011: Vier Jahrzehnte Vliesstoffproduktion mit ausgeprägter Charakteristik	4
0.3.2	1972–1981: Die Zeit der Pioniere	5
0.3.3	1982–1991: Gesundes Wachstum und Attraktivität	7
0.3.4	1992–2001: Das Zeitalter der Reife. und Unsicherheit	9
0.3.5	2002–2009: Das Phänomen Wassergestrahlte Wischtücher	11
0.4	Trendanalyse	13
0.4.1	Rohmaterialverbrauch	14
0.4.2	Geographische Betrachtungen	14
0.4.3	Ökonomische Perspektive	15
0.5	Zusammenfassung und Ausblick	15
<b>1</b>	<b>Faserstoffe</b>	21
1.1	Naturfasern	21
1.1.1	Pflanzliche Fasern	23
1.1.1.1	Baumwolle ( <i>Gossypium</i> )	23
1.1.1.2	Flachs ( <i>Linum usitatissimum</i> Linné)	24
1.1.1.3	Jute ( <i>Corchorus</i> )	25
1.1.1.4	Sisal ( <i>Agave sisalana</i> )	25
1.1.1.5	Kokos ( <i>Cocos nucifera</i> )	25
1.1.2	Tierische Fasern	25
1.1.2.1	Wolle ( <i>Ovis aries</i> L.)	25
1.1.2.2	Seide ( <i>Bomby mori</i> L.)	26

:

## VIII | Inhaltsverzeichnis

1.2	Chemiefasern	26
1.2.1	Chemiefasern aus natürlichen Polymeren	26
1.2.1.1	Cellulosische Chemiefasern	26
1.2.1.2	Chemiefasern aus Cellulosederivaten	30
1.2.1.3	Fasern aus Biokunststoffen	31
1.2.2	Chemiefasern aus synthetischen Polymeren	33
1.2.2.1	Polyesterfasern (PES)	33
1.2.2.2	Polyamidfasern (PA)	34
1.2.2.3	Polyolefinfasern (PO, PT, PE)	37
1.2.2.4	Polyacrylfasern (PAN)	38
1.2.2.5	Polyvinylalkoholfasern (PVA)	39
1.2.2.6	Aramidfasern (PAI)	40
1.2.2.7	Melaminharzfasern (MF)	41
1.2.3	Chemiefasern aus anorganischen Polymeren	42
1.2.3.1	Glasfasern	42
1.2.3.2	Silikatfasern	43
1.2.3.3	Keramikfasern	44
1.2.3.4	Kohlenstofffasern	45
1.2.3.5	Kohlenstoffnanoröhren – CNT	45
1.2.3.6	Metallfasern und metallisierte Fasern	46
1.2.4	Modifikation von Chemiefaserstoffen	47
1.3	Reißfasern	48
1.3.1	Das Ausgangsmaterial Textilabfall	49
1.3.2	Der Reißprozess	50
1.3.2.1	Materialvorbehandlung	51
1.3.2.2	Die Strukturauflösung	51
1.3.2.3	Nachbehandlung	53
1.3.3	Reißfaserqualität	54
1.3.3.1	Charakterisierung der Reißfaserqualität	55
1.3.3.2	Beeinflussung der Reißfaserqualität bei der Reißfaserherstellung	56
1.3.4	Reißfasereinsatz	57
<b>2</b>	<b>Andere Rohstoffe</b>	<b>61</b>
2.1	Fluff-Zellstoff	61
2.2	Granulate	62
2.2.1	Allgemeine Betrachtung der physikalischen Eigenschaften	63
2.2.1.1	Polyolefine	66
2.2.1.2	Polyester	68
2.2.1.3	Polyamide	69
2.3	Pulver	70
2.3.1	Polymerpulver	71
2.3.1.1	Polyacrylnitril	71
2.3.1.2	Additive	72
2.3.1.3	Stabilisatoren	73

2.4	Superabsorber	76
2.4.1	Absorptionsmechanismus	76
2.4.2	Herstellungsverfahren	77
2.4.2.1	Suspensionspolymerisation	77
2.4.2.2	Lösungspolymerisation	77
2.4.2.3	Nachvernetzung	78
2.4.2.4	Permeabilität	79
2.4.3	Testmethoden	79
2.4.3.1	Produktkenndaten	80
2.4.3.2	Märkte und Anwendungen	81
2.4.3.3	Zusammenfassung	82
2.5	Präparationen	83
2.5.1	Allgemeines	83
2.5.1.1	Definitionen	83
2.5.1.2	Anforderungen an Präparationen	84
2.5.1.3	Zusammensetzungen von Präparationen	85
2.5.2	Aufbringung von Präparationen	86
2.5.2.1	Chemiefaserherstellung	86
2.5.2.2	Verarbeitung	86
2.5.3	Prüfmethoden	87
2.5.3.1	Prüfungen am Präparationsmittel	87
2.5.3.2	Prüfungen am präparierten Fasermaterial	88
2.5.4	Präparationen auf Vliesstoffen	89
2.5.4.1	Allgemeines	89
2.5.4.2	Vliesstoffherstellung und Präparation	90
2.5.4.3	Endprodukt und Präparation	91
2.5.4.4	Spinnvliesstoffe und Präparationen	91
2.5.5	Ausblick	92
<b>3</b>	<b>Bindemittel</b>	<b>97</b>
3.1	Einleitung	97
3.2	Bindeflüssigkeiten	99
3.2.1	Anwendungsbereiche für Latex	99
3.2.2	Latex – Herstellung, Zusammensetzung, Typen	100
3.2.2.1	Übersicht	100
3.2.2.2	Latex-Herstellung	100
3.2.2.3	Latex-Bestandteile	101
3.2.2.4	Latex-Produktklassen für die Vliesverfestigung	102
3.2.2.5	Nanoteilchen	103
3.2.3	Filmbildung	104
3.2.3.1	Modellvorstellung	104
3.2.3.2	Interdiffusion, Vernetzung, Adhäsion	105
3.2.4	Vliesverfestigung mittels Latexflotte	106
3.2.4.1	Die Latexflotte als modifizierter Latex	106
3.2.4.2	Filmbildung bei der Vliesverfestigung	107

- 3.2.4.3 Unterscheidungsmerkmale für Latizes 109
- 3.2.5 Qualitätsaspekte 110
  - 3.2.5.1 Latex und Latexflotte 110
  - 3.2.5.2 Film 110
  - 3.2.5.3 Vliesstoff 110
- 3.3 Binfasern 111
  - 3.3.1 Lösliche Fasern 111
  - 3.3.2 Schmelzbindefasern 111
    - 3.3.2.1 Aufmachungsformen 113
    - 3.3.2.2 Chemischer Aufbau 113
    - 3.3.2.3 Funktionsweise 115
    - 3.3.2.4 Eigenschaften 116

## II **Herstellungsverfahren für Vliesstoffe** 119

- 4 **Trockenverfahren** 123
  - 4.1 Faservliese 123
    - 4.1.1 Faservorbereitung 123
      - 4.1.1.1 Ballenvorlage 124
      - 4.1.1.2 Öffnen 125
      - 4.1.1.3 Dosieren 127
      - 4.1.1.4 Mischen 128
      - 4.1.1.5 Speisevlies bilden 130
      - 4.1.1.6 Anlagen 133
    - 4.1.2 Faservliese nach dem Kardierverfahren 136
      - 4.1.2.1 Krempeltheorie 137
      - 4.1.2.2 Anlagentechnik 144
      - 4.1.2.3 Vliesbildung 147
      - 4.1.2.4 Die Vliesstreckung 155
    - 4.1.3 Faservliese nach aerodynamischen Verfahren 158
      - 4.1.3.1 Das *Airlay*-Verfahren 159
      - 4.1.3.2 Das *Airlaid*-Verfahren 168
      - 4.1.3.3 Sonderverfahren 171
    - 4.1.4 Faservliesstoffe mit senkrechter Faserlage 171
      - 4.1.4.1 Vibrationssenkrechtleger 172
      - 4.1.4.2 Rotationssenkrechtleger 173
      - 4.1.4.3 Verfestigung senkrecht gelegter Faservliese 173
  - 4.2 Extrusionsvliesstoffe 175
    - 4.2.1 Einleitung 175
    - 4.2.2 Polymereinsatz 176
      - 4.2.2.1 Polymere für das Schmelzspinnen (Filament-Spinnvliesverfahren) 176
      - 4.2.2.2 Polymere für das Schmelzspinnen (*Meltblown*-Verfahren) 179
      - 4.2.2.3 Polymere für das Lösungsspinnen 180
      - 4.2.2.4 Additive für die Funktionalisierung 180
    - 4.2.3 Grundsätzliches zur Verfahrenstechnik und -technologie 182

- 4.2.4 Verfahren zur Herstellung von Spinnvliesstoffen und Spinnvlies-Verbundstoffen 188
  - 4.2.4.1 Schmelzspinnverfahren 188
  - 4.2.4.2 Lösungsspinnverfahren 202
- 4.2.5 Vliesverfestigung 205
  - 4.2.5.1 Thermische Verfestigung 206
  - 4.2.5.2 Mechanische Verfestigung 209
  - 4.2.5.3 Chemische Verfestigung 212
  - 4.2.5.4 Flächenreckung 213
- 4.2.6 Spinnvlies Technologien in den Submikrometerbereich 213
  - 4.2.6.1 Elektrostatik-Spinnvliesverfahren 214
  - 4.2.6.2 Zentrifugenspinnen 216
- 4.2.7 Verfahren zur Herstellung von Foliefaser-Vliesstoffen 216
  
- 5 Nassverfahren 229**
  - 5.1 Verfahrensprinzip 230
  - 5.2 Rohstoffe und Faservorbereitung 230
    - 5.2.1 Spezielle Faserrohstoffaspekte 231
    - 5.2.2 Faserstoffarten 232
    - 5.2.3 Bindemittel 232
    - 5.2.4 Pumpen 234
  - 5.3 Aufbau von Nassvliesanlagen 234
    - 5.3.1 Anlagen zur Herstellung von Teebeutelpapieren 235
      - 5.3.1.1 Stoffaufbereitung für einlagige Produkte 235
      - 5.3.1.2 Stoffaufbereitung für mehrlagige Produkte 237
    - 5.3.2 Anlagen zur Herstellung von Filterpapieren 238
    - 5.3.3 Vliesbildung 239
      - 5.3.3.1 Erste Entwicklungsschritte auf einer Nassvlies-Laboranlage 239
      - 5.3.3.2 Weitere Schritte auf einer Nassvlies-Pilotanlage 239
    - 5.3.4 Verfestigen der Vliesstoffbahn 246
      - 5.3.4.1 Zugabe von Bindefasern bzw. BiCo-Fasern 246
      - 5.3.4.2 Zugabe von Bindemitteldispersionen in der Masse 246
      - 5.3.4.3 Bindemittelzugabe auf die Vliesstoffbahn 246
      - 5.3.4.4 Aufgießen der Binderdispersion 247
      - 5.3.4.5 Schaumimprägnierung 247
      - 5.3.4.6 Leimpresse / Imprägnierpresse / Filmpresse 247
      - 5.3.4.7 Pressen 247
    - 5.3.5 Vliestrochnung 247
      - 5.3.5.1 Zylindertrocknung 248
      - 5.3.5.2 Durchströmtrockner 248
      - 5.3.5.3 Kanaltrockner 248
      - 5.3.5.4 Strahlungstrocknung 249
  - 5.3.6 Aufrollung 249
- 5.4 Verfahren zur Herstellung von Spinnvliesstoffen aus natürlichen Polymeren 249

<b>6</b>	<b>Vliesverfestigung</b>	255
6.1	Vernadelungsverfahren	255
6.1.1	Einfluss des Vliesbildungsverfahrens	256
6.1.2	Vernadelungsprinzip	259
6.1.2.1	Nadelbalkensystem	259
6.1.2.2	Einstichttechnologie	260
6.1.2.3	Einstichttiefe	261
6.1.2.4	Niederhalterstellung	261
6.1.2.5	Einstichdichte	267
6.1.3	Vlieszufuhr und Vorvernadelung	270
6.1.4	Vernadelungszone	271
6.1.4.1	Nadelbild	272
6.1.5	Vliesabzug	274
6.1.5.1	Positiver Vlietransport	274
6.1.5.2	Nadelvliesverstretchung	279
6.1.6	Arten der Nachvernadelung	282
6.1.6.1	Beidseitig alternierend	283
6.1.6.2	Beidseitig simultan	283
6.1.6.3	Vernadelungslinie	283
6.1.6.4	Vernadeln mehrschichtiger Vliese	284
6.1.6.5	Hochleistungsvernadelung	285
6.1.7	Papiermaschinenbespannungen (PMF)	290
6.1.7.1	PMF-Vorvernadelung	290
6.1.7.2	PMF-Endvernadelung	290
6.1.7.3	BELTEX-Verfahren	292
6.1.8	Modifizierte Vernadelungstechniken	293
6.1.8.1	Rundvernadelungsverfahren	293
6.1.8.2	Schrägvernadelungsverfahren	294
6.1.9	Einflussparameter für Nadelvliesstoffeigenschaften	296
6.1.9.1	Vernadelungsparameter	297
6.1.10	Oberflächenstrukturierung	307
6.1.10.1	Strukturierung mit positivem Vlietransport	309
6.1.11	Nadelcharakteristik	311
6.1.11.1	Filznadelgruppen	311
6.2	Maschenbildungsverfahren	318
6.2.1	Verfahrenssystematik	320
6.2.1.1	Vlies-Nähwirkverfahren	321
6.2.1.2	Faser-Vlieswirkverfahren	327
6.2.1.3	Polfaser-Vlieswirkverfahren mit Grundbahn	332
6.2.1.4	Polfaser-Vlieswirkverfahren ohne Grundbahn	334
6.2.1.5	Maschen-Vlieswirkverfahren	336
6.2.2	Kettenwirken	338
6.2.3	Stricken	339
6.3	Verwirbelungsverfahren	340
6.3.1	Verfahrensentwicklung	340

6.3.1.1	Physikalische Grundlagen	343
6.3.1.2	Verwirbelungsvorgang	345
6.3.1.3	Wirbelvliesstoffe	348
6.3.2	Faserstoff- und Prozesseinflüsse	349
6.3.2.1	Faserstoffeinflüsse	349
6.3.2.2	Prozesseinflüsse	351
6.3.3	Verfestigungsanlagen	352
6.3.4	Vliesverfestigung mit Dampfstrahlen	357
6.4	Thermische Verfahren	359
6.4.1	Trocknung	359
6.4.1.1	Konvektionstrocknung	360
6.4.1.2	Kontaktstrocknung	373
6.4.1.3	Strahlungstrocknung	374
6.4.2	Heißluftverfestigung	375
6.4.2.1	Grundsätzliches	375
6.4.2.2	Verfahrenstechnik	377
6.4.2.3	Anlagentechnik	380
6.4.3	Thermofixierung	382
6.4.4	Thermische Kalanderverfestigung ( <i>Thermobonding</i> Prozess)	385
6.4.4.1	Verfahrenstechnik	385
6.4.4.2	Anlagentechnik	389
6.4.5	Ultraschall-Verfestigung	391
6.4.5.1	Definition Ultraschall	391
6.4.5.2	Systemkomponenten	392
6.4.5.3	Funktionsprinzip	393
6.4.5.4	Vorteile des Ultraschallverfahrens	394
6.5	Chemische Verfahren	395
6.5.1	Adhäsion und Kohäsion	395
6.5.2	Kohäsive Verfestigung	397
6.5.3	Adhäsive Verfestigung	397
6.6	Verbundstoffe	398
6.6.1	Vliesverbundstoffe	398
6.6.1.1	Aus Schichten aufgebaute Vliesverbundstoffe	398
6.6.1.2	Durch Fadenschlingen verstärkte Vliesverbundstoffe	398
6.6.1.3	Verfahrensvarianten	399
6.6.1.4	Verbinden durch Vernadeln	399
6.6.1.5	Verbinden durch Nähwirken	405
6.6.1.6	Verbinden durch Verwirbeln	405
6.6.1.7	Verbinden durch Verkleben	406
6.6.2	Vliesstoffe für Verbundwerkstoffe	409
<b>7</b>	<b>Mechanische und chemische Ausrüstung von Vliesstoffen</b>	<b>417</b>
7.1	Schrumpfen	417
7.1.1	Entstehen und Beseitigung von Verzügen	417
7.1.2	Gewolltes Schrumpfen	417

7.2	Stauchen und Kreppen	417
7.2.1	Stauchen – das Clupakverfahren	418
7.2.2	Kreppen – das Micrexverfahren	418
7.3	Glätten, Kalandern, Pressen	418
7.3.1	Glätt- bzw. Rollkalander	418
7.3.2	Präge- oder Gaufrierkalander	418
7.3.3	Muldenpressen	419
7.3.4	Formpressen, Stanzen	419
7.4	Perforieren, Schlitzen, Brechen	419
7.4.1	Perforieren	419
7.4.2	Schlitzen	420
7.4.3	Brechen	420
7.5	Spalten, Schleifen, Velourieren, Scheren, Rauen	420
7.5.1	Spalten	420
7.5.2	Schleifen, Velourieren	420
7.5.3	Scheren, Rauen	421
7.6	Sengen	421
7.7	Nähen, Steppen, Schweißen	421
7.7.1	Nähen und Steppen	421
7.7.2	Ultraschallschweißen	421
7.7.3	Hochfrequenzschweißen	422
7.7.4	Plasma- und Coronabehandlungen	422
7.8	Sonstige mechanische Ausrüstungsverfahren	423
7.9	Waschen	423
7.10	Färben	424
7.10.1	Flocke- und Spinnfärbung	424
7.10.2	Färben und Binden	424
7.10.3	Nachträgliches Färben	424
7.10.4	Verschiedene Färbemethoden	425
7.10.5	Kaltverweilverfahren	425
7.10.6	Kontinuefärben	425
7.11	Drucken	425
7.11.1	Drucken von Leichtvliesstoffen	426
7.11.2	Drucken schwerer Vliesstoffe (Fußbodenbeläge)	426
7.11.3	Spritz-, Tintenstrahl-, Inkjetdruck	426
7.11.4	Transferdruck	427
7.12	Appretieren, Weichmachen, Spezialeffekte	427
7.12.1	Maschinelle Gegebenheiten und Möglichkeiten	428
7.12.2	Steifappreturen	428
7.12.3	Weichmachen	429
7.12.4	Antistatische Ausrüstung	429
7.12.5	Schmutzabweisende Ausrüstung	430
7.12.6	Hydrophobieren, Oleophobieren	430
7.12.7	Hygieneausrüstung, Kosmeto- und Wellnesstextilien	430
7.12.8	Flammfestausrüstung	431



7.12.9	Saugfähige und wasserbindende Ausrüstung	431
7.12.10	Staubbindende Behandlung	432
7.13	Beschichten	433
7.13.1	Beschichtungsverfahren	433
7.13.1.1	Pflatschen	433
7.13.1.2	Beschichten durch Tiefdruck	433
7.13.1.3	Beschichten durch Rotationsdruck	433
7.13.1.4	Streichen oder Rakeln	434
7.13.1.5	Extrudieren	434
7.13.1.6	Berührungsloses Beschichten	434
7.13.1.7	Umkehrverfahren ( <i>Release-Coating</i> )	434
7.13.2	Beschichtungseffekte	435
7.13.2.1	Rutschfestausrüstung	435
7.13.2.2	Verformbare Beschichtung	435
7.13.2.3	Selbstklebebeschichtung	435
7.13.2.4	Schaumbeschichtung	436
7.13.2.5	Selbstliegebeschichtung	437
7.13.2.6	Mikroporöse Beschichtung	437
7.13.2.7	Drainagebeschichtung	438
7.13.2.8	Heißsiegelbeschichtung	438
7.14	Kaschieren	440
7.14.1	Nasskaschierung	440
7.14.2	Trockenkaschierung	440
7.14.2.1	Anwendung von Klebevliesstoffen	441
7.14.3	Beispiele für Kaschierungen	441
7.15	Beflocken	441
7.16	Neue Verfahren und Produkte	442
7.16.1	Ökologie und Ökonomie	443
<b>III</b>	<b>Konfektionen von Vliesstoffen</b>	<b>449</b>
<b>8</b>	<b>Konfektion von Fertigprodukten</b>	<b>451</b>
8.1	Begriffe und Definitionen	451
8.2	Produktentwicklung	453
8.2.1	Produktentwicklung für Bekleidungstextilien	453
8.2.2	Produktentwicklung für Wohn- und Heimtextilien	457
8.2.3	Produktentwicklung für technische Textilien	457
8.3	Produktionsvorbereitung	458
8.4	Produktion	460
8.4.1	Legen der Stofflagen	460
8.4.2	Zuschnitt	462
8.4.2.1	Konventionelle Zuschnitttechnik	463
8.4.2.2	Automatische Zuschnittanlagen	465
8.4.3	Verbindungsprozess und Montage	467
8.4.4	Bügeln	474

8.5	Verpacken	475
8.6	Mechanisierung und Automatisierung	476
<b>IV</b>	<b>Eigenschaften und Anwendung der Vliesstoffe</b>	<b>479</b>
<b>9</b>	<b>Hygieneerzeugnisse</b>	<b>481</b>
9.1	Inkontinenzprodukte (Windeln)	482
9.2	OP-Textilien	484
9.3	Bereichs- und Berufsbekleidung	485
9.4	Antimikrobiell ausgerüstete Vliese	485
9.5	Damenhygieneprodukte (Binden, Tampons)	486
<b>10</b>	<b>Vliesstoffe für Medizin</b>	<b>489</b>
10.1	Gesetzliche Grundlagen	489
10.2	Einwegtextilien oder Mehrwegtextilien	490
10.3	Vliesstoffe für Medizinprodukte	491
10.4	Weiterentwicklung	492
<b>11</b>	<b>Vliesstoffe für Reinigungsprodukte und Oberflächenpflege</b>	<b>493</b>
11.1	Marktsituation	494
11.2	Nass- und Feuchtreinigungsprodukte	494
11.2.1	Bodentücher und Materialien für Bodenreinigungssysteme	496
11.2.2	Wischtücher (Mehrweg)	497
11.2.3	Einwegtücher ( <i>Disposables</i> )	497
11.2.3.1	Trockene Staubbentfernung am Boden mit Einwegtüchern	497
11.2.3.2	Feuchte Reinigung am Boden mit Einwegtüchern	498
11.2.3.3	Spezielle Oberflächenreinigungsverfahren mit Einwegtüchern	498
11.2.4	Syntheseleder-Tücher	498
11.3	Trocken- und Feuchtreinigungsprodukte	499
11.3.1	Mikrofaservliesstoffe	499
11.3.2	Polyvinylalkohol-Vliesstoffprodukte	500
11.3.3	Imprägnierte Tücher	501
11.4	Scheuermedien	501
11.4.1	Topfreiniger, Scheuerschwämme und -pads	501
11.4.2	Bodenreinigungsscheiben	502
<b>12</b>	<b>Vliesstoffe für Heimtextilien</b>	<b>505</b>
12.1	Vliesstoffe in Polstermöbeln	505
12.2	Vliesstoffe in Matratzen	507
12.3	Vliesstoffe in Fußbodenbelägen	508
12.4	Vliesstoffe als Dekorationsmaterialien	510
12.5	Tuftingträger	512
12.5.1	Gegenüberstellung der zwei unterschiedlichen Flächenkonstruktionen	513
12.5.2	Definition der an den Träger gestellten Anforderungen	514

<b>13</b>	<b>Vliesstoffe für Bekleidung</b>	<b>517</b>
13.1	Einlagevliesstoffe	517
13.1.1	Einleitung	517
13.1.2	Geschichte der Einlagevliesstoffe	517
13.1.3	Funktionen von Einlagevliesstoffen	518
13.1.3.1	Einlagestoffe zur Formgebung und Formunterstützung	519
13.1.3.2	Einlagevliesstoff zur Stabilisierung und/oder Versteifung	519
13.1.3.3	Einlagevliesstoff zur Volumengebung	519
13.1.4	Eigenschaften der Einlagevliesstoffe	519
13.1.5	Funktionsträger der Einlagevliesstoffe	521
13.2	Vliesstoffe für Schutzkleidung	521
13.2.1	Anforderungen an Schutzkleidung	522
13.2.2	Chemikalien/Aerosol/Staubschutz-Bekleidung	524
13.2.3	Nässe- und Kälteschutzbekleidung	527
13.2.4	Hitzeschutzbekleidung	528
13.3	Trägervliesstoffe für Schuhe	529
<b>14</b>	<b>Vliesstoffe für technische Anwendungen</b>	<b>539</b>
14.1	Isolation	539
14.1.1	Feuer, Wärme, Schall	539
14.1.1.1	Isolation gegen Feuer/Hitze	539
14.1.1.2	Wärmeisolierung	542
14.1.1.3	Schallisolation	546
14.1.2	Vliesstoffanwendungen in der Elektrotechnik	548
14.1.3	Kabelummantelung	553
14.1.3.1	Allgemeines	553
14.1.3.2	Klebebänder aus Maliwatt	554
14.1.3.3	Klebebänder aus Malivlies	555
14.1.3.4	Klebebänder aus Kunit-Multiknit	556
14.2	Filtration	557
14.2.1	Trockenfiltration	562
14.2.1.1	Allgemeines	562
14.2.1.2	Funktionelle Anforderungen, Eigenschaften	565
14.2.1.3	Oberflächenfilter	566
14.2.1.4	Tiefenfilter	569
14.2.2	Flüssigkeitsfiltration	573
14.2.2.1	Flüssigkeitsfilter auf Vliesstoffbasis	575
14.2.2.2	Bauarten für Flüssigkeitsfilter	577
14.3	Bauwesen	579
14.3.1	Geovliesstoffe	579
14.3.1.1	Grundlagen	579
14.3.1.2	Funktionen und Anforderungen	581
14.3.1.3	Anwendungsfälle für Vliesstoffe	584
14.3.2	Dachbahnen	588
14.3.2.1	Einleitung	588

14.3.2.2	Anforderungen an Dachbahnen	588
14.3.2.3	Eingesetzte Polyestervliesstoffe	589
14.3.2.4	Herstellung von Dachbahnen / Bitumierung	589
14.3.2.5	Entwicklungstrends	590
14.3.2.6	Recycling von Dachbahnen	590
14.4	Landwirtschaft	591
14.4.1	Einleitung	591
14.4.2	Anforderungen an Agrarvliesstoffe	591
14.4.3	Technologische Verfahren	592
14.4.4	Anwendungsbeispiele	592
14.4.5	Markttendenz	594
14.5	Fahrzeugindustrie	595
14.5.1	Markt	595
14.5.2	Automobilindustrie	596
14.5.2.1	Eigenschaftsanforderungen	600
14.5.2.2	Sitzpolster, Laminiervliesstoffe, Verkleidungsteile	605
14.5.2.3	Schall- und Wärmeisolation im Automobil	609
14.5.2.4	Synthetische Filtermedien für den mobilen Einsatz	613
14.5.3	Flugzeugindustrie, Schiffsbau, Eisenbahn	619
14.5.4	Ausblick	620
14.6	Papiermaschinenbespannungen	620
14.7	Simulation von Vliesstoffeigenschaften	624
14.7.1	Generierung virtueller Vliesstoffe	625
14.7.2	Eigenschaftsberechnung	626
14.7.2.1	Geometrische Charakterisierung	626
14.7.2.2	Strömungseigenschaften	626
14.7.2.3	Filtrationseigenschaften	627
14.7.2.4	Optimierung von Vliesstoffeigenschaften	628
14.7.3	Zukünftige Entwicklungen	628
<b>15</b>	<b>Verwertung von Vliesstoffen</b>	<b>639</b>
15.1	Produktionsabfälle aus der Vliesstoffherstellung	639
15.2	Vliesstoffabfälle nach dem Gebrauch	641
15.2.1	Einwegprodukte	641
15.2.2	Dauerhafte Produkte	641
15.3	Verwertungsmöglichkeiten für Vliesstoffabfälle	642
15.3.1	Mechanische Verfahren zur Faserrückgewinnung	642
15.3.2	Regranulierung	642
15.3.3	Herstellung von Textilschnitzeln und deren Verwendungsmöglichkeiten	643
15.3.4	Verarbeitung von Vliesstoffrandstreifen auf KEMAFIL®-Maschinen	644
15.3.5	Zweitverwertung von Vliesstoffabfällen	644

<b>V</b>	<b>Richtlinien und Prüfverfahren für Vliesrohstoffe und Vliesstoffe</b>	<b>647</b>
<b>16</b>	<b>Prüfverfahren</b>	<b>649</b>
16.1	Allgemeine Grundlagen	649
16.1.1	Probenahme und Statistik	649
16.1.2	Prüfklima	650
16.1.3	Normen und Richtlinien	650
16.2	Vliesrohstoffe	651
16.2.1	Fasern	651
16.2.1.1	Faserstoffanalyse	651
16.2.2	Granulate	655
16.2.3	Bindemittel	656
16.3	Vliesstoffe	657
16.3.1	Textilphysikalische Prüfungen	657
16.3.2	Prüfung von Echtheiten	667
16.3.3	Prüfung des Brennverhaltens	674
16.3.4	Prüfung des Pflegeverhaltens	679
16.3.5	Humanökologische Prüfungen	680
16.4	Einsatzbezogene Prüfverfahren	683
16.4.1	Hygiene- und Medizinerzeugnisse	683
16.4.2	Reinigungstücher und Haushalterzeugnisse	684
16.4.3	Heimtextilien	684
16.4.4	Schutzkleidung	685
16.4.5	Filterstoffe	687
16.4.6	Geovliesstoffe	692
<b>17</b>	<b>Qualitätsüberwachungs- und Qualitätssicherungssysteme für Produkte, Maschinen und Anlagen</b>	<b>699</b>
<b>18</b>	<b>Ausblick auf die zukünftige Entwicklung der Vliesstoffindustrie</b>	<b>711</b>
	<b>Index</b>	<b>717</b>



## Vorwort

Infolge der außerordentlich schnellen technologischen und anlagentechnischen Entwicklung in den letzten zwei Jahrzehnten vor der Jahrtausendwende erschien im Jahre 2000 die erste Auflage dieses Fachbuches in deutscher und 2003 in englischer Sprache. Die Herausgabe erfolgte durch den Verlag Wiley-VCH bei fachlicher Koordinierung durch das Sächsische Textilforschungsinstitut e. V. Chemnitz (Herausgeber: Wilhelm Albrecht, Hilmar Fuchs, Walter Kittelmann). Das Fachbuch fand eine sehr gute Aufnahme in der Industrie, in Universitäten und Hochschulen und bei den Mitarbeitern der europäischen Textilforschungsinstitute.

Nach fünf Jahren war die Auflage vergriffen und es stellte sich die Aufgabe, eine zweite überarbeitete Auflage zu erstellen. In dankenswerter Weise hat der Verlag Wiley-VCH diese Aufgabe wieder übernommen. An der ersten Auflage waren über 50 Autoren beteiligt. Die zweite Auflage wurde von ebenso vielen Autoren erarbeitet, wobei 20 neue Mitwirkende gewonnen werden konnten. Das Grundprinzip der Autorenauswahl bestand, wie auch bereits bei der ersten Auflage, darin, dass die Beiträge von den Vliesstofffachleuten geschrieben werden, die in den Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen im engeren Sinne auf diesen Gebieten arbeiten. Damit konnte gewährleistet werden, dass hochaktuelles Primärwissen dargestellt wird. Den Autoren und ihren Helfern danken wir für Ihr großes Engagement bei der Erarbeitung der Beiträge in hoher Qualität.

In der zweiten Auflage wurden wesentliche Neu- und Weiterentwicklungen der Verfahren und Anlagen zur Herstellung von Vliesstoffen berücksichtigt, die seit Erscheinen der ersten Auflage in die Industrie Eingang gefunden haben und die Forschungsgegenstand sind. Einige Abschnitte wurden hinzugefügt, andere völlig neu erarbeitet oder überarbeitet. Auch Textstraffungen waren an einigen Stellen erforderlich.

Besonderer Dank gilt unserer Lektorin Frau Dr. Heike Nöthe vom Verlag Wiley-VCH für ihre kompetente Unterstützung, ihr Verständnis für Autoren und Herausgeber und ihre konstruktive Mitwirkung in allen Fragen, die bei der Zusammenarbeit mit so vielen Beteiligten auftreten. Seitens des Sächsischen Textilforschungsinstituts e. V. wurde die Herausgabe der zweiten Auflage sehr intensiv unterstützt. Besonderer Dank gilt Frau Romy Naumann, die die Kapitel redaktionell überarbeitete. In hohem Maße hat der Geschäftsführende Direktor

des STFI e. V. Herr Dipl.-Ing.-Ök. Andreas Berthel die Arbeiten am Fachbuch „Vliesstoffe“ gefördert. Wertvolle Unterstützung erfuhren die Herausgeber von Frau Dipl.-Ing. Sigrun Adler bei der graphischen Gestaltung der Abbildungen, von Frau Gudrun Komondi und Herrn Dr. Ing. Walter Kittelmann. Die Herausgeber bedanken sich dafür ausdrücklich, denn ohne diese wichtigen Mitwirkungen wäre die Fertigstellung des Fachbuches nicht möglich gewesen.

Die vielfältigen technologischen Verfahren zur Herstellung von Vliesstoffen und der Maschinenbau für Vliesstoffanlagen bilden zusammen mit den Arbeiten zu Produktentwicklungen eine Einheit. Die Herstellung von Vliesstoffen ist Hauptbestandteil der Branche Technische Textilien, die in Europa je nach Region bis zu 50 % der Textilproduktion ausmacht. Wir wünschen den Lesern viel Erfolg bei ihrer Aus- und Weiterbildung sowie der Forschung auf dem Gebiet der Verfahrens-, Anlagen- und Produktentwicklung von Vliesstoffen. Möge die zweite Auflage dieses Fachbuches dabei hilfreich sein.

Chemnitz im Sommer 2012

Hilmar Fuchs  
Wilhelm Albrecht



## Vorwort zur 1. Auflage

Vor 20 Jahren hat das Hand- und Fachbuch „Vliesstoffe“ in der Textilwelt freundliche Aufnahme gefunden. In ihm hatten über 20 Autoren die einschlägigen Rohstoffe, ihre Verarbeitung zu dem weitgefächerten Vliesstoffangebot, die Eigenschaften der Erzeugnisse und die Prüfverfahren zu ihrer Ermittlung ausführlich beschrieben. Das Buch wurde von der Praxis, Lehre und Entwicklung gleichermaßen oft und gern benutzt. Nachdem sich inzwischen die Vliesstoffindustrie nicht nur mengenmäßig, sondern vielmehr noch mit ihrer Produktvielfalt wesentlich erweitert hat und der dafür eingesetzte Maschinenpark sowie die Roh- und Hilfsstoffe weiterentwickelt wurden, überraschte die Anregung nicht, das Buch dem gegenwärtigen Stand der Technik anzupassen und neu aufzulegen. Dazu war es nach so langer Zeit notwendig, wieder ein Team von Mitarbeitern zu gewinnen, das mit der heutigen Lage der Vliesstoffindustrie und ihrer ständig weitergehenden qualitativen und quantitativen Entwicklung vertraut ist. Hierbei wurde auch berücksichtigt, dass die Vliesstoffindustrie – wie kaum eine andere – weltweit orientiert ist. Die dadurch sicher nicht einfache Koordination der Arbeiten hat das Sächsische Textilforschungsinstitut in Chemnitz übernommen, das sich bevorzugt mit Fragen der Vliesstoffproduktion und ihrer Weiterentwicklung beschäftigt. Die hier tätigen Mitarbeiter unterhalten auch enge Kontakte zu vliesstoffherstellenden und -verarbeitenden Betrieben sowie den Faserlieferanten, dem einschlägigen Maschinenbau und den Hilfsmittelerzeugern, was sich vielfältig positiv auf die Gestaltung des Buches ausgewirkt hat.

Die Produktionssteigerungen, der sicht- und fühlbare Anstieg der Qualität der Erzeugnisse und die wachsende Produktvielfalt sind herausragende Kennzeichen der Vliesstoffindustrie. Sie sind das Ergebnis von Kreativität und erfolgreicher Zusammenarbeit mit den Roh- und Hilfsstofflieferanten sowie dem Maschinenbau. Dieser Verbund gewährleistet auch die Weiterentwicklung der Produkte, die noch keineswegs abgeschlossen ist. Sie steht nach wie vor unter den Leitmotiven Funktionalität der Erzeugnisse und Ressourcenschonung im weitesten Sinne. Dazu bedarf es eines noch engeren Zusammenrückens aller Beteiligten. Die Herausgeber haben sich darüber Gedanken gemacht und in dem abschließenden Buchabschnitt „Ausblick“ einige Möglichkeiten und Ziele zusammengestellt. Auch das ist ein Zeichen für das Potential, über das die Vliesstoffindustrie noch verfügt. Zu

seiner erfolgreichen Erschließung soll das vorliegende Buch einen angemessenen Beitrag leisten.

Als besonderer Glücksumstand für die Er- und Bearbeitung der Manuskripte erwies sich, dass einem von uns die notwendige Zeit und auch die entsprechenden Möglichkeiten zur Vorbereitung dieses Hand- und Fachbuches zur Verfügung standen. Dazu gehörten auch die vielen fachbezogenen Gespräche mit den Autoren der einzelnen Abschnitte und ihre Koordinierung. Hilfe und Interesse für dieses Buch haben wir auch beim Wiley-VCH Verlag gefunden, der zusätzlich noch eine Ausgabe in englischer und chinesischer Sprache besorgen wird. Der Lektorin, Frau Dr. Böck, möchten wir für viele gute Ratschläge danken; dazu gehört auch die Aufnahme von Anzeigen von Firmen, die der Vliesstoffindustrie helfen, die Qualität ihrer Produkte zu sichern und ihre Weiterentwicklung zu fördern. Ihnen allen – den Autoren und Helfern – danken wir für ihr sachkundiges Engagement. Wir wissen nur zu gut, dass es nicht leicht ist, bei der herrschenden Alltagsbelastung sich hinzusetzen und die erbetenen aussagekräftigen Beiträge zu verfassen.

Vliesstoffe nehmen heute einen festen Platz in der Textilwelt ein und erfüllen dabei in hervorragender Form mit ihren maßgeschneiderten Eigenschaften die verschiedensten Anforderungen. Vliesstoffe sind damit nicht nur zeitgemäße Produkte, sondern auch Erzeugnisse, die beweisen, dass es möglich ist, die wachsenden Herausforderungen der Zukunft verantwortungsvoll zu lösen. Wir wünschen den Lesern dieses Buches einen guten Nutzen.

Chemnitz im Frühjahr 2000

Wilhelm Albrecht  
Hilmar Fuchs  
Walter Kittelmann

## Liste der Autoren

### **Wilhelm Albrecht**

ehemals: Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

### **Hans-Claus Assent**

Albert-Ludwig-Str. 18  
69469 Weinheim

### **Ralf Bauer**

Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung e.V.  
Breitscheidstraße 97  
07407 Rudolstadt

### **Elke Beckmann**

Thüringisches Institut für Kunststoff-Forschung e.V.  
Breitscheidstr. 97  
07407 Rudolstadt

### **Hendrik Beier**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

### **Klaus Bender**

EMS-Griltech  
Via Innovativa 1  
7013 DOMAT/EMS  
Schweiz

### **Lutz Bergmann**

La Grange, GA  
30241-2189  
USA

### **Siegfried Bernhardt**

Spinnbau GmbH  
Geschäftsführung  
Bernhardtring 2  
28777 Bremen

### **Uta Bernstein**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

### **Walter Best**

Genter Straße 3  
52351 Düren

### **Bettina Bieber**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

### **Dieter Blechschmidt**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Peter Böttcher**

NONWOVEN-Service  
Turgenjewstr. 12  
09127 Chemnitz

**Margot Brodtka**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Axel Burmeister**

**Martin Dauner**

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik der Deutschen Institute für Textil- u. Faserforschung Denkendorf  
FB Vliesstoff- und Filamentgarntechnologien  
Körschtalstrasse 26  
73770 Denkendorf

**Johann Ph. Dilo**

OSKAR DILO Maschinenfabrik KG  
Postfach 1551  
Im Hohenend 11  
69412 Eberbach

**Waldemar Dohrn**

Grunewaldstr. 83A  
47929 Grefrath

**Michael Durst**

MANN+HUMMEL Innenraumfilter  
GmbH & Co. KG  
95482 Gefrees

**Peter Ehrler**

Bergstr. 19  
01069 Dresden

**Holger Erth**

Textilrüstung Pfand GmbH  
Walkmühlenweg 12  
08485 Lengenfeld

**Stephan Frerk**

Klingenstraße 2  
69518 Abtsteinach

**Ir. J.J. Frijlink**

AKZO NOBEL Nonwovens bv  
73 Westervoortsedijk  
PO 93 00  
6800 SB Arnheim  
Niederlande

**Hilmar Fuchs**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Rainer Gebhardt**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Robert Groten**

Freudenberg Evalon SárI  
20 rue Ampere  
68027 Colmar  
Frankreich

**Bernd Gulich**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Rainer Gutmann**

Institut für Chemiefasern der DITF  
Körschtalstr. 26  
73770 Denkendorf

**Jürgen Haase**

09130 Chemnitz

**Peter Hardt**

Hauptstrasse 32  
40789 Monheim am Rhein

**Marian Hierhammer**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Dirk Höfer**

Hohenstein Institut für Textilinnovation  
gGmbH  
Schloss Hohenstein  
74357 Boennigheim

**Manfred Hunger**

Theodor Lessing Str. 3  
09112 Chemnitz

**Walter Kittelmann**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Ferdinand Leifeld**

47906 Kempen

**Catrin Lewicki**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Klaus Lieberenz**

GEPRO Ingenieurgesellschaft  
Caspar-David-Friedrich-Str. 8  
01219 Dresden

**Iva Macková**

Technical University of Liberec  
Studentská 2  
461 17 Liberec 1  
Czech Republic

**Matthias Mägel**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Antje Melzer**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Klaus-Peter Mieck**

07407 Rudolstadt

**Jörg Morgner**

Temafa Maschinenfabrik GmbH  
An der Zinkhütte 8  
51469 Bergisch-Gladbach

**Wolfgang Möschler**

09126 Chemnitz

**Hubert Mrass**

INTER Automotive Näher GmbH  
Hans-Grüniger-Weg 11  
71706 Markgröningen

**Ulrich Münstermann**

Trützscher Nonwovens GmbH  
Wolfsgartenstr. 6  
63329 Egelsbach

**Heinz Neubauer**

Beethovenstr. 10  
08468 Reichenbach

**Gerald Ortlepp**

Thüringisches Institut für Kunststoff-  
Forschung e.V.  
Breitscheidstr. 97  
07407 Rudolstadt

**Markus Pasternak**

Herrmann Ultraschalltechnik  
GmbH & Co. KG  
Descostr. 3–9  
76307 Karlsbad

**Thomas Pfüller**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Helmuth Pill**

PILL Nassvliestechnik GmbH  
Heilbronner Str. 274  
72760 Reutlingen

**Norbert Ritter**

63329 Egelsbach

**Hartmut Rödel**

TU Dresden  
Institut für Textilmaschinen und Textile  
Hochleistungswerkstofftechnik  
  
01062 Dresden

**Bernd Rübenach**

Trützschler Non Wovens GmbH  
Haltener Str. 70  
48249 Dülmen

**Manfred Sauer-Kunze**

GEA Air Treatment GmbH  
Südstr. 48  
44625 Herne

**Manfred Schäffler**

86504 Merching

**Wolfgang Schilde**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Barbara Schimanz**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Stefan Schlichter**

AUTEFA SOLUTIONS GERMANY  
GMBH  
Paul-Lenz-Str. 1  
86316 Friedberg

**Elke Schmalz**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Harald Schmidt**

Mülheim a.d. Ruhr

**Gunter Schmidt**

Textil-Service-Schmidt  
Finkenweg 22  
79312 Emmendingen

**Jochen Schreiber**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Jürgen Spindler**

EMS-Griltech  
Via Innovativa 1  
7013 DOMAT/EMS  
Schweiz

**Ulrich Steinbach**

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Str. 240  
09125 Chemnitz

**Konrad Steiner**

Fraunhofer Institut für Techno- und  
Wirtschaftsmathematik  
Fraunhofer-Platz 1  
67663 Kaiserslautern