



Günter Wagner

Waschmittel

Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit

4. vollst. überarb. u. erw. Auflage



WILEY-
VCH

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

This page intentionally left blank

Günter Wagner
Waschmittel

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

Schwedt, G.

Noch mehr Experimente mit Supermarktprodukten

Das Periodensystem als Wegweiser

252 Seiten mit ca. 59 Abbildungen und
ca. 1 Tabellen

2009

Softcover

ISBN: 978-3-527-32476-7

Schwedt, G.

Experimente mit Supermarktprodukten

Eine chemische Warenkunde

252 Seiten mit 30 Abbildungen
2009

Softcover

ISBN: 978-3-527-32450-7

Aehle, W. (Hrsg.)

Enzymes in Industry

Production and Applications

516 Seiten mit 137 Abbildungen und 47 Tabellen
2007

Hardcover

ISBN: 978-3-527-31689-2

Tadros, T. F.

Applied Surfactants

Principles and Applications

654 Seiten mit 321 Abbildungen und 25 Tabellen
2005

Hardcover

ISBN: 978-3-527-30629-9

Weissermel, K., Arpe, H.-J.

Industrial Organic Chemistry

511 Seiten mit 20 Abbildungen und 145 Tabellen
2003

Hardcover

ISBN: 978-3-527-30578-0

Smulders, E.

Laundry Detergents

288 Seiten mit 116 Abbildungen und 62 Tabellen
2002

Hardcover

ISBN: 978-3-527-30520-9

Hummel, D. O.

Handbook of Surfactant Analysis

Chemical, Physico-Chemical and Physical Methods

412 Seiten

2000

Hardcover

ISBN: 978-0-471-72046-1

Günter Wagner

Waschmittel

Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit

4. vollst. überarb. u. erw. Auflage



WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Autoren

Dipl.-Chem. Günter Wagner

Sandbuschweg 3
34132 Kassel

4. vollst. überarb. u. erw. Auflage 2010

■ 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.

© 2010 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

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.

Cover-Design Grafik-Design Schulz,
Fußgönheim

Satz Hagedorn Kommunikation GmbH,
Viernheim

Druck und Bindung betz-druck GmbH,
Darmstadt

Printed in the Federal Republic of Germany
Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN: 978-3-527-32678-5

Danksagung

Mein Dank gilt allen den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, wissenschaftlichen Institutionen, Verbänden und Firmen der Waschmittel-, Waschröhstoff- und Waschgeräteindustrie, die mir bereitwillig aktuelle Daten und viele Hintergrundinformationen zur Verfügung gestellt haben.

Besonders danken für die vielfältige Unterstützung möchte ich Herrn Dr. Bernd Glassl (Industrieverband Körperpflege- und Waschmittel IKW) und Herrn Dr. Horst-Dieter Speckmann (Henkel AG & Co. KGaA)

Mein Dank gebührt auch den folgenden Personen, die an der Überarbeitung und Aktualisierung einzelner Kapitel maßgeblich mitgewirkt haben:

Kapitel 2 und Anhang 1: Dr. Claus-Dierk Hager (Sasol Germany GmbH),

Kapitel 9 und Anhang 2: Dr. Josef Steber und Dr. Thorsten Wind (Henkel AG & Co. KGaA),

Kapitel 10: Dr. Claus Gutzschebauch (Henkel AG & Co. KGaA) und Dr. Hans-Jürgen Klüppel.

Kapitel 11.5: Dr. Roland Schröder (Henkel AG & Co. KGaA).

Herrn Dr. Thomas Herbrich (fit GmbH), Herrn Armin Pillkahn (Luhns GmbH) und Herrn Dr. Bernd Wolff-Schladitz (Dalli-Werke GmbH & Co. KG) danke ich für die vielen Hintergrundinformationen und wertvollen Hinweise zu den Kapiteln 5 und 6, Herrn Dr. Schmiedel (Henkel AG & Co. KGaA) für die wertvollen Hinweise zu Kapitel 3.

Dem Verlag Wiley-VCH danke ich für die ausgezeichnete Koordination und allzeit gute Zusammenarbeit.

Nachweis der Abbildungen

Association Internationale de la Savonnerie, de la Détergence et des Produits d'Entretien A.I.S.E.: (Abb. 8.17).

BASF AG: (Abb. 5.2, 5.12 und 5.13).

Fonds der chemischen Industrie: Folienserie 14 „Tenside“, 1992 (Abb. 3.9), Informationsserie „Textilchemie“ (Abb. 1.14).

Dr. Claus-Dierk Hager (Sasol Germany GmbH): (Abb. 2.4, 2.5 und 2.6).

Fachverband für Energie-Marketing und -Anwendung (HEA): (Abb. 1.25 und 1.26).

Henkel AG & Co. KGaA: (Abb. 1.11, 5.5, 5.25, 5.27, 5.28, 5.29, 5.32, 5.33, 5.43, 6.9, 7.2 bis 7.7, 8.18, 8.19, 8.20, 8.20, 8.21, 9.9 und 9.10).

Henkel AG & Co. KGaA, Konzernarchiv: (Abb. 7.1, 8.2 bis 8.4, 8.8 und 9.1).

Dr. Hans-Jürgen Klüppel: (Abb. 10.1 bis 10.13, außer Abb. 10.5).

Industrieverband Körperpflege- und Waschmittel (IKW): (Abb. 1.6, 1.17, 8.22, 8.26 bis 8.29).

Miele & Cie. KG: (Abb. 1.19, 1.23 und 1.27).

Novozymes A/S: (Abb. 5.26).

Heinrich Oberlack: (Abb. 1.18).

Procter & Gamble Service GmbH: (Abb. 6.5 und 6.10).

Prof. Dr. Rainer Stamminger, Universität Bonn, Sektion Haushaltstechnik: (Abb. 1.22, 1.24 und 1.28).

Günter Wagner: (Abb. 8.16 und 8.31).

Rudolf Weber: SÖFW, H. 15 (1985), S. 442 (Abb. 3.11).

Thorsten Wind (Henkel AG & Co. KGaA): Henkel internal document.
<http://blog.save-your-future.com/2009/04/02/biologischer-abbau-was-ist-das-neu/>
(aufgerufen 08/2009) (Abb. 9.4, 9.8, 9.9).

Inhaltsverzeichnis

Vorwort XIII

1 Partner beim Waschprozess 1

- 1.1 Einführung 1
- 1.2 Der Wäscheschmutz 2
- 1.3 Wasser und Wasserhärte 4
- 1.4 Textilien 8
- 1.5 Waschmaschinen 16
- Literatur 30

2 Chemie der Tenside 31

- 2.1 Überblick und wirtschaftliche Bedeutung 31
- 2.2 Anionische Tenside 37
 - 2.2.1 Seife 37
 - 2.2.2 Alkylbenzolsulfonate (TPS, LAS) 40
 - 2.2.3 Alkansulfonate (SAS) 42
 - 2.2.4 Fettalkoholsulfate (FAS) 43
 - 2.2.5 Fettalkoholethersulfate (FAES) 44
- 2.3 Nichtionische Tenside 44
 - 2.3.1 Fettalkoholethoxylate (FAEO) 46
 - 2.3.2 Tenside auf Zuckerbasis 47
 - 2.3.3 Sonstige Niotenside 49
- 2.4 Kationische Tenside 50
- 2.5 Amphotere Tenside 52
- Literatur 53

3 Eigenschaften der Tenside 55

- 3.1 Anordnung von Tensiden an Phasengrenzflächen 55
- 3.2 Das Verhalten von Tensiden in wässriger Lösung 56
 - 3.2.1 Herabsetzung der Oberflächenspannung des Wassers durch Tenside 56
 - 3.2.2 Micellbildung von Tensiden 58
 - 3.2.3 Schaumbildung von Tensidlösungen 60
 - 3.2.4 Das Benetzungsvermögen von Tensidlösungen 62

3.3	Die Waschwirkung von Tensiden	64
3.3.1	Schmutzablösung von öl- und fetthaltigem Schmutz	65
3.3.2	Schmutzablösung von Pigmentschmutz	68
3.3.3	Schmutzablösung von stark polarem Schmutz	70
3.3.4	Tensidmischungen	70
	Literatur	71
4	Warenkunde der Waschmittel	73
4.1	Waschmitteltypen im Überblick	73
4.2	Vollwaschmittel	76
4.2.1	Vollwaschmittel, pulverförmig	76
4.2.2	Vollwaschmittel, flüssig und gelförmig	78
4.3	Colorwaschmittel	79
4.3.1	Colorwaschmittel, pulverförmig	79
4.3.2	Colorwaschmittel, flüssig und gelförmig	80
4.4	Portionierte Waschmittel (Tabs und Flüssig-Tabs)	81
4.5	Feinwaschmittel	81
4.6	Spezialwaschmittel	82
4.7	Waschmittel mit Zusatznutzen	83
	Literatur	83
5	Inhaltsstoffe von Waschmitteln	85
5.1	Tenside	85
5.2	Enthärter (Gerüststoffe)	88
5.2.1	Pentatriumtriphosphat	91
5.2.2	Zeolithe	92
5.2.3	Spezielle Silicate	95
5.2.4	Citronensäure und Citrate	96
5.2.5	Polycarboxylate	97
5.2.6	Nitrilotriessigsäure und deren Salze (NTA)	99
5.3	Waschalkalien und pH-Wert	100
5.4	Bleichsysteme	101
5.4.1	Bleichmittel auf Sauerstoffbasis	103
5.4.2	Bleichmittel auf Chlorbasis	106
5.4.3	Bleichaktivatoren	107
5.4.4	Bleichkatalysatoren	109
5.4.5	Peroxocarbonsäuren	110
5.5	Enzyme	111
5.6	Sonstige Inhaltsstoffe	116
5.6.1	Polymere Inhaltsstoffe	116
5.6.1.1	Vergrauungsinhibitoren und Soil Release Polymere	117
5.6.1.2	Farbübertragungsinhibitoren	120
5.6.1.3	Farbpflegepolymere	122
5.6.1.4	Folien für Portionierungen	122
5.6.2	Optische Aufheller	123

- 5.6.3 Stabilisatoren und Komplexbildner 125
- 5.6.4 Schauminhibitoren 128
- 5.6.5 Korrosionsinhibitoren 129
- 5.6.6 Duftstoffe 129
- 5.6.7 Farbstoffe 130
- 5.6.8 Füllstoffe und Konfektionierungshilfen 131
- 5.6.9 Konservierungsstoffe 131
- 5.6.10 Sprengmittel 132
- 5.6.11 Geruchsabsorber 132
- Literatur 134

- 6 Waschlösungsmittel und Nachbehandlungsmittel 137**
- 6.1 Waschlösungsmittel (Vorbehandlungsmittel und Waschlösungsmittel-additive) 138
- 6.2 Weichspülmittel und Gewebeconditioner 141
- 6.3 Weitere Nachbehandlungsmittel 148
- 6.4 Textilerfrischer 149
- Literatur 150

- 7 Technologie der Waschlösungsmittelherstellung 151**
- 7.1 Herstellung von pulverförmigen Waschlösungsmitteln nach dem Tennenverfahren 152
- 7.2 Herstellung pulverförmiger Waschlösungsmittel nach dem Hochdruck-sprühverfahren 153
- 7.3 Herstellung von Kompakt- und Superkompaktwaschlösungsmitteln 155
- 7.4 Herstellung von Waschlösungsmittel-Tabs 157
- 7.5 Herstellung von flüssigen Waschlösungsmitteln 159
- 7.6 Herstellung von Flüssig-Tabs 161
- Literatur 161

- 8 Waschlösungsmittel aus Sicht der Verbraucher 163**
- 8.1 Geschichte der Waschlösungsmittel 163
- 8.2 Waschlösungsgewohnheiten heute 173
- 8.2.1 Verwendung von Waschlösungsmitteln in Deutschland 177
- 8.2.2 Waschlösungsverfahren 183
- 8.3 Der Waschlösungsmittelmarkt im internationalen Vergleich 187
- 8.4 Hinweise zum richtigen Waschen 192
- 8.4.1 Sechs „goldene“ Regeln zum Waschen 192
- 8.4.2 Vorbehandlung der Wäsche und Fleckentfernung 198
- 8.4.3 Hinweise zum Trocknen der Wäsche 201
- 8.4.4 Informationen auf der Waschlösungsmittelpackung 201
- 8.5 Verbraucherschutz, Hygiene und Gesundheit 203
- 8.5.1 Welche Warnhinweise und Gefahrenkennzeichnungen finden sich auf einer Waschlösungsmittelpackung? 204

- 8.5.2 Gibt es mögliche Risiken durch Waschmittelrückstände auf den Textilien? 208
- 8.5.3 Welche Wirkung haben Waschmittel und Weichspülmittel auf die Haut? 209
- 8.5.4 Wie groß ist die Gefahr bei Unfällen mit Waschmitteln? 212
- 8.5.5 Gibt es hygienische Probleme, wenn die Wäsche häufiger bei Temperaturen von 20 °C bis 40 °C gewaschen wird? 213
- Literatur 218

9 Ökologie der Waschmittel 221

- 9.1 Allgemeine Problemstellung 221
- 9.2 Abwasserbelastung durch Waschmittel 225
- 9.3 Vorkommen von Tensiden in der Umwelt 230
 - 9.3.1 Tenside in Oberflächengewässern 230
 - 9.3.2 Tenside im Klärschlamm und Boden 235
- 9.4 Biologische Abbaubarkeit von Tensiden 235
 - 9.4.1 Überblick 236
 - 9.4.2 Der Primärabbau von Tensiden 238
 - 9.4.3 Der Totalabbau von Tensiden 239
 - 9.4.4 Vergleich der biologischen Abbaubarkeit wichtiger Tenside 243
- 9.5 Wirkung von Tensiden auf Gewässerorganismen (aquatische Toxizität) 245
 - 9.5.1 Die akute Toxizität 245
 - 9.5.2 Die Langzeit-Toxizität 246
- 9.6 Ökologische Bewertung wichtiger Tenside 248
- 9.7 Ökologische Auswirkungen weiterer Inhaltsstoffe von Waschmitteln 250
 - 9.7.1 Phosphate 250
 - 9.7.1.1 Phosphorkonzentration und Gewässergüte in stehenden Gewässern 252
 - 9.7.1.2 Phosphorkonzentration in Fließgewässern 253
 - 9.7.1.3 Ursache der Phosphorbelastung 253
 - 9.7.1.4 Maßnahmen zur Reduktion der Phosphorkonzentration in der Umwelt 254
 - 9.7.2 Phosphatfreie Enthärterssysteme und Komplexbildner 255
 - 9.7.3 Bleichmittel 257
 - 9.7.4 Enzyme 258
 - 9.7.5 Sonstige Inhaltsstoffe 259
 - 9.7.6 Umweltbelastung durch Waschmittelinhaltsstoffe im Überblick 261
 - Literatur 263

10 Ökobilanzen 265

- 10.1 Was sind Ökobilanzen? 265
- 10.2 Was können Ökobilanzen leisten? 267

10.3	DIN/EN/ISO-Normen	268
10.4	Wer führt Ökobilanzen durch?	268
10.5	Grundlagen zum Erstellen von Ökobilanzen	269
10.5.1	Bestimmung von Ziel und Untersuchungsrahmen einer Ökobilanz	269
10.5.2	Sachbilanz (Dateninventar)	269
10.5.3	Wirkungsabschätzung	270
10.5.4	Auswertung und Kritische Prüfung	272
10.6	Ökobilanz des Waschens	273
	Literatur	280
11	Waschmittel und Nachhaltigkeit	283
11.1	Allgemeine Betrachtungen	283
11.2	FORUM WASCHEN – eine Initiative zum nachhaltigen Waschen	285
11.3	Hersteller und Verbraucher tragen Verantwortung für eine nachhaltige Entwicklung	286
11.4	Weitere Initiativen und Ansätze zum „Nachhaltigen Waschen“	288
11.4.1	Umweltzeichen für Waschmittel	288
11.4.2	Europäische Nachhaltigkeitsinitiative „Nachhaltiges Waschen und Reinigen“	289
11.4.3	Der „Product Carbon Footprint (PCF)“ – Ein Maß für Ressourcenverbrauch und Klimarelevanz?	290
11.5	Der Beitrag nachwachsender Rohstoffe für eine nachhaltige Entwicklung der Waschmittel	291
11.6	Ausblick – Wie sieht die Zukunft des Waschens aus?	296
	Literatur	298
12	Allgemeine Literatur, Übersichtswerke und Internetadressen	299
A1	Methoden zur Synthese von Tensiden	301
A1.1	Herstellung von Seife	301
A1.2	Herstellung von linearen Alkylbenzolsulfonaten (LAS)	304
A1.3	Herstellung von sekundären Alkylsulfonaten (SAS)	305
A1.4	Herstellung von Fettalkoholen und Fettalkoholsulfaten (FAS)	306
A1.5	Herstellung von Fettalkoholethersulfaten (FAES)	308
A1.6	Herstellung von Fettalkoholethoxylaten (FAEO)	308
A1.7	Herstellung von Alkylpolyglucosiden (APG)	310
A1.8	Herstellung von Kationtensiden (Esterquats)	311
A2	Messverfahren zur biologischen Abbaubarkeit	313
A2.1	Methoden zur Untersuchung des Primärabbaus	314
A2.2	Methoden zur Untersuchung des Totalabbaus	316

A3	Gesetzliche Regelungen, Selbstverpflichtungen und freiwillige Vereinbarungen	319
A4	Rahmenrezepturen	323
A5	Abkürzungsverzeichnis	327
	Stichwortverzeichnis	330

Vorwort

Waschmittel begegnen uns täglich im Haushalt, in der Werbung und im Supermarkt. Sie werden von uns allen mit großer Selbstverständlichkeit genutzt, doch wissen wir eigentlich, wie moderne Waschmittel zusammengesetzt sind und wie die Inhaltsstoffe wirken? Was ist z. B. das Besondere an Colorwaschmitteln? Wie kann ich nachhaltig umweltverträglich waschen? Seit wann gibt es eigentlich moderne Waschmittel?

Diese und viele andere Fragen wird Ihnen das vorliegende Buch „Waschmittel – Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit“ beantworten. Das Werk bietet eine naturwissenschaftlich fundierte Einführung in das umfangreiche Gebiet der Waschmittelchemie, stellt die wichtigen Neuentwicklungen der letzten Jahre vor und beschreibt die Auswirkungen des Waschens auf die Umwelt. Seinen besonderen Reiz erhält der Themenkreis Waschmittel durch die enge Verknüpfung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse mit technologischen, ökologischen, wirtschaftlichen und kulturhistorischen Aspekten. Die Entwicklung der modernen Waschmittel wird dabei am Beispiel der Rezeptur eines Markenwaschmittels von 1907 bis heute genauer nachvollzogen.

Jedes Jahr sind Innovationen und Veränderungen im Bereich der Waschmittelchemie und insbesondere auch beim Waschen insgesamt zu verzeichnen. Nachdem die dritte Auflage aus dem Jahr 2005 schon wenige Jahre nach Erscheinen vergriffen war, haben wir – Autor und Verlag – uns entschlossen, für die vierte Auflage alle Kapitel zu überarbeiten und zu aktualisieren, um den vielen Innovationen der letzten Jahre Rechnung zu tragen. Die Strukturierung des Buches hat sich bewährt und ist deshalb beibehalten worden, zu einigen Themen sind neue Unterkapitel hinzugekommen. Insgesamt sind alle wesentlichen Neuentwicklungen der letzten Jahre in der Neuauflage berücksichtigt worden. Dazu zählen u. a. die Niedrigtemperaturwaschmittel, lösliche Enthärterssysteme bei Pulverwaschmitteln, hochkonzentrierte Flüssigwaschmittel oder die Aktivitäten zum „nachhaltigen Waschen“.

Die einzelnen Kapitel des Buches sind weitgehend eigenständig konzipiert, so dass sie auch sehr gut auszugsweise genutzt und gelesen werden können. In jedem Kapitel finden sich Querverweise zu anderen Kapiteln, so dass Zusammenhänge deutlich werden. Dies macht das Buch zu einem Nachschlagewerk, Lehrbuch und Studienbuch in einem. Alle zentralen Themen werden mit der

nötigen fachlichen Tiefe abgehandelt, jedoch soll eine Beschränkung auf das Wesentliche helfen, den Überblick zu bewahren. Im Text häufig benutzte Abkürzungen sind in einem Abkürzungsverzeichnis am Ende des Buches zusammengefasst.

Das Buch wendet sich an alle Leserinnen und Leser, die sich mit dem Thema Waschmittel näher beschäftigen wollen. Die Konzeption des Buches ist so angelegt, dass ein breiter Leser- und Benutzerkreis angesprochen werden kann: Alle, die beruflich mit dem Thema Waschmittel und Waschen zu tun haben; Lehrerinnen und Lehrer der naturwissenschaftlichen Fächer; interessierte Schülerinnen und Schüler; Studierende der Naturwissenschaften an Universitäten und Fachhochschulen; Arbeitskreise, Initiativen und Verbände, die sich mit dem Thema Waschmittel näher auseinandersetzen wollen; Fachkräfte im Bereich der Beratungstätigkeit für Verbraucher- und Umweltfragen und interessierte Auszubildende und Berufstätige im Bereich der Chemie, der Textilberufe und der Hauswirtschaft.

Viel Freude beim Lesen wünscht Ihnen

Günter Wagner

Kassel, im Dezember 2009

1

Partner beim Waschprozess

1.1 Einführung

Das Ziel des Waschens ist die Wäschepflege. Dazu gehören nicht nur die Schmutzentfernung, sondern auch ein einwandfreier hygienischer Zustand der Wäsche und die Erhaltung des Gebrauchswertes. Die Ansprüche an das Waschergebnis sind sehr hoch und nur erfüllbar durch das optimale Zusammenwirken der am Waschprozess beteiligten Partner

- Wäscheschmutz,
- Wasser,
- Textilien,
- Waschgeräte,
- Waschmittel.

Waschmittel können also nicht isoliert gesehen werden, sondern sind im Waschprozess eng mit den anderen genannten Faktoren verbunden. Kapitel 1 wird alle Partner im Waschprozess kurz vorstellen, bevor näher auf die Waschmittelchemie eingegangen wird.

Die Abhängigkeiten der Waschfaktoren untereinander lassen sich sehr anschaulich am sogenannten *Waschkreis* nach *Sinner* zeigen (Abb. 1.1). In dieser Abbildung wird beispielhaft das Waschen in der Trommelwaschmaschine aus den 1960er Jahren (90 °C-Waschgang) einem heute gebräuchlichen Verfahren (40 °C-Waschgang) gegenübergestellt. Man sieht, dass sich die Bedeutung der Waschfaktoren deutlich verlagert hat.

Vor ca. 50 Jahren (in den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts) war der Kochwaschgang zumindest bei stärker verschmutzter Wäsche üblich. Der überwiegende Anteil der Textilien war aus Baumwolle und weiß. Die Waschmaschinen waren auf starke mechanische Reinigungswirkung ausgelegt. Der Wasserverbrauch war hoch.

Heute ist eine zentrale Forderung ein möglichst geringer Energieeinsatz und Wasserverbrauch beim Waschen. Zusätzlich steht der Wunsch nach wenig Zeitaufwand im Vordergrund. Dabei erwarten die Verbraucher eine unverändert hohe Waschqualität sowie Schonung und Werterhalt auch von farbigen und emp-

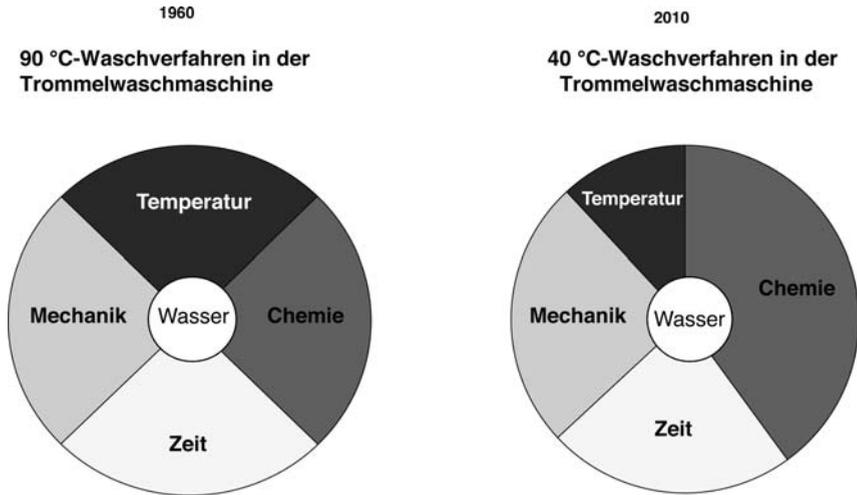


Abb. 1.1 Vergleich der Einflussfaktoren beim Waschen unter verschiedenen Waschbedingungen (Waschkreis nach Sinner).

findlichen Textilien. Als Folge davon ist die Waschtemperatur deutlich gesunken, die Waschgänge sind kürzer und die Mechanik der Waschmaschinen ist schonender geworden. Der Anteil der Chemie am Waschprozess muss notwendigerweise höher sein als früher. Leistungsfähige Waschmittel sind heute der wichtigste Faktor für den Wascherfolg.

1.2 Der Wäscheschmutz

Unter Schmutz versteht man gemeinhin alles, was nicht auf Textilien gehört und von Auge, Nase und Haut als unangenehm empfunden wird bzw. aus hygienischen Gründen entfernt werden muss. Hinsichtlich seiner chemischen Zusammensetzung ist der Schmutz nahezu unbegrenzt variabel. Trotzdem lässt sich eine Einteilung in sechs große Gruppen von Schmutzarten vornehmen, die grundsätzlich unterschiedliche Eigenschaften aufweisen (Abb. 1.2).

Der durchschnittliche Schmutzanteil bei normal verschmutzter Wäsche beträgt 1,3 % des Wäschegewichtes. Bei einer Waschladung von 5 kg entspricht dies etwa 65 g Schmutz. Nur ein geringer Teil des Schmutzes (20–25 %) ist wasserlöslich. Der weitaus größte Teil lässt sich erst durch Tenside und mit Hilfe von Mechanik vom Waschgut entfernen. Ein Teil des Wäscheschmutzes (dazu gehören u. a. Farbstoffe und proteinhaltiger Schmutz) lässt sich erst nach chemischer Veränderung beseitigen.

Über 60 % der Wäschestücke kommen beim Tragen mit dem Körper in Berührung (Abb. 1.3) [1].

Schmutzarten	Beispiele	Herkunft (Beispiele)
Wasserlösliche Stoffe	Kochsalz, Harnstoff	Schweißrückstände, Speisereste, Urin
Fette	Triglyceride, Wachse, Kohlenwasserstoffe	Hautfett, Mineralöle, Speisen, Kosmetika
Proteine	Gelatine, Hühnereiweiß	Hautschuppen, Blut, Ei, Kakao, Milch und Milchprodukte, Süßspeisen, Süßwaren (z. B. Gummibärchen)
Kohlenhydrate	Stärke, Cellulose, Pektine, Galactomannane u. a.	Mehl, Faserreste, Soßen, Kartoffelbrei, Verdickungsmittel (z. B. Johannisbrotkernmehl E 410, Guarkernmehl E 412, u. a.)
Farbstoffe	β -Carotin, Curcumin (vergl. Kap. 5.4)	Fruchtsäfte, Rotwein, Obst, Gemüse, Gras, Tee, Kaffee
Pigmente	-	Straßenstaub, Ruß, Asche, Erde

Abb. 1.2 Wichtige Bestandteile von Wäscheschmutz.

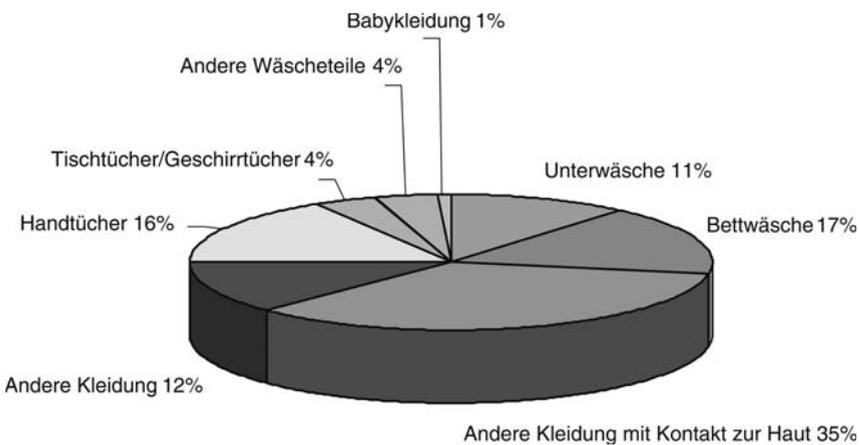


Abb. 1.3 Textilien in einer durchschnittlichen Waschladung.

Daher ist es nicht verwunderlich, dass der mengenmäßig größte Anteil des Wäscheschmutzes durch den direkten Kontakt zwischen Wäsche und dem menschlichen Körper verursacht wird (Abb. 1.4).

Für die Schmutzhaftung auf der Faser sind folgende Effekte von Bedeutung:

Mechanische Haftung: Feinverteilter Schmutz lagert sich in Faserhohlräume oder zwischen den Fäden ein und wird dort praktisch „eingeklemmt“.

Intermolekulare Wechselwirkungen: Dipolkräfte, Wasserstoffbrückenbindungen und Van-der-Waals-Kräfte begünstigen eine Schmutzhaftung auf Faseroberflä-

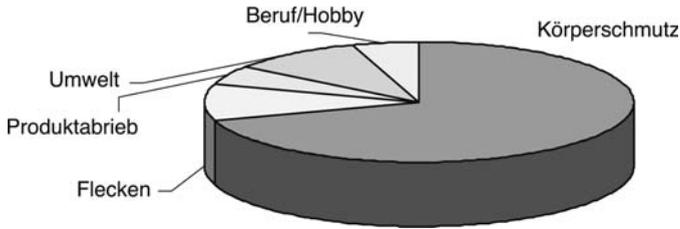


Abb. 1.4 Durchschnittliche Zusammensetzung von Wäscheschmutz.

chen. Je kleiner ein Schmutzteilchen ist, desto stärker werden die intermolekularen Wechselwirkungen.

Coulomb-Kräfte: Elektrostatische Aufladungen und Ionenbildung haben Einfluss auf die Haftung des Schmutzes.

Zusätzlich zur chemischen Zusammensetzung spielen Zustand und Teilchengröße des Schmutzes eine wesentliche Rolle. Typisch sind Alterungserscheinungen des Schmutzes. So lassen sich z. B. frische Blutflecken mit kaltem Wasser sehr leicht entfernen. Im angetrockneten Zustand ist eine Beseitigung ohne Hilfe von Enzymen kaum noch möglich. Bei Fetten treten ebenfalls Alterungsprozesse auf. Hier spielen Oxidationsprozesse mit Luftsauerstoff die entscheidende Rolle.

Grundsätzlich gilt: Kleine Teilchengrößen bedingen große Oberflächen des Schmutzes. Dadurch können Adsorptionerscheinungen und intermolekulare Wechselwirkungen zwischen Schmutz und Faser stärker wirksam werden. Schmutz mit Teilchengrößen kleiner als 0,2 Mikrometer lässt sich deshalb nur sehr schwer von der Wäsche entfernen.

Darüber hinaus spielen Struktur und Polarität der Textilfaser eine wesentliche Rolle für die Schmutzhaftung bzw. Schmutzentfernung. Naturfasern haben eine wesentlich größere spezifische Oberfläche als Chemiefasern (Baumwolle 20 bis 200 m²/g; Polyester 0,2 bis 2 m²/g [2]) und sind wesentlich polarer aufgebaut. Die Schmutzhaftung auf der Faser ist daher insgesamt ein komplexes Geschehen, das von vielen Faktoren beeinflusst wird.

1.3

Wasser und Wasserhärte

Wasser spielt beim Waschprozess eine wichtige Rolle. Es muss gleich mehrere Aufgaben erfüllen:

- Lösen der wasserlöslichen Schmutzteile;
- Transport des Waschmittels zum Waschgut;
- Übertragung der mechanischen Bewegung und der Temperatur auf das Waschgut;
- Aufnahme des von der Faser abgelösten Schmutzes in Form einer Emulsion oder Suspension.

Die Menge des pro Bundesbürger in Deutschland verbrauchten Wassers ist enorm. Durchschnittlich 122 Liter wurden in der Bundesrepublik pro Tag und Einwohner im Jahr 2007 verbraucht, davon rund 15 Liter täglich zum Wäschewaschen. Im zeitlichen Vergleich hat der personenbezogene Wasserverbrauch seit 1990 um 25 Liter (17 %) pro Person und Tag abgenommen [3].

Zu den für den Waschprozess störenden Inhaltsstoffen des Wassers gehören in erster Linie die Elemente Calcium und Magnesium in Form ihrer Ionen. Diese Erdalkalien bestimmen die Qualität des Wassers beim Waschen. Calcium- und Magnesium-Ionen bilden mit Seife schwerlösliche Salze, die Kalk- und Magnesiumseife. Auch mit einigen anderen anionischen Tensiden können schwerlösliche Verbindungen entstehen. Weiterhin können sich schwerlösliche Erdalkalicarbonate auf der Wäsche und den Heizstäben der Waschmaschinen ablagern. Beim Waschen sind Erdalkali-Ionen daher grundsätzlich unerwünscht.

Eine vergleichbar störende Wirkung beim Waschen zeigen auch Eisen- und Mangan-Ionen, die ebenfalls in geringer Konzentration im Trink- und Oberflächenwasser vorkommen. Auch sie bilden in wässriger Lösung schwerlösliche Salze, die durch ihre gelbe bis braune Färbung identifiziert werden können und die zu Wäschevergilbungen führen. Zusätzlich stören diese Schwermetall-Ionen den Bleichvorgang (vgl. Kap. 5.4).

Die Summe der Erdalkalien wird in Form der *Wasserhärte* (Gesamthärte) erfasst. Man bezeichnet Wasser mit hohem Gehalt an Calcium- und Magnesium-Ionen als hart, solches mit geringem Gehalt als weich. Entstanden ist der Begriff „Härte“ des Wassers, weil calcium- und magnesiumreiches Wasser in früheren Zeiten beim Waschen mit Seife zu brettharter Wäsche führte. Die zahlenmäßige Festlegung geschieht in Form von Härtegraden (Abb. 1.5). Die gesetzlich vorgeschriebene Maßeinheit lautet Millimol Erdalkali-Ionen pro Liter Wasser (mmol/L). In Deutschland ist aber auch immer noch die traditionelle Einheit Grad deutscher Härte (°d) gebräuchlich.

Die internationale Standardisierung der Maßeinheit hat sich noch nicht überall durchgesetzt, so dass es von Land zu Land noch weitere unterschiedliche Maßeinheiten gibt. Gemäß der Neufassung des Wasch- und Reinigungsmittelgesetzes v. 29.04.2007 (WRMG) bezeichnet man Wasser mit mehr als 2,5 mmol Erdalkali-Ionen pro Liter (> 14 °d) als hart (Abb. 1.6).

Entscheidend für die Konzentration der Erdalkalien ist die Herkunft des Wassers. Die Carbonate von Calcium und Magnesium sind sehr schwerlöslich und

1 mmol/L (Ca ²⁺ + Mg ²⁺)	=	5,60 °d (Grad Deutsche Härte)	40,06 mg/L (Ca ²⁺)	24,3 mg/L (Mg ²⁺)	100 mg/L (CaCO ₃)
1 °d (Grad Deutsche Härte)	=	0,178 mmol/L (Ca ²⁺ + Mg ²⁺)	7,15 mg/L (Ca ²⁺)	4,33 mg/L (Mg ²⁺)	17,8 mg/L (CaCO ₃)

Abb. 1.5 Umrechnungstabelle zur Ermittlung der Wasserhärte.

Härtebereich	Beschreibung	
Weich	Weniger 1,5 Millimol Calcium- und Magnesiumcarbonat je Liter	0 bis 8,4 Grad deutscher Härte (°d)
Mittel	1,5 bis 2,5 Millimol Calcium- und Magnesiumcarbonat je Liter	8,4 bis 14 Grad deutscher Härte (°d)
Hart	Mehr als 2, 5 Millimol Calcium- und Magnesiumcarbonat je Liter	mehr als 14 Grad deutscher Härte (°d)

Abb. 1.6 Wasserhärtebereiche in Deutschland gemäß Wasch- und Reinigungsmittelgesetz.



Abb. 1.7 Carbonatgleichgewicht.

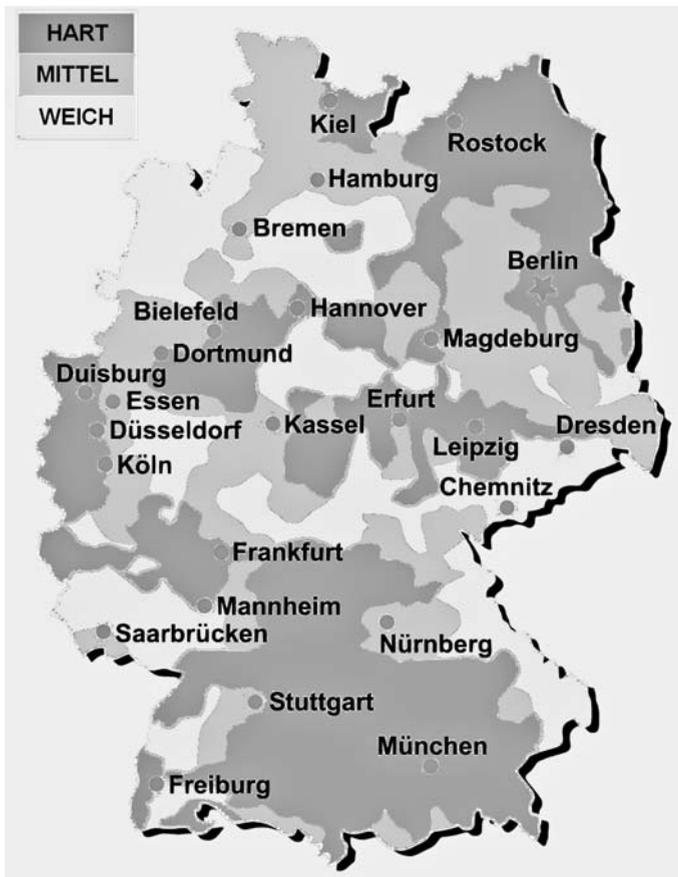


Abb. 1.8 Wasserhärteverteilung in Deutschland nach Regionen.

würden für sich allein nicht zu einer nennenswerten Belastung des Wassers mit diesen Ionen führen. In Verbindung mit Kohlenstoffdioxid aus der Luft oder aus Oberflächengewässern kann sich jedoch in wässriger Lösung leichtlösliches Calciumhydrogencarbonat bilden (Abb. 1.7).

Als Folge dieses Carbonatgleichgewichtes kann es unter bestimmten Bedingungen zu sehr hohen Erdalkalikkonzentrationen im Wasser kommen. Im Extremfall können Konzentrationen von mehr als 100 Grad deutscher Härte (entspricht mehr als 18 mmol/L Ca^{2+} - und Mg^{2+} -Ionen) entstehen. Beim Erwärmen, z. B. beim Waschen und Kochen im Haushalt, kann Calciumcarbonat wieder zurückgebildet werden und sich in Form von Kesselstein ablagern oder als Inkrustation auf der Wäsche niederschlagen. Für Magnesium-Ionen gelten ähnliche Überlegungen, allerdings kann in alkalischer Lösung zusätzlich schwerlösliches Magnesiumhydroxid ausfallen. Regenwasser besitzt eine Wasserhärte unter 0,2 mmol/L (1 °d).

Deutschland gehört zu den Gebieten mit relativ hoher durchschnittlicher Wasserhärte. Innerhalb von Deutschland wiederum ist die Wasserhärte je nach geologischen Gegebenheiten unterschiedlich. Eng benachbarte Gebiete können sehr differierende Wasserhärten besitzen (Abb. 1.8).

Beispielsweise kommen im Stadtgebiet Frankfurt a. M. abhängig von der genauen Wohnlage im Trinkwasser alle Wasserhärtebereiche von weich bis hart vor. Durch die Wiedervereinigung ist seit 1990 eine Verschiebung hin zu härterem Wasser erfolgt. Überwiegend hartes Wasser findet man in Großbritannien, ausgesprochen niedrige Wasserhärten z. B. in Japan oder den USA (Abb. 1.9).

Für die richtige Dosierung des Waschmittels ist die Kenntnis der Wasserhärte notwendig. Sie kann in Deutschland bei den örtlichen Wasserwerken jederzeit erfragt werden. Einmal jährlich wird sie allen Haushalten (meist als Bestandteil der Wasserjahresabrechnung) bekannt gegeben.

Wasserhärtebereich	bis 0,9 mmol · L ⁻¹	0,9 – 2,7 mmol · L ⁻¹	> 2,7 mmol · L ⁻¹
Frankreich	5	50	45
Großbritannien	1	37	62
Spanien	33,2	24,1	42,7
Schweiz	2,8	79,7	17,5
Japan	92	8	0
USA	60	35	5

Abb. 1.9 Verteilung der Wasserhärte in ausgewählten Ländern in Prozent der jeweils im angegebenen Härtebereich befindlichen Haushalte.

1.4 Textilien

Die Textilfasern stellen in ihrer chemischen Struktur und ihren Eigenschaften ein sehr weites Spektrum dar [4, 5]. Sie lassen sich je nach ihrer Gewinnung bzw. Herstellung in zwei große Klassen teilen, die Naturfasern und die Chemiefasern (Abb. 1.10).

Die Unterschiede im chemischen Aufbau und der Struktur der Faser (Abb. 1.11) bestimmen gemeinsam mit der Textilkonstruktion die physiologischen Eigenschaften der Kleidung und haben auch einen großen Einfluss auf die Waschbarkeit der Textilien. Die Kenntnis der Art der Textilfasern ist notwendig für die Wahl von Wascht Temperatur und Waschmittel.

Textile Faserstoffe							
Naturfasern			Chemiefasern				
Pflanzlicher Herkunft		Tierischer Herkunft		Fasern auf Basis natürlicher Polymere		Synthetische Fasern	
Baumwolle	CO	<i>Wollen und Haare</i>		<i>Cellulosebasis</i>		Polyacryl	PAN
Kapok	KP	Wolle	WO	Acetat	CA	Polyamid	PA
Flachs (Leinen)	LI	Schurwolle	WV	Cupro	CUP	Polyester	PES
Hanf	HA	Alpaka	WP	Lyocell	CLY	Polyethylen	PE
Jute	JU	Angora	WA	Modal	CMD	Polypropylen	PP
Ramie	RA	Kamel	WK	Triacetat	CTA	Polyurethan	PUR
Kokos	CC	Kaschmir	WS	Viskose	CV	Polyvinylchlorid	CLF
Sisal	SI	Lama	WL			Elastan	EL
		Mohair	WM	<i>Gummifasern</i>			
		Vikunja	WG	Gummi	LA		
		<i>Seiden</i>					
		Maulbeerseide	SE				
		Tussahseide	ST				

Abb. 1.10 Einteilung der Textilfasern (mit der zugehörigen standardisierten Kurzbezeichnung).

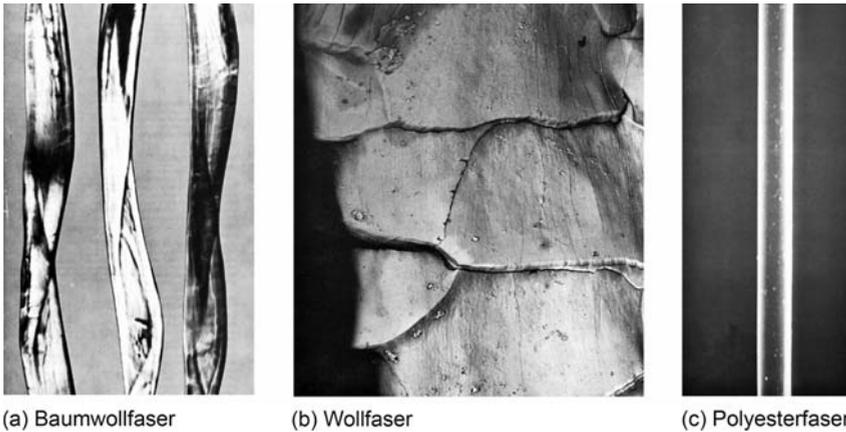


Abb. 1.11 Stark vergrößerte Textilfasern (Vergrößerung: (a) 675:1; (b) 6800:1; (c) 2200:1).

Naturfasern

Naturfasern besitzen eine weitaus größere und rauere Oberfläche als Synthefasern. Sowohl Baumwolle als auch Wolle können relativ viel Wasser einlagern. Nach bekleidungsphysiologischen Gesichtspunkten sind Naturfasern, bedingt durch ihren komplexen Faseraufbau mit stark hydrophiler Beschaffenheit, auch heute noch unübertroffen.

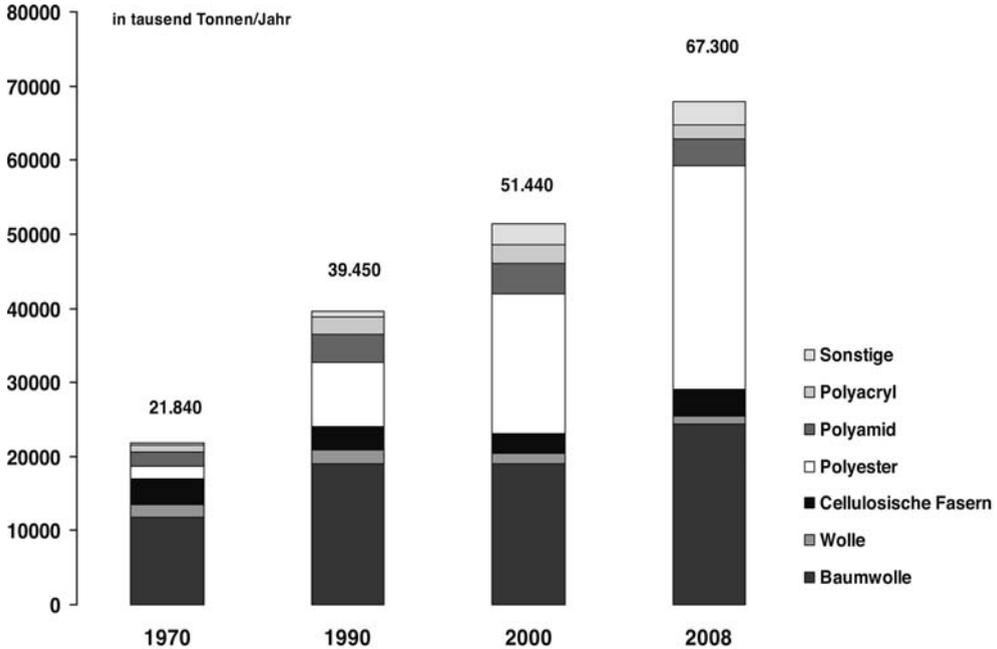
Die *Baumwolle* stellt die weitaus wichtigste Naturfaser dar. 2008 wurden weltweit 24,3 Millionen Tonnen dieser Faser produziert (Abb. 1.12).

Baumwolle ist preiswert, sehr hautfreundlich, lässt sich leicht verarbeiten und färben.

Baumwolle besteht aus nahezu reiner Cellulose, einem Polysaccharid, welches aus 8.000 bis 14.000 Glucoseeinheiten aufgebaut ist. Die Glucose liegt als β -D-Glucose vor, und die Moleküle sind stets über die 1,4-Stellung miteinander verknüpft. Daraus resultiert ein langgestrecktes fadenförmiges Makromolekül (Abb. 1.13).

Etwa 30 Celluloseketten lagern sich, über Wasserstoffbrückenbindungen zusammengehalten, zu kleinen Einheiten, den Elementarfibrillen zusammen. Mehrere Elementarfibrillen bilden miteinander verdrehte größere Verbände, die Mikro fibrillen, die sich wiederum zu Makrofibrillen zusammenlagern. Mehrere Makrofibrillen bilden einen Fibrillenstrang. Eine Baumwollfaser ist aus vielen Fibrillensträngen aufgebaut, die sich schichtweise anordnen. Im Faserinnern verbleibt ein kleiner Hohlraum, den man Lumen nennt. Die äußere Wand der Baumwollfaser (Cuticula) besteht aus besonders widerstandsfähigen Kohlenhydraten (Hemicellulose und Pektine) und einer Wachsschicht. Die äußere Form der Baumwollfaser ist flach und verdreht (Abb. 1.14).

Die Fibrillenstränge werden leicht von Wasser durchdrungen, so dass Baumwolle bis zu 65 % ihres Gewichtes an Wasser aufnehmen kann, ohne zu tropfen.



Quelle: Industrievereinigung Chemiefaser e. V. (IVC)

Abb. 1.12 Welttextilfaserproduktion 1970 bis 2008.

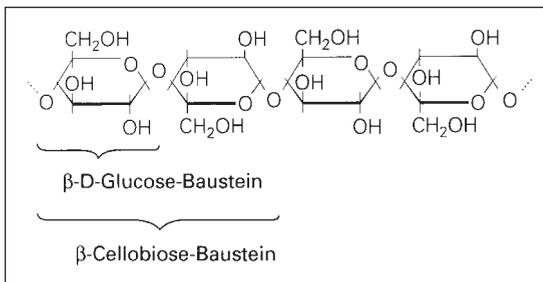


Abb. 1.13 Ausschnitt aus einem Cellulosemolekül.

Die *Wolle* ist in ihren Gebrauchseigenschaften unübertroffen. Durch ihre gekräuselte Struktur schließt sie große Mengen Luft ein und hat dadurch sehr gute wärmeisolierende Eigenschaften. Weiterhin kann Wolle größere Mengen an Wasser speichern. Die Schmutzaufnahmebereitschaft ist gering. Diesen Gebrauchseigenschaften stehen aufwendige Pflegeeigenschaften gegenüber, denn Wolle kann verfilzen. Nicht zuletzt deshalb haben Textilien aus Wolle heute nur noch einen geringen Anteil am Textilmarkt.

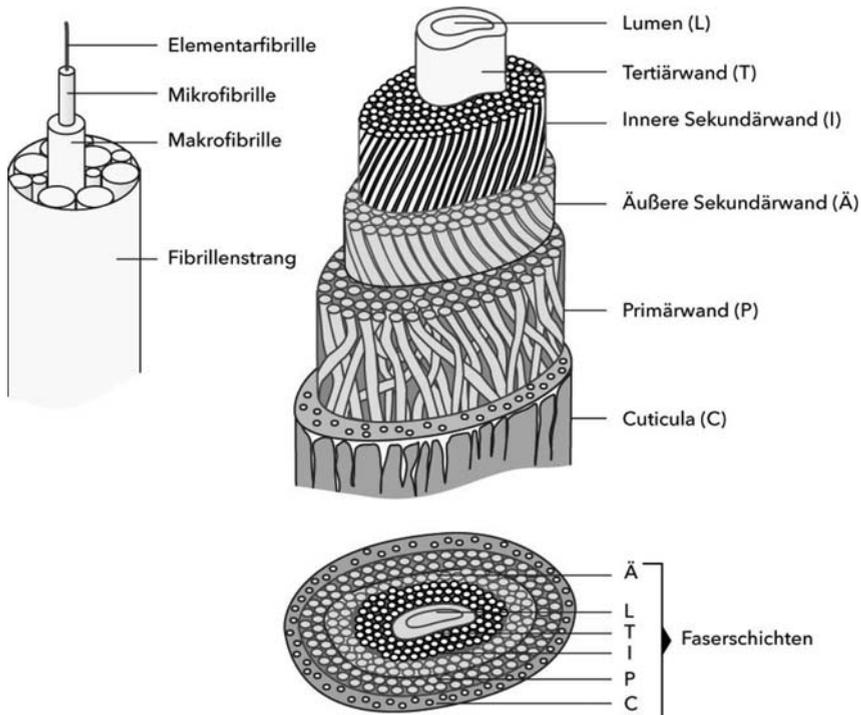


Abb. 1.14 Aufbau einer Baumwollfaser.

Die raue äußere Schuppenschicht der Wollfasern neigt zum Verhaken und Verzahnen untereinander, dadurch werden die Wollfasern verdichtet und räumlich fixiert. Das findet insbesondere im feuchten, aufgequollenen Zustand unter mechanischer Beanspruchung statt. Die Wolle verliert dabei einen Großteil ihrer positiven Gebrauchseigenschaften. Das Verfilzen wird durch stark alkalische Waschlauge, erhöhte Temperatur und mechanische Einflüsse (Stauhen und Drücken) begünstigt.

Die Ursachen für die besonderen Eigenschaften der Wolle liegen in ihrer chemischen Struktur begründet. Wolle besteht aus Eiweißmolekülen, den Keratinen. Grundbausteine sind 18 Aminosäuren, die über Peptidbindungen miteinander verknüpft sind. Die Keratine liegen als spiralförmige Moleküle (α -Helix) vor. Vier Helices sind miteinander zu einer Superhelix verdreht, die ähnlich wie Cellulosemoleküle zu kleinen Einheiten, den Mikrofibrillen, assoziieren. Diese lagern sich in regelmäßigen, komplexen Strukturen zu einer Wollfaser zusammen (Abb. 1.15).

Die Helixstruktur ist die Ursache der großen Faserelastizität. Bei Belastung können die gedrehten Proteinketten in einen gestreckten Zustand übergehen. Tritt Entlastung ein, bildet sich die ursprüngliche Helixstruktur zurück. In den Hohlräumen der Helixstruktur ist ausreichend Platz für die kleinen Wassermole-

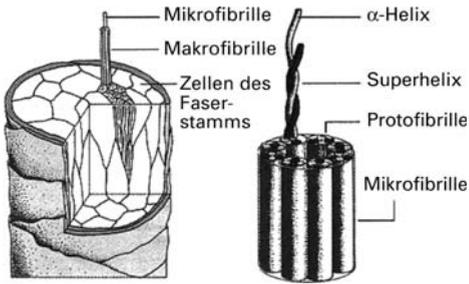


Abb. 1.15 Aufbau einer Wollfaser.

küle, dadurch kann Wolle bis zu 30 % ihres Eigengewichtes an Wasser speichern, ohne sich feucht anzufühlen. Wolle ist bei allen Tierarten, unter anderem Schaf, Ziege, Kamel, Lama, chemisch ähnlich aufgebaut.

Auch *Seide*, das Spinnsekret des Seidenspinners (*Bombyx mori*), besteht aus Proteinen. Diese liegen aber nicht wie Keratine als Helixstruktur, sondern in einem fast gestreckten Zustand, der Faltblattstruktur, vor. Seide kann dadurch keine größeren Mengen an Wasser speichern, ist dafür aber extrem reißfest. Seide zeigt einen charakteristischen Glanz.

Chemiefasern

Chemiefasern auf Cellulosebasis (cellulosische Fasern) gehören zu den ältesten synthetischen Fasern, nehmen wegen der Rohstoffbasis Cellulose genau genommen eine Zwischenstellung zwischen Natur- und Chemiefasern ein.

Viskose ist die weitaus wichtigste cellulosische Faser. Zur ihrer Herstellung wird Cellulose aufgelöst und durch Spinndüsen bei gleichzeitiger Ausfällung in die neue gewünschte Form gebracht. Das wichtigste Lösungsmittel ist Schwefelkohlenstoff in Verbindung mit Natronlauge. Viskosefasern haben eine glatte glänzende Oberfläche. Rein optisch zeigt Viskose durch ihren Glanz eine große Ähnlichkeit mit Seide und wird daher auch Kunstseide genannt.

Weitere auf Cellulose basierende Fasern – Cupro, Modal, Acetat und Triacetat – haben nur einen geringen Anteil an den Textilfasern.

Die *Lyocell-Faser* ist eine neuartige cellulosische Faser, die durch Regenerieren der Cellulose in Faserform aus einer Lösung von Cellulose in einem organischen Lösungsmittel gewonnen wird. Dadurch lässt sich diese viskoseähnliche Faser auf besonders umweltschonende Weise herstellen, denn das eingesetzte Lösungsmittel (N-Methylmorpholin-N-oxid) lässt sich nahezu vollständig zurückgewinnen. Zusätzlich lassen sich über dieses Produktionsverfahren Fasereigenschaften, z. B. die Nassfestigkeit, verbessern.

Zwischen 1950 und 1960 wurden die klassischen Chemiefasern *Polyamid* und *Polyester* eingeführt. Es begann ein neuer Zeitabschnitt für Textilien, denn die pflegeleichten Chemiefasern waren bügelfrei, ließen sich leicht säubern, schnell trocknen und erleichterten dadurch die Hausarbeit erheblich. Leider waren die

bekleidungsphysiologischen Eigenschaften von synthetischen Fasern der ersten Generation unbefriedigend, denn sie hatten eine relativ glatte Oberfläche, konnten keine größeren Mengen Wasser binden und luden sich häufig elektrostatisch auf.

In der Folgezeit war die Industrie bestrebt, die bekleidungsphysiologischen Eigenschaften der Chemiefasern zu verbessern. Dies gelang durch Texturieren, d. h. Kräuseln der thermoplastischen Fasern und durch Mischungen mit Naturfasern, z. B. Baumwolle/Polyester. Bei den Fasermischungen übernimmt die Naturfaser den Feuchtigkeitsaustausch, die Chemiefaser sorgt für eine pflegeleichte Stoffkonstruktion. Solche pflegeleichten Stoffe aus Natur- und Chemiefasern machen heute den größten Anteil des Bekleidungsmarktes aus. Polyesterfasern sind weltweit die mengenmäßig wichtigsten Chemiefasern [6], mit Handelsnamen z. B. Trevira[®], Diolen[®] oder Dacron[®] bezeichnet (Abb. 1.16).

Vollkommen neue Eigenschaften bieten elastische Fasern aus Polyurethan, die Elastanfasern (Lycra[®], Dorlastan[®]). Sie sind aus der Bade- und Sportmode heute nicht mehr wegzudenken. Interessante Neuentwicklungen sind auch im Bereich der funktionellen Oberbekleidung, z. B. wetterfeste Kleidung oder Berufs- und Sportkleidung, entstanden. Textilkonstruktionen mit *mikroporösen Membranen* aus Teflon[®] (Gore-Tex[®]) oder hydrophilen Membranen aus Polyester (Sympatex[®]) sind undurchlässig für Regen und Wind, sind aber durchlässig für Wasserdampf, so dass die Körperfeuchte sich nicht staut. Diese modernen Textilkonstruktionen verbinden gute bekleidungsphysiologische Eigenschaften mit hohem Tragekomfort. Einen ähnlichen Charakter zeigen Textilien aus *Mikrofasern*. Die Mikrofaser ist eine äußerst feine Chemiefaser (hundertmal feiner als Menschenhaar), die sich problemlos mit anderen Natur- oder Chemiefasern kombinieren lässt. An Bedeutung gewonnen haben auch Polypropylenfasern, die für funktionelle Sportunterwäsche und Outdoorbekleidung Verwendung finden. Um die Gebrauchseigenschaften dieser modernen Textilien zu erhalten, ist eine genaue Beachtung der Pflegeanweisungen notwendig.

Monomere	Polykondensationsprodukt	Handelsnamen
$\text{HOOC} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COOH}$ Terephthalsäure $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ 1,2-Ethandiol	$\cdots - \text{O} - \text{C} \begin{array}{c} \text{ } \\ \text{O} \end{array} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C} \begin{array}{c} \text{ } \\ \text{O} \end{array} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \cdots$ linearer Polyester	Trevira [®] Diolen [®] Dacron [®]
$\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$ Hexandisäure (Adipinsäure) $\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}_2$ 1,6-Diaminohexan (Hexamethylendiamin)	$\cdots - \text{C} \begin{array}{c} \text{ } \\ \text{O} \end{array} - (\text{CH}_2)_4 - \text{C} \begin{array}{c} \text{ } \\ \text{O} \end{array} - \text{N} \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} - (\text{CH}_2)_6 - \text{N} \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} - \cdots$ Polyamid	Nylon [®]

Abb. 1.16 Die chemische Struktur von Polyester und Polyamid.

Zukunftsperspektiven

Ganz neue Perspektiven bieten sich durch sogenannte „intelligente“ und „funktionale“ Textilien. Viele *Innovationen* sind hier in der Entwicklung: Textilien, die Strom leiten können, ihre Form und Elastizität äußeren Belastungen anpassen, unangenehme Gerüche aufnehmen, kontrolliert über längere Zeiträume Wohlgerüche abgeben, ihre Farbe ändern, gut dosiert pharmakologische Wirkstoffe abgeben, antibakterielle Eigenschaften aufweisen, schmutzabweisende oder selbstreinigende Oberflächen besitzen (Lotus-Effekt, katalytische Schmutzentfernung), heizbar sind oder Wärme speichern oder zusätzlich mikroelektronische Sensoren (z. B. für Puls, Blutdruck, Temperatur u. a.) und Steuerfunktionen besitzen. Darüber hinaus könnten zukünftig auch Wegwerftextilien, die heute schon im medizinischen Bereich eingesetzt werden, eine Rolle spielen oder Textilien aus Spraydosen, die mit Wasser wieder abgewaschen werden können [7].

Diese Innovationen werden in Zukunft den Bekleidungsmarkt ergänzen und erweitern und auch Einfluss auf die Waschgewohnheiten und Waschbarkeit von Textilien haben.

Kennzeichnung der Textilfasern

Das Textilkennzeichnungsgesetz (TKG) ist den Textilkennzeichnungsrichtlinien der Europäischen Gemeinschaft angepasst und regelt die Rohstoffangabe fast aller im Handel angebotenen Textilerzeugnisse. Ziel ist es, den Verbraucher darüber zu informieren, aus welchen textilen Rohstoffen z. B. ein Kleidungsstück besteht. Zusätzlich ist die Mengenangabe der jeweiligen Faser in Gewichtsprozent vorgeschrieben. Im Zuge der europäischen Vereinheitlichung wird heute zunehmend die Faserart nicht mehr ausgeschrieben, sondern nur noch als international genormte Kurzbezeichnung angegeben (s. Abb. 1.10).

Waschbarkeit von Textilien

Ein sicherer Leitfaden zur Waschbarkeit von Textilien ist die *Pflegekennzeichnung* (Abb. 1.17). Sie ist in Europa einheitlich und meist in die Kleidungsstücke eingenäht. Die Pflegekennzeichnung beruht auf einer freiwilligen Übereinkunft der Textilhersteller. Textilien ohne Pflegekennzeichnung sollten besser nicht gekauft werden. Vor dem Waschen, Trocknen oder Bügeln sollten in jedem Fall die Pflegehinweise auf dem Etikett des Kleidungsstücks beachtet werden. Bei starker Verschmutzung und sichtbaren Flecken empfiehlt sich vor dem Waschen eine Vorbehandlung der Flecken (vgl. auch Kap. 8.4).

Baumwolle lässt sich mit Vollwaschmittel bei 60 °C bis 95 °C waschen, soweit die Färbung nicht dagegen spricht. Die Waschtemperatur von 95 °C ist nur notwendig, wenn aus gesundheitlichen Gründen, z. B. bei infektiösen Krankheiten, eine besonders weitgehende Keimreduzierung erforderlich ist.

Die Pflege von *Wolle* und *Seide* erfordert besondere Sorgfalt. Textilien aus diesen Fasern sind gegenüber erhöhter Temperatur und alkalischen Waschlaugen sehr empfindlich. Ist Wolle nicht besonders vorbehandelt (Waschbar-Ausrüstung), darf sie nur von Hand und mit speziellen Wollwaschmitteln oder einem Haarsampoo gewaschen werden.