

1

Partner beim Waschprozess

1.1

Einführung

Das Ziel des Waschens ist die Wäschepflege. Dazu gehört 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 mit der Hand und in der Trommelwaschmaschine gegenübergestellt. Man sieht, dass sich die Bedeutung der Waschfaktoren deutlich verlagert hat. Beim Waschen im 40 °C-Waschgang mit Fleckentaste kann in etwa die gleiche Waschleistung erzielt werden wie im 60 °C-Waschgang, weil die verringerte Temperatur durch eine längere Waschzeit kompensiert wird.

Vor ca. 60 Jahren 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

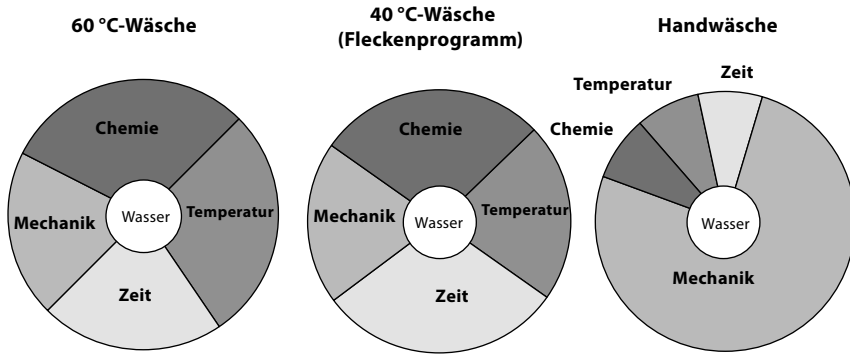


Abb. 1.1 Vergleich der Einflussfaktoren beim Waschen unter verschiedenen Waschbedingungen (Waschkreis nach Sinner).

Waschqualität sowie Schonung und Werterhalt auch von farbigen und empfindlichen 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 deutlich 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 bis 25 %) ist waserlöslich. Der weitaus größte Teil lässt sich erst durch Waschmittel und mithilfe von Mechanik vom Waschgut entfernen. Ein Teil des Wäscheschmutzes, dazu gehören z. B. Farbstoffe sowie eiweiß- und stärkehaltiger Schmutz, lässt sich erst nach chemischer Veränderung durch Oxidation oder Hydrolyse beseitigen.

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

| 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, Betanidin u. v. a. | natürlichen Ursprungs: Fruchtsäfte, Rotwein, Obst, Gemüse, Gras, Tee, Kaffee synthetisch: Kosmetika, Filzstifte, Kugelschreiber u. a. |
| Pigmente | – | Straßenstaub, Ruß, Asche, Erde |

Abb. 1.2 Wichtige Bestandteile von Wäscheschmutz.

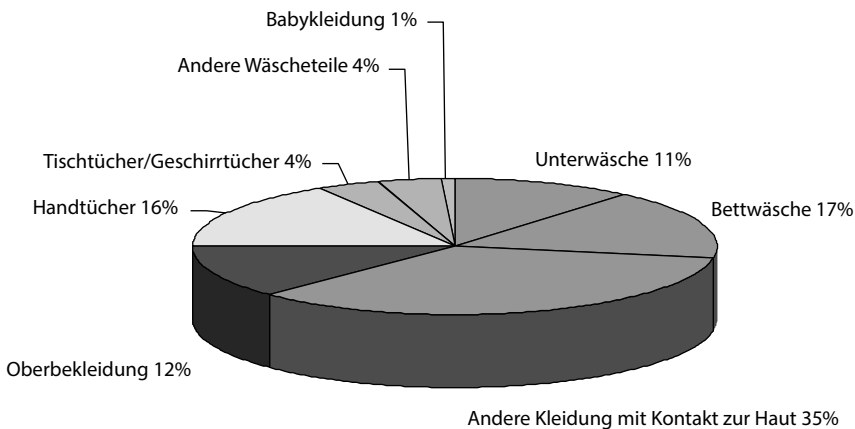


Abb. 1.3 Textilien in einer durchschnittlichen Waschladung.

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

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

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

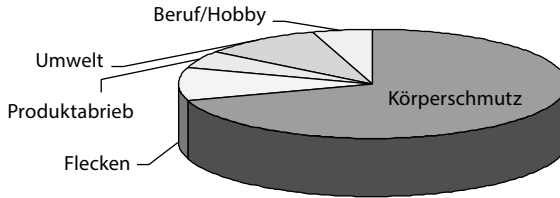


Abb. 1.4 Durchschnittliche Zusammensetzung von Wäscheschmutz.

Faseroberflächen. 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 $0,2\ \mu\text{m}$ 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 $200\ \text{m}^2/\text{g}$; Polyester $0,2$ bis $2\ \text{m}^2/\text{g}$) [2] und sind wesentlich polarer aufgebaut.

Schmutzhaftung und Schmutzablösung sind insgesamt sehr komplexe Vorgänge, die von vielen Faktoren beeinflusst werden. Am Beispiel der Tenside werden in Kapitel 3 Schmutzablöseprozesse genauer unter die Lupe genommen.

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.

| | | | | | |
|---|---|--|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 mmol/L (Ca²⁺ + Mg²⁺) | = | 5,60 °dH (Grad deutscher Härte) | 40,06 mg/L (Ca ²⁺) | 24,3 mg/L (Mg ²⁺) | 100 mg/L (CaCO ₃) |
| 1 °dH (Grad deutscher 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.

Die Menge des pro Bundesbürger in Deutschland verbrauchten Wassers ist enorm. Durchschnittlich 121 L wurden in der Bundesrepublik pro Einwohner und Tag im Jahr 2013 verbraucht [3], davon rund 12 % (14 L) täglich zum Wäschewaschen [4]. Im zeitlichen Vergleich hat der Wasserverbrauch seit 1990 um 26 L (18 %) pro Person und Tag abgenommen.

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 Magnesiumionen bilden mit Seife schwer lösliche Salze, die Kalk- und Magnesiumseife. Auch mit einigen anderen anionischen Tensiden können schwer lösliche Verbindungen entstehen. Weiterhin können sich schwer lösliche Erdalkalicarbonat auf der Wäsche und den Heizstäben der Waschmaschinen ablagern. Beim Waschen sind Erdalkalitionen daher grundsätzlich unerwünscht.

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

Die Summe der Erdalkalien wird in Form der *Wasserhärte* (Gesamthärte) erfasst. Man bezeichnet Wasser mit hohem Gehalt an Calcium- und Magnesiumionen 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 bretharter Wäsche führte. Die zahlenmäßige Festlegung geschieht in Form von Härtegraden (Abb. 1.5). Die gesetzlich vorgeschriebene Maßeinheit lautet Millimol Erdalkalitionen pro Liter Wasser (mmol/L). In Deutschland ist aber auch immer noch die traditionelle Einheit Grad deutscher Härte (°dH) gebräuchlich. Die internationale Standardisierung der Maßeinheit hat sich noch nicht überall durchgesetzt, sodass 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 Erdalkalitionen pro Liter (> 14 °dH) als hart (Abb. 1.6).

Entscheidend für die Konzentration der Erdalkalien ist die Herkunft des Wassers. Die Carbonate von Calcium und Magnesium sind sehr schwer löslich und würden für sich allein nicht zu einer nennenswerten Belastung des Wassers mit

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

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

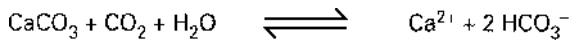


Abb. 1.7 Carbonatgleichgewicht.

diesen Ionen führen. In Verbindung mit Kohlenstoffdioxid aus der Luft oder aus Oberflächengewässern kann sich jedoch in wässriger Lösung leicht lösliches Calciumhydrogencarbonat bilden (Abb. 1.7).

Als Folge dieses Carbonatgleichgewichtes kann es unter bestimmten Bedingungen zu sehr hohen Erdalkalikonzentrationen im Wasser kommen. Im Extremfall können Konzentrationen von mehr als 100 °dH (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 Magnesiumionen gelten ähnliche Überlegungen, allerdings kann in alkalischer Lösung zusätzlich schwer lösliches Magnesiumhydroxid ausfallen.

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 [5] (Abb. 1.9). Regenwasser besitzt eine Wasserhärte unter 0,2 mmol/L (1 °dH).

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 bekannt gegeben (meist als Bestandteil der Wasserjahresabrechnung).

1.4

Textilien

Die Textilfasern stellen in ihrer chemischen Struktur und ihren Eigenschaften ein sehr weites Spektrum dar [6–9]. Sie lassen sich je nach ihrer Gewinnung bzw.



Abb. 1.8 Wasserhärteverteilung in Deutschland (Quelle: Industrieverband Körperpflege- und Waschmittel (IKW)). Eine farbige Version finden Sie im Farbtafelabschnitt am Ende des Buches.

| Wasserhärtebereich | bis 0,9 mmol/L | 0,9–2,7 mmol/L | > 2,7 mmol/L |
|--------------------|----------------|----------------|--------------|
| Deutschland | 10,8 | 41,7 | 47,5 |
| Frankreich | 5 | 50 | 45 |
| Italien | 8,9 | 74,7 | 16,4 |
| Spanien | 33,2 | 24,1 | 42,7 |
| Großbritannien | 1 | 37 | 62 |
| USA | 60 | 35 | 5 |
| Japan | 92 | 8 | 0 |

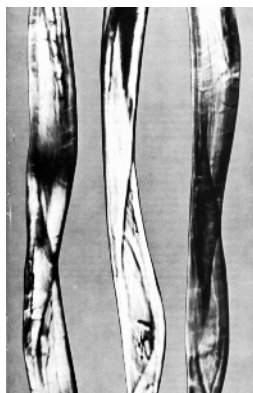
Abb. 1.9 Verteilung der Wasserhärte in ausgewählten Ländern in Prozent der jeweils im angegebenen Härtebereich befindlichen Haushalte [5].

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 Eigen-

| Textile Faserstoffe | | | | | |
|-----------------------|----|---------------------|---------------------------------------|---------------------|-----|
| Naturfasern | | | Chemiefasern | | |
| Pflanzlicher Herkunft | | Tierischer Herkunft | Fasern auf Basis natürlicher Polymere | Synthetische Fasern | |
| Baumwolle | CO | Wollen und Haare | Cellulosebasis | Polyacryl | PAN |
| Kapok | KP | Wolle WO | Acetat GA | 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 | Gummifasern Gummi LA | Elastan | EL |
| | | Mohair WM | | | |
| | | Vikunja WG | | | |
| | | Seiden | | | |
| | | Maulbeerseide SE | | | |
| | | Tussahseide ST | | | |

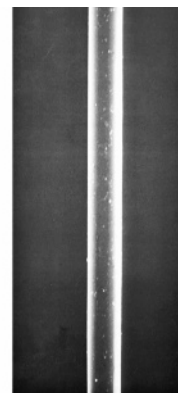
Abb. 1.10 Einteilung der Textilfasern (mit der zugehörigen standardisierten Kurzbezeichnung).



(a) Baumwollfaser



(b) Wollfaser



(c) Polyesterfaser

Abb. 1.11 Stark vergrößerte Textilfasern (Quelle: Henkel AG & Co. KGaA).

schaften 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 Waschtemperatur, Waschmaschinenprogramm und Waschmittel.

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. 2014 wurden weltweit 26,4 Millionen Tonnen dieser Faser produziert (Abb. 1.12). Baumwolle ist preiswert, sehr hautfreundlich, lässt sich leicht bleichen, färben und weiterverarbeiten. Baumwolltextilien sind strapazierfähig, reißfest und angenehm zu tragen. Aus diesem Grund zählt Baumwolle weltweit zu den beliebtesten Ausgangsmaterialien für Textilien.

Baumwolle besteht aus nahezu reiner Cellulose, einem Polysaccharid, welches aus 8000 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 lang gestrecktes fadenförmiges Makromolekül (Abb. 1.13). Etwa 30 Celluloseketten lagern sich, über Wasserstoffbrückenbindungen zusammengehalten, zu kleinen Einheiten, den Elementarfibrillen zusammen. Mehrere

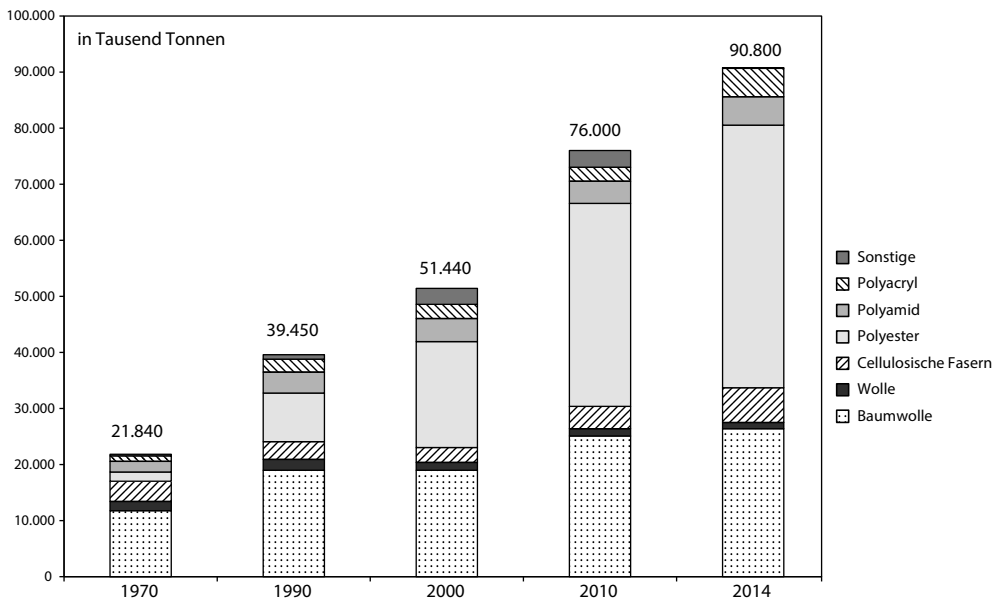


Abb. 1.12 Welttextilfaserproduktion 1970 bis 2014 (Quelle: Industrievereinigung Chemiefaser e. V. (IVC)).

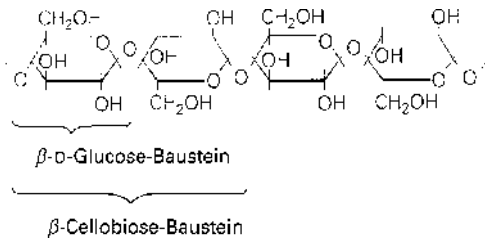


Abb. 1.13 Ausschnitt aus einem Cellulosemolekül.

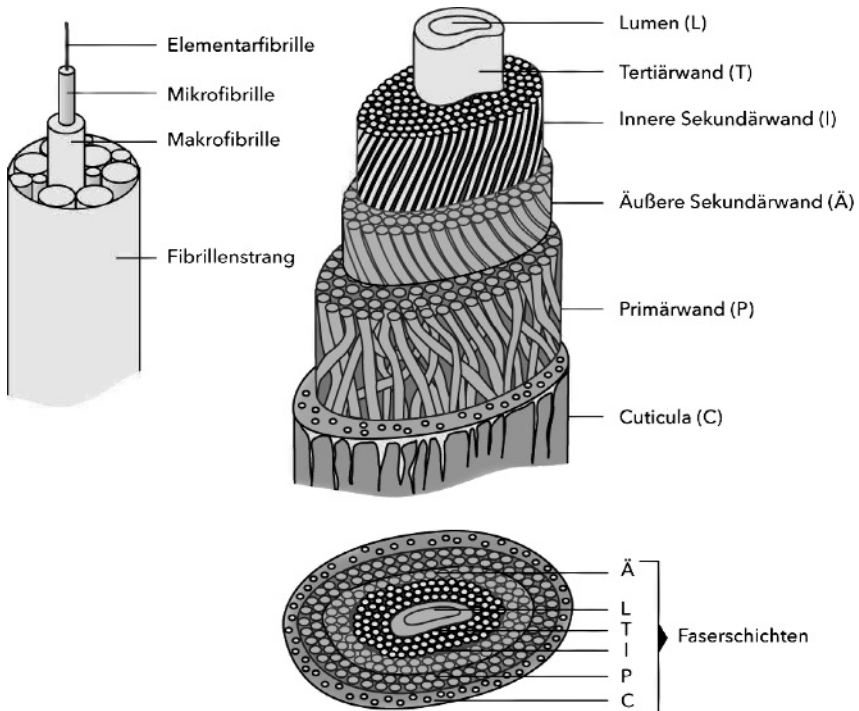


Abb. 1.14 Aufbau einer Baumwollfaser (Quelle: Fonds der Chemischen Industrie „Informationsserie – Textilchemie“).

Elementarfibrillen bilden miteinander verdrehte größere Verbände, die Mikrofibrillen, 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).

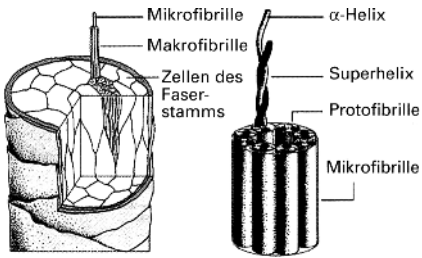


Abb. 1.15 Aufbau einer Wollfaser.

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

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.

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 Waschlösungen, erhöhte Temperatur und mechanische Einflüsse (Stauen 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 Wassermoleküle, dadurch kann Wolle bis zu 30 % ihres Eigengewichtes an Wasser speichern, ohne sich feucht anzufühlen. Wolle ist bei allen Tierarten, u. a. Schaf, Ziege, Kamel, Lama und Kaninchen, 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 und 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 Spinnndüsen 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*, *Polyacryl* und *Polyester* eingeführt (Abb. 1.16). 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 1. Generation unbefriedigend, denn sie hatten eine relativ glatte Oberfläche, konnten keine größeren Mengen Wasser binden, luden sich häufig elektrostatisch auf und rochen schon nach kurzer Tragezeit unangenehm.

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

| 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 | $\cdots - \text{O} - \text{C}(=\text{O}) - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \cdots$ linearer Polyester | Trevira [®] Dipol [®] 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) | $\cdots - \text{C}(=\text{O}) - (\text{CH}_2)_4 - \text{C}(=\text{O}) - \text{N} - (\text{CH}_2)_6 - \text{N} - \cdots$ Polyamid | Nylon [®] |

Abb. 1.16 Die chemische Struktur von Polyester und Polyamid.