

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-

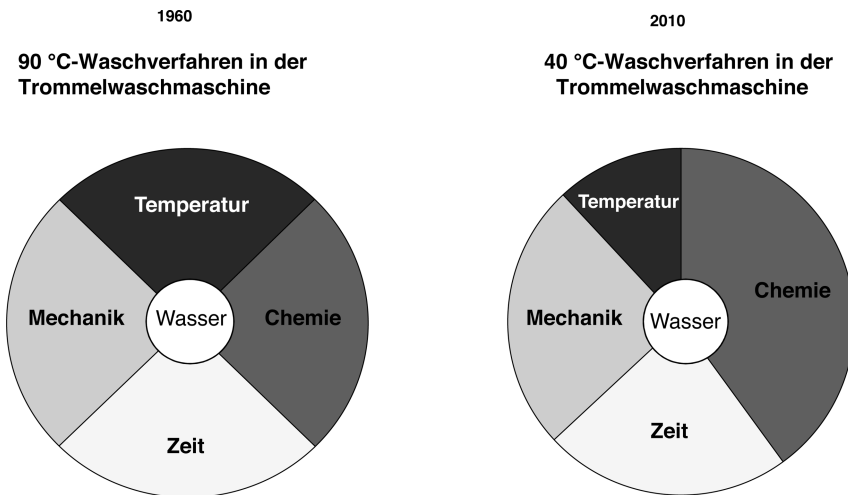


Abb. 1.1 Vergleich der Einflussfaktoren beim Waschen unter verschiedenen Waschbedingungen (Waschkreis nach Sinner).

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 Waschlading 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.

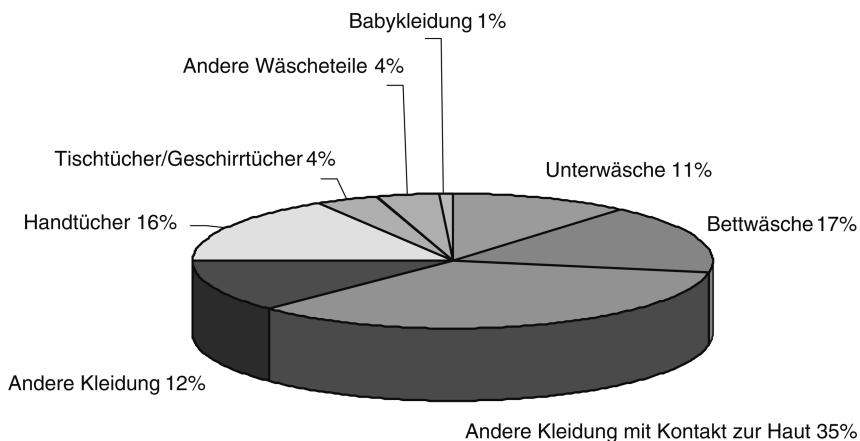


Abb. 1.3 Textilien in einer durchschnittlichen Waschlading.

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-

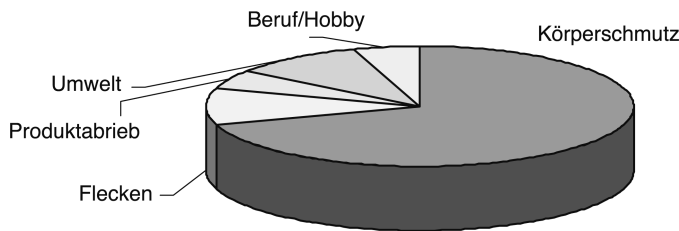


Abb. 1.4 Durchschnittliche Zusammensetzung von Wäscheschmutz.

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 Adsorptionserscheinungen 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 bretttharter 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 = ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$)	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 ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$)	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.

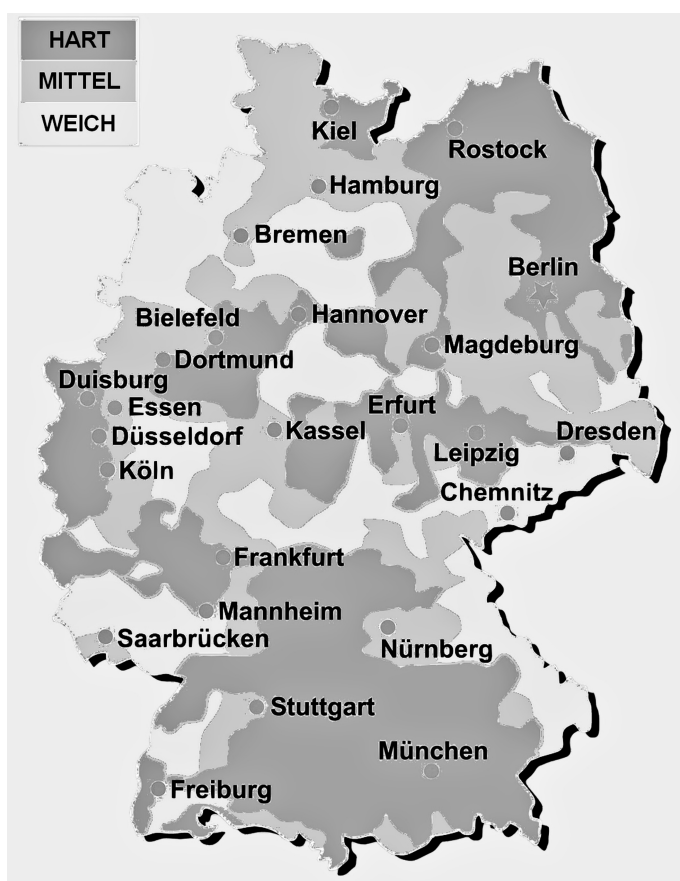


Abb. 1.8 Wasserhärteverteilung in Deutschland nach Regionen.

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 Erdalkalikonzentrationen 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 Waschtemperatur und Waschmittel.

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 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	Gummifasern	
		Vikunja	WG	Gummi LA	
		Seiden			
		Maulbeerseide	SE		
		Tussahseide	ST		

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

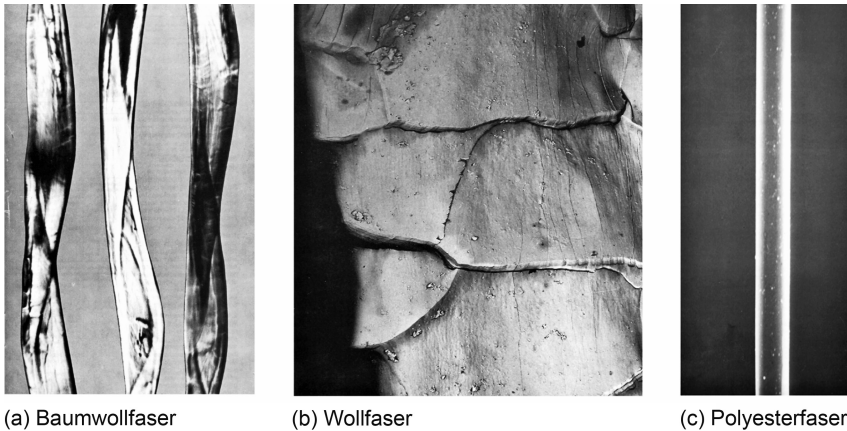


Abb. 1.11 Stark vergrößerte Textilfasern (Vergrößerung: (a) 675:1; (b) 6800:1; (c) 2200:1).

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 Mikrofibrillen, die sich wiederum zu Makrofibrillen zusammenlagern. Mehrere Makrofibrillen bilden einen Fibrillenstrang. Eine Baumwollfaser ist aus vielen Fibrillensträngen aufgebaut, die sich schichtweise anordnen. Im Faserinneren 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.

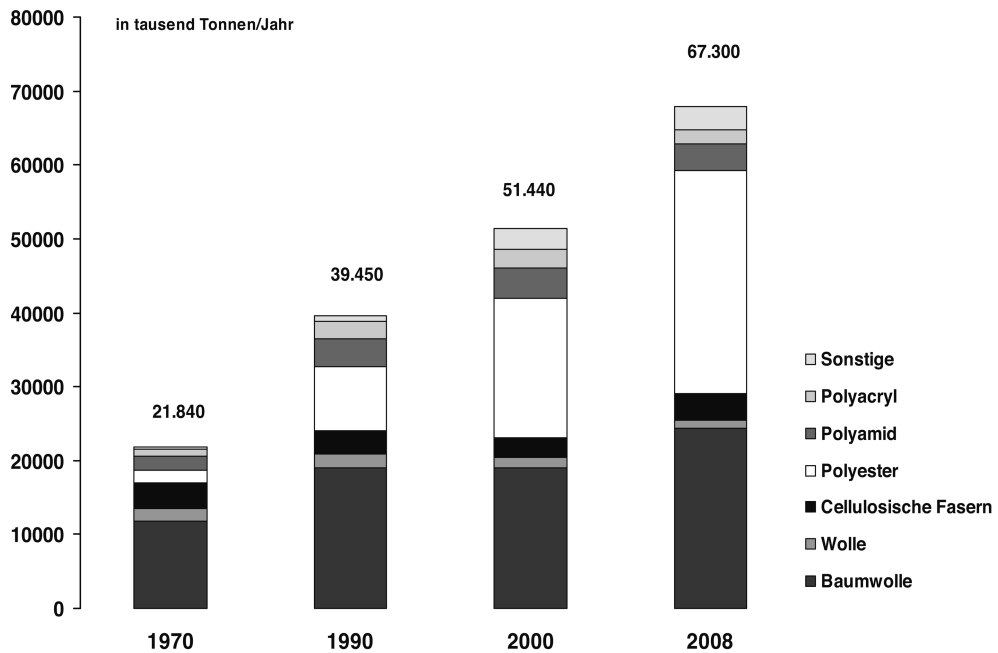


Abb. 1.12 Welttextilfaserproduktion 1970 bis 2008.

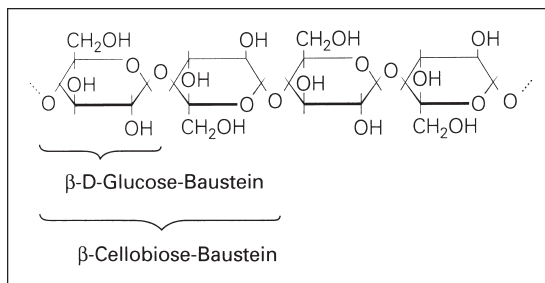


Abb. 1.13 Ausschnitt aus einem Cellulosemolekül.

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.

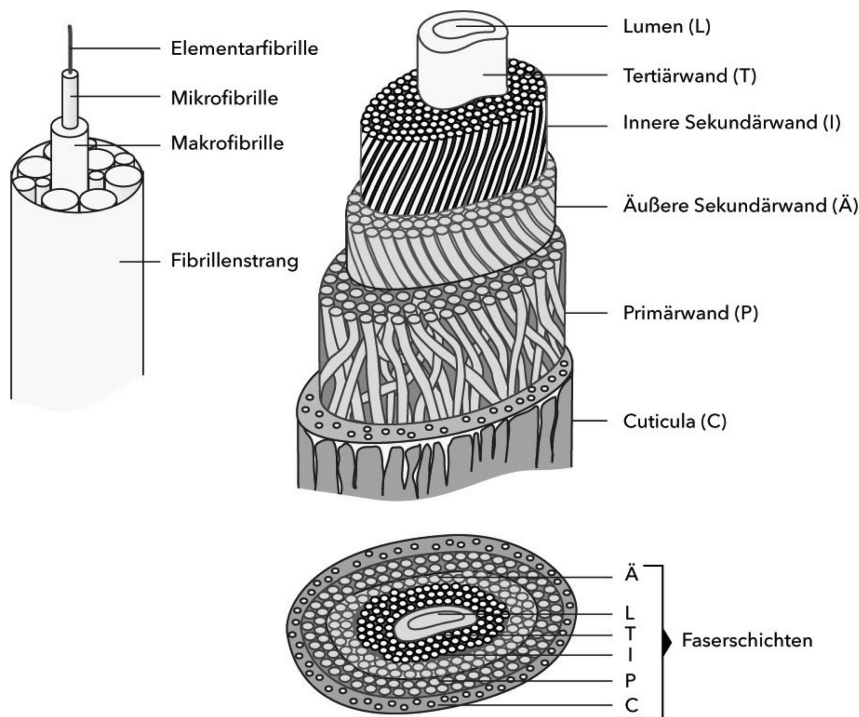


Abb. 1.14 Aufbau einer Baumwollfaser.

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 (Stauchen 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-

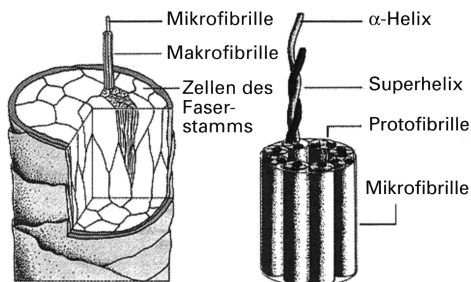


Abb. 1.15 Aufbau einer Wollfaser.

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 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* 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 Elasthanfasern (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	$\cdots - \text{O} - \text{C}(=\text{O}) - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \cdots$ 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)	$\cdots - \text{C}(=\text{O}) - (\text{CH}_2)_4 - \text{C}(=\text{O}) - \text{NH} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH} - \cdots$ 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 eingenaht. 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.

Waschen

Die Zahlen im Waschbottich entsprechen den maximal empfohlenen Waschttemperaturen in Grad Celsius.

					
Normal- wasch- gang	Schon- wasch- gang	Normal- wasch- gang	Schon- wasch- gang	Normal- wasch- gang	Schon- wasch- gang
					
Spezial- schon- waschgang	Normal- wasch- gang	Schon- wasch- gang	Spezial- schon- waschgang	Hand- wäsche	Nicht waschen

 Schonwaschgang
  Spezielschonwaschgang

Bleichen

		
Chlor- und Sauer- stoffbleiche zulässig	Sauerstoffbleiche (z. B.: Vollwaschmittel) zulässig, keine Chlorbleiche	Nicht bleichen (Color- & Fein- waschmittel erlaubt)

Bügeln

Die Punkte im Bügelsymbol kennzeichnen die Temperaturbereiche.

			
Heiß bügeln: <i>Baumwolle, Leinen</i> (max. 200°C)	Mäßig heiß bügeln: <i>Wolle, Seide, Polyester, Viskose (Modal)</i> (max. 150°C)	Nicht heiß bügeln. Vorsicht beim Bügeln mit Dampf: <i>Polyacryl, Polyamid (Nylon), Acetat (max. 110°C)</i>	Nicht bügeln

Gewerbliche Reinigung

Kleidungsstücke mit dem Kreissymbol dürfen nur in einer Putzerei/Reinigung gereinigt werden. Die Buchstaben im Kreis geben den Profis einen Hinweis auf die möglichen Reinigungsverfahren.

	Beispiel für professionelle Textilreinigung		Nicht nass reinigen
---	--	---	---------------------

Trocknen

Die Punkte kennzeichnen die Trocknungsstufen der Wäschetrockner.

		
Trocknen mit normaler thermischer Beanspruchung	Trocknen mit reduzierter thermischer Beanspruchung	Nicht im Wäsche- trockner trocknen

Abb. 1.17 Symbole für die Pflegebehandlung von Textilien (Quelle: IKW).

Chemiefasern lassen sich aufgrund ihrer glatten Oberfläche meist leicht waschen. Allerdings ist nicht jede Form des Schmutzes gleichermaßen gut zu entfernen. Pigmentschmutz lässt sich leicht ablösen, fettige Ansammlungen, in ihren lipophilen Eigenschaften der Faser ähnlich, können auch sehr schwer entfernbar sein. Synthetisch hergestellte Fasern sind temperaturempfindlich, sie werden meist bei 30 °C oder 40 °C, höchstens jedoch bei 60 °C gewaschen. Oberhalb dieser Temperaturen kann es zur Fasererweichung kommen. Irreversible Formveränderungen sind die Folge. Chemiefasern neigen leichter zum Vergrauen als Naturfasern, weil insbesondere bei höherer Temperatur fettähnlicher (lipophiler) Schmutz durch Diffusionsprozesse tief in die Faser hineinwandern kann, was zu einer dauerhaften Schmutzbindung führt. Synthetischen Fasern haben ferner die unerwünschte Eigenschaft, sich bei mechanischer Bewegung stark elektrostatisch aufzuladen, dies führt zu einer erhöhten Schmutzablagerung. Textilien aus diesen Fasern müssen daher häufig gewaschen werden.

Neben dem oben beschriebenen unterschiedlichen Aufbau der Fasern spielen Färbe- und Veredlungstechniken für die Waschbarkeit der Textilien eine wichtige Rolle. Gefärbte Textilien dürfen in der Regel höchstens bei 60 °C gewaschen werden. Meist ist schon 40 °C die Obergrenze, oberhalb der es zum Ausfärben der Textilien kommen kann. Heute ist der überwiegende Teil der Wäsche gefärbt, der Anteil rein weißer Textilien an den Waschartikeln ist verhältnismäßig gering (s. auch Kap. 8.2).

Funktionelle Sport- und Oberbekleidung sollte mit Feinwaschmitteln oder flüssigen Colorwaschmitteln und im Schonwaschgang gewaschen werden. Für *Membrantextilien* sollten keine Weichspüler verwendet werden, da diese die Funktionsfähigkeit der Membran vermindern können.

1.5

Waschmaschinen

Historische Entwicklung

Über Jahrtausende hinweg wurde die Wäsche mit der Hand gewaschen, wobei je nach Zeitalter und Kulturkreis verschiedene mechanische Hilfsmittel zum Waschen genutzt wurden. Erst mit der Versorgung der Haushalte mit Wasser und Elektrizität konnten elektrische Waschmaschinen, wie wir sie heute als selbstverständlich ansehen, zum Einsatz kommen.

Ende des 18. Jahrhunderts begann in Deutschland die Versorgung der Haushalte mit Trinkwasser. In den Jahren von 1910 bis 1930 wurden viele Haushalte, zuerst in den großen Städten, an das Stromnetz angeschlossen. Parallel dazu kamen erste, noch recht einfach aufgebaute Bottich-Waschgeräte auf den Markt, teilweise schon mit einem elektrischen Antrieb. Ab ca. 1930 ermöglichte ein Bottich aus Metall das Beheizen des Waschwassers mit Gas oder Kohle (Abb. 1.18).

Die flächendeckende Elektrifizierung des Waschvorgangs und der Siegeszug der elektrischen Haushaltswaschmaschinen begannen in der Bundesrepublik



Abb. 1.18 Historische Waschmaschine von 1939.

und anderen europäischen Ländern in den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts [8]. Zu Beginn der fünfziger Jahre wurde die Wäsche häufig noch in der Waschküche im Waschkessel von Hand gewaschen. In der ersten Hälfte der fünfziger Jahre hielten Bottichwaschmaschinen Einzug in die Haushalte. Diese Maschinen waren noch recht einfach aufgebaut und standen im Allgemeinen in der Waschküche.

Ab Mitte der fünfziger Jahre eroberten die neu entwickelten Trommelwaschmaschinen zunehmend den Markt. Anfangs als teilautomatische Maschinen (eingebaute Heizung, Laugenpumpe und Wasserzulaufventile), kurze Zeit später auch als Waschvollautomaten, die waschen, spülen und schleudern konnten. Aufgrund der beim Schleudern entstehenden Unwuchtkräfte mussten die Waschmaschinen fest am Boden verankert werden. Zu Beginn der sechziger Jahre verloren die Bottichwaschmaschinen stark an Bedeutung und Trommelwaschmaschinen setzten sich in den Haushalten durch. 1961 kamen erste freistehende Vollautomaten auf den Markt, die nicht mehr am Boden verankert werden mussten. Dadurch wurde das Waschen zunehmend in die Wohnung verlagert.

1960 besaßen 29 % der deutschen Haushalte eine elektrische Waschmaschine, 1970 waren es bereits 74 % [9]. Heute gehört eine Waschmaschine in den hochindustrialisierten Ländern zur Grundausstattung eines Haushaltes (Abb. 1.19).

2008 sind in Deutschland ca. 97 % der Haushalte mit einer elektrischen Waschmaschine ausgestattet [10]; die restlichen Haushalte waschen ihre Wäsche entweder in Waschsalons oder lassen Waschen. Weitere Fakten und Daten zum Waschverhalten in deutschen Haushalten finden sich im Kapitel 8.2.

Die weite Verbreitung der Geräte und die damit verbundene hohe Stückzahl bei der Herstellung hatten zur Folge, dass die Waschmaschinen, gemessen an der absoluten Kaufkraft, immer billiger wurden. Ein Waschvollautomat kostete 1962 etwa 2.300 DM (umgerechnet 1.200 €), ein moderner Waschautomat 2010 zwi-

1913



1913: Mit Muskelkraft betrieben, aber trotzdem eine erhebliche Erleichterung für die Hausfrau: Die Holzbottichwaschmaschine.

1930



1930 kam die erste Haushaltswaschmaschine mit einem Bottich ganz aus Metall auf den Markt. Ein Meilenstein, denn eine Waschmaschine aus Metall war die Voraussetzung, dass einige Jahre später ein elektrischer Heizkörper zur Erwärmung des Wassers in die Maschine hineingebaut werden konnte.

Abb. 1.19 Waschmaschinen im Wandel der Zeit.

schen 300 € und 1.000 €, Spitzengeräte auch darüber. Berücksichtigt man den Kaufkraftverlust seit 1962 (ca. ein Faktor 3,75), so ist der Preis einer Waschmaschine in den letzten fünfzig Jahren auf etwa ein Zehntel des damaligen Preises gesunken, obwohl die Waschmaschinen sich qualitativ und quantitativ seit dem wesentlich verbessert haben.

Waschmaschinen im weltweiten Vergleich

Die Waschtechnik und der technische Aufbau der Waschmaschinen haben sich weltweit nicht einheitlich entwickelt. Neben der unterschiedlichen Wasserhärte in den verschiedenen Weltregionen sind die andersartigen Lebensgewohnheiten in den einzelnen Ländern Ausdruck dafür, dass sich Waschgewohnheiten und Waschbedingungen kulturell unterschiedlich entwickelt haben. Während in West-Europa seit Ende der 1950er Jahre überwiegend Trommelwaschmaschinen im Einsatz sind, haben sich in Nord-Amerika und Asien vor allem Bottichwaschmaschinen durchgesetzt (Abb. 1.20).

1956

21. Jh.



Der Waschvollautomat von 1956. Temperatur und Programm werden über Drehschalter eingestellt, der Knopf gedrückt und die Maschine arbeitet automatisch.

Damals eine bemerkenswerte Neuerung: Die Lauge wird nach dem Vorwaschen automatisch abgepumpt und durch frische Lauge ersetzt.

2004: Alle Programmläufe der modernen Waschvollautomaten werden durch Elektronik automatisch gesteuert. Dadurch werden sehr geringe Wasser- und Stromverbrauchswerte und größtmögliche Wäscheschonung erzielt.

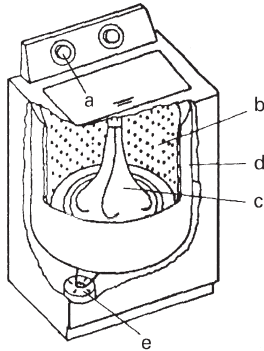
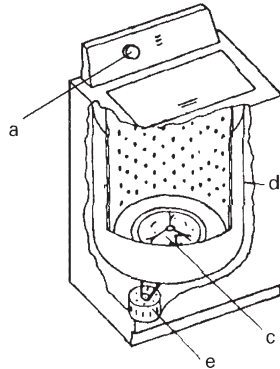
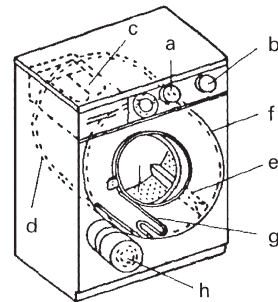
Auch die Beladungserkennung und eine Waschmittel-Dosierempfehlung gehören dazu.

Abb. 1.19 Waschmaschinen im Wandel der Zeit. (Fortsetzung)

Bei der *Trommelwaschmaschine* taucht die Wäsche nur zu einem geringen Teil in die Waschlauge ein und wird von den Rippen der sich drehenden Trommel in regelmäßigen Abständen aus der Waschlauge herausgehoben. Sie fällt anschließend in das Wasser zurück. Die mechanische Bearbeitung der Wäsche durch Quetschen und Stauchen ist stark und führt damit zu einer effektiven und gleichmäßigen Reinigung. Die Drehachse der Trommel ist horizontal ausgerichtet; die Wäschebeladung erfolgt über eine Öffnung auf der Vorderseite der Trommel (*Frontlader*) oder über eine Tür im Mantel der Trommel (*Toplader*).

Agitator-Bottichwaschmaschinen sind mit einem rotierenden Wäschebeweger (sog. Agitator) mit vertikaler Drehachse ausgestattet, der die Wäsche in der Waschlauge rührt. Dazu muss die Wäsche vollständig in der Waschlauge schwimmen.

Pulsator-Wellenradwaschmaschinen sind ähnlich aufgebaut wie Agitator-Bottichwaschmaschinen. Sie besitzen eine gerippte Scheibe am Boden (sog. Pulsator) mit ebenfalls vertikaler Drehachse, die für die mechanische Bewegung der Wäsche sorgt.

I) Bottichwaschmaschine
(USA)II) Wellenradwaschmaschine
(Japan)III) Trommelwaschmaschine
(Europa)

- I) a) Steuerung; b) Waschtrommel; c) Waschflügel; d) äußerer Laugenbehälter; e) Motor;
 II) a) Steuerung; b) Waschtrommel; c) Wellenrad; d) äußerer Laugenbehälter; e) Motor;
 III) a) Steuerung; b) Thermostat; c) Waschmitteleinspülvorrichtung; d) Waschtrommel; e) Mitnehmerrippen; f) äußerer Laugenbehälter; g) Heizstäbe; h) Motor;

Abb. 1.20 Vergleich von amerikanischen, japanischen und europäischen Waschmaschinen.

Sowohl die Verbrauchergewohnheiten als auch die Waschbedingungen sind in verschiedenen Ländern äußerst unterschiedlich (Abb. 1.21) [11].

Ausgehend von europäischen Verhältnissen wäscht der japanische Verbraucher seine Wäsche etwa dreimal so häufig und der US-amerikanische etwa 70 % häufiger. Auch sind Vor- und Nachbehandlungen (Fleckenentfernung, Hygiene) der Wäsche in diesen Ländern weitaus gebräuchlicher. Während in den Agitator-Waschmaschinen das Waschen mit extern vorerwärmtem Wasser (Cold – Warm – Hot) erfolgt, wird in Pulsator-Waschmaschinen meist kalt gewaschen. Da dadurch die Waschtemperatur meist niedriger ist, ist der Beitrag der Waschmaschine zur Erzielung eines notwendigen Reinigungseffektes an Textilien in diesen Regionen deutlich geringer als in Europa. Auch ist der Einsatz an (externer) Energie (Agitator) und Wasser (Agitator und Pulsator) deutlich höher als bei europäischen Maschinen.

	Nord-Amerika	Europa	Japan
Wäschen pro Haushalt und Jahr	290	170	520
Wasserhärte	im wesentlichen 'weich'	'weich' bis 'sehr hart'	'weich'
durchschn. Wasserverbrauch pro Waschgang	144 Liter	60 Liter	120 Liter
Wasserverbrauch jährlich	42 m³	10 m³	62 m³
durchschn. Energieverbrauch pro Waschgang	0,43 kWh	0,95 kWh	0,10 kWh
Energieverbrauch jährlich	124 kWh	160 kWh	52 kWh
Waschmaschinentyp	Agitator	Frontlader	Pulsator
Wasseranschluss	warm und kalt	kalt	kalt
Heizung	nein	ja	nein

Abb. 1.21 Waschgewohnheiten und Waschbedingungen weltweit [11].

Die Waschmaschine des 21. Jahrhunderts ist die Trommelwaschmaschine. Sie ist wegen der guten Waschleistung und des geringen Energie- und Wasserbedarfs den Bottichwaschmaschinen überlegen. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass in jüngster Zeit sowohl in Amerika als auch in Japan und anderen asiatischen Ländern Trommelwaschmaschinen mit beachtlichem Erfolg auf den Markt gebracht wurden, ja sogar solche Geräte von den dortigen Herstellern auch nach Europa exportiert werden. Dazu wurde nicht nur das Waschprinzip kopiert, sondern wurden auch viele Innovationen der europäischen Trommelwaschmaschine der letzten Jahrzehnte gleich mit umgesetzt.

Innovationen bei europäischen Waschmaschinen

In den letzten Jahren bzw. Jahrzehnten haben sich europäische Waschmaschinen nochmals deutlich verbessert. Wichtige Entwicklungsrichtungen waren dabei [12]:

- Energieeinsparung,
- Wassereinsparung,
- Optimierung des Waschprozesses,
- Verbesserung der Sicherheit,
- einfache Bedienung.

Seit der Zeit der ersten Ölkrise Mitte der siebziger Jahre sind bei Trommelwaschmaschinen beträchtliche Neuerungen hinsichtlich Wasser- und Energieeinsparung erzielt worden. Brauchte eine Waschmaschine mit einem Fassungsvermögen von ca. 4,5 kg 1970 4,3 kWh für die Kochwäsche, so lag der Verbrauch 2010 bei 1,5 kWh. Der Wasserverbrauch ist im gleichen Zeitraum von 200 L auf 45 L zurückgegangen (Abb. 1.22). Bei einigen Modellen ist sogar bis auf 39 L reduziert worden.

Aus Gründen des Klimaschutzes gewinnt ein möglichst geringer Energieverbrauch beim Waschen eine immer größere Bedeutung. Seit 2009 sind deshalb Waschmaschinen auf dem Markt, die über spezielle Waschprogramme im Niedrigtemperaturbereich (Kaltwasch- oder 20 °C-Programme) verfügen. Demgegenüber verliert der Kochwaschgang (90 °C) immer mehr an Bedeutung. Manche Waschmaschinen verfügen über einen separaten Warmwasseranschluss, um extern, z. B. über Solarenergie, erwärmtes Wasser zu nutzen und den Energiebedarf nochmals zu reduzieren.

Die Reduktion der Verbrauchswerte in der oben genannten Größenordnung war nur möglich durch die Einführung vieler technischer Neuerungen (Abb. 1.23).

Präzisere Sensoren für Wassermengen- und Temperatursteuerungen, die computergesteuert häufig auf dem Prinzip der Fuzzylogik beruhen, haben zum Beispiel eine genauere Anpassung der Waschparameter an die Beladungsmenge und die Programmwahl ermöglicht. Dazu kommt der Einsatz von immer ausgefeilteren elektronischen Steuerungen und Regelungen, die eine punktgenaue Führung des Waschprozesses durch die Waschmaschine erlauben und zum Teil sogar lernfähige und mit Expertenwissen ausgestattete Prozessführungen implementiert haben [13]. Die größte Wasserersparnis bei Waschmaschinen wurde durch mo-

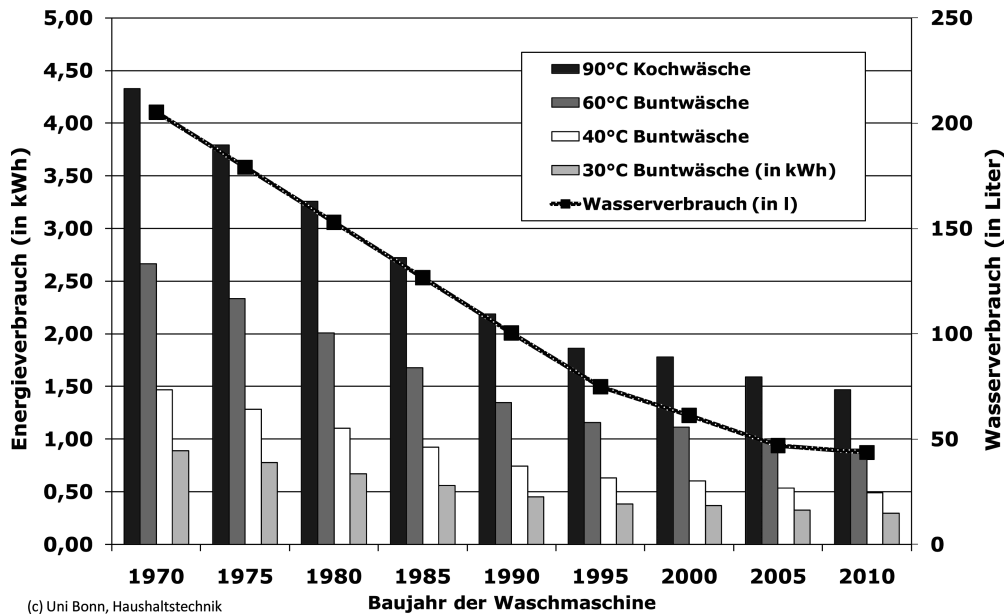


Abb. 1.22 Entwicklung der Verbrauchswerte bei Waschmaschinen (1970 bis 2010).

derne Spülprogramme erzielt. Durch kombinierte Spül- und Zwischenschleuderschritte gelingt es, mit sehr viel weniger Wasser als früher Schmutz und Waschmittelreste auszuspülen. Den Ablauf eines typischen Wasch- und Spülprogramms (Temperatur- und Bewegungsverlauf) zeigt Abbildung 1.24.

Dementsprechend hat heute jede moderne Waschmaschine eine Vielzahl von Programmvariationen, die eine optimale, teilweise automatische Anpassung an die zu waschende Wäsche erlaubt.

Im Folgenden werden ausgewählte Innovationen genauer betrachtet:

Mitte der 1980er Jahre waren wichtige Neuerungen der Waschmaschinenteknik die Verhinderung von Waschmittelverlust (Stichwort: Öko-Schleuse) und wassersparende Befeuchtungssysteme der Wäsche (z. B. Schöpfrippen- und Sprühsystem) (Abb. 1.25).

Die 1990er Jahre waren geprägt durch viele Neuerungen zur Erzielung einer einfacheren Bedienbarkeit, wie etwa größere oder geneigte Trommeleinfüllöffnungen und insbesondere übersichtlichere und einfachere Bedienblenden. Neben der bis dahin üblichen Größe von 5 kg Fassungsvermögen für Frontlader werden nun auch größere Waschmaschinen angeboten, die bis zu 7 kg Fassungsvermögen haben.

Dieser Trend zur Verbesserung des Bedienungskomforts setzt sich im 21. Jahrhundert fort, z. B. durch die Einführung von großflächigen graphischen Displays zur Programmeinstellung oder gar zur Fernbedienung oder Fernabfrage mittels Anschluss der Waschmaschine an ein hausinternes Kommunikationssystem

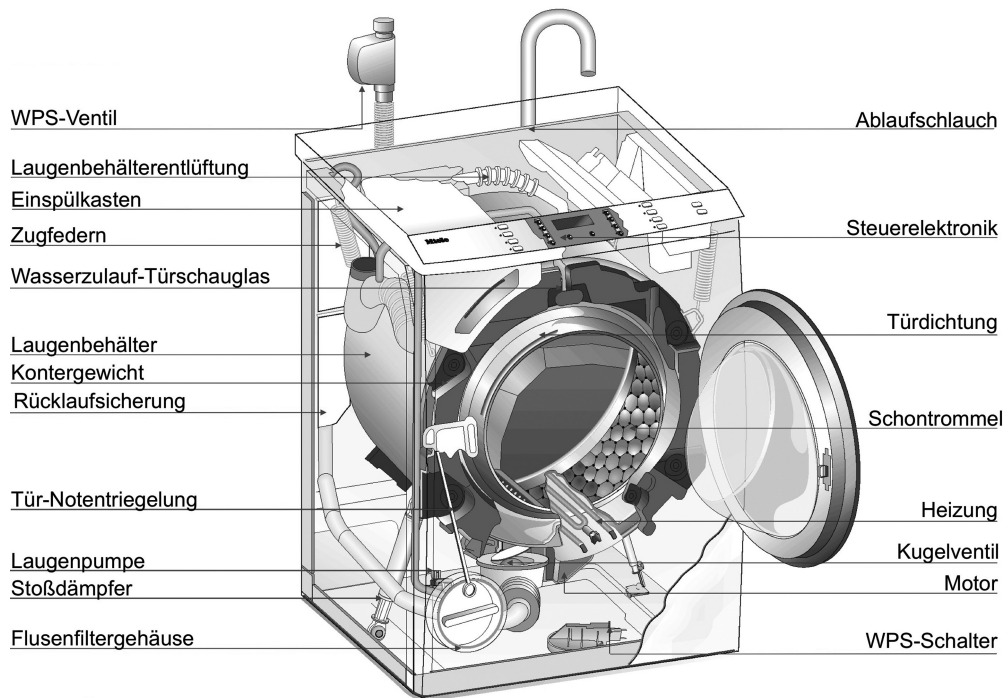


Abb. 1.23 Aufbau einer modernen Trommelwaschmaschine (Quelle: Miele)
WPS = Waterproof-System: An der Verschraubung des Wasserzulaufs ist ein Doppel-Magnetventil angebracht. Erkennt der Waschvollautomat einen Defekt, verschließt er automatisch das Ventil und sperrt damit den

Wasserzulauf ab. Ein Hüllschlauch umschließt den Zulaufschlauch und ist maschinenseitig mit der Rückwand verbunden. In der Bodenwanne befindet sich ein Schwimmerschalter, der bei Nässe das Wasserzulaufventil sofort verschließt.

oder das Internet. Möglich ist auch ein zeitversetztes Waschen mittels Timer, um so den oft günstigen Nachtstrom zu nutzen. Durch eine veränderte und optimierte Konstruktion der Waschtrommeloberfläche ist es gelungen, die Wäsche schonung während des Waschens nochmals zu verbessern.

Die weitaus größte Marktbedeutung haben Frontlader. Das Fassungsvermögen der Frontlader ist gegenüber den 1990er Jahren weiter erhöht worden und es gibt 2009 Waschmaschinen mit bis zu 8 kg Fassungsvermögen am Markt, Maschinen mit 6 kg Inhalt stellen 2009 das wichtigste Marktsegment dar. Toplader haben durchschnittlich ein geringeres Fassungsvermögen von 4 bis 5 kg. Die Schleuderdrehzahlen sind ebenfalls erhöht worden. Waschmaschinen mit 1.400 und mehr Schleuderdrehungen pro Minute haben 2009 einen Marktanteil von rund 70 % [14].

Die Steuerungssysteme wurden nochmals verbessert, so dass heute beispielsweise bei manchen Modellen eine automatische, der Wäsche angepasste Dosierung

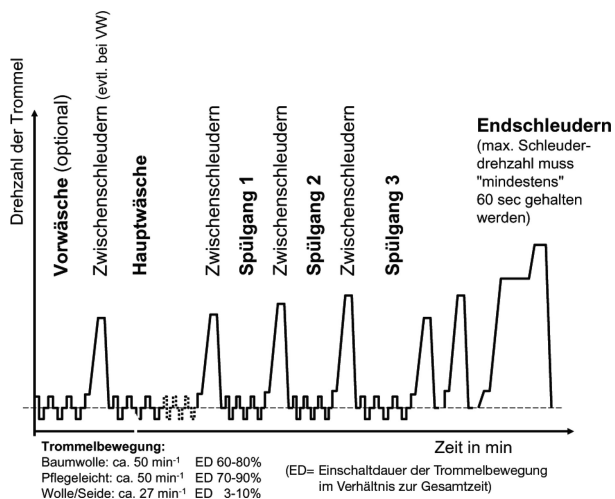
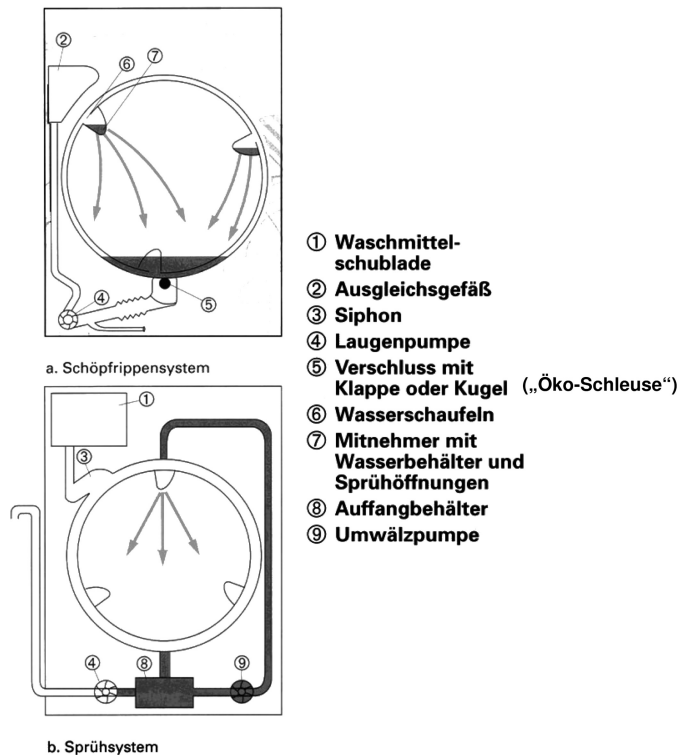


Abb. 1.24 Schema eines durchschnittlichen Waschprogramms.

Einrichtungen zur Einsparung von Wasser



Quelle: HEA

Abb. 1.25 Wasserführungssysteme bei Waschmaschinen.

flüssiger Waschmittel möglich ist [15]. Über die so genannte *Mengenautomatik* ermitteln Sensoren, wie viel des einlaufenden Wassers von der Wäsche aufgesogen wird, berechnen daraus die Wäschemenge und passen das Waschprogramm und auch, falls vorhanden, die Waschmitteldosierung dieser Menge an. Die erweiterte Mengenautomatik berücksichtigt zusätzlich die Temperaturabkühlung der Wäsche beim ersten Spülwassereinlauf und ermittelt daraus die optimale Anzahl der Spülgänge. Mit Hilfe der *Beladungserkennung* wird die Wäschemenge in der Trommel per Sensor ermittelt, der das geringfügige Absinken der Wäschetrommel beim Befüllen erfasst und anzeigt, so dass eine optimale Beladung der Maschine und die Angabe der benötigten Waschmittelmenge möglich wird.

Bezüglich der Sicherheit sind Wasserschutzsysteme weiterentwickelt worden, die bei einem unkontrollierten Auslaufen von Wasser, z. B. bei defektem Zulaufventil, Undichtigkeiten oder Platzen des Zulaufschlauches, den Wasserzulauf sofort unterbrechen und dadurch größere Wasserschäden verhindern.

Ab Frühjahr 1996 führen alle Waschmaschinen das europäische Energielabel (Abb. 1.26), das Auskunft zu Waschleistung, Energie- und Wasserverbrauch, Schleuderwirkung und Geräuschentwicklung gibt.

In einer Skala, die von A bis G reicht, wird dem Verbraucher eine Information über die Rangordnung der Effizienz der Maschinen gegeben, wobei A die effizienteste Klasse bezeichnet. Allerdings beziehen sich diese Angaben nur auf ein Vergleichsprogramm (für 60 °C Baumwollwäsche), so dass es durchaus große Unterschiede in anderen Programmen, die nicht relevant für das Energielabel sind, gibt.

Das Energielabel hat dazu geführt, dass sich alle Anbieter auf dem europäischen Markt darauf konzentriert haben, in den Angaben des Energielabels gut dazustehen. Gelitten hat darunter z. B. die Dauer der Waschprogramme, da dieser Parameter nicht auf dem Energielabel angegeben wird (nur in der Tabelle der Verkaufsbroschüre und in der Gebrauchsanweisung), eine längere Waschprogrammdauer sich aber positiv auf die damit erzielbare Reinigungsleistung auswirkt. Ebenso wird der Standby-Energieverbrauch beim Energielabel bisher nicht berücksichtigt.

2009 haben fast alle Waschmaschinen eine Einstufung für Energieeffizienz, Waschwirkung und Schleuderwirkung in der Klasse A. Als Differenzierungskriterium für die Verbraucher ist es damit kaum noch geeignet. Dabei gibt es je nach Hersteller und Preisniveau deutliche Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der Waschmaschinen bezüglich Waschleistung, Wäscheschonung, Energie- und Wasserverbrauch sowie Bedienungsfreundlichkeit und Lebensdauer [16]. Beispielsweise stehen extrem wassersparende Waschmaschinen im Zielkonflikt mit einem möglichst weitgehenden Ausspülen von Waschmittelresten aus der Wäsche (auf die Frage, inwieweit Waschmittelrückstände nach dem Waschen auf den Textilien verbleiben können, wird in Kapitel 8.5 näher eingegangen).

Seit einiger Zeit wird auf europäischer Ebene (EU Kommission, Rat und Parlament) das Energy Label für Haushaltsgroßgeräte grundlegend überarbeitet. Das neue Label soll voraussichtlich ab 2011 in Kraft treten. Bezogen auf Waschmaschinen wird sich voraussichtlich Folgendes ändern:

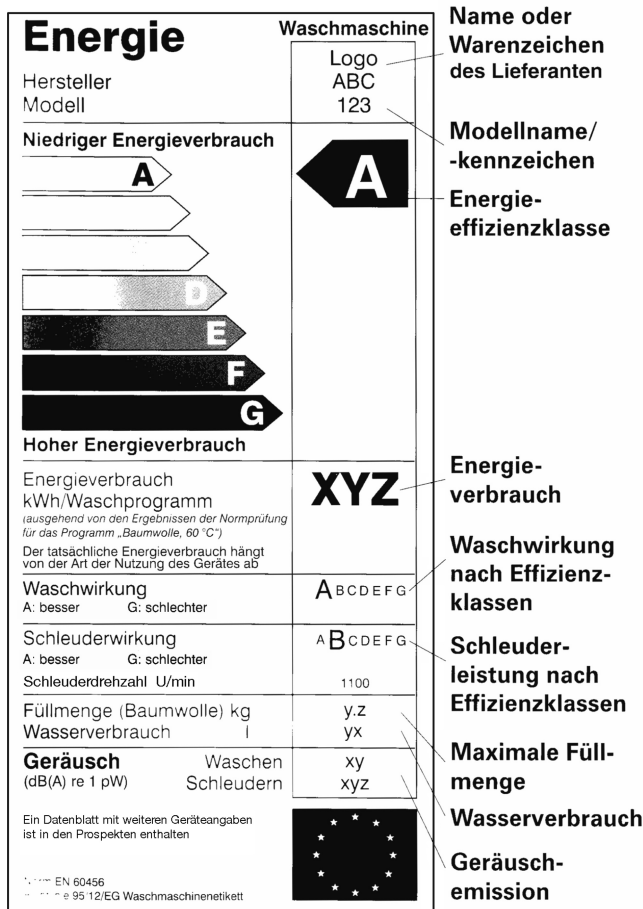


Abb. 1.26 Energielabel bei Waschmaschinen.

- Zu dem bisherigen Label werden drei neue Klassen A+, A++ und A+++ hinzugefügt.
- Das Layout wird länderübergreifend angepasst.
- Die maximale Anzahl der Effizienzklassen ist auf 7 begrenzt.
- Die Farbskala bleibt wie bei der bisherigen Klassifizierung von dunkelgrün (bisher A) bis rot (bisher G) und wandert mit.
- Die Daten und Klassen auf dem Label beziehen sich nicht mehr nur auf ein Standard-Waschprogramm, sondern es wird ein gewichteter Mittelwert aus mehreren Programmen gebildet.
- Die Energieklassen werden nicht mehr nach dem Energieverbrauch pro Kilogramm Fassungsvermögen eingeteilt, sondern nach einer komplexen Formel als „Energy Efficiency Index (EEI)“ berechnet, wobei auch der Standby-Verbrauch mit einbezogen wird.

Insgesamt soll durch die Neuregelung die Transparenz der Verbraucherinformation bezüglich der Vergleichbarkeit von Waschleistung und Ressourcenverbrauch von Waschmaschinen verbessert werden und sollen Anreize für die Hersteller zur Weiterentwicklung ressourcenschonender Waschmaschinen geschaffen werden.

Berücksichtigt werden muss, dass sich aufgrund einer mittleren Lebensdauer der Waschmaschinen von etwa 12 Jahren Innovationen erst mit längerer Verzögerung am Markt durchsetzen. Geräte, die älter als zehn Jahre sind, verbrauchen mitunter ein Vielfaches an Wasser und Strom und bieten darüber hinaus nicht immer die Möglichkeiten einer hohen Schleuderdrehzahl, was insbesondere beim Einsatz eines Wäschetrockners Grundvoraussetzung sein sollte. Allerdings gibt es auch hier deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Waschmaschinentypen. Wann aus ökonomischer oder ökologischer Sicht ein Austausch eines Altgerätes gegen ein Neugerät sinnvoll ist, muss im Einzelfall entschieden werden [17].

Wäschetrockner

Der elektrische *Wäschetrockner* hat sich in Deutschland in den Haushalten mit größerem Wäscheanfall als unverzichtbares Gerät zur schnellen und vor allem disponiblen Nachbehandlung der Wäsche heute fest etabliert. So nennen im Jahr 2008 43 % aller deutschen Haushalte [10] ein solches Gerät ihr Eigen, mit deutlich höheren Anteilen bei 3- und Mehr-Personenhaushalten. Prinzipiell gibt es bei Wäschetrocknern mehrere Bauarten, die sich entweder in ihrem Heizungsprinzip, ihrem Funktionsprinzip bezüglich der Behandlung der feuchten Luft oder ihrer Steuerung unterscheiden.

Am häufigsten findet man den Wäschetrockner mit elektrischer *Beheizung*. Hier wird über ein Heizelement die Luft erwärmt, die dann beim Durchstreichen der feuchten Wäsche die Feuchtigkeit aus ihr aufnimmt. Als Alternative dazu gibt es gasbeheizte Ablufttrockner und Wärmepumpen-Wäschetrockner. Letztere arbeiten nach folgendem Prinzip: Die beim Kondensieren der Feuchtigkeit aus der mit Wasserdampf gesättigten Prozessluft freiwerdende Wärmemenge wird der entfeuchteten Luft vor Eintritt in die Wäschetrommel teilweise wieder zugeführt, so dass die zuströmende Luft dabei vorgewärmt wird. Wärmepumpen-Trockner kommen dadurch mit deutlich weniger Energie aus im Vergleich zu den klassischen elektrisch beheizten Wäschetrocknern, dafür liegen die Anschaffungskosten höher.

Nachdem die Trockenluft die Feuchtigkeit aus der Wäsche aufgenommen hat, kann sie entweder direkt über eine Abluftleitung ins Freie geleitet werden (*Ablufttrockner*), oder es wird die Feuchtigkeit im Wäschetrockner selbst auskondensiert und die so getrocknete Luft im Kreislauf geführt (*Kondensationstrockner*) (Abb. 1.27). Die zur Kondensation notwendige Kühlluft wird dabei aufgeheizt und kann zur Erwärmung z. B. im Badezimmer genutzt werden. Außerdem ist das kondensierte Wasser gut geeignet zum Bügeln oder Blumengießen. Dem gegenüber entzieht der Ablufttrockner dem Aufstellraum die Luft, die, je nach Jahreszeit, durch mehr oder weniger kalte Luft ersetzt wird, die anschließend aufgeheizt werden muss.



Abb. 1.27 Funktionaler Aufbau von Wäschetrocknern (Quelle: Miele).

Je nach Art der Textilien und ihrer Weiterbehandlung wird man unterschiedliche Feuchtigkeiten am Ende des Trockenprozesses wünschen. Wäsche die noch gebügelt werden soll, sollte feuchter sein als Wäsche die direkt in den Kleiderschrank eingelagert wird. Dementsprechend sollte der Trockenprozess im Wäschetrockner so ablaufen, dass möglichst die gewünschte Trockenstufe direkt erreicht wird. Dies kann zum einen dadurch erreicht werden, dass am Wäschetrockner eine feste Trockenzeit eingestellt wird, die sich allerdings nach der Menge und Feuchtigkeit der Wäsche sehr unterschiedlich darstellen kann. Nach Ablauf dieser *Zeitsteuerung* wird der Verbraucher prüfen müssen, ob sich die Wäsche in dem gewünschten Trockenheitszustand befindet und ggf. noch eine Zeitverlängerung einstellen. Dieses Problem wird bei Wäschetrocknern mit *Feuchtigkeitssteuerung* elegant umgangen, denn hier messen Sensoren im Gerät die Feuchtigkeit der Wäsche und lassen den Trockenprozess solange laufen, bis die gewünschte Endfeuchte erreicht wird.

Ähnlich wie bei Waschmaschinen gibt es seit 1996 auch eine europaweit einheitliche Deklaration der Effizienz von Wäschetrocknern nach dem Energielabel, bei dem der Energieverbrauch (bzw. Energieeffizienz), die Trocknerart (‘Abluft’ oder ‘Kondensation’) und ggf. die Geräuschentwicklung dem Verbraucher in seiner Entscheidung helfen. Abhängig von der Art der Beheizung werden Geräte mit konventioneller elektrischer Beheizung in den Klassen B bis D zu finden sein, während die Energieeffizienzklasse A den Geräten mit Wärmepumpe vorbehalten bleibt. Ab 2011 wird bei Wäschetrocknern voraussichtlich wie bei den Waschmaschinen eine Neufassung des Energy Labels in Kraft treten.

Der Bedarf an elektrischer Energie liegt bei Abluft- und Kondensationstrocknern in einer vergleichbaren Größenordnung von ca. 0,6 bis 0,7 kWh pro kg

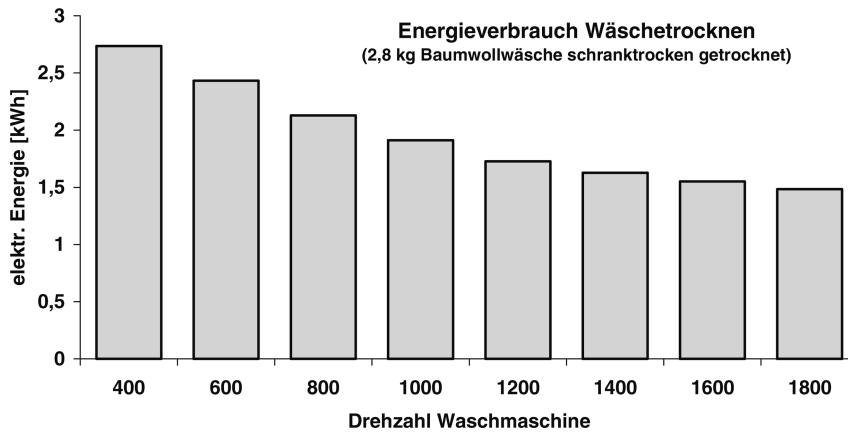


Abb. 1.28 Energieverbrauch Wäschetrockner.

Wäsche (Normprogramm), je nach Energieeffizienzklasse. Wärmepumpen-Trockner kommen mit der Hälfte an Energie aus: 0,3 bis 0,4 kWh pro kg Wäsche [18]. Obwohl Wärmepumpen-Trockner im Sinne der Nachhaltigkeit die effizientesten und ressourcenschonendsten Wäschetrockner sind, ist ihr Marktanteil 2009 noch sehr gering und liegt deutlich unter 5 %.

Allgemein gilt bei Wäschetrocknern die Devise, dass auf eine gute Vorentwässerung der Wäsche zu achten ist, denn je weniger Wasser verdampft werden muß, um so weniger Energie wird dafür verbraucht, unabhängig woher die Energie im Einzelfall kommt (Abb. 1.28). Eine hohe Schleuderdrehzahl der Waschmaschine (mind. 1.400 Umdrehungen pro Minute) ist aus Gründen des Klimaschutzes zu empfehlen.

Das Trocknen der Wäsche ist zweifellos klimarelevant, wenn man berücksichtigt, dass der Energieaufwand zum Trocknen der Wäsche erheblich höher ist als der Energieaufwand zum Waschen der gleichen Wäschemenge – wenn nicht im Freien oder unbeheizten Räumen getrocknet wird. Berücksichtigt werden muss auch, dass beim Trocknen der Wäsche in der beheizten Wohnung der Energieverbrauch ähnlich hoch liegt wie beim Trocknen im Wäschetrockner, unter ungünstigen Umständen sogar noch höher [18, 19].

Literatur

- 1 Metzger-Groom, S.: The importance of soil in laundry process. 49. SEPAWA Kongress, Conference proceedings 2002, S. 134 ff.
- 2 Hauthal, H. G.: Organische Polymere in Wasch- und Reinigungsmitteln. SOFW-Journal 132 (2006), H.10, 2-22
- 3 Statistisches Bundesamt, www.destatis.de (aufgerufen 10/2009)
- 4 www.wikipedia.org, Stichworte Faser, Naturfasern, Chemiefasern u. a. (aufgerufen 10/2009)
- 5 Fonds der Chemischen Industrie: Folienreihe „Textilchemie“, Frankfurt 2007
- 6 Industrievereinigung Chemiefaser e. V./ www.ivc-ev.de (aufgerufen 09/2009)
- 7 Schambil, F./Buchmeier, W./Glüssen, B./Bohnen, J./Hloch, H. G.: Werden Waschmittel vom Markt verschwinden? Eine Untersuchung alternativer Wassertechnologien. 55. SEPAWA Kongress, und 4. European Detergents Conference, Würzburg 2008.
- 8 Harder, H./Löhr, A.: Der Wandel der Waschverfahren im Haushalt seit 1945. Tenside Detergents 18(1981), H. 5, 246-252
- 9 Henkel & Cie GmbH (Hrsg.): Waschmittelchemie. Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1976
- 10 ZVEI Zahlenspiegel des deutschen Elektro-Hausgerätemarktes 2009
- 11 Pakula, C./Stamminger, R.: Electricity and Water Consumption for Laundry Washing by Washing machine in Selected Countries Worldwide. In *Energy Efficiency online*, Springer Verlag, Januar 2010.
- 12 Wendker, C.: Neue Entwicklungen bei Waschmaschinen. Forum Waschen, Vortrag Multiplikatorensseminar Bonn 2007
- 13 Tschulena, G./Lahrman, A. (eds.): Sensors in Household Appliances. Verlag Wiley VCH, Weinheim 2003
- 14 Persönliche Mitteilung, Thomas Benne, Bauknecht Hausgeräte GmbH, Oktober 2009
- 15 Rüdener, I./Gensch, C.-O.: Einsparpotentiale durch automatische Dosierung bei Waschmaschinen. Studie des Öko-Instituts e. V., Freiburg 2008
- 16 Stiftung Warentest. Zeitschrift Test, verschiedene Beiträge zum Thema Waschmaschinen
- 17 Eco-Efficiency Analysis of Washing machines. Studie des Öko-Instituts, Freiburg 2005
- 18 Vergleich der Umweltauswirkungen und Kosten verschiedener Wäschetrocknungssysteme. Studie des Öko-Instituts, Freiburg 2008
- 19 Gensch, C.-O./Rüdener, I.: Ökologische und ökonomische Betrachtung von Wäschetrocknungssystemen. Hauswirtschaft und Wissenschaft 1/2004, 12-19