

Ökobilanz und Lebenszykluskostenrechnung Wäschewaschen

Vergleich des Waschens bei
durchschnittlichen Waschttemperaturen mit
Waschen bei niedrigeren Waschttemperaturen

Freiburg/Hamburg,
16. August 2006

Endbericht

Im Auftrag der
Procter & Gamble Service GmbH

AutorInnen:

Ina Rüdener (Projektleitung)

Dr. Ulrike Eberle

Dr. Rainer Grießhammer

Öko-Institut e.V.
Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 500240
D-79028 Freiburg
Tel. +49 (0) 7 61 – 45 295-0
Fax +49 (0) 7 61 – 4 52 95 88
Hausadresse
Merzhauser Str. 173
D-79100 Freiburg
Tel. +49 (0) 761 – 45 295-0
Fax +49 (0) 761 – 4 52 95 88

Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
D-64295 Darmstadt
Tel. +49 (0) 6151 – 81 91 - 0
Fax +49 (0) 6151 – 81 91 33

Büro Berlin
Novalisstraße 10
D-10115 Berlin
Tel. +49 (0) 30 – 28 04 86-80
Fax +49 (0) 30 – 28 04 86-88

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	IV
Kurzfassung	1
1 Ziel und Untersuchungsrahmen	21
1.1 Hintergrund der Studie	21
1.2 Ziel der Studie und Zielgruppe	21
1.3 Vorgehen	23
1.4 Kurzbeschreibung der betrachteten Waschmittelkonzepte	24
1.5 Funktionelle Einheit und Nutzen des untersuchten Systems	25
1.6 Untersuchte Alternativen	26
1.6.1 Durchschnittliches Waschverhalten	27
1.6.2 Niedrigere Waschttemperaturen (one-click-down-Szenario)	29
1.6.3 Vereinfachungen bzgl. der Waschmaschinennutzung	30
1.6.4 Sensitivitätsanalyse: Vollständige Umsetzung des „one-click-down-Prinzips“	33
1.7 Systemgrenzen	34
1.8 Datenqualität	37
1.9 Methode der Wirkungsabschätzung	38
1.9.1 Kumulierter Energie-Aufwand (KEA)	39
1.9.2 Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP)	39
1.9.3 Versauerungspotenzial (Acidification Potential, AP)	39
1.9.4 Eutrophierungspotenzial (EP)	40
1.9.5 Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial (Photochemical Ozone Creation Potential, POCP)	40
1.9.6 Aquatoxizitätspotenzial	40
1.9.7 Normierung	43
1.10 Allokationsverfahren	45
1.11 Einschränkungen und nicht intendierte Anwendungen	46
1.12 Kritische Prüfung	46

2	Spezifikation der Alternative „Niedrigere Waschttemperaturen“	48
2.1	Waschmittel und Waschperformance	48
2.2	Hygieneaspekte	49
2.3	Vorhandensein von 20°C-Waschprogrammen	54
2.4	Schlussfolgerungen: one-click-down-Szenario	58
3	Modellierung und Datenbasis	59
3.1	Stromverbrauch	59
3.2	Wasserverbrauch	61
3.3	Waschmitteldosierung	62
3.4	Bereitstellung von Strom, Wasser und Waschmittel	62
3.5	Abwasserbehandlung	67
3.6	Aquatoxizität	68
4	Ergebnisse	72
4.1	Stromverbrauch und Einsparpotenziale pro Waschgang	72
4.2	Jährlicher Strom-, Wasser- und Waschmittelverbrauch	73
4.2.1	Verbrauchswerte pro Haushalt	73
4.2.2	Sensitivitätsanalyse: Vollständige Umsetzung des „one-click-down-Prinzips“	77
4.2.3	Verbrauchswerte und Einsparpotenziale auf nationaler Ebene	77
4.3	Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (Deutschland)	80
4.3.1	Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen	81
4.3.2	Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario	85
4.4	Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (Österreich)	87
4.4.1	Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen	88
4.4.2	Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario	92
4.5	Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (Schweiz)	94
4.5.1	Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen	95
4.5.2	Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario	99
4.6	Aquatoxizitätspotenzial	101
4.7	Zusammenfassung Einsparpotenziale und Bezug zu nationalen Werten	104
4.7.1	Deutschland	105
4.7.2	Österreich	106
4.7.3	Schweiz	107
4.7.4	Zusammenfassung	108

5	Lebenszykluskosten	109
5.1	Methodische Grundlagen	109
5.2	Ziel und Untersuchungsrahmen	109
5.2.1	Ziel	109
5.2.2	Untersuchte Alternativen	110
5.2.3	Funktionelle Einheit	110
5.2.4	Systemgrenzen	111
5.2.5	Datenqualität	111
5.2.6	Zeitlicher Variabilität der Kosten	112
5.3	Datengrundlage	112
5.4	Ergebnisse	113
6	Schlussfolgerungen	116
7	Literatur	119
8	Anhang	126
8.1	Statistische Hintergrunddaten	126
8.2	Daten zur Berechnung der Gesamtbelastung in den Wirkungskategorien	126
8.3	Bericht der Gutachter	128

Abkürzungsverzeichnis

A	Österreich
Abb.	Abbildung
AP	Versauerungspotenzial (<i>Acidification Potential</i>)
CH	Schweiz
CF	Charakterisierungsfaktoren
CMC	Carboxymethylcellulose
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
D	Deutschland
DF	Abbaurrate (<i>Degradation Factor</i>)
DID	Datenbank zu Waschmittelinhaltsstoffen (<i>Detergents Ingredients Database</i>)
EC 50	Konzentration, bei der 50 % der Testorganismen bezüglich des Testparameters Wirkungen zeigen (<i>Effective Concentration</i>)
EN	Europäische Norm
EP	Eutrophierungspotenzial
FAEO	Fettalkoholethoxylate
FAS	Fettalkoholsulfate
FES	Fettalkoholethoxysulfate
fl	Flüssigwaschmittel
FWA	Optische Aufheller (<i>Fluorescent Whitening Agents</i>)
GWP	Treibhauspotenzial (<i>Global Warming Potential</i>)
KEA	Kumulierter Energieaufwand
Kg	Kilogramm
kWh	Kilowattstunde
LAS	Lineares Alkylbenzolsulfonat
komp	Kompaktwaschmittel
LC 50	Mittlere tödliche Konzentration (<i>Lethal Concentration</i>)
m ³	Kubikmeter
Mg	Megagramm (Tonne)
MJ	Megajoule
NOEC	Höchste beobachtbare Konzentration, die noch nicht zu signifikanten erkennbaren Wirkungen führt (<i>No Observed Effect Concentration</i>)
p.a.	pro Jahr (<i>per annum</i>)

P&G	Procter & Gamble
PNEC	Konzentration, bei der keine Wirkung in der Umwelt zu erwarten ist (<i>Predicted No Effect Concentration</i>)
POCP	Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial (<i>Photochemical Ozone Creation Potential</i>)
QSAR	Quantitative Struktur-Wirkungsbeziehungen (<i>Quantitative Structure-Activity Relationship</i> , dabei werden mathematische Beziehungen zwischen der Struktur eines Moleküls und einer bestimmten Eigenschaft der betreffenden Substanz erstellt)
reg	Reguläres Waschmittel
SF	Sicherheitsfaktoren
Tab.	Tabelle
TAED	Tetraazetylethylendiamin
TF	Toxizitätsfaktor
TWh	Terawattstunden (Tera = 10^{12})
UBA	Umweltbundesamt
u. E.	unseres Erachtens
VWM	Vollwaschmittel
vs	versus

Kurzfassung

Ziel und Untersuchungsrahmen

Laut Herstellerangaben sind bei Produkten der Marke *Ariel*® seit mehreren Monaten alle Inhaltsstoffe bereits bei Waschttemperaturen ab 20°C aktiv. Die Procter & Gamble Service GmbH plant, die Möglichkeit, generell bei niedrigeren Waschttemperaturen zufrieden stellende Waschergebnisse zu erhalten und speziell bereits ab 20°C waschen zu können, bei verschiedenen Produkten in Deutschland, Österreich und der Schweiz ab Juli 2006 zu bewerben und auf den Verpackungen auszuweisen. Das Öko-Institut wurde daher als unabhängiges Forschungsinstitut von der Procter & Gamble Service GmbH beauftragt, die Einsparpotenziale, die aus niedrigeren Waschttemperaturen resultieren, im Rahmen der vorliegenden Studie zu quantifizieren.

Zentraler Gegenstand der Studie ist der Vergleich des Stromverbrauchs des Wäschewaschens in privaten Haushalten bei Wahl durchschnittlicher Waschttemperaturen mit dem Stromverbrauch bei Wahl niedrigerer Waschttemperaturen, und die Bestimmung der damit verbundenen ökologischen und finanziellen Einsparpotenziale. Die ökologischen Einsparpotenziale werden in Form einer Ökobilanz (in Übereinstimmung mit den Normen ISO 14040 bis ISO 14043) bestimmt.

Im Einzelnen werden mit der Studie folgende **Ziele** verfolgt:

- Die Bestimmung der durchschnittlichen Stromeinsparpotenziale pro Waschgang bei Nutzung niedrigerer Waschttemperaturen.
- Die Bestimmung der jährlichen durchschnittlichen Stromverbrauchswerte je Haushalt durch das Wäschewaschen sowie der Einsparpotenziale durch Nutzung niedrigerer Waschttemperaturen und die Bestimmung der entsprechenden Verbrauchs- und Einsparpotenziale auf nationaler Ebene.
- Die Bestimmung des Ressourcenverbrauchs und der Umweltwirkungen sowie der Kosten des Wäschewaschens in privaten Haushalten, sowie deren potenzielle Reduktion infolge der Nutzung niedrigerer Waschttemperaturen und die Bestimmung der entsprechenden Einsparpotenziale auf nationaler Ebene.
- Die Ableitung von Handlungsempfehlungen.

Die Untersuchungen werden für reguläre, superkompakte und flüssigkonzentrierte Voll- und Colorwaschmittel der Marke Ariel®¹ in Deutschland, Österreich und der Schweiz durchgeführt.

Als **funktionelle Einheit** wird die jährliche Anzahl an gewaschenen Waschgängen in einem durchschnittlichen privaten Haushalt² mittels einer handelsüblichen Waschmaschine festgelegt (164 Waschgänge pro Jahr. Zu beachten ist, dass keine Untersuchungen bezüglich der Waschperformance bei durchschnittlichen bzw. niedrigen Waschttemperaturen durchgeführt wurden. Die Äquivalenz des erreichten Waschergebnisses bei allen betrachteten Alternativen wird als gegeben vorausgesetzt. Hierbei beziehen wir uns auf Aussagen des Auftraggebers der Studie, der für alle eingesetzten Waschmittelkomponenten eine Wirksamkeit ab 20°C Waschttemperatur garantiert.

In der Studie werden **zwei grundsätzliche Alternativen** untersucht und verglichen: „Waschen bei durchschnittlichen Waschttemperaturen“ und „Waschen bei niedrigeren Waschttemperaturen“. Diese beiden Alternativen unterscheiden sich ausschließlich hinsichtlich der Wahl der genutzten Waschttemperaturen durch private Haushalte.

Die durchschnittliche Nutzung verschiedener Waschttemperaturen wurde mit Hilfe von Daten aus der Konsumforschung angenommen (TNS 2001). Die Alternative „Niedrigere Waschttemperaturen“ wurde erst im Verlauf der Studie konkretisiert. Dabei wurden verschiedene Rahmenbedingungen wie Waschmitteleigenschaften und Waschleistung, Hygieneaspekte und die waschmaschinenseitige Möglichkeit, Normalwäsche bei 20°C zu waschen, einbezogen. Bezüglich der waschmaschinenseitigen Möglichkeit wurde eine Umfrage bei Waschmaschinenherstellern durchgeführt.

Hinsichtlich der Waschmitteleigenschaften, der Waschleistung und der Hygieneaspekte konnten keine (wesentlichen) Einschränkungen gegenüber der häufigeren Nutzung von niedrigeren Waschttemperaturen festgestellt werden. Einer durchschnittlichen Reduktion der Waschttemperaturen um jeweils eine Temperaturstufe (so genanntes „one-click-down-Prinzip“) spricht hier nichts entgegen. Allerdings verfügen nur sehr wenige Waschmaschinen, die derzeit angeboten werden, über ein 20°C-Waschprogramm für Normalwäsche. Dies führt zu Einschränkungen bei der Definition des so genannten „one-click-down-Szenarios“.

Die beiden Alternativen werden wie folgt definiert:

¹ Ariel kalt-aktiv regulär, kompakt und flüssig (Vollwaschmittel), sowie die jeweilige Colorwaschmittelvariante (color&style).

² Unter „durchschnittlichem“ Haushalt wird ein „statistischer Durchschnittshaushalt“ verstanden: dieser ergibt sich durch eine top-down-Berechnung aus der Gesamtbevölkerung geteilt durch die Gesamthaushaltszahl.

1. *Durchschnittliche Waschttemperaturen:*

Zum Wäschewaschen werden diejenigen Waschttemperaturen genutzt, die den durchschnittlich genutzten Waschttemperaturen in Deutschland, Österreich bzw. der Schweiz entsprechen.

2. *one-click-down-Szenario:*

Hier wird angenommen, dass, anstatt durchschnittlicher Waschttemperaturen, bei jedem Waschgang eine Waschttemperatur gewählt wird, die um eine Stufe unter der bisher gewählten liegt. Das heißt, bisher bei 90°C/95°C gewaschene Wäsche wird zukünftig bei 60°C gewaschen, bisher bei 60°C gewaschene Wäsche zukünftig bei 40°C und bisher bei 40°C gewaschene Wäsche zukünftig bei 30°C. Bisher bei 30°C gewaschene Wäsche wird aufgrund des derzeitigen Waschmaschinenbestands (s.o.) allerdings weiterhin bei 30°C und nicht bei 20°C gewaschen. Ebenso wird Wäsche die bisher bei Temperaturen unter 30°C gewaschen wurde, auch weiterhin bei dieser Temperatur gewaschen.

Darüber hinaus wurde eine *Sensitivitätsanalyse* durchgeführt, die das Stromeinsparpotenzial pro Haushalt durch *vollständige* Umsetzung des „one-click-down-Prinzips“ untersucht. Das heißt, es wird angenommen, dass in einzelnen Haushalten durchaus Waschmaschinen vorhanden sind, die über ein 20°C-Waschprogramm für Normalwäsche verfügen. In solchen Haushalten könnte damit auch die Wäsche, die bisher bei 30°C gewaschen wurde, bei einer um eine Stufe reduzierten Waschttemperatur, nämlich bei 20°C gewaschen werden.

Vereinfachend wird bei allen Alternativen davon ausgegangen, dass alle 164 Waschgänge pro Jahr in Normalwaschprogrammen unterschiedlicher Waschttemperaturen in Waschmaschinen mit einer maximalen Beladung von 5 kg (mit den entsprechenden Strom- und Wasserverbrauchswerten) gewaschen werden. Auch die potenzielle Minderbeladung von Normalwaschprogrammen wird nicht berücksichtigt. Diese Vereinfachungen führen zu keinen (wesentlichen) Änderungen am Gesamtverbrauch an Strom und Wasser und an der Gesamtaussage bezüglich der Einsparpotenziale. Die Berücksichtigung der genannten Aspekte würde letztlich eher zu einer schwierigeren Kommunikation der Berechnungen und Ergebnisse führen als mit diesen Vereinfachungen. Die Vereinfachungen werden in der Studie diskutiert und begründet.

Bei der Bilanzierung wurden folgende **Prozesse**, die beim Wäschewaschen in privaten Haushalten relevant sind, berücksichtigt:

- Stromverbrauch und –bereitstellung,
- Wasserverbrauch und –bereitstellung,
- Waschmittelverbrauch und –bereitstellung (inkl. Verpackung),
- Abwasserbehandlung.

Nicht berücksichtigt wurden die Nutzung von Weichspüler oder Hilfsstoffen (z.B. zusätzliche Bleichmittel oder Wasserenthärter) oder mit dem Waschprozess zusammenhängende Prozesse wie die Wäschetrocknung oder das Bügeln der Wäsche. Ebenfalls nicht einbezogen wurden die Herstellung, der Vertrieb und die Entsorgung der Wäsche, die Herstellung, der Vertrieb und die Entsorgung der Waschmaschine, sowie der Transport der Waschmittel vom Hersteller zum Handel und vom Handel in die privaten Haushalte.

Folgende **Sachbilanz- bzw. Wirkungskategorien** wurden betrachtet:

- Verbrauch energetischer Ressourcen (Kumulierter Energie-Aufwand, KEA),
- Treibhauspotenzial (GWP),
- Versauerungspotenzial (AP),
- Eutrophierungspotenzial (EP),
- Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial (POCP),
- Aquatoxizitätspotenzial.

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine modellhafte Betrachtung des Waschprozesses in privaten Haushalten. Das bedeutet, dass Annahmen und Vereinfachungen getroffen wurden, die die **Anwendbarkeit und Interpretation der Ergebnisse einschränken**:

- Die Äquivalenz des erreichten Waschergebnisses bei allen betrachteten Alternativen wird als gegeben vorausgesetzt.
- Der Stromverbrauch von Waschmaschinen im Bestand bei unterschiedlichen Waschttemperaturen beruht auf einer Abschätzung. Außerdem wurden verschiedene Vereinfachungen bezüglich der Waschmaschinennutzung getroffen (bzgl. Waschprogrammen, Beladung und Kapazität der Waschmaschine).
- Die vorliegende Untersuchung gilt für „normale Haushaltswäsche“. In Haushalten, in denen besondere Hygieneanforderungen bestehen, kann es sinnvoll sein, häufiger als im one-click-down-Szenario höhere Waschttemperaturen zu wählen.
- Die in der vorliegenden Studie gewählte Wirkungsabschätzung ist nur eine von verschiedenen möglichen Wirkungsabschätzungen. Die Ergebnisse gelten also nur unter Anwendung der hier gewählten Wirkungsabschätzung und können bei Wahl einer anderen Wirkungsabschätzung anders ausfallen.

Die Studie wurde einer **kritischen Prüfung** nach ISO 14040, Absatz 7.3.3 unterworfen. Die kritische Prüfung bezog sich definitionsgemäß nur auf die ökobilanziellen Komponenten des Berichts, nicht auf die Lebenszykluskostenrechnung.

Modellierung und Datenbasis

Zur Erreichung der Ziele der Studie wurde zunächst der durchschnittliche Stromverbrauch von Waschmaschinen *im Bestand* aus Daten abgeleitet, die aus der Literatur und aus bereits durchgeführten Untersuchungen vorlagen (IKW 2002b, Rüdener und Gensch 2004).³ Als Abschätzung des Stromverbrauchs von Waschmaschinen *im Bestand in 2005* wurde der Stromverbrauch von Waschmaschinen, *die in 1995 angeboten wurden*, angenommen.

Der Stromverbrauch für Normalwäsche bei 20°C wurde nach Rüdener et al. (2004) mit 0,25 kWh pro 5 kg-Waschgang angenommen. Dieser Wert wurde mit Hilfe physikalischer Daten berechnet und stellt somit eine plausible Abschätzung des Energieverbrauchs dar. Da für Österreich und die Schweiz keine eigenen Daten vorliegen, wurden die Verbrauchswerte von Waschmaschinen in Deutschland auf diese Länder übertragen.

Folgende Tabelle zeigt die in der Studie angenommenen Werte für den Stromverbrauch von Waschmaschinen im Bestand in 2005.⁴

Tab. 1 In der Studie angenommene Werte für den Stromverbrauch in kWh pro 5-kg-Waschgang (eigene Annahme nach IKW (2002b), Rüdener und Gensch (2004) und Rüdener et al. (2004))

	Bestand D, A, CH 2005
<i>Einheit</i>	<i>kWh pro 5 kg-Waschgang</i>
90°C/95°C	1,90
60°C	1,15
40°C	0,65
30°C	0,40
20°C	0,25

Der **Wasserverbrauch** unterscheidet sich hinsichtlich der Waschtemperatur nur unwesentlich. Entsprechend den Annahmen zum Stromverbrauch wird als Abschätzung des Wasserverbrauchs im Bestand in 2005 der Wasserverbrauch von Waschmaschinen, die in 1995 angeboten wurden, angenommen. Dieser betrug 79 Liter pro Waschgang (Rüdener und Gensch 2004). Dieser Wert wird einheitlich für alle Waschtemperaturen und alle drei betrachteten Länder angenommen.

³ *Waschmaschinen im Bestand* sind die Waschmaschinen, die (derzeit) in den Haushalten vorhanden sind. Im Gegensatz dazu bezeichnet das *Marktangebot* Neumaschinen, die (derzeit) auf dem Markt angeboten werden.

⁴ Hier wird nochmals auf die oben angesprochenen und in der Studie detailliert begründeten und diskutierten Vereinfachungen bei der durchschnittlichen und niedrigeren Waschtemperaturwahl hingewiesen.

Die **Waschmitteldosierung** wurde entsprechend Angaben von Procter & Gamble für eine mittlere Wasserhärte und normale Verschmutzung mit 95 g pro Waschgang (Ariel kalt-aktiv regulär, Voll- und Colorwaschmittel), 75 g pro Waschgang (Ariel kalt-aktiv kompakt, Voll- und Colorwaschmittel) bzw. 80,3 g pro Waschgang (entspricht 75 ml, Ariel kalt-aktiv flüssig, Voll- und Colorwaschmittel) angenommen. Die Angaben zur Dosierung der Waschmittelkonzepte gelten für alle drei betrachteten Länder.

Die Daten zum Strom- und Wasserverbrauch und zur Waschmitteldosierung dienten der Berechnung der mit den untersuchten Alternativen verbundenen Strom-, Wasser- und Waschmittelverbräuche und der entsprechenden Umweltauswirkungen und Kosten. Hierzu wurden die Verbrauchswerte mit den jeweiligen Vorketten (**Strom-, Wasser- und Waschmittelbereitstellung**) bzw. **Kosten** verknüpft. Über die Waschmittelrezepturen, die vom Auftraggeber der Studie zur Verfügung gestellt wurden, wurde zum einen die Waschmittelbereitstellung modelliert⁵, zum anderen die **Abwasserbelastung** (Eutrophierung und Aquatoxizität).

Ergebnisse

Stromverbrauch und Einsparpotenziale pro Waschgang

Die Daten, aus denen der durchschnittliche Stromverbrauch im Bestand in 2005 abgeleitet wurde, geben die Bandbreite des Stromverbrauchs von Waschmaschinen wieder, die derzeit in privaten Haushalten genutzt werden. Je nach Alter der Waschmaschine kann bei einem Wechsel vom 60°C- auf das 40°C-Programm zwischen 43 % (Waschmaschine Baujahr 1995) und 47 % (Waschmaschine Baujahr 2004) Strom eingespart werden. Bei einem Wechsel vom 40°C- auf das 30°C-Programm kann je nach Alter der Waschmaschine zwischen 30 % (Waschmaschine Baujahr 2004) und 40 % (Waschmaschine Baujahr 1990) Strom eingespart werden.

⁵ Hierbei wurden neben der Bereitstellung der Waschmittelinhaltsstoffe die Waschmittelkonfektionierung (Eingangslager, Sprühturm, Mischen und Abpacken, vgl. Franke et al. 1995a) sowie die Bereitstellung der Verpackungsmaterialien einbezogen.

Jährlicher Strom-, Wasser- und Waschmittelverbrauch für Wäschewaschen

Der jährliche Strom-, Wasser- und Waschmittelverbrauch eines durchschnittlichen Haushalts wird mit Hilfe der Daten zum Strom-, Wasser- und Waschmittelverbrauch pro Waschgang und der Daten zur Waschtemperaturwahl bei den betrachteten Alternativen berechnet.

Der jährliche Stromverbrauch ist von den gewählten Waschtemperaturen abhängig und unterscheidet sich zwischen den betrachteten Ländern aufgrund der unterschiedlichen (durchschnittlichen) Waschtemperaturwahl geringfügig. Bei durchschnittlicher Waschtemperaturwahl werden bei allen Alternativen pro Haushalt rund 140 kWh Strom pro Jahr verbraucht.

Der jährliche Wasserverbrauch liegt bei allen Varianten und Alternativen bei 13 m³ p.a. Er ist bei allen Alternativen identisch, da er weder von den gewählten Waschtemperaturen noch vom Waschmittelkonzept abhängt.

Der jährliche Waschmittelverbrauch unterscheidet sich lediglich hinsichtlich des genutzten Waschmittelkonzepts, da die Dosierung jeweils unterschiedlich ist. Es bestehen keine Unterschiede zwischen den Ländern oder den gewählten Waschtemperaturen. Er liegt zwischen 12,3 kg p.a. (bei kompaktem Pulverwaschmittel) und 15,6 kg p.a. (bei regulärem Pulverwaschmittel).

Die Alternativen „Durchschnitt“ und „one-click-down“ unterscheiden sich ausschließlich hinsichtlich ihres Stromverbrauchs. Wasser- und Waschmittelverbrauch sind jeweils identisch. Durch niedrigere Temperaturwahl (one-click-down-Szenario) können pro Haushalt und Jahr 53 bis 54 kWh Strom (37 % bis 38 % des Stromverbrauchs fürs Wäschewaschen) eingespart werden (Deutschland: 37 %, Österreich und Schweiz: 38 %).

Die folgende Tabelle zeigt am Beispiel der Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär (sowohl Vollwaschmittel (VWM) als auch Colorwaschmittel (color&style)) für Deutschland die jährlichen Verbrauchswerte der Alternativen und die Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario.

Tab. 2 Strom-, Wasser und Waschmittelverbrauch pro Haushalt und Jahr und Einsparpotenzial (absolut und relativ zum Stromverbrauch fürs Wäschewaschen) (Deutschland)⁶

Alternative		Verbrauch an		
		Strom	Wasser	Waschmittel
Einheit		kWh p.a.	m ³ p.a.	kg p.a.
Ariel kalt-aktiv regulär, VWM und color&style				
Verbrauchswerte				
	Durchschnitt	142,3	13,0	15,6
	one-click-down	89,7	13,0	15,6
Einsparpotenzial				
	Absolut	52,6	--	--
	Relativ	37 %	--	--

Im **Vergleich zum Gesamtstromverbrauch** eines einzelnen Haushalts können knapp 1 % (Schweiz), 1,2 % (Österreich) bzw. 1,5 % (Deutschland) eingespart werden.

Durch die vollständige Umsetzung des „one-click-down-Prinzips“ (was im Rahmen einer **Sensitivitätsanalyse** untersucht wurde),⁷ könnten über 57 kWh und damit rund 40 % des Waschmaschinenstromverbrauchs eingespart werden (der Wert gilt für Deutschland).

Mit Hilfe der Verbrauchswerte pro Haushalt, der Anzahl an Haushalten in den betrachteten Ländern und dem Marktanteil der verschiedenen Waschmittelkonzepte wurden der jährliche Gesamtverbrauch an Strom, Wasser und Waschmitteln fürs Wäschewaschen bei durchschnittlicher und niedrigerer Waschtemperaturwahl und das entsprechende **Einsparpotenzial pro Land** berechnet (vgl. Tab. 3).

In **Deutschland** werden jährlich knapp 5,6 TWh Strom durch das Wäschewaschen verbraucht. Dies macht etwa 4 % des jährlichen Gesamtstromverbrauchs der privaten Haushalte von rund 140 TWh aus. Etwa 1,5 % (2,06 TWh) dieses Stromverbrauchs könnten durch das one-click-down-Szenario eingespart werden, was dem Stromverbrauch von rund 570.000 Einwohnern (d.h. der Einwohnerzahl der Stadt Düsseldorf) entspricht.

In **Österreich** macht der jährliche Stromverbrauch durch das Wäschewaschen mit 0,5 TWh etwa 3,3 % des Gesamtstromverbrauchs privater Haushalte aus (15 TWh) aus. Etwa 1,2 %

⁶ Gerundete Zahlen, bei weiteren Berechnungen wurde mit den Originalwerten gerechnet.

⁷ d.h. wenn im Haushalt eine Waschmaschine vorhanden ist, mit der Normalwäsche bei 20°C gewaschen werden kann und damit auch die Wäsche, die bisher bei 30°C gewaschen wurde, bei einer um eine Stufe reduzierten Waschtemperatur (also 20°C) gewaschen werden kann.

(0,19 TWh) davon könnten eingespart werden, was dem Stromverbrauch von rund 42.000 Einwohnern entspricht.

In der **Schweiz** werden etwa 0,44 TWh Strom durch Wäschewaschen verbraucht. Dies macht etwa 2,5 % des jährlichen Stromverbrauchs privater Haushalte (17,6 TWh) aus, von dem etwa 0,9 % (0,17 TWh) eingespart werden könnten, was dem Stromverbrauch von knapp 30.000 Einwohnern entspricht.

Die unterschiedlichen Anteile des Stromverbrauchs durch das Wäschewaschen und des Einsparpotenzials am durchschnittlichen Stromverbrauch eines privaten Haushalts resultiert aus dem unterschiedlichen Stromverbrauch pro Einwohner in den betrachteten Ländern (Deutschland: 1702 kWh p.a., Österreich: 1835 kWh p.a., Schweiz: 2377 kWh p.a.). Bei einem relativ geringen Stromverbrauch (Deutschland) sind der Anteil des Wäschewaschens und die entsprechenden Einsparungen höher als bei einem relativ hohen Stromverbrauch (Schweiz).

Tab. 3 Stromverbrauch durchs Wäschewaschen und Einsparpotenziale relativ zum Gesamtstromverbrauch privater Haushalte in Deutschland, Österreich und der Schweiz⁸

	Deutschland	Österreich	Schweiz
Gesamtstromverbrauch privater Haushalte (vgl. Tab. 18)	140,4 TWh	15,0 TWh	17,6 TWh
Stromverbrauch durchs Wäschewaschen	5,57 TWh	0,49 TWh	0,44 TWh
<i>Anteil am Gesamtstromverbrauch privater Haushalte</i>	4,0 %	3,3 %	2,5 %
Einsparpotenzial	2,06 TWh	0,19 TWh	0,17 TWh
<i>Anteil am Gesamtstromverbrauch privater Haushalte</i>	1,5 %	1,2 %	0,9 %
<i>Einwohnerwerte</i>	573.360	42.539	29.577

⁸ Gerundete Zahlen.

Wirkungsabschätzung

Die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (d.h. die Ressourceninanspruchnahme und die potenziellen Umweltauswirkungen) durch das jährliche Wäschewaschen in einem durchschnittlichen privaten Haushalt in Deutschland beziehen sich auf die einbezogenen Prozesse (Bereitstellung von Strom, Wasser und Waschmittel sowie Abwasserentsorgung). Sie wurden mit Hilfe der Strom-, Wasser- und Waschmittelverbrauchswerte pro Waschgang und den entsprechenden Vorketten, der Anzahl an Waschgängen (ggf. differenziert nach Waschtemperatur) sowie den Annahmen zur Abwasserbehandlung berechnet.

Für jedes Land werden zunächst für die sechs Alternativen mit durchschnittlicher Waschtemperaturwahl (entsprechend der sechs betrachteten Waschmittelkonzepte) die **Anteile der betrachteten Prozesse an den verschiedenen Indikatorwerten** dargestellt. Die Darstellung dieser Ergebnisse dient dem besseren Verständnis der relativen Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario in den Wirkungskategorien.

Die folgende Abbildung zeigt die relativen Anteile der betrachteten Prozesse am Ressourcenverbrauch (KEA) und an den verschiedenen Wirkungsindikatoren (am Beispiel: *Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel), Deutschland*).

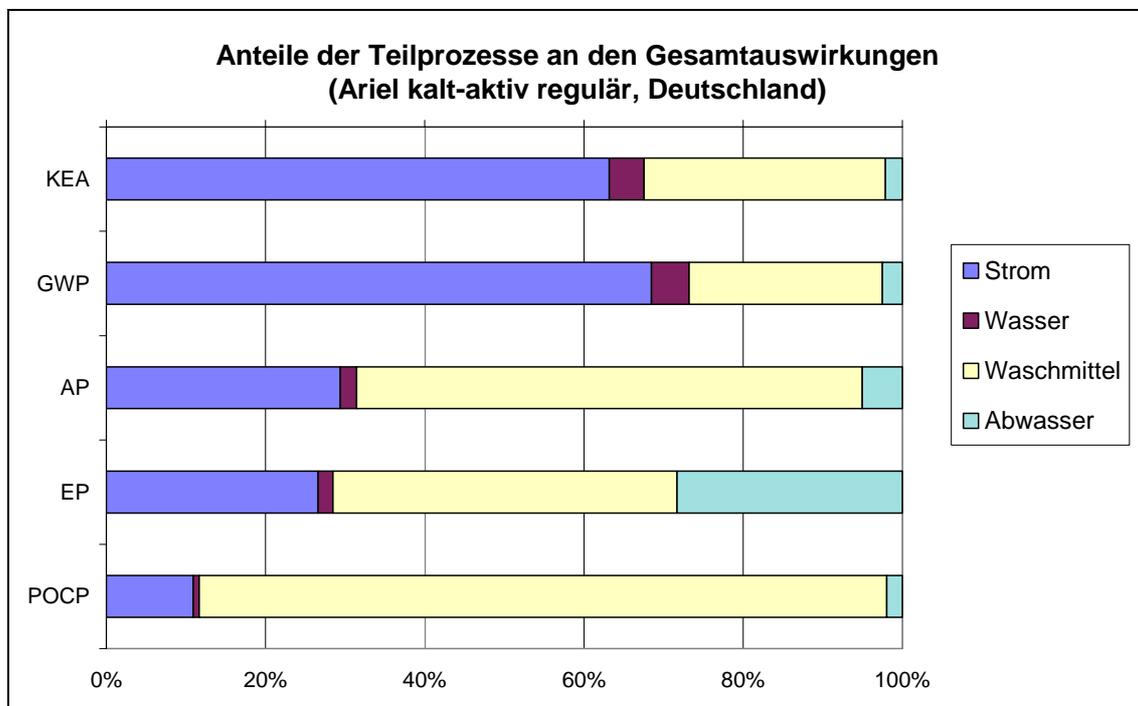


Abb. 1 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Deutschland) (*Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel), durchschnittliche Waschtemperaturen*)

Der Stromverbrauch ist bei den Indikatoren kumulierter Energieaufwand und Treibhauspotenzial besonders relevant (KEA: 63 %, GWP: 68 %). Beim Versauerungspotenzial und beim photochemischen Oxidantienbildungspotenzial ist die Waschmittelbereitstellung⁹ der dominierende Prozess (AP: 64 %, POCP: 86 %). Beim Eutrophierungspotenzial trägt neben Waschmittel- und Strombereitstellung auch die Abwasserentsorgung einen wesentlichen Anteil (Strombereitstellung: 27 %, Waschmittelbereitstellung: 43 %, Abwasserentsorgung: 28 %). Die Bereitstellung von Trinkwasser spielt beim kumulierten Energieaufwand und den betrachteten Wirkungskategorien nur eine untergeordnete Rolle (2 % bis 5 %).

Die folgende Tabelle zeigt die konkreten Werte des betrachteten Beispiels.¹⁰

Tab. 4 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv regulär, durchschnittliche Waschttemperaturen) (Deutschland, vgl. Abb. 4, S. 76)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	1489	89,2	0,17	0,012	0,010
Wasser	103	6,2	0,01	0,001	0,001
Waschmittel	714	31,6	0,38	0,019	0,081
Abwasser	50	3,2	0,03	0,012	0,002
<i>Summe</i>	<i>2356</i>	<i>130</i>	<i>0,60</i>	<i>0,044</i>	<i>0,093</i>
RELATIV					
Strom	63%	68%	29%	27%	11%
Wasser	4%	5%	2%	2%	1%
Waschmittel	30%	24%	64%	43%	86%
Abwasser	2%	2%	5%	28%	2%
<i>Summe</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

Die relativen Anteile der Teilprozesse an den Indikatoren in **Österreich** sind denen in Deutschland sehr ähnlich. Der Stromverbrauch ist ebenfalls bei den Indikatoren kumulierter Energieaufwand und Treibhauspotenzial besonders relevant, hat allerdings einen etwas geringeren Anteil als in Deutschland (KEA: 52 %, GWP: 48 %). Beim Versauerungspotenzial und beim Photochemischen Oxidantienbildungspotenzial ist die Waschmittelbereitstellung der dominierende Prozess (AP: 68 %, POCP: 83 %). Beim Eutrophierungspotenzial trägt neben der Waschmittel- und Strombereitstellung auch die Abwasserentsorgung einen

⁹ Die Waschmittelbereitstellung umfasst die Bereitstellung der Waschmittelinhaltsstoffe, die Waschmittelkonfektionierung (Eingangslager, Sprühturm, Mischen und Abpacken, vgl. Franke et al. 1995a) sowie die Bereitstellung der Verpackungsmaterialien (vgl. Kapitel 1.7 und 3.4 in der Langfassung der Studie).

¹⁰ In der Studie werden die konkreten Ergebnisse für alle Alternativen mit durchschnittlicher Temperaturwahl tabellarisch dargestellt.

wesentlichen Anteil (Strombereitstellung: 25 %, Waschmittelbereitstellung: 39 %, Abwasserentsorgung: 34 %). Die Trinkwasserbereitstellung macht auch hier lediglich zwischen 2 % und 4 % aus.

In der **Schweiz** ist der Anteil des Stromverbrauchs an den Indikatoren außer beim kumulierten Energieaufwand sehr gering (bei KEA: 56 %). Beim Treibhauspotenzial, beim Versauerungspotenzial und beim photochemischen Oxidantienbildungspotenzial ist die Waschmittelbereitstellung der dominierende Prozess (GWP: 78 %, AP: 86 %, POCP: 90 %). Beim Eutrophierungspotenzial hat neben der Waschmittelbereitstellung (mit 52 %) auch die Abwasserentsorgung (mit 40 %) einen relativ großen Anteil. Die Trinkwasserbereitstellung hat hier, wie schon in Deutschland und in Österreich, nur einen geringen Anteil am Ressourcenverbrauch bzw. den Umweltauswirkungen (0 % bis 5 %).

Anschließend wurden für jedes der sechs Alternativenpaare¹¹ die **relativen Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario** bei den betrachteten Indikatoren dargestellt.

Die folgende Abbildung zeigt das Einsparpotenzial durch das one-click-down-Szenario beim Ressourcenverbrauch (KEA) und bei den verschiedenen Wirkungsindikatoren (am Beispiel: *Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel), Deutschland*).

¹¹ Durchschnittliche Waschtemperaturwahl bzw. one-click-down-Szenario für die sechs betrachteten Waschmittelkonzepte.

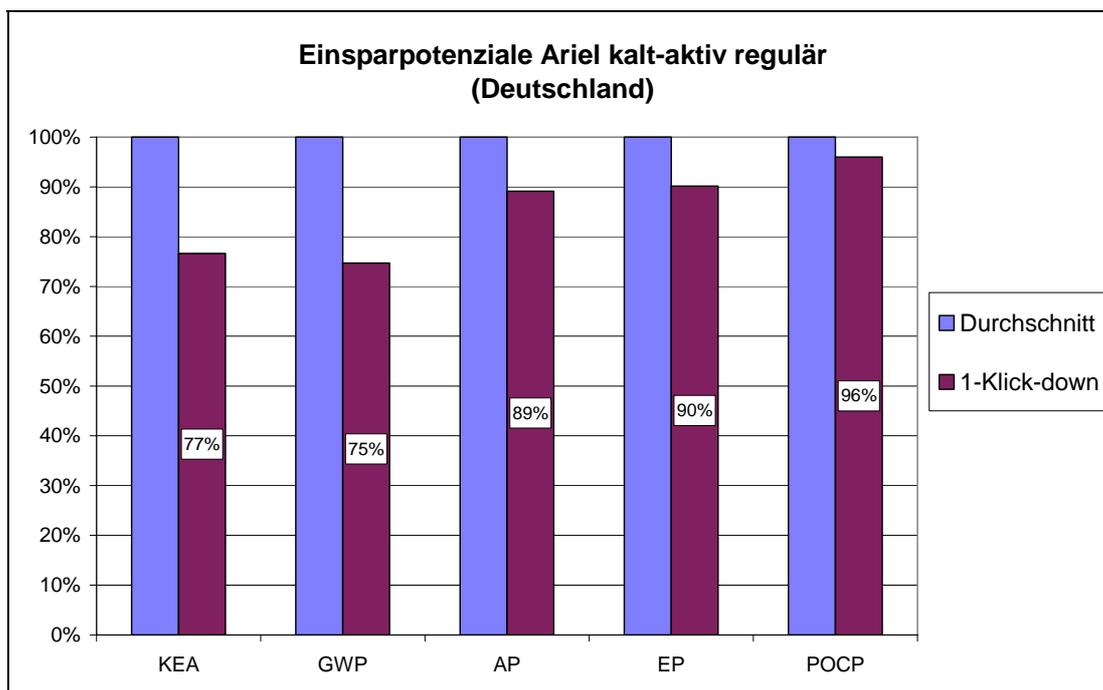


Abb. 2 Einsparpotenzial durch das one-click-down-Szenario (Deutschland) (Beispiel: Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel), durchschnittliche Waschttemperaturen).

Die Einsparpotenziale liegen je nach Wirkungskategorie zwischen 4 % (POCP) und 25 % (GWP). Die Einsparpotenziale sind ausschließlich auf den niedrigeren Stromverbrauch beim one-click-down-Szenario zurückzuführen. Die Unterschiede bei den Einsparpotenzialen zwischen den betrachteten Indikatoren sind dementsprechend auf den unterschiedlichen Anteil zurückzuführen, den der Stromverbrauch zu diesen beiträgt.

Folgende Tabelle zeigt die der Abbildung zu Grunde liegenden absoluten und relativen Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (am Beispiel Ariel kalt-aktiv regulär, Deutschland).

Tab. 5 Ressourcenverbrauch und Umweltauswirkungen der betrachteten Alternativen (am Beispiel Ariel kalt-aktiv (Vollwaschmittel) regulär für Deutschland)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
Einheit	MJ	kg CO ₂ -Äquivalente	kg SO ₂ -Äquivalente	kg PO ₄ -Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Durchschnitt	2.355.620	130	0,60	0,044	0,093
one-click-down	1.805.394	97	0,53	0,040	0,089
RELATIV					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	77%	75%	89%	90%	96%

In **Österreich** liegen die Einsparpotenziale je nach Wirkungskategorie zwischen 6 % (POCP) und 20 % (KEA). Die relativen Einsparpotenziale bei KEA und GWP sind etwas geringer als die in Deutschland.

Da die Einsparpotenziale ausschließlich auf den niedrigeren Stromverbrauch beim one-click-down-Szenario zurückzuführen sind, und der Stromverbrauch in der **Schweiz** (außer beim KEA) nur einen geringen Anteil an den Gesamtauswirkungen hat, liegen die Einsparpotenziale nur beim KEA bei etwa 21 %. Die Einsparpotenziale bei den anderen Wirkungskategorien sind relativ gering und liegen zwischen 2 % (AP) und 5 % (GWP).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die relativen Einsparpotenziale vor allem bei den Indikatoren hoch sind, die stark durch die Strombereitstellung beeinflusst werden. Dies sind in allen drei Ländern der kumulierte Energieaufwand und in Deutschland und Österreich auch das Treibhauspotenzial. Hier liegen die Einsparpotenziale bei 19 bis 28 % (KEA Deutschland, Österreich und Schweiz) und bei 18 bis 28 % (GWP Deutschland und Österreich).

Mittlere Einsparpotenziale sind in Deutschland und Österreich beim Versauerungspotenzial und beim Eutrophierungspotenzial zu verzeichnen (AP: 10 % bis 13 %; EP: 9 bis 21 %).

Umweltbelastungen, die weniger durch die Strombereitstellung, sondern stärker durch die Waschmittelbereitstellung (oder das Abwasser) verursacht werden, lassen sich durch niedrigere Temperaturwahl entsprechend weniger stark reduzieren. Dies sind in der Schweiz alle Indikatoren außer dem kumulierten Energieaufwand, in Deutschland und Österreich das photochemische Oxidantienbildungspotenzial. Hier liegen die Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario bei 5 bis 9 % (GWP Schweiz), 3 bis 9 % (EP Schweiz), 2 % bis 3 % (AP Schweiz) bzw. 3 bis 7 % (POCP Deutschland, Österreich und Schweiz).

Das **Aquatoxizitätspotenzial** wurde lediglich für die durch den Waschprozess selbst ins Abwasser gelangenden Substanzen bestimmt. Es wurde nicht für die Bereitstellungsprozesse von Strom, Wasser oder Waschmittel bestimmt. Dementsprechend gibt es zwischen den betrachteten Alternativen „durchschnittliche Wascht temperaturwahl“ und „one-click-down-Szenario“ keine Unterschiede beim Aquatoxizitätspotenzial und ist damit für die Fragestellung der vorliegenden Studie nicht relevant.

Da jedoch Unterschiede aus der Art des genutzten Waschmittelsystems resultieren (reguläres, superkompaktes oder flüssiges Voll- bzw. Colorwaschmittel), wird das aquatische Toxizitätspotenzial in einem separaten Kapitel länderübergreifend diskutiert.

Lebenszykluskosten

Für die Alternativen mit geographischem Bezugsraum Deutschland und Nutzung von Vollwaschmitteln wurden neben der Ökobilanz noch die Lebenszykluskosten berechnet.¹²

Die Lebenszykluskostenrechnung dient dazu, alle relevanten Kosten, die in Verbindung mit einer bestimmten Alternative für einen oder mehrere Akteure des Produktlebenszyklus entstehen, zu ermitteln. Die Betrachtung der Lebenszykluskosten ist insbesondere bei Produkten sinnvoll, bei denen relevante Kosten während der Betriebs- bzw. Nutzungsphase eines Produkts oder durch die Entsorgung entstehen.

Ziel und Untersuchungsrahmen

Um einen Vergleich mit den entsprechenden Ergebnissen der Ökobilanz zu ermöglichen, gelten bei der vorliegenden Lebenszykluskostenrechnung grundsätzlich dieselben Rahmenbedingungen. Ziel und wesentliche Rahmenbedingungen werden hier noch einmal wiederholt und für die Lebenszykluskostenrechnung spezifiziert.

Ziel der vorliegenden Lebenszykluskostenrechnung ist die Bestimmung der Kosten des Wäschewaschens in privaten Haushalten sowie deren potenzielle Reduktion infolge der Umsetzung einer Verringerung der Waschtemperaturen. Die untersuchten **Alternativen** (durchschnittliche Waschtemperaturwahl und one-click-down-Szenario), ebenso wie die **funktionelle Einheit** (Waschen der jährlichen Anzahl an gewaschenen Waschgängen in einem durchschnittlichen privaten Haushalt mittels einer handelsüblichen Waschmaschine), sind mit denen der Ökobilanz identisch.

Folgende Input- und Outputgrößen des Wäschewaschens in privaten Haushalten, die den in der Ökobilanz berücksichtigten Prozessen entsprechen, werden bei der Kostenrechnung berücksichtigt:

- Stromverbrauch,
- Wasserverbrauch und Abwasserentsorgung,
- Waschmittelverbrauch.

Analog zur Ökobilanz werden die Anschaffung und Entsorgung der Wäsche, die gewaschen wird, die Anschaffung und Entsorgung der Waschmaschine und der Transport der Waschmittel vom Handel in die privaten Haushalte nicht berücksichtigt.

¹² Für Österreich und die Schweiz sowie für die Nutzung von Colorwaschmitteln wurde keine Lebenszykluskostenrechnung durchgeführt.

Grundsätzlich wurden in der Lebenszykluskostenrechnung ausschließlich die Kosten berücksichtigt, die für private Haushalte durch das Waschen von Wäsche auftreten. Entsprechend der Inputgrößen sind dies folgende Kostenarten:

- Stromkosten (errechnet aus Stromverbrauch und Preis pro Einheit),
- Kosten für Trinkwasserbereitstellung und Abwasserbehandlung (errechnet aus Wasserverbrauch und den Kosten für die Trinkwasserbereitstellung und Abwasserentsorgung),
- Waschmittelkosten (errechnet aus Preis pro Waschgang).

Die Kosten werden inklusive der derzeit gültigen Mehrwertsteuer angegeben (Strom und Waschmittel: 16 %, Trinkwasserbereitstellung: 7 %, Abwasserentsorgung: 0 %).

Es werden die jährlichen Kosten mit den derzeit gültigen Preisen für die betrachteten Inputflüsse berechnet. Die Ergebnisse gelten damit für die heutige Situation. Da keine zukünftigen Kosten berechnet werden (Kosten, die innerhalb eines Jahres anfallen, werden als „gegenwärtig“ betrachtet), muss keine Abzinsung vorgenommen werden.

Modellierung und Datengrundlagen

Die Daten zum durchschnittlichen Strom- und Wasserverbrauch von Waschmaschinen im Bestand und zur Waschmitteldosierung werden entsprechend den Annahmen der Ökobilanz für die Lebenszykluskostenrechnung übernommen. Gleiches gilt für das Nutzerverhalten (für durchschnittliche Waschtemperaturwahl und one-click-down-Szenario). Tab. 6 gibt einen Überblick über die zu Grunde gelegten Preise pro kWh, Liter bzw. Waschgang.

Tab. 6 Preise für Strom, Wasser und Waschmittel für private Haushalte in Deutschland

Betriebsmittel	Preis	Einheit	Quelle
Strom	0,196	Euro/kWh	Erhebung Öko-Institut 03/2006
Wasser	4,22	Euro/m ³	Berechnung in Rüdener und Gießhammer 2004
Ariel kalt-aktiv VWM regulär	0,24	Euro/Waschgang	Erhebung Öko-Institut 05 und 06/2006
Ariel kalt-aktiv VWM kompakt	0,24	Euro/Waschgang	Erhebung Öko-Institut 05 und 06/2006
Ariel kalt-aktiv VWM flüssig	0,22	Euro/Waschgang	Erhebung Öko-Institut 05 und 06/2006

VWM = Vollwaschmittel

Ergebnisse

Je nach Waschmittelkonzept (reguläres, kompaktes oder flüssiges Vollwaschmittel) kostet das Wäschewaschen einen bundesdeutschen Durchschnittshaushalt insgesamt etwa 108,- bis 122,- Euro jährlich. Bei durchschnittlichen Waschtemperaturen sind nahezu die Hälfte

davon (45 % bis 46 %) Kosten für Trinkwasserbereitstellung und Abwasserentsorgung, ein knappes Viertel (23 % bis 24 %) resultiert aus dem Strom- und ein knappes Drittel (32 % bis 33 %) aus dem Waschmittelverbrauch. Bei niedrigerer Temperaturwahl reduziert sich der Anteil für die Stromkosten auf etwa 16 %.

Unabhängig von der Waschmittelwahl lassen sich die jährlichen Kosten für den Strombedarf durch die Wahl niedrigerer Waschttemperaturen (one-click-down-Szenario) um 10,- Euro (37 %) reduzieren. Insgesamt resultiert ein Einsparpotenzial von knapp 10 % der gesamten Kosten.

Schlussfolgerungen

Bezogen auf die Zielstellung der Studie können folgende Schlussfolgerungen gezogen und Empfehlungen ausgesprochen werden.

Das Einsparpotenzial beim Stromverbrauch durch das one-click-down-Szenario ist hoch: Zwischen 37 % und 38 % des Stromverbrauchs des Wäschewaschens in privaten Haushalten können durch die konsequente Nutzung niedrigerer Waschttemperaturen (entsprechend der Definition im one-click-down-Szenario) eingespart werden. In Deutschland könnte so der Stromverbrauch privater Haushalte um 1,5 % reduziert werden – einschließlich der damit einhergehenden Umweltauswirkungen. Dies entspricht dem durchschnittlichen Stromverbrauch von rund 570.000 deutschen Einwohnern (d.h. der Einwohnerzahl Düsseldorfs bzw. rund 270.000 Haushalten). In Österreich könnte der Haushaltsstromverbrauch um rund 1,2 % reduziert werden, was dem Stromverbrauch von über 42.000 österreichischen Einwohnern (knapp 18.000 Haushalten) entspricht. In der Schweiz könnte schließlich der Haushaltsstromverbrauchs um etwa 0,9 % reduziert werden (entspricht knapp 30.000 schweizerischen Einwohnern bzw. 12.500 Haushalten).

Wie die Sensitivitätsanalyse zeigt, erhöht sich das Einsparpotenzial durch die vollständige Umsetzung des one-click-down-Szenarios¹³ von 37 % auf rund 40 %. Es wäre daher sinnvoll, neben der schrittweisen Reduktion der bisherigen Waschttemperaturen, dem Verbraucher vermehrt Waschmaschinen anzubieten, mit denen Normalwäsche bei 20°C gewaschen werden kann.

Betrachtet man den Ressourcenverbrauch und die potenziellen Umweltauswirkungen des gesamten Waschprozesses, so sind die relativen Einsparungen geringer, da auch andere

¹³ Also wenn auch Wäsche die bisher bei 30°C gewaschen wurde, bei einer um eine Stufe reduzierten Temperatur, also bei 20°C gewaschen wird.

Prozesse als der Stromverbrauch hierzu beitragen. In Deutschland könnten aber zumindest beim kumulierten Energieaufwand und beim Treibhauspotenzial Einsparpotenziale von bis zu 29 % erreicht werden, in Österreich bis zu 25 %. Der Anteil des Stromverbrauchs an den Umweltauswirkungen, und damit auch die Einsparpotenziale, sind in der Schweiz, wo die Strombereitstellung zu einem größeren Anteil aus regenerativen Energieträgern (Wasserkraft) erfolgt, geringer als in Deutschland und Österreich.

Die Einsparungen, die an den Gesamtumweltbelastungen der betrachteten Ländern erzielt werden können, sind zwar prozentual relativ gering, dennoch kann das one-click-down-Szenario als sehr einfache und auch noch Kosten sparende Variante einen bemerkenswerten absoluten Beitrag leisten. Zumindest in Deutschland könnte das Treibhauspotenzial eingespart werden, das einer Stadt mit etwa 100.000 Einwohnern entspricht.

Auch bei den Kosten könnten 37 % der Stromkosten bzw. knapp 9 % der gesamten Kosten fürs Wäschewaschen eingespart werden. Bei gleicher Waschleistung stellt die Wahl niedrigerer Waschttemperaturen eine einfache Möglichkeit dar, Kosten zu reduzieren, ohne Nutzeneinbußen oder einen größeren Aufwand hinnehmen zu müssen.

Empfehlungen:

Insgesamt kann die Wahl niedrigerer Waschttemperaturen durch private Haushalte gemäß one-click-down-Szenario unter Umweltgesichtspunkten empfohlen werden. Dabei muss allerdings auch bei niedrigen Waschttemperaturen eine gute Waschleistung gewährleistet sein, da ansonsten Wäschestücke ggf. erneut gewaschen werden, was die Umweltauswirkungen wiederum erhöhen würde.

Neben der verstärkten Nutzung niedrigerer Waschttemperaturen (entsprechend des one-click-down-Szenarios) sollten private Haushalte beim Waschmaschinenkauf darauf achten, ob die Waschmaschine über ein 20°C-Waschprogramm für Normalwäsche verfügt.

Weitere Einsparmöglichkeiten liegen in einer optimierten Beladung der Waschmaschine. Neben der besseren mechanischen Waschleistung voll beladener Waschmaschinen lässt sich hierdurch der (spezifische) Strom- und Wasserverbrauch verringern. Da auch der Wasserverbrauch verringert wird, werden auch die Kosten stärker reduziert (der Anteil der Wasserkosten an den Gesamtkosten fürs Wäschewaschen liegt bei etwa 45 %) (vgl. Rüdener u. Gießhammer 2004). Außerdem sollte auf die korrekte Dosierung (entsprechend Verschmutzungsgrad der Wäsche und Wasserhärte) geachtet werden, um bei möglichst geringer Umweltbelastung optimale Waschergebnisse¹⁴ zu erhalten.

¹⁴ Sowohl zu niedrige, als auch zu hohe Dosierung verschlechtert das Waschergebnis.

In allen Ländern, insbesondere in der Schweiz¹⁵, hat neben der Strom- insbesondere die Waschmittelbereitstellung bzw. die aus den Waschmittelinhaltsstoffen resultierende Abwasserbelastung einen erheblichen Anteil an den Umweltauswirkungen des Wäschewaschens. Neben den (wie oben erläutert) relevanten und wichtigen Stromeinsparpotenzialen, rücken damit auch wieder stärker Verbesserungspotenziale bei den Waschmitteln in den Fokus. Beispielsweise konnten in der vorliegenden Studie Unterschiede bei den Umweltauswirkungen zwischen den Waschmittelkonzepten festgestellt werden. So schneiden z.B. Kompaktwaschmittel in den meisten Wirkungskategorien besser ab als die entsprechende reguläre Variante. Dieser Vergleich wurde jedoch nicht detailliert durchgeführt, da die Wahl niedrigerer Waschttemperaturen im Fokus stand. Eine genauere Analyse und Diskussion von ökologischen Verbesserungspotenzialen der Waschmittelkonzepte, aber auch von Unterschieden zwischen den Konzepten erscheint den AutorInnen durchaus sinnvoll. Mit Hilfe der vorliegenden Datenbasis wurde hierzu eine erste Grundlage gelegt.

Um schließlich eine vollständige Umsetzung des one-click-down-Prinzips zu ermöglichen, sollten Hersteller von Waschmaschinen verstärkt Waschmaschinen anbieten, die über ein 20°C-Programm für Normalwäsche (Koch-/Buntwäsche, Baumwolle o.ä.) verfügen.

¹⁵ durch die geringeren Umweltauswirkungen der Strombereitstellung pro kWh

1 Ziel und Untersuchungsrahmen

1.1 Hintergrund der Studie

Die Waschleistung von Waschmitteln bei niedrigen Temperaturen konnte in den letzten Jahren bis Jahrzehnten z. B. durch den Einsatz von Enzymen immer weiter verbessert werden. Erreichten Waschmittel bisher vor allem bei 30°C bis 95°C zufrieden stellende Waschleistungen, so sind laut Herstellerangaben bei Produkten der Marke *Ariel®* seit mehreren Monaten alle Inhaltsstoffe bereits bei Waschttemperaturen ab 20°C aktiv.

Der Auftraggeber (Procter & Gamble Service GmbH) plant, die Möglichkeit, generell bei niedrigeren Waschttemperaturen zufrieden stellende Waschergebnisse zu erhalten und speziell bereits ab 20°C waschen zu können, bei verschiedenen Produkten in Deutschland, Österreich und Schweiz ab Juli 2006 zu bewerben und auf den Verpackungen unter anderem über den Zusatz „kalt-aktiv“ auszuweisen (z.B. „Ariel kalt-aktiv color&style“). Die Produktgruppen, die mit diesem Zusatz ausgezeichnet werden¹⁶, repräsentieren die in den drei Ländern mengenmäßig und wirtschaftlich wichtigsten Produkte.

Der wesentliche Vorteil, der aus niedrigeren Waschttemperaturen resultiert, ist die damit verbundene Reduktion des Stromverbrauchs im Haushalt und der damit verbundenen Umweltauswirkungen und Kosten.¹⁷ Da Procter & Gamble diese Einsparpotenziale in der Bewerbung ihrer „kalt-aktiv“-Produkte und im Rahmen einer Kampagne zum Thema „Energiesparen im Haushalt“ einsetzen möchte, wurde das Öko-Institut, als unabhängiges Forschungsinstitut, von der Procter & Gamble Service GmbH beauftragt, diese Einsparpotenziale im Rahmen der vorliegenden Studie zu quantifizieren.

Die Studie soll alle Waschmittel, die als „kalt-aktiv“ beworben werden, und die drei Zielländer Deutschland, Österreich und die Schweiz umfassen.

1.2 Ziel der Studie und Zielgruppe

Zentraler Gegenstand der Studie ist der Vergleich des Stromverbrauchs des Wäschewaschens in privaten Haushalten bei Wahl durchschnittlicher Waschttemperaturen mit dem Stromverbrauch bei Wahl niedrigerer Waschttemperaturen, und die Bestimmung der damit verbundenen ökologischen und finanziellen Einsparpotenziale. Die folgende Studie soll in

¹⁶ Reguläre, kompakte und flüssige Voll- und Colorwaschmittel.

¹⁷ Da der größte Teil der Stromverbrauchs beim Waschprozess für die Aufheizung der Waschlauge benötigt wird.

Übereinstimmung mit den Normen ISO 14040 bis ISO 14043 erfolgen. Die bezieht sich vor allem auf die *ökologischen* Einsparpotenziale, da die Normenserie nur die Durchführung von Ökobilanzen regelt.

Im Einzelnen werden mit der Studie folgende Ziele verfolgt:

1. Die Bestimmung der durchschnittlichen Stromeinsparpotenziale pro Waschgang durch die Nutzung niedrigerer Waschttemperaturen.
Hierfür muss der Stromverbrauch von Waschmaschinen im Bestand bei verschiedenen Waschttemperaturen abgeschätzt werden.
2. Die Bestimmung der jährlichen durchschnittlichen Stromverbrauchswerte je Haushalt durch das Wäschewaschen in Deutschland, Österreich und der Schweiz sowie der Einsparpotenziale durch Umsetzung einer Verringerung der Waschttemperaturen.
Hierfür muss die Möglichkeit mit niedrigeren Waschttemperaturen zu waschen abgeschätzt und quantifiziert werden (anhand verschiedener Kriterien wie Eignung der Waschmittel, Gewährleistung der Waschleistung, Hygieneaspekte und Vorhandensein entsprechender Waschprogramme).
3. Die Bestimmung der entsprechenden Verbrauchs- und Einsparpotenziale auf nationaler Ebene (durch Skalierung auf die Summe aller Haushalte je Land).
4. Bestimmung des Ressourcenverbrauchs und der Umweltwirkungen sowie der Kosten des Wäschewaschens in privaten Haushalten, sowie deren potenzielle Reduktion infolge der Umsetzung einer Verringerung der Waschttemperaturen.
Hierfür müssen die Strom-, Wasser- und Waschmittelverbrauchswerte mit den entsprechenden Vorketten (zur Bereitstellung) verknüpft werden und die Abwasserbelastung durch die Waschmittelinhaltsstoffe modelliert werden.
5. Die Bestimmung der entsprechenden Einsparpotenziale auf nationaler Ebene (durch Skalierung auf die Summe aller Haushalte je Land).
6. Aus den gewonnenen Erkenntnissen sollen Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

Der Auftraggeber plant, die Ergebnisse zu Marketingzwecken für reguläre, superkompakte und flüssigkonzentrierte Voll- und Colorwaschmittel der Marke Ariel in Deutschland, Österreich und der Schweiz, sowie im Rahmen einer Kampagne zum Thema „Energiesparen im Haushalt“ einzusetzen. Die Auswahl der Produkte erfolgte durch den Auftraggeber unter Berücksichtigung der mengenmäßigen Marktanteile der verschiedenen Waschmittelprodukte und Angebotsformen (vgl. Tabelle 1 im vertraulichen Anhang). Die Auswahl der Länder folgt dem Zuständigkeitsbereich der Procter & Gamble Service GmbH für die Länder Deutschland, Österreich und Schweiz.

Die Untersuchungen werden daher für diese Produktgruppen (im Folgenden als „Waschmittelkonzepte“ bezeichnet) und Länder durchgeführt.

1.3 Vorgehen

Ausgangspunkt der vorliegenden Studie sind zum einen die durchschnittlich genutzten Waschttemperaturen in Deutschland, Österreich und der Schweiz und die These, dass mit den heute auf dem Markt erhältlichen Waschmitteln prinzipiell eine Reduktion der genutzten Waschttemperaturen möglich ist.

Anhand verschiedener Kriterien (Eignung der Waschmittel und Waschleistung, Vorhandensein von entsprechenden Waschprogrammen, Hygieneaspekte) werden daher zunächst die beiden zu untersuchenden **Alternativen** (Nutzung durchschnittlicher Waschttemperaturen vs. Nutzung niedrigerer Waschttemperaturen) **abgeleitet und definiert**, deren Stromverbrauch, Umweltauswirkungen und Kosten verglichen werden sollen (vgl. Kapitel 2).

Anschließend wird der **Stromverbrauch pro Waschgang** von Waschmaschinen im Bestand in Deutschland, Österreich und der Schweiz bei verschiedenen Waschttemperaturen abgeschätzt (vgl. Kapitel 3.1). Die Verbrauchswerte werden aus verfügbaren Daten abgeleitet und dienen der Bestimmung der jährlichen durchschnittlichen Stromverbrauchswerte **je Haushalt** sowie der Einsparpotenziale durch Umsetzung der Alternative mit niedrigeren Waschttemperaturen. Die Verbrauchswerte und Einsparpotenziale werden anschließend mit Hilfe statistischer Daten (vgl. Tab. 72 im Anhang) auf die **nationale Ebene** (für Deutschland, Österreich und die Schweiz) hochgerechnet.

Mit Hilfe des Stromverbrauchs, der Waschtemperatur und des Wasser- und Waschmittelverbrauchs pro Waschgang werden die **Umweltauswirkungen** des Wäschewaschens eines durchschnittlichen privaten Haushalts sowie deren potenzielle Reduktion durch die Nutzung niedrigerer Waschttemperaturen bilanziert.

Dieser Vergleich wird, wie in Kapitel 1.2 erläutert, für die drei Länder Deutschland, Österreich und Schweiz sowie am Beispiel der folgenden Waschmittel durchgeführt¹⁸:

- „Ariel kalt-aktiv“ (Vollwaschmittel) in den Produktformen *Regulärpulver*, *Kompaktpulver* und *Flüssigwaschmittel*, sowie
- „Ariel color&style kalt-aktiv“ (Colorwaschmittel) in den Produktformen *Regulärpulver*, *Kompaktpulver* und *Flüssigwaschmittel*.

Der Vergleich zwischen durchschnittlicher und niedrigerer Waschtemperaturwahl wird also für insgesamt 18 Varianten durchgeführt (jeweils sechs Waschmittel in den betrachteten drei Ländern).

Die ökologischen Einsparpotenziale eines durchschnittlichen Haushalts durch Waschen bei niedrigeren Waschttemperaturen (Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial, Eutrophie-

¹⁸ Eine kurze Beschreibung der Waschmittelkonzepte findet sich in Kapitel 1.4.

zungspotenzial, photochemisches Oxidantienbildungspotenzial) werden anschließend mit Hilfe statistischer Daten (vgl. Tab. 72 im Anhang) auf die **nationale Ebene** hochgerechnet und mit nationalen Indikatorwerten in Beziehung gesetzt.

Zuletzt werden, ebenfalls mit Hilfe des Stromverbrauchs, des Wasser- und des Waschmittelverbrauchs die **Kosten des Wäschewaschens** in privaten Haushalten sowie deren potenzielle Reduktion infolge der Umsetzung einer Verringerung der Waschttemperaturen (vgl. Kapitel 5) berechnet.

1.4 Kurzbeschreibung der betrachteten Waschmittelkonzepte

Waschmittel lassen sich in vier große Produktgruppen einteilen: Vollwaschmittel, Colorwaschmittel, Feinwaschmittel und Spezialwaschmittel. Die Produktgruppen werden in unterschiedlichen Angebotsformen mit verschiedenen Leistungsschwerpunkten angeboten (vgl. Tab. 7). Die Voll- und Colorwaschmittel sind mengenmäßig und wirtschaftlich die weitaus relevantesten Produktgruppen (Wagner 2005).

Vollwaschmittel werden auch Universalwaschmittel genannt. Sie enthalten neben den Tensiden (dem zentralen Inhaltsstoff aller Waschmittel) noch Gerüststoffe (Enthärter), Enzyme, Bleichmittel (nicht bei den flüssigen Vollwaschmitteln), optische Aufheller und Polymere mit speziellen Aufgaben (P&G 2006). *Colorwaschmittel* sind speziell für farbige Textilien geeignet, da sie keine Bleichmittel und optischen Aufheller enthalten und über spezielle Verfärbungsinhibitoren verfügen. *Feinwaschmittel* enthalten ebenso wie die Colorwaschmittel keine Bleichmittel und optischen Aufheller. Sie reinigen besonders schonend, da sie weniger alkalisch sind. Allerdings ist dadurch auch ihre Reinigungsleistung etwas geringer. *Spezialwaschmittel* sind durch die An- oder Abwesenheit verschiedener Inhaltsstoffe oder durch ihre Konsistenz für eine Reihe verschiedener Anwendungen und Textilien konzipiert (für die Reise, für Wolle, Seide oder Gardinen etc.) oder haben einen speziellen Zusatznutzen (parfümfreie Waschmittel, Bügelerleichterungswaschmittel, etc.).

Tab. 7 Klassifizierung der Wasch- und Waschhilfsmittel (nach Wagner 2005: 65 ff.)

Produktgruppe	Angebotsformen
Vollwaschmittel	Pulver (herkömmlich („regulär“) und kompakt), Flüssigkeit, Gel, Tabs, Flüssig-Tabs, Baukastensysteme
Colorwaschmittel	Pulver (herkömmlich („regulär“) und kompakt), Flüssigkeit, Gel, Tabs, Flüssig-Tabs
Feinwaschmittel	Pulver, Flüssigkeit, Flüssig-Tabs
Spezialwaschmittel z.B. Woll- und Gardinenwaschmittel, Waschmittel für Handwäsche und Reise oder mit Zusatznutzen.	Pulver, Flüssigkeit, Flüssig-Tabs, Paste

Von den Angebotsformen her sind in Deutschland, Österreich und der Schweiz die herkömmlichen (in der vorliegenden Studie mit „regulär“ bezeichneten) und die kompakten pulverförmigen Waschmittel mit einem volumenbezogenen Marktanteil von 50 bis 70 % am bedeutendsten (vgl. Tab. 1 im vertraulichen Anhang). Erste Kompaktwaschmittel kamen Ende der 1980er Jahre auf den europäischen Markt. Diese wurden ab Mitte der 1990er Jahre von den so genannten Superkompaktwaschmitteln (auch: „Kompaktwaschmittel der zweiten Generation“) nahezu vollständig abgelöst. Die Kompaktwaschmittel, die man derzeit im Handel findet, sind fast ausschließlich Superkompaktwaschmittel. (Super-)Kompaktwaschmittel haben eine höhere Schüttdichte und einen erhöhten Anteil an Tensiden, Bleichmitteln, Bleichmittelaktivatoren und Enzymen als herkömmliche/reguläre pulverförmige Waschmittel. Hingegen ist der Anteil an Gerüststoffen verringert und auf Natriumsulfat als Füllstoff wird nahezu vollständig verzichtet (Smulders 2002). Bei gleicher Wirksamkeit ist die Dosierung daher geringer als die von herkömmlichen/regulären Pulverwaschmitteln (derzeit 95 g (herkömmlich) und 75 g (kompakt)).

1.5 Funktionelle Einheit und Nutzen des untersuchten Systems

Die durch das untersuchte System zu erfüllende Funktion ist das Waschen einer bestimmten Anzahl an Waschgängen mittels einer handelsüblichen Waschmaschine in privaten Haushalten. Als funktionelle Einheit wird die jährliche Anzahl an gewaschenen Waschgängen in einem durchschnittlichen privaten Haushalt¹⁹ festgelegt (164 Waschgänge pro Jahr, vgl. Kapitel 1.6).

¹⁹ Unter „durchschnittlichem“ Haushalt wird ein „statistischer Durchschnittshaushalt“ verstanden: dieser ergibt sich durch eine Top-down-Berechnung aus Gesamteinwohnerzahl geteilt durch Gesamthaushaltszahl.

Es werden keine Untersuchungen bezüglich der Waschperformance bei durchschnittlichen bzw. niedrigen Waschttemperaturen durchgeführt, die Äquivalenz des erreichten primären und sekundären Waschergebnisses²⁰ bei allen betrachteten Alternativen wird als gegeben vorausgesetzt. Hierbei beziehen wir uns auf Aussagen des Auftraggebers der Studie, der für alle eingesetzten Waschmittelkomponenten (Tenside, Gerüststoffe, Enzyme, Bleichmittel, optische Aufheller und Polymere) eine Wirksamkeit ab 20°C Waschttemperatur garantiert (P&G 2006). Diese Eigenschaften gelten bereits seit einiger Zeit und sollen ab Juli 2006 konkret beworben und in der Produktkennzeichnung benannt werden („Ariel kalt-aktiv“). Darüber hinaus wird auch nicht davon ausgegangen, dass alle Wäsche in Zukunft bei 20°C oder 30°C gewaschen werden kann oder soll.

1.6 Untersuchte Alternativen

In der vorliegenden Studie sollen zwei grundsätzliche Alternativen untersucht und verglichen werden: „Waschen bei durchschnittlichen Waschttemperaturen“ und „Waschen bei niedrigeren Waschttemperaturen“. Diese beiden Alternativen unterscheiden sich ausschließlich hinsichtlich der Wahl der genutzten Waschttemperaturen durch private Haushalte.

Die durchschnittliche Nutzung verschiedener Waschttemperaturen wurde mit Hilfe von Daten für Deutschland, Österreich und der Schweiz angenommen (vgl. TNS 2001). Die Spezifizierung der Alternative „Niedrigere Waschttemperaturen“ hängt von verschiedenen Rahmenbedingungen ab (z.B. Waschmittel, Verschmutzungsgrad der Wäsche, Hygieneaspekte) und wurde daher erst im Verlauf der Studie durchgeführt. Die Ableitung wird in Kapitel 2 dokumentiert, das Ergebnis wird bereits an dieser Stelle wiedergegeben.

Folgende Alternativen werden untersucht:

1. *Durchschnitt:*

Zum Wäschewaschen werden Waschttemperaturen genutzt, die den durchschnittlich genutzten Waschttemperaturen in Deutschland, Österreich bzw. der Schweiz entsprechen.

2. *one-click-down-Szenario:*

Hier wird die Wäsche jeweils bei einer um eine Stufe reduzierten Temperatur gewaschen, wobei dieses Prinzip in der Realität aufgrund waschmaschinenseitiger Einschränkungen nicht vollständig umgesetzt werden kann.

²⁰ Das primäre Waschergebnis bezieht sich auf die Schmutzentfernung, das sekundäre Waschergebnis auf den Werterhalt des Textils (Messung des Gewichts, der Reißfestigkeit, etc. vor und nach 50 Waschgängen).

Darüber hinaus stellte sich bei der Ableitung des one-click-down-Szenarios heraus, dass es sinnvoll ist, eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen, die das Stromeinsparpotenzial durch *vollständige* Umsetzung des „one-click-down-Prinzips“ untersucht.

Die beiden Alternativen und die Sensitivitätsanalysen werden in den folgenden Kapiteln näher beschrieben.

1.6.1 Durchschnittliches Waschverhalten

Trotz sinkender Haushaltsgröße hat die **Wäschemenge**, die jährlich pro Haushalt anfällt, in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich zugenommen. Jährlich werden in Deutschland rund 21,3 Millionen Tonnen Wäsche gewaschen (Wagner 2005). Dies sind rund 544 kg pro Haushalt und Jahr.²¹ Insgesamt werden in einem durchschnittlichen privaten Haushalt in Deutschland 164 **Waschgänge** pro Jahr gewaschen (GfK 2001). Dies entspricht einer durchschnittlichen **Beladung** pro Waschgang von rund 3,3 kg.

Daten zur jährlich anfallenden Wäschemenge und zur Anzahl an Waschgängen pro Jahr für die Schweiz liegen nicht vor (vgl. Faist 2006, Nipkow 2006). Faist und Frischknecht (2005) gehen von 300 Waschgängen pro Jahr pro Waschautomat aus. Hier ist allerdings die spezifische Situation in der Schweiz zu beachten: in der Schweiz werden viele Waschmaschinen und Wäschetrockner gemeinschaftlich genutzt. So beträgt die Ausstattung an Waschmaschinen in der Schweiz lediglich 44 – 50 % (berechnet aus Brunner et al. (2001) und BFS (2006), Abschätzung Nipkow (2006)). Es ist daher anzunehmen, dass pro Haushalt die Anzahl an Waschgängen ähnlich der Anzahl eines deutschen Haushalts ist.

Für Österreich liegen ebenfalls keine Zahlen vor. Auch hier wird die gleiche Anzahl an Waschgängen pro Haushalt wie in einem deutschen Haushalt angenommen.

Daten zur **Nutzung unterschiedlicher Waschttemperaturen** liegen für alle drei Länder vor. Allerdings wird bei diesen Daten nicht nach Waschprogrammen differenziert, d.h. der Anteil von Spezialprogrammen (z.B. Pflegeleicht, Wolle, Seide, etc.) wird nicht ausgewiesen. Tendenziell werden zunehmend Pflegeleicht-Textilien verkauft (z.B. pflegeleicht ausgerüstete Baumwolle, Kunstfasertextilien, Mischgewebe, Textilien mit Elasthananteil etc.) und damit werden verstärkt Sonderprogramme genutzt, bei denen meist nur die halbe Beladung der Waschmaschine empfohlen wird. Bei etwa gleichem Wasser- und Stromverbrauch pro

²¹ Bei 39,122 Millionen Haushalten in Deutschland in 2004 (Stat. BA 2006 c)

Waschgang wie bei Normalwaschprogrammen²² wird so pro kg Wäsche etwa doppelt so viel Wasser und Strom verbraucht. Die Anzahl an Waschgängen wird sich damit in Zukunft voraussichtlich erhöhen. Auch die durchschnittliche Beladung von nur rund 3,3 kg (bei einer maximalen Beladung von in der Regel 5 kg oder 6 kg) spricht dafür, dass ein Teil der Wäsche in solchen Programmen gewaschen wird (da hier meist eine niedrigere Beladung empfohlen wird), ein anderer Teil der Wäsche darüber hinaus in nicht optimal beladenen Normalwaschprogrammen.

In der vorliegenden Studie wird vereinfachend davon ausgegangen, dass alle 164 Waschgänge pro Jahr in Normalwaschprogrammen unterschiedlicher Waschttemperaturen in Waschmaschinen mit einer maximalen Beladung von 5 kg (mit den entsprechenden Strom- und Wasserverbrauchswerten) gewaschen werden. Auch bezüglich der Minderbeladung von Normalwaschprogrammen wird keine Differenzierung vorgenommen. Diese Vereinfachungen werden im Hinblick auf die zu erwartenden Ergebnisse als akzeptabel eingeschätzt und in Kapitel 1.6.3 entsprechend begründet.

Tab. 8 gibt einen Überblick über die **durchschnittliche Temperaturverteilung** der Waschgänge (TNS 2001, auf 100 % korrigiert) und die Anzahl an Waschgängen je Waschttemperatur (berechnet mit insgesamt 164 Waschgängen p.a. nach GfK 2001) für die drei betrachteten Länder.

Tab. 8 Durchschnittliche Nutzung verschiedener Waschttemperaturen in Deutschland, Österreich und Schweiz (nach TNS 2001 und GfK 2001) (prozentual und in Waschgängen p.a.)

	Deutschland	Österreich	Schweiz
Prozentuale Nutzung (korrigiert auf 100%)			
90°C/95°C	10,1 %	9,1 %	7,0 %
60°C	30,3 %	31,3 %	33,0 %
40°C	37,4 %	42,4 %	44,0 %
30°C	19,2 %	15,2 %	14,0 %
20°C	3,0 %	2,0 %	2,0 %
<i>Summe</i>	<i>100 %</i>	<i>100 %</i>	<i>100 %</i>

²² Unter „Normalwaschprogrammen“ werden diejenigen Programme der Waschmaschinen verstanden, bei denen eine volle Beladung möglich ist und die mit z.B. „Koch-/ Buntwäsche“ oder „Baumwolle“ bezeichnet sind. Die Normalwaschprogramme werden damit in Abgrenzung zu so genannten Sonderprogrammen (z.B. Pflegeleicht, Wolle, Seide, etc.) definiert, die meist mit einer geringeren empfohlenen Beladung und einem besonders schonenden Waschverfahren einhergehen.

Anzahl Waschgänge (pro Jahr)²³			
90°C/95°C	16,6	14,9	11,5
60°C	49,7	51,4	54,1
40°C	61,3	69,6	72,2
30°C	31,5	24,8	23,0
20°C	5,0	3,3	3,3
<i>Summe</i>	<i>164,0</i>	<i>164,0</i>	<i>164,0</i>

Die Werte beziehen sich auf das Jahr 2001. Die Unterschiede bei der Wahl der Waschttemperaturen zwischen den Ländern werden in der TNS 2001 nicht näher begründet. Für Deutschland liegen auch neuere Daten vor (z.B. IKW 2005), allerdings wurde aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit für alle drei Länder dasselbe Bezugsjahr gewählt. Die AutorInnen halten die Nutzung der vorliegenden Daten für gerechtfertigt.

1.6.2 Niedrigere Waschttemperaturen (one-click-down-Szenario)

Für die Alternative „one-click-down“ wird angenommen, dass anstatt durchschnittlicher Waschttemperaturen bei jedem Waschgang eine Waschttemperatur gewählt wird, die um eine Stufe unter der bisher gewählten liegt. Das heißt, bisher bei 90°C/95°C gewaschene Wäsche wird zukünftig bei 60°C gewaschen, bisher bei 60°C gewaschene Wäsche zukünftig bei 40°C und bisher bei 40°C gewaschene Wäsche zukünftig bei 30°C. Bisher bei 30°C gewaschene Wäsche wird allerdings weiterhin bei 30°C und nicht bei 20°C gewaschen²⁴. Ebenso wird Wäsche, die bisher bei Temperaturen unter 30°C gewaschen wurde, auch weiterhin bei dieser Temperatur gewaschen.

Die Ableitung dieser Annahmen wird in Kapitel 2 näher erläutert.

Damit ergeben sich folgende Werte für die Waschttemperaturverteilung und die Anzahl an Waschgängen je Waschttemperatur:

²³ Gerundete Zahlen, bei der Summenbildung wurde mit den Originalwerten gerechnet.

²⁴ Da es schwer einzuschätzen ist, in wie fern zum derzeitigen Zeitpunkt insbesondere waschmaschinenseitig die Möglichkeit gegeben ist, Normalwäsche (Koch-/Buntwäsche) bei 20°C zu waschen (vgl. Kapitel 2).

Tab. 9 Nutzung verschiedener Waschttemperaturen in Deutschland, Österreich und Schweiz bei der Alternative „one-click-down“ (prozentual und in Waschgängen p.a.)

	Deutschland	Österreich	Schweiz
Prozentuale Nutzung			
90°C/95°C	0,0%	0,0%	0,0%
60°C	10,1%	9,1%	7,0%
40°C	30,3%	31,3%	33,0%
30°C	56,6%	57,6%	58,0%
20°C	3,0%	2,0%	2,0%
Summe	100,0%	100,0%	100,0%
Anzahl Waschgänge (pro Jahr)²⁵			
90°C/95°C	0,0	0,0	0,0
60°C	16,6	14,9	11,5
40°C	49,7	51,4	54,1
30°C	68,0	74,9	77,0
20°C	29,8	22,9	21,4
Summe	164,0	164,0	164,0

1.6.3 Vereinfachungen bzgl. der Waschmaschinennutzung

Bei der Definition der durchschnittlichen aber auch der niedrigeren Waschttemperaturen wurden verschiedene Vereinfachungen bzgl. des Nutzerverhaltens und der daraus resultierenden potenziellen Unterschiede beim Strom- und Wasserverbrauch der Waschmaschinen getroffen.

Vereinfachend wird davon ausgegangen, dass alle 164 Waschgänge pro Jahr in Normalwaschprogrammen unterschiedlicher Waschttemperaturen in Waschmaschinen mit einer maximalen Beladung von 5 kg (mit den entsprechenden Strom- und Wasserverbrauchswerten) gewaschen werden. Auch die potenzielle Minderbeladung von Normalwaschprogrammen wird nicht berücksichtigt.

Insgesamt werden verschiedene Vereinfachungen getroffen, die jedoch am Gesamtverbrauch an Strom und Wasser und an der Gesamtaussage bezüglich der Einsparpotenziale zu keinen (wesentlichen) Änderungen führen. Die Berücksichtigung der genannten

²⁵ Gerundete Zahlen, bei der Summenbildung wurde mit den Originalwerten gerechnet.

Aspekte würde u. E. letztlich eher zu einer schwierigeren Kommunikation der Berechnungen und Ergebnisse führen als mit diesen Vereinfachungen.

Begründung der Vernachlässigung der Nutzung von Sonderprogrammen:

Unabhängig von der Wäschezusammensetzung wird von einer festen Anzahl von 164 Waschgängen im Jahr ausgegangen. Selbst unter der Annahme, dass ein bestimmter Prozentsatz der Waschgänge (vorrangig bei Waschttemperaturen von 30°C oder 40°C) in Sonderprogrammen gewaschen wird, würden nur geringe Änderungen beim Strom- bzw. Wasserverbrauch resultieren, der für diese Waschgänge benötigt wird. Beispielsweise verbraucht der Miele Waschautomat W 3985 WPS im Programm „Baumwolle 40°C“ 0,65 kWh Strom und 55 Liter Wasser. Im Programm „Pflegeleicht 40°C“ verbraucht er 0,50 kWh Strom und ebenfalls 55 Liter Wasser. Der AEG Lavamat 54600 verbraucht im Programm „Kochwäsche/Buntwäsche 40°C“ 0,55 kWh Strom und 52 Liter Wasser, im Programm „Pflegeleicht 40°C“ 0,50 kWh Strom und 54 Liter Wasser. Der Stromverbrauch ist im Pflegeleichtprogramm bei diesen beiden Beispielen also etwas niedriger als im Normalprogramm, der Wasserverbrauch gleich oder etwas höher (vgl. Tab. 10). Der absolute Stromverbrauch wird also durch die Vereinfachung etwas zu hoch eingeschätzt, die (relativen) Einsparpotenziale durch niedrigere Waschttemperaturen sind jedoch davon nicht betroffen.

Tab. 10 Strom- und Wasserverbrauchswerte verschiedener Waschautomaten in verschiedenen Programmen pro Waschgang (Miele 2006, AEG 2006)

	Stromverbrauch	Wasserverbrauch
	(pro Waschgang)	(pro Waschgang)
Miele W 3985 WPS (maximale Beladung: 6 kg)		
Programm „Baumwolle 40°C“	0,65 kWh	55 Liter
Programm „Pflegeleicht 40°C“	0,50 kWh	55 Liter
AEG Lavamat 54600 (maximale Beladung: 5 kg)		
Programm „Kochwäsche/Buntwäsche 40°C“	0,55 kWh	52 Liter
Programm „Pflegeleicht 40°C“	0,50 kWh	54 Liter

Zu beachten ist, dass die empfohlene Beladung im Pflegeleichtprogramm nur halb so hoch ist wie die im Normalprogramm. *Pro kg gewaschener Wäsche* resultieren daraus durchaus höhere (zum Teil doppelt so hohe!) Strom- und Wasserverbrauchswerte (bei jeweils optimaler Beladung), wie Tab. 11 illustriert.

Tab. 11 Strom- und Wasserverbrauchswerte verschiedener Waschautomaten in verschiedenen Programmen pro kg Wäsche (Miele 2006, AEG 2006)

	Empfohlene Beladung	Stromverbrauch	Wasserverbrauch
		(pro kg Wäsche)	(pro kg Wäsche)
Miele W 3985 WPS			
Programm „Baumwolle 40°C“	6 kg	0,108 kWh	9,17 Liter
Programm „Pflegerleicht 40°C“	3 kg	0,167 kWh	18,33 Liter
AEG Lavamat 54600			
Programm „Kochwäsche/Buntwäsche 40°C“	5 kg	0,11 kWh	10,4 Liter
Programm „Pflegerleicht 40°C“	2,5 kg	0,20 kWh	21,6 Liter

Begründung der Vernachlässigung der nicht optimalen Beladung der Waschmaschinen:

Die durchschnittliche Beladung von Waschmaschinen ist insbesondere bei kleineren Haushalten meist niedriger als die empfohlene. Bei einem Durchschnittshaushalt errechnet sich eine durchschnittliche Beladung von rund 3,3 kg²⁶ (bei einer maximalen Beladung von in der Regel 5 kg oder 6 kg). Die Minderbeladung kann durch die Nutzung so genannter Sonderprogramme oder die nicht-optimale Beladung von Normalwaschprogrammen begründet werden. Bei Sonderprogrammen ergeben sich nur geringe Änderungen beim Strom- und Wasserverbrauch pro Waschgang. Die Frage, ob der Strom- und Wasserverbrauch bei nicht optimaler Beladung von Normalwaschprogrammen bei Waschmaschinen reduziert wird, kann nicht eindeutig beantwortet werden.

Waschmaschinen verfügen zum Teil über eine so genannte Mengenautomatik, die den Strom- und Wasserverbrauch bei Minderbeladung etwas reduziert, allerdings nicht proportional zur Minderbeladung. Solche Mengenautomatiken wurden zwar schon Mitte der 1980er Jahre bei ersten Waschmaschinen eingeführt, allerdings mit nur geringer Reduktion der Verbrauchswerte bei Minderbeladung. Heutzutage sind zwar Maschinen mit teilweise sehr effizienter Mengenautomatik erhältlich, allerdings noch immer auch Maschinen mit nur geringer Reduktion der Verbrauchswerte. Sowohl die Minderbeladung als auch die durchschnittliche prozentuale Reduktion des Strom- und Wasserverbrauchs bei Waschmaschinen im Bestand, kann, wenn überhaupt, nur mit extrem hohem Aufwand abgeschätzt werden und wäre darüber hinaus mit einer hohen Unsicherheit behaftet. Auf diese Quantifizierung wird daher verzichtet und es wird vereinfachend eine optimale Beladung (mit den entsprechenden

²⁶ Aus der jährlichen Wäschemenge (544 kg p.a.) und der jährlichen Anzahl an Waschgängen (164 p.a.).

Strom- und Wasserverbrauchswerten) angenommen. Damit wird der absolute Strom- und Wasserverbrauch geringfügig überschätzt, die (relativen) Einsparpotenziale durch niedrigere Waschttemperaturen sind jedoch davon nicht betroffen.

Begründung des zunehmenden Angebots an großen Waschmaschinen:

Seit einigen Jahren werden vermehrt Waschmaschinen mit einer maximalen Füllmenge von 6 kg oder mehr angeboten. Diese Waschmaschinen haben höhere Strom- und Wasserverbrauchswerte pro Waschgang als 5 kg-Waschmaschinen. Die spezifischen Verbrauchswerte (d.h. pro kg Wäsche) sind allerdings gleich oder geringfügig niedriger.

Das Vorhandensein solcher großer Waschmaschinen wird vernachlässigt, da hier zum einen kein Effekt auf die relativen Einsparungen bei Reduktion der Waschttemperatur abzusehen ist, da die Verbrauchswerte pro kg Wäsche bei 5 kg- und 6 kg-Maschinen fast gleich sind. Die Auswirkungen der Nutzung großer Waschmaschinen auf die jährlichen Verbrauchswerte pro Haushalt sind darüber hinaus nicht eindeutig. Wenn man annimmt, dass mit größeren Waschmaschinen auch seltener gewaschen wird²⁷, resultieren keine Änderungen im jährlichen Stromverbrauch. Wenn angenommen wird, dass genauso häufig gewaschen wird wie mit 5 kg-Maschinen²⁸, dann ist der berechnete Strom- und Wasserverbrauch etwas zu niedrig (wobei die relativen Einsparpotenziale auch hiervon nicht betroffen sind).

1.6.4 Sensitivitätsanalyse: Vollständige Umsetzung des „one-click-down-Prinzips“

In der Sensitivitätsanalyse soll das Stromeinsparpotenzial eines privaten Haushaltes untersucht werden, der eine Waschmaschine besitzt, die über ein 20°C-Waschprogramm verfügt. Insbesondere neuere Waschmaschinen verfügen über diese Möglichkeit. Die Sensitivitätsanalyse wird nur für das Waschmittelkonzept *Ariel kalt-aktiv regulär* durchgeführt.

Folgende Tabelle zeigt die Waschtemperaturverteilung und die Anzahl an Waschgängen je Waschttemperatur bei vollständiger Umsetzung des „one-click-down-Prinzips“.

²⁷ Da ja mehr Wäsche in die Maschine passt und dadurch seltener gewaschen werden muss.

²⁸ Da die Waschgewohnheiten so fest sind, dass eben immer „Montags zwei Waschladungen gewaschen werden“

Tab. 12 Nutzung verschiedener Waschttemperaturen in Deutschland, Österreich und Schweiz bei der Sensitivitätsanalyse zur vollständigen Umsetzung des „one-click-down-Prinzips“ (prozentual und in Waschgängen p.a.)

	Deutschland	Österreich	Schweiz
Prozentuale Nutzung			
90°C/95°C	0,0%	0,0%	0,0%
60°C	10,1%	9,1%	7,0%
40°C	30,3%	31,3%	33,0%
30°C	37,4%	42,4%	44,0%
20°C	22,2%	17,2%	16,0%
Summe	100,0%	100,0%	100,0%
Anzahl Waschgängen (pro Jahr)²⁹			
90°C/95°C	0,0	0,0	0,0
60°C	16,6	14,9	11,5
40°C	49,7	51,4	54,1
30°C	61,3	69,6	72,2
20°C	36,4	28,2	26,2
Summe	164,0	164,0	164,0

1.7 Systemgrenzen

Die Studie fokussiert ausschließlich auf den Waschprozess in privaten Haushalten. Nicht eingeschlossen in die Untersuchung sind die Nutzung von Weichspülern oder Hilfsstoffen (z.B. zusätzliche Bleichmittel oder Wasserenthärter) oder mit dem Waschprozess zusammenhängende Prozesse wie die Wäschetrocknung oder das Bügeln der trockenen Wäsche.

Folgende Prozesse, die beim Wäschewaschen in privaten Haushalten relevant sind, werden bei der Bilanzierung berücksichtigt (vgl. Abb. 3).

- Stromverbrauch und –bereitstellung,
- Wasserverbrauch und –bereitstellung,
- Waschmittelverbrauch und –bereitstellung (inkl. Verpackung),
- Abwasserbehandlung.

²⁹ Gerundete Zahlen, bei der Summenbildung wurde mit den Originalwerten gerechnet.

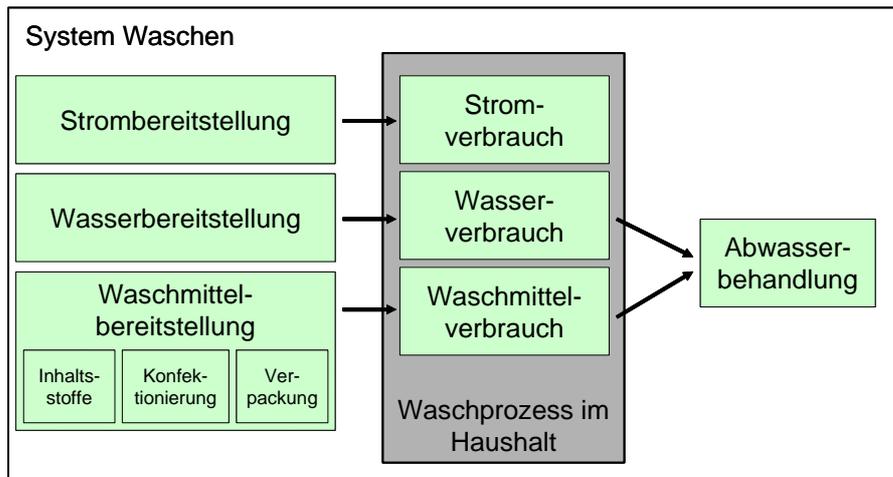


Abb. 3 Waschprozess in privaten Haushalten, bilanzierte Teilprozesse

Unterschiede zwischen den beiden grundlegenden Alternativen (durchschnittliche Waschttemperaturen bzw. one-click-down-Szenario) bestehen bei der Temperaturwahl und den damit zusammenhängenden Unterschieden beim Stromverbrauch und der Strombereitstellung. Bei Wasserverbrauch, Waschmittelbereitstellung und Abwasserbehandlung ergeben sich keine Unterschiede.

Zwischen den betrachteten Ländern (Deutschland, Österreich und Schweiz) gibt es Unterschiede bei der Waschtemperaturwahl (sowohl durchschnittliche als auch daraus abgeleitete niedrigere Waschtemperaturwahl) und dem damit zusammenhängenden Stromverbrauch. Unterschiedlich ist auch die Bereitstellung des Stroms, da die eingesetzten Primärenergieträger zu unterschiedlichen Anteilen genutzt werden. Auch der Anschluss an kommunale Kläranlagen und der Stand der Kläranlagentechnologie unterscheiden sich zwischen den Ländern.

Zwischen den betrachteten Waschmittelkonzepten gibt es Unterschiede in der Waschmittelrezeptur und dadurch bei der Bereitstellung der Inhaltsstoffe, bei der Konfektionierung und bei der Art und Menge der Verpackungsmaterialien. Durch die unterschiedliche Rezeptur ergeben sich darüber hinaus Unterschiede bei der Zusammensetzung des Abwassers.

Die verwendeten Daten und Berechnungen werden in Kapitel 3 beschrieben.

Nicht berücksichtigt werden folgende Prozesse:

- Herstellung, Vertrieb sowie Entsorgung der Wäsche, die gewaschen wird
Wäsche erfährt bei jedem Waschvorgang einen Wertverlust (Faserverlust, Abnahme des Flächengewichtes, Abnahme der Reißfestigkeit, Farbverlust usw.). Der Anteil des Wäschewaschens am gesamten Faserabrieb von Wäsche wird von Langbein et al. (1995) mit 20 % angegeben. Den größten Anteil hat das Tragen (70%), das Trocknen im

Wäschetrockner macht 10% aus. Das Waschen bei niedrigeren Temperaturen schädigt die Wäsche weniger stark und kann so zumindest theoretisch die Lebensdauer der Wäschestücke verlängern. Allerdings wird diese Verringerung des Wertverlusts durch niedrigere Waschttemperaturen als gering eingeschätzt. Außerdem wird Wäsche heutzutage selten bis zum Ende ihrer „technischen“ Lebensdauer getragen (also bis zu dem Zeitpunkt, an dem sie so verschlissen ist, dass sie nicht mehr getragen werden kann), sondern wird aufgrund modischer Änderungen etc. früher ersetzt. Die Vernachlässigung dieser Prozesse und einer potenziellen Verlängerung der Lebensdauer der Wäsche durch niedrigere Waschttemperaturen ist eine im Sinne der Zielsetzung der Studie konservative Annahme.

- Herstellung, Vertrieb sowie Entsorgung der Waschmaschine
Diese Prozesse sind für die Beantwortung der Fragestellung nicht relevant, da die Wahl der Waschttemperaturen durch den privaten Haushalt keinen wesentlichen, quantifizierbaren Einfluss auf die Lebensdauer der Waschmaschine hat und damit keine Unterschiede zwischen den betrachteten Alternativen zu erwarten sind. Dies ist im Hinblick auf das Ziel der Studie ebenfalls eine eher konservative Annahme, da tendenziell zu erwarten ist, dass eine Waschmaschine durch die seltenere Nutzung hoher Waschttemperaturen (und die dadurch geringere thermische Beanspruchung der Bauteile) länger hält als bei durchschnittlichen Waschttemperaturen.
- Der Transport der Waschmittel vom Hersteller zum Handel und vom Handel in die privaten Haushalte
Es ist anzunehmen, dass diese Prozesse nur einen geringen Anteil an den Gesamtauswirkungen des Systems haben (vgl. z.B. auch Saouter und van Hoof 2002). Durch identische Dosierung bei durchschnittlicher bzw. niedrigerer Waschttemperaturenwahl ergeben sich des Weiteren keine Unterschiede in der Transportintensität zwischen den beiden grundsätzlichen Alternativen.³⁰

³⁰ Dies gilt bei Nutzung des gleichen Waschmitteltyps für durchschnittliche bzw. niedrigere Temperaturenwahl (also z.B. superkompaktes Vollwaschmittel). Bei Nutzung unterschiedlicher Waschmitteltypen ergeben sich geringe Unterschiede, da Dosierung und / oder Verpackung nicht identisch sind. Dies ist allerdings nicht der Hauptfokus der vorliegenden Studie.

1.8 Datenqualität

Entsprechend ISO 14040 und ISO 14041 werden folgende Anforderungen an die Datenqualität gestellt:

Zeitbezogener Erfassungsbereich: Die verwendeten Daten zum Waschverhalten, zu Strom- und Wasserverbrauch sowie zu Waschmitteldosierung und –rezepturen sollen sich möglichst auf die Zeitspanne zwischen 2000 und 2005 beziehen. Auch die Daten zur Bereitstellung von Strom, Wasser und Waschmittel sowie zum Stand der Kläranlagentechnologie sollten sich auf diesen Zeitraum beziehen. Insbesondere für die Bereitstellung der Waschmittelinhaltsstoffe liegen allerdings kaum entsprechenden Inventare vor. Hier sollten die Daten nicht älter als 15 Jahre (d.h. nicht vor 1991) sein.

Geographischer Erfassungsbereich: Die Nutzungsparameter in den Haushalten und die spezifischen Verbrauchswerte der Waschmaschinen sollen sich auf die untersuchten Länder Deutschland, Österreich und Schweiz beziehen. Bezüglich der Vorketten zur Bereitstellung von Strom, Wasser und Waschmittel entspricht der geographische Bezugsrahmen dem der entsprechenden Bereitstellungskette (d.h. bei der deutschen Strombereitstellung wird z.B. auch die Förderung von Kohle oder Erdgas, die außerhalb Deutschlands stattfindet, berücksichtigt).

Technologischer Erfassungsbereich: Bezüglich der verwendeten Waschmaschinen wird vom derzeit in den Haushalten zur Verfügung stehenden Bestand ausgegangen. Dies ist nicht notwendigerweise der momentan auf dem Markt erhältliche „state-of-the-art“.

Bezüglich der Vorketten zur Bereitstellung von Strom, Wasser und Waschmittel soll die Modellierung dem derzeitigen Stand in den untersuchten Ländern entsprechen.

Datenkategorien: Grundsätzlich wurden in dieser Studie ausschließlich stoffliche Flussgrößen sowie energetische Inputgrößen quantitativ erfasst und bilanziert, d.h. berücksichtigt wurden:

- der Verbrauch an energetischen Ressourcen,
- atmosphärische Emissionen und
- Abwasseremissionen.

Insgesamt liegen der Studie Daten mit einer der Fragestellung und Zielsetzung angemessenen Qualität zugrunde. Die Modellierung und die verwendeten Daten sind in Kapitel 3 im Detail beschrieben.

1.9 Methode der Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung dient in der Ökobilanz dazu, die Sachbilanzergebnisse hinsichtlich ihrer Wirkungen auf die Umwelt zu quantifizieren.

Verbindliche Bestandteile sind die Auswahl von Wirkungskategorien und den zugehörigen Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodellen, die Zuordnung der Sachbilanzergebnisse zu den ausgewählten Wirkungskategorien (Klassifizierung) und die Berechnung der Wirkungsindikatorwerte (Charakterisierung).

Es werden folgende Sachbilanz- bzw. Wirkungskategorien betrachtet:

- Verbrauch energetischer Ressourcen (Kumulierter Energie-Aufwand, KEA),
- Treibhauspotenzial (GWP),
- Versauerungspotenzial (AP),
- Eutrophierungspotenzial (EP),
- Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial (POCP),
- Aquatotoxizitätspotenzial.

Das Ozonabbaupotenzial ist für die in der vorliegenden Studie untersuchten Prozesse nicht relevant, da keine Emissionen ozonabbauender Substanzen zu erwarten sind (z.B. Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) o.ä. Substanzen, die bis Mitte der 1990er Jahre als Treibmittel für geschäumte Kunststoffe oder als Kühlmittel in Kühl- und Gefriergeräten verwendet wurden), und wird daher nicht betrachtet. Ebenso sind öko- oder humantoxikologische Auswirkungen des Waschmittels bei normaler Handhabung nicht zu erwarten. Entsprechende Emissionen aus den Prozessen der Strom-, Wasser- und Waschmittelbereitstellung werden für die vorliegende Fragestellung ebenfalls als nicht relevant betrachtet.

Das Aquatotoxizitätspotenzial ist streng genommen zwar für das Ziel der Studie (Vergleich der unterschiedlichen Waschttemperaturen) ebenfalls nicht direkt relevant (wenn sowohl bei durchschnittlichen als auch bei niedrigeren Waschttemperaturen das gleiche Waschmittel genutzt wird). Die Studie soll jedoch für verschiedene Waschmittelkonzepte durchgeführt werden, die aufgrund ihrer unterschiedlichen Inhaltsstoffe, die beim Waschprozess ins Abwasser gelangen, unterschiedliche Aquatotoxizitätspotenziale aufweisen (vgl. Kapitel 4.6). Eine Ökobilanz zum Thema Wäschewaschen sollte das Aquatotoxizitätspotenzial daher unbedingt umfassen.

Die folgenden Unterkapitel beschreiben das Vorgehen der Klassifizierung und Charakterisierung für die betrachteten Sachbilanz- und Wirkungskategorien.

1.9.1 Kumulierter Energie-Aufwand (KEA)

Der kumulierte Energieaufwand ist ein Maß für den gesamten Verbrauch an energetischen Ressourcen, die für die Bereitstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung benötigt werden. Im KEA enthalten ist auch der Energiegehalt, der im Produkt selbst enthalten ist (z.B. der KEA eines Liter Benzins ist die Summe aus dem Verbrauch an energetischen Ressourcen zur Bereitstellung und dem Energiegehalt des Liters Benzin). Der KEA weist alle nicht-erneuerbaren und erneuerbaren energetischen Ressourcen als Primärenergiewerte aus. Zur Berechnung des KEA wird der obere Heizwert (in MJ) der verschiedenen Energieträger angesetzt (vgl. Tab. 13). Es werden keine Charakterisierungsfaktoren angewendet.

Tab. 13 Obere Heizwerte zur Berechnung des KEA

Energieträger	Oberer Heizwert	Einheit
Rohöl*	42,6	MJ/kg
Rohgas*	40,2	MJ/m ³
Rohbraunkohle*	9,9	MJ/kg
Rohsteinkohle*	30,3	MJ/kg
Holz**	16,9	MJ/kg
Uran in UF ₆ **	451,0	MJ/g

* = nach Dall'Acqua et al. 1999, ** = nach BUWAL 1996

1.9.2 Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP)

Das Treibhauspotenzial beschreibt den Beitrag anthropogener Emissionen an der Wärmeabsorption in der Atmosphäre und ist damit ein Indikator zur Messung des so genannten Treibhauseffekts. Luftemissionen, die zum Treibhauseffekt beitragen, werden bilanziert und entsprechend ihres spezifischen Treibhauspotenzials zum gesamten Treibhauspotenzial charakterisiert. Das spezifische Treibhauspotenzial beschreibt den Treibhauseffekt von chemischen Substanzen im Verhältnis zu Kohlenstoffdioxid (CO₂) mit Hilfe von CO₂-Äquivalenten.

Die Charakterisierungsfaktoren (GWP-100) wurden CML (2004) entnommen (vgl. auch Möller et al. 2005).

1.9.3 Versauerungspotenzial (Acidification Potential, AP)

Das Versauerungspotenzial fasst Emissionen zusammen, die Säuren sind, oder zur Versauerung in der Luft, im Wasser oder im Boden beitragen. Diese Substanzen werden entsprechend ihres spezifischen Versauerungspotenzials relativ zu SO₂ mit Hilfe von SO₂-Äquivalenten zusammengefasst. Die Hauptverursacher des Versauerungspotenzials sind Schwefeldioxid (SO₂), Ammoniak und Stickoxide.

Die Charakterisierungsfaktoren wurden CML (2004) entnommen (vgl. auch Möller et al. 2005).

1.9.4 Eutrophierungspotenzial (EP)

Die Anreicherung von Nährstoffen in Gewässern und im Boden kann eine Verschiebung der Artenzusammensetzung und eine erhöhte Biomasseproduktion in aquatischen und terrestrischen Ökosystemen bewirken. Das aquatische und terrestrische Eutrophierungspotenzial von Nährstoffemissionen in Luft, Gewässer und Boden wird mit Hilfe von PO_4 -Äquivalenten zu einer Maßzahl aggregiert. Wie in CML 2001 (Teil 3, S. 222 ff.) vorgeschlagen, wird dabei nicht zwischen aquatischer und terrestrischer Eutrophierung unterschieden und aufgrund der dortigen Begründung von der in UBA 1999 vorgeschlagenen getrennten Betrachtung abgewichen.

Die Charakterisierungsfaktoren wurden CML (2004) entnommen (vgl. auch Möller et al. 2005).

1.9.5 Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial (Photochemical Ozone Creation Potential, POCP)

Die Bildung reaktiver Substanzen, wie z.B. Ozon, unter dem Einfluss von chemischen Substanzen (z.B. flüchtige organische Kohlenwasserstoffe) und Sonnenlicht in der Troposphäre wird auch als Sommersmog bezeichnet. Ozon schädigt das menschliche respiratorische System und Pflanzen. Substanzen, die zur Bildung von troposphärischem Ozon beitragen, werden mit Hilfe ihres photochemischen Oxidantienbildungspotenzials (in Ethen-Äquivalenten) zusammengefasst.

Die Charakterisierungsfaktoren wurden CML (2004) entnommen (vgl. auch Möller et al. 2005).

1.9.6 Aquatoxizitätspotenzial

Das Aquatoxizitätspotenzial ist relevant für die Verschmutzung von Wasser mit toxischen Substanzen. Zur Kalkulation des Aquatoxizitätspotenzials existiert eine Vielzahl von Methoden, die unterschiedliche Indikatoren verwenden: CML 1992 (Heijungs 1992) und „Environmental Design of Industrial Products“ – EDIP 97 (Wenzel et al. 1997, Hausschild u. Wenzel 1998) geben die Menge verschmutzten Wassers (kritisches Wasservolumen) an, „European System for Evaluating Substances“ – EUSES³¹ so genannte „Risk Scores“ auf Basis eines Modells, das die Umweltkonzentration der emittierten Substanzen berechnet,

³¹ <http://ecb.jrc.it/Euses/>

„Uniform System for the Evaluation of Substances“ – USES (Huijbregts 1999) nutzt 1,4-Dichlorbenzen-Äquivalente für Süßwasserhabitats und marine Habitats als Indikator für die Aquatoxizität und IMPACT2002 (Jolliet et al. 2003) gibt einen „Ecotoxicological Damage Factor“ an. Die aufgeführten Methoden führen jeweils zu unterschiedlichen Ergebnissen in der Bewertung der Aquatoxizität und sind nach Einschätzung von Pant et al. (2004) zum Teil nicht vergleichbar, aufgrund einer unterschiedlichen toxikologischen Bewertung, die den Charakterisierungsfaktoren der Substanzen der Methoden zugrunde liegen. Eine weitere Schwierigkeit in der Anwendung der Methoden liegt darin, dass die jeweils notwendigen Charakterisierungsfaktoren bei den meisten Methoden nur unvollständig bzw. mit hohem Aufwand verfügbar sind (Pant et al. 2004). Die meisten Charakterisierungsfaktoren sind (über die DID-Liste des EU-Ecolabels für Waschmittel³²) für CML 1992 (Heijungs 1992) vorhanden, auch Dewaele et al. (2006) nutzten diese Methode zur Bewertung der Aquatoxizität.

Auch in dieser Studie wird aus den genannten Gründen das Aquatoxizitätspotenzial auf Basis der Berechnung des kritischen Wasservolumens, das durch das betrachtete System verschmutzt wird, (entsprechend CML 1992 (Heijungs 1992)) bewertet. Berechnet wird, wie groß das Wasservolumen (in m³) ist, das durch die Emissionen bis an den jeweiligen NOEC³³ belastet wird. Je höher die Emissionen und je niedriger der NOEC, desto mehr Wasser wird verschmutzt – umso größer ist dementsprechend das berechnete kritische Wasservolumen. Analog CML 1992 (Heijungs 1992) erfolgt die Berechnung des kritischen Wasservolumens auf Basis der chronischen Toxizitätswerte (NOEC) bzw. ersatzweise – wenn keine NOEC verfügbar sind – auf Basis der akuten Toxizitätswerte (LC/EC50³⁴). Diese NOEC bzw. LC/EC50 werden mit einem Sicherheitsfaktor multipliziert, um etwaige Unsicherheiten bspw. aufgrund einer geringen Anzahl verfügbarer NOEC bzw. aufgrund der geringeren Sensitivität der LC/EC50-Werte auszugleichen. In der Literatur sind hierfür unterschiedliche Sicherheitsfaktoren verfügbar (Heijungs 1992, TGD 2003, DID 2004).

³² DID = Detergent Ingredient Database
(http://europa.eu.int/comm/environment/ecolabel/product/pg_did_list_en.htm)

³³ NOEC: No Observed Effect Concentration

³⁴ LC: Lethal concentration, LC50: Konzentration einer Substanz, bei der 50 % der Testorganismen sterben.
EC: Effective Concentration, EC50: Konzentration, bei der 50 % der Testorganismen Wirkungen zeigen.

Tab. 14: Sicherheitsfaktoren unterschiedlicher Bewertungssysteme

	TGD 2003	DID 2004	CML 1992	
1 short-term L(E)C50	-	10.000	0,001	lowest acute L(E)C50 or QSAR ³⁵ estimate of acute toxicity
2 short-term L(E)C50 from species representing two trophic levels (fish and/or crustaceans and/or algae)	-	5.000	-	
At least 1 short-term L(E)C50 from each of three trophic levels	1.000	1.000	0,01	lowest acute L(E)C50 or QSAR estimate of acute toxicity to at least one representative of three of the three groups algae, crustaceans and fish
one long-term NOEC (fish or crustaceans)	100	100	0,01	fewer than three chronic NOEC available
two long-term NOEC from species representing two trophic levels (fish and/or crustaceans and/or algae)	50	50	0,01	
long-term NOEC from at least three species (normally fish, crustaceans and algae) representing three trophic levels	10	10	0,1	lowest chronic NOEC or QSAR estimate of chronic toxicity to at least one representative of three of the three groups algae, crustaceans and fish

In dieser Studie werden die Sicherheitsfaktoren der DID-Liste zugrunde gelegt, die auch mit den Sicherheitsfaktoren des Technical Guidance Documents der europäischen Kommission (TGD 2003) weitgehend übereinstimmen. Die DID-Liste weist lediglich zusätzlich noch weitere Sicherheitsfaktoren für noch unsichere Datensätze aus (vgl.

³⁵ QSAR: Quantitative Structure-Activity Relationship (Quantitative Struktur-Wirkungsbeziehungen); dabei werden mathematische Beziehungen zwischen der Struktur eines Moleküls und einer bestimmten Eigenschaft der betreffenden Substanz erstellt.

Tab. 14). Die Sicherheitsfaktoren, die von Heijungs (1992) für CML 1992 vorgeschlagen wurden, liegen hingegen im Vergleich niedriger, d.h. der „Sicherheitspuffer“ bei DID 2004 und TGD 2003 ist größer.

Um den Toxizitätsfaktor (TF) (DID 2004) bzw. PNEC³⁶ (TGD 2003) zu erhalten, wird der NOEC bzw. LC/EC50 der betreffenden Substanz mit dem spezifischen Sicherheitsfaktor multipliziert. Der Kehrwert dieses TF bzw. PNEC bildet dann den Charakterisierungsfaktor der Substanz (Heijungs 1992) (vgl. Kap. 3.6).

Die Methoden-inhärenten Begrenzungen, bspw. weil der Abbau der Substanzen in der Umwelt über die Zeit und ihre Verteilung nicht berücksichtigt werden, werden in der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt.

1.9.7 Normierung

Die Normierung ist ein optionaler Bestandteil der Wirkungsabschätzung. Als Normierung wird die Berechnung der Größenordnung der Indikatorergebnisse im Verhältnis zu einem Referenzwert bezeichnet.

In der vorliegenden Studie wird als Referenzwert für die Wirkungsindikatoren jeweils die nationale Gesamtbelastung in den Ländern Deutschland, Österreich und Schweiz verwendet. Dadurch werden die *spezifischen* Belastungen auf die *bereits bestehenden* Umweltbelastungen bezogen. In der vorliegenden Studie werden die durch niedrigere Waschttemperaturen resultierenden Einsparpotenziale pro Haushalt auf nationale Ebene hochgerechnet und diese nationalen Einsparpotenziale mit der nationalen Gesamtbelastung in Beziehung gesetzt. Dadurch wird ersichtlich, wie viel Prozent der derzeitigen Umweltbelastung durch die Wahl niedrigerer Waschttemperaturen reduziert werden kann.

Werden die Gesamtbelastungen durch die Einwohnerzahl der jeweiligen Länder geteilt, erhält man die Belastungen je Einwohner.³⁷ Die Einsparpotenziale, die insgesamt durch niedrigere Waschttemperaturen pro Land erzielt werden können, werden auf diese Belastung bezogen und man erhält damit die so genannten Einwohnerwerte. Diese geben Informationen darüber, wie vielen Einwohnern (bzw. deren Umweltbelastungen) die Einsparungen entsprechen. Dies ist ein statistischer Wert, da zum einen der Referenzwert (also die bereits bestehende Belastung je Einwohner) auch Belastungen anderer Sektoren enthalten (siehe Fußnote 37), zum anderen die Einsparungen nicht ausschließlich in den betrachteten

³⁶ PNEC: Predicted No Effect Concentration.

³⁷ Die Belastungen je Einwohner sind rein statistische Werte, die nicht ausschließlich durch die Haushalte direkt verursacht werden, sondern auch die Belastungen, die durch die Industrie und andere Sektoren verursacht werden, enthalten.

Ländern wirksam werden (wenn Umweltauswirkungen, die z.B. in den Vorketten der Strombereitstellung außerhalb der betrachteten Länder verursacht werden, reduziert werden).

Die folgenden Tabellen geben die Referenzwerte für die betrachteten Wirkungskategorien für Deutschland, Österreich und Schweiz wieder.

Tab. 15 Gesamtemissionen und Belastung je Einwohner in Deutschland³⁸

Wirkungskategorie	Bezugsjahr	Gesamtbelastung Deutschland	Einheit	Quelle	Belastung je Einwohner	Einheit
GWP	2003	1.017.000.000	Mg CO ₂ -Äqu./a	[1]	12.327	kg CO ₂ -Äqu./a
AP	2003	2.497.500	Mg SO ₂ -Äqu./a	[2]	30,3	kg SO ₂ -Äqu./a
EP	2003	785.930	Mg PO ₄ -Äqu./a	[2]	9,5	kg PO ₄ -Äqu./a
POCP	2003	902.201	Mg Ethen-Äqu./a	[2]	10,9	kg Ethen-Äqu./a

n.b.: nicht berechnet, Basis: 82.500.800 Einwohner in Deutschland in 2004 (vgl. Tab. 72 im Anhang)

[1] UBA 2005: 24, [2] Eigene Berechnungen nach UBA (2005): 127-128 u. 143-144, Charakterisierungsfaktoren nach Möller et al. 2005, vgl. Tab. 73 und Tab. 74 im Anhang.

Tab. 16 Gesamtemissionen und Belastung je Einwohner in Österreich³⁸

Wirkungskategorie	Bezugsjahr	Gesamtbelastung Deutschland	Einheit	Quelle	Belastung je Einwohner	Einheit
GWP	2004	91.300.000	Mg CO ₂ -Äqu./a	[1]	11.169	kg CO ₂ -Äqu./a
AP	2004	266.574	Mg SO ₂ -Äqu./a	[2]	32,6	kg SO ₂ -Äqu./a
EP	2004	103.008	Mg PO ₄ -Äqu./a	[2]	12,6	kg PO ₄ -Äqu./a
POCP	2004	114.438	Mg Ethen-Äqu./a	[2]	14,0	kg Ethen-Äqu./a

n.b.: nicht berechnet, Basis: 8.174.733 Einwohner in Österreich in 2004 (vgl. Tab. 72 im Anhang)

[1] UBA (AT) 2006, [2] Eigene Berechnungen nach UBA (AT) 2006, Charakterisierungsfaktoren nach Möller et al. 2005, beim EP: eigene Abschätzung der Gesamtposphoremissionen, vgl. Tab. 73 und Tab. 74 im Anhang.

³⁸ Gerundete Zahlen, bei der Berechnung der Einwohnerwerte wurde mit den Originalwerten gerechnet.

Tab. 17 Gesamtemissionen und Belastung je Einwohner in der Schweiz³⁸

Wirkungs-kategorie	Bezugs-jahr	Gesamtbelastung Deutschland	Einheit	Quelle	Belastung je Einwohner	Einheit
GWP	2003	52.250.000	Mg CO ₂ -Äqu./a	[1]	7.046	kg CO ₂ -Äqu./a
AP	2003	158.003	Mg SO ₂ -Äqu./a	[2]	21,3	kg SO ₂ -Äqu./a
EP	2003	65.718	Mg PO ₄ -Äqu./a	[2]	8,9	kg PO ₄ -Äqu./a
POCP	2003	77.310	Mg Ethen-Äqu./a	[2]	10,4	kg Ethen-Äqu./a

n.b.: nicht berechnet, Basis: 7.415.100 Einwohner in der Schweiz in 2004 (vgl. Tab. 72 im Anhang)

[1] BUWAL 2005 a, [2] Eigene Berechnungen nach BUWAL 2005 a und BUWAL 2005 b, Charakterisierungsfaktoren nach Möller et al. 2005, beim EP: eigene Abschätzung der Gesamtphosphor- und Gesamtstickstoffemissionen, vgl. Tab. 73 und Tab. 74 im Anhang.

Darüber hinaus wird auch der Stromverbrauch durch das betrachtete System bzw. das diesbezügliche Einsparpotenzial mit dem Gesamtstromverbrauch in den betrachteten Ländern verglichen (vgl. Tab. 18).

Tab. 18 Stromverbrauch privater Haushalte in Deutschland, Österreich und der Schweiz³⁹

	Deutschland	Österreich	Schweiz
Gesamtstromverbrauch private HH	140,4 TWh	15,0 TWh	17,6 TWh
Stromverbrauch pro Haushalt	3.589 kWh/a	4.374 kWh/a	5.657 kWh/a
Bezugsjahr	2004	2001	2005
Quelle	BMWi 2006	EVA 2003	BfE o.J.

Basis: 39.122.000 Haushalte in Deutschland, 3.429.500 Haushalte in Österreich und 3.115.400 Haushalte in der Schweiz, vgl. Tab. 72 im Anhang)

1.10 Allokationsverfahren

Unter Allokation werden bei der Durchführung von Ökobilanzen Zuordnungsverfahren verstanden, die dann erforderlich sind, wenn bei den betrachteten Systemen mehrere verwertbare Produkte erzeugt werden bzw. wenn in betrachtete Teilprozesse Stoff- und Energieströme von anderen, nicht betrachteten Systemen einfließen.

In der vorliegenden Studie ist für den Waschprozess im privaten Haushalt selbst keine Allokation von Stoff- oder Energieströmen notwendig. Allerdings können bei einigen der aus anderen Studien übernommenen Datensätze (z.B. Stromproduktion) bereits Allokationen vorgenommen worden sein. Diese werden hier nicht explizit aufgeführt, sondern können den betreffenden Quellen entnommen werden.

³⁹ Gerundete Zahlen, bei der weiteren Berechnung wurde mit den Originalwerten gerechnet.

1.11 Einschränkungen und nicht intendierte Anwendungen

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine modellhafte Betrachtung des Waschprozesses in privaten Haushalten. Das bedeutet, dass Annahmen und Vereinfachungen getroffen wurden, die bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden müssen. Der Anwendungsbereich der Studie liegt im Vergleich der beschriebenen Alternativen. Er bezieht sich außerdem auf die festgelegten Rahmenbedingungen (z.B. zu Strom- und Wasserverbrauchswerten, Nutzerverhalten etc.). Soll eine Aussage zu signifikant anderen Rahmenbedingungen getroffen werden, so kann dies auf der Basis dieser Studie allenfalls nach einer sorgfältigen Prüfung erfolgen; möglicherweise müssen dazu aber auch weitere Untersuchungsschritte durchgeführt werden.

Bei der Interpretation der Ergebnisse sind folgende Einschränkungen zu beachten:

- Es wurden keine Untersuchungen bezüglich der Waschleistung bei durchschnittlichen bzw. niedrigeren Waschttemperaturen durchgeführt. Die Äquivalenz des erreichten Waschergebnisses bei allen betrachteten Alternativen wird als gegeben vorausgesetzt.
- Der Stromverbrauch von Waschmaschinen im Bestand bei unterschiedlichen Waschttemperaturen beruht auf einer Abschätzung. Die Qualität der Abschätzung wird als hoch eingeschätzt, da entsprechende Daten aus dem Jahr 2001 für Deutschland und Verbrauchswerte von Waschmaschinen unterschiedlichen Baujahrs vorliegen. Außerdem wurden verschiedene Vereinfachungen bezüglich der Waschmaschinennutzung getroffen (bzgl. Waschprogrammen, Beladung und Kapazität der Waschmaschine), die bei der Interpretation berücksichtigt werden müssen.
- Die vorliegende Untersuchung gilt für „normale Haushaltswäsche“. In Haushalten, in denen besondere Hygieneanforderungen bestehen, kann es sinnvoll sein, häufiger als im one-click-down-Szenario höhere Waschttemperaturen zu wählen.
- Die in der vorliegenden Studie gewählte Wirkungsabschätzung ist nur eine von verschiedenen möglichen Wirkungsabschätzungen. Die Ergebnisse gelten also nur unter Anwendung der hier gewählten Wirkungsabschätzung und können bei Wahl einer anderen Wirkungsabschätzung anders ausfallen.

1.12 Kritische Prüfung

Die Ökobilanznormen ISO 14040 – 14043 schreiben bei vergleichenden, für die Öffentlichkeit bestimmten Ökobilanzen eine kritische Prüfung (Critical Review) zur Begutachtung und Kommentierung der Studie verbindlich vor. Da die vorliegende Studie für die Unterstützung der externen Kommunikation von Procter & Gamble Service GmbH vorgesehen ist, wurde eine kritische Prüfung nach ISO 14040, Absatz 7.3.3 durchgeführt.

Die kritische Prüfung bezieht sich definitionsgemäß nur auf die ökobilanziellen Komponenten des Berichts, nicht auf die Lebenszykluskostenrechnung.

Als Gutachter wurden bestellt:

- Andreas Detzel (ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH) und
- Armin Schuster (Universitätsklinikum Freiburg, Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene, Ressort Krankenhausökologie).

Der erste Berichtsentwurf wurde am 17. Juli 2006 an die Gutachter geschickt. Ein erster Prüfbericht, der Kommentare und Anmerkungen zu zentralen waschtechnischen Aspekten und Anforderungen an die Dokumentation der Ökobilanz enthielt, wurde durch die Gutachter bis 20. Juli 2006 erstellt. Die Anforderungen wurden zwischen den AutorInnen, den Gutachtern und dem Auftraggeber ausführlich schriftlich und fernmündlich⁴⁰ diskutiert. Einvernehmlich wurde entschieden, an welchen Punkten Änderungen oder Überarbeitungen vorgenommen werden sollten.

Ein zweiter Entwurf wurde am 3. August an die Gutachter geschickt und von diesen kommentiert. Der vorliegende Endbericht wurde am 15. August 2006 an die Gutachter geschickt. Der Bericht der Gutachter ist im Anhang zu finden.

⁴⁰ TeilnehmerInnen der Telefonkonferenz am 25. Juli 2006 waren: Ina Rüdenauer, Andreas Detzel, Armin Schuster, Nina Knecht (P&G Service GmbH), Hans-Joachim Klein (P&G Service GmbH).

2 Spezifikation der Alternative „Niedrigere Waschttemperaturen“

Ausgangspunkt zur Ableitung der Spezifikation der Alternative „Niedrigere Waschttemperaturen“ sind zum einen die durchschnittlichen Waschttemperaturen, zum anderen die Thesen, dass (1) generell bei niedrigeren Waschttemperaturen zufrieden stellende Waschergebnisse erhalten werden und (2) dass speziell mit Ariel kalt-aktiv Produkten bereits ab 20°C gewaschen werden kann. Die erste These wird bereits seit Jahr(zehnt)en von verschiedenen Akteuren im Bereich der Waschmittelindustrie aber auch des Umweltschutzes vertreten (vgl. z.B. Washright-Kampagne vgl. www.washright.com, Grießhammer et al. 1997, Rüdener u. Grießhammer 2004).

In den folgenden Kapiteln wird diese generelle These anhand des zu erzielenden Nutzens des Wäschewaschens und verschiedenen Einschränkungen konkretisiert und quantifiziert (d.h.: es wird abgeleitet, welche durchschnittliche niedrigere Waschttemperaturenverteilung unter Berücksichtigung verschiedener Rahmenbedingungen derzeit in Deutschland, Österreich und der Schweiz wünschenswert und möglich ist).

Waschen dient der Entfernung von Flecken und Schmutz und der Reduktion der Keimbelastung der Wäsche. In der Regel wird hierfür schmutzige Wäsche unter Zugabe von Wasser und Waschmitteln in handelsüblichen Waschmaschinen bei unterschiedlichen Waschttemperaturen gewaschen. Je nach Waschttemperaturen wird darüber hinaus für den Waschprozess eine unterschiedliche Menge an thermischer Energie verwendet. Der Verschmutzungsgrad der Wäsche, die Effektivität der Waschmittel, die Mechanik der Waschmaschinen und die gewählte Waschttemperaturen sind dabei wesentliche Faktoren, die dazu beitragen, dass das Waschergebnis zufrieden stellend ist.

2.1 Waschmittel und Waschperformance

Laut Herstellerangaben sind bei Produkten der Marke *Ariel*® seit mehreren Monaten alle Inhaltsstoffe bereits ab 20°C aktiv. Dies gilt insbesondere für die Produkte, die ab Juli 2006 mit dem Zusatz „kalt-aktiv“ speziell für den Einsatz (auch) ab 20°C beworben werden sollen und die Gegenstand dieser Untersuchung sind.

Ein Faktor, der dies ermöglicht, ist der Einsatz spezieller Enzyme, die bereits bei diesen Temperaturen **Schmutz und Flecken** entfernen. Enzyme sind Proteine, die von Organismen produziert werden, um (körpereigene) chemische Reaktionen zu katalysieren. In der Regel

haben Enzyme ein Wirkungsoptimum im Temperaturbereich um 40°C und werden bei Temperaturen über 50°C zerstört (denaturiert).⁴¹ In Waschmitteln eingesetzte Enzyme werden mit Hilfe von (gentechnisch veränderten) Bakterien produziert. Die Enzyme spalten während des Waschprozesses chemische Substanzen, aus denen Schmutz und Flecken bestehen. Zum Beispiel werden Proteine (Eiweiße) durch *Proteasen* gespalten, Stärke durch *Amylasen* und natürliche Fette und Öle durch *Lipasen*. Darüber hinaus werden Baumwollfasern durch *Cellulasen* geglättet. Eine relativ neue Entwicklung ist die *Mannanase*, die das Polysaccharid Galactomannan spaltet und damit wasserlöslich macht. Galactomannan ist unter anderem in Guarkernmehl enthalten, einem weit verbreiteten Lebensmittelzusatzstoff. Neben der effektiven Schmutzentfernung durch Enzyme wird speziell auch die Wirksamkeit der in den Vollwaschmitteln enthaltenen **Bleichmittel** und die **Löslichkeit** der pulverförmigen Waschmittel schon ab 20°C garantiert.

Es wird daher davon ausgegangen, dass waschmittelseitig (unabhängig vom Waschmittelkonzept) vor allem bei leicht bis normal verschmutzter Wäsche niedrige Waschttemperaturen (z.B. 20°C oder 30°C) gewählt werden können.

Ein Teil der Wäsche wird allerdings auch weiterhin höhere Temperaturen (40°C oder 60°C) benötigen, insbesondere stark fetthaltig verschmutzte Wäsche wie Handtücher oder mit zu bleichenden Verschmutzungen belastete Wäsche.

2.2 Hygieneaspekte

Das Wäschewaschen dient neben der Entfernung von sichtbaren Verschmutzungen und Flecken auch der Reduktion von Mikroorganismen (Hygiene im engeren Sinn). Dabei ist zu beachten, dass es beim Waschen in privaten Haushalten nicht um die Herstellung von Keimfreiheit geht. Der Mensch ist beispielsweise über die Atemluft oder das Trinkwasser täglich mit sehr vielen Mikroorganismen konfrontiert, der menschliche Darm oder die menschliche Haut sind mit einer Vielzahl unterschiedlicher Bakterien besiedelt. Meist sind diese Mikroorganismen harmlos oder das Immunsystem bietet einen ausreichenden Schutz vor einer möglichen Infektion. Erst wenn pathogene Keime vorhanden sind und/oder die Keimzahl zu hoch ist, besteht ein Gesundheitsrisiko. Allerdings kann die Frage, welche Keimzahl an Textilien „normal“ oder „zu hoch“ ist bzw. was „hygienisch“ beim Waschprozess bedeutet nicht eindeutig beantwortet werden. (Lichtenberg 2005, Raschle 1995)

⁴¹ Allerdings gibt es sowohl natürliche als auch gentechnisch hergestellte Enzyme, die sowohl bei sehr niedrigen Temperaturen als auch bei hohen Temperaturen bis 90°C wirksam sind.

Hygieneaspekte rücken vor dem Hintergrund des Ziels der Studie dennoch stärker in den Fokus, da hohe Waschttemperaturen tendenziell zu einer höheren Keimreduktion führen, als niedrigere Waschttemperaturen. Es stellt sich nun die Frage, ob auch bei häufigerer Wahl niedriger Waschttemperaturen hygienische Anforderungen erfüllt werden. Im Folgenden werden die relevanten Ergebnisse dreier Studien kurz vorgestellt und anschließend bewertet.

Studie: „Hygieneaspekte beim Niedrigtemperaturwaschen“ (Lichtenberg et al. 2005)

In der Studie wurden zwei Aspekte analysiert:

- Reduktion von experimentell mit der Wäsche eingebrachten Indikatorkeimen und
- Reduktion der maschinenseitigen Keimbelastung der Wäsche (Kontamination durch verkeimtes Wasser).

Die Reduktion von mit der Wäsche eingebrachten Keimen wurde mit verschiedenen Waschmitteln (pulverförmiges und flüssiges Vollwaschmittel, pulverförmiges und flüssiges Colorwaschmittel, flüssiges Feinwaschmittel) für drei Waschttemperaturen (60°C, 40°C und 30°C) im Kurzwaschprogramm untersucht. Die Waschmaschinen wurden dabei nur mit etwa 3,5 kg Wäsche beladen (Nennbeladung der Maschine war 5 kg).

Bei Verwendung **pulverförmiger Vollwaschmittel** erfolgte eine vollständige Entfernung der mit der Wäsche eingebrachten Indikatorkeime bei allen betrachteten Waschttemperaturen. Bei **flüssigen Vollwaschmitteln** erfolgte bei 60°C ebenfalls eine vollständige Entfernung der mit der Wäsche eingebrachten Keime (40°C, 30°C und niedrigere Waschttemperaturen wurden nicht untersucht). Bei **pulverförmigen Colorwaschmitteln** wurden bei 30°C und 40°C noch geringe Rückstände der verwendeten Testorganismen gefunden, bei 60°C nicht mehr. Das **flüssige Colorwaschmittel** wurde nur bei 40°C getestet. Ohne Zugabe von Entschäumer war auch hier noch eine geringe Keimbelastung nachweisbar, bei Zugabe von Entschäumer nicht mehr.

Die AutorInnen kommen hinsichtlich der mit der Wäsche eingebrachten Keime zu dem Ergebnis, dass „beim Niedrigtemperaturwaschen mit bleichmittelfreien und flüssigen Waschmitteln zwar nicht die gleiche Keimreduktion erreicht wird, wie mit bleichmittelhaltigen Produkten und hohen Temperaturen, [dass] die Keimzahl jedoch auch bei 40°C zuverlässig so weit reduziert [wurde], wie es in der normalen Haushaltssituation erforderlich ist.“ Für pulverförmige Color- und Vollwaschmittel gilt dies auch für Waschttemperaturen von 30°C.

Im zweiten Teil der Studie wurde untersucht, in wie fern Keime, die im Restwasser der Waschmaschine zu finden sind, auf die Wäsche übertragen werden.⁴² Die Untersuchung wurde bei verschiedenen Waschprogrammen (Wolle, Pflegeleicht, Koch-/Buntwäsche (Normalwaschprogramme)), bei verschiedenen Waschttemperaturen (kalt, 30°C, 40°C, 60°C) und mit verschiedenen Waschmitteln (pulverförmiges und flüssiges Vollwaschmittel, pulverförmiges und flüssiges Colorwaschmittel, pulverförmige Feinwaschmittel) durchgeführt. Es wurde jeweils ein Kurzprogramm (ohne Zusatzfunktionen) gewählt, um den so genannten „worst case“ zu erfassen. Auch hier wurde nur eine, ein schlechteres Waschergebnis liefernde, Teilbeladung der Normalwaschprogramme mit 4 kg gewählt. Die Textilien wurden vor dem Waschen mit aus dem Waschwasser angereicherten Keimen kontaminiert.

Die Kontaminationen wurden beim Waschen mit **pulverförmigem oder flüssigem Vollwaschmittel** bei allen geprüften Waschttemperaturen zu deutlich über 99 % reduziert (außer bei 40°C-Wäsche mit flüssigem Vollwaschmittel (Reduktion von 98 %)). Bei **flüssigem Colorwaschmittel** wurde bei allen Temperaturen ebenfalls eine Keimreduktion von über 99 % erreicht. Beim **pulverförmigem Colorwaschmittel** war die Keimreduktion bei Kaltwäsche und 30°C mit rund 97 % etwas geringer. Alle Untersuchungen erfolgten unmittelbar nach dem Waschprozess an der noch feuchten Wäsche.

Insgesamt kommen die AutorInnen zu dem Ergebnis, dass „die Keimreduktion beim Waschen mit niedriger Temperatur [...] für normal verschmutzte Wäsche völlig ausreichend [ist], sofern kein Desinfektionsstatus angestrebt wird“ und dass „keine Verschleppung von Keimen aus der Maschine auf Textilien zu befürchten“ ist.

Studie: „Hygiene effects of laundry processes in Europe“ (Terpstra und van Kessel 2003)

Die Studie von Terpstra und van Kessel kommt insgesamt zu weniger optimistischen Ergebnissen. Untersucht wurde zum einen die Keimreduktion in Waschprogrammen bei 15°C und 30°C in einer Laborwaschmaschine, zum anderen die Keimreduktion in Haushaltswaschmaschinen mit den zwei Waschprogrammen, die in vier europäischen Ländern jeweils am häufigsten genutzt werden.⁴³ Es wurden unterschiedliche Waschmittelsysteme verwendet: Vollwaschmittel, Colorwaschmittel, reguläres und superkompaktes Pulver, Waschmittel-Tabs und Gel. Interessant sind insbesondere die Ergebnisse für Spanien, da hier sehr häufig bei

⁴² In einer Waschmaschine können vor allem bei ungünstigen Aufstellbedingungen (geschlossene Maschine, feuchtwarme Umgebung) optimale Bedingungen für die Vermehrung von Mikroorganismen vorliegen. Neben der Möglichkeit einer Kontamination der Wäsche können sich dadurch an verschiedenen Stellen der Maschine (z.B. an der Einspülschale oder der Türmanschette) Biofilme (sicht- und riechbare Beläge) bilden.

⁴³ Norwegen, Niederlande und Griechenland: 30°C und 40°C, Spanien: 15°C und 40°C.

15°C gewaschen wird und die Keimreduktion daher auch bei dieser Temperatur getestet wurde.

Bei den Versuchen in der Laborwaschmaschine kommen die AutorInnen zu dem Ergebnis, dass die Wäsche bei 15°C und 30°C nach dem Waschen zwar sauberer ist als vorher, dass jedoch mikrobiologisch gesehen kaum eine Keimreduktion stattfindet. Dabei ist das Ergebnis im 30°C-Programm etwas besser als das im 15°C-Programm. Das Vorhandensein von Bleichmitteln hatte keinen Einfluss auf das Ergebnis. Allerdings erreichte die Laborwaschmaschine generell eine um ca. 2 log-Stufen schlechtere Keimzahlreduktion als die haushaltsübliche Waschmaschine, da sie mit weniger Wasser wäscht und damit eine geringere Ausspülung der Keime aufweist. Der mechanische Ausspüleffekt hat damit einen wesentlichen Einfluss auf die Keimreduktion.

Bei den Tests unter länderspezifischen Waschbedingungen konnte für Spanien eine überraschend hohe Keimreduktion festgestellt werden – obwohl hier bei niedrigeren Waschartemperaturen gewaschen wird als in den anderen Ländern (15°C und 40°C). Zusätzliche Tests ergaben, dass dies wahrscheinlich auf einen zusätzlichen Spülgang zurückzuführen ist, der von der Waschmaschine automatisch zugeschaltet wurde, da das Waschmittel zu stark schäumte. Auch hier hatte also der mechanische Ausspüleffekt einen wesentlichen Einfluss auf die Keimreduktion der Wäsche. Des Weiteren wurden eine höhere Keimreduktion mit steigenden Temperaturen und ein signifikanter (auf die Keimreduktion positiver) Einfluss des Bleichmittels festgestellt. Auch Querkontamination (d.h. die Übertragung von Keimen zwischen den Wäschestücken) wurde festgestellt.

Studie: „Ist eine 40°C-Haushaltswäsche hygienisch?“ (Raschle 1995)

1995 wurden an der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) ebenfalls Untersuchungen zur Hygiene beim Waschen durchgeführt. Hier wurden in zwei Waschmaschinen (Baujahr 1995) Wäschen bei 20°C, 40°C, 60°C und 95°C mit Voll- und Colorwaschmitteln durchgeführt (zunächst ohne Spülgang). Die beste Keimreduktion konnte bei 95°C mit Vollwaschmittel erzielt werden. Bei 20°C, 40°C und 60°C wurde mit Vollwaschmittel eine Keimreduktion von über 90 % erreicht. Mit Colorwaschmitteln wurden nur bei 60°C über 90 % der Keime, bei 20°C und 40°C nur wenige Keime entfernt. Durch das Spülen der Wäsche konnte die Keimzahl bei der 40°C-Wäsche weiter reduziert werden.⁴⁴ Es wird weiterhin eine frühere Untersuchung zitiert, in der nachgewiesen wurde, dass sich das anschließende Trocknen und Bügeln positiv auf die Keimreduktion auswirkt (Raschle 1985).

⁴⁴ Dieser Versuch wurde nur bei 40°C und 95°C durchgeführt. Die praktisch keimfreie Wäsche nach dem 95°C-Waschgang wurde durch den Spülgang wieder rekontaminiert, wobei die resultierende Keimzahl anschließend sogar etwas über der des 40°C-Waschgangs lag.

Ferner wird wie bei Terpstra und van Kessel (2003) auf die Querkontamination zwischen verschiedenen Wäschestücken bzw. zwischen verschiedenen Waschgängen in derselben Waschmaschine hingewiesen, wenn die Keime nicht ausreichend reduziert werden.

Schlussfolgerungen

Die hier vorgestellten Studien kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen bezüglich der Keimreduktion – sehr gute Keimreduktion bei allen Temperaturen bei Lichtenberg et al. (2005), teilweise eher mäßige Keimreduktion bei Terpstra und van Kessel (2003) und Raschle (1995), v.a. bei unzureichendem Spülen der Wäsche, bei niedrigen Waschttemperaturen und bei Verwendung bleichmittelfreier Waschmittel (Colorwaschmittel). Dennoch kommen die AutorInnen aller drei Studien zu einer ähnlichen Einschätzung: in normalen Haushalten ist das Waschen bei niedrigen Temperaturen hygienisch unbedenklich. Im Übrigen bestehen in Haushalten wesentlich größere hygienische Probleme eher in anderen Bereichen (Küche, Lebensmittelzubereitung) (vgl. auch Terpstra 2006). Dass aber weder in der Küche noch bei Textilien eine allgemeine Keimreduktion auf Oberflächen infektiöse Erkrankungen verhindern kann, zeigt eine weitere Studie, welche die Effekte diverser antibakterieller Reinigungsprodukte untersuchte, darunter Waschmittel (Larson et al. 2004).

Neben der Waschttemperatur spielen außerdem andere Faktoren eine mindestens ebenso wichtige Rolle bei der Keimreduktion: Die Mechanik der Waschmaschine⁴⁵, die Anzahl der Spülgänge, die generelle Waschwirkung der Waschmittel, oder der Einsatz von bleichmittelhaltigen Waschmitteln. Des Weiteren wurde die Keimreduktion in allen Fällen direkt nach dem Waschprozess (zum Teil sogar ohne Spülgang) gemessen. Trocknen und ggf. Bügeln reduziert die Keimzahl jedoch weiter (Terpstra und van Kessel 2003, Raschle 1995).

Alle drei Studien beziehen sich allerdings auf den „Normalfall“, d.h. Wäsche, die in einem normalen Haushalt ohne ansteckende Krankheiten anfällt. Wenn in einem Haushalt Personen mit ansteckenden Krankheiten, Allergiker und/oder „anfälliger“ Personen (Säuglinge, ältere Menschen) leben, können niedrige Waschttemperaturen eventuell nicht für eine ausreichende Keimreduktion sorgen. Dies ist allerdings nur in sehr seltenen Fällen angezeigt und in der Regel würde in solchen Fällen auch ein Arzt entsprechende Empfehlungen geben.

Unter normalen Haushaltsbedingungen wird für die vorliegende Studie angenommen, dass es keine hygienischen Einschränkungen bei der häufigeren Nutzung niedriger Waschttemperaturen gibt.

⁴⁵ Die in den letzten Jahr(zehnt)en ebenfalls deutlich verbessert wurde.

Zur Vermeidung von so genannten Biofilmen (sicht- und riechbaren Belägen) in der Waschmaschine sollten geeignete Gegenmaßnahmen getroffen werden: Die Tür der Waschmaschine und die Einspülschale für das Waschmittel sollten nach der Wäsche offen stehen gelassen werden und die Dichtungen sollten trocken gewischt werden. Biofilme stellen zwar kein hygienisches Problem dar, können jedoch eine ästhetische oder Geruchsbelästigung sein.

2.3 Vorhandensein von 20°C-Waschprogrammen

Um Normalwäsche tatsächlich bei 20°C waschen zu können, muss bei Waschmaschinen die Möglichkeit gegeben sein, diese Temperatur bei Normalwaschprogrammen einzustellen.

Um diese Möglichkeit abzuschätzen, wurde durch das Öko-Institut im Zeitraum vom 17. Mai bis 19. Juni 2006 eine Umfrage bei Waschmaschinenherstellern durchgeführt, die Waschmaschinen auf dem deutschen, österreichischen oder schweizerischen Markt anbieten.

Die Fragstellung zielte darauf ab, ob und wie viele Waschmaschinen auf dem deutschen, österreichischen oder schweizerischen Markt das Waschen von „normaler“ Buntwäsche⁴⁶ bei 20°C oder mit kaltem Wasser (ohne Erwärmung der Waschlauge) ermöglichen bzw. seit wann dies möglich ist.

Folgende Fragen wurden gestellt:

- Bieten Waschmaschinen, die Sie anbieten, die Möglichkeit, auch im Universal-, Baumwolle- oder Buntwäscheprogramm niedrigere Waschttemperaturen als 30°C einzustellen oder gibt es ein spezielles „Kaltwaschprogramm“ für Baumwolle oder Buntwäsche?
- Wenn ja, wie hoch ist die einstellbare niedrige Temperatur bzw. welche Waschttemperatur wird beim Kaltwaschprogramm erreicht?
- In welchen der drei Länder (D, A, CH) bieten Sie diese Waschmaschinen an?
- Seit wann bieten Sie diese Waschmaschinen dort an?
- Bitte geben Sie uns den ungefähren Anteil an, den diese Waschmaschinen an den Waschmaschinen in Ihrem Angebot ausmachen (z.B. „alle“, „etwa drei Viertel“ etc.).
- Welchen Energie- und Wasserverbrauch haben die Waschmaschinen in diesem Programm?

⁴⁶ Waschprogramm „Baumwolle“ oder „(Koch-)Buntwäsche“ für volle Beladung der Waschmaschine, **nicht:** (Spezial-) Programme für Pflegeleicht, Synthetik, Wolle, Seide, o.ä.

- Wenn Sie eine solche Waschmaschine (noch) nicht anbieten, planen Sie, so eine Waschmaschine in naher Zukunft anzubieten?

Tab. 19 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Umfrage.

Tab. 19 Angeschriebene Waschmaschinenhersteller und Vorhandensein von Kaltwaschprogrammen

	Antwort?	Kaltwaschprogramm vorhanden?	Wasser-temperatur	Menge, Anteil am Angebot	Länder	Im Angebot seit
AEG Hausgeräte GmbH	nein					
Amica	ja	nein	--	--	--	--
Bauknecht/Whirlpool	nein					
Blomberg Vertriebsgesellschaft GmbH	ja	ja	kalt	1 Modell, ca. 1 % aller verkauften Maschinen	D, (A)	Sep 04
BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH	ja	ja	kalt	absatzseitig ca. 60%	D, A, CH	Jan 06
Candy Hoover GmbH	ja	ja	bis zu kalt	100%	D, A, CH	2000
CTC Clatronic International GmbH	nein					
EFS Hausgeräte GmbH	ja	nein	--	--	--	--
Fagor Hausgeräte GmbH	nein					
Fors AG/SA (Schweiz)	ja	ja	bis zu kalt	ca. 50% des Angebots	CH	2004
Gorenje Vertriebs-GmbH	ja	ja	kalt	75% (D), 15% (A), 10% (CH)	D, A, CH	2004
Haier Europe Trading GERMAN OFFICE	nein					
Hanseatic/ Otto GmbH & Co KG	ja	nein	--	--	--	--
IAR-SILTAL GmbH	ja	nein	--	--	--	--
Indesit Company Deutschland GmbH	ja	ja	kalt	ca. 75%	D	k.A.
Küppersbusch Hausgeräte AG	ja	nein	--	--	--	--
LG Electronics Deutschland GmbH	nein					
Lloyds Neckermann Versand AG	ja	nein	--	--	--	--
Merker AG (Schweiz)	nein					
Miele & Co KG	ja	ja	24°C	2%	D, A, CH	2003
Privileg/ Matura/ Quelle	ja	nein	--	--	--	--
Samsung Electronics GmbH	ja	ja	kalt	80%	D, A, CH	Sep 05
Schulthess Maschinen AG (Schweiz)	ja	ja	kalt	100%	v.a. CH	vielen Jahren
SMEG Hausgeräte GmbH	nein					
VESEG GmbH	nein					
V-ZUG AG (Schweiz)	ja	ja	20°C	100%	v.a. CH	etwa 8 Jahren

Insgesamt wurden 26 Hersteller (oder Vertreiber) von Waschmaschinen in Deutschland, Österreich und der Schweiz angeschrieben. Hiervon haben 9 Hersteller nicht geantwortet. Von den 17 Herstellern, die geantwortet haben, bieten sieben Hersteller keine Waschmaschinen an, die über ein spezielles 20°C- oder Kaltwaschprogramm für Normalwäsche (Baumwolle oder Koch-Buntwäsche) verfügen. Zehn Hersteller bieten solche Waschmaschinen an. Das Angebot erstreckt sich über alle drei Länder. Besonders lang sind solche Maschinen bereits in der Schweiz auf dem Markt (vgl. Schulthess Maschinen AG und V-ZUG AG).

Neben der hier durchgeführten Befragung von Herstellern wurde von Procter & Gamble im Zeitraum zwischen Dezember 2004 und Januar 2005 eine telefonische Befragung von 935 deutschen Haushalten durchgeführt. Hier wurde gefragt, ob die vorhandene Waschmaschine über einen separaten Temperaturwahlknopf verfügt. Laut dieser Umfrage verfügen 79 % der Waschmaschinen in Deutschland über einen solchen separaten Temperaturwahl-Knopf, 19 % verfügen nicht darüber (2 %: weiß nicht) (P&G 2006).

Ein separater Temperaturwahlknopf ermöglicht es dem Nutzer, die Temperatur unabhängig vom gewählten Waschprogramm (d.h. sowohl im Normal- als auch in Spezialprogrammen) zu regeln. Allerdings bedeutet das Vorhandensein eines solchen Temperaturwahlknopfs nicht notwendigerweise, dass mit diesem auch Waschttemperaturen unter 30°C eingestellt werden können. Diese Umfrage gibt daher nur beschränkte Informationen über die Möglichkeit, bei 20°C zu waschen.

Wie die Umfrage des Öko-Instituts zeigt, besteht nur bei wenigen der derzeit angebotenen Waschmaschinen die Möglichkeit, Normalwäsche bei niedrigeren Waschttemperaturen als 30°C zu waschen. Bei Anbietern, die Waschmaschinen vorwiegend in der Schweiz vertreiben, ist die Möglichkeit bei 20°C oder Leitungstemperatur zu waschen, etwas verbreiteter als bei den anderen Anbietern und besteht auch schon seit längerer Zeit. Viele Anbieter bieten erst seit wenigen Jahren Waschmaschinen mit entsprechenden Programmen. Zum derzeitigen Zeitpunkt ist die Möglichkeit, Normalwäsche bei 20°C zu waschen, waschmaschinenseitig (im Bestand) schwer einzuschätzen bzw. tendenziell nur bei sehr wenigen Waschmaschinen gegeben.

2.4 Schlussfolgerungen: one-click-down-Szenario

Unter Berücksichtigung der Waschleistung moderner Waschmittel und der Hygieneaspekte wird angenommen, dass grundsätzlich bei jedem Waschgang anstatt der durchschnittlichen Waschtemperatur, eine Waschtemperatur gewählt werden kann, die um eine Stufe unter der bisher gewählten liegt (**one-click-down-Szenario**).

Allerdings verfügen die meisten Waschmaschinen im Bestand derzeit wahrscheinlich nicht über ein 20°C-Programm für Normalwäsche. Ein Kaltwaschprogramm, in dem gar keine Erhitzung des Waschwassers erfolgt und dadurch bei Leitungstemperatur gewaschen wird, ist zwar etwas häufiger vorhanden. Da die Leitungstemperatur vor allem im Winter jedoch deutlich unter 20°C liegen kann, ist damit eine entsprechend gute Waschleistung nicht unbedingt gewährleistet.

Das one-click-down-Szenario wird daher in so fern eingeschränkt, dass bisher bei 30°C gewaschene Wäsche auch weiterhin bei 30°C gewaschen wird. Wäsche, die bisher bei Temperaturen unter 30°C gewaschen wurde, wird auch weiterhin bei dieser Temperatur (Annahme: 20°C) gewaschen.

Das one-click-down-Szenario wird konkret wie folgt definiert:

- bisher bei 90°C/95°C gewaschene Wäsche kann zukünftig bei 60°C gewaschen werden,
- bisher bei 60°C gewaschene Wäsche kann zukünftig bei 40°C gewaschen werden,
- bisher bei 40°C gewaschene Wäsche kann zukünftig bei 30°C gewaschen werden,
- bisher bei 30°C gewaschene Wäsche wird auch zukünftig bei 30°C gewaschen,
- Wäsche die bisher bei Temperaturen unter 30°C gewaschen wurde, wird auch weiterhin bei dieser Temperatur (Annahme: 20°C) gewaschen.

Die konkrete Waschtemperaturverteilung ist in Kapitel 1.6 sowohl für durchschnittliche Waschtemperaturen als auch für das one-click-down-Szenario dargestellt.

Da einzelne Haushalte durchaus eine Waschmaschine besitzen können, die Normalwäsche bei 20°C ermöglicht, soll in einer **Sensitivitätsanalyse** der Stromverbrauch eines solchen Haushalts berechnet werden und das resultierende Einsparpotenzial gegenüber dem durchschnittlichen und dem one-click-down-Szenario (vgl. Kapitel 1.6.4, die Sensitivitätsanalyse wird nur für das Waschmittelkonzept *Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel)* durchgeführt).

3 Modellierung und Datenbasis

3.1 Stromverbrauch

Idealerweise sollte für die Berechnungen der Stromverbrauch von Waschmaschinen *im Bestand* zu Grunde gelegt werden.⁴⁷ Die Ermittlung der durchschnittlichen Verbrauchswerte ist schwierig, da sich die Waschmaschinen im Bestand sowohl hinsichtlich ihres Baujahrs als auch ihrer Energieeffizienz unterscheiden. Die Datenbasis zum Stromverbrauch von Waschmaschinen im Bestand ist entsprechend sehr unbefriedigend, daher muss eine Abschätzung vorgenommen werden.

Der Stromverbrauch pro Waschgang unterscheidet sich hinsichtlich des gewählten Waschprogramms⁴⁸ und ist im Wesentlichen von der gewählten Waschtemperatur abhängig.

Entsprechend den in Kapitel 1.6.3 diskutierten Vereinfachungen bei der durchschnittlichen und niedrigeren Waschtemperaturwahl⁴⁹, beschränkt sich die folgende Ableitung auf den Stromverbrauch der Normalwaschprogramme von Waschmaschinen im Bestand (maximale Beladung von 5 kg) bei unterschiedlichen Waschtemperaturen und bei empfohlener Beladung.

Die derzeit hauptsächlich genutzten und in entsprechenden Erhebungen differenzierten Waschtemperaturen sind 90/95°C, 60°C, 40°C und 30°C. Es existieren Daten zum durchschnittlichen Stromverbrauch von Waschmaschinen im Bestand in Deutschland für das Jahr 2001 (IKW 2002b). Es ist allerdings anzunehmen, dass sich aufgrund des Ersatzes von älteren Waschmaschinen durch neue, sparsamere Modelle der durchschnittliche Verbrauch im Bestand seither reduziert hat. Zum Stromverbrauch bei niedrigeren Temperaturen (20°C oder Leitungstemperatur) liegen kaum Daten vor, da erst in den letzten Jahren waschmaschinenseitig überhaupt die Möglichkeit besteht, Normalwäsche (z.B. Baumwolle oder Buntwäsche) bei diesen Temperaturen zu waschen (vgl. Kapitel 2.3).

⁴⁷ *Waschmaschinen im Bestand* sind die Waschmaschinen, die (derzeit) in den Haushalten vorhanden sind. Im Gegensatz dazu bezeichnet das *Marktangebot* Neumaschinen, die (derzeit) auf dem Markt angeboten werden.

⁴⁸ Normalwaschprogramme (Baumwolle, Koch-/Buntwäsche etc.), Sonderprogramme (Pflegerleicht, Wolle, Seide etc.)

⁴⁹ Alle Waschgänge pro Jahr werden in Normalwaschprogrammen unterschiedlicher Waschtemperaturen in Waschmaschinen mit einer maximalen Beladung von 5 kg gewaschen. Potenzielle Minderbeladung von Normalwaschprogrammen wird nicht berücksichtigt.

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über den durchschnittlichen Stromverbrauch im Bestand in 2001 (IKW 2002b) und den durchschnittlichen Stromverbrauch von Waschmaschinen, die 1990, 1995, 2000 und 2004 angeboten wurden (aus Rüdener und Gensch 2004). Die Stromverbrauchswerte durchschnittlicher Waschmaschinen, die zu verschiedenen Zeitpunkten angeboten wurden (Marktangebot der Jahre 1990, 1995, 2000 und 2004), wurden im Rahmen der zitierten Studie in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Hausgeräteverband (European Committee of Domestic Equipment Manufacturers, CECED) aus verschiedenen Datenquellen zusammengestellt.⁵⁰ Ziel war es, zu prüfen, in wie fern sich der (vorzeitige) Ersatz älterer Waschmaschinen im Bestand unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten lohnt. Die Studie wurde veröffentlicht und kann unter www.oeko.de herunter geladen werden.

Tab. 20 Stromverbrauch von Waschmaschinen differenziert nach Waschtemperatur und Baujahr in kWh pro 5 kg-Waschgang (IKW 2002b und Rüdener u. Gensch 2004)

	Bestand 2001	Marktangebot 1990	Marktangebot 1995	Marktangebot 2000	Marktangebot 2004
<i>Einheit</i>	<i>kWh pro 5-kg-Waschgang</i>				
90°C/95°C	2,15	2,20	1,90	1,80	1,60
60°C	1,34	1,35	1,15	1,10	0,95
40°C	0,71	0,75	0,65	0,60	0,50
30°C	0,42	0,45	0,40	0,40	0,35

Zur Berechnung des Stromverbrauchs, der Gesamtumweltauswirkungen und der Kosten der betrachteten Alternativen wird der Stromverbrauch von Waschmaschinen im Bestand in 2005 abgeschätzt.

Der Stromverbrauch von Waschmaschinen im Bestand in 2001 lag in etwa bei dem des Marktangebots aus dem Jahr 1990, also von etwa 10 Jahre alten Waschmaschinen. In der vorliegenden Studie wird daher entsprechend zur Abschätzung des Stromverbrauchs von Waschmaschinen im Bestand in 2005 der Stromverbrauch von Waschmaschinen, die in 1995 angeboten wurden, angenommen.

⁵⁰ Die Werte basieren hauptsächlich auf Daten von Stamminger (2004) und Miele (2005). Zusätzlich wurden Daten von NEI (2001), NEI (2004), StiWa (2004) und Schlohmann et al. (2001) berücksichtigt. Die Daten wurden teilweise gemessen, teilweise aus publizierten Verbrauchsdaten entnommen und teilweise extrapoliert.

Der Stromverbrauch für Normalwäsche bei 20°C wird nach Rüdener et al. (2004) mit 0,25 kWh pro 5 kg-Waschgang angenommen. Dieser Wert ist mit Hilfe physikalischer Daten (Art und Wärmekapazität der Baumaterialien der Waschmaschine, des Waschwassers und des Waschguts, Temperaturdifferenz zwischen Leitungstemperatur nach EN 60456 (15°C und 20°C) berechnet und stellt somit eine plausible Abschätzung des Stromverbrauchs dar. Dies ist eine konservative Abschätzung, da viele Waschmaschinen im Bestand nur oder auch die Möglichkeit zur Kaltwäsche (also bei Leitungstemperatur) bieten und hier der Stromverbrauch noch geringer sein sollte (nur mechanischer Energieverbrauch, der auf ca. 0,19 kWh pro 5 kg-Waschgang geschätzt wird).

Für Österreich und die Schweiz liegen keine eigenen Daten vor. Es ist jedoch anzunehmen, dass die durchschnittlichen Verbrauchswerte der Waschmaschinen im Bestand in Deutschland auf die Waschmaschinen im Bestand in diesen Ländern übertragbar sind (vgl. auch Schröder 2006).

Folgende Tabelle zeigt die in der Studie angenommenen Werte für den Stromverbrauch von Waschmaschinen im Bestand in 2005 im Überblick. Die Daten dienen zusammen mit den Daten zur Nutzung unterschiedlicher Waschttemperaturen und Daten zur Strombereitstellung der Berechnung des mit den untersuchten Alternativen verbundenen Stromverbrauchs und den entsprechenden Umweltauswirkungen und Kosten.

Tab. 21 In der Studie angenommene Werte für den Stromverbrauch in kWh pro 5-kg-Waschgang (eigene Annahme nach IKW (2002b), Rüdener und Gensch (2004) und Rüdener et al. (2004))

	Bestand D, A, CH 2005
<i>Einheit</i>	<i>kWh pro 5 kg-Waschgang</i>
90°C/95°C	1,90
60°C	1,15
40°C	0,65
30°C	0,40
20°C	0,25

3.2 Wasserverbrauch

Der Wasserverbrauch wird durch die Waschttemperatur nur unwesentlich beeinflusst. Zum Wasserverbrauch von Waschmaschinen im Bestand liegen keine öffentlich zugänglichen Daten vor. Entsprechend den Annahmen zum Stromverbrauch wird als Abschätzung des Wasserverbrauchs im Bestand in 2005 der Wasserverbrauch von Waschmaschinen, die in

1995 angeboten wurden, angenommen. Dieser betrug 79 Liter pro Waschgang (Rüdenauer u. Gensch 2004). Dieser Wert wird einheitlich für alle Waschttemperaturen und alle drei betrachteten Länder angenommen.

Der Wasserverbrauch dient zusammen mit der jährlichen Anzahl an Waschgängen und Daten zur Wasserbereitstellung der Berechnung der mit den untersuchten Alternativen verbundenen Umweltauswirkungen und Kosten.

3.3 Waschmitteldosierung

Die Waschmitteldosierung wurde entsprechend Angaben von Procter & Gamble für mittlere Wasserhärte und normale Verschmutzung mit 95 g pro Waschgang (Ariel kalt-aktiv regulär, Voll- und Colorwaschmittel), 75 g pro Waschgang (Ariel kalt-aktiv kompakt, Voll- und Colorwaschmittel) bzw. 80,3 g pro Waschgang (entspricht 75 ml, Ariel kalt-aktiv flüssig, Voll- und Colorwaschmittel) angenommen. Die Angaben zur Dosierung der Waschmittelkonzepte gelten für alle drei betrachteten Länder.

Die Waschmitteldosierung dient zusammen mit der jährlichen Anzahl an Waschgängen und Daten zur Waschmittelbereitstellung der Berechnung der mit den untersuchten Alternativen verbundenen Umweltauswirkungen und Kosten.

3.4 Bereitstellung von Strom, Wasser und Waschmittel

Um die Umweltauswirkungen des betrachteten Systems berechnen zu können, müssen die jährlichen Verbrauchswerte an Strom, Wasser und Waschmittel mit den entsprechenden Vorketten zu ihrer Bereitstellung verknüpft werden.

Die Umweltauswirkungen, die durch die **Strombereitstellung** für den Waschprozess entstehen, werden mit Daten aus GEMIS 4.3 für Deutschland, Österreich und Schweiz modelliert (vgl. folgende Tabelle).

Tab. 22 Modellierung der Strombereitstellung in Deutschland, Österreich und Schweiz

Land	Prozess	Zeitlicher Bezug	Referenzen
Deutschland	EI-KW-Park-DE-2000	2000	Enquete 2002 EWI/Prognos AG 2005
Österreich	EI-KW-Park-AT-2000	2000	IEA 2003
Schweiz	EI-KW-Park-CH-2000	2000	IEA 2003

Die Umweltauswirkungen, die durch die **Bereitstellung von Trinkwasser** für den Waschprozess entstehen, werden mit Hilfe des Stromverbrauchs für Pumpenenergie und Aufbereitung modelliert (nach Jolliet et al. 2002). Nicht einbezogen werden eventuell benötigte

Prozesschemikalien (z.B. Ozon, Wasserstoffperoxid). Es wird für alle drei Länder derselbe Wert angenommen (vgl. Tab. 23).

Tab. 23 Stromverbrauch zur Trinkwasserbereitstellung (Jolliet et al. 2002)

	Stromverbrauch
Energie für Pumpen	0,35 kWh/m ³
Wasseraufbereitung	0,41 kWh/m ³
<i>Summe</i>	<i>0,76 kWh/m³</i>

Die **Waschmittelbereitstellung** wird für die sechs betrachteten Waschmittelkonzepte differenziert dargestellt:

- „Ariel kalt-aktiv“ (Vollwaschmittel) in den Produktformen *Regulärpulver*, *Kompaktpulver* und *Flüssigwaschmittel*, sowie
- „Ariel color&style kalt-aktiv“ (Colorwaschmittel) in den Produktformen *Regulärpulver*, *Kompaktpulver* und *Flüssigwaschmittel*.

Bei der Waschmittelbereitstellung wird die Bereitstellung der Waschmittelinhaltsstoffe, die Waschmittelkonfektionierung (Eingangslager, Sprühturm, Mischen und Abpacken, vgl. Franke et al. 1995a) sowie die Bereitstellung der Verpackungsmaterialien einbezogen.

Die Angaben zur Bereitstellung der Waschmittelkonzepte gelten für alle betrachteten Alternativen und für alle drei betrachteten Länder.

Daten zur **Zusammensetzung** von regulären, superkompakten und flüssigen Voll- und Colorwaschmitteln wurden von Procter & Gamble Service GmbH bereitgestellt (die verwendeten Rezepturen sind in Tab. 4 im vertraulichen Anhang aufgeführt). Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die in den verschiedenen Waschmittelkonzepten enthaltenen Inhaltsstoffe und die Datengrundlage zur Modellierung dieser Inhaltsstoffe. Im oberen Teil der Tabelle sind die Inhaltsstoffe aufgeführt, für die Inventare zur Verfügung stehen, im unteren Teil der Tabelle die Inhaltsstoffe, für die keine Inventare zur Verfügung stehen.

Tab. 24 Inhaltsstoffe und Modellierung der Waschmittelkonzepte

Inhaltsstoff (Quelle)	Ariel kalt-aktiv Vollwaschmittel			Ariel kalt-aktiv color&style			Kommentar/ modelliert als
	reg	komp	fl	reg	komp	fl	
Inventare vorhanden:							
Seife [1]	x	x	x	x	x		
LAS [1]	x	x	x	x	x	x	Fettalkylbenzol-sulfonate
FAS [1]	x	x		x	x		
FES [1]					x		FAS
Nichtion. Tenside / FAEO [1]	x	x	x	x	x	x	Fettalkohol-(7)-ethoxylate
Zeolith/Natriumaluminiumsilikat [2]	x	x		x	x		Zeolith A
Soda [3a, 3b]	x	x		x	x		
Natriumsilikat [2]	x	x		x	x		Natriummetasilikat
Polycarboxylate [1]	x	x		x	x		
Natriumpercarbonat [1]	x	x					
TAED [4]	x	x					
Enzyme [5]	x	x	x	x	x	x	Scourzyme L
Biphenylderivat [1]		x					DSBP
Stilbenderivat [1]	x	x	x				DAS-1
Cellulosederivate/CMC [1]	x	x		x	x		CMC (Carboxymethylcellulose)
Natriumsulfat [6]	x	x		x	x		
Natriumhydroxid [7a, 7b, 7c]		x	x		x	x	
Natriumbicarbonat [3a, 3b]				x	x		Soda
Paraffin [7d, 7e]	x	x		x	x		n-Paraffine
Citronensäure/Salze [4]	x	x	x	x	x	x	Natriumcitrat
Wasser [8]		x	x		x	x	
Natriumchlorid [9]	x	x		x	x		Steinsalz
Stärke [10]	x	x		x	x		Stärke frei Papierfabrik BRD
1,2- Propandiol [6]			x			x	Propylenglycol
Dimethyl-hydroxyethyl-ammoniumchlorid C8-C10 [1]						x	Estherquat
Diethylenglykol [7f, 7g]			x				Polyethylenglykole
SUMME (Massenanteile in %)⁵¹	97,22	87,80	96,36	98,09	96,57	85,88	

⁵¹ Gerundete Werte.

Inhaltsstoff (Quelle)	Ariel kalt-aktiv Vollwaschmittel			Ariel kalt-aktiv color&style			Kommentar/ modelliert als
	reg	komp	fl	reg	komp	fl	
Inventare nicht vorhanden:							
Phosphonate	x	x	x	x	x	x	
Zinkphthalocyaninsulfonat	x	x					
Duftstoffe	x	x	x	x	x	x	
Dimethylpolysiloxan/Silikon	x	x	x	x	x	x	
Borsäure			x			x	
Calciumchlorid						x	
Hydrogeniertes Rizinusöl			x			x	
Amine, C10-16 Alkyldimethyl, N-Oxid			x			x	
Ethanol			x			x	
Monoethanolamin			x			x	
transsulfiertes, ethoxyliertes Hexamethyldiamin			x			x	
Natriumcumolsulfonat			x				
Farbstoff			x			x	
Verschiedenes (Sorbitol und Silica)	x	x		x	x		
SUMME (Massenanteile in %)⁵¹	2,78	12,20	3,64	1,91	3,43	14,12	
SUMME (Massenanteile in %)⁵¹	100	100	100	100	100	100	

VWM = Vollwaschmittel, color&style = Colorwaschmittel, reg = regulär, komp = kompakt, fl = flüssig

Quellen:

- [1] Dall'Acqua et al. 1999
- [2] Fawer 1996
- [3] GaBi 3.2: [3a] GaBi 1996, [3b] Ullmann's 1997
- [4] Eberle und Gießhammer 2000
- [5] Gensch et al. 2003
- [6] GEMIS 4.1 (2003)
- [7] Umberto 5.0: [7a] APME 1994, [7b] PWMI 1994, [7c] Ullmann's 1987, [7d] Stalmans et al. 1995, [7e] Franke et al. 1995b, [7f] Umberto n.d., [7g] ISOPA 1997.
- [8] Jolliet et al. 2002
- [9] Quack et al. 2004
- [10] UBA 2000

Da insbesondere bei den Flüssigkonzentrationen von rund 12 % bzw. 14 % der Inhaltsstoffe keine Inventare vorliegen, wurden zur Abschätzung die modellierbaren Inhaltsstoffe aller Waschmittelkonzepte auf 100 % extrapoliert. D.h. der Massenanteil jedes modellierbaren Inhaltsstoffs wurde durch die Summe der Massenanteile aller modellierbaren Inhaltsstoffe geteilt und mit 100 multipliziert.

Publizierte Daten zur **Konfektionierung** von regulären, kompakten und flüssigen Waschmitteln gibt es leider nur in Franke et al. (1995), also Daten älteren Ursprungs. Mittlerweile dürfte das dort bilanzierte Sprühturmverfahren vom energetisch günstigeren Trockenmischverfahren abgelöst sein, so dass die verwendeten Energieverbrauchswerte tendenziell zu hoch sind. Da die Waschmittelkonfektionierung an der Waschmittelproduktion jedoch nur einen geringen Anteil hat, wird der Fehler als gering eingeschätzt. Entsprechend Eberle und Griebhammer (2000) ist in Franke et al. (1995) der Wert für die CO₂-Emissionen durch einen Übertragungsfehler um den Faktor 1000 zu niedrig angegeben. Die CO₂-Emissionen wurden daher um diesen Faktor korrigiert.

Die **Zusammensetzung der Verpackung** von superkompakten und flüssigen Waschmitteln wurde entsprechend vertraulichen Angaben von Procter & Gamble für einen Karton (54 Waschladungen) bzw. eine Flasche (40 Waschladungen) angenommen (vergleiche Tab. 3 im vertraulichen Anhang). Die Zusammensetzung der Verpackung von regulären Waschmitteln wurde aus diesen Daten mit Hilfe von Angaben in Eberle und Griebhammer (1997) abgeschätzt (11 % mehr Material als bei superkompakten Waschmitteln).

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Annahmen bzgl. der betrachteten Waschmittelsysteme.

Tab. 25 Annahmen bzgl. der betrachteten Waschmittelsysteme

	Ariel regulär kalt-aktiv (VWM und color&style)	Ariel kompakt kalt-aktiv (VWM und color&style)	Ariel flüssig kalt-aktiv (VWM und color&style)
Packungsgröße	54 Waschladungen	54 Waschladungen	40 Waschladungen
Formulierung	Vertrauliche Daten von P&G	Vertrauliche Daten von P&G	Vertrauliche Daten von P&G
Konfektionierung	Franke et al. (1995), Eberle / Griebhammer (2000)	Franke et al. (1995), Eberle / Griebhammer (2000)	Franke et al. (1995), Eberle / Griebhammer (2000)
Verpackung pro Packung	Vertrauliche Daten P&G zu kompakten Waschmitteln + 11%	Vertrauliche Daten P&G	Vertrauliche Daten P&G
Dosierung pro Waschgang	95 g	75 g	80,3 g (75 ml)

VWM = Vollwaschmittel, color&style = Colorwaschmittel

3.5 Abwasserbehandlung

Das Abwasser aus dem privaten Waschprozess wird in Deutschland und der Schweiz zum überwiegenden Teil in öffentlichen Kläranlagen behandelt. In Österreich liegt der Anteil etwas niedriger. Der Anteil an Kläranlagen, die nur über eine primäre Behandlung (mechanische Abwasserbehandlung) verfügen, ist in allen Ländern quasi nicht mehr existent, der überwiegende Anteil des Abwassers wird in Kläranlagen mit biologischer Abwasserbehandlung mit gezielter Nährstoffelimination behandelt (vgl. Tab. 26).

Tab. 26 Bevölkerungsanteile, die nicht bzw. an primäre, sekundäre und tertiäre Abwasserbehandlung angeschlossen sind (Stat. BA 2006 a, UBA 2005:204, Eurostat 2006)

	D	A	CH
<i>Bezugsjahr</i>	<i>2001</i>	<i>1998</i>	<i>2000</i>
nicht an kommunale Abwasserbehandlung angeschlossen	5%	19%	4%
Primäre Behandlung (mechanische Abwasserbehandlung)	0%	0%	0%
sekundäre Behandlung (biologische Abwasserbehandlung ohne gezielte Nährstoffelimination)	5%	17%	22%
tertiäre Behandlung (biologische Abwasserbehandlung mit gezielter Nährstoffelimination)	90%	64%	74%
SUMME	100%	100%	100%

Die Abwasserbelastung mit Phosphor- und Stickstoffverbindungen, die zur Eutrophierung beitragen, wird mit Hilfe stöchiometrischer Berechnungen aus den eingesetzten Waschmittelinhaltsstoffen errechnet (vgl. Tab. 27).

Tab. 27 P- und N-Anteile (in Gewichtsprozent) der Waschmittelinhaltsstoffe⁵²

	tot-P	tot-N
Inhaltsstoff		
TAED		12,3%
Phosphonate	30,1%	
Zinkphthalocyaninsulfonat		11,4%
Amine, C10-16 Alkyldimethyl, N-Oxid		5,9%
Dimethyl-hydroxyethyl-ammoniumchlorid C8-C10		5,9%
Monoethanolamin		22,6%

⁵² Gerundete Zahlen, bei der weiteren Berechnung wurde mit den Originalwerten gerechnet.

Die Modellierung der Elimination der Phosphor- und Stickstoffverbindungen erfolgt mit Hilfe der entsprechenden Module aus der Datenbank der Software Umberto 5.0 ® (für Phosphorverbindungen) bzw. über die Reinigungsleistung des Klärwerks Berlin Ruhleben (für Stickstoffverbindungen; Reinigungsleistung: 84,1 %).⁵³

Der Chemische Sauerstoffbedarf (CSB) wurde vernachlässigt, da in heutigen Kläranlagen der CSB der Abwässer *nach* der Abwasserbehandlung weitgehend unabhängig ist vom CSB der Abwässer, die in die Kläranlage einfließen (da der Prozess entsprechend gesteuert und bei zu geringer organischer Fracht der zu behandelnden Abwässer teilweise sogar mit organischer Substanz „nachgefüttert“ wird) (Boeije und Klein 2004). Dies gilt allerdings nur für Haushaltsabwässer, die in Kläranlagen behandelt werden. Der CSB der Abwässer aus Haushalten, die nicht an Kläranlagen angeschlossen sind, wird vernachlässigt, wodurch das Eutrophierungspotenzial des Abwassers geringfügig zu niedrig eingeschätzt wird.

3.6 Aquatoxizität

Im Rahmen der Untersuchung wurde ausschließlich die Aquatoxizität der geklärten Waschabwässer in die Bewertung einbezogen. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, da nicht für alle Wasseremissionen, die entlang des Produktlebenswegs anfallen, valide Toxizitätsdaten zur Verfügung standen. Sie kann aber auch dadurch gerechtfertigt werden, dass die Waschabwässer für mindestens die Hälfte des Aquatoxizitätspotenzials beim Waschen verantwortlich zeigen: Laut Dewaele et al. (2006) tragen Waschabwässer bei regulären Vollwaschmitteln zu 45 % bis 60 % zum Aquatoxizitätspotenzial bei, bei Flüssigwaschmitteln zu 77 % bis 84 %.

Zur Kalkulation der Abbaurate der einzelnen Waschmittelinhaltsstoffe wurden die Degradation Factors (DF) der DID-Liste zugrunde gelegt (vgl. Tab. 28).

⁵³ Vgl. http://bwb.de/deutsch/unternehmen/reinigungsleistung_klaerwerk_ruhleben.html, Website zuletzt besucht am 6. Juli 2006.

Tab. 28 Abbauraten von Waschmittelinhaltsstoffen nach DID-Liste⁵⁴

Inhaltsstoff	DF	DID-Nr.
Seife	0,05	15
LAS	0,05	1
FAS	0,05	7
FES	0,05	8
Nichtion, Tenside/ FAEO	0,05	28
Zeolith/Natriumaluminiumsilikat	1	114
Soda/Natriumcarbonat	0,15	122
Natriumsilikat	1	124
Polycarboxylate	1	116
Natriumperborat-Tetrahydrat	1	126
Natriumpercarbonat	0,15	127
TAED	0,05	128
Phosphonate (Hydroxyethandiphosphonsäure, Na-Salz)	1	119
Enzyme	0,05	141
Optische Aufheller: Zn-Phthalocyaninsulfonat	1	147
Optische Aufheller: FWA1	1	149
Optische Aufheller: FWA5	1	150
Cellulosederivate/CMC	0,5	132
Duftstoffe	0,5	142
Natriumsulfat	1	133
Natriumhydroxid	0,05	140
Natriumbicarbonat	0,15	122
Paraffin	1	111
Dimethylpolysiloxan/Silikon	1	110
Citronensäure/Salze	0,05	115
Natriumchlorid (60% Miscelaneous)	1	134
Stärke (30% Miscelaneous)	1	144
Calciumchlorid	1	134
Amine, C10-16 Alkyldimethyl, N-Oxid	0,05	62
Dimethyl-hydroxyethyl-ammoniumchlorid C8-C10	0,05	71
Ethanol	0,05	129
Diethylenglykol	0,15	169
Monoethanolamin	0,05	130
Natriumcumolsulfonat	0,5	139
Farbstoff	1	143

⁵⁴ Quelle: http://europa.eu.int/comm/environment/ecolabel/product/pg_did_list_en.htm, Version 30 June 2004.

Das Aquatotoxizitätspotenzial wurde dann nach CML 1992 (Heijungs 1992) berechnet (vgl. Kap. 1.9.6). Die hierfür verwendeten Toxizitätswerte (LC/EC50), Sicherheitsfaktoren (SF), Toxizitätsfaktoren (TF) und Charakterisierungsfaktoren (CF) sowie zugehörige DID-Nummern sind in Tab. 29 wiedergegeben.

Tab. 29 Verwendete Toxizitätswerte (LC/EC50), Sicherheitsfaktoren (SF), Toxizitätsfaktoren (TF) und Charakterisierungsfaktoren (CF) sowie zugehörige DID-Nummern⁵⁵

	LC50 / EC50	NOEC	SF	TF	CF	DID-Nr.
<i>Unit</i>	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>		<i>mg/l</i>	<i>m³/g</i>	
Seife	22	10	100	0,1	0,01	15
LAS	4,1	0,69	10	0,069	0,01449 2754	1
FAS	27	1,7	50	0,034	0,02941 1765	7
FES	4,6	0,1	10	0,01	0,1	8
Nichtion. Tenside/ FAEO	0,63	0,24	10	0,024	0,04166 6667	28
Zeolith/Natriumaluminium- silikat	1000	175	50	3,5	0,00028 5714	114
Soda/Natriumcarbonat	250	-	1000	0,25	0,004	122
Natriumsilikat	250	-	1000	0,25	0,004	124
Polycarboxylate	200	106	10	10,6	9,43396 E-05	116
Natriumperborat-Tetrahydrat	14	-	1000	0,014	0,07142 8571	126
Natriumpercarbonat	250	-	1000	0,25	0,004	127
TAED	250	500	100	5	0,0002	128
Phosphonate (Hydroxyethan- diphosphonsäure, Na-Salz)	650	25	50	0,5	0,002	119
Enzyme	25	-	5000	0,005	0,2	141
Optische Aufheller: Zn- Phthalocyaninsulfonat	0,2	0,16	100	0,0016	0,625	147
Optische Aufheller: FWA1	11	10	100	0,1	0,01	149
Optische Aufheller: FWA5	10	1	10	0,1	0,01	150
Cellulosederivate/CMC	250	-	5000	0,05	0,02	132
Duftstoffe	2	-	1000	0,002	0,5	142
Natriumsulfat	1000	100	100	1	0,001	133
Natriumhydroxid	30	-	1000	0,03	0,03333	140

⁵⁵ Quelle: http://europa.eu.int/comm/environment/ecolabel/product/pg_did_list_en.htm, Version 30 June 2004.

	LC50 / EC50	NOEC	SF	TF	CF	DID-Nr.
<i>Unit</i>	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>		<i>mg/l</i>	<i>m³/g</i>	
					3333	
Natriumbicarbonat	250	-	1000	0,25	0,004	122
Paraffin	1000	-	10000	0,1	0,01	111
Dimethylpolysiloxan/Silikon	250	-	1000	0,25	0,004	110
Citronensäure/Salze	825	80	50	1,6	0,00062 5	115
Natriumchlorid	1000	100	100	1	0,001	134
Stärke	100	-	1000	0,1	0,01	144
Calciumchlorid	1000	100	100	1	0,001	134
Amine, C10-16 Alkyldimethyl, N-Oxid	0,3	-	1000	0,0003	3,33333 3333	62
Dimethyl-hydroxyethyl- ammoniumchlorid C8-C10	2,9	1	10	0,1	0,01	71
Ethanol	1000	-	1000	1	0,001	129
Diethylenglykol	4400	-	10000	0,44	0,00227 2727	169
Monoethanolamin	90	0,78	100	0,0078	0,12820 5128	130
Natriumcumolsulfonat	66	-	10000	0,0066	0,15151 5152	139
Farbstoff	10	-	1000	0,01	0,1	143

Grundsätzlich wurden alle Waschmittelinhaltsstoffe berücksichtigt mit Ausnahme von Bor-säure, Rizinusöl, 1,2-Propandiol sowie transsulfiertem ethoxyliertem Hexamethyldiamin, für die keine NOEC bzw. LC/EC50 verfügbar waren.

4 Ergebnisse

4.1 Stromverbrauch und Einsparpotenziale pro Waschgang

In Kapitel 3.1 wurde der Stromverbrauch der Normalwaschprogramme von Waschmaschinen im Bestand (maximale Beladung von 5 kg) bei unterschiedlichen Waschttemperaturen und bei optimaler Beladung abgeleitet.

Die Daten, aus denen der *durchschnittliche* Stromverbrauch im Bestand in 2005 abgeleitet wurde, geben die Bandbreite des Stromverbrauchs von Waschmaschinen wieder, die derzeit in privaten Haushalten genutzt werden. Die folgende Tabelle zeigt erneut die absoluten Stromverbrauchswerte (vgl. Tab. 20), beim Marktangebot 2004 wurde zusätzlich der Stromverbrauch eines 20°C-Waschgangs ergänzt. Zusätzlich werden die entsprechenden Einsparpotenziale pro Waschgang im Vergleich zum 60°C-Normalwaschprogramm und im Vergleich zum 40°C-Normalwaschprogramm berechnet.

Tab. 30 Absoluter und relativer Stromverbrauch von Waschmaschinen differenziert nach Waschttemperatur und Baujahr (IKW 2002b und Rüdener u. Gensch 2004)

	Bestand 2001	Marktangebot 1990	Marktangebot 1995 (und Bestand 2005)	Marktangebot 2000	Marktangebot 2004
<i>Absoluter Stromverbrauch (in kWh pro 5 kg-Waschgang)</i>					
90°C/95°C	2,15	2,20	1,90	1,80	1,60
60°C	1,34	1,35	1,15	1,10	0,95
40°C	0,71	0,75	0,65	0,60	0,50
30°C	0,42	0,45	0,40	0,40	0,35
20°C					0,25
<i>Mehrverbrauch bzw. Einsparpotenzial an Strom (in %, relativ zu 60°C)</i>					
90°C/95°C	60%	63%	65%	64%	68%
60°C	0%	0%	0%	0%	0%
40°C	-47%	-44%	-43%	-45%	-47%
30°C	-69%	-67%	-65%	-64%	-63%
20°C					-74%
<i>Mehrverbrauch bzw. Einsparpotenzial an Strom (in %, relativ zu 40°C)</i>					
90°C/95°C	203%	193%	192%	200%	220%
60°C	89%	80%	77%	83%	90%
40°C	0%	0%	0%	0%	0%
30°C	-41%	-40%	-38%	-33%	-30%
20°C					-50%

Je nach Alter der Waschmaschine kann bei einem Wechsel vom 60°C- auf das 40°C- Programm zwischen 43 % (Waschmaschine Baujahr 1995) und 47 % (Waschmaschine Baujahr 2004) Strom eingespart werden. Bei einem Wechsel vom 40°C- auf das 30°C- Programm kann je nach Alter der Waschmaschine zwischen 30 % (Waschmaschine Baujahr 2004) und 40 % (Waschmaschine Baujahr 1990) Strom eingespart werden.

4.2 Jährlicher Strom-, Wasser- und Waschmittelverbrauch

Der jährliche Strom-, Wasser- und Waschmittelverbrauch eines durchschnittlichen Haushalts wird mit Hilfe der Daten zum Strom-, Wasser- und Waschmittelverbrauch pro Waschgang (und ggf. Wascht Temperatur, vgl. Kapitel 3) und der Daten zur Wascht Temperaturwahl bei den betrachteten Alternativen „durchschnittliche Wascht Temperaturwahl“ und „one-click-down-Szenario“ (vgl. Kapitel 1.6) berechnet. Unterschiede zwischen den Alternativen ergeben sich lediglich beim Stromverbrauch, da angenommen wird, dass sowohl Wasserverbrauch als auch Waschmitteldosierung nicht von der Wascht Temperatur abhängig sind.

4.2.1 Verbrauchswerte pro Haushalt

Die folgenden Tabellen zeigen zunächst die jährlichen Verbrauchswerte (Strom, Wasser und Waschmittel) in einem durchschnittlichen Haushalt in Deutschland, Österreich und der Schweiz für das Wäschewaschen mit den betrachteten Waschmittelkonzepten. Es werden die Verbrauchswerte für durchschnittliche Wascht Temperaturwahl und one-click-down-Szenario dargestellt. Direkt im Anschluss wird das Einsparpotenzial durch das one-click-down-Szenario beim Stromverbrauch pro Haushalt (absolut und relativ zum Stromverbrauch fürs Wäschewaschen) dargestellt.

Tab. 31 Strom-, Wasser und Waschmittelverbrauch pro Haushalt und Jahr und Einsparpotenzial (absolut und relativ zum Stromverbrauch fürs Wäschewaschen) (Deutschland)⁵⁶

Alternative		Verbrauch an		
		Strom	Wasser	Waschmittel
Einheit		kWh p.a.	m ³ p.a.	kg p.a.
Ariel kalt-aktiv regulär, VWM und color&style				
Verbrauchswerte				
	Durchschnitt	142,3	13,0	15,6
	one-click-down	89,7	13,0	15,6
Einsparpotenzial				
	absolut	52,6	--	--
	relativ	37 %	--	--

⁵⁶ Gerundete Zahlen, bei weiteren Berechnungen wurde mit den Originalwerten gerechnet.

Alternative		Verbrauch an		
		Strom	Wasser	Waschmittel
	Einheit	kWh p.a.	m ³ p.a.	kg p.a.
Ariel kalt-aktiv kompakt, VWM und color&style				
	Verbrauchswerte			
	Durchschnitt	142,3	13,0	12,3
	one-click-down	89,7	13,0	12,3
	Einsparpotenzial			
	absolut	52,6	--	--
	relativ	37 %	--	--
Ariel kalt-aktiv flüssig, VWM und color&style				
	Verbrauchswerte			
	Durchschnitt	142,3	13,0	13,2
	one-click-down	89,7	13,0	13,2
	Einsparpotenzial			
	absolut	52,6	--	--
	relativ	37 %	--	--

Tab. 32 Strom-, Wasser und Waschmittelverbrauch pro Haushalt und Jahr und Einsparpotenzial (absolut und relativ zum Stromverbrauch fürs Wäschewaschen) (Österreich)⁵⁶

Alternative		Verbrauch an		
		Strom	Wasser	Waschmittel
	Einheit	kWh p.a.	m ³ p.a.	kg p.a.
Ariel kalt-aktiv regulär, VWM und color&style				
	Verbrauchswerte			
	Durchschnitt	143,4	13,0	15,6
	one-click-down	89,1	13,0	15,6
	Einsparpotenzial			
	absolut	54,3	--	--
	relativ	38 %	--	--
Ariel kalt-aktiv kompakt, VWM und color&style				
	Verbrauchswerte			
	Durchschnitt	143,4	13,0	12,3
	one-click-down	89,1	13,0	12,3
	Einsparpotenzial			
	absolut	54,3	--	--
	relativ	38 %	--	--
Ariel kalt-aktiv flüssig, VWM und color&style				
	Verbrauchswerte			
	Durchschnitt	143,4	13,0	13,2
	one-click-down	89,1	13,0	13,2
	Einsparpotenzial			
	absolut	54,3	--	--
	relativ	38 %	--	--

Tab. 33 Strom-, Wasser und Waschmittelverbrauch pro Haushalt und Jahr und Einsparpotenzial (absolut und relativ zum Stromverbrauch fürs Wäschewaschen) (Schweiz)⁵⁶

Alternative		Verbrauch an		
		Strom	Wasser	Waschmittel
Einheit		kWh p.a.	m ³ p.a.	kg p.a.
Schweiz				
Ariel kalt-aktiv regulär, VWM und color&style				
Verbrauchswerte				
	Durchschnitt	141,0	13,0	15,6
	one-click-down	87,2	13,0	15,6
Einsparpotenzial				
	absolut	53,7	--	--
	relativ	38 %	--	--
Ariel kalt-aktiv kompakt, VWM und color&style				
Verbrauchswerte				
	Durchschnitt	141,0	13,0	12,3
	one-click-down	87,2	13,0	12,3
Einsparpotenzial				
	absolut	53,7	--	--
	relativ	38 %	--	--
Ariel kalt-aktiv flüssig, VWM und color&style				
Verbrauchswerte				
	Durchschnitt	141,0	13,0	13,2
	one-click-down	87,2	13,0	13,2
Einsparpotenzial				
	absolut	53,7	--	--
	relativ	38 %	--	--

Der Stromverbrauch ist von den gewählten Waschttemperaturen abhängig und unterscheidet sich zwischen den betrachteten Ländern aufgrund der unterschiedlichen (durchschnittlichen) Waschtemperaturwahl geringfügig. Bei durchschnittlicher Waschtemperaturwahl werden bei allen Alternativen rund 140 kWh Strom pro Jahr verbraucht.

Der Wasserverbrauch liegt bei allen Varianten und Alternativen bei 13 m³ p.a. Er ist bei allen Alternativen identisch, da er weder von den gewählten Waschttemperaturen noch vom Waschmittelkonzept abhängt.

Der Waschmittelverbrauch unterscheidet sich lediglich hinsichtlich des genutzten Waschmittelkonzepts, da die Dosierung jeweils unterschiedlich ist. Es bestehen keine Unterschiede zwischen den Ländern oder den gewählten Waschttemperaturen. Er liegt zwischen 12,3 kg p.a. (bei kompaktem Pulverwaschmittel) und 15,6 kg p.a. (bei regulärem Pulverwaschmittel).

Die Alternativen „Durchschnitt“ und „one-click-down“ unterscheiden sich ausschließlich hinsichtlich ihres Stromverbrauchs. Wasser- und Waschmittelverbrauch sind jeweils

identisch. Durch niedrigere Temperaturwahl (one-click-down-Szenario) können pro Haushalt und Jahr 53 bis 54 kWh Strom (37 % bis 38 % des Stromverbrauchs fürs Wäschewaschen) eingespart werden (Deutschland: 37 %, Österreich und Schweiz: 38 %).

Tab. 34 vergleicht das Einsparpotenzial pro Haushalt mit dem Gesamtstromverbrauch pro Haushalt. Im Vergleich zum Gesamtstromverbrauch eines einzelnen Haushalts können zwischen knapp 1 % (Schweiz) und 1,5 % (Deutschland) eingespart werden (vgl. Tab. 34).

Tab. 34 Einsparpotenzial relativ zum Gesamtstromverbrauch eines privaten Haushalts (Gesamtstromverbrauch: vgl. Tab. 18 in Kapitel 1.9.7)

		Stromverbrauch und Einsparpotenzial	
Deutschland			
	Einsparpotenzial	52,6	kWh p.a.
	Gesamtstromverbrauch	3.589	kWh p.a.
	Relatives Einsparpotenzial	1,5	% des Gesamtstromverbrauchs
Österreich			
	Einsparpotenzial	54,3	kWh p.a.
	Gesamtstromverbrauch	4.374	kWh p.a.
	Relatives Einsparpotenzial	1,2	% des Gesamtstromverbrauchs
Schweiz			
	Einsparpotenzial	53,7	kWh p.a.
	Gesamtstromverbrauch	5.657	kWh p.a.
	Relatives Einsparpotenzial	0,9	% des Gesamtstromverbrauchs

4.2.2 Sensitivitätsanalyse: Vollständige Umsetzung des „one-click-down-Prinzips“

Folgende Tabelle zeigt die Verbrauchswerte (Strom, Wasser und Waschmittel) bei durchschnittlicher Waschtemperaturwahl und bei vollständiger Umsetzung des „one-click-down-Prinzips“. Die Sensitivitätsanalyse beschränkt sich auf einen deutschen Haushalt und auf Verwendung von Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel).

Tab. 35 Sensitivitätsanalyse: Strom-, Wasser und Waschmittelverbrauch pro Haushalt und Jahr und Einsparpotenzial (absolut und relativ zum Stromverbrauch fürs Wäschewaschen) (Deutschland)⁵⁶

Alternative		Verbrauch an		
		Strom	Wasser	Waschmittel
	Einheit	kWh p.a.	m ³ p.a.	kg p.a.
Ariel kalt-aktiv regulär VWM				
Verbrauchswerte				
	Durchschnitt	142,3	13,0	15,6
	one-click-down	85,0	13,0	15,6
Einsparpotenzial				
	absolut	57,3	--	--
	relativ	40%	--	--

Durch vollständige Umsetzung des one-click-down-Prinzips, d.h. wenn im Haushalt eine Waschmaschine vorhanden ist, mit der Normalwäsche bei 20°C gewaschen werden kann, können über 57 kWh und damit rund 40 % des Stromverbrauchs eingespart werden.

4.2.3 Verbrauchswerte und Einsparpotenziale auf nationaler Ebene

Mit Hilfe der Verbrauchswerte pro Haushalt, der Anzahl an Haushalten in den betrachteten Ländern (vgl. Tab. 72 im Anhang) und dem Marktanteil der verschiedenen Waschmittelkonzepte (P&G 2006, vgl. Tab. 1 und 2 im vertraulichen Anhang) lässt sich der jährliche Gesamtverbrauch an Strom, Wasser und Waschmitteln pro Land fürs Wäschewaschen bei durchschnittlicher und niedrigerer Waschtemperaturwahl und das entsprechende Einsparpotenzial berechnen (vgl. Tab. 35).⁵⁷

⁵⁷ Da außer den hier betrachteten Waschmittelkonzepten noch weitere Konzepte auf dem Markt erhältlich sind (z.B. Tabs, Pasten etc.), wurden die Marktanteile der hier betrachteten Konzepte auf 100 % extrapoliert.

Tab. 36 Gesamtverbrauch an Strom, Wasser und Waschmitteln und entsprechendes Einsparpotenzial bei niedrigerer Waschtemperaturwahl

	Strom	Wasser	Waschmittel
<i>Einheit</i>	<i>TWh p.a. (10⁹ kWh p.a.)</i>	<i>m³ p.a.</i>	<i>Tonnen p.a.</i>
Deutschland			
Gesamtverbrauch			
Durchschnitt	5,57	506.864.632	535.195
one-click-down-Szenario	3,51	506.864.632	535.195
Einsparpotenzial			
absolut	2,06	--	--
relativ	37%	--	--
Österreich			
Gesamtverbrauch			
Durchschnitt	0,49	44.432.602	48.409
one-click-down-Szenario	0,31	44.432.602	48.409
Einsparpotenzial			
absolut	0,19	--	--
relativ	38%	--	--
Schweiz			
Gesamtverbrauch			
Durchschnitt	0,44	40.363.122	43.005
one-click-down-Szenario	0,27	40.363.122	43.005
Einsparpotenzial			
absolut	0,17	--	--
relativ	38%	--	--

In den drei Ländern lassen sich durch das one-click-down-Szenario 37 % bis 38 % des Stromverbrauchs fürs Wäschewaschen einsparen (Deutschland: 37 %, Österreich und Schweiz: 38 %).

Beim Wasser- und Waschmittelverbrauch ergeben sich keine Unterschiede zwischen durchschnittlicher Waschtemperaturwahl und one-click-down-Szenario.

Der hier berechnete Gesamtverbrauch an Waschmitteln in Deutschland liegt mit rund 535.000 Tonnen etwas niedriger als der in IKW 2002a angegebene Wert von 635.000 Tonnen. Entweder lag in 2000 die tatsächliche Dosierung der Waschmittel pro Waschgang, oder der Marktanteil an regulären Waschmitteln höher als hier angenommen. Da zwischen den grundsätzlichen Alternativen jedoch keine Unterschiede bezüglich des Waschmittelverbrauchs bestehen, ist dies für die Fragestellung der vorliegenden Studie nicht relevant.

Tab. 37 setzt den Stromverbrauch durchs Wäschewaschen und das Einsparpotenzial durch niedrigere Waschttemperaturen in Beziehung zum Gesamtstromverbrauch privater Haushalte in den betrachteten Ländern (Gesamtstromverbrauch: vgl. Tab. 18 in Kapitel 1.9.7).

Tab. 37 Stromverbrauch durchs Wäschewaschen und Einsparpotenziale relativ zum Gesamtstromverbrauch privater Haushalte in Deutschland, Österreich und der Schweiz

	Deutschland	Österreich	Schweiz
Gesamtstromverbrauch privater Haushalte (vgl. Tab. 18)	140,4 TWh	15,0 TWh	17,6 TWh
Stromverbrauch durchs Wäschewaschen	5,57 TWh	0,49 TWh	0,44 TWh
<i>Anteil am Gesamtstromverbrauch privater Haushalte</i>	<i>4,0 %</i>	<i>3,3 %</i>	<i>2,5 %</i>
Einsparpotenzial	2,06 TWh	0,19 TWh	0,17 TWh
<i>Anteil am Gesamtstromverbrauch privater Haushalte</i>	<i>1,5 %</i>	<i>1,2 %</i>	<i>0,9 %</i>
<i>Einwohnerwerte</i>	<i>573.360</i>	<i>42.539</i>	<i>29.577</i>

In **Deutschland** werden jährlich knapp 5,6 TWh Strom durch das Wäschewaschen verbraucht. Dies macht etwa 4 % des jährlichen Gesamtstromverbrauchs der privaten Haushalte von rund 140 TWh aus. Etwa 1,5 % (2,06 TWh) dieses Stromverbrauchs könnten durch das one-click-down-Szenario eingespart werden, was dem Stromverbrauch von rund 570.000 Einwohnern (d.h. der Einwohnerzahl der Stadt Düsseldorf) entspricht.

In **Österreich** macht der jährliche Stromverbrauch durch das Wäschewaschen mit 0,5 TWh etwa 3,3 % des Gesamtstromverbrauchs privater Haushalte aus (15 TWh) aus. Etwa 1,2 % (0,19 TWh) davon könnten eingespart werden, was dem Stromverbrauch von rund 42.000 Einwohnern entspricht.

In der **Schweiz** werden etwa 0,44 TWh Strom durch Wäschewaschen verbraucht. Dies macht etwa 2,5 % des jährlichen Stromverbrauchs privater Haushalte (17,6 TWh) aus, von dem etwa 0,9 % (0,17 TWh) eingespart werden könnte, was dem Stromverbrauch von knapp 30.000 Einwohnern entspricht.

Die unterschiedlichen Anteile des Stromverbrauchs durch das Wäschewaschen und des Einsparpotenzials am durchschnittlichen Stromverbrauch eines privaten Haushalts resultiert aus dem unterschiedlichen Stromverbrauch pro Einwohner in den betrachteten Ländern (Deutschland: 1702 kWh p.a., Österreich: 1835 kWh p.a., Schweiz: 2377 kWh p.a.). Bei einem relativ geringen Stromverbrauch (Deutschland) sind der Anteil des Wäschewaschens und die entsprechenden Einsparungen höher als bei einem relativ hohen Stromverbrauch (Schweiz).

4.3 Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (Deutschland)

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (d.h. die Ressourceninanspruchnahme und die potenziellen Umweltauswirkungen) durch das jährliche Wäschewaschen in einem durchschnittlichen privaten Haushalt in Deutschland dargestellt. Die Ergebnisse beziehen sich auf die einbezogenen Prozesse (Bereitstellung von Strom, Wasser und Waschmittel und Abwasserentsorgung, vgl. Kapitel 1.7). Sie werden mit Hilfe der Strom-, Wasser- und Waschmittelverbrauchswerte pro Waschgang und den entsprechenden Vorketten, der Anzahl an Waschgängen (ggf. differenziert nach Wascht Temperatur) sowie den Annahmen zur Abwasserbehandlung berechnet.

Zunächst werden anhand einer Alternative (*Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär, Vollwaschmittel, durchschnittliche Wascht Temperaturwahl*) die **Anteile der betrachteten Prozesse an den verschiedenen Indikatorwerten** dargestellt. Bis auf die Ergebnisse beim Eutrophierungspotenzial sind die Unterschiede zu den Alternativen mit anderen Waschmittelkonzepten gering. Aufgrund der Übersichtlichkeit wird daher auf die detaillierte bildliche Darstellung aller Alternativen mit durchschnittlicher Wascht Temperaturwahl und auf die entsprechende Darstellung der one-click-down-Szenarien verzichtet.

Die zugehörigen Daten zum absoluten und relativen Anteil der Prozesse an den Gesamtauswirkungen der sechs Alternativen mit durchschnittlicher Wascht Temperaturwahl befinden sich direkt unterhalb der Beispielabbildung.⁵⁸

Die Darstellung dieser Ergebnisse dient dem besseren Verständnis der relativen Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario in den Wirkungskategorien.

Anschließend werden für jedes der sechs Alternativenpaare (entsprechend der sechs Waschmittelkonzepte) die **relativen Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario** bei den betrachteten Indikatoren dargestellt. Anhand der Alternative „*Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär, Vollwaschmittel, durchschnittliche Wascht Temperaturwahl*“ werden die relativen Einsparpotenziale in einer Abbildung dargestellt. Die entsprechenden absoluten und relativen Daten aller Alternativen befinden sich in Tabellen direkt unterhalb der Abbildung.

⁵⁸ Das one-click-down-Szenario wird nicht in detailliert aufgeführt.

Das **Aquatoxizitätspotenzial** wurde lediglich für die durch den Waschprozess selbst ins Abwasser gelangenden Substanzen bestimmt. Es wurde nicht für die Bereitstellungsprozesse von Strom, Wasser oder Waschmittel bestimmt (vgl. Kapitel 1.9.6). Dementsprechend gibt es zwischen den betrachteten Alternativen „durchschnittliche Waschttemperaturen“ und „one-click-down-Szenario“ keine Unterschiede beim Aquatoxizitätspotenzial und es ist damit für die Fragestellung der vorliegenden Studie nicht relevant.

Da jedoch Unterschiede aus der Art des genutzten Waschmittelsystems resultieren (reguläres, superkompaktes oder flüssiges Voll- bzw. Colorwaschmittel), wird das aquatische Toxizitätspotenzial in einem separaten Kapitel länderübergreifend diskutiert (vgl. Kapitel 4.6).

4.3.1 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen

Die folgende Abbildung zeigt die relativen Anteile der betrachteten Prozesse am Ressourcenverbrauch (KEA) und an den verschiedenen Wirkungsindikatoren (am Beispiel: *Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel) und durchschnittliche Waschttemperaturen*).

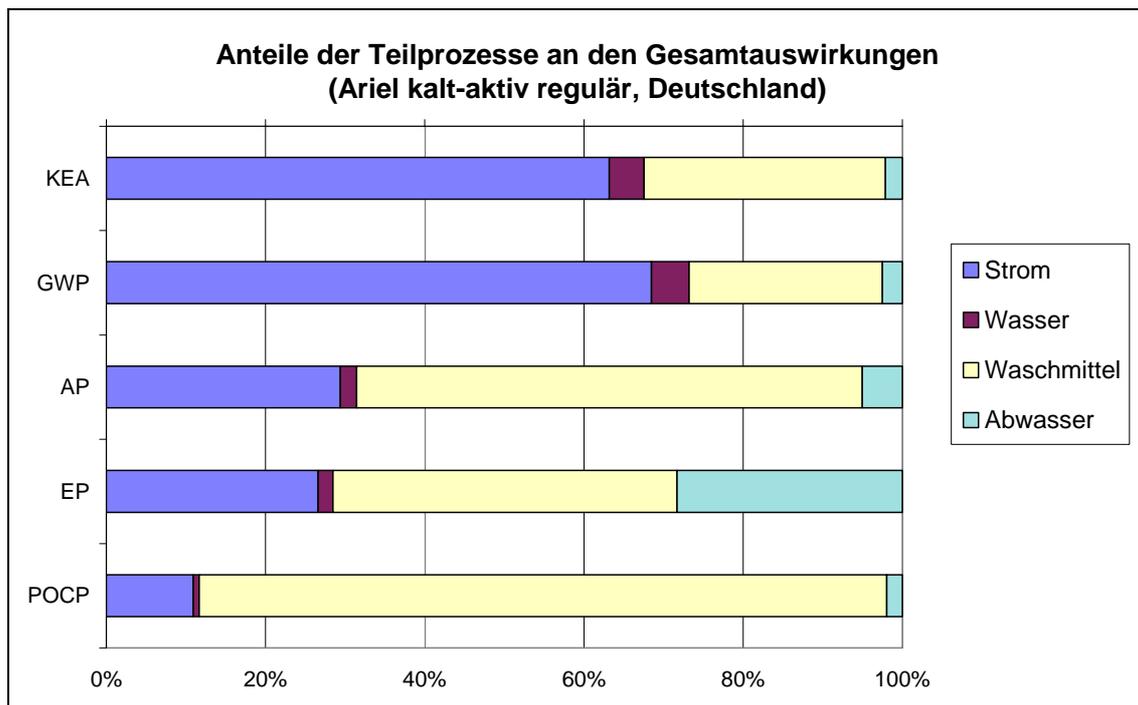


Abb. 4 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Deutschland) (*Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel), durchschnittliche Waschttemperaturen*)

Der Stromverbrauch ist bei den Indikatoren kumulierter Energieaufwand und Treibhauspotenzial besonders relevant (KEA: 63 %, GWP: 68 %). Beim Versauerungspotenzial und beim photochemischen Oxidantienbildungspotenzial ist die Waschmittelbereitstellung der

dominierende Prozess (AP: 64 %, POCP: 86 %). Beim Eutrophierungspotenzial trägt neben Waschmittel- und Strombereitstellung auch die Abwasserentsorgung einen wesentlichen Anteil (Strombereitstellung: 27 %, Waschmittelbereitstellung: 43 %, Abwasserentsorgung: 28 %). Würde man den CSB des Abwassers berücksichtigen, wäre der Anteil der Abwasserentsorgung am Eutrophierungspotenzial tendenziell etwas höher. Die Bereitstellung von Trinkwasser spielt beim kumulierten Energieaufwand und den betrachteten Wirkungskategorien nur eine untergeordnete Rolle (2 % bis 5 %).

Die folgenden Tabellen zeigen die jährliche Ressourceninanspruchnahme und die potenziellen Umweltauswirkungen bei den Alternativen mit durchschnittlicher Waschtemperaturwahl, differenziert nach Teilprozessen.

Tab. 38 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv regulär, durchschnittliche Waschtemperaturen) (Deutschland, vgl. Abb. 4)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	1489	89,2	0,17	0,012	0,010
Wasser	103	6,2	0,01	0,001	0,001
Waschmittel	714	31,6	0,38	0,019	0,081
Abwasser	50	3,2	0,03	0,012	0,002
<i>Summe</i>	<i>2356</i>	<i>130</i>	<i>0,60</i>	<i>0,044</i>	<i>0,093</i>
RELATIV					
Strom	63%	68%	29%	27%	11%
Wasser	4%	5%	2%	2%	1%
Waschmittel	30%	24%	64%	43%	86%
Abwasser	2%	2%	5%	28%	2%
<i>Summe</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

Tab. 39 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv kompakt, durchschnittliche Waschtemperaturen) (Deutschland, ohne Abbildung)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	1489	89,2	0,17	0,012	0,010
Wasser	103	6,2	0,01	0,001	0,001
Waschmittel	745	25,2	0,34	0,010	0,083
Abwasser	50	3,2	0,03	0,020	0,002
<i>Summe</i>	<i>2386</i>	<i>124</i>	<i>0,55</i>	<i>0,043</i>	<i>0,096</i>
RELATIV					
Strom	62%	72%	32%	27%	11%
Wasser	4%	5%	2%	2%	1%
Waschmittel	31%	20%	61%	23%	87%
Abwasser	2%	3%	5%	47%	2%
<i>Summe</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

Tab. 40 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv flüssig, durchschnittliche Waschttemperaturen) (Deutschland, ohne Abbildung)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	1489	89,2	0,17	0,012	0,010
Wasser	103	6,2	0,01	0,001	0,001
Waschmittel	402	15,1	0,27	0,005	0,062
Abwasser	50	3,2	0,03	0,010	0,002
<i>Summe</i>	<i>2044</i>	<i>114</i>	<i>0,49</i>	<i>0,028</i>	<i>0,074</i>
RELATIV					
Strom	73%	78%	36%	42%	14%
Wasser	5%	5%	2%	3%	1%
Waschmittel	20%	13%	56%	19%	83%
Abwasser	2%	3%	6%	36%	2%
<i>Summe</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

Tab. 41 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv regulär color&style, durchschnittliche Waschttemperaturen) (Deutschland, ohne Abbildung)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	1489	89,2	0,17	0,012	0,010
Wasser	103	6,2	0,01	0,001	0,001
Waschmittel	557	30,0	0,37	0,019	0,075
Abwasser	50	3,2	0,03	0,001	0,002
<i>Summe</i>	<i>2198</i>	<i>129</i>	<i>0,59</i>	<i>0,033</i>	<i>0,087</i>
RELATIV					
Strom	68%	69%	30%	36%	12%
Wasser	5%	5%	2%	2%	1%
Waschmittel	25%	23%	63%	59%	85%
Abwasser	2%	3%	5%	3%	2%
<i>Summe</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

Tab. 42 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv kompakt color&style, durchschnittliche Waschttemperaturen) (Deutschland, ohne Abbildung)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	1489	89,2	0,17	0,012	0,010
Wasser	103	6,2	0,01	0,001	0,001
Waschmittel	471	21,4	0,30	0,008	0,068
Abwasser	50	3,2	0,03	0,001	0,002
<i>Summe</i>	<i>2112</i>	<i>120</i>	<i>0,51</i>	<i>0,021</i>	<i>0,081</i>
RELATIV					
Strom	70%	74%	34%	55%	13%
Wasser	5%	5%	2%	4%	1%
Waschmittel	22%	18%	58%	37%	84%
Abwasser	2%	3%	6%	4%	2%
<i>Summe</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

Tab. 43 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv flüssig color&style, durchschnittliche Waschttemperaturen) (Deutschland, ohne Abbildung)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	1489	89,2	0,17	0,012	0,010
Wasser	103	6,2	0,01	0,001	0,001
Waschmittel	356	19,2	0,26	0,008	0,079
Abwasser	50	3,2	0,03	0,019	0,002
<i>Summe</i>	<i>1997</i>	<i>118</i>	<i>0,48</i>	<i>0,039</i>	<i>0,091</i>
RELATIV					
Strom	75%	76%	36%	30%	11%
Wasser	5%	5%	3%	2%	1%
Waschmittel	18%	16%	55%	20%	86%
Abwasser	2%	3%	6%	48%	2%
<i>Summe</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

4.3.2 Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario

Die folgende Abbildung zeigt das Einsparpotenzial durch das one-click-down-Szenario beim Ressourcenverbrauch (KEA) und bei den verschiedenen Wirkungsindikatoren (am Beispiel: *Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel), durchschnittliche Waschttemperaturen*).

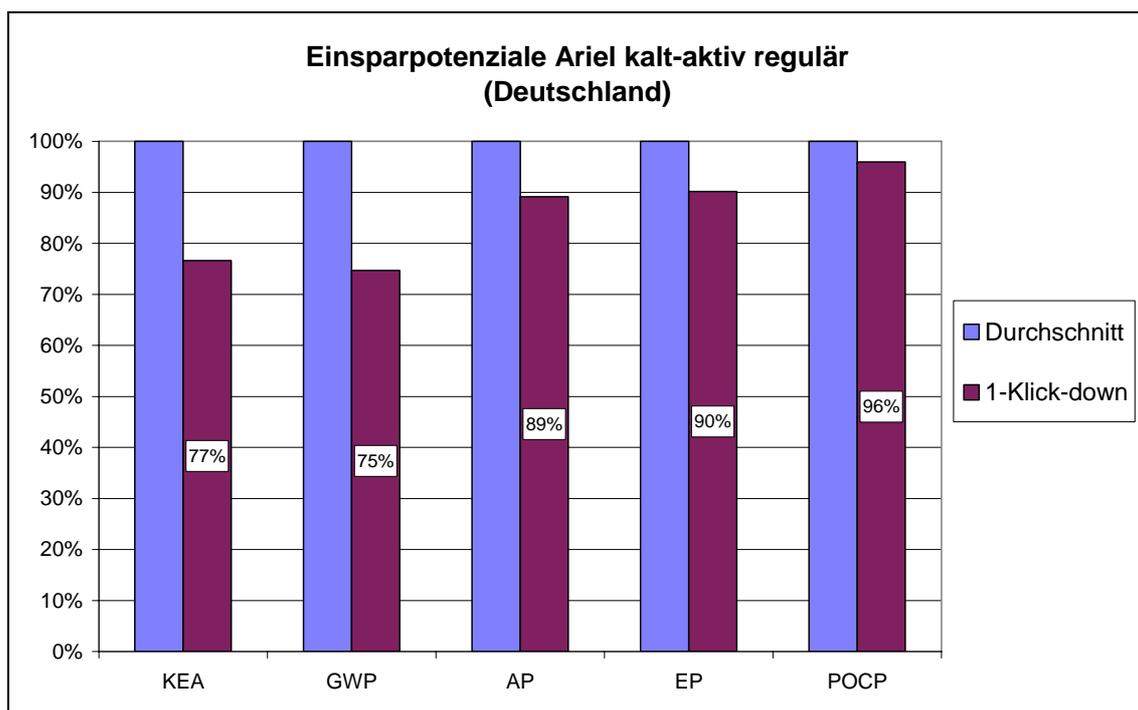


Abb. 5 Einsparpotenzial durch das one-click-down-Szenario (Deutschland) (Beispiel: *Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel), durchschnittliche Waschttemperaturen*).

Die Einsparpotenziale liegen je nach Wirkungskategorie zwischen 4 % (POCP) und 25 % (GWP). Die Einsparpotenziale sind ausschließlich auf den niedrigeren Stromverbrauch beim one-click-down-Szenario zurückzuführen. Die Unterschiede bei den Einsparpotenzialen sind dementsprechend auf den unterschiedlichen Anteil zurückzuführen, den der Stromverbrauch an den betrachteten Indikatoren ausmacht.

Die folgende Tabelle zeigt den jährlichen Ressourcenverbrauch bzw. die potenziellen Umweltauswirkungen bei durchschnittlicher Waschtemperaturwahl bzw. beim one-click-down-Szenario für alle untersuchten Waschmittelkonzepte. Tab. 45 gibt die relativen Ergebnisse des one-click-down-Szenarios im Vergleich zur Alternative mit durchschnittlicher Waschtemperaturwahl wieder.

Tab. 44 Ressourcenverbrauch und Umweltauswirkungen der betrachteten Alternativen (Deutschland)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
<i>Einheit</i>	<i>MJ</i>	<i>kg CO2-Äquivalente</i>	<i>kg SO2-Äquivalente</i>	<i>kg PO4-Äquivalente</i>	<i>kg Ethen-Äquivalente</i>
Ariel kalt-aktiv regulär					
Durchschnitt	2.355.620	130	0,60	0,044	0,093
one-click-down	1.805.394	97	0,53	0,040	0,089
Ariel kalt-aktiv kompakt					
Durchschnitt	2.386.452	124	0,55	0,043	0,096
one-click-down	1.836.226	91	0,49	0,039	0,092
Ariel kalt-aktiv flüssig					
Durchschnitt	2.043.936	114	0,49	0,028	0,074
one-click-down	1.493.710	81	0,42	0,024	0,071
Ariel kalt-aktiv regulär, color&style					
Durchschnitt	2.197.982	129	0,59	0,033	0,087
one-click-down	1.647.756	96	0,52	0,028	0,084
Ariel kalt-aktiv kompakt, color&style					
Durchschnitt	2.112.016	120	0,51	0,021	0,081
one-click-down	1.561.790	87	0,45	0,017	0,077
Ariel kalt-aktiv flüssig, color&style					
Durchschnitt	1.997.468	118	0,48	0,039	0,091
one-click-down	1.447.242	85	0,42	0,035	0,088

Tab. 45 Ressourcenverbrauch und Umweltauswirkungen des one-click-down-Szenario relativ zu den entsprechenden Werten bei durchschnittlicher Waschtemperaturwahl (Deutschland)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
<i>Einheit</i>	<i>MJ</i>	<i>kg CO2-Äquivalente</i>	<i>kg SO2-Äquivalente</i>	<i>kg PO4-Äquivalente</i>	<i>kg Ethen-Äquivalente</i>
Ariel kalt-aktiv regulär (vgl. Abb. 5)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	77%	75%	89%	90%	96%
Ariel kalt-aktiv kompakt (ohne Abbildung)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	77%	73%	88%	90%	96%
Ariel kalt-aktiv flüssig (ohne Abbildung)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	73%	71%	87%	84%	95%
Ariel kalt-aktiv regulär, color&style (ohne Abbildung)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	75%	74%	89%	87%	96%
Ariel kalt-aktiv kompakt, color&style (ohne Abbildung)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	74%	73%	87%	80%	95%
Ariel kalt-aktiv flüssig, color&style (ohne Abbildung)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	72%	72%	87%	89%	96%

4.4 Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (Österreich)

Die Darstellung der Ergebnisse für Österreich ist identisch mit der Darstellung der Ergebnisse für Deutschland, wie zu Beginn von Kapitel 4.3 erläutert. Die Erläuterung wird an dieser Stelle zur einfacheren Lesbarkeit der Studie wiederholt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (d.h. die Ressourceninanspruchnahme und die potenziellen Umweltauswirkungen) durch das jährliche Wäschewaschen in einem durchschnittlichen privaten Haushalt in Österreich dargestellt. Die Ergebnisse beziehen sich auf die einbezogenen Prozesse (Bereitstellung von Strom, Wasser und Waschmittel und Abwasserentsorgung, vgl. Kapitel 1.7). Sie werden mit Hilfe der Strom-, Wasser- und Waschmittelverbrauchswerte pro Waschgang und den entsprechenden Vorketten, der Anzahl an Waschgängen (ggf. differenziert nach Waschtemperatur) sowie den Annahmen zur Abwasserbehandlung berechnet.

Zunächst werden anhand einer Alternative (*Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär, Vollwaschmittel, durchschnittliche Waschtemperaturwahl*) die **Anteile der betrachteten Prozesse an den verschiedenen Indikatorwerten** dargestellt. Bis auf die Ergebnisse beim Eutrophierungspotenzial sind die Unterschiede zu den Alternativen mit anderen Waschmittelkonzepten gering. Aufgrund der Übersichtlichkeit wird daher auf die detaillierte bildliche Darstellung aller Alternativen mit durchschnittlicher Waschtemperaturwahl und auf die entsprechende Darstellung der one-click-down-Szenarien verzichtet.

Die zugehörigen Daten zum absoluten und relativen Anteil der Prozesse an den Gesamtauswirkungen der sechs Alternativen mit durchschnittlicher Waschtemperaturwahl befinden sich direkt unterhalb der Beispielabbildung.⁵⁹

Die Darstellung dieser Ergebnisse dient dem besseren Verständnis der relativen Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario in den Wirkungskategorien.

Anschließend werden für jedes der sechs Alternativenpaare (entsprechend der sechs Waschmittelkonzepte) die **relativen Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario** bei den betrachteten Indikatoren dargestellt. Anhand der Alternative „*Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär, Vollwaschmittel, durchschnittliche Waschtemperaturwahl*“ werden die relativen Einsparpotenziale in einer Abbildung dargestellt. Die entsprechenden absoluten

⁵⁹ Das one-click-down-Szenario wird nicht in detailliert aufgeführt.

und relativen Daten aller Alternativen befinden sich in Tabellen direkt unterhalb der Abbildung.

Das **Aquatoxizitätspotenzial** wurde lediglich für die durch den Waschprozess selbst ins Abwasser gelangenden Substanzen bestimmt. Es wurde nicht für die Bereitstellungsprozesse von Strom, Wasser oder Waschmittel bestimmt (vgl. Kapitel 1.9.6). Dementsprechend gibt es zwischen den betrachteten Alternativen „durchschnittliche Waschttemperaturen“ und „one-click-down-Szenario“ keine Unterschiede beim Aquatoxizitätspotenzial und es ist damit für die Fragestellung der vorliegenden Studie nicht relevant.

Da jedoch Unterschiede aus der Art des genutzten Waschmittelsystems resultieren (reguläres, superkompaktes oder flüssiges Voll- bzw. Colorwaschmittel), wird das aquatische Toxizitätspotenzial in einem separaten Kapitel länderübergreifend diskutiert (vgl. Kapitel 4.6).

4.4.1 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen

Die folgende Abbildung zeigt die relativen Anteile der betrachteten Prozesse am Ressourcenverbrauch (KEA) und an den verschiedenen Wirkungsindikatoren (am Beispiel: *Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel) und durchschnittliche Waschttemperaturen*).

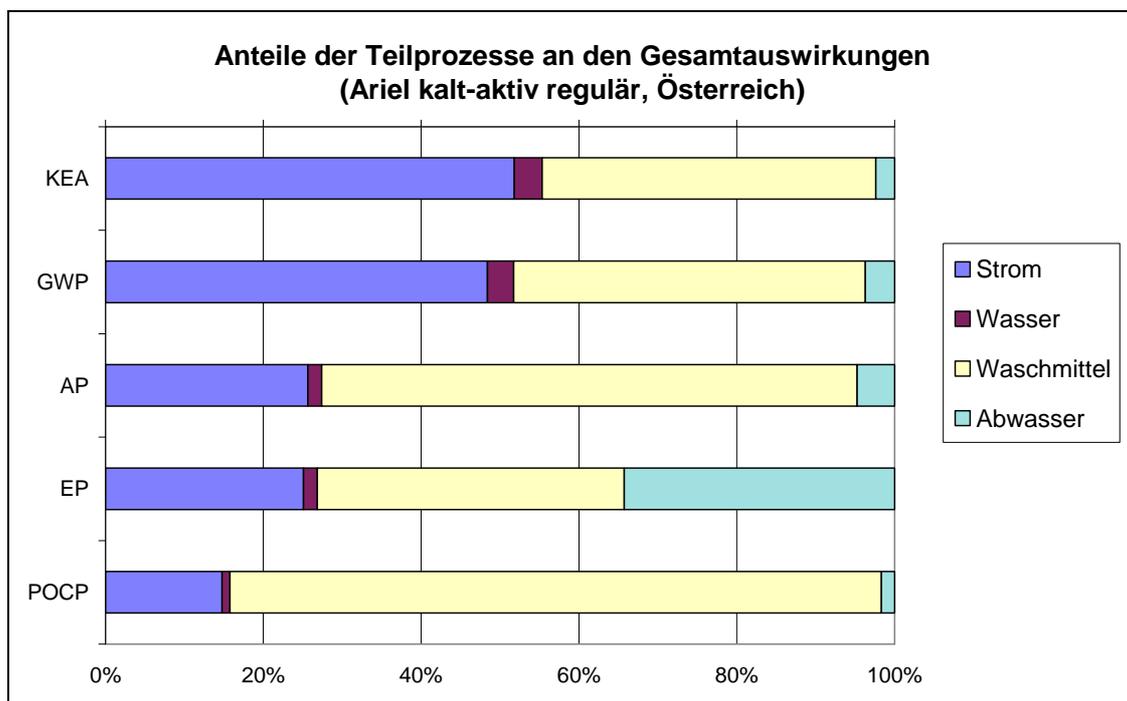


Abb. 6 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Österreich) (Ariel kalt-aktiv regulär, durchschnittliche Waschttemperaturen)

Die relativen Anteile der Teilprozesse an den Indikatoren sind sehr ähnlich denen in Deutschland. Der Stromverbrauch ist bei den Indikatoren kumulierter Energieaufwand und Treibhauspotenzial besonders relevant, hat allerdings einen etwas geringeren Anteil als in

Deutschland (KEA: 52 %, GWP: 48 %). Beim Versauerungspotenzial und beim Photochemischen Oxidantienbildungspotenzial ist die Waschmittelbereitstellung der dominierende Prozess (AP: 68 %, POCP: 83 %). Beim Eutrophierungspotenzial trägt neben Waschmittel- und Strombereitstellung auch die Abwasserentsorgung einen wesentlichen Anteil (Strombereitstellung: 25 %, Waschmittelbereitstellung: 39 %, Abwasserentsorgung: 34 %). Auch hier wäre der Anteil der Abwasserentsorgung am Eutrophierungspotenzial tendenziell etwas höher, würde man den CSB des Abwassers berücksichtigen. Die Trinkwasserbereitstellung macht auch hier lediglich zwischen 2 % und 4 % aus.

Die folgenden Tabellen zeigen die jährliche Ressourceninanspruchnahme und die potenziellen Umweltauswirkungen bei den Alternativen mit durchschnittlicher Waschtemperaturwahl, differenziert nach Teilprozessen.

Tab. 46 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv regulär, durchschnittliche Waschttemperaturen) (Österreich, vgl. Abb. 6)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO ₂ -Äquivalente	kg SO ₂ -Äquivalente	kg PO ₄ -Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	875	34,4	0,14	0,012	0,014
Wasser	60	2,4	0,01	0,001	0,001
Waschmittel	714	31,6	0,38	0,019	0,081
Abwasser	40	2,6	0,03	0,017	0,002
<i>Summe</i>	<i>1690</i>	<i>71</i>	<i>0,56</i>	<i>0,049</i>	<i>0,098</i>
RELATIV					
Strom	52%	48%	26%	25%	15%
Wasser	4%	3%	2%	2%	1%
Waschmittel	42%	45%	68%	39%	83%
Abwasser	2%	4%	5%	34%	2%
<i>Summe</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

Tab. 47 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv kompakt, durchschnittliche Waschttemperaturen) (Österreich, ohne Abbildung)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO ₂ -Äquivalente	kg SO ₂ -Äquivalente	kg PO ₄ -Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	875	34,4	0,14	0,012	0,014
Wasser	60	2,4	0,01	0,001	0,001
Waschmittel	745	25,2	0,34	0,010	0,083
Abwasser	40	2,6	0,03	0,028	0,002
<i>Summe</i>	<i>1721</i>	<i>65</i>	<i>0,52</i>	<i>0,051</i>	<i>0,100</i>
RELATIV					
Strom	51%	53%	28%	24%	14%
Wasser	3%	4%	2%	2%	1%
Waschmittel	43%	39%	65%	20%	83%
Abwasser	2%	4%	5%	54%	2%
<i>Summe</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

Tab. 48 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv flüssig, durchschnittliche Waschttemperaturen) (Österreich, ohne Abbildung)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	875	34,4	0,14	0,012	0,014
Wasser	60	2,4	0,01	0,001	0,001
Waschmittel	402	15,1	0,27	0,005	0,062
Abwasser	40	2,6	0,03	0,013	0,002
<i>Summe</i>	<i>1378</i>	<i>54</i>	<i>0,45</i>	<i>0,032</i>	<i>0,079</i>
RELATIV					
Strom	64%	63%	32%	39%	18%
Wasser	4%	4%	2%	3%	1%
Waschmittel	29%	28%	60%	16%	78%
Abwasser	3%	5%	6%	42%	2%
<i>Summe</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

Tab. 49 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv regulär color&style, durchschnittliche Waschttemperaturen) (Österreich, ohne Abbildung)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	875	34,4	0,14	0,012	0,014
Wasser	60	2,4	0,01	0,001	0,001
Waschmittel	557	30,0	0,37	0,019	0,075
Abwasser	40	2,6	0,03	0,001	0,002
<i>Summe</i>	<i>1532</i>	<i>69</i>	<i>0,55</i>	<i>0,033</i>	<i>0,092</i>
RELATIV					
Strom	57%	50%	26%	37%	16%
Wasser	4%	3%	2%	3%	1%
Waschmittel	36%	43%	67%	58%	81%
Abwasser	3%	4%	5%	2%	2%
<i>Summe</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

Tab. 50 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv kompakt color&style, durchschnittliche Waschttemperaturen) (Österreich, ohne Abbildung)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	875	34,4	0,14	0,012	0,014
Wasser	60	2,4	0,01	0,001	0,001
Waschmittel	471	21,4	0,30	0,008	0,068
Abwasser	40	2,6	0,03	0,001	0,002
<i>Summe</i>	<i>1446</i>	<i>61</i>	<i>0,48</i>	<i>0,022</i>	<i>0,085</i>
RELATIV					
Strom	61%	57%	30%	57%	17%
Wasser	4%	4%	2%	4%	1%
Waschmittel	33%	35%	62%	36%	80%
Abwasser	3%	4%	6%	3%	2%
<i>Summe</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

Tab. 51 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv flüssig color&style, durchschnittliche Waschttemperaturen) (Österreich, ohne Abbildung)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	875	34,4	0,14	0,012	0,014
Wasser	60	2,4	0,01	0,001	0,001
Waschmittel	356	19,2	0,26	0,008	0,079
Abwasser	40	2,6	0,03	0,025	0,002
<i>Summe</i>	<i>1332</i>	<i>59</i>	<i>0,44</i>	<i>0,046</i>	<i>0,096</i>
RELATIV					
Strom	66%	59%	32%	27%	15%
Wasser	5%	4%	2%	2%	1%
Waschmittel	27%	33%	60%	17%	82%
Abwasser	3%	4%	6%	55%	2%
<i>Summe</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

4.4.2 Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario

Die folgende Abbildung zeigt das Einsparpotenzial durch das one-click-down-Szenario beim Ressourcenverbrauch (KEA) und bei den verschiedenen Wirkungsindikatoren in Österreich (am Beispiel: Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel) und durchschnittliche Waschttemperaturen).

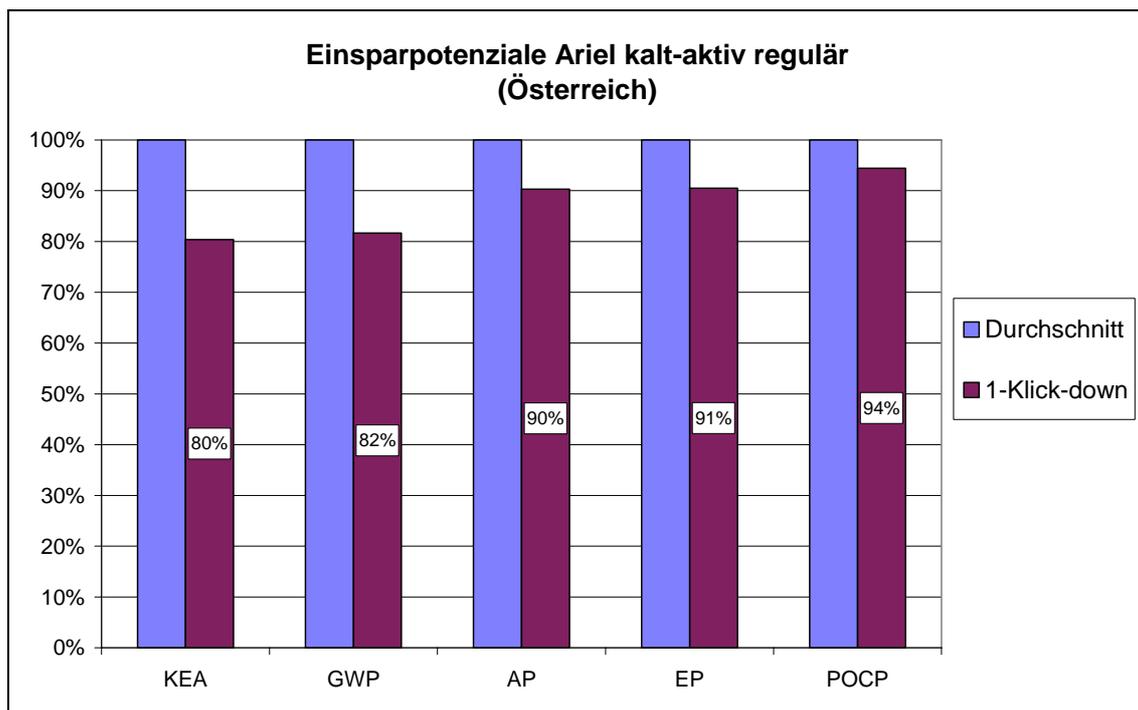


Abb. 7 Einsparpotenzial durch das one-click-down-Szenario (Österreich) (am Beispiel: Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel) und durchschnittliche Waschttemperaturen).

Die Einsparpotenziale liegen je nach Wirkungskategorie zwischen 6 % (POCP) und 20 % (KEA). Die Einsparpotenziale sind ausschließlich auf den niedrigeren Stromverbrauch beim one-click-down-Szenario zurückzuführen. Die Unterschiede bei den Einsparpotenzialen sind dementsprechend auf den unterschiedlichen Anteil zurückzuführen, den der Stromverbrauch an den betrachteten Indikatoren ausmacht. Die relativen Einsparpotenziale bei KEA und GWP sind etwas geringer als die in Deutschland.

Die folgende Tabelle zeigt den jährlichen Ressourcenverbrauch bzw. potenziellen Umweltauswirkungen bei durchschnittlicher Waschttemperaturewahl bzw. beim one-click-down-Szenario für alle untersuchten Waschmittelkonzepte. Tab. 53 gibt die relativen Ergebnisse des one-click-down-Szenarios im Vergleich zur Alternative mit durchschnittlicher Waschttemperaturewahl wieder.

Tab. 52 Ressourcenverbrauch und Umweltauswirkungen der betrachteten Alternativen (Österreich)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
<i>Einheit</i>	<i>MJ</i>	<i>kg CO2-Äquivalente</i>	<i>kg SO2-Äquivalente</i>	<i>kg PO4-Äquivalente</i>	<i>kg Ethen-Äquivalente</i>
Ariel kalt-aktiv regulär					
Durchschnitt	1.690.018	71	0,56	0,049	0,098
one-click-down	1.358.854	58	0,50	0,044	0,092
Ariel kalt-aktiv kompakt					
Durchschnitt	1.720.850	65	0,52	0,051	0,100
one-click-down	1.389.686	52	0,46	0,046	0,095
Ariel kalt-aktiv flüssig					
Durchschnitt	1.378.334	54	0,45	0,032	0,079
one-click-down	1.047.170	41	0,40	0,027	0,073
Ariel kalt-aktiv regulär, color&style					
Durchschnitt	1.532.380	69	0,55	0,033	0,092
one-click-down	1.201.216	56	0,50	0,028	0,086
Ariel kalt-aktiv kompakt, color&style					
Durchschnitt	1.446.414	61	0,48	0,022	0,085
one-click-down	1.115.250	48	0,42	0,017	0,079
Ariel kalt-aktiv flüssig, color&style					
Durchschnitt	1.331.866	59	0,44	0,046	0,096
one-click-down	1.000.701	46	0,39	0,042	0,090

Tab. 53 Ressourcenverbrauch und Umweltauswirkungen des one-click-down-Szenario relativ zu den entsprechenden Werten bei durchschnittlicher Waschtemperaturwahl) (Österreich)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
<i>Einheit</i>	<i>MJ</i>	<i>kg CO2-Äquivalente</i>	<i>kg SO2-Äquivalente</i>	<i>kg PO4-Äquivalente</i>	<i>kg Ethen-Äquivalente</i>
Ariel kalt-aktiv regulär (vgl. Abb. 7)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	80%	82%	90%	91%	94%
Ariel kalt-aktiv kompakt (ohne Abbildung)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	81%	80%	90%	91%	95%
Ariel kalt-aktiv flüssig (ohne Abbildung)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	76%	76%	88%	85%	93%
Ariel kalt-aktiv regulär, color&style (ohne Abbildung)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	78%	81%	90%	86%	94%
Ariel kalt-aktiv kompakt, color&style (ohne Abbildung)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	77%	79%	89%	79%	94%
Ariel kalt-aktiv flüssig, color&style (ohne Abbildung)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	75%	78%	88%	90%	94%

4.5 Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (Schweiz)

Die Darstellung der Ergebnisse für die Schweiz ist identisch mit der Darstellung der Ergebnisse für Deutschland, wie zu Beginn von Kapitel 4.3 erläutert. Die Erläuterung wird an dieser Stelle zur einfacheren Lesbarkeit der Studie wiederholt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (d.h. die Ressourceninanspruchnahme und die potenziellen Umweltauswirkungen) durch das jährliche Wäschewaschen in einem durchschnittlichen privaten Haushalt in der Schweiz dargestellt. Die Ergebnisse beziehen sich auf die einbezogenen Prozesse (Bereitstellung von Strom, Wasser und Waschmittel und Abwasserentsorgung, vgl. Kapitel 1.7). Sie werden mit Hilfe der Strom-, Wasser- und Waschmittelverbrauchswerte pro Waschgang und den entsprechenden Vorketten, der Anzahl an Waschgängen (ggf. differenziert nach Waschtemperatur) sowie den Annahmen zur Abwasserbehandlung berechnet.

Zunächst werden anhand einer Alternative (*Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär, Vollwaschmittel, durchschnittliche Waschtemperaturwahl*) die **Anteile der betrachteten Prozesse an den verschiedenen Indikatorwerten** dargestellt. Bis auf die Ergebnisse beim Eutrophierungspotenzial sind die Unterschiede zu den Alternativen mit anderen Waschmittelkonzepten gering. Aufgrund der Übersichtlichkeit wird daher auf die detaillierte bildliche Darstellung aller Alternativen mit durchschnittlicher Waschtemperaturwahl und auf die entsprechende Darstellung der one-click-down-Szenarien verzichtet.

Die zugehörigen Daten zum absoluten und relativen Anteil der Prozesse an den Gesamtauswirkungen der sechs Alternativen mit durchschnittlicher Waschtemperaturwahl befinden sich direkt unterhalb der Beispielabbildung.⁶⁰

Die Darstellung dieser Ergebnisse dient dem besseren Verständnis der relativen Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario in den Wirkungskategorien.

Anschließend werden für jedes der sechs Alternativenpaare (entsprechend der sechs Waschmittelkonzepte) die **relativen Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario** bei den betrachteten Indikatoren dargestellt. Anhand der Alternative „*Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär, Vollwaschmittel, durchschnittliche Waschtemperaturwahl*“ werden die relativen Einsparpotenziale in einer Abbildung dargestellt. Die entsprechenden absoluten und relativen Daten aller Alternativen befinden sich in Tabellen direkt unterhalb der Abbildung.

⁶⁰ Das one-click-down-Szenario wird nicht in detailliert aufgeführt.

Das **Aquatoxizitätspotenzial** wurde lediglich für die durch den Waschprozess selbst ins Abwasser gelangenden Substanzen bestimmt. Es wurde nicht für die Bereitstellungsprozesse von Strom, Wasser oder Waschmittel bestimmt (vgl. Kapitel 1.9.6). Dementsprechend gibt es zwischen den betrachteten Alternativen „durchschnittliche Waschttemperaturen“ und „one-click-down-Szenario“ keine Unterschiede beim Aquatoxizitätspotenzial und es ist damit für die Fragestellung der vorliegenden Studie nicht relevant. Da jedoch Unterschiede aus der Art des genutzten Waschmittelsystems resultieren (reguläres, superkompaktes oder flüssiges Voll- bzw. Colorwaschmittel), wird das aquatische Toxizitätspotenzial in einem separaten Kapitel länderübergreifend diskutiert (vgl. Kapitel 4.6).

4.5.1 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen

Die folgende Abbildung zeigt die relativen Anteile der betrachteten Prozesse am Ressourcenverbrauch (KEA) und an den verschiedenen Wirkungsindikatoren (am Beispiel: *Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel) und durchschnittliche Waschttemperaturen*).

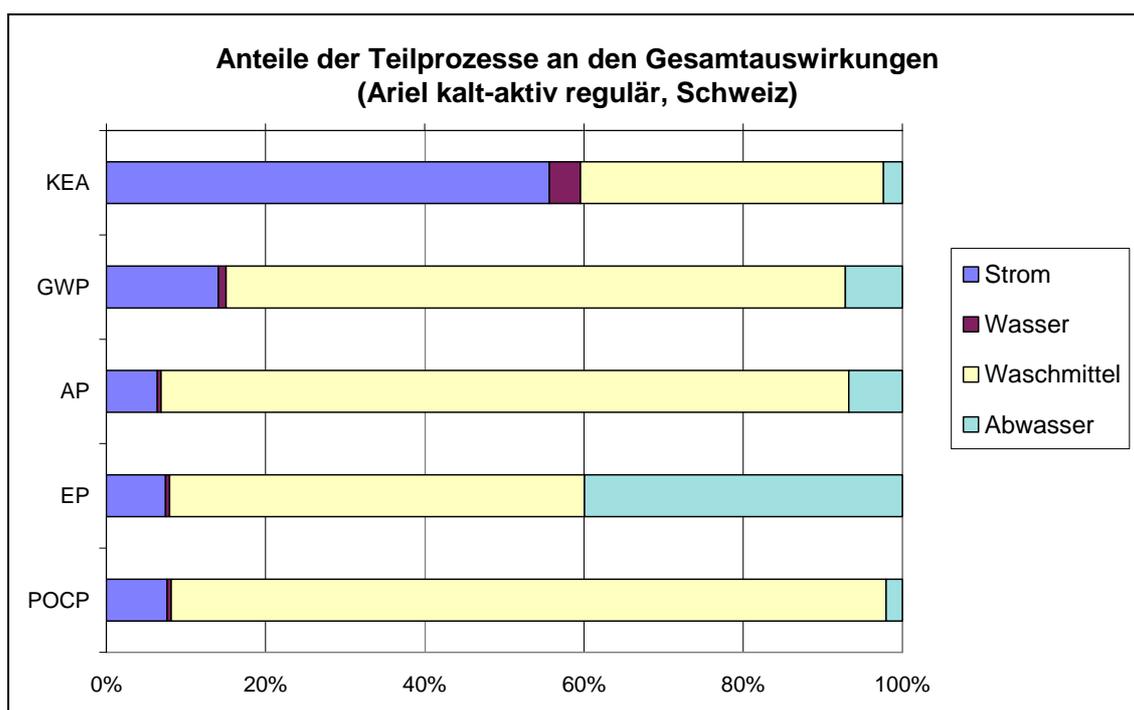


Abb. 8 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Beispiel: *Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel), durchschnittliche Waschttemperaturen*) (Schweiz)

Der Anteil des Stromverbrauchs an den Indikatoren ist außer beim kumulierten Energieaufwand sehr gering (bei KEA: 56 %). Beim Treibhauspotenzial, beim Versauerungspotenzial und beim photochemischen Oxidantienbildungspotenzial ist die Waschmittelbereitstellung der dominierende Prozess (GWP: 78 %, AP: 86 %, POCP: 90 %). Beim Eutrophierungspotenzial hat neben Waschmittelbereitstellung (mit 52 %) auch die Abwasserentsorgung (mit

40 %) einen relativ großen Anteil, der bei Berücksichtigung des CSB tendenziell noch etwas höher wäre. Die Trinkwasserbereitstellung hat hier, wie schon in Deutschland und in Österreich, nur einen geringen Anteil am Ressourcenverbrauch bzw. den Umweltauswirkungen (0 % bis 5 %). Der geringe Anteil der Strombereitstellung an den Umweltauswirkungen ist vor allem auf den relativ hohen Anteil regenerativer Energien (Wasserkraft: 55 %) und der Kernenergie (40 %) am Schweizer Strommix zurückzuführen. Bei nahezu gleichem Stromverbrauch für das Wäschewaschen resultieren daraus geringere Umweltauswirkungen im Vergleich zu Deutschland und Österreich.

Die folgenden Tabellen zeigen die jährliche Ressourceninanspruchnahme und die potenziellen Umweltauswirkungen bei den Alternativen mit durchschnittlicher Waschtemperaturwahl, differenziert nach Teilprozessen.

Tab. 54 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv regulär, durchschnittliche Waschtemperaturen) (Schweiz, vgl. Abb. 8)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	1045	5,7	0,03	0,003	0,007
Wasser	73	0,4	0,00	0,000	0,000
Waschmittel	714	31,6	0,38	0,019	0,081
Abwasser	44	2,9	0,03	0,015	0,002
<i>Summe</i>	1876	41	0,44	0,037	0,090
RELATIV					
Strom	56%	14%	6%	7%	8%
Wasser	4%	1%	0%	1%	1%
Waschmittel	38%	78%	86%	52%	90%
Abwasser	2%	7%	7%	40%	2%
<i>Summe</i>	100%	100%	100%	100%	100%

Tab. 55 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv kompakt, durchschnittliche Waschtemperaturen) (Schweiz, ohne Abbildung)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	1045	5,7	0,03	0,003	0,007
Wasser	73	0,4	0,00	0,000	0,000
Waschmittel	745	25,2	0,34	0,010	0,083
Abwasser	44	2,9	0,03	0,024	0,002
<i>Summe</i>	1907	34	0,40	0,037	0,092
RELATIV					
Strom	55%	17%	7%	7%	7%
Wasser	4%	1%	0%	1%	1%
Waschmittel	39%	74%	85%	27%	90%
Abwasser	2%	8%	7%	65%	2%
<i>Summe</i>	100%	100%	100%	100%	100%

Tab. 56 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv flüssig, durchschnittliche Waschttemperaturen) (Schweiz, ohne Abbildung)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	1045	5,7	0,03	0,003	0,007
Wasser	73	0,4	0,00	0,000	0,000
Waschmittel	402	15,1	0,27	0,005	0,062
Abwasser	44	2,9	0,03	0,012	0,002
<i>Summe</i>	1564	24	0,33	0,020	0,071
RELATIV					
Strom	67%	24%	8%	14%	10%
Wasser	5%	2%	1%	1%	1%
Waschmittel	26%	63%	82%	26%	87%
Abwasser	3%	12%	9%	59%	3%
<i>Summe</i>	100%	100%	100%	100%	100%

Tab. 57 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv regulär color&style, durchschnittliche Waschttemperaturen) (Schweiz, ohne Abbildung)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	1045	5,7	0,03	0,003	0,007
Wasser	73	0,4	0,00	0,000	0,000
Waschmittel	557	30,0	0,37	0,019	0,075
Abwasser	44	2,9	0,03	0,001	0,002
<i>Summe</i>	1719	39	0,43	0,023	0,084
RELATIV					
Strom	61%	15%	7%	12%	8%
Wasser	4%	1%	0%	1%	1%
Waschmittel	32%	77%	86%	84%	89%
Abwasser	3%	7%	7%	3%	2%
<i>Summe</i>	100%	100%	100%	100%	100%

Tab. 58 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv kompakt color&style, durchschnittliche Waschttemperaturen) (Schweiz, ohne Abbildung)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	1045	5,7	0,03	0,003	0,007
Wasser	73	0,4	0,00	0,000	0,000
Waschmittel	471	21,4	0,30	0,008	0,068
Abwasser	44	2,9	0,03	0,001	0,002
<i>Summe</i>	1633	30	0,36	0,012	0,077
RELATIV					
Strom	64%	19%	8%	23%	9%
Wasser	4%	1%	1%	2%	1%
Waschmittel	29%	70%	83%	68%	88%
Abwasser	3%	10%	8%	7%	2%
<i>Summe</i>	100%	100%	100%	100%	100%

Tab. 59 Anteil der Teilprozesse an den Gesamtauswirkungen (Ariel kalt-aktiv flüssig color&style, durchschnittliche Waschttemperaturen) (Schweiz, ohne Abbildung)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	MJ	kg CO2-Äquivalente	kg SO2-Äquivalente	kg PO4-Äquivalente	kg Ethen-Äquivalente
ABSOLUT					
Strom	1045	5,7	0,03	0,003	0,007
Wasser	73	0,4	0,00	0,000	0,000
Waschmittel	356	19,2	0,26	0,008	0,079
Abwasser	44	2,9	0,03	0,022	0,002
<i>Summe</i>	1518	28	0,32	0,033	0,088
RELATIV					
Strom	69%	20%	9%	8%	8%
Wasser	5%	1%	1%	1%	1%
Waschmittel	23%	68%	82%	24%	90%
Abwasser	3%	10%	9%	67%	2%
<i>Summe</i>	100%	100%	100%	100%	100%

4.5.2 Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario

Die folgende Abbildung zeigt das Einsparpotenzial durch das one-click-down-Szenario beim Ressourcenverbrauch (KEA) und bei den verschiedenen Wirkungsindikatoren in der Schweiz (am Beispiel: Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel) und durchschnittliche Waschttemperaturen).

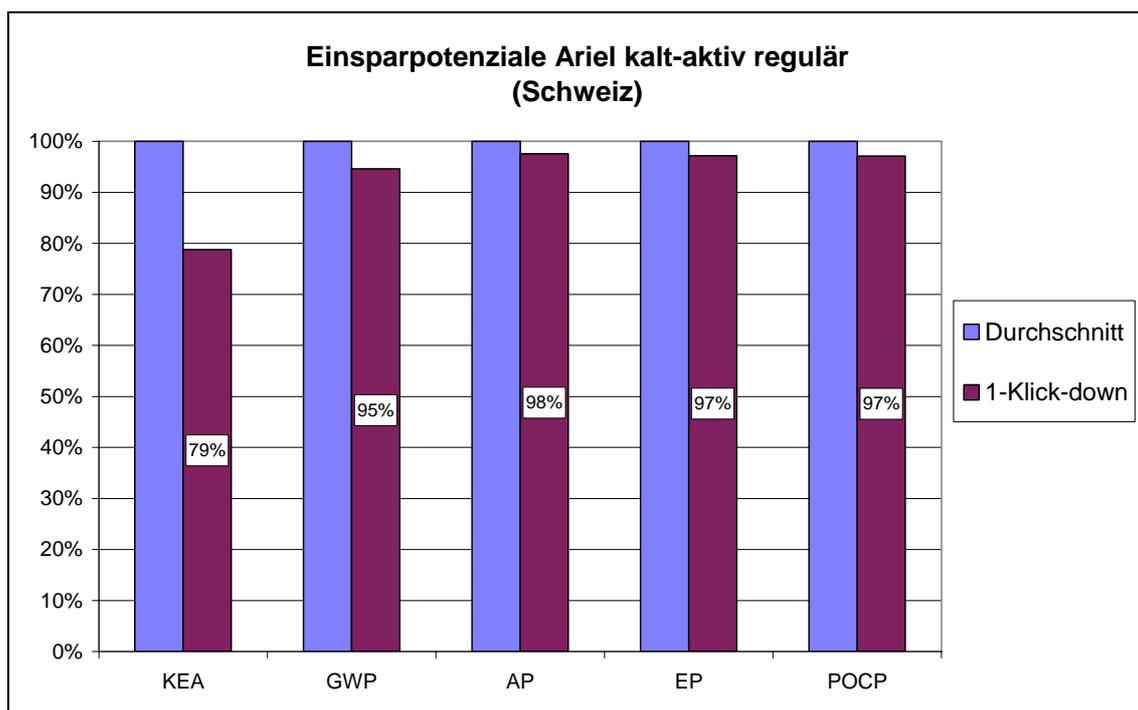


Abb. 9 Einsparpotenzial durch das one-click-down-Szenario (Schweiz) (am Beispiel: Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel) und durchschnittliche Waschttemperaturen).

Da die Einsparpotenziale ausschließlich auf den niedrigeren Stromverbrauch beim one-click-down-Szenario zurückzuführen sind, und der Stromverbrauch (außer beim KEA) nur einen geringen Anteil an den Gesamtauswirkungen hat, liegen die Einsparpotenziale nur beim KEA bei etwa 21 %. Die Einsparpotenziale bei den anderen Wirkungskategorien sind relativ gering und liegen zwischen 2 % (AP) und 5 % (GWP).

Die Einsparpotenziale bei Betrachtung der anderen Waschmittelkonzepte sind sehr ähnlich denen bei Nutzung von Ariel kalt-aktiv regulär (Vollwaschmittel).

Die folgende Tabelle zeigt den jährlichen Ressourcenverbrauch bzw. die potenziellen Umweltauswirkungen bei durchschnittlicher Waschttemperaturewahl bzw. beim one-click-down-Szenario für alle untersuchten Waschmittelkonzepte. Tab. 61 gibt die relativen Ergebnisse des one-click-down-Szenarios im Vergleich zur Alternative mit durchschnittlicher Waschttemperaturewahl wieder.

Tab. 60 Ressourcenverbrauch und Umweltauswirkungen der betrachteten Alternativen (Schweiz)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
<i>Einheit</i>	<i>MJ</i>	<i>kg CO2-Äquivalente</i>	<i>kg SO2-Äquivalente</i>	<i>kg PO4-Äquivalente</i>	<i>kg Ethen-Äquivalente</i>
Ariel kalt-aktiv regulär					
Durchschnitt	1.876.174	41	0,44	0,037	0,090
one-click-down	1.478.135	38	0,43	0,036	0,087
Ariel kalt-aktiv kompakt					
Durchschnitt	1.907.006	34	0,40	0,037	0,092
one-click-down	1.508.967	32	0,39	0,036	0,090
Ariel kalt-aktiv flüssig					
Durchschnitt	1.564.490	24	0,33	0,020	0,071
one-click-down	1.166.451	22	0,32	0,019	0,068
Ariel kalt-aktiv regulär, color&style					
Durchschnitt	1.718.536	39	0,43	0,023	0,084
one-click-down	1.320.497	37	0,42	0,022	0,081
Ariel kalt-aktiv kompakt, color&style					
Durchschnitt	1.632.570	30	0,36	0,012	0,077
one-click-down	1.234.531	28	0,35	0,011	0,074
Ariel kalt-aktiv flüssig, color&style					
Durchschnitt	1.518.022	28	0,32	0,033	0,088
one-click-down	1.119.982	26	0,31	0,032	0,085

Tab. 61 Ressourcenverbrauch und Umweltauswirkungen des one-click-down-Szenario relativ zu den entsprechenden Werten bei durchschnittlicher Waschtemperaturwahl) (Schweiz)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
	<i>MJ</i>	<i>kg CO2-Äquivalente</i>	<i>kg SO2-Äquivalente</i>	<i>kg PO4-Äquivalente</i>	<i>kg Ethen-Äquivalente</i>
Ariel kalt-aktiv regulär (vgl. Abb. 9)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	79%	95%	98%	97%	97%
Ariel kalt-aktiv kompakt (ohne Abbildung)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	79%	94%	97%	97%	97%
Ariel kalt-aktiv flüssig (ohne Abbildung)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	75%	91%	97%	95%	96%
Ariel kalt-aktiv regulär, color&style (ohne Abbildung)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	77%	94%	98%	95%	97%
Ariel kalt-aktiv kompakt, color&style (ohne Abbildung)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	76%	93%	97%	91%	97%
Ariel kalt-aktiv flüssig, color&style (ohne Abbildung)					
Durchschnitt	100%	100%	100%	100%	100%
one-click-down	74%	92%	97%	97%	97%

4.6 Aquatoxizitätspotenzial

Im Rahmen der Untersuchung wurde ausschließlich die Aquatoxizität der geklärten Waschabwässer in die Bewertung einbezogen. Das Aquatoxizitätspotenzial von Wasseremissionen, die während anderer Prozesse (z.B. Strom- oder Waschmittelbereitstellung) anfallen, wurde nicht berechnet. Aufgrund gleicher Waschmittelwahl unterscheiden sich die beiden Alternativen (durchschnittliche Waschtemperaturwahl bzw. one-click-down-Szenario) nicht hinsichtlich ihrer Aquatoxizität. Lediglich aufgrund der unterschiedlichen Rezeptur ergeben sich Unterschiede zwischen den eingesetzten Waschmitteln (Ariel kalt-aktiv Vollwaschmittel bzw. color&style jeweils regulär, kompakt und flüssig).

Die Ergebnisse der Berechnungen zeigen folgendes Bild für das Aquatoxizitätspotenzial der betrachteten Waschmittelkonzepte bei 164 Waschgängen pro Jahr und durchschnittlicher Dosierung des Waschmittels (vgl. Abb. 10).

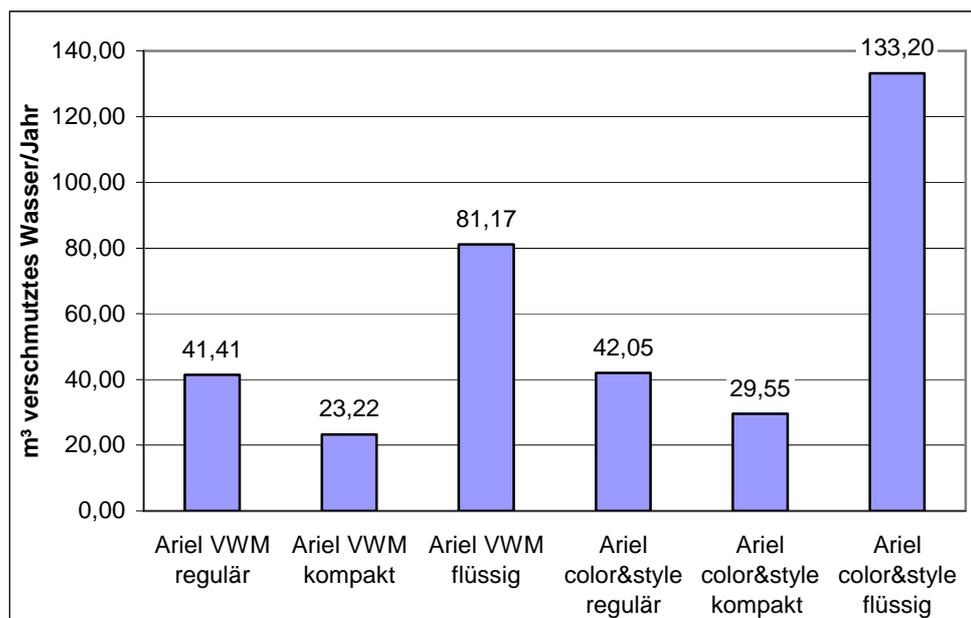


Abb. 10: Aquatoxizitätspotenzial der betrachteten Waschmittelkonzepte

Die folgende Tab. 62 fasst die Ergebnisse der Berechnungen des Aquatoxizitätspotenzials zusammen.

Tab. 62 Aquatoxizitätspotenzial für die sechs betrachteten Waschmittelkonzepte⁶¹

	Durchschnitts- haushalt	Waschmittel	Waschgang
	<i>m³/Jahr</i>	<i>m³/kg Waschmittel</i>	<i>m³/Waschgang</i>
Ariel kalt-aktiv VWM, regulär	41,41	2,66	0,25
Ariel kalt-aktiv VWM, kompakt	23,22	1,89	0,14
Ariel kalt-aktiv VWM, flüssig	81,17	6,16	0,49
Ariel kalt-aktiv color&style, regulär	42,05	2,70	0,26
Ariel kalt-aktiv color&style, kompakt	29,55	2,40	0,18
Ariel kalt-aktiv color&style, flüssig	133,20	10,11	0,81

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Waschabwässer bei Nutzung eines Flüssigwaschmittels das höchste Aquatoxizitätspotenzial aufweisen: Es liegt beim Flüssigvollwaschmittel dreieinhalb Mal so hoch wie beim Kompaktvollwaschmittel, beim Flüssigcolorwaschmittel sogar viereinhalb Mal so hoch.

Auch die Nutzung eines regulären Waschpulvers schneidet hinsichtlich des Aquatoxizitätspotenzials der Waschabwässer deutlich schlechter ab als die Nutzung von Kompaktpulver. Beim Vollwaschmittel liegt es 80 % über dem des Kompaktpulvers, beim regulären Colorwaschmittel immerhin noch 40 % über dem des Kompaktpulvers.

Dominiert wird das Aquatoxizitätspotenzial bei den sechs untersuchten Waschmittelkonzepten durch die folgenden Substanzen (genannt werden jeweils die fünf bedeutendsten Substanzen für das Aquatoxizitätspotenzial):

- bei Ariel kalt-aktiv VWM, regulär durch die Duftstoffe (70%), Natriumsulfat (9%) sowie Natriumcarbonat (5%), Natriumpercarbonat (4%) sowie das nichtionische Tensid LAS (3%), die zusammen 91 % des Aquatoxizitätspotenzials ausmachen;
- bei Ariel kalt-aktiv VWM, kompakt durch die Duftstoffe (54%), Enzyme (8%), Natriumcarbonat (6%) sowie Natriumpercarbonat und das nichtionische Tensid LAS (jew. 5%), die zusammen 78 % des Aquatoxizitätspotenzials ausmachen;
- bei Ariel kalt-aktiv VWM, flüssig durch C10-16 Alkyldimethylaminoxid (40%), Duftstoffe (28%), Natriumcumolsulfonat (24%), FAEO (3%) sowie Enzyme (2%), die zusammen 87 % des Aquatoxizitätspotenzials ausmachen;

⁶¹ Gerundete Werte.

- bei Ariel kalt-aktiv color&style, regulär durch Duftstoffe (69%), Natriumsulfat (11%), Enzyme und Natriumcarbonat (jew. 4%) sowie das nichtionische Tensid LAS (2%), die zusammen 90 % des Aquatoxizitätspotenzials ausmachen;
- bei Ariel kalt-aktiv color&style, kompakt durch Duftstoffe (62%), Enzyme (7%), LAS (5%) sowie FAEO und Natriumcarbonat (jew. 4%), die zusammen 82 % des Aquatoxizitätspotenzials ausmachen;
- bei Ariel kalt-aktiv color&style, flüssig durch C10-16 Alkyldimethylaminoxid (78%), Duftstoffe (16%), FAEO (3%) sowie Enzyme und Silikon (jew. 1%), die zusammen 99 % des Aquatoxizitätspotenzials ausmachen.

Diese Aufzählung zeigt, dass vor allem Duftstoffe, aber auch amphotere Tenside wie das C10-16 Alkyldimethylaminoxid sowie das in den Flüssigvollwaschmitteln enthaltene Natriumcumolsulfonat hinsichtlich des Aquatoxizitätspotenzials kritisch einzustufen sind. Aber auch Natriumsulfat, Natriumcarbonat, Natriumpercarbonat sowie Enzyme und die Tenside FAEO und LAS tragen zum hohen Aquatoxizitätspotenzial bei.

Das tatsächliche Aquatoxizitätspotenzial der betrachteten Varianten liegt vermutlich noch höher, da in dieser Untersuchung nur die Wasseremissionen aus dem Waschprozess selbst berücksichtigt werden konnten (vgl. Kap. 3.6). Würden zusätzlich noch die Wasseremissionen aus der Waschmittelbereitstellung berücksichtigt, die nach Dewaele et al. (2006) nach den Waschabwässern die größte Bedeutung hinsichtlich des Aquatoxizitätspotenzials aufweisen, kann davon ausgegangen werden, dass das Aquatoxizitätspotenzial der regulären Waschpulver bis doppelt so hoch liegen würde. Das der Flüssigwaschmittel läge hingegen nur um rund zehn Prozent höher (Dewaele et al. 2006). Für Kompaktwaschmittel liegen leider keine Angaben vor. Doch auch wenn man das Aquatoxizitätspotenzial der betrachteten Waschmittelkonzepte pauschal für die Pulvervarianten verdoppelt und bei den Flüssigwaschmittelkonzepten nur um zehn Prozent erhöht, schneiden die Flüssigwaschmittel noch deutlich schlechter ab als die Kompaktpulverwaschmittel: Sie weisen nach wie vor ein zwei bis zweieinhalb Mal so hohes Aquatoxizitätspotenzial auf. Im Vergleich zu den regulären Pulverwaschmitteln würde sich das Bild hingegen verändern: Bei den Vollwaschmitteln wären die Flüssigwaschmittel dann in derselben Größenordnung wie die regulären Pulver, bei den Colorwaschmitteln hingegen immer noch deutlich schlechter (knapp 75% höheres Aquatoxizitätspotenzial).

Berücksichtigt werden muss bei diesen Ergebnissen, dass die angewandte Methode (CML 1992 (Heijungs 1992)) den Abbau und die Verteilung der Substanzen in der Umwelt über die Zeit nicht berücksichtigt. Eventuell ergäben sich daher bei einer Methode, die dies berücksichtigt, andere Aquatoxizitätspotenziale und daraus resultierend eine andere Bewertung der Waschmittelkonzepte (vgl. hierzu auch Pant et al. 2004).

4.7 Zusammenfassung Einsparpotenziale und Bezug zu nationalen Werten

Folgende Tabellen fassen die Einsparpotenziale durch niedrigere Temperaturwahl in den betrachteten Wirkungskategorien bei Nutzung der verschiedenen Waschmittelkonzepte in Deutschland, Österreich und der Schweiz zusammen.

Die **absoluten Einsparpotenziale** pro Haushalt sind (für eine bestimmte Wirkungskategorie) pro Land bei jeder Variante identisch, da sie ausschließlich auf Einsparungen beim Stromverbrauch zurückzuführen sind und keine Unterschiede aus der Nutzung unterschiedlicher Waschmittel resultieren. Zwischen den betrachteten Ländern gibt es allerdings Unterschiede, da sowohl die durchschnittliche Waschtemperaturwahl als auch das (daraus abgeleitete) one-click-down-Szenario unterschiedlich sind und die Strombereitstellung mit unterschiedlichen Umweltauswirkungen verknüpft ist.

Trotz gleicher **absoluter Einsparpotenziale** unterscheiden sich die relativen Einsparpotenziale in den Wirkungskategorien auch zwischen den Alternativen in denen verschiedenen Waschmittelkonzepte verwendet werden, da sich die Gesamtauswirkungen der betrachteten Alternativen unterscheiden.

Die Einsparpotenziale pro Haushalt werden anschließend **auf die nationale Ebene extrapoliert** (mit Hilfe der Anzahl an Haushalten pro Land, vgl. Tab. 72 im Anhang) und zur Gesamtbelastung der betrachteten Länder und der Belastung pro Haushalt in Beziehung gesetzt (Normierung, vgl. Kapitel 1.9.7).

Die **Unterschiede zwischen den Ländern** beim Anteil der Strombereitstellung an den Umweltauswirkungen und den daraus resultierenden Einsparpotenzialen resultieren vor allem aus den Unterschieden bei der Strombereitstellung. In Deutschland wird Strom zum größten Teil aus Stein- und Braunkohle erzeugt (zusammen etwa 50 %), Kernenergie macht etwa 30 % aus. Regenerative Energien werden mit 5 % bis 10 % nur wenig genutzt. In Österreich ist dagegen die Wasserkraft dominierend (mit knapp 70 %). Gaskraftwerke machen hier etwa 13 %, Stein- und Braunkohle zusammen etwa 10 % aus. In der Schweiz wird der Strom vor allem aus Wasserkraft (55 %) und Kernenergie (40 %) erzeugt. Bei nahezu gleichem Stromverbrauch für das Wäschewaschen resultieren daraus unterschiedliche Umweltauswirkungen. (alle Daten aus GEMIS 4.3 (Bezugsjahr 2000) vgl. Kapitel 3.4)

4.7.1 Deutschland

Tab. 63 Einsparpotenziale pro Haushalt in Deutschland

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
<i>Einheit</i>	<i>MJ / %</i>	<i>kg CO₂-Äqu. / %</i>	<i>kg SO₂-Äqu. / %</i>	<i>kg PO₄-Äqu. / %</i>	<i>kg Ethen-Äqu. / %</i>
Ariel kalt-aktiv VWM					
regulär					
Einsparung (abs.)	550	33	0,065	0,0043	0,0038
Einsparung (rel.)	23%	25%	11%	10%	4%
kompakt					
Einsparung (abs.)	550	33	0,065	0,0043	0,0038
Einsparung (rel.)	23%	27%	12%	10%	4%
flüssig					
Einsparung (abs.)	550	33	0,065	0,0043	0,0038
Einsparung (rel.)	27%	29%	13%	16%	5%
Ariel kalt-aktiv color&style					
regulär					
Einsparung (abs.)	550	33	0,065	0,0043	0,0038
Einsparung (rel.)	25%	26%	11%	13%	4%
kompakt					
Einsparung (abs.)	550	33	0,065	0,0043	0,0038
Einsparung (rel.)	26%	27%	13%	20%	5%
flüssig					
Einsparung (abs.)	550	33	0,065	0,0043	0,0038
Einsparung (rel.)	28%	28%	13%	11%	4%

Tab. 64 Gesamteinsparpotenzial in Deutschland und Anteil an den Gesamtemissionen und der Belastung je Einwohner in Deutschland

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
<i>Einheit</i>	<i>TJ/--/--</i>	<i>t CO₂-Äqu. / % / EW</i>	<i>t SO₂-Äqu. / % / EW</i>	<i>t PO₄-Äqu. / % / EW</i>	<i>t Ethen-Äqu. / % / EW</i>
Gesamteinsparpotenzial D	21.526	1.290.086	2.530	170	147
Anteil an Gesamtbelastungen D	n.b.	0,13%	0,10%	0,02%	0,02%
Einwohnerwerte	n.b.	104.654	83.559	17.824	13.447

n.b. = nicht berechnet

4.7.2 Österreich

Tab. 65 Einsparpotenziale pro Haushalt in Österreich

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
<i>Einheit</i>	<i>MJ / %</i>	<i>kg CO₂-Äqu. / %</i>	<i>kg SO₂-Äqu. / %</i>	<i>kg PO₄-Äqu. / %</i>	<i>kg Ethen-Äqu. / %</i>
Vollwaschmittel					
regulär					
Einsparung (abs.)	331	13	0,054	0,0047	0,0054
Einsparung (rel.)	20%	18%	10%	9%	6%
superkompakt					
Einsparung (abs.)	331	13	0,054	0,0047	0,0054
Einsparung (rel.)	19%	20%	10%	9%	5%
flüssig					
Einsparung (abs.)	331	13	0,054	0,0047	0,0054
Einsparung (rel.)	24%	24%	12%	15%	7%
Color-Waschmittel					
regulär					
Einsparung (abs.)	331	13	0,054	0,0047	0,0054
Einsparung (rel.)	22%	19%	10%	14%	6%
superkompakt					
Einsparung (abs.)	331	13	0,054	0,0047	0,0054
Einsparung (rel.)	23%	21%	11%	21%	6%
flüssig					
Einsparung (abs.)	331	13	0,054	0,0047	0,0054
Einsparung (rel.)	25%	22%	12%	10%	6%

Tab. 66 Gesamteinsparpotenzial in Österreich und Anteil an den Gesamtemissionen und der Belastung je Einwohner in Österreich

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
<i>Einheit</i>	<i>TJ/--/--</i>	<i>t CO₂-Äqu. / % / EW</i>	<i>t SO₂-Äqu. / % / EW</i>	<i>t PO₄-Äqu. / % / EW</i>	<i>t Ethen-Äqu. / % / EW</i>
Gesamteinsparpotenzial A	1.136	44.606	185	16	19
Anteil an Gesamtbelastungen A	n.b.	0,05%	0,07%	0,02%	0,02%
Einwohnerwerte	n.b.	3.994	5.686	1.268	1.335

n.b. = nicht berechnet

4.7.3 Schweiz

Tab. 67 Einsparpotenziale pro Haushalt in der Schweiz

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
<i>Einheit</i>	<i>MJ / %</i>	<i>kg CO₂-Äqu. / %</i>	<i>kg SO₂-Äqu. / %</i>	<i>kg PO₄-Äqu. / %</i>	<i>kg Ethen-Äqu. / %</i>
Vollwaschmittel					
regulär					
Einsparung (abs.)	398	2	0,011	0,0010	0,0026
Einsparung (rel.)	21%	5%	2%	3%	3%
superkompakt					
Einsparung (abs.)	398	2	0,011	0,0010	0,0026
Einsparung (rel.)	21%	6%	3%	3%	3%
flüssig					
Einsparung (abs.)	398	2	0,011	0,0010	0,0026
Einsparung (rel.)	25%	9%	3%	5%	4%
Color-Waschmittel					
regulär					
Einsparung (abs.)	398	2	0,011	0,0010	0,0026
Einsparung (rel.)	23%	6%	2%	5%	3%
superkompakt					
Einsparung (abs.)	398	2	0,011	0,0010	0,0026
Einsparung (rel.)	24%	7%	3%	9%	3%
flüssig					
Einsparung (abs.)	398	2	0,011	0,0010	0,0026
Einsparung (rel.)	26%	8%	3%	3%	3%

Tab. 68 Gesamteinsparpotenzial in der Schweiz und Anteil an den Gesamtemissionen und der Belastung je Einwohner in der Schweiz

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
<i>Einheit</i>	<i>TJ/--/--</i>	<i>t CO₂-Äqu. / % / EW</i>	<i>t SO₂-Äqu. / % / EW</i>	<i>t PO₄-Äqu. / % / EW</i>	<i>t Ethen-Äqu. / % / EW</i>
Gesamteinsparpotenzial CH	1.240	6.789	33	3	8
Anteil an Gesamtbelastungen CH	n.b.	0,01%	0,02%	0,00%	0,01%
Einwohnerwerte	n.b.	964	1.564	364	776

n.b. = nicht berechnet

4.7.4 Zusammenfassung

Betrachtet man den gesamten Waschprozess, so sind die relativen Einsparpotenziale vor allem bei den Indikatoren hoch, die stark durch die Strombereitstellung beeinflusst werden. Dies sind in allen drei Ländern der kumulierte Energieaufwand und in Deutschland und Österreich auch das Treibhauspotenzial. Hier liegen die Einsparpotenziale bei 19 bis 28 % (KEA Deutschland, Österreich und Schweiz) und bei 18 bis 28 % (GWP Deutschland und Österreich).

Mittlere Einsparpotenziale sind in Deutschland und Österreich beim Versauerungspotenzial und beim Eutrophierungspotenzial zu verzeichnen (AP: 10 % bis 13 %; EP: 9 bis 21 %).

Umweltbelastungen, die weniger durch die Strombereitstellung, sondern stärker durch die Waschmittelbereitstellung (oder das Abwasser) verursacht werden, lassen sich durch niedrigere Temperaturwahl entsprechend weniger stark reduzieren. Dies sind in der Schweiz alle Indikatoren außer dem kumulierten Energieaufwand, in Deutschland und Österreich das photochemische Oxidantienbildungspotenzial. Hier liegen die Einsparpotenziale durch das one-click-down-Szenario bei 5 bis 9 % (GWP Schweiz), 3 bis 9 % (EP Schweiz), 2 % bis 3 % (AP Schweiz) bzw. 3 – 7 % (POCP Deutschland, Österreich und Schweiz).

5 Lebenszykluskosten

Für die Alternativen mit geographischem Bezugsraum Deutschland und Nutzung von Vollwaschmitteln wurden neben der Ökobilanz noch die Lebenszykluskosten berechnet.

5.1 Methodische Grundlagen

Die Lebenszykluskostenrechnung dient dazu, alle relevanten Kosten, die in Verbindung mit einer bestimmten Alternative für einen oder mehrere Akteure des Produktlebenszyklus entstehen, zu ermitteln. Die Betrachtung der Lebenszykluskosten ist insbesondere bei Produkten sinnvoll, bei denen relevante Kosten während der Betriebs- bzw. Nutzungsphase eines Produkts oder durch die Entsorgung entstehen.

In den letzten Jahren hat die Lebenszykluskostenrechnung auch im Kontext der Ökobilanzdiskussion an Bedeutung gewonnen. Beispielsweise wurde in 2002 eine Arbeitsgruppe der SETAC⁶² gegründet, die sich speziell mit der Lebenszykluskostenrechnung beschäftigt, allerdings hierbei die parallele Anwendung einer Ökobilanz mitdenkt und anstrebt (Hunkeler und Rebitzer 2003, Rebitzer und Seuring 2003).

5.2 Ziel und Untersuchungsrahmen

Um einen Vergleich mit den entsprechenden Ergebnissen der Ökobilanz zu ermöglichen, gelten bei der vorliegenden Lebenszykluskostenrechnung grundsätzlich dieselben Rahmenbedingungen wie in Kapitel 1.4 bis 1.8 beschrieben. Ziel und wesentliche Rahmenbedingungen werden hier noch einmal wiederholt und für die Lebenszykluskostenrechnung spezifiziert.

5.2.1 Ziel

In der vorliegenden Lebenszykluskostenrechnung werden die Kosten des Wäschewaschens in privaten Haushalten bei unterschiedlichen Temperaturen analysiert. Im Einzelnen wird folgendes Ziel verfolgt:

⁶² Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). Die SETAC hat in den 1990er Jahren stark zur Entwicklung der Ökobilanz als ökologischer Produktbewertungsmethode beigetragen. Die Bemühungen mündeten schließlich in der Normierung durch die ISO Normenserie 14040 bis 14043, die 1999 abgeschlossen war.

- Bestimmung der Kosten des Wäschewaschens in privaten Haushalten, sowie deren potenzielle Reduktion infolge der Umsetzung einer Verringerung der Waschttemperaturen.

5.2.2 Untersuchte Alternativen

Es werden zwei grundsätzliche Alternativen unterschieden:

1. Durchschnittliche Waschtemperaturwahl und
2. one-click-down-Szenario: Hier wird die Wäsche jeweils bei einer um eine Stufe reduzierten Temperatur gewaschen. Bisher bei 30°C gewaschene Wäsche wird allerdings weiterhin bei 30°C und nicht bei 20°C gewaschen⁶³. Ebenso wird Wäsche die bisher bei Temperaturen unter 30°C gewaschen wurde, auch weiterhin bei dieser Temperatur gewaschen.

Die beiden grundsätzlichen Verhaltensalternativen wurden im Kapitel 1.6 bereits näher beschrieben.

Dieser Vergleich wird für „Ariel kalt-aktiv“ (Vollwaschmittel) in den Produktformen Regulärpulver, Kompaktpulver und Flüssigwaschmittel durchgeführt. Im Gegensatz zur Ökobilanz werden Colorwaschmittel nicht berücksichtigt. Außerdem bezieht sich die Lebenszykluskostenrechnung nur auf den geographischen Bezugsraum Deutschland. Der Kostenvergleich zwischen durchschnittlicher Waschtemperaturwahl und one-click-down-Szenario wird also für 3 Varianten durchgeführt.

5.2.3 Funktionelle Einheit

Die durch das untersuchte System zu erfüllende Funktion ist das Waschen einer bestimmten Anzahl an Waschgängen mittels einer handelsüblichen Waschmaschine in privaten Haushalten. Als funktionelle Einheit wird die jährliche Anzahl an gewaschenen Waschgängen in einem durchschnittlichen privaten Haushalt⁶⁴ festgelegt.

Die Studie fokussiert ausschließlich auf den Waschprozess in privaten Haushalten. Nicht eingeschlossen in die Untersuchung sind die Nutzung von Weichspülern oder Hilfsstoffen (z.B. zusätzliche Bleichmittel oder Wasserenthärter) oder mit dem Waschprozess zusammenhängende Prozesse wie die Wäschetrocknung oder das Bügeln der trockenen Wäsche.

⁶³ Da es schwer einzuschätzen ist, in wie fern zum derzeitigen Zeitpunkt insbesondere waschmaschinenseitig die Möglichkeit gegeben ist, Normalwäsche (Koch-/Buntwäsche) bei 20°C zu waschen (vgl. Kapitel 2).

⁶⁴ Unter „durchschnittlichem“ Haushalt wird ein „statistischer Durchschnittshaushalt“ verstanden: dieser ergibt sich durch eine Top-down-Berechnung aus Gesamteinwohnerzahl durch Gesamthaushaltszahl.

5.2.4 Systemgrenzen

Folgende Input- und Outputgrößen des Wäschewaschens in privaten Haushalten, die den in der Ökobilanz berücksichtigten Prozessen entsprechen, werden bei der Kostenrechnung berücksichtigt:

- Stromverbrauch,
- Wasserverbrauch und Abwasserentsorgung,
- Waschmittelverbrauch.

Unterschiede zwischen den beiden grundlegenden Alternativen (durchschnittliche bzw. niedrigere Waschttemperaturen) bestehen bei der Temperaturwahl und den damit zusammenhängenden Unterschieden beim Stromverbrauch. Bei Wasserverbrauch, Waschmittelbereitstellung und Abwasserbehandlung ergeben sich keine Unterschiede.

Zwischen den betrachteten Waschmittelkonzepten gibt es Unterschiede beim Preis pro Waschgang.

Nicht berücksichtigt werden folgende Inputgrößen (vgl. Kapitel 1.7):

- die Anschaffung und Entsorgung der Wäsche, die gewaschen wird,
- die Anschaffung und Entsorgung der Waschmaschine und
- der Transport der Waschmittel vom Handel in die privaten Haushalte.

5.2.5 Datenqualität

Zusätzlich zu den Anforderungen an die Datenqualität bzgl. Waschverhalten, Strom- und Wasserverbrauch und Waschmitteldosierung, die bereits in Kapitel 1.8 dargestellt wurden, werden folgende Anforderungen an die Kostendaten gestellt:

Zeitbezogener Erfassungsbereich: Die verwendeten Daten zu den Strompreisen (pro kWh), zu Preisen für die Trinkwasserbereitstellung und Abwasserbehandlung (pro m³) sowie für die Waschmittel pro Waschgang sollen sich möglichst auf die Zeitspanne zwischen 2000 und 2006 beziehen.

Geographischer Erfassungsbereich: Die verwendeten Preise sollen sich auf Deutschland beziehen.

Datenkategorien: Grundsätzlich wurden in der Lebenszykluskostenrechnung ausschließlich die Kosten berücksichtigt, die für private Haushalte durch das Waschen von Wäsche auftreten. Entsprechend der Inputgrößen sind dies folgende Kostenarten:

- Stromkosten (errechnet aus Stromverbrauch und Preis pro Einheit),
- Kosten für Trinkwasserbereitstellung und Abwasserbehandlung (errechnet aus Wasserverbrauch und den Kosten für die Trinkwasserbereitstellung und Abwasserentsorgung),
- Waschmittelkosten (errechnet aus Preis pro Waschgang).

Die Kosten werden inklusive der derzeit gültigen Mehrwertsteuer angegeben (16 % bei Strom und Waschmitteln und 7 % bei der Trinkwasserbereitstellung; für die Abwasserentsorgung wird derzeit keine Mehrwertsteuer erhoben).

Insgesamt liegen der Lebenszykluskostenrechnung Daten mit einer der Fragestellung und Zielsetzung angemessenen Qualität zugrunde.

5.2.6 Zeitliche Variabilität der Kosten

Es werden die jährlichen Kosten mit den derzeit gültigen Preisen für die betrachteten Inputflüsse berechnet. Die Ergebnisse gelten damit für die heutige Situation. Aufgrund von zeitlichen Preisentwicklungen können sich die einzelnen Kostenarten und deren Anteile an den Gesamtkosten in der Zukunft verändern.

Da keine zukünftigen Kosten berechnet werden (Kosten, die innerhalb eines Jahres anfallen, werden als „gegenwärtig“ betrachtet), muss keine Abzinsung auf heutige Werte vorgenommen werden.

5.3 Datengrundlage

Für die Berechnung der Lebenszykluskosten für private Haushalte durch das Wäschewaschen bei durchschnittlichen bzw. niedrigeren Waschttemperaturen werden analog zu den Systemgrenzen der Ökobilanz die Kosten für Strom, Wasser und Waschmittel berücksichtigt. Der durchschnittliche Strom- und Wasserverbrauch von Waschmaschinen im Bestand und die Waschmitteldosierung wird entsprechend den Annahmen in den Kapiteln 3.1 bis 3.3 für die Lebenszykluskostenrechnung übernommen. Gleiches gilt für das Nutzerverhalten (durchschnittliche Waschttemperaturenwahl und one-click-down-Szenario) (vgl. Kapitel 1.6).

Tab. 68 gibt einen Überblick über die zu Grunde gelegten Preise pro kWh, Liter bzw. Waschgang.

Tab. 69 Preise für Strom, Wasser und Waschmittel für private Haushalte in Deutschland

Betriebsmittel	Preis	Einheit	Quelle
Strom	0,196	Euro/kWh	Erhebung Öko-Institut 03/2006
Wasser	4,22	Euro/m ³	Berechnung in Rüdener / Grießhammer 2004
Ariel kalt-aktiv regulär	0,24	Euro/Waschgang	Erhebung Öko-Institut 05 und 06/2006
Ariel kalt-aktiv kompakt	0,24	Euro/Waschgang	Erhebung Öko-Institut 05 und 06/2006
Ariel kalt-aktiv flüssig	0,22	Euro/Waschgang	Erhebung Öko-Institut 05 und 06/2006

5.4 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Kosten, die für einen privaten Haushalt durch das Wäschewaschen bei durchschnittlichen Waschttemperaturen und bei niedrigeren Waschttemperaturen (one-click-down-Szenario) entstehen, dargestellt.⁶⁵

Je nach Waschmittelkonzept (reguläres, kompaktes oder flüssiges Vollwaschmittel) kostet das Wäschewaschen einen bundesdeutschen Durchschnittshaushalt insgesamt etwa 108,- bis 122,- Euro jährlich (vgl. Abb. 11 und Tab. 70). Bei durchschnittlichen Waschttemperaturen sind nahezu die Hälfte davon Kosten für Trinkwasserbereitstellung und Abwasserentsorgung, ein knappes Viertel resultiert aus dem Strom- und ein knappes Drittel aus dem Waschmittelverbrauch. Bei niedrigerer Temperaturwahl reduziert sich der Anteil für die Stromkosten (auf etwa ein Sechstel).

Unabhängig von der Waschmittelwahl lassen sich die jährlichen Kosten für den Strombedarf durch die Wahl niedrigerer Waschttemperaturen (one-click-down-Szenario) um 10,- Euro (37 %) reduzieren. Insgesamt resultiert ein Einsparpotenzial von knapp 10 % der gesamten Kosten (vgl. Tab. 71).

⁶⁵ Kosten für Deutschland bei Nutzung von regulärem, superkompaktem oder flüssigem Vollwaschmittel.

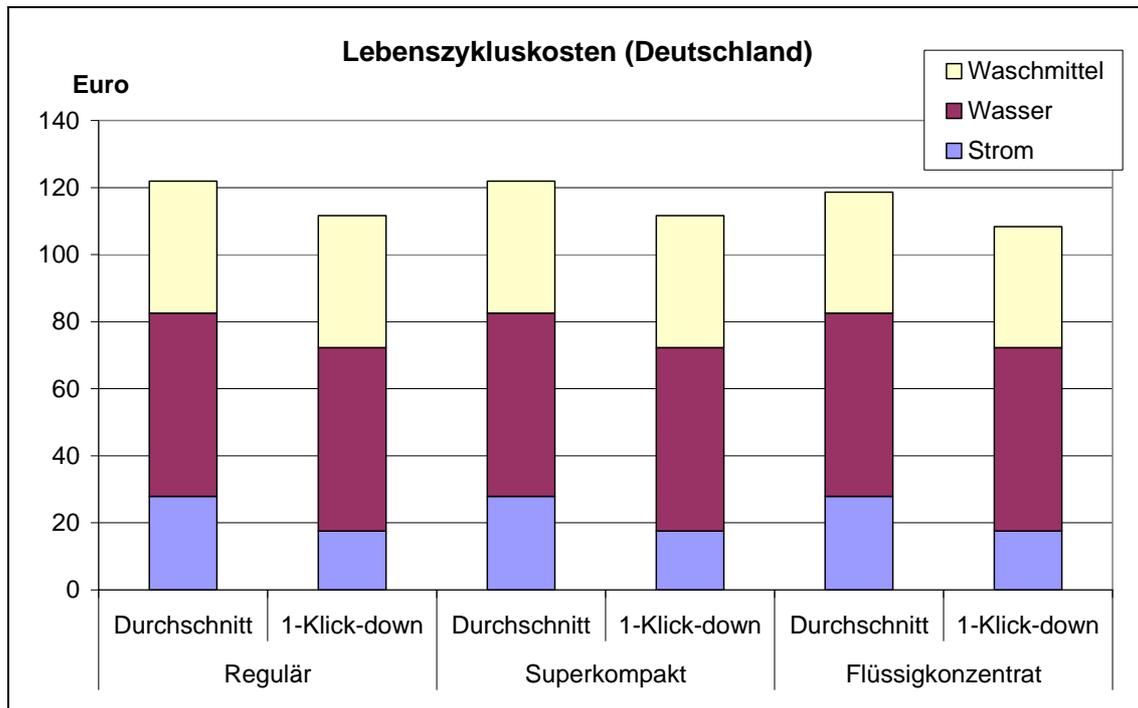


Abb. 11 Lebenszykluskosten Wäschewaschen (Deutschland, VWM)

Tab. 70 Lebenszykluskosten Wäschewaschen und Anteile der Kostenarten

Alternative	Einheit	Kosten für			Gesamt
		Strom	Wasser	Waschmittel	
		Euro p.a./%	Euro p.a./%	Euro p.a./%	Euro p.a./%
Reguläres Vollwaschmittel					
absolut					
	Durchschnitt	27,9	55,-	39,4	121,9
	one-click-down	17,6	55,-	39,4	111,6
relativ					
	Durchschnitt	23%	45%	32%	100%
	one-click-down	16%	49%	35%	100%
Superkompaktes Vollwaschmittel					
absolut					
	Durchschnitt	27,9	55,-	39,4	121,9
	one-click-down	16,9	55,-	39,4	111,6
relativ					
	Durchschnitt	23%	45%	32%	100%
	one-click-down	16%	49%	35%	100%
Flüssigkonzentriertes Vollwaschmittel					
absolut					
	Durchschnitt	27,9	55,-	36,1	118,6
	one-click-down	16,9	55,-	36,1	108,3
relativ					
	Durchschnitt	24%	46%	30%	100%
	one-click-down	16%	50%	33%	100%

Tab. 71 Einsparpotenzial (Kosten) durch niedrigere Waschttemperaturen

Alternative		Einsparungen bei den Kosten für			
		Strom	Wasser	Waschmittel	Gesamt
	Einheit	Euro p.a./%	Euro p.a./%	Euro p.a./%	Euro p.a./%
Reguläres Vollwaschmittel					
	absolut	10,-	--	--	10,-
	relativ	37 %	--	--	8,5 %
Superkompaktes Vollwaschmittel					
	absolut	10,-	--	--	10,-
	relativ	37 %	--	--	8,5 %
Flüssigkonzentriertes Vollwaschmittel					
	absolut	10,-	--	--	10,-
	relativ	37 %	--	--	8,5 %

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Bezogen auf die Zielstellung der Studie können folgende Schlussfolgerungen gezogen und Empfehlungen ausgesprochen werden.

Das Einsparpotenzial beim Stromverbrauch durch das one-click-down-Szenario ist hoch: Zwischen 37 % und 38 % des Stromverbrauchs des Wäschewaschens in privaten Haushalten können durch die konsequente Nutzung niedrigerer Waschttemperaturen (entsprechend der Definition im one-click-down-Szenario) eingespart werden. In Deutschland könnte so der Stromverbrauch privater Haushalte um 1,5 % reduziert werden – einschließlich der damit einhergehenden Umweltauswirkungen. Dies entspricht dem durchschnittlichen Stromverbrauch von rund 570.000 deutschen Einwohnern (d.h. der Einwohnerzahl Düsseldorfs bzw. rund 270.000 Haushalten). In Österreich könnte der Haushaltsstromverbrauch um rund 1,2 % reduziert werden, was dem Stromverbrauch von über 42.000 österreichischen Einwohnern (knapp 18.000 Haushalten) entspricht. In der Schweiz könnte schließlich der Haushaltsstromverbrauchs um etwa 0,9 % reduziert werden (entspricht knapp 30.000 schweizerischen Einwohnern bzw. 12.500 Haushalten).

Wie die Sensitivitätsanalyse zeigt, erhöht sich das Einsparpotenzial durch die vollständige Umsetzung des one-click-down-Szenarios⁶⁶ von 37 % auf rund 40 %. Es wäre daher sinnvoll, neben der schrittweisen Reduktion der bisherigen Waschttemperaturen, dem Verbraucher vermehrt Waschmaschinen anzubieten, mit denen Normalwäsche bei 20°C gewaschen werden kann.

Betrachtet man den Ressourcenverbrauch und die potenziellen Umweltauswirkungen des gesamten Waschprozesses, so sind die relativen Einsparungen geringer, da auch andere Prozesse als der Stromverbrauch hierzu beitragen. In Deutschland könnten aber zumindest beim kumulierten Energieaufwand und beim Treibhauspotenzial Einsparpotenziale von bis zu 29 % erreicht werden, in Österreich bis zu 25 %. Der Anteil des Stromverbrauchs an den Umweltauswirkungen, und damit auch die Einsparpotenziale, sind in der Schweiz, wo die Strombereitstellung zu einem größeren Anteil aus regenerativen Energieträgern (Wasserkraft) erfolgt, geringer als in Deutschland und Österreich.

Die Einsparungen, die an den Gesamtumweltbelastungen der betrachteten Ländern erzielt werden können, sind zwar prozentual relativ gering, dennoch kann das one-click-down-

⁶⁶ Also wenn auch Wäsche die bisher bei 30°C gewaschen wurde, bei einer um eine Stufe reduzierten Temperatur, also bei 20°C gewaschen wird.

Szenario als sehr einfache und auch noch Kosten sparende Variante einen bemerkenswerten absoluten Beitrag leisten. Zumindest in Deutschland könnte das Treibhauspotenzial eingespart werden, das einer Stadt mit etwa 100.000 Einwohnern entspricht.

Auch bei den Kosten könnten 37 % der Stromkosten bzw. knapp 9 % der gesamten Kosten fürs Wäschewaschen eingespart werden. Bei gleicher Waschleistung stellt die Wahl niedrigerer Waschttemperaturen eine einfache Möglichkeit dar, Kosten zu reduzieren, ohne Nutzeneinbußen oder einen größeren Aufwand hinnehmen zu müssen.

Empfehlungen:

Insgesamt kann die Wahl niedrigerer Waschttemperaturen durch private Haushalte gemäß one-click-down-Szenario unter Umweltgesichtspunkten empfohlen werden. Dabei muss allerdings auch bei niedrigen Waschttemperaturen eine gute Waschleistung gewährleistet sein, da ansonsten Wäschestücke ggf. erneut gewaschen werden, was die Umweltauswirkungen wiederum erhöhen würde.

Neben der verstärkten Nutzung niedrigerer Waschttemperaturen (entsprechend des one-click-down-Szenarios) sollten private Haushalte beim Waschmaschinenkauf darauf achten, ob die Waschmaschine über ein 20°C-Waschprogramm für Normalwäsche verfügt.

Weitere Einsparmöglichkeiten liegen in einer optimierten Beladung der Waschmaschine. Neben der besseren mechanischen Waschleistung voll beladener Waschmaschinen lässt sich hierdurch der (spezifische) Strom- und Wasserverbrauch verringern. Da auch der Wasserverbrauch verringert wird, werden auch die Kosten stärker reduziert (der Anteil der Wasserkosten an den Gesamtkosten fürs Wäschewaschen liegt bei etwa 45 %) (vgl. Rüdener u. Gießhammer 2004). Außerdem sollte auf die korrekte Dosierung (entsprechend Verschmutzungsgrad der Wäsche und Wasserhärte) geachtet werden, um bei möglichst geringer Umweltbelastung optimale Waschergebnisse⁶⁷ zu erhalten.

In allen Ländern, insbesondere in der Schweiz⁶⁸, hat neben der Strom- insbesondere die Waschmittelbereitstellung bzw. die aus den Waschmittelinhaltsstoffen resultierende Abwasserbelastung einen erheblichen Anteil an den Umweltauswirkungen des Wäschewaschens. Neben den (wie oben erläutert) relevanten und wichtigen Stromeinsparpotenzialen, rücken damit auch wieder stärker Verbesserungspotenziale bei den Waschmitteln in den Fokus. Beispielsweise konnten in der vorliegenden Studie Unterschiede bei den Umweltauswirkungen zwischen den Waschmittelkonzepten festgestellt werden. So

⁶⁷ Sowohl zu niedrige, als auch zu hohe Dosierung verschlechtert das Waschergebnis.

⁶⁸ durch die geringeren Umweltauswirkungen der Strombereitstellung pro kWh

schneiden z.B. Kompaktwaschmittel in den meisten Wirkungskategorien besser ab als die entsprechende reguläre Variante. Dieser Vergleich wurde jedoch nicht detailliert durchgeführt, da die Wahl niedrigerer Waschttemperaturen im Fokus stand. Eine genauere Analyse und Diskussion von ökologischen Verbesserungspotenzialen der Waschmittelkonzepte, aber auch von Unterschieden zwischen den Konzepten erscheint den AutorInnen durchaus sinnvoll. Mit Hilfe der vorliegenden Datenbasis wurde hierzu eine erste Grundlage gelegt.

Um schließlich eine vollständige Umsetzung des one-click-down-Prinzips zu ermöglichen, sollten Hersteller von Waschmaschinen verstärkt Waschmaschinen anbieten, die über ein 20°C-Programm für Normalwäsche (Koch-/Buntwäsche, Baumwolle o.ä.) verfügen.

7 Literatur

- AEG 2006 Benutzerinformation Waschautomat LAVAMAT 54600, download von www.aeg-electrolux.de am 22.03.2006.
- APME 1994 Eco-profiles of the European polymer industry, Report 6: Polyvinyl-Chloride, Brussels, April 1994, A Report for APME.
- BfE o.J. BfE (Hrsg.); Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2005; hrsg. vom Bundesamt für Energie BfE, Bern o.J.
- BFS 2006 Anzahl Privathaushalte nach Haushaltsgröße. Wert für 2000. http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/bevoelkerung/familien_haushalte/blank/kennzahlen0/haushaltsgroesse.html zuletzt besucht am 17.05.2006.
- BfS 2006 a http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/bevoelkerung/uebersicht/blank/wichtigste_kennzahlen.html zuletzt besucht am 17.5. 2006.
- BfS 2006 b http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/bevoelkerung/familien_haushalte/blank/kennzahlen0/haushaltsgroesse.html zuletzt besucht am 17.5. 2006.
- BMWi 2006 BMWi (Hrsg.); Energiedaten; Zahlen und Fakten, Nationale und Internationale Entwicklung; erstellt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Referat III A2; letzte Aktualisierung: 27:06.2006.
- Boeije und Klein 2004 Boeije, G. und Klein H.J.; Are Oxygen Demands Relevant for Today's Environmental Assessment of Detergents? In: Tenside Surf. Det. 41 (2004) 6.
- Brunner et al. 2001 Brunner, C.U.; Bush, E.; Gasser, S; Lingenhel, S.; Nipkow, J. (S.A.F.E.): Energieeffizienz bei Elektrogeräten – Wirkung der Instrumente und Massnahmen. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie (Schweiz). Bern, Mai 2001.
- BUWAL 1996 Habersatter, K.; Fecker, I.; Dall'Acqua, S.; Fawer, M.; Fallscheer, F.; Förster, R.; Maillefer, C.; Ménard, M.; Reusser, L.; Som, C.; Stahel, U.; Zimmermann, P.; Ökoinventare für Verpackungen. Bd. I und II. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern 1996.
- BUWAL 2005 a BUWAL (Hrsg.); Vierter Bericht der Schweiz zuhanden der UNO-Klimakonvention. Erster Bericht der Schweiz zuhanden des Protokolls von Kyoto 2005 – Kurzfassung. Hrsg. vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern 2005.
Download PDF: www.umwelt-schweiz.ch/publikationen
- BUWAL 2005 b BUWAL (Hrsg.); Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz. Status-Bericht der Eidg. Kommission für Lufthygiene. Hrsg. vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Schriftenreihe Umwelt Nr. 384 / Luft. Bern 2005.
- CML 2001 Guinée, J. B. et al.: An operational guide to the ISO-standards, Final report – Part 3, Centre of Environmental Science (CML) Leiden.

- CML 2004 Van Oers, L.; CML-IA – database containing characterization factors for life cycle impact assessment, Centre of Environmental Science (CML) Leiden, 2004.
(<http://www.leidenuniv.nl/interfac/cml/ssp/index.html>)
- Dall'Acqua et al. 1999 Dall'Acqua S., Fawer M., Fritschi R., Allenspacher C.; Ökoinventare für die Produktion von Waschmittel-Inhaltsstoffen; i.A. von UBA, Berlin und Öko-Institut e.V., Freiburg. EMPA-Bericht Nr. 244. St. Gallen, 1999.
- Dewaele et al. 2006 Dewaele, J.; Pant, R.; Schowanek, D.; Comparative Life Cycle Assessment (LCA) of Ariel "Actif à froid" (2006), a laundry detergent that allows to wash at colder wash temperatures, with previous Ariel laundry detergents (1998, 2001). Procter & Gamble, Brussels Innovation Center, Central Product Safety –Environmental, April 2006.
- DID 2004 Detergent Ingredient Database (DID); Part A: List of ingredients; Part B and Final Report: The harmonised Detergent Ingredient Database ("DID-Isit") for Ecolabelling, Marianne B. Eskeland (Ecolabelling Norway) und Erik Svanes (ESC), Juni 2004;
http://europa.eu.int/comm/environment/ecolabel/product/pg_did_list_e_n.htm.
- Eberle u. Griebshammer 1997 Eberle, U.; Griebshammer, R.; Waschmitteleinsparung durch den Ersatz von Vollwaschmitteln; im Auftrag von Procter & Gamble, 1997.
- Eberle u. Griebshammer 2000 Eberle, U.; Griebshammer, R.; Ökobilanzierung zu Wasch- und Reinigungsmittelrohstoffen und deren Anwendung in der gewerblichen Wäscherei. Teilstudien im UFO-Plan Vorhaben 29 64 145 (Teil 2 - 4), UBA-Texte 43/01, 2000.
- Enquete 2002 Nachhaltige Energieversorgung - Endbericht der Enquete-Kommission Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung des 14. Deutschen Bundestags; Berlin
- Eurostat 2006 Tabellen zu Bevölkerungsanteil mit Anschluss an kommunale Kläranlagen insgesamt und Bevölkerungsanteil mit Anschluss an kommunale Kläranlagen: primäre, sekundäre und tertiäre Behandlung (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>, zuletzt besucht am 14.06.06).
- EVA 2003 E.V.A. (Hrsg.); Energy Efficiency and CO₂-Emissions in Austria; Report based on the ODYSSEE data base on energy efficiency with the support of SAVE. Monitoring tools for energy efficiency in Europe: The ODYSSEE project. E.V.A. Energie Verwertungsagentur, July 2003.
- EWI/Prognos AG 2005 Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030 - Energiewirtschaftliche Referenzprognose - Energiereport IV; Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln / Prognos AG; i.A. des Bundesministers für Wirtschaft, Köln/Basel 2005.
- Faist 2006 Persönliche Information von Mireille Faist Emmenegger (ESU-services - Ökologiebezogene Unternehmens- und Politikberatung) am 26. Mai 2006.
- Faist und Frischknecht 2005 Faist Emmenegger, M.; Frischknecht, R.; Ökobilanz Waschautomat V-Zug. Schlussbericht. Auftraggeber: S.A.F.E. Schweizerische Agentur für Energieeffizienz, Bundesamt für Energie (BFE). ESU-Services, Uster, 27. Mai 2005.

Fawer 1996 Fawer, M.; Life Cycle Inventory for the Production of Zeolithe A for Detergents. EMPA-Bericht Nr. 234, St. Gallen 1996.

Franke et al. 1995a Franke, M.; Klüppel, H.; Kirchert, K.; Olschewski, P.; Ökobilanzierung – Sachbilanz für die Waschmittel-Konfektionierung. Autorenfortdruck aus der Zeitschrift: Tenside Surfactants Detergents 32, 6, 1996, 508-514.

Franke et al. 1995b Franke, M. et al.: LCI for Petrochemical Intermediates, Tenside Surfactants Detergents 32 (1995) 384.

GaBi 3.2 Modulbibliothek zur Ökobilanzsoftware GaBi 3.2.

GaBi 1996: Nicht näher spezifizierte Industriedaten aus der Datenbank der GaBi-Software, Bezugsjahr 1996.

GEMIS 4.1 Software Gesamt-Emissionsmodell Integrierter Systeme (GEMIS), Version 4.3, Stand 2003.

GEMIS 4.3 Software Gesamt-Emissionsmodell Integrierter Systeme (GEMIS), Version 4.3, Stand März 2006.

Gensch et al. 2003 Gensch, C.-O.; Möller, M.; Rüdener, I.; Ebinger, F.; Bunke, D.; Besch, Katrin; Comparison of two methods of scouring. Technical Report: Eco-Efficiency analysis April 2003; revised in July 2003; im Auftrag von Novozymes A/S, Bagsvaerd / Denmark; Freiburg 2003.

GfK 2001 Henkel, Wäschetagebuch, durchgeführt von GfK Marktforschung von Mitte August bis Anfang Oktober 2001 (vertrauliche Daten).

Grießhammer et al. 1997 Grießhammer, R., Bunke, D.; Gensch, C.-O.; Produktlinienanalyse Waschen und Waschmittel. Endbericht i.A. des Umweltbundesamtes, Forschungsbericht 102 07 202, UFA-FB 97-009; UBA-Texte 1/97; Berlin 1997.

Hauschild u. Wenzel 1998: Hauschild, M.; Wenzel, H. (1998): Environmental Assessment of Products; Vol. 2: Scientific background, Kluwer

Heijungs 1992 Heijungs, R.: Environmental life cycle assessment of products – Backgrounds. Guide LCA. Centre for Environmental Science, Leiden (Niederlande) 1992.

Huijbregts 1999: Huijbregts, M. A. J. (1999): Priority Assessment of Toxic Substances in the frame of LCA – Development and application of the multi-media fate, exposure and effect model USES-LCA. IVAM environmental research, University of Amsterdam, Amsterdam.

Hunkeler und Rebitzer 2003 Hunkeler, D.; Rebitzer, G.: Life Cycle Costing – Paving the Road to Sustainable Development? In Int J LCA 8 (2) 109 – 110 (2003).

IEA 2003 Electricity Information, International Energy Agency, Paris, 2003.

IKW 2002a Informationsserie Wasch- und Reinigungsmittel. Industrieverband Körperpflege- und Waschmittel e.V. (IKW), Frankfurt am Main, 2002.

IKW 2002b IKW-Datenbogen zum Nachhaltigkeitsindikator N 5 – Energiebedarf pro kg Wäsche. Information im Rahmen des Forums „Waschen für die Zukunft“ des Industrieverbands Körperpflege- und Waschmittel e.V. (IKW). Dezember 2002.

IKW 2005 Industrieverband Körperpflege- und Waschmittel e.V. (IKW) (Hg.): Nachhaltigkeitsbericht 2005/2006 für die Wasch- und Reinigungsmittelbranche. Erstellt in enger Kooperation mit dem *Forum Waschen für die Zukunft*. Frankfurt am Main, 2005.

ISO 14040	Umweltmanagement – Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen. ISO 14040, 1997.
ISO 14041	Umweltmanagement – Ökobilanz – Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie die Sachbilanz, ISO 14041, 1998.
ISO 14042	Umweltmanagement – Ökobilanz – Wirkungsabschätzung, ISO 14042, 2000.
ISO 14043	Umweltmanagement – Ökobilanz – Auswertung, ISO 14043, 2000.
ISOPA 1997	Eco-profiles of the European plastics industry, Report 9: Polyurethane Precursors (TDI, MDI, Polyols) (Second Edition), A Report for ISOPA, Brussels, September 1997.
Jolliet et al. 2002	Jolliet, O.; Brugger-Bronchi, V.; Crettaz, P.; Lopes, P.-M.; Ökobilanz von Trinkwasserversorgung und Regenwassernutzung. BUWAL (Hrsg.): Umweltmaterialien 147 Wasserversorgung. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; Bern 2002.
Jolliet et al. 2003:	Jolliet, O., Margni, M., Charles, R., Humbert, S., Payet, J., Rebitzer, G. and Rosenbaum, R. (2003): IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. In: Int J. of LCA 8 (6) S. 324-330, 2003.
Larson et al. 2004	Larson EL, X. Lin S., Gomez-Pichardo C., Della-Latta P.: Effect of Antibacterial Home Cleaning and Handwashing Products on Infectious Disease Symptoms. Annals of Internal Medicine. 2004, Vol. 140/Nr.5: 321-330.
Langbein et al. 1995	Langbein, Kurt; Mühlberger, Manfred und Skalnik, Christian: Kursbuch Lebensqualität, S. 174-175. Kiepenheuer & Witsch 1995.
Lichtenberg 2005	Hygieneaspekte beim Niedrigtemperaturwaschen. In: ...textil... Wissenschaft, Forschung, Unterricht 1/2005, Baltmannsweiler.
Lichtenberg et al. 2005	Lichtenberg, W.; Girmond, F.; Niedner, A.; Riebe, A.; Schaub, H.; Schulze, I.: Hygieneaspekte beim Niedrigtemperaturwaschen. Bericht für den Industrieverband Körperpflege- und Waschmittel e.V. (IKW) vom 03.08.2005.
Miele 2005	Technical data by Miele & Cie. GmbH & Co., February 2005.
Miele 2006	Gebrauchsanweisung Waschautomat W 3985 WPS, erhalten von Miele & Cie. KG im März 2006.
Möller et al. 2005	Möller, M.; Bunke, D.; Gensch, C.-O.; Quack, D.; Vogt, P.; EcoGrade 2.0. Methodology Description. Freiburg 2005.
NEI 2001	Data base of domestic appliances of Niedrig-Energie-Instituts (NEI), 5/2001; Detmold 2001.
NEI 2004	Data base of domestic appliances of Niedrig-Energie-Instituts (NEI), 2004; Detmold 2004.
Nipkow 2006	Persönliche Information von Jürg Nipkow (Arbeitsgemeinschaft Energie-Alternativen, Schweiz) vom 24. Mai 2006.
Pant et al. 2004	Pant, R.; Van Hoof, G.; Schowanek, D.; Feijtel, T.C.J.; de Koning, A.; Hauschild, M.; Pennington, D.; Olsen, S.I.; Rosenbaum, R.: Comparison between three different LCIA methods for aquatic ecotoxicity and a product environmental risk assessment. Insights from a detergent case study within OMNITOX, Int. J LCA 9 (5), S. 295-306.

P&G 2006 Persönliche Informationen durch die P&G Service GmbH (Mai bis Juli 2006, insbesondere durch Herrn Hans-Joachim Klein und Herrn Gert van Hoof).

PWMI 1994 PWMI (European Centre for Plastics in the Environment): Eco-profiles of the European Plastics Industry. Report 5: Co-Product Allocation in Chlorine Plants; Brüssel; 1994.

Quack et al. 2004 Quack, D.; Möller, M. Gartiser, S.; Ökobilanz des Winterdienstes in den Städten München und Nürnberg. Im Auftrag der Stadt München und Stadt Nürnberg. Freiburg 2004.

Raschle 1985 zitiert nach Raschle 1995.

Raschle 1995 Raschle, P.; Ist eine 40°C-Haushaltwäsche hygienisch? 4. EMPA-Textiltagung Textil und Waschen, 7. Sept. 1995, Zürich EMPA St. Gallen, 1995.

Rebitzer und Seuring 2003 Rebitzer, G.; Seuring, S.: Methodology and Application of Life Cycle Costing, Int J LCA 8 (2) 110 – 111 (2003).

RMA 2003 Obernosterer R., Reiner, I.; Stickstoffbilanz Österreich. Beitrag der Abfallwirtschaft zum Stickstoffhaushalt Österreichs. Endbericht Projekt ABASG II-N. Ressourcen Management Agentur Villach 2003.

Rüdenauer et al. 2004 Rüdenauer, I.; Gensch, C.-O.; Quack, D.; Eco-Efficiency Analysis of Washing machines – Life Cycle Assessment and determination of optimal life span. Freiburg 2004.

Rüdenauer und Gensch 2004 Rüdenauer, I.; Gensch, C.-O.; Eco-Efficiency Analysis of Washing machines. Refinement of Task 4: Further use versus substitution of washing machines in stock. Freiburg 2004.

Rüdenauer/Grießhammer 2004 Rüdenauer, I.; Grießhammer, R.; PROSA Waschmaschinen. Produkt-Nachhaltigkeitsanalyse von Waschmaschinen und Waschprozessen. Freiburg 2004.

Saouter und van Hoof 2002 Saouter, E.; van Hoof, G.; A database for the life-cycle assessment of Procter & Gamble laundry detergents. In: Int J LCA 7 (2) 2002, 103-114.

Schlomann et al. 2001 Schlomann, B.; Eichhammer, W.; Gruber, E.; Kling, N.; Mannsbart, W.; Stöckle, F.; Evaluierung zur Umsetzung der Energie-verbrauchs-kennzeichnungs-verordnung (EnVKV). Projekt-nummer 28/00. Abschluss-bericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovations-forschung (ISI), Karlsruhe, Nürnberg 2001.

Schröder 2006 Persönliche Information von Dr. Roland Schröder (Henkel KGaA) am 13.06.2006.

Smulders 2002 Smulders E.; Laundry Detergents, Wiley-VCH, Weinheim, 2002.

Stalmans et al. 1995 Stalmans, M. et al.: LCI for Detergents Surfactants Production, Tenside Surfactants Detergents 32 (1995) 84.

Stamminger 2004 Universität Bonn, Prof. Stamminger: Daten aus Test-Heften der Stiftung Warentest und aus Datenbankgen der CECED, durchschnittliche und interpolierte Werte; Bonn 2004. Bisher unveröffentlicht.

Stat. BA 2006 a Öffentliche Abwasserkanäle umspannen 13-mal die Erde. Pressemitteilung des Statistischen Bundesamtes vom 21. März 2006.

- Stat. BA 2006 b <http://www.destatis.de/basis/d/bevoe/bevoetab4.php> (vom 25. Oktober 2005); zuletzt besucht am 17.5. 2006.
- Stat. BA 2006 c <http://www.destatis.de/basis/d/bevoe/bevoetab11.php> (vom 22. März 2005); zuletzt besucht am 17.5. 2006.
- Stat. AT 2006 a http://www.statistik.at/fachbereich_03/bevoelkerung_tab1.shtml; zuletzt besucht am 23.5.2006.
- Stat. AT 2006 b http://www.statistik.at/fachbereich_03/haushalt_tab.shtml; zuletzt besucht am 23.5.2006.
- StiWa2004 Stiftung Warentest (ed.); Sparsame Waschmaschinen. Broschüre, Oktober 2004.
- Terpstra 2006 Persönliche Mitteilung von Paul Terpstra im Rahmen der Konferenz EEDAL 06 (Energy Efficiency of Domestic Appliances and Lighting) vom 21. bis 23.06.2006 in London.
- Terpstra und van Kessel 2003 Terpstra, P. M. J. und van Kessel, I. A. C.; Hygiene effects of laundry processes in Europe. In: Arlid, A.-H. (ed.); Brusdal, R.; Gunnarsen, J.T.H.; Terpstra, P.M.J.; van Kessel, I.A.C.; An investigation of domestic laundry in Europe – Habits, Hygiene and technical Performance. Frarapport nr. 1 – 2003, SIFO Statens institutt for forbruksforskning, 2003.
- TGD 2003 European Commission: Technical guidance document in support of commission directive 93/67/EEC on risk assessment for new notified substances and commission regulation (EC) No 1488/94 on risk assessment for existing substances. Part I-IV; <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>.
- TNS 2001 Taylor Nelson Sofres Consumer Panels: Temperature of main wash cycle by country. 2001.
- UBA 1998 Umweltbundesamt; Branchenbezogene Inventare zu Stickstoff- und Phosphoremissionen in die Gewässer. UBA-Texte 24/98, Berlin 1998.
- UBA 1999 Schmitz, S. und Paulini, I.; Bewertung in Ökobilanzen. Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung nach ISO 14042 und 14043. Version `99. UBA Texte 92/99.
- UBA 2000 Tiedemann, A.; Ökobilanz für graphische Papiere. Vergleich von Verwertungs- und Beseitigungsverfahren für graphische Altpapiere sowie Produktvergleiche für Zeitungsdruck-; Zeitschriften- und Kopierpapier unter Umweltgesichtspunkten; hrsg. vom UBA, UBA-Texte 22/00; Berlin 2000.
- UBA 2005 Umweltbundesamt (Hg.), Daten zur Umwelt – Der Zustand der Umwelt in Deutschland. Ausgabe 2005. Umweltbundesamt. Erich Schmidt Verlag Berlin. 2005.
- UBA (AT) 2006 Umweltbundesamt (AT) (Hg.); Emissionstrends 1990-2004. Ein Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen mit Datenstand 2006. Report REP-0037. Hrsg. von Umweltbundesamt GmbH (UBA) Österreich, Wien 2006.
- Ullmann's 1987 Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry: 5th edition, Volume A10, Weinheim, 1987.
- Ullmann's 1997 Wiley-VCH (Hg.); Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry; 5th Edition Weinheim 1997.

Umberto 5.0	Modulbibliothek zur Ökobilanzsoftware Umberto, Version 5.0, Stand 2005.
Umberto n.d.	Nicht näher spezifizierte Industriedaten aus der Moduldatenbank der Umberto-Software von ARCO Chemical, BASF, Bayer, Dow, EniChem, ICI, Rhone Poulenc, Shell.
Wagner 2005	Wagner, G.: Waschmittel – Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit. 3. Aufl. 2005. Wiley-VCH Weinheim.
Wenzel et al. 1997:	Wenzel, H.; Hauschild, M.; Alting, L. (1997): Environmental Assessment of Products; Vol. 1: Methods, tools and case studies in product development, Kluwer

8 Anhang

8.1 Statistische Hintergrunddaten

Tab. 72 Einwohnerzahl und Anzahl Haushalte in Deutschland, Österreich und der Schweiz

	Anzahl	Bezugsjahr	Quelle
Deutschland			
Einwohnerzahl	82.500.800	2004	Stat. BA 2006 b
Anzahl Haushalte	39.122.000	2004	Stat. BA 2006 c
Österreich			
Einwohnerzahl	8.174.733	2004	Stat. AT 2006 a
Anzahl Haushalte	3.429.500	2004	Stat. AT 2006 b
Schweiz			
Einwohnerzahl	7.415.100	2004	BfS 2006 a
Anzahl Haushalte	3.115.400	2000	BfS 2006 b

8.2 Daten zur Berechnung der Gesamtbelastung in den Wirkungskategorien

Tab. 73 Charakterisierungsfaktoren (nach CML 2004, aus Möller et al. 2005)

	Versauerungs- potenzial (AP)	Eutrophierungs- potenzial (EP)	Photochemisches Oxidantienbildungs- potenzial (POCP)
	<i>kg SO₂- Äquivalente/kg</i>	<i>kg PO₄-Äquivalente/kg</i>	<i>kg Ethen-Äquivalente/kg</i>
SO ₂	1,2		
NO _x	0,6	0,13	0,028
NMVOG			0,499
NH ₃	1,5	0,35	
Methan			0,006
CO			0,027
Gesamtstickstoffemissionen in Oberflächengewässer		0,42	
Gesamtphosphoremissionen in Oberflächengewässer		3,06	

Tab. 74 Schadstoffemissionen in Deutschland, Österreich und der Schweiz

	Menge	Bezugsjahr	Quelle
<i>Einheit</i>	<i>Mg pro Jahr</i>		
Deutschland			
SO ₂	616.000	2003	UBA 2005
NO _x	1.428.000	2003	UBA 2005
NM _{VOC}	1.460.000	2003	UBA 2005
NH ₃	601.000	2003	UBA 2005
Methan	3.582.000	2003	UBA 2005
CO	4.155.000	2003	UBA 2005
Gesamtstickstoffemissionen in Oberflächengewässer	688.000	1998-2000	UBA 2005
Gesamtphosphoremissionen in Oberflächengewässer	33.000	1998-2000	UBA 2005
Österreich			
SO ₂	28.890	2004	UBA (AT) 2006
NO _x	226.910	2004	UBA (AT) 2006
NM _{VOC}	172.200	2004	UBA (AT) 2006
NH ₃	63.840	2004	UBA (AT) 2006
Methan	353.000	2004	UBA (AT) 2006
CO	742.170	2004	UBA (AT) 2006
Gesamtstickstoffemissionen in Oberflächengewässer	98.000	2001	RMA 2003
Gesamtphosphoremissionen in Oberflächengewässer	3.270		eigene Abschätzung
Schweiz			
SO ₂	18.850	2003	BUWAL 2005 a
NO _x	91.890	2003	BUWAL 2005 a
NM _{VOC}	124.680	2003	BUWAL 2005 a
NH ₃	53.499	2000	BUWAL 2005 b
Methan	174.810	2003	BUWAL 2005 a
CO	424.930	2003	BUWAL 2005 a
Gesamtstickstoffemissionen in Oberflächengewässer	61.837		eigene Abschätzung
Gesamtphosphoremissionen in Oberflächengewässer	2.966		eigene Abschätzung

Eigene Abschätzung: Für Österreich liegen keine Daten bezüglich der Gesamtphosphoremissionen in Oberflächengewässer vor, für die Schweiz keine Daten bezüglich der Gesamtstickstoff- und bezüglich der Gesamtphosphoremissionen. In diesen Fällen wurde eine Abschätzung dieser Emissionen mit Hilfe der entsprechenden deutschen Werte vorgenommen. Dabei wurde angenommen, dass die Emissionen pro Einwohner in Österreich und der Schweiz gleich denen in Deutschland sind und die Gesamtemissionen dann hieraus mit Hilfe der statistischen Einwohnerzahl berechnet.

8.3 Bericht der Gutachter

**Ökobilanz und
Lebenszykluskostenrechnung
Wäschewaschen
Schlussbericht
zur kritischen Prüfung gemäß ISO 14040**

von

Andreas Detzel
Institut für Energie und Umweltforschung (IFEU)
D-69121 Heidelberg

Armin Schuster
Universitätsklinikum Freiburg, Ressort Krankenhausökologie
D-79106 Freiburg i.Br.

Zu Händen des Auftraggebers der Ökobilanzstudie:

Procter & Gamble Service GmbH
65823 Schwalbach am Taunus

August 2006

1. Grundlagen

Die zu prüfende Ökobilanz wurde vom Ökoinstitut in Freiburg ("Ersteller") im Rahmen des Projekts

Ökobilanz (und Lebenszykluskostenrechnung) Wäschewaschen

für die Procter & Gamble Service GmbH in Schwalbach („Auftraggeber“) erarbeitet.

Weil die vorliegende Ökobilanz

- den Anspruch erhebt, mit den internationalen Normen ISO EN 14040-14043 [1a-d] übereinzustimmen,
- vergleichende Aussagen zum Umweltverhalten der untersuchten Systeme enthält und
- der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden soll,

ist nach der Rahmennorm [1a] eine „kritische Prüfung“ zwingend erforderlich. Diese hat gemäß der genannten ISO-Normen durch unabhängige Experten zu erfolgen.

Es gibt zwei mögliche Vorgehensweisen der kritischen Prüfung einer Ökobilanzstudie:

1. parallel zum Verlauf der Ökobilanz
2. nach Abschluss der Ökobilanz

Im vorliegenden Fall erfolgte die Prüfung im Grundsatz gemäß der zweiten Vorgehensweise.

2. Herangezogene Normen und Prüfkriterien

Der Prüfung werden die internationalen Normen ISO EN DIN 14040 (1997), ISO EN DIN 14041 (1998), ISO EN DIN 14042 (2000) und ISO EN DIN 14043 (2000) zu Grunde gelegt [1a-d]. Die genannten Normen sind gleichzeitig Normen der Mitgliedsländer der europäischen Normungsorganisation (CEN), z.B. DIN etc.

Geprüft wird nach den in der LCA-Rahmennorm 14040 vorgegebenen Kriterien, ob

- *"die bei der Durchführung der Ökobilanz angewendeten Methoden mit dieser Internationalen Norm übereinstimmen;*
- *die bei der Durchführung der Ökobilanz angewendeten Methoden wissenschaftlich begründet sind und dem Stand der Ökobilanz-Technik entsprechen;*
- *die verwendeten Daten in Bezug auf das Ziel der Studie hinreichend und zweckmäßig sind;*
- *die Auswertungen die erkannten Einschränkungen und das Ziel der Ökobilanz berücksichtigen;*
- *der Bericht transparent und in sich stimmig ist".*

Die ISO Normen 14040 - 14043 werden derzeit überarbeitet und zukünftig in Form der zwei Normen ISO 14040 und ISO 14044 zusammengefasst. Die entsprechenden Dokumente liegen bereits in Entwurfsform vor, wurden aber noch nicht als Normen verabschiedet. Sie wurden daher auch nicht als Grundlage herangezogen.

3. Ablauf des kritischen Gutachtens

Das kritische Gutachten erfolgte zunächst auf der Basis des ersten Endbericht-entwurfs des Erstellers vom 17. Juli 2006. Der Ersteller zeigte sich dabei offen für die Möglichkeit, gegebenenfalls die Anmerkungen und Kritikpunkte der Gutachter in der Bearbeitung der Endversion des Berichts zu berücksichtigen.

Die erste Stellungnahme der Gutachter wurde dem Ersteller zeitnah schriftlich mitgeteilt. Der Schwerpunkt lag dabei auf der Überprüfung der zentralen Bilanzierungsgrößen sowie der Nachvollziehbarkeit und Konsistenz der Ökobilanz-

studie entlang der Linie „Zielsetzung - Methode - Daten - Aussagen - Schlussfolgerungen“.

Die Standpunkte der Gutachter, des Erstellers und des Auftraggebers wurden im Rahmen einer Telefonkonferenz am 25. Juli 2006 diskutiert. Als Ergebnis wurde beschlossen, die Ökobilanz um weitere Berechnungen zu ergänzen und den Bericht sowohl hinsichtlich der Struktur den Anforderungen der Norm anzupassen als auch bezüglich des Informationsgehalts zu erweitern.

Der überarbeitete zweite Endberichtsentswurf wurde am 3. August vorgelegt. Der Bericht hatte in dieser Form erheblich an Qualität und Transparenz gewonnen und ließ nunmehr wenige redaktionelle Anregungen und Änderungswünsche der Gutachter offen. Diese wurden vom Ersteller bei der Erstellung der Endfassung ebenfalls aufgegriffen.

Die Bereitschaft des Erstellers zur umfänglichen Überarbeitung des ersten Berichtsentswurfs ist ausdrücklich hervorzuheben. Nur so war es möglich, die Vorschläge der Gutachter in der Endfassung hinreichend zu berücksichtigen.

Der Endbericht lag am 16. August 2006 vor und bildet die Grundlage für die nachfolgenden Aussagen.

Die Prüfung nach ISO 14040 bezieht sich definitionsgemäß nur auf die ökobilanziellen Bestandteile des Berichts.

4. Ergebnis der kritischen Prüfung

4.1. Allgemeiner Eindruck

Die Studie macht einen guten allgemeinen Eindruck. Der zentrale Gegenstand der Studie ist nachvollziehbar herausgearbeitet und allgemein verständlich dargestellt.

Der Bericht macht auch den auf fachlich hohem Niveau befindlichen Umgang des Erstellers sowohl mit der Methode der Ökobilanzierung als auch mit dem Thema der Untersuchung deutlich.

4.2. Übereinstimmung mit der Norm

Die Studie erhebt den Anspruch, dass die Erstellung nach den internationalen Normen ISO EN 14040 - 14043 erfolgte. Dieser Anspruch wurde unserer Einschätzung nach erfüllt.

Der Bericht folgt – zugunsten der besseren Lesbarkeit - nicht in allen Belangen der formalen Gliederung der Norm. Dennoch bleibt die Struktur der zugrunde gelegten Regelwerke in der Studie deutlich erkennbar.

Da die Prüfung im Anschluss an die Studienbearbeitung erfolgte und der verfügbare Zeitrahmen eng gesetzt war, konnte eine Detailprüfung der verwendeten Datenmodelle und des Datenmanagements nicht durchgeführt werden. Hier waren die Gutachter auf Plausibilitätsprüfungen angewiesen. Die daraus resultierenden Fragen konnten vom Ersteller zur Zufriedenheit der Gutachter beantwortet werden.

Den in den genannten Normen festgelegten hohen Anforderungen für vergleichende Ökobilanzen, deren Ergebnisse der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden, wurde - soweit für die Gutachter anhand des Berichts und der zusätzlich bereit gestellten vertraulichen Information erkennbar - Rechnung getragen.

4.3. *Wissenschaftliche Begründung der Methodik und Stand der Ökobilanztechnik*

Im Zentrum der Studie steht der Vergleich des Stromverbrauchs des Wäschewaschens in privaten Haushalten bei durchschnittlicher Waschttemperatur mit Wäschewaschen bei einer niedrigeren Waschttemperatur. Die Analyse dieser Fragestellung ist zunächst auf der Ebene der Sachbilanz angesiedelt und entscheidend für alle weiteren Bilanzierungen und Auswertungen der Studie.

Der dabei in der Ökobilanz gewählte Ansatz, die Verbrauchswerte auf eine als fix angenommene Anzahl durchschnittlich ausgeführter Normalwaschprogramme eines durchschnittlichen Haushalts zu berechnen, erscheint zunächst als ungewöhnlich. Die Alternative, vom Fixum einer jährlich durchschnittlich anfallenden Menge Schmutzwäsche auszugehen, erscheint aber nur auf den ersten Blick als bessere Möglichkeit. Diese Menge Schmutzwäsche wäre dann auf die für die jeweiligen Wäschearten zuständigen und unterschiedlichen Waschprogramme zu verteilen — und auf ein kg Wäsche bezogen müsste je nach Programm mit stark unterschiedlichen Verbrauchswerten gerechnet werden.

Gegen diesen Ansatz spricht zum einen die fehlende Datengrundlage. Da das durchschnittliche Textilspektrum sowie der durchschnittliche Einsatz der verschiedenen Waschprogramme nicht bekannt sind, wäre man — hätte man als Bezugspunkt die zu waschende Wäschemenge genommen — auf Schätzungen angewiesen gewesen. Die Ergebnisrechnung wäre dadurch zwar sehr viel komplexer, aber nicht unbedingt genauer geworden.

Zum anderen soll sich die Ökobilanz an "normale Verbraucher" richten. Ergebnisse, die pro Durchschnitts-Waschgang berechnet sind, sind sicher sehr viel besser verständlich und leichter kommunizierbar als solche, die mit komplizierten Modellszenarien pro kg Schmutzwäsche errechnet worden wären.

Zur Bestimmung des Szenarios mit niedrigerer Wascht Temperatur wurde der in der Studie so bezeichnete "One Click Down"-Ansatz gewählt. Dabei wird angenommen, dass bei jedem Waschgang, mit Ausnahme der 30°C-Stufe, die durchschnittliche Wascht Temperatur um jeweils eine Stufe verringert werden kann. Dieser Ansatz wird von den Gutachtern als sachlich nachvollziehbar und plausibel erachtet.

Die Gutachter teilen die in der Ökobilanz in diesem Zusammenhang getroffene Einschätzung bezüglich der Hygieneaspekte. Die anderweitig oftmals geäußerte Darstellung, dass das Waschen mit niedrigen Temperaturen heute Hygienearisiken (Infektionskrankheiten) Vorschub leisten würde und nicht zu verantworten sei, kann aus der Literatur nicht begründet werden. Die in modernen Waschmaschinen erzielte Wasch- und Hygienewirkung ist trotz reduzierter Temperaturen aufgrund stark erhöhter Waschmechanik und sehr reinigungseffektiver Waschmittel nicht schlechter geworden. Ab 40°C und vor allem bei 60°C sind bei Bedarf die in pulverförmigen Vollwaschmitteln enthaltenen modernen Bleichmittelsysteme zusätzlich auch keimtötend wirksam. Im Ergebnis werden heute für Europa keine Übertragungen von infektiösen Erkrankungen durch gewaschene Haushaltswäsche mehr publiziert, sehr wohl aber aus der waschtechnisch überholten "Kochwäschezeit" bis etwa in die frühen siebziger Jahre des letzten Jahrhunderts hinein.

Zur Bestimmung des mit einem Niedrigtemperaturwaschen verbundenen ökologischen Einsparpotenzials wurden in der Ökobilanz die potenziellen Umweltwirkungen in Verbindung mit dem Strom-, Wasser- und Waschmittelverbrauch sowie der Abwasserentsorgung bestimmt.

In der Wirkungsabschätzung werden von der Norm (ISO EN 14042, [1c]) nur allgemeine Vorschriften zum methodischen Vorgehen gemacht, nicht jedoch bestimmte Wirkungskategorien oder Indikatoren vorgegeben.

Die für die Ökobilanz vom Ersteller ausgewählten Wirkungskategorien entsprechen durchaus der auch in der internationalen Ökobilanzpraxis gängigen Vorgehensweise. Hervorzuheben ist die Einbeziehung des Aquatoxizitätspotenzials. Ohne diesen Schritt wäre der im Untersuchungskontext wichtige Aspekt der Abwasseremissionen gegenüber den überwiegend Luftemissions-abhängigen restlichen vier Wirkungskategorien nicht ausreichend berücksichtigt.

In diesem Zusammenhang ist auch auf die in der Methodik des deutschen Umweltbundesamtes vorgenommene Differenzierung des Eutrophierungspotenzials nach terrestrischer und aquatischer Eutrophierung hinzuweisen [2]. Eine Umsetzung dieses Ansatzes wäre wünschenswert gewesen, um auch hier

die Bedeutung der Wassereinleitungen über Waschabwässer hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz erkennbar zu machen.

Die Ersteller verzichteten auch auf eine Betrachtung der öko- und humantoxischen Wirkungen, mit der Begründung, dass diese bei normaler Handhabung des Waschmittels nicht zu erwarten seien. Diese könnten aber sehr wohl bei der Herstellung der Waschmittelbestandteile auftreten. Dieser Aspekt ist in der Begründung zur Auswahl der Wirkungskategorien nicht ausreichend berücksichtigt worden.

Zusammenfassend kann bestätigt werden, dass, mit den genannten Einschränkungen, die im Rahmen dieser Studie angewendeten Methoden wissenschaftlich begründet und technisch zutreffend sind.

4.4. Validität und Zweckmäßigkeit der Daten

Wie in jeder Ökobilanz mussten auch in der Arbeit des Erstellers Annahmen getroffen werden und Daten aus verschiedenen Quellen, z.B. eigene Datenerhebungen, Literatur usw. verwendet werden.

Wegen ihrer zentralen Bedeutung wurde von den Gutachtern die Herleitung der Werte zur Berechnung des Stromverbrauchs des Wäschewaschens in privaten Haushalten bei durchschnittlicher Waschtemperatur besonders geprüft. Die Rechenwerte sind in Tab. 21, die zugrunde liegenden Literaturdaten in Tab. 20 des Ökobilanzberichts dokumentiert. Nach Auffassung der Gutachter sind diese Werte plausibel und die daraus berechneten Ergebnisse für die durchschnittliche sowie die niedrigere Waschtemperatur plausibel und belastbar.

Die Daten zur Modellierung der wesentlichen technischen Prozesse zur Energiebereitstellung sowie die Waschmittelherstellung und deren Materialvorketten werden im Bericht nur sehr allgemein beschrieben und die Angaben zu den Datensätzen beschränken sich im Wesentlichen auf die Angabe der Quellverweise. Die meisten der verwendeten Datenquellen sind den Gutachtern bekannt und öffentlich zugänglich. Es kann davon ausgegangen werden, dass die vom Ersteller verwendeten Datensätze eine angemessene Auswahl für die Umsetzung der betrachteten Produktlebenswege darstellen.

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass *"die verwendeten Daten in Bezug auf das Ziel der Studie hinreichend und zweckmäßig sind"*.

4.5. Berücksichtigung des Ziels der Studie und der Einschränkungen bei der Auswertung

Die erkannten Unsicherheiten in Hinblick auf das für die Bestimmung der funktionellen Einheit wichtige Waschverhalten in privaten Haushalten wurde

vom Ersteller der Studie gebührend hervorgehoben und die Belastbarkeit der getroffenen Annahmen durch Sensitivitätsbetrachtungen abgesichert.

Als wesentlichste Annahme des "One Click Down"-Szenarios erscheint die These, dass die Temperaturreduktion möglich ist, ohne das Waschergebnis zu verschlechtern. Diese Annahme beruht ausschließlich auf Angaben des Herstellers der in der Ökobilanz berechneten Waschmittel. Dass die das Waschergebnis eigentlich verschlechternde Temperaturreduktion durch die verbesserten Waschmittel wieder ausgeglichen werden kann, wird nicht belegt. Ergebnisse, etwa Waschganguntersuchungen mit standardisiert verschmutzten Probestreifen, standen weder dem Ökoinstitut noch den Gutachtern zur Verfügung. Auch auf diese Einschränkung wird in der Ökobilanz hingewiesen. Die Gutachter haben keine Zweifel, dass der Großteil der durchschnittlich anfallenden Schmutzwäsche nur sehr leicht verschmutzt und im "One Click Down"-Szenario problemlos waschbar ist. Die Frage, ob sich der stets vorhandene Anteil Wäsche, der ein sichtbar ungenügendes Waschergebnis aufweist (Fleckenwäsche), nicht doch merklich erhöht und somit nochmaliges Waschen erforderlich macht, wird in der Ökobilanz ebenfalls aufgeworfen und diskutiert.

Es gelang sehr gut, die grundlegenden Einflussfaktoren für die ökobilanziellen Festlegungen sowie die Ergebnisse in verständlicher Form darzustellen und damit den Anforderungen der Norm nachzukommen. Es kann gesagt werden, dass der Bogen von der Zielsetzung über die Sachbilanz und die Wirkungsabschätzung bis hin zur Auswertung gut und konsistent gespannt wurde.

4.6. *Transparenz und Stimmigkeit des Berichts*

Der Endbericht ist gut lesbar und in sich stimmig. Das Ökoinstitut hat die gewählte Modellierung transparent erklärt und begründet und geht ausführlich auch auf Einschränkungen und Grenzen ein. Die Datengrundlage, deren Qualität sowie die getroffenen Annahmen sind ausreichend dokumentiert und die Berechnungen nachvollziehbar.

Trotz des pauschal auf eine feste Anzahl Normalwaschprogramme bezogenen Rechenansatzes werden dem Leser die unterschiedlichen Waschprogramme erklärt und es wird ihm vorgerechnet, was es bedeutet, wenn er im Alltag diese Alternativen wählt oder seine Maschine nur teilweise befüllt. Er wird deshalb sowohl zur Anwendung der "One Click Down"-Strategie ermuntert als auch, davon unabhängig, zu allgemein umweltverträglichem Waschverhalten.

Die Transparenz in Bezug auf die Originaldaten ist durch den gedruckten Bericht allein nicht gegeben. Hier wurde offensichtlich zugunsten des Projekt- und Berichtsumfangs eine Begrenzung der Dokumentation vorgenommen. Da die Quellenangaben jedoch umfassend dargestellt sind, ist dies hinnehmbar.

Dem Gutachterkreis waren allerdings alle Daten, einschließlich der vom Auftraggeber als vertraulich gekennzeichneten, zugänglich und wurden punktuell hinterfragt.

Die graphische Darstellung der Ergebnisse als gestaffelte Balkendiagramme erlaubt eine Zuordnung der berechneten Umweltwirkungen zu den Lebenswegstufen, aus denen die Effekte vorwiegend zu erwarten sind. Damit wird gleichzeitig auch eine Dominanzanalyse durchgeführt, die u.a. von der ISO EN 14043 [1d] empfohlen wird.

Die Darstellung der Ergebnisse mit Hilfe der Einwohner-Äquivalente erlaubt eine Ermittlung der relativen Bedeutung der Ergebnisse für die drei umfassten Länder.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte in verständlicher Form und bereitete bei der Begutachtung keine Schwierigkeiten. Insgesamt kann die Transparenz und Stimmigkeit der Studie positiv beurteilt werden.

5. Fazit

Die Studie wird von den Gutachtern in allen Teilen als normgerecht beurteilt. Sie liefert wertvolle Hinweise für Ansatzpunkte zur Reduktion von Umweltbelastungen in Verbindung mit dem Wäschewaschen in privaten Haushalten.

Der Verbraucher sollte die in der Studie vorgeschlagenen Empfehlungen zur Temperaturreduktion in der alltäglichen Waschpraxis umsetzen. Auch der Verzicht auf die in der Studie als „regulär“ bezeichneten herkömmlichen Pulver wäre entsprechend der Erkenntnisse der Studie aus Umweltgesichtspunkten empfehlenswert.

Die Studie zeigt aber auch, dass die Herstellung und Verpackung der Waschmittel bzw. die Herstellung der dafür benötigten Komponenten ganz erheblich zur Umweltwirkung des gesamten Waschprozesses beiträgt. Hier scheinen teilweise noch größere Einsparpotenziale brachzuliegen als durch die Reduktion der Waschtemperatur erreichbar. Die Gutachter möchten daher auch den Auftraggeber der Studie dazu anregen, in diesem Bereich weitere Optimierungspotenziale zu identifizieren und umzusetzen.

Die Studie ist zur Veröffentlichung vorgesehen. Die öffentliche Verfügbarkeit, mindestens der Kurzfassung, wird von den Gutachtern ausdrücklich begrüßt.

Quellen:

- [1a] International Standard (ISO); Norme Européenne (CEN): Environmental management - Life cycle assessment: Principles and framework. Prinzipien und allgemeine Anforderungen. **ISO EN 14040** (1997)

- [1b] International Standard (ISO); Norme Européenne (CEN): Environmental management - Life cycle assessment: Goal and scope definition and inventory analysis. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz. **ISO EN 14041** (1998)

- [1c] International Standard (ISO); Norme Européenne (CEN): Environmental management - Life cycle assessment: Life cycle impact assessment. Wirkungsabschätzung. **ISO EN 14042** (2000)

- [1d] International Standard (ISO); Norme Européenne (CEN): Environmental management - Life cycle assessment: Interpretation. Auswertung. **ISO EN 14043** (2000)

- [2] UBA (1999): Schmitz, S.; Paulini, I.: Bewertung in Ökobilanzen. Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung nach ISO 14042 und 14043. Version `99. UBA Texte 92/99, Berlin

- [3] Arild, A. (Ed.), Brusdal, R., Halvorsen Gunnarsen, J., van Kessel, I., Terpstra, P. (2003): An Investigation of domestic Laundry in Europe – Habits, Hygiene and Functional Performance. National Institute For Consumer Research, Oslo, Norway, 2003.

Der hier vorliegende Schlussbericht zur kritischen Prüfung ist Bestandteil des Schlussberichts des Erstellers an den Auftraggeber. Ersteller und Auftraggeber haben nach der Norm ISO EN 14040 das Recht, schriftliche Kommentare zur kritischen Prüfung abzugeben, die dann ebenfalls Bestandteil des Berichts sind.

Adressen der Gutachter:

Andreas Detzel (Vorsitzender)

Projektleiter / Project Manager

ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung
Wilckensstraße 3
D-69120 Heidelberg

Tel: ++49 - (0)6221 - 4767-82

e-mail: andreas.detzel@fb3.ifeu.de

Armin Schuster (Erster Beisitzer)

Universitätsklinikum Freiburg, Resort Krankenhausökologie
D-79106 Freiburg i.Br.

Tel: (++49) 761 270 8222

e-mail: armin.schuster@uniklinik-freiburg.de