



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Möglichkeiten der Einsparung von Primärenergie durch die Nutzung von extern erwärmtem Wasser bei Haushaltswasch- maschinen

-Bachelorarbeit-

Studiengang Ökotoxikologie

Hamburg, den 12. Februar 2013

vorgelegt von

Annika Rathscheck

Matrikelnummer 1980047

Erstgutachter: Prof. Dr. J. Andreä

Zweitgutachter: Dipl.-Met. B. Weyres-Borchert

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denen bedanken, die mich während meines Studiums und der Erstellung dieser Arbeit unterstützt und motiviert haben.

Insbesondere möchte ich meinen Eltern für die viele Hilfe der vergangenen Jahre, die Begleitung und Zuwendung in jeglicher Art und die vielen aufmunternden und anspornenden Worte und Gesten danken.

Danken möchte ich außerdem meinen drei Kindern, dass sie mir immer wieder gezeigt haben, wofür es sich lohnt, diesen Weg zu Ende zu gehen:
Ihr seid großartig!

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Maschinelles Waschen	8
2.1	Allgemeine Verfahrenstechnik	8
2.2	Faktor Chemie	10
2.3	Faktor Mechanik	12
2.4	Faktor Temperatur	13
2.5	Faktor Zeit	14
3	Energieeffizienzkennzeichnung von Haushaltswaschmaschinen	15
4	Untersuchungen des Energieverbrauchs bei externer Wassererwärmung .	18
4.1	Untersuchungsgegenstände	18
4.1.1	Haushaltswaschmaschine Miele W 1948 WPS	18
4.1.2	Vorschaltgerät ALFA MIX	19
4.1.2.1	Funktionsbeschreibung	19
4.1.2.2	Überprüfung des Energieverbrauchs des ALFA MIX	20
4.2	Messinstrumente	21
4.2.1	Durchflussmesser 1 für Kaltwasser	21
4.2.2	Durchflussmesser 2 für Warmwasser	22
4.2.3	Weitere Mess- und Hilfsgeräte	23
4.3	Allgemeine Messbedingungen	25
4.4	Waschgut	25
4.5	Versuchsdurchführung	26

4.6	Ergebnisse	26
4.6.1	Zusammenfassung der Versuche mit Kaltwassereinlauf	28
4.6.2	Zusammenfassung der Versuche mit Warmwasserzulauf	31
4.6.3	Zusammenfassung der Versuche mit dem ALFA MIX	34
4.6.4	Programmablauf „Eco 60 °C Baumwolle“	36
4.7	Bewertung der Versuchsergebnisse	38
4.7.1	Der Energieverbrauch für das Waschwasser und das Aufheizen der Waschmaschine/Wäsche	38
4.7.2	Der Energieverbrauch des Motors	40
5	Online-Programm „Energieverbrauchsrechner“	43
5.1	Beschreibung der Programmparameter	43
5.2	Eingaben zur Programmnutzung	44
5.3	Ergebnisse der Energieverbrauchsrechnung	44
5.4	Durchführungsbeispiele	45
5.4.1	Beispiel: Zwei-Personen-Haushalt	46
5.4.2	Beispiel: Vier Personen-Haushalt	48
5.4.3	Beispiel: Mehr-Generationen-Haushalt	50
5.5	Beispiel: Rechnung nach VO 1061/2010	51
6	Fazit	54
	Literaturverzeichnis	55
	Eidesstattliche Erklärung	56
	Anhang	A 1 – A 12

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematischer Ablauf eines Waschprogramms	8
Abbildung 2: Sinnerscher Kreis - Veränderung der Segmentgröße von Temperatur und Zeit bei Reduzierung der Temperatur	9
Abbildung 3: Energielabel mit Erläuterungen (ZVEI, 2012, S.16)	15
Abbildung 4: Abfall der Leistungsaufnahme nach „warm“-Phase ALFA MIX	20
Abbildung 5: Kontrollmessung der Kalibrierung Durchflussmesser 1	22
Abbildung 6: Kontrollmessung der Kalibrierung Durchflussmesser 2	23
Abbildung 7: Temperaturanstieg bei Waschbeginn	28
Abbildung 8: Beispiel für den Programmverlauf mit Kaltwassereinlauf	30
Abbildung 9: Temperaturentwicklung während der Wasserabnahme	31
Abbildung 10: Beispiel für den Programmverlauf mit Warmwasserzulauf über den Warmwasseranschluss	33
Abbildung 11: Wassereinspeisung über den ALFA MIX	34
Abbildung 12: Beispiel für den Programmverlauf mit Warmwasserzulauf über den ALFA MIX	35
Abbildung 13: Programmverlauf mit dem Eco-Programm 60°C	37
Abbildung 14: Leistungsaufnahme während eines Abpump-/Schleuderzyklus ...	41
Abbildung 15: Reversierrhythmus im Versuch12	41
Abbildung 16: Energieverbrauchsrechner, 2-Personen-Haushalt	47
Abbildung 17: Energieverbrauchsrechner, 4-Personen-Haushalt	49
Abbildung 18: Energieverbrauchsrechner, Mehr-Generationen-Haushalt	50
Abbildung 19: Energieverbrauchsrechner, Rechnung in Anlehnung an VO 1061/2010	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung der Haushaltswaschmaschinen in die Energieeffizienz- klassen	16
Tabelle 2: Anzahl der getesteten Waschzyklen mit Teilbefüllung	26
Tabelle 3: Gesamtübersicht der Testergebnisse	28
Tabelle 4: Übersicht über Energieverbräuche in Abhängigkeit von der Wassermenge und der Temperaturdifferenz	38
Tabelle 5: Berechnung der Wärmekapazität der Waschmaschine und des Waschguts	39
Tabelle 6: Energieverbrauch in kWh pro kg Waschgut	43
Tabelle 7: Textilmenge nach Haushaltsgrößen	46

1 Einleitung

Das ökologische Bewusstsein der Bevölkerung hat in den letzten Jahren immer weiter zugenommen. Neben anderem nachhaltigen Handeln bietet das Energieeinsparen und der damit verbundene finanzielle Anreiz jedem die Möglichkeit das eigene CO₂-Konto zu senken.

Eine aktuelle Auswertung der Stromverbrauchsdaten von 380.000 Haushalten belegt, „dass im Mittel aller Haushaltsgrößen mit dem privaten Büro und der TV-/Audio-Ausstattung die zwei Bereiche der Informations- und Unterhaltungselektronik am stromintensivsten sind. Zusammengerechnet machen sie mit 24,8 % bereits fast ein Viertel des privaten Stromverbrauchs aus“ (EnergieAgentur.NRW, 2011, S. 2). Für das Waschen beträgt der Stromverbrauch nach dieser Erhebung im Durchschnitt nur noch 4,9 % des gesamten Haushaltsstromes.

Abgesehen von statistischen Effekten (Aufwuchs des Stromverbrauchsanteils für (Unterhaltungs-)Elektronik zu Lasten der Geräte der klassischen „Weißen Ware“) ist festzustellen, dass der Energiebedarf von Haushaltswaschmaschinen in den letzten Jahren stetig gesunken ist. Die heute auf dem Markt angebotenen Maschinen sind selbst im Niedrigpreissegment mit dem Energielabel „A“ versehen, was einem gewichteten jährlichen Energieverbrauch von ca. 200 kWh entspricht. Maschinen mit dem Energielabel „A+++“ verbrauchen für die gleiche Waschmenge ca. 175 kWh.

Angesichts der zum Jahreswechsel 2012/2013 massiv gestiegenen Kosten für Haushaltsstrom und der für die Zukunft zu erwartenden Kostensteigerungen stellt sich die Frage, ob und wann der Anschluss einer Haushaltswaschmaschine an einen Warmwasseranschluss nicht nur zur CO₂-Einsparung, sondern auch finanziell für den Endverbraucher sinnvoll ist. Aus dieser Fragestellung entwickelte sich das Thema dieser Bachelorarbeit: **„Möglichkeiten der Einsparung von Primärenergie durch die Nutzung von extern erwärmtem Wasser bei Haushaltswaschmaschinen“**.

Ein Großteil dieses Energiebedarfs ist auf das Erwärmen des Wassers innerhalb der Waschmaschine zurück zu führen. Kann die Erwärmung außerhalb der Maschine zum Beispiel durch eine bestehende Solarthermieanlage erfolgen, so sollen sich bei einer 60 °C Baumwollwäsche ca. 50 % der Energie einsparen lassen (Miele, 2012, S.64 - 65).

Zur Überprüfung dieser Angabe wurden für diese Bachelorarbeit Untersuchungen an einer Haushaltswaschmaschine der Firma Miele durchgeführt. Die Maschine verfügt über einen zweiten Wasseranschluss, mit dem ein direktes Einleiten von Warmwasser in die Maschine möglich ist.

Der Markt für Haushaltswaschmaschinen ist mit 95 % (Statistisches Bundesamt, 2012, S. 174) nahezu gesättigt. Neuanschaffungen finden demnach nur zu Austauschzwecken der Altmaschine statt. Die Waschmaschinen im Bestand sind laut Untersuchungen der Universität Bonn im Schnitt sechs Jahre alt. Von einer Nutzungsdauer von zehn Jahren, bzw. 1840 Waschzyklen kann ausgegangen werden (Warentest, 2013).

Deshalb wurde im Anschluss an die erste Versuchsreihe mit derselben Maschine das Vorschaltgerät ALFA MIX getestet, welches Warmwasser aus einem externen Warmwasserspeicher mit Kaltwasser mischt und über den Kaltwasseranschluss der Maschine einlaufen lässt. So kann geprüft werden, ob mit solchen Geräten bei herkömmlichen Maschinen eine Energieeinsparung in ähnlicher Weise wie mit einem direkten Warmwasseranschluss an der Waschmaschine möglich ist.

Diese Information ist, zusammen mit der Amortisierungszeit bei verschiedenen Energiepreissteigerungsraten, insbesondere für Waschmaschinen im Bestand von Bedeutung.

2 Maschinelles Waschen

2.1 Allgemeine Verfahrenstechnik

Die Wäsche im Haushalt wird gewaschen, um sie durch den Gebrauch entstandenen Schmutz, unangenehmen Gerüchen und Krankheitserregern zu befreien. Hierbei wird Schmutz allgemein definiert als Materie am falschen Ort. Während Unterwäsche vor allem mit Haut Fett, Körperausscheidungen und Schweiß kontaminiert wird, ist Oberwäsche vor allem mit Staub, Speiseresten und gröberem Schmutzpartikeln wie Erde beschmutzt (Wegner, 2008, S. 313 - 314).

Der Programmablauf ist hierbei bei allen Haushaltswaschmaschinen mit Kaltwassereinlauf ähnlich, beispielhaft ist im folgendem der Verlauf einer 60 °C-Wäsche abgebildet (Abbildung 1).

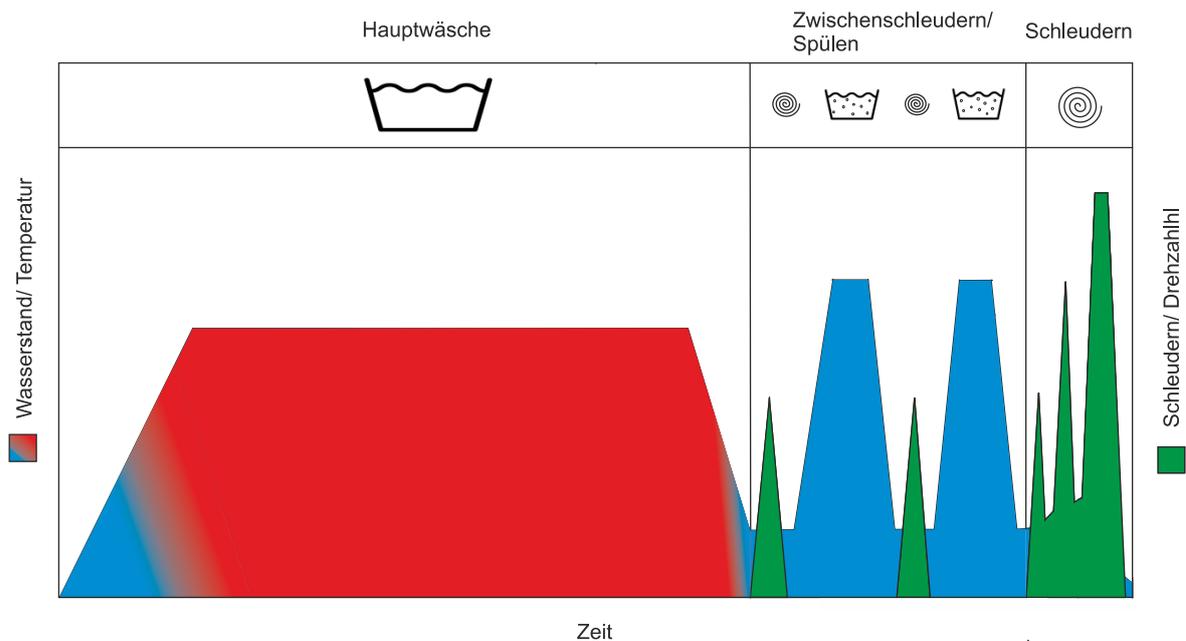


Abbildung 1: Schematischer Ablauf eines Waschprogramms

Das Wasser für die Klarwäsche wird durch die Kammer mit dem Waschmittel eingespült und in die Trommel geleitet. Hierbei dreht sich die Trommel um eine gleichmäßige Benetzung der Wäsche mit Wasser und Waschmittel zu gewährleisten. Gleichzeitig wird das Wasser erwärmt. Die Temperatur von 60 °C ist nach ca. 20 Minuten erreicht. Während der Hauptwäsche dreht sich die Trommel im Reversierrythmus. Nach der Beendigung des Hauptwaschgangs wird das Wasser abgepumpt und die Wäsche einmal zwischengeschleudert. Es folgen zwei

Spülgänge mit jeweiligem Zwischenschleudern, wobei der Wasserstand etwas höher ist als bei der Hauptwäsche. Beim Endschleudern wird die Drehzahl zweimal erhöht, wobei die höchste Stufe des Schleuderns für ca. drei Minuten beibehalten wird.

Bei der maschinellen Wäsche spielen vier Faktoren für eine gründliche Reinigung und gleichzeitige Pflege der Wäsche während des Waschprozesses eine Rolle:

- Die Chemie
- Die Mechanik
- Die Temperatur
- Die Zeit

Diese vier Faktoren können modellhaft in einem Kreis mit vier Segmenten dargestellt werden, dem so genannten Sinnerschen Kreis. Wird eines der Segmente vergrößert oder verkleinert, bedingt dieses zwingend eine Veränderung der anderen Faktoren, um das gleiche Waschergebnis zu erhalten (Abbildung 2).

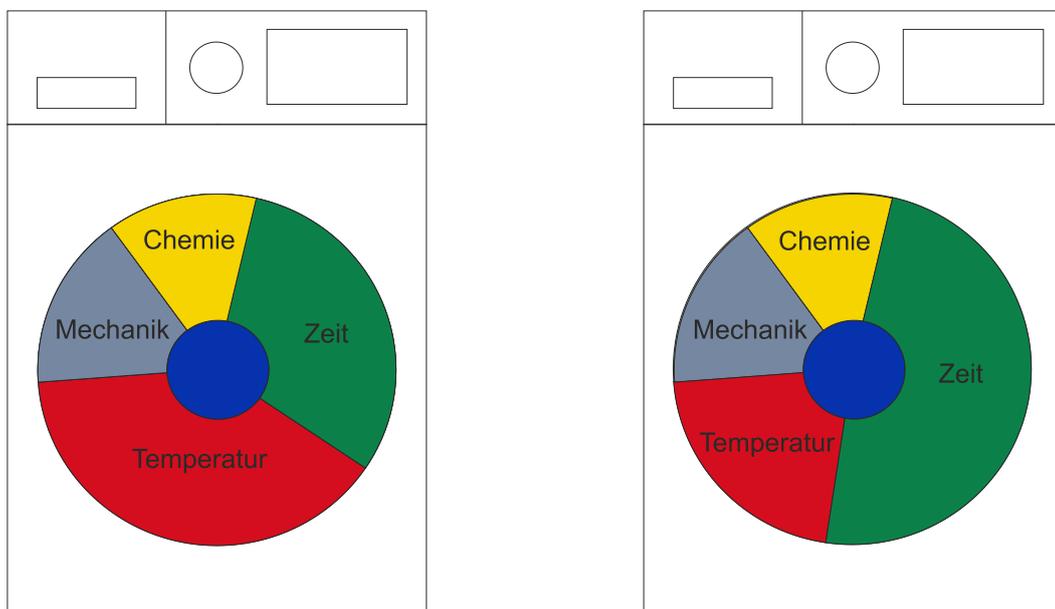


Abbildung 2: Sinnerscher Kreis - Veränderung der Segmentgröße von Temperatur und Zeit bei Reduzierung der Temperatur

Die Chemie wird durch die Waschmittelhersteller vorgegeben, diese können demnach von den Waschmaschinenherstellern nicht eigenständig verändert werden.

Die Mechanik ist innerhalb der Waschprogramme kaum veränderbar, da diese durch die Bauart des Gerätes und die Textilart des Waschgutes bedingt ist.

Temperatur und Zeit stehen in einer besonderen Wechselbeziehung: bei einer Temperaturerniedrigung (zur Energieeinsparung) wird meist die Zeit verlängert.

Wasser steht im Mittelpunkt des Kreises, da es als allgemeines Trägermedium für Schmutz, Waschmittel und Energie, sowie zur Verbesserung der Mechanik fungiert.

Die Funktionen der einzelnen Faktoren für den Waschprozess werden im folgendem näher erläutern.

2.2 Faktor Chemie

Der Schmutz an der Wäsche ist von unterschiedlichster Art. Man unterscheidet in wasserlösliche und unlösliche, emulgierbare, chemisch veränderbare und dispergierbare Partikel.

Bei synthetischen Fasern kann der Schmutz in die Poren des Gewebes, bei quellbaren Naturfasern bis in die Fasersubstanz eindringen.

Es stehen Waschmittel in flüssiger oder pulverisierter Form zur Verfügung. Je nach Textilart können Universal- oder Vollwaschmittel, Buntwaschmittel oder Spezialwaschmittel (z.B. für Wolle/ Seide oder Sportwäsche) eingesetzt werden.

Die Hauptkomponenten von Waschmitteln sind:

Tenside

Tenside sind langkettige organische Verbindungen, die auf Grund eines hydrophilen und eines hydrophoben Endes die Grenzflächenspannung zwischen den Textilien und dem Wasser herabsetzen. Die Fasern werden besser benetzt, der Schmutz von der Faser abgelöst, dispergiert und in Emulsion gehalten.

Gerüststoffe / „Builder“

„Builder“ setzen durch das Binden von Calcium und Magnesium die Wasserhärte herab. Hierdurch werden zum einen die Trommel und die Heizstäbe bei hohen Temperaturen vor dem Verkalken geschützt, zum anderen verhindert es die Inkrustation der Textilien. Statt der früher üblichen Phosphate, welche eutrophierend auf Gewässer wirken, wird heute vor allem Zeolith A eingesetzt.

Der Bedarf an Waschmittel richtet sich hauptsächlich nach dem Härtegrad des Waschwassers. Neben den Kompaktwaschmitteln, in denen alle Komponenten des Waschmittels enthalten sind, sind Baukastensysteme im Handel erhältlich, bei denen der Enthärter sowie Waschsubstanzen und Bleichmittel einzeln dosiert werden. Eine Überdosierung einzelner Inhaltstoffe kann so vermieden werden.

Bleichmittel

Bleichmittel (Perborate und Percarbonate) spalten atomaren Sauerstoff ab und bleichen Flecken wie Wein- oder Obstflecken durch Oxidation von Farbstoffen. Durch effiziente Bleichaktivatoren wird die Wirksamkeit auch bei niedrigen Temperaturen erreicht. Neben der Fleckenentfernung töten Bleichmittel Bakterien in der Wäsche ab.

Bleichmittel sind nur in Vollwaschmitteln enthalten.

Enzyme

Enzyme sind katalytische Eiweißverbindungen, die biochemisch auf Schmutzarten wie Eiweiß (durch Proteasen), Stärke (durch Amylasen), Fett (durch Lipasen) und Zellulose (durch Cellulasen) wirken. Makromoleküle werden in kleinere und besser wasserlösliche Bruchstücke aufgespalten. Eine wichtige Rolle beim Waschen mit einer Einleitung von Warmwasser spielen die Proteasen. Grundsätzlich denaturieren Eiweißverschmutzungen bei Temperaturen über 45 °C, so dass die Gefahr besteht, dass sich Flecken in das Gewebe „einbrennen“ und sich dann nicht mehr entfernen lassen. Durch das Zusetzen von hitzeunempfindlicheren Proteasen, welche bisher in der Geschirrspülmittelindustrie eingesetzt wurden, lässt sich dies verhindern (persönliche Mitteilung Experte Kessler).

Diverse Hilfsstoffe

Zu den Hilfsstoffen zählen Vergrauungsinhibitoren, optische Aufheller, Duftstoffe, Schauminhibitoren sowie Stellmittel.

2.3 Faktor Mechanik

In Deutschland haben sich Trommelmaschinen durchgesetzt, welche entweder als Toplader oder als Frontlader erhältlich sind. Frontlader, bei denen die Maschine mit der Wäsche an der Stirnseite beschickt wird, machen dabei den größten Anteil der Maschinen aus. Die Trommel ist horizontal im Laugenbehälter gelagert. Die Durchflutung der Wäsche mit der Waschlauge wird durch die Lochung des Trommelaußenmantels erreicht.

Die Mechanik der Haushaltswaschmaschine ist ein Zusammenspiel der Wäsche mit der Waschflüssigkeit sowie der Bewegung der Wäsche an sich. Zusammen mit der Zeit hat sie einen wesentlichen Einfluss auf das Waschergebnis.

Bestimmt wird die Stärke der Mechanik durch die Art und Geschwindigkeit der Trommelrotation, die Durchflutung der Wäsche mit der Waschlauge und Fallhöhe innerhalb der Trommel.

Die Trommel dreht sich während der Klarwäsche mit ca. 50 U/min. Die Textilien werden von den Mitnehmerrippen an den Trommelinnenwänden nach oben getragen, bis sie durch das Eigengewicht in den unteren Teil der Trommel zurück fällt. Die Anzahl der Mitnehmerrippen und die Geschwindigkeit der Rotation bestimmen die Fallhäufigkeit der einzelnen Textilien. Damit sich die Wäschestücke in der Maschine nicht verknoten, wird die Drehrichtung der Trommel in kurzen Abständen geändert: die Maschine reversiert.

Die Durchflutung der Wäsche wird bestimmt durch das Flottenverhältnis zwischen der Wäschemenge (in kg) und dem Flottenvolumen (in L). Die gebundene Flotte ist der Teil der Lauge, der durch die Textilien aufgenommen wird. Die freie Flotte steht zur Durchflutung der Wäsche zur Verfügung. Je empfindlicher die Wäsche, desto größer muss die freie Flotte sein, da der Aufprall der Wäsche durch das Wasser gedämpft wird.

Die starke Mechanik bei Bunt-/Kochwäsche wird somit zum einen durch die hohe Beladung der Maschine (Flottenverhältnis bei 20:1 bis 24:1) und die hierdurch verbundene Reibung der Wäsche an sich erreicht, zum anderen durch hohe Anzahl der Reversierhythmen, welche die langen Programmlaufzeiten mitbestimmen.

2.4 Faktor Temperatur

Die Wahl der Temperatur für den Hauptwaschgang ist von verschiedenen Faktoren abhängig.

- Textilienart
- Verschmutzungsgrad
- Waschmittel

Die maximal zulässige Temperatur wird von der Art des Waschguts bestimmt. So kann Baumwolle bei bis zu 95 °C gewaschen werden, Wolle und andere empfindliche Textilien nur mit maximal 30 °C. Die Reaktionsgeschwindigkeit der chemischen Prozesse im Waschmittel und die Schmutzablösung nehmen mit steigender Temperatur allgemein zu. Durch veränderte Zusammensetzungen des Waschmittels können zufriedenstellende Waschergebnisse teilweise schon bei 20 °C (Kaltwäsche) erreicht werden.

Je nach Programmart wird das Wasser nur einmal bis zur gewählten Temperatur erhitzt, oder während des gesamten Hauptwaschgangs auf dem eingestellten Temperaturniveau belassen.

Für das Erhitzen des Wassers für die Klarwäsche wird bei hohen Temperaturen der größte Teil des Energiebedarfs benötigt.

Die Spülgänge erfolgen grundsätzlich mit kaltem Wasser.

2.5 Faktor Zeit

Der Faktor Zeit wird von den anderen Faktoren Mechanik, Chemie und Temperatur implizit vorgegeben. Um ein Benetzen des Waschguts mit der Waschlauge, ein Aufheizen der Lauge bis zur gewählten Temperatur des Hauptwaschgangs, eine mechanische Bearbeitung der Wäsche durch Reibung und Stauchung zu erreichen, wird ein Großteil der Zeit des Waschprozesses verwendet. Gleichzeitig laufen die chemischen Reaktionen ab, welche die wasserunlöslichen Verschmutzungen lösen.

Durch die Erhöhung des Faktors Zeit (während des Hauptwaschgangs) kann eine Temperaturminderung bis zu einem gewissen Grad bei gleichbleibender Waschwirkung ausgeglichen werden.

3 Energieeffizienzkennzeichnung von Haushaltswaschmaschinen

Durch die Verordnung EU Nr. 1061/2010 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU sind sowohl die Testbedingungen und Berechnungen, als auch die Gestaltung des Energielabels für Haushaltswaschmaschinen festgelegt. Das Energielabel muss von der Verkaufsstelle auf jeder Waschmaschine in Form eines Aufklebers / Schildes angebracht werden. Es soll dem Endnutzer einen schnellen Überblick über die Energieeffizienz der Waschmaschine geben (Abbildung 3).

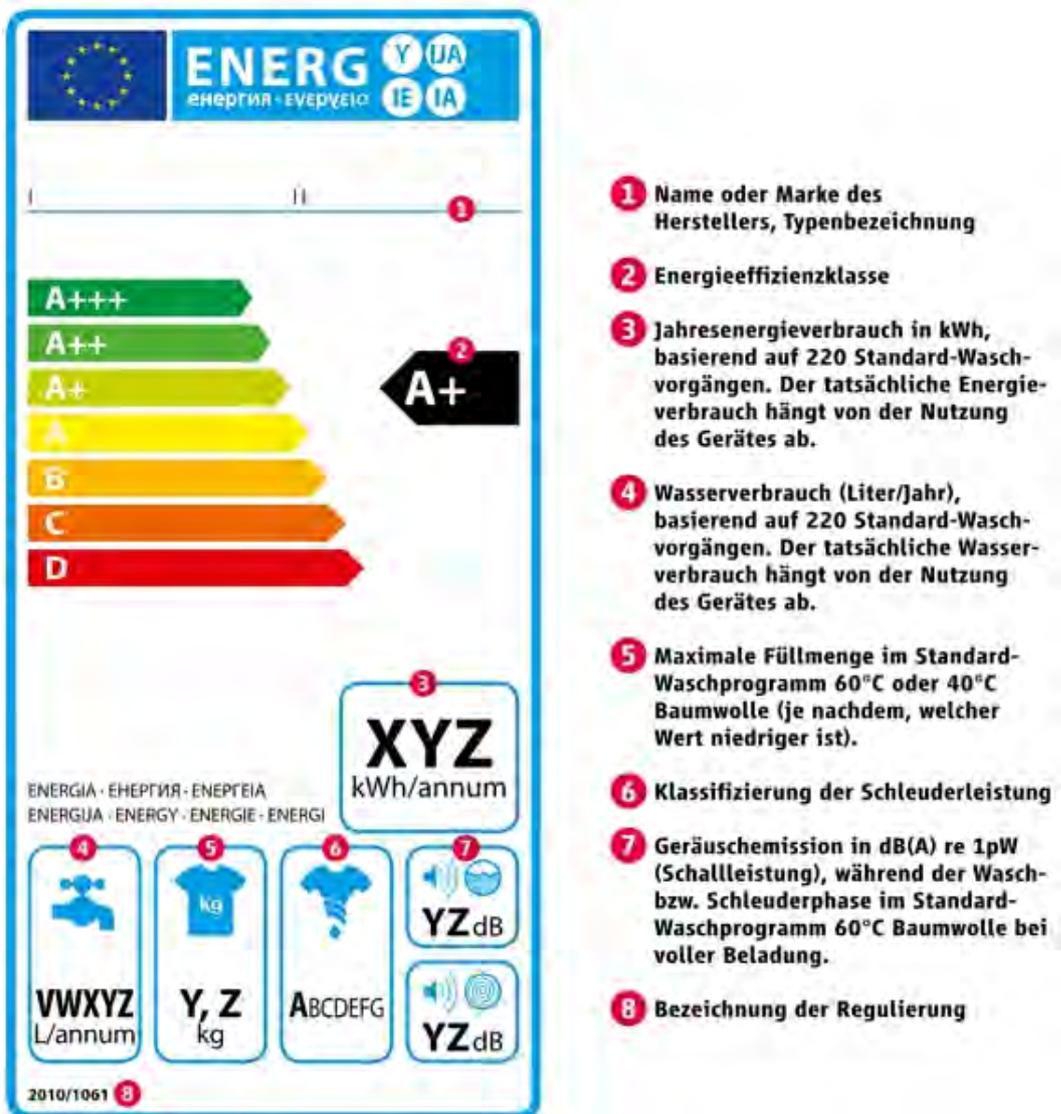


Abbildung 3: Energielabel mit Erläuterungen (ZVEI, 2012, S.16)

Durch die Weiterentwicklung der Haushaltswaschmaschinenteknik konnten in den letzten Jahren große Energieeinsparungen für den Waschprozess erreicht werden. Neue Energieeffizienzklassen (A+ bis A+++) wurden eingeführt.

Die Waschwirkung wird nicht mehr ausgezeichnet, da hier nun eine Mindestwaschwirkung (ehemals „A“) vorgeschrieben ist.

Um dem Endnutzer einen Anhaltspunkt für den tatsächlichen Verbrauch an Energie anzugeben, wird der *gewichtete jährliche Energieverbrauch* (AE_C) deklariert.

Hierbei handelt es sich um eine standardisierte Waschmaschinennutzung über den Zeitraum eines Jahres. Die insgesamt 220 Waschzyklen gliedern sich auf in 60 °C-Baumwolle mit vollständiger Befüllung (3/7), 60 °C-Baumwolle mit Teilbefüllung (2/7) und 40 °C-Baumwolle mit Teilbefüllung (2/7).

Neben der Energie für die Waschzyklen fließt außerdem die gewichtete Energieaufnahme im unausgeschalteten und Aus-Zustand mit ein.

Durch das Dividieren des AE_C durch den standardmäßigen jährlichen Energieverbrauch SA_C , in welchen die Nennkapazität und somit die Menge der Beladung mit einfließt, erhält man den Energieeffizienzklassenindex EEl (Tabelle 1).

Energieeffizienzklasse	Energieeffizienzindex EEl	Durchschnittliche Energieeinsparung gegenüber Klasse „A“
A+++ (höchste Effizienz)	$EEl < 46$	32 %
A++	$46 \leq EEl < 52$	24 %
A+	$52 \leq EEl < 59$	13 %
A	$59 \leq EEl < 68$	
B	$68 \leq EEl < 77$	

Tabelle 1: Einteilung der Haushaltswaschmaschinen in die Energieeffizienzklassen

Es ist zulässig, das Waschprogramm mit der höchsten Energieeffizienz („Eco“-Programme) für die Klassifizierung zu nutzen, selbst wenn diese zwar die Waschwirkung, nicht jedoch die ausgeschriebene Temperatur erreichen (zum Beispiel 60°C-Eco-Baumwolle, wobei im Laugensumpf nur 52°C erreicht werden).

Der Wasserverbrauch wird mit derselben Gewichtung und gleicher Anzahl Waschzyklen berechnet.

4 Untersuchungen des Energieverbrauchs bei externer Wassererwärmung

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde eine Überprüfung des Energieverbrauchs einer Miele-Haushaltswaschmaschine unter Einsatz von Warmwasser zum einen mit dem an der Waschmaschine vorhandenen Warmwasseranschluss als auch durch den Einsatz eines externen Zusatzgerätes (ALFA MIX) überprüft.

Die Messungen wurden in Anlehnung an DIN EN 60456 und Verordnung EU Nr. 1061/2010 durchgeführt.

Die Untersuchungen umfassten:

- Energieverbrauch;
- Wasserverbrauch für die Hauptwäsche und Spülvorgänge;
- Temperaturverlauf während des Waschprogramms;
- Zeit.

4.1 Untersuchungsgegenstände

4.1.1 Haushaltswaschmaschine Miele W 1948 WPS

Die Prüfung wurde mit dem Miele Waschautomat W 1948 WPS durchgeführt. Das Gerät befindet sich laut Herstellerangaben in der Energieeffizienzklasse A+++. Die Waschmaschine verfügt über einen zweiten Wasseranschluss, der für Warmwasser oder Brauchwasser genutzt werden kann. Die unverbindliche Preisempfehlung des Herstellers beträgt 1259,- Euro (Stand 01/2013).

Hersteller: Miele

Typ: W 1948 WPS

Seriennummer:18147958

Gewichteter jährlicher Energieverbrauch: 168 kWh (Herstellerangabe)

Gewichteter jährlicher Wasserverbrauch: 10.560 Liter (Herstellerangabe)

4.1.2 Vorschaltgerät ALFA MIX

4.1.2.1 Funktionsbeschreibung

Der ALFA MIX ist ein Vorschaltgerät für Wasch- oder Geschirrspülmaschinen. Die Funktionsweise beruht auf die Einspeisung von Wasser einer zuvor eingestellten Temperatur in den Kaltwasseranschluss der Haushaltswaschmaschine. Die am ALFA MIX vor Start des Waschprogramms eingestellte Temperatur für das Waschwasser wird aus der Warmwasserversorgung und dem Kaltwasseranschluss anhand von zwei Ventilen durch eine Durchflusstaktung gemischt. Sowohl der Warmwasser- als auch der Kaltwasseranschluss verfügen über einen Temperaturfühler. Das Mischwasser kann über den Kaltwasseranschluss in jede Haushaltswaschmaschine eingebracht werden.

Der ALFA MIX muss vor jedem Programmbeginn der Waschmaschine neu gestartet werden. Eine Zeitschaltuhr sperrt nach 15 Minuten die Warmwasserzufuhr, so dass die Wäsche grundsätzlich mit kaltem Wasser gespült wird.

Wird ein Waschprogramm mit Vorwäsche gewählt, so ist vor Start des ALFA MIX ein Hebel zu betätigen, welcher die Zulaufzeit des Warmwassers auf 30 Minuten erhöht.

Der ALFA MIX kostet 234,93 € (Listenpreis Hersteller, Stand 11/2012). Ein Gerät mit der Möglichkeit eines Autostarts mittels eines Sensors zum Anlegen an das Magnetventil der Waschmaschine kostet 243,39 €. Außerdem wird ein zusätzlicher Zulaufschlauch für Verbindung zwischen ALFA MIX und Waschmaschine benötigt, welcher separat nach benötigter Länge erworben werden kann. Die günstigste Variante (1 Meter Länge) kostet beim Hersteller 8,10 €

Laut Hersteller können mit dem ALFA MIX bei einer 60 °C-Wäsche bis zu 50 %, bei einer 40 °C-Wäsche bis zu 90 % des Aufheizstroms für das Warmwasser eingespart werden. Die Daten zu diesen Angaben wurden vom Hersteller in einer *Versuchsreihe mit einer Waschmaschine älteren Jahrgangs (Bauknecht)* ermittelt. (Expertengespräch Olfs, 2012)

Für die Versuche zu dieser Arbeit wurde der ALFA MIX an den Kaltwasseranschluss der Waschmaschine gemäß Montage- und Bedienungsanleitung des Herstellers angebracht (OLFS & RINGEN, o. J.).

Hersteller: OLFS & RINGEN

Typ: ALFA MIX

Seriennummer: Nicht vorhanden

Leistungsaufnahme: max. 10 W (Herstellerangabe)

Energieverbrauch pro Waschgang: ca. 16 Wh (Herstellerangabe)

4.1.2.2 Überprüfung des Energieverbrauchs des ALFA MIX

Der Energieverbrauch des ALFA MIX wurde in einer einmaligen Messung ermittelt. Das Ergebnis stimmt weitestgehend mit den Herstellerangaben überein.

Für die Messung wurde die Waschmaschine im 60° Baumwollprogramm („Standard“) gestartet. Die Leistungsaufnahme des ALFA MIX wurde nur für die ersten 20 Minuten des Programms ermittelt, da der ALFA MIX nach ca. 15 Minuten per Zeitschaltuhr werksbedingt auf „kalt“ (aus) geschaltet wird (siehe Abbildung 4).

Nach insgesamt drei Stunden wird das Gerät vollständig abgeschaltet (keine Leistungsaufnahme mehr).

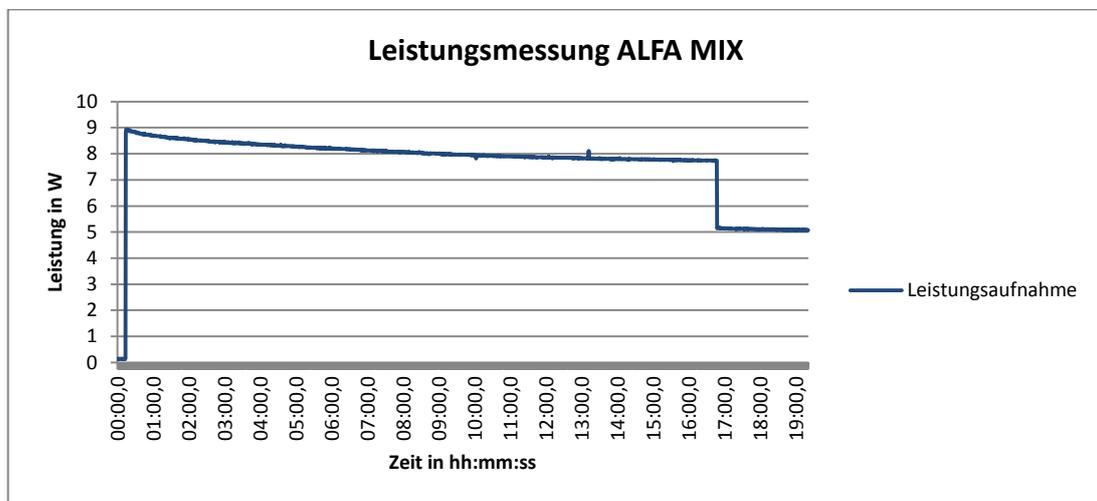


Abbildung 4: Abfall der Leistungsaufnahme nach „warm“-Phase ALFA MIX

Nach dem Einschalten des ALFA MIX („warm“, das Gerät stellt durch die Taktung der Ventilöffnung die eingestellte Mischwassertemperatur her) nahm die Leistungsaufnahme kontinuierlich von 8,9 W bis 7,6 W ab. Nach 16:33 Minuten und einem Energieverbrauch von 2,2 Wh wurde das Gerät automatisch auf „kalt“ (Wasserdurchlauf nur noch durch das Kaltwasserventil) geschaltet (Abbildung 4). Die Leistungsaufnahme in diesem Zustand („kalt“) beträgt durchschnittlich 5,1 W.

Über einen Zeitraum von 2:45 h ergab sich somit ein weiterer Energieverbrauch von 14,0 Wh. Bis zum vollständigen Abschalten des Gerätes nach einer Laufzeit von drei Stunden betrug der Gesamtenergieverbrauch ca. 16,2 Wh.

Beim Einsatz des ALFA MIX als Vorschaltgerät ist dessen Energieverbrauch zum Energieverbrauch der Waschmaschine zu addieren.

Bei dieser Messung wies die Laufzeit der Zeitschaltuhr des ALFA MIX eine Abweichung von der Herstellerangabe (Zustand „warm“) um etwa 1:30 Minuten auf. Bei einer durchschnittlichen Leistungsaufnahme von 8,1 W beträgt der zusätzliche Energieverbrauch im eingeschalteten Zustand für 1:30 Minuten somit 0,2 Wh. Diese Abweichung ist angesichts des geringen Energieverbrauchs des ALFA MIX (ca. 16 Wh) und des Gesamtenergieverbrauchs eines Waschzyklus (bei der Testmaschine im Programm 60°C-Baumwolle mit Teilbeladung: 1000 Wh) zu vernachlässigen.

4.2 Messinstrumente

4.2.1 Durchflussmesser 1 für Kaltwasser

Hersteller: nicht bekannt

Typ: Durchflussmesser Qn 1,5 H, Klasse B, Klasse A

Seriennummer: 10007872

Messprinzip: mechanischer Einstrahl-Flügelradwasserzähler.

Die Überprüfung der Kalibrierung durch auffangen und wiegen des abgelaufenen Wassers ergab, dass keine Abweichungen von der Mengenanzeige des Wasserzählers festzustellen waren (Abbildung 5).

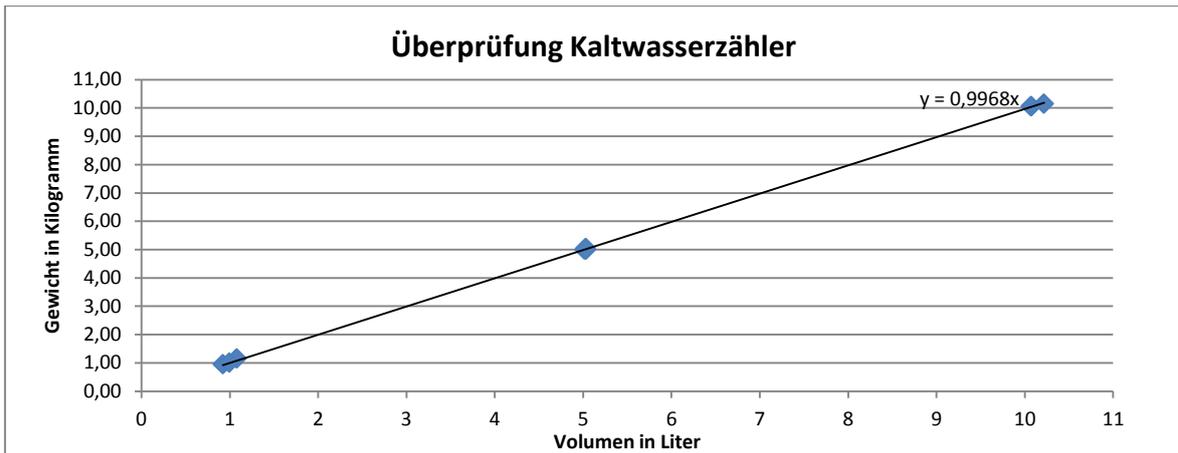


Abbildung 5: Kontrollmessung der Kalibrierung Durchflussmesser 1

4.2.2 Durchflussmesser 2 für Warmwasser

Hersteller: Hornsberg

Typ: Durchflussmesser Omni-RRO 105

Seriennummer: nicht bekannt

Messprinzip: Induktiver Flügelrad-Durchflussmesser

Bei der Messauswertung fiel auf, dass die vom Durchflussmesser 2 übermittelten Messdaten eine zu geringe Wassermenge darstellten. Eine Linearität der Abweichung konnte anhand einer Kontrollmessung nachgewiesen werden (Abbildung 6). Hierzu wurde zum einen die Wassermenge mit dem Durchflussmesser erfasst, zum anderen das Wasser in einem geeigneten Behälter aufgefangen und mit einer Waage auf 1 g genau ausgewogen. Für die Versuchsauswertung wurde der Steigungsfaktor von 2,2307 auf die gemessenen Warmwassermengen angewendet. Der Fehler innerhalb des Durchflussmessers konnte nicht gefunden werden.

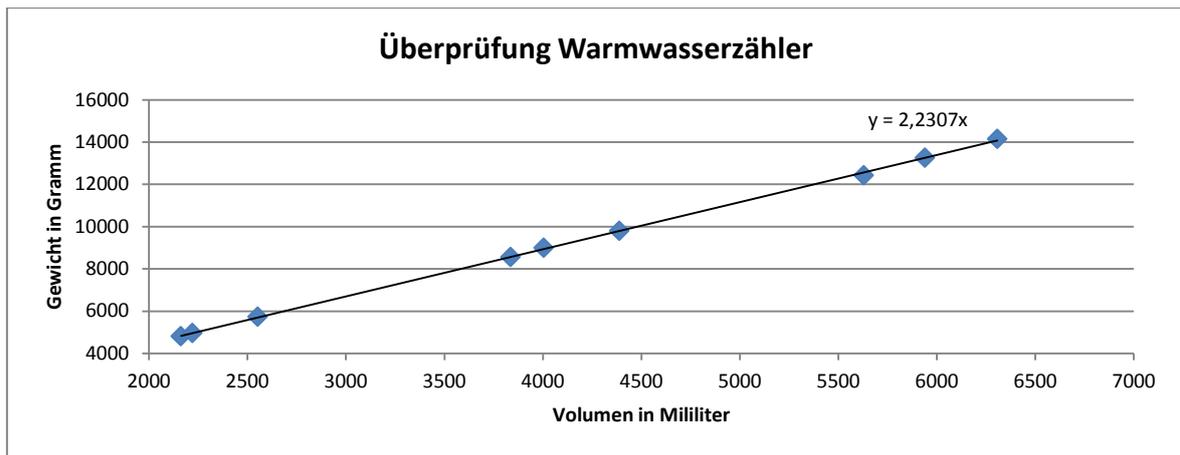


Abbildung 6: Kontrollmessung der Kalibrierung Durchflussmesser 2

4.2.3 Weitere Mess- und Hilfsgeräte

Datenaufzeichnung

Die Datenaufzeichnung erfolgte mit dem Programm MCPS 6.3 (Multi Channel Process System, <http://www.mcps.de>), die Datenaufbereitung und Auswertung anschließend mit Microsoft Excel 2010.

Messdatenerfassungssystem 1 zur Ermittlung von Energieverbrauch und Leistungsaufnahme

Hersteller: Yokogawa

Typ: WT 210 Digital Power Meter

Seriennummer: 91GC25205

Kalibriert bis 06/13

Messdatenerfassungssystem 2 zur digitalen Temperaturerfassung der Thermoelemente

Hersteller: Yokogawa

MX 100 Data Acquisition Unit

Model: MW 100-E-1F

Seriennummer: 91G548158

Nächster Prüftermin: 07/13

MX110-UNV-H04

HI Speed Analog Input

Thermoelemente

Hersteller: Thermocoax

Typ K: NickelChrom(+)/NickelAluminium(-)

Geprüft nach DIN 10/50

Zwei Temperaturfühler zur Erfassung der Umgebungstemperatur laut DIN-Norm im Abstand von etwa 120 cm von der Maschine. Ein Thermoelement dient zur Ermittlung der Temperatur im Laugensumpf innerhalb des Laugenbehälters der Waschmaschine

Thermometer

Hersteller: Optron

Typ: Digitalthermometer Tasto therm MP 2001

Einsatz zur Bestimmung der Warmwassertemperatur vor dem Einlauf in die Waschmaschine.

Spannungskonstanthalter

Hersteller: Möller-Preussler Transformatoren GmbH

Typ: 95-00218-007

Seriennummer: 0841005-01

Durchlaufwarmwasserbereiter

Hersteller: Stiebel Eltron electronic

Nutzung zur konstanten Warmwasserbereithaltung für Warmwasserversuche

4.3 Allgemeine Messbedingungen

Netzspannung: $230 \text{ V} \pm 1 \%$

Netzfrequenz: $50 \text{ Hz} \pm 1 \%$

Raumtemperatur: $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$

Temperatur des Wassers:

- Kaltwasser: $26 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ (nicht normgerecht. Über die erwärmte Wassermenge und die Wärmekapazität des Wassers im Nachhinein auf eine Einspültemperatur von $15 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ standardisiert).
- Warmwasser: $60 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ (Temperatur des Wassers sichergestellt durch den Anschluss an einen Durchlauferhitzer, das Abfließen lassen des Wassers bis zum Erreichen der Soll-Temperatur (gemessen mit Tasto Therm MT 2001) und sofortiges Starten des zu prüfenden Waschprogrammes).

4.4 Waschgut

Die Beladung erfolgte mit der vom Hersteller angegebenen Nennmenge für Teilbefüllung (3,5 kg) mit normgerechten Baumwolltextilien.

Diese setzte sich wie folgt zusammen:

1 Bettlaken

4 Kopfkissenbezüge

18 Gerstenkornhandtücher

Gewicht (trocken): $3516 \text{ g} \pm 20 \text{ g}$

Da kein Test bezüglich der Waschwirkung erfolgen sollte, war der Einsatz eines Referenzwaschmittels nicht erforderlich.

4.5 Versuchsdurchführung

Die Versuche wurden auf Grund der Erwärmung der Waschmaschine während des Waschprozesses an jeweils unterschiedlichen Versuchstagen durchgeführt. Die Programmart und Häufigkeit der Versuche ist der folgenden Tabelle 2 zu entnehmen:

Kaltwasser	Warmwasser über Waschmaschine	Warmwasser über ALFA MIX	Kaltwasser / Eco
4	4	3	1

Tabelle 2: Anzahl der getesteten Waschzyklen mit Teilbefüllung

Gemessen wurden die Leistungsaufnahme P in W und der Energieverbrauch E in kWh in Abhängigkeit von der Zeit t (Taktung 0,5 Sekunden), sowie der Temperaturverlauf T in °C sowie die Wassermenge W in L pro durchgeführtem Waschgang.

4.6 Ergebnisse

Die numerischen Ergebnisse der Versuche sind zunächst als Tabelle 3 auf der nächsten Seite dargestellt. Im Anschluss ist neben einer zusammenfassenden Beschreibung einer Testserie jeweils ein Versuch aus der jeweiligen Testreihe beispielhaft als Diagramm dargestellt, aus dem die Temperatur, der Energieverbrauch und die Leistungsaufnahme im Zeitverlauf zu entnehmen sind (Abbildung 8, Abbildung 10, Abbildung 12, Abbildung 13)

Versuchsnummer	Durchschnittstemperatur Luft in °C	Wassermenge Hauptwaschgang in Liter	Waschwasser Hauptwaschgang	Wasser gesamt, inklusive Spülen	Wh gemessen	Wh normiert auf 15°C Einlauftemperatur	Wh+Alfa-Mix	Temperatur vor Erwärmung (=Kaltwasser real gemessen)	Benötigte Wh zur Erwärmung des Wasers von 15°C	Mögliche Energieeinsparung Ersterhitzung auf 55°C, Bereinigung auf 15°C Kaltwasser berücksichtigt in Wh	Zeit bis zum erstmaligen Erreichen 60°C in min	Leistungsspitzen nach der ersten Aufheizphase	Waschzeit Gesamt (h:mm:ss)	Waschzeit bei mindestens 60°C	Energieverbrauch im Vergleich zum Kaltwasserzulauf in %	Energieeinsparung im Vergleich zum Kaltwasserzulauf in %	Maximale Waschtemperatur in C°	Abweichung zur Herstellerangabe in %
V1 Normal 60°C (0312)	21,7	12,1	12,9	43,1	1068	1256		27,6	188	598	20,5	15	2:01:14	56:37:00			62,6	25,6
V2 Normal 60°C (0210)	23,8		13,25	44,5	1097	1285		27,2	188	617	21	15	1:57:22	56:12:00			62,1	28,5
V3 Normal 60°C (1010)	23,9		13,25	44,5	1071	1268		27,8	197	617	21	16	2:02:57	56:55:00			62,3	26,8
V4 Normal 60°C (0612)	22,0	12,15	12,9		1047	1253		28,7	206	601	20,5	15	1:58:47	54:02:00			62,3	25,3
Mittelwert V1-V4	22,85		13,1	44,0	1071	1266		27,8	195	608			2:00:05	55:56:30	100	0		26,6
V5 WW 60°C (2311)	23,1	11,7	12,5	43,0	598			56,3			8	14	1:52:05	47:06:00			62,2	0,9
V6 WW 60°C (2611)	22,8	11,7	12,5	40,8	589			52,3			8	15	1:50:54	47:38:00			62,8	0,9
V7 WW 60°C (2610)	23,2	11,5	12,3	43,8	585			57			6	14	1:50:25	53:09:00			63	0,9
V8 WW 60° C (2910)	23,2	11,5	12,3	43,3	585			57			6	14	1:50:24	53:09:00			63	0,9
Mittelwert V5-V8	23,075		12,4	42,7	589								1:50:57	50:15:30	49,0	51,0		0,9
V9 A-M 60°C (0511)	22,8	12,1	12,7	40,95	664		693,6	55,5			6	18	1:57:58	01:11:26			62,4	0,8
V10 A-M 60°C (0811)	23,3	12	12,6	40,85	652		686,7	55,3			6	19	1:58:48	01:06:36			62,4	0,8
V11 A-M 60°C (1211)	22,3	12,1	12,7	40,95	668		697,6	55			6	18	1:57:45	01:11:09			62,2	0,8
Mittelwert V9-V11	22,8		12,7	40,9	661								1:58:10	01:09:44	55,2	44,8		0,8
Mittelwert Gesamt	22,9		12,7															
V12 Eco 60°			13	44	776	956		26,9	180,05		15		2:57:45		75,9	24,1	52,5	8,6

Tabelle 3: Gesamtübersicht der Testergebnisse

4.6.1 Zusammenfassung der Versuche mit Kaltwassereinlauf

Die Versuche V1 - V4 bezogen sich auf den Einlauf von Kaltwasser in die Maschine. Die Waschzeit betrug im Durchschnitt 2:00 h. Das kalte Wasser wurde bei dem hier gezeigtem V1 mit 27,6°C in die Waschmaschine eingelassen. Die Abweichung der von der DIN Norm vorgeschriebenen Temperatur von 15 °C ± 2°C ließ sich durch den gewählten Versuchsaufbau nicht erreichen. Die Differenz der benötigten Energie für den Aufwärmprozess wurde mit der Formel

$$c * M * (T - 15) / 3,6 = E$$

berechnet.

Dabei ist

$$c = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} \text{ (Spezifische Wärmekapazität Wasser)}$$

M = Masse des benötigten Wassers für die Klarwäsche in kg

T = Temperatur des Wassers vor der ersten Leistungspeak des Aufwärmprozesses in °C

E = Benötigte Energie für den Ausgleich der Temperaturdifferenz in Wh

$$\frac{4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * 12,9 \text{ kg} * (27,6^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C})}{3,6} = 188 \text{ Wh}$$

Die Temperaturknicke in der vierten und sechsten Minute zeigen den Einlauf von kaltem Wasser in den Laugensumpf (Abbildung 7).

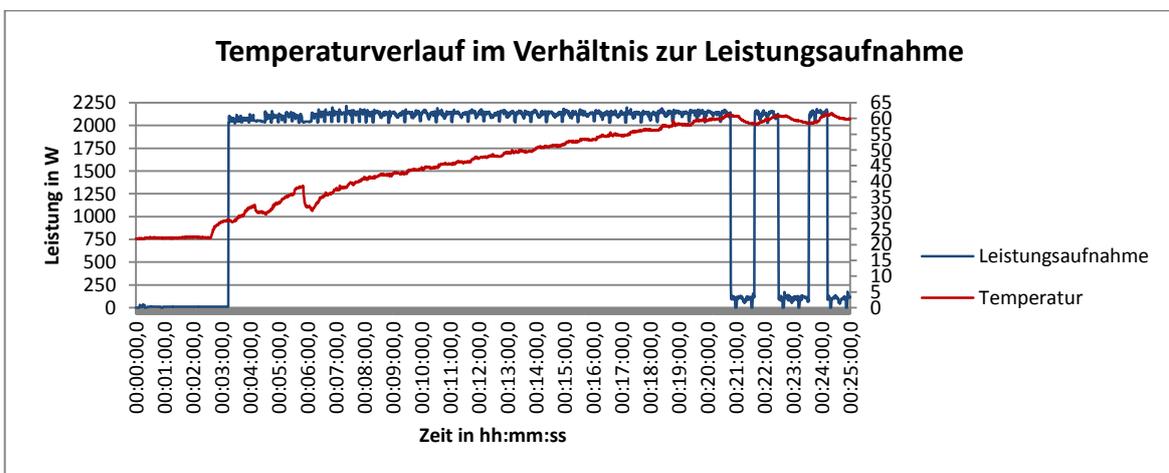


Abbildung 7: Temperaturanstieg bei Waschbeginn

Die Zieltemperatur von 60 °C wurde nach 21 Minuten erreicht. Es folgte Klarwäsche im Reversierrythmus und einem Beibehalten der Temperatur um 60 °C für 56 Minuten. Das gemessene Temperaturmaximum betrug in diesem Versuch 62,6 °C.

Insgesamt wurde ein Energiebedarf von 1068 Wh gemessen. Durch die Addition der 188 Wh der Kaltwassertemperaturdifferenz ergab sich somit ein Gesamtenergiebedarf („Wh real“) von 1256 Wh. Der Hersteller der Maschine zeichnet die Waschmaschine bei Nutzung dieses Programms mit einem Energieverbrauch von 1,00 kWh aus. Der gemessene Energiebedarf lag somit um 25,6 % höher als angegeben.

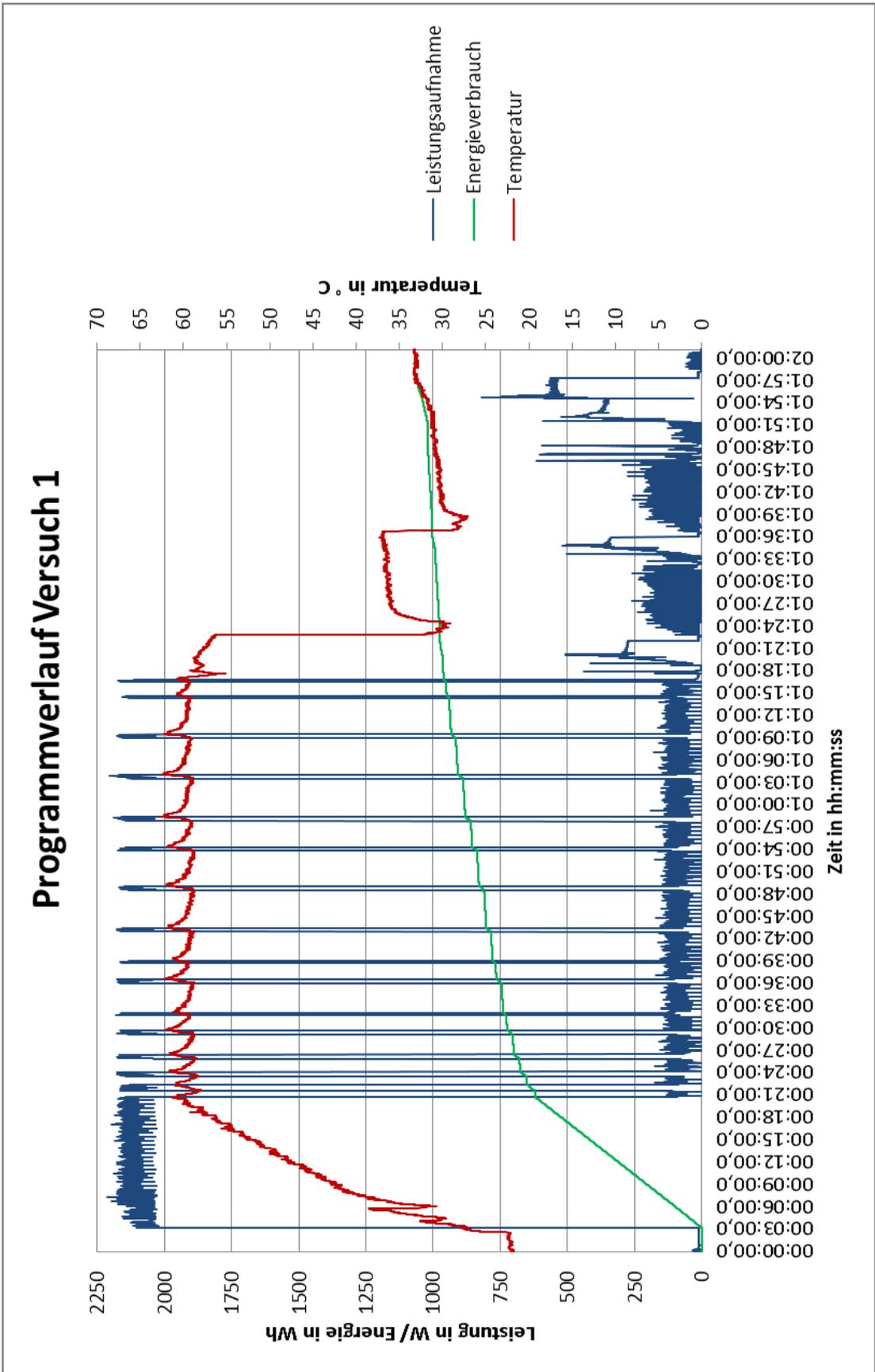


Abbildung 8: Beispiel für den Programmverlauf mit Kaltwassereinlauf

4.6.2 Zusammenfassung der Versuche mit Warmwasserzulauf

Die Versuche V5 - V8 bezogen sich auf den Einlauf von 60 °C heißem Wasser über den Warmwasserzulaufschlauch der Maschine. Der Kaltwasseranschluss blieb für die Spülgänge des Waschprogramms erhalten.

Durch das einlaufende Warmwasser wurde die Zieltemperatur von 60 °C schon nach sieben Minuten erreicht. Im folgenden Diagramm (Abbildung 9) ist die Temperatur in Abhängigkeit vom Warmwassereinfluss und der Zeit aufgetragen. Zu erkennen ist, dass nach dem Stopp des Wassereinflusses die Temperatur durch die Wärmeabgabe an die Waschmaschine zunächst sinkt. Da nach 3:30 Minuten der erste Aufheizzyklus (zu erkennen an der hohen Leistungsabnahme von 2156 W) einsetzte, war dieses Phänomen nach dem letzten Wassereinfluss nicht mehr zu beobachten. Vor Beginn des ersten Aufheizzyklus betrug die Wassertemperatur im Laugensumpf 56,3 °C.

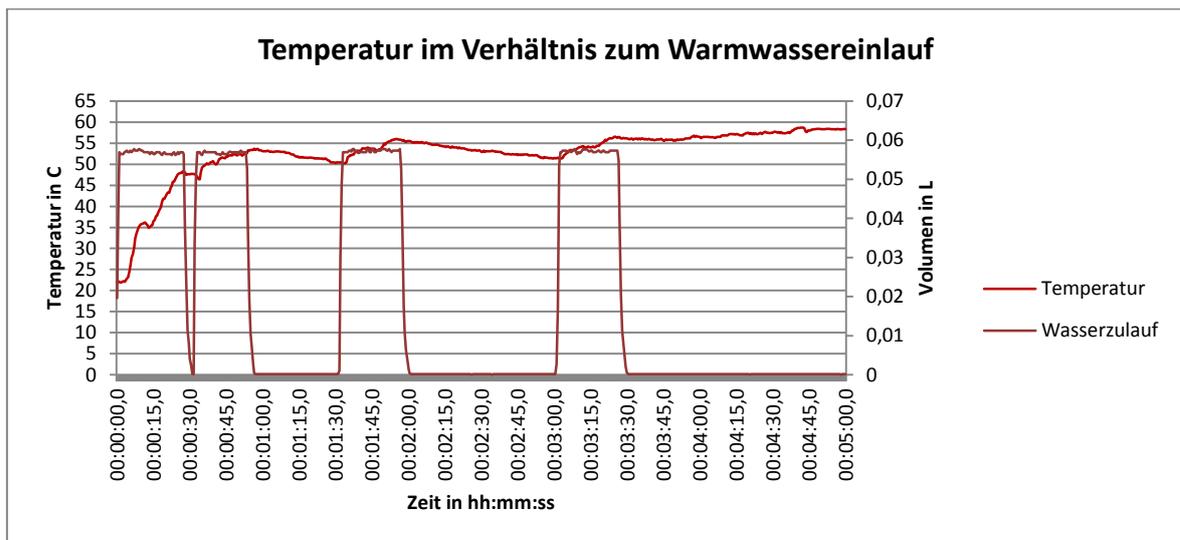


Abbildung 9: Temperaturentwicklung während der Wasserabnahme

Nach dem Aufheizen auf 60 °C wurde diese Temperatur für 47 Minuten (im Durchschnitt der Versuche V5 - V8: 50 Minuten) gehalten, wobei das Temperaturmaximum 62,2 °C betrug. Durch das Kürzen der Hauptklarwäsche (mit Halten der Temperatur) um fünf Minuten wurde die Nachwaschphase mit langsamem Temperaturabfall (ohne Nachheizen) verlängert. Diese Phase betrug 16 Minuten. Eine weitere Energieeinsparung (zusätzlich zu dem Einspeisen von Warmwasser) konnte hier-

durch erreicht werden. Die Gesamtwaschzeit (Hauptklarwäsche und Nachwaschphase) betrug 1:01 h.

Insgesamt war die Waschprogrammdauer im Vergleich zu dem Einlauf von Kaltwasser in die Maschine trotz verlängerter Waschphase um zehn Minuten verkürzt. Sie lag damit im Durchschnitt bei 1:50 h.

Der Energieverbrauch für das gesamte Waschprogramm betrug 598 Wh, dies lag 0,9 % über den Herstellerangaben.

Es wurde gezeigt, dass durch das Einleiten von heißem Wasser bei dieser Haushaltswaschmaschine mit dem 60 °C-Baumwollprogramm (Teilbefüllung) eine Energieeinsparung von 51 % im Vergleich zur Kaltwassereinspeisung möglich ist.

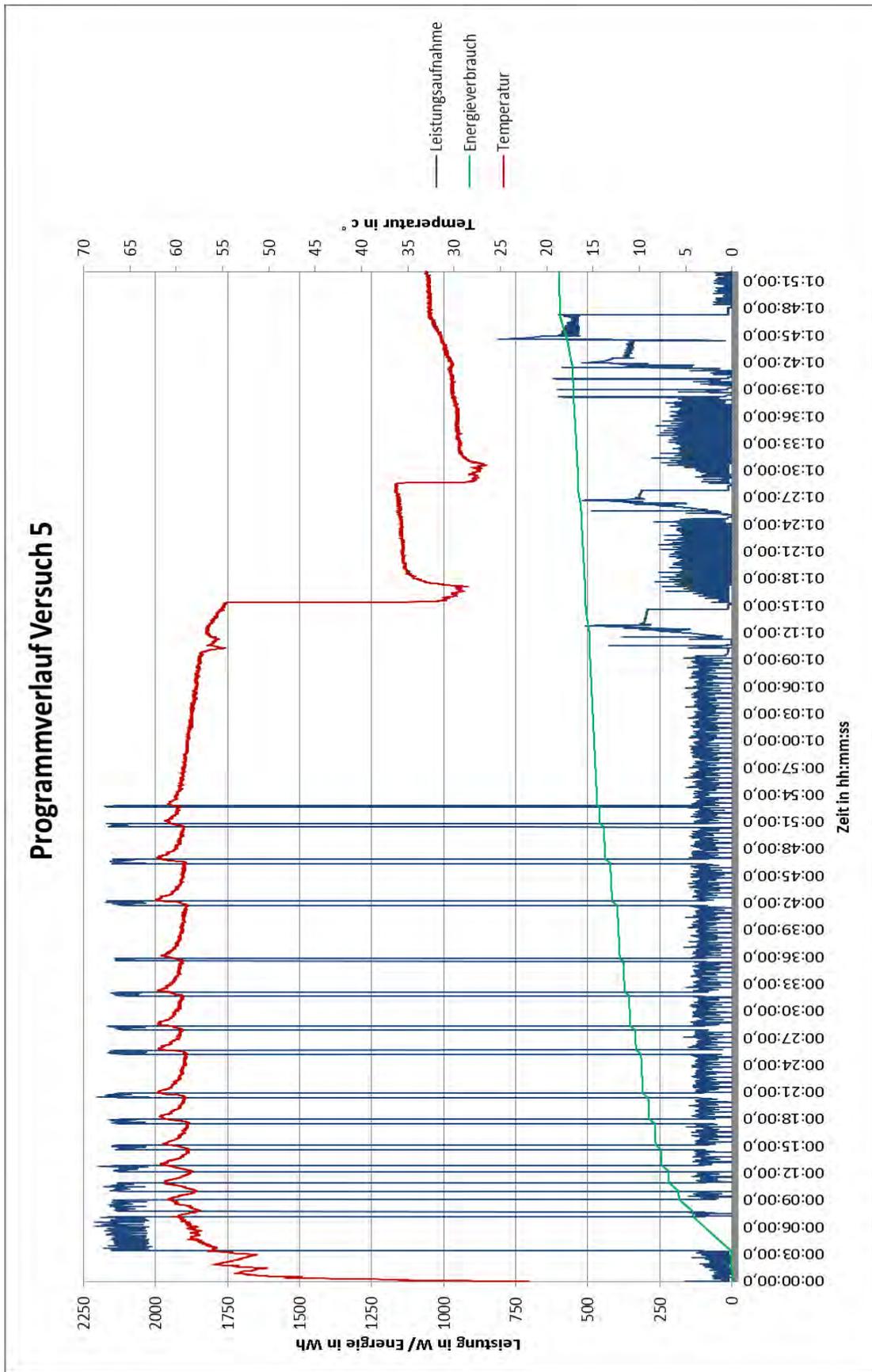


Abbildung 10: Beispiel für den Programmverlauf mit Warmwasserzulauf über den Warmwasseranschluss

4.6.3 Zusammenfassung der Versuche mit dem ALFA MIX

Für die Versuche V9 - V11 wurde das Warmwasser über den ALFA MIX in den Kaltwasseranschluss der Maschine geleitet (Abbildung 11).

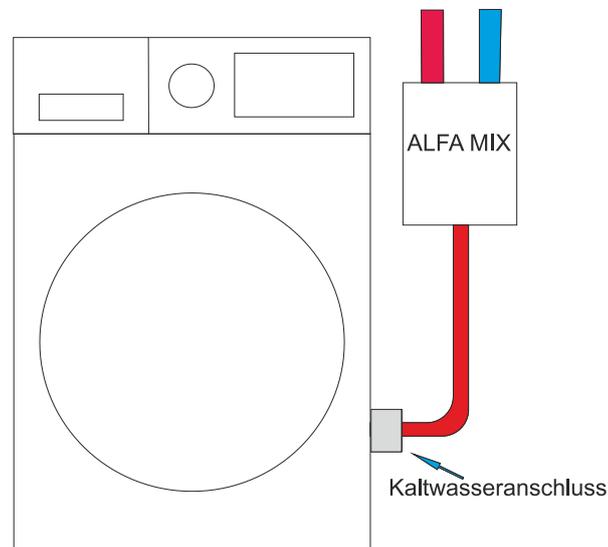


Abbildung 11: Wassereinspeisung über den ALFA MIX

Der Programmablauf entsprach allgemein dem Programmablauf mit der Kaltwassereinspeisung.

Durch das Einleiten von warmen Wasser (60 °C) war die Zieltemperatur nach sechs Minuten erreicht. Hierdurch verlängerte sich die Zeit der Hauptwäsche um eine viertel Stunde im Vergleich zur Kaltwassereinspeisung, was der Länge der Aufwärmphase des Wassers entspricht.

Die Gesamtwaschzeit betrug im Durchschnitt 1:58 Minuten.

Der Energieverbrauch lag bei 664 Wh für den Waschprozess. Der Energieverbrauch des ALFA MIX von 16 Wh ist zu addieren, so dass ein Gesamtenergieverbrauch von 680 Wh errechnet wurde. Dies entspricht einer Einsparung von 45 % gegenüber der Kaltwassereinspeisung mit dem gleichen Programm.

Der Unterschied zwischen dem direkten Einspeisen des warmen Wassers in die Waschmaschine und der Einleitung über den ALFA MIX ist mit dem geänderten Waschprogramm des Geräts durch den Hersteller bei der Erkennung eines Warmwasseranschlusses zu erklären.

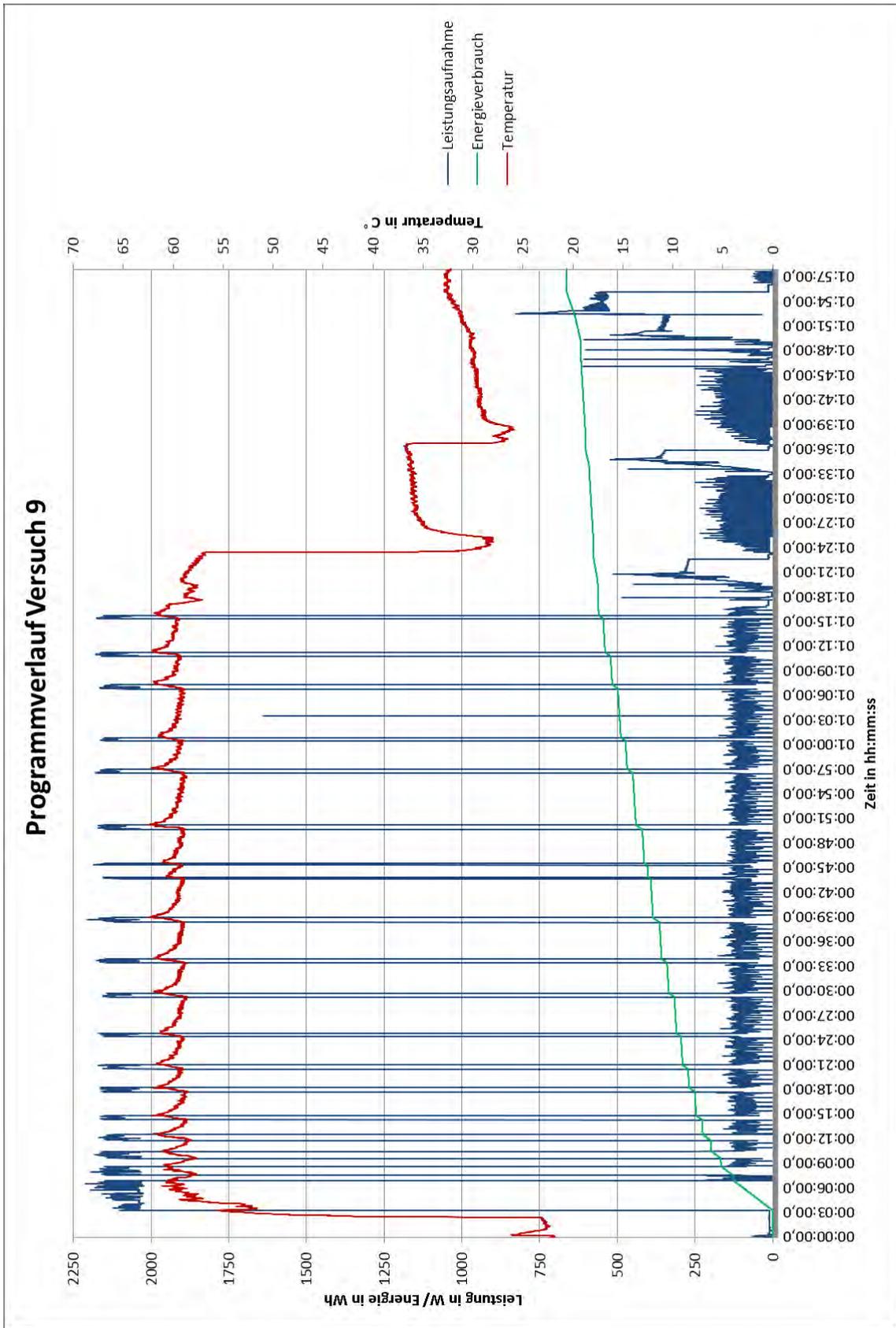


Abbildung 12: Beispiel für den Programmverlauf mit Warmwasserzulauf über den ALFA MIX

4.6.4 Programmablauf „Eco 60°C Baumwolle“

Der Programmablauf für eine 60 °C-Baumwollwäsche im Eco-Programm wurde nur beispielhaft gemessen (Versuch 12). Der Unterschied zu den mehrfach getesteten Programmen wurde deutlich:

Die Temperatur erreicht einmalig einen Maximalwert von 52,5 °C. Im Gegensatz zu den anderen Waschprogrammen wird die Temperatur nicht gehalten, sondern fällt während des Waschprozesses stetig ab. Vor dem Abpumpen des Waschwassers wurde eine Temperatur von 42,5 °C gemessen.

Die Gesamtdauer des Waschprogramms erhöhte sich auf 2:57 h.

Der gemessene Energieverbrauch betrug 776 Wh. Da auch hier das kalte Wasser nicht den geforderten $15\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ entsprach, sondern bereits vor dem Aufheizen die Temperatur 26,9 °C betrug, wurde wie in den anderen Kaltwasserversuchen mit Hilfe der Waschwassermenge (12,7 L) und der spezifischen Wärmekapazität eine zusätzlich benötigte Energiemenge für die Temperaturdifferenz berechnet. Die Energiedifferenz betrug 180 Wh.

Die Gesamtenergiemenge von 956 Wh lag um 8,6 % über den Herstellerangaben. Die Differenz zwischen dem Standard 60 °C-Baumwollprogramm und dem Eco-60 °C-Baumwollprogramm betrug 24 %. Die Einsparung ist auf die Herabsetzung der Zieltemperatur und auf die fehlenden Nachheizprozesse zurück zu führen.

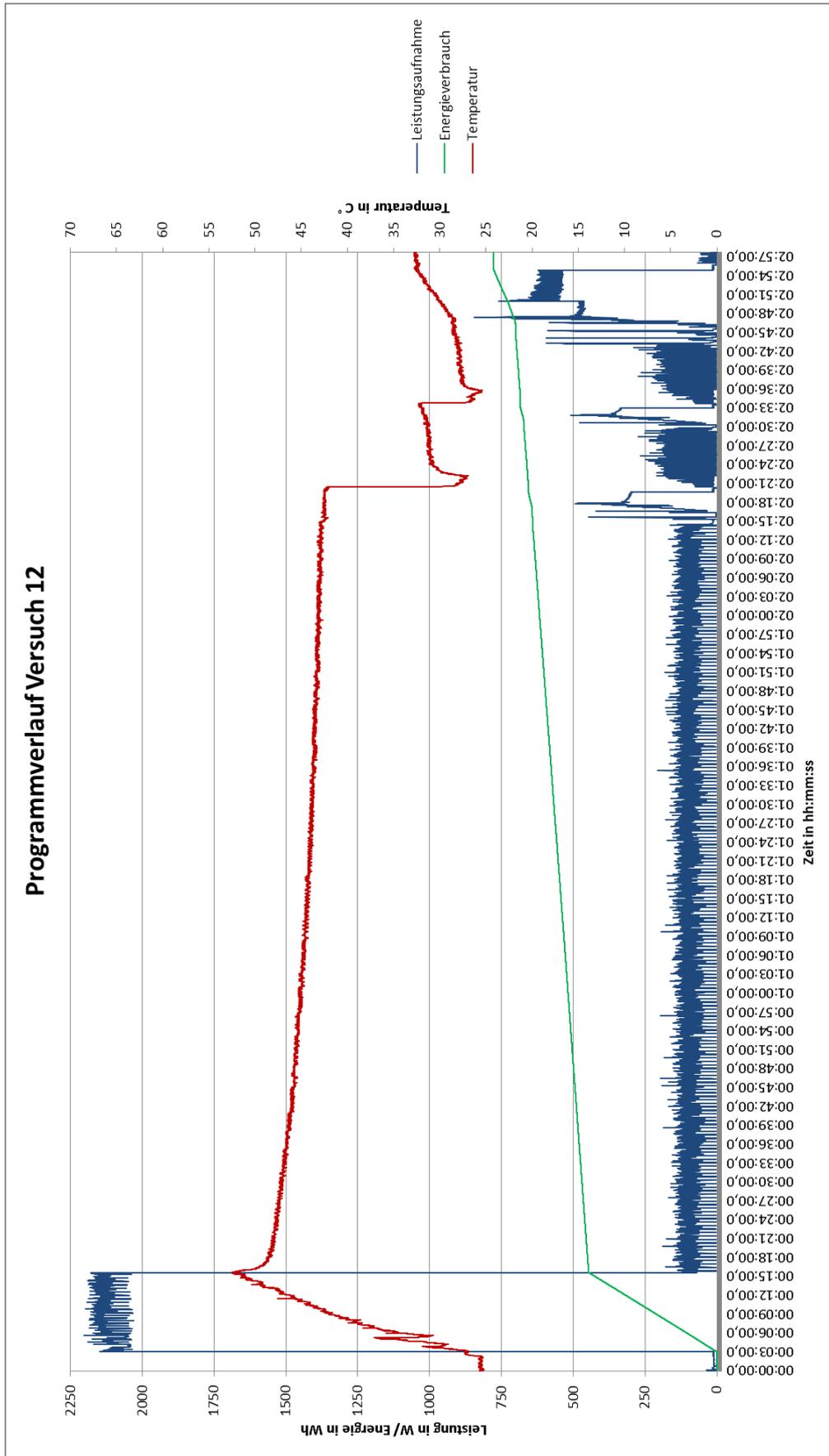


Abbildung 13: Programmverlauf mit dem Eco-Programm 60°C

4.7 Bewertung der Versuchsergebnisse

4.7.1 Der Energieverbrauch für das Waschwasser und das Aufheizen der Waschmaschine/Wäsche

Die Wassermenge für das Hauptwaschprogramm ist in den Programmen ähnlich, wobei im Standardprogramm 60 °C-Baumwolle mit Kaltwassereinspeisung mit durchschnittlich 12,9 L am meisten und mit dem Warmwasserzulauf über den Waschmaschinenanschluss mit durchschnittlich 12,4 L am wenigsten Waschwasser von der Waschmaschine gezogen wurde. Da die Menge des zu erwärmenden Waschwassers den größten Einfluss auf die Gesamtenergiemenge hat, wird die Energiemenge für eine Erwärmung verschiedener Wassermengen um 1 K, 3 K und 45 K in der folgenden Tabelle 4 dargestellt:

Wassermenge in Liter	ΔT in K	q in Wh	ΔT in K	q in Wh	ΔT in K	q in Wh
0,1	1	0,1	3	0,3	45	5,2
0,2	1	0,2	3	0,7	45	10,5
0,3	1	0,3	3	1,0	45	15,7
0,4	1	0,5	3	1,4	45	21,0
0,5	1	0,6	3	1,7	45	26,2
0,6	1	0,7	3	2,1	45	31,4
0,7	1	0,8	3	2,4	45	36,7
0,8	1	0,9	3	2,8	45	41,9
0,9	1	1,0	3	3,1	45	47,1
1,0	1	1,2	3	3,5	45	52,4

Tabelle 4: Übersicht über Energieverbräuche in Abhängigkeit von der Wassermenge und der Temperaturdifferenz

In den Versuchen V1 - V4 betrug die Differenz der für den Hauptgang benötigten Wassermenge 0,35 Liter. Die Energiemenge für das Aufheizen dieser Wassermenge von 15 °C auf 60 °C beträgt somit ca. 18,3 Wh. Nach dem erstmaligen Erreichen der Zieltemperatur von 60 °C wird zusätzlich eine geringe Energiemenge

zum Nachheizen des Waschwassers benötigt. Im Standardprogramm wurden während der Waschphase 15 Nachheizphasen gemessen. Die Temperaturerhöhung im Laugensumpf lag jeweils bei ca. 3 K. Es ist zu beachten, dass nur die Temperaturerhöhung des Wassers in der freien Flotte gemessen werden kann und das gebundene Wasser während der Nachheizphase nicht vollständig auf ein höheres Temperaturniveau gebracht wird. Während eines Leistungspeaks wurde innerhalb des V1 mit einer Waschwassermenge von 12,9 Liter und einer Temperaturerhöhung von 2,4 K eine Energiemenge von 21 Wh verbraucht. Dies entspricht einer erwärmten Wassermenge von 7,5 Litern.

Um die Energiemenge zu ermitteln, welche für das erstmalige Aufheizen der Wäsche und der Waschmaschine von der Umgebungstemperatur benötigt wird, wurde für die Versuche V1 - V4 jeweils der Energieverbrauch bis zum erstmaligen Erreichen der Zieltemperatur ermittelt. Von dieser gemessenen Energiemenge wurde im Anschluss die (mit der spezifischen Wärmekapazität des Wassers und der gemessenen eingelaufenen Waschwassermenge berechneten) Energiemenge für die Temperaturerhöhung des Waschwassers subtrahiert (Tabelle 5).

Versuchsnummer	Wassermenge in L	Temperaturdifferenz in °C	Theoretische Energiemenge Erwärmung Wasser in Wh	Gemessene Energiemenge in Wh	Differenz in Wh
V1	12,90	32,4	486	587	101
V2	13,25	32,8	506	626	120
V3	13,25	32,2	497	601	104
V4	12,90	31,3	470	583	113

Tabelle 5: Berechnung der Wärmekapazität der Waschmaschine und des Waschguts

Die Differenz beträgt durchschnittlich 110 Wh. Diese Energiemenge muss auch bei der Nutzung von extern erwärmtem Wasser durch Nachheizen zugeführt werden, um das gewählte Temperaturniveau von 60 °C zu erreichen.

4.7.2 Der Energieverbrauch des Motors

Da in allen Versuchsreihen die Mechanik für das Baumwollprogramm gleich ausgelegt war, lässt sich ein Rückschluss auf den tatsächlichen Energieverbrauch des Motors aus Versuch 12 ziehen. Im Eco-Programm wird nach einmaligem Aufheizen des Waschwassers (genauer: Wasser, Waschgut und Waschmaschine) keine weitere Energie für die Heizleistung mehr eingesetzt, so dass der weitere Energieverbrauch - unter Vernachlässigung der Pumpe - der Motorleistung zuzuordnen ist.

Die Waschphase ist in Versuch 12 zur Beibehaltung der Waschwirkung (ohne Nachheizen und mit einem niedrigeren Temperaturniveau) deutlich verlängert, die Spül- und Schleudergänge laufen jedoch identisch ab.

Um eine allgemeingültige Aussage über die Motorleistung in den Versuchen V1 - V11 treffen zu können, wird der Energieverbrauch ab Ende des Aufheizvorganges ermittelt, da dann keine Energie mehr für eine Heizleistung aufgebracht wird.

Für eine Programmlaufzeit von zwei Stunden (entspricht der Durchschnittsdauer von V1 - V4 und V9 - V11) ergibt sich eine Energiemenge von 263 Wh, für eine Programmlaufzeit von 1:55 h (V5 - V8) eine Energiemenge von 255 Wh, die dem Reversieren, Pumpen und Schleudern zuzuordnen ist.

Die Energiemenge für das Aufheizen der Waschmaschine/Wäsche auf die geforderten 60°C sowie die Energiemenge für die Motorleistung kann als konstant betrachtet werden und ist somit durch das Einleiten von warmem Wasser nicht zu beeinflussen.

Bei der geprüften Waschmaschine ist die Waschdauer im 40°C-Baumwollprogramm eine halbe Stunde länger als im 60°C-Baumwollprogramm. Dies ist vor allem auf einen zusätzlichen Spülgang zurückzuführen (Miele, 2012, S. 33). Der Energiebedarf für einen einzelnen Spülgang kann aus dem Leistungsdiagramm eines 60°C-Baumwollwaschprogramms geschlossen werden, da der Parameter Waschlading in kg identisch ist und das Spülwasser in L als gleich angenommen werden kann (Abbildung 14).

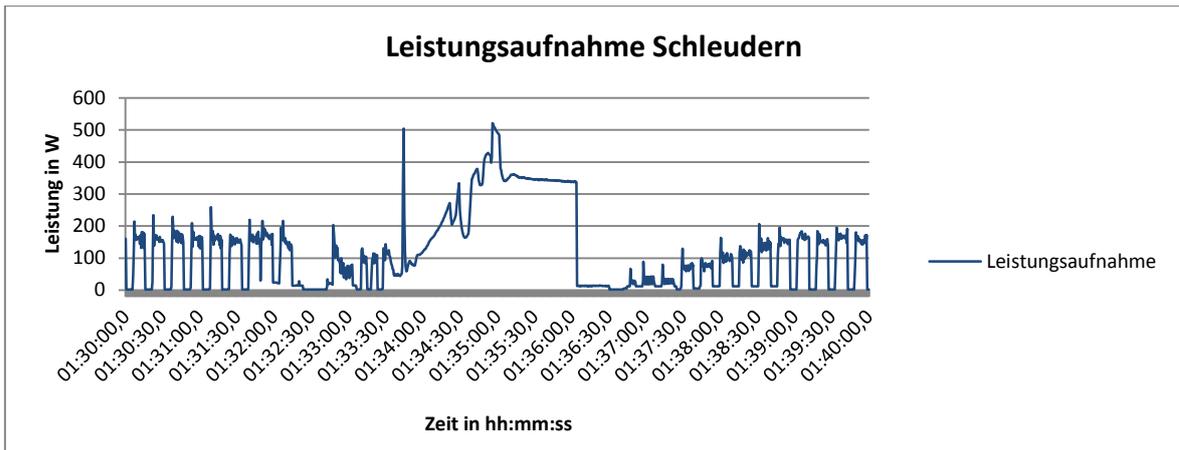


Abbildung 14: Leistungsaufnahme während eines Abpump-/Schleuderzyklus

Aus dem Diagramm wird der Beginn des Abpumpvorgangs auf den Zeitpunkt 1:31:35 festgelegt, beendet ist das Zwischenschleudern mit der Aufnahme des Reversierrhythmus zum Zeitpunkt 1:38:57. Innerhalb dieses Zeitraums beträgt der Energieverbrauch 16 Wh. Des Weiteren kann davon ausgegangen werden, dass innerhalb der weiteren 23,5 Minuten der verlängerten Waschphase im Reversierrhythmus zur Aufrechterhaltung der Waschleistung gewaschen wird. Während dieses Zeitraums ist mit einem Energieverbrauch von ca. 37 Wh zu rechnen (Abbildung 15). Rechnerisch erfordert die um 30 Minuten verlängerte Waschdauer inklusive eines Spülgangs einen Energieverbrauch von 53 Wh. Es ergibt sich für die Motorleistung von 2:30 h somit ein Energiebedarf von 316 Wh (263 Wh + 53 Wh).

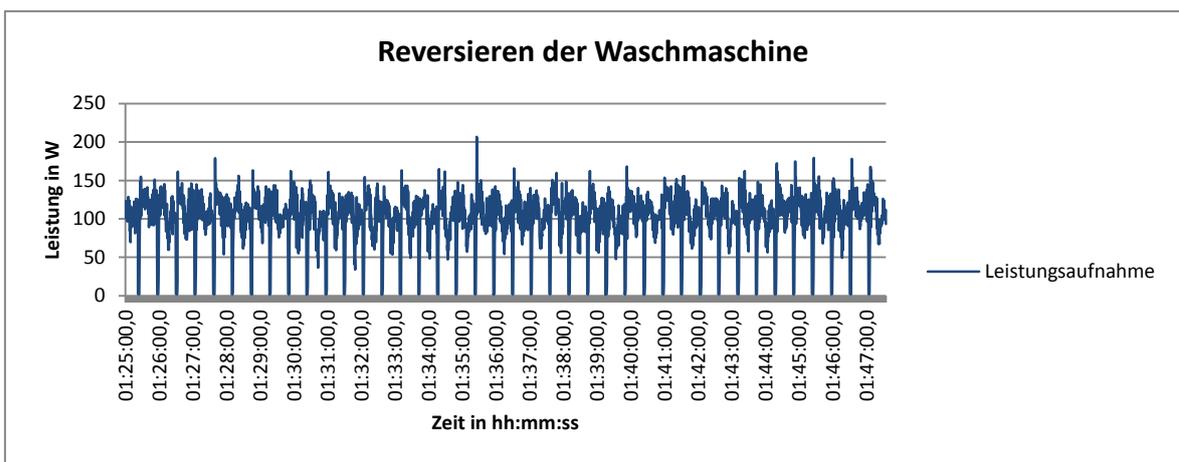


Abbildung 15: Reversierrhythmus im Versuch 12

Aufgrund der geringeren Zieltemperatur ist der Energiebedarf für die Erwärmung der Wäsche auf 40 °C geringer als 100 Wh, die für das 60 °C-Programm ermittelt wurden. Vom Hersteller Miele wird bei Warmwassereinlauf für eine 40 C-„Eco“-Baumwollwäsche (7kg) ein Energiebedarf von 350 Wh angegeben (Miele, 2012, S. 65)

Für eine Teilbeladung wird bei Warmwasseranlauf im Standardprogramm Baumwolle 40 °C ein Wert von lediglich 200 Wh deklariert. Ein Hinweis auf die niedrige Energieeffizienz dieses „Eco“-Programms wird nicht gegeben.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Energieeinsparung durch einen externen Wasserzulauf mit jeder Temperatursenkung eines Waschprogramms niedriger ausfällt, da der Anteil der Energie, welche zum Antreiben des Motors benötigt wird, prozentual steigt.

5 Online-Programm „Energieverbrauchsrechner“

5.1 Beschreibung der Programmparameter

Für das Nutzerprogramm, das einen Teil dieser Bachelorarbeit bildet, wurden zunächst die Energieverbräuche von Haushaltswaschmaschinen der Energieeffizienzklasse B - A+++ aus Betriebsanleitungen für 40 °C- und 60 °C-Baumwollwäsche ermittelt. Um den Vergleich von verschiedenen Nennkapazitäten zu gewährleisten, wurden die angegebenen Verbrauchswerte durch die vom Hersteller deklarierte Nennkapazität dividiert (Tabelle 6).

Energieeffizienzklasse	60 °C kWh/kg	40 °C kWh/kg	60 °C WarmW (-51 %) kWh/kg	60 °C ALFA MIX (-45 %) kWh/kg	40 °C WarmW (-58 %) kWh/kg	40 °C ALFA MIX (-52 %) kWh/kg
B (geschätzt)	0,21	0,14	0,10	0,12	0,06	0,07
A	0,19	0,12	0,09	0,10	0,05	0,06
A+	0,17	0,13	0,08	0,09	0,05	0,06
A++	0,14	0,12	0,07	0,07	0,05	0,06
A+++	0,12	0,10	0,06	0,07	0,04	0,05

Tabelle 6: Energieverbrauch in kWh pro kg Waschgut

Für die 60 °C-Baumwollwäsche wurden in den Versuchen mit der Miele Maschine über den Warmwasseranschluss der Maschine eine Einsparung von 51 % ermittelt. Mit dem ALFA MIX war durch die nicht optimierte Programmsteuerung eine Einsparung von 45 % möglich.

Für eine 40 °C-Baumwollwäsche gibt der Hersteller bei Vollbeladung eine Energieeinsparung von 58 % mit Warmwassereinspeisung gegenüber dem Zulauf von kaltem Wasser an.

Für den ALFA MIX wurden für das 40 °C Baumwollwäsche-Programm keine Daten erhoben. Da die Energieeinsparung im 60 °C-Programm etwas unter der Einsparung mit dem Warmwasserzulauf der Waschmaschine lag, wird hier eine Einsparung von 52 % pro Waschgang angenommen.

Für niedrigere Temperaturen lassen sich mit den vorliegenden Daten keine Aussagen über weitere Energieeinsparungen treffen.

5.2 Eingaben zur Programmnutzung

Neben der Eingabe der Energieeffizienzklasse und der Nennkapazität der Waschmaschine gibt man sein Waschverhalten in Bezug auf die Waschttemperaturen 40°C und 60°C an. Eine Unterscheidung in unterschiedliche Füllmengen wird nicht getroffen.

Da die derzeitigen Energiekosten pro kWh für die Berechnung der Betriebskosten eine entscheidende Rolle spielen, wird diese ebenfalls abgefragt. Voreingestellt ist ein Schätzwert von 0,29 €/kWh (Stand 01/1013), eine Auswahl zwischen 0,20 € bis 0,35 € ist möglich.

Die Preissteigerung für Haushaltsstrom lag in den Jahren 2005 - 2010 bei 30,2 % (Linz, Touil, 2011, S. 62), was einer jährlichen Preissteigerung von ca. 6,5 % entspricht. Diese Energiepreissteigerungsrate ist in der Maske des Programms als Voreinstellung hinterlegt. Der Wert kann auf 5 %, 7,5 % oder 10 % verändert werden.

Um keine idealisierten Vorhersagen für die finanziellen Einsparmöglichkeiten zu produzieren, muss die Abdeckung der Warmwassererzeugung durch Solarthermie im Jahresverlauf bedacht werden. Ein Schätzwert von sieben Monaten für das norddeutsche Gebiet wird vorgeschlagen. Die Eingabemaske lässt außerdem Werte von fünf bis zehn Monaten als Deckungsgrad zu. Es wird davon ausgegangen, dass im übrigen Jahr das Wasser kalt in die Maschine gelangt.

5.3 Ergebnisse der Energieverbrauchsrechnung

In der Auswertung werden zunächst Stromverbrauch und Kosten für einen einzelnen Waschgang bei verschiedenen Waschttemperaturen, sowohl mit als auch ohne Warmwasserzulauf, angegeben. Es wird zwischen Warmwasseranschluss an einer Waschmaschine und Warmwasserzulauf über ein Vorschaltgerät (z.B. ALFA MIX) unterschieden.

Es folgt eine Angabe über den derzeitigen Jahresstromverbrauch und dessen Kosten, sowie eine Prognose für die nächsten fünf bzw. zehn Jahre.

5.4 Durchführungsbeispiele

Laut Öko-Institut e.V. beliefen sich 2001 die Textilmengen der Wäscheart „Baumwolle“ auf 420 kg/Haushalt (Rüdenauer, Gießhammer, 2004, S. 39)

Der Anteil der Buntwäsche, welcher mit niedrigeren Temperaturen gewaschen wird, ist in den letzten Jahren stetig gewachsen. Da es nicht nur eine Verschiebung von 60 °C-Wäsche zu 40 °C-Wäsche gegeben hat, sondern auch der frühere Anteil der Kochwäsche fast vollständig mit 60 °C gewaschen wird, wird eine Aufteilung in 65 % 40 °C-Baumwollwäsche und 35 % 60 °C-Baumwollwäsche angenommen.

Es ergeben sich folgende Wäschemengen pro Haushalt in kg/a (Tabelle 7):

Anzahl der Personen	Menge der Baumwollwäsche in kg/a	Menge der 40 °C-Baumwollwäsche in kg/a	Menge der 60 °C-Baumwollwäsche in kg/a
Ein-Personen-Haushalt	213	138	75
Zwei-Personen-Haushalt	409	266	143
Drei-Personen-Haushalt	566	368	198
Vier(+)-Personen-Haushalt	773	502	271

Tabelle 7: Textilmenge nach Haushaltsgrößen

Aus diesen Daten wird eine Kalkulation für unterschiedliche Haushaltsgrößen und Formen erstellt.

5.4.1 Beispiel: Zwei-Personen-Haushalt

Zwei-Personen-Haushalt, Haushaltswaschmaschine älteren Jahrgangs (Energieeffizienzklasse B, 5 kg), durch Vakuumkollektoren eine hohe Deckungsrate durch Solarthermie von 8 Monaten im Jahr. Strompreis 0,29 €, es wird von einer starken Preissteigerungsrate von 10 % pro Jahr ausgegangen (Abbildung 16).

Durch den Anschluss der vorhandenen Maschine mit einem ALFA MIX an die Warmwasserversorgung des Haushalts ließen sich pro Jahr aktuell ca. 6,30 € sparen.

Selbst bei der hoch angesetzte Preissteigerungsrate von 10 % für Haushaltsstrom beläuft sich die Gesamtersparnis innerhalb von 10 Jahren nur auf ca. 100 €.

Bei einem Anschaffungspreis von derzeit 250 € plus Anschlusskosten von ca. 50 € ist der Kauf eines Vorschaltgerätes für diesen Haushalt aus finanzieller Sicht nicht zu empfehlen.

Energieverbrauchsrechner

Fragen zu Ihrer Waschmaschine und zum Waschverhalten

Bitte wählen Sie die Energieeffizienzklasse:

Nennfüllmenge der Waschmaschine?

Wie oft waschen Sie bei 40°C?

Wie oft waschen Sie bei 60°C?

Ihre aktuellen Energiekosten

Wie viel € kostet Sie eine Kilowattstunde Strom? **

** 0,29 €: Durchschnittswert für Deutschland (2013, geschätzt).

Schätzungen

Abdeckung des Warmwasserbedarfes durch Solarthermie

Durchschnittliche Strompreissteigerung während der nächsten 10 Jahre

** 6,2 %: Schätzwert aus Strompreissteigerungsrate von 2005 - 2010 (Quelle: Statistisches Bundesamt).

Aktuelle Ergebnisse für diese Maschine

Ergebnisse pro Waschgang

	Mit Kaltwasseranschluss		Mit Warmwasseranschluss		Mit Vorschaltgerät	
	Strom	Kosten	Strom	Kosten	Strom	Kosten
40°C-Waschgang	0.75 kWh	0.22 €	0.32 kWh	0.09 €	0.36 kWh	0.10 €
60°C-Waschgang	1.05 kWh	0.30 €	0.51 kWh	0.15 €	0.58 kWh	0.17 €

Ergebnisse pro Jahr

	Mit Kaltwasseranschluss		Mit Warmwasseranschluss		Mit Vorschaltgerät	
	Strom	Kosten	Strom	Kosten	Strom	Kosten
78 Waschkvorgänge	66.30 kWh	19.23 €	41.94 kWh	12.16 €	44.59 kWh	12.93 €

Mehrjährige Prognose

Verbrauch und Ersparnis

	Mit Kaltwasseranschluss		Mit Warmwasseranschluss		Mit Vorschaltgerät	
	Strom	Kosten	Strom	Kosten	Strom	Kosten
5-Jahresprognose	331.50 kWh	117.38 €	209.69 kWh	74.25 €	222.95 kWh	78.95 €
Mögliche Ersparnis			121.81 kWh	43.13 €	108.55 kWh	38.44 €
10-Jahresprognose	663.00 kWh	306.43 €	419.38 kWh	193.83 €	445.90 kWh	206.09 €
Mögliche Ersparnis			243.62 kWh	112.60 €	217.10 kWh	100.34 €

Version 1.0 - 06.02.2013 © Annika Rathschek - all rights reserved

Abbildung 16: Energieverbrauchsrechner, 2-Personen-Haushalt

5.4.2 Beispiel: Vier Personen-Haushalt

Vier-Personen-Haushalt, bei Einzug in den Neubau mit Solarthermieanlage auch Anschaffung einer neuen Waschmaschine (A+++, 7 kg) mit Warmwasseranschluss. Durch ein erhöhtes Schmutzwäscheaufkommen ergibt sich eine Wäschemenge von ca. 21 kg Baumwollwäsche, wobei diese zu zwei Drittel mit 40 °C gewaschen wird. Es wird von einer Abdeckung des Warmwasserbedarfs von sieben Monaten im Jahr ausgegangen. Der Strom kostet derzeit 0,34 €/kWh. Eine Energiepreissteigerungsrate von 6,2 % pro Jahr wird für die Kalkulation angesetzt (Abbildung17).

Durch den Warmwasseranschluss der Haushaltswaschmaschine lassen sich aktuell 11,28 € im Jahr einsparen, in zehn Jahren beläuft sich der finanzielle Vorteil auf ca. 150 €. Dem stehen Mehrkosten beim Kauf einer Haushaltswaschmaschine mit Warmwasseranschluss von ca. 200 € gegenüber.

Energieverbrauchsrechner

Fragen zu Ihrer Waschmaschine und zum Waschverhalten

Bitte wählen Sie die Energieeffizienzklasse:

Nennfüllmenge der Waschmaschine?

Wie oft waschen Sie bei 40°C?

Wie oft waschen Sie bei 60°C?

Ihre aktuellen Energiekosten

Wie viel € kostet Sie eine Kilowattstunde Strom?

** 0,29 €: Durchschnittswert für Deutschland (2013, geschätzt).

Schätzungen

Abdeckung des Warmwasserbedarfes durch Solarthermie

Durchschnittliche Strompreissteigerung während der nächsten 10 Jahre

** 6,2 %: Schätzwert aus Strompreissteigerungsrate von 2005 - 2010 (Quelle: Statistisches Bundesamt).

Aktuelle Ergebnisse für diese Maschine

Ergebnisse pro Waschgang

	Mit Kaltwasseranschluss		Mit Warmwasseranschluss		Mit Vorschaltgerät	
	Strom	Kosten	Strom	Kosten	Strom	Kosten
40°C-Waschgang	0.70 kWh	0.21 €	0.29 kWh	0.09 €	0.34 kW	0.10 €
60°C-Waschgang	0.84 kWh	0.25 €	0.41 kWh	0.12 €	0.46 kW	0.14 €

Ergebnisse pro Jahr

	Mit Kaltwasseranschluss		Mit Warmwasseranschluss		Mit Vorschaltgerät	
	Strom	Kosten	Strom	Kosten	Strom	Kosten
156 Waschvorgänge	116.48 kWh	34.94 €	78.85 kW	23.66 €	82.93 kW	24.88 €

Mehrjährige Prognose

Verbrauch und Ersparnis

	Mit Kaltwasseranschluss		Mit Warmwasseranschluss		Mit Vorschaltgerät	
	Strom	Kosten	Strom	Kosten	Strom	Kosten
5-Jahresprognose	582.40 kWh	197.77 €	394.27 kWh	133.89 €	414.66 kWh	140.81 €
Mögliche Ersparnis			188.13 kWh	63.88 €	167.74 kWh	56.96 €
10-Jahresprognose	1164.80 kWh	464.94 €	788.55 kWh	314.75 €	829.31 kWh	331.03 €
Mögliche Ersparnis			376.25 kWh	150.18 €	335.49 kWh	133.91 €

Version 1.0 - 06.02.2013 © Annika Rathschek - all rights reserved

Abbildung 17: Energieverbrauchsrechner, 4-Personen-Haushalt

5.4.3 Beispiel: Mehr-Generationen-Haushalt

Mehr-Generationen-Haushalt mit sechs Personen. Hohes Schmutzwäscheaufkommen von 60°C-Wäsche, da ein Kind mit Stoffwindeln gewickelt wird und die Wäsche der älteren Generation möglichst keimfrei gehalten werden soll. Der Strompreis liegt derzeit bei 0,25 €/kWh. Die Solarthermieanlage hat einen Deckungsgrad für die Warmwasserbereitstellung von sieben Monaten. Die erwartete Preissteigerungsrate wird mit 5 % angegeben (Abbildung 18).

Energieverbrauchsrechner

Fragen zu Ihrer Waschmaschine und zum Waschverhalten

Bitte wählen Sie die Energieeffizienzklasse:

Nennfüllmenge der Waschmaschine?

Wie oft waschen Sie bei 40°C?

Wie oft waschen Sie bei 60°C?

Ihre aktuellen Energiekosten

Wie viel € kostet Sie eine Kilowattstunde Strom?

** 0,29 €: Durchschnittswert für Deutschland (2013, geschätzt).

Schätzungen

Abdeckung des Warmwasserbedarfes durch Solarthermie

Durchschnittliche Strompreissteigerung während der nächsten 10 Jahre

** 6,2 %: Schätzwert aus Strompreissteigerungsrate von 2005 - 2010 (Quelle: Statistisches Bundesamt).

Aktuelle Ergebnisse für diese Maschine

Ergebnisse pro Waschgang

	Mit Kaltwasseranschluss		Mit Warmwasseranschluss		Mit Vorschaltgerät	
	Strom	Kosten	Strom	Kosten	Strom	Kosten
40°C-Waschgang	0.98 kWh	0.25 €	0.41 kWh	0.10 €	0.47 kWh	0.12 €
60°C-Waschgang	1.33 kWh	0.33 €	0.65 kWh	0.16 €	0.73 kWh	0.18 €

Ergebnisse pro Jahr

	Mit Kaltwasseranschluss		Mit Warmwasseranschluss		Mit Vorschaltgerät	
	Strom	Kosten	Strom	Kosten	Strom	Kosten
364 Waschvorgänge	447.72 kWh	111.93 €	310.36 kWh	77.59 €	326.03 kWh	81.51 €

Mehrjährige Prognose

Verbrauch und Ersparnis

	Mit Kaltwasseranschluss		Mit Warmwasseranschluss		Mit Vorschaltgerät	
	Strom	Kosten	Strom	Kosten	Strom	Kosten
5-Jahresprognose	2238.60 kWh	618.48 €	1551.81 kWh	428.74 €	1630.16 kWh	450.38 €
Mögliche Ersparnis			686.79 kWh	189.75 €	608.44 kWh	168.10 €
10-Jahresprognose	4477.20 kWh	1407.84 €	3103.62 kWh	975.92 €	3260.32 kWh	1025.20 €
Mögliche Ersparnis			1373.58 kWh	431.92 €	1216.88 kWh	382.65 €

Version 1.0 - 06.02.2013 © Annika Rathschek - all rights reserved

Abbildung 18: Energieverbrauchsrechner, Mehr-Generationen-Haushalt

Für diese Haushaltskonstellation ist ein Vorschaltgerät zu empfehlen. Durch die große Zahl 60°C-Wäschen wird sich die Anschaffung selbst dann rentieren, wenn sich die Waschttemperaturen durch das Wegfallen der Windelwäsche wieder an einen Durchschnittshaushalt angleichen.

5.5 Beispiel: Rechnung nach VO 1061/2010.

Um für eine Haushaltswaschmaschine eine Berechnung nach der VO 1061/2010 durchführen zu können, wurden folgende Parameter gesetzt:

- Energieeffizienzklasse A
- Nennkapazität 7kg
- Energiekosten von 0,29 €/kWh
- Deckungsrate der Solarthermieanlage 7 Monate
- Jährliche Energiepreissteigerungsrate von 6,2 %

Die Anzahl der Waschmaschinenzyklen pro Zieltemperatur wurde aus der Formel für den gewichteten Energieverbrauch (E_t) ermittelt und wie folgt berechnet:

$$E_t = [3 * E_{t,60} + 2 * E_{t,60\frac{1}{2}} + 2 * E_{t,40\frac{1}{2}}] / 7$$

Da es im Online Rechner nicht möglich, ist Teilbefüllungen zu berechnen, wurden zur Vereinfachung jeweils die zwei Teilbefüllungen mit einem Temperaturniveau zu einem Baumwollprogramm mit vollständiger Befüllung zusammengefasst.

Der Energieverbrauch der Waschmaschine bezieht sich auf die Nennkapazität. Um die richtige Anzahl der Maschinen mit vollständiger Befüllung zu errechnen, muss die Nennkapazität in kg in die Formel anstelle des E_t eingesetzt werden.

$$\text{Wäschemenge in kg/a} = [3 * 7 \text{ kg}_{60^\circ\text{C}} + 1 * 7_{60^\circ\text{C}} + 1 * 7_{40^\circ\text{C}}] / 7$$

$$= [21 \text{ kg}_{60^\circ\text{C}} + 7_{60^\circ\text{C}} + 17_{40^\circ\text{C}}] / 7$$

$$= [28 \text{ kg}_{60^\circ\text{C}} + 7_{40^\circ\text{C}}] / 7$$

$$= [35 \text{ kg Gemischte Wäsche}] / 7 = 5 \text{ kg}$$

Um die Gesamtwäschemenge pro Jahr zu errechnen, werden die 5 Kilo des Ergebnisses mit 220 Waschzyklen (nach VO 1061/2010) multipliziert.

$$\text{Gesamtwäschemenge} = 5 \text{ kg} * 220 \text{ Waschzyklen} = 1100 \text{ kg Waschgut}$$

Die Gesamtmenge teilt sich auf in $\frac{4}{5}$ 60°C-Baumwollwäsche und $\frac{1}{5}$ 40°C-Baumwollwäsche, entspricht 880 kg 60°C-Baumwollwäsche und 220 kg 40°C-Baumwollwäsche.

Unter Berücksichtigung der Waschgutmenge mit den jeweiligen Temperaturen, der Nennkapazität der Maschine (7kg) und der Anzahl der Kalenderwochen pro Jahr ergeben sich ca. 2,4 Waschzyklen mit 60°C und Waschzyklen mit 40°C pro Woche.

Für die von VO 1061/2010 geforderten Teilfüllungen liegen keine für das Rechenprogramm geeigneten Daten vor. Da der Energieverbrauch bei Teilfüllungen zudem nicht proportional zur Füllmenge abnimmt, erscheint es zulässig, für dieses Beispiel von drei Waschzyklen mit 60°C pro Woche und einem Waschzyklus mit 40°C pro Woche auszugehen (Abbildung 19).

Bei den so gewählten Einstellungen für eine Waschmaschine der Energieeffizienzklasse A ergibt sich nach zehn Jahren ein rechnerischer Kostenersparnis von 304,70 € mit einem Warmwasseranschluss, mit einem ALFA MIX eine Kostensenkung um 269,79 €.

Energieverbrauchsrechner

Fragen zu Ihrer Waschmaschine und zum Waschverhalten

Bitte wählen Sie die Energieeffizienzklasse:

Nennfüllmenge der Waschmaschine?

Wie oft waschen Sie bei 40°C?

Wie oft waschen Sie bei 60°C?

Ihre aktuellen Energiekosten

Wie viel € kostet Sie eine Kilowattstunde Strom? **

** 0,29 €: Durchschnittswert für Deutschland (2013, geschätzt).

Schätzungen

Abdeckung des Warmwasserbedarfes durch Solarthermie **

Durchschnittliche Strompreissteigerung während der nächsten 10 Jahre **

** 6,2 %: Schätzwert aus Strompreissteigerungsrate von 2005 - 2010 (Quelle: Statistisches Bundesamt).

Aktuelle Ergebnisse für diese Maschine

Ergebnisse pro Waschgang

	Mit Kaltwasseranschluss		Mit Warmwasseranschluss		Mit Vorschaltgerät	
	Strom	Kosten	Strom	Kosten	Strom	Kosten
40°C-Waschgang	0.98 kWh	0.28 €	0.41 kWh	0.12 €	0.47 kw	0.14 €
60°C-Waschgang	1.33 kWh	0.39 €	0.65 kWh	0.19 €	0.73 kw	0.21 €

Ergebnisse pro Jahr

	Mit Kaltwasseranschluss		Mit Warmwasseranschluss		Mit Vorschaltgerät	
	Strom	Kosten	Strom	Kosten	Strom	Kosten
208 Waschvorgänge	258.44 kWh	74.95 €	179.47 kW	52.05 €	188.52 kW	54.67 €

Mehrjährige Prognose

Verbrauch und Ersparnis

	Mit Kaltwasseranschluss		Mit Warmwasseranschluss		Mit Vorschaltgerät	
	Strom	Kosten	Strom	Kosten	Strom	Kosten
5-Jahresprognose	1292.20 kWh	424.18 €	897.37 kWh	294.57 €	942.59 kWh	309.42 €
Mögliche Ersparnis			394.83 kWh	129.61 €	349.61 kWh	114.76 €
10-Jahresprognose	2584.40 kWh	997.20 €	1794.73 kWh	692.50 €	1885.19 kWh	727.40 €
Mögliche Ersparnis			789.67 kWh	304.70 €	699.21 kWh	269.79 €

Version 1.0 - 06.02.2013 © Annika Rathschek - all rights reserved

Abbildung 19: Energieverbrauchsrechner, Rechnung in Anlehnung an VO 1061/2010

Bei dem von der VO 1061/2010 zu Grunde gelegtem Waschverhalten und den oben gesetzten Parametern ist der Einsatz von extern erwärmtem Wasser zur Primärenergieeinsparung von Haushaltswaschmaschinen somit finanziell von Vorteil.

6 Fazit

Für den Nutzer von Haushaltswaschmaschinen gibt es verschiedene Möglichkeiten, den Energieverbrauch der Waschmaschine zu senken.

Neben dem Alter der Maschine, welches durch die Technik und die Menge des zu erwärmenden Wassers eine wesentliche Rolle bei der Energieeffizienz spielt, ist insbesondere das Nutzerverhalten von Bedeutung. So verbrauchen selbst moderne Waschmaschinen mit stufenloser Mengenautomatik bei einer halben Mengenbeladung deutlich mehr als nur die Hälfte des Stroms und Wassers.

Des Weiteren hat die Temperaturwahl einen hohen Stellenwert: trotz moderner Waschmittel, welche Schmutz schon effizient bei niedrigen Temperaturen herauswaschen, wird die Maschine oft im bewährten Programm mit gleicher Temperatur gestartet.

Durch eine Temperaturabsenkung von 60 °C auf 40 °C lässt sich eine Energieeinsparung von 20 % bis 40 % erreichen. Dabei gilt, je energieintensiver die Maschine ist, desto größer ist die Einsparung. Ein Anschluss an eine externe Warmwassereinspeisung verstärkt den Einsparungseffekt. So beträgt die Minderung bei einer Haushaltswaschmaschine der Energieeffizienzklasse A mit Warmwasseranschluss der Waschmaschine 41 % gegenüber der dem Waschen mit demselben Programm mit Kaltwassereinzug.

Die Aufklärung der Nutzer über das energiesparende Waschverhalten ist wichtig. Bedienungsanleitungen sollten die energieeffizientesten Programme herausstellen. So ist bei der geprüften Waschmaschine zwar der Hinweis auf das Eco-Programm vorhanden - tatsächlich wird durch einen Warmwasseranschluss bei einer 40 °C-Wäsche jedoch mehr Energie verbraucht als im Standardprogramm.

Um eine energetisch günstige Warmwassererwärmung für die Waschmaschine finanziell effizient nutzen zu können, bedarf es einer großen Waschgutmenge bei hohen Temperaturen. Der Einsatz eines Vorschaltgerätes wie ALFA MIX oder einer Waschmaschine mit Warmwasseranschluss kann insbesondere in Haushalten, in denen die Keimabtötung bei Temperaturen von mindestens 60 °C eine Rolle spielt, oder in Kindertagesstätten, Seniorenwohngemeinschaften und ähnlichen Einrichtungen, sinnvoll sein.

Literaturverzeichnis

Delegierte Verordnung (EU) Nr. 1061/2010 der Kommission (2010). Amtsblatt der Europäischen Union

Energieagentur.NRW (2011). Erhebung: „Wo im Haushalt bleibt der Strom?“
http://www.energieagentur.nrw.de/_database/_data/datainfopool/erhebung_wo_bleibt_der_strom.pdf . Stand 08.02.2013

Linz, S., Touil, S. (2011). Preise auf einen Blick. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Miele (Hrsg.) (2012). Gebrauchsanweisung Waschautomat W 1948 WPS.
Gütersloh

OLFS & RINGEN GbR (Hrsg.) (o.J.). ALFA MIX. Das Vorschaltgerät für die Waschmaschine. Montage und Bedienungsanleitung
<http://www.olfs-ringen.de/ALFABedienA4.pdf>. Stand 08.02.2013

Rüdenhauer, I., Grieshammer, R. (2004). PROSA Waschmaschinen. Freiburg: Öko-Institut e.V.

Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2012). Statistisches Jahrbuch 2012. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt

Stiftung Warentest (Hrsg.) (2013). Der Berg ruft in: test 1/2013. Berlin: Stiftung Warentest

Wegner, G. E. (2008). Elektrische Haushaltsgeräte. München/Heidelberg: Hüthig und Pflaum Verlag

ZVEI Zentralverband Elektrotechnik-und Elektrotechnikindustrie (Hrsg.) (2012). Das Energielabel.
<http://www.zvei.org/Publikationen/Das%20Energielabel%204%20Auflage.pdf>
Stand 08.02.2013

Expertenmitteilungen

Expertengespräch Herr Olfs, Hersteller ALFA MIX, telefonisch geführt am 29.10.2012, 11.15 Uhr

Expertenmitteilung Herr Kessler, IkW, Mailkontakt 11.01.13, (Mail Kessler, siehe Anhang)

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtliche oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommenen Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Anhang

Inhaltsverzeichnis

Programm Energieverbrauchsrechner	A 1
Programmcode (HTML)	A 1
Berechnungsfunktion (Javascript)	A 6
Layout-Vorgaben (CSS 3)	A 9
Expertengespräch/ Mail Kessler	A 11
Tabellenverzeichnis CD	A 12

Programm Energieverbrauchsrechner (auf CD: Verzeichnis Programm)

Programmcode (HTML 4.01)

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN"
  "http://www.w3.org/TR/html4/loose.dtd">
<html>
<head>
<title>Energieverbrauchsrechner</title>
  <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=iso-8859-1" >
  <meta http-equiv="Content-Script-Type" content="text/javascript">
  <meta name="author" content="Annika Rathscheck" >
  <meta name="copyright" content="Annika Rathscheck" >
  <link rel="stylesheet" href="rechner.css" >
</head>
<body onload="berechne()">
<script type="text/javascript" src="rechner.js"></script>

<form name="rechner" action="" target="_blank">
<h1>Energieverbrauchsrechner</h1>
<h2>Fragen zu Ihrer Waschmaschine und zum Waschverhalten</h2>
<div class="Frage">Bitte wählen Sie die Energieeffizienzklasse:</div>
<div class="Antwort">
  <select name="efk" onChange="berechne()">
    <option value="0"> B (oder älter/unbekannt)</option>
    <option value="1" selected="selected" > "A" </option>
    <option value="2"> "A+"</option>
    <option value="3"> "A++"</option>
    <option value="4"> "A+++"</option>
  </select>
</div>
<div class="Frage">Nennfüllmenge der Waschmaschine</div>
<div class="Antwort">
  <select name="nf" onChange="berechne()">
    <option value="5" selected="selected">5 kg</option>
    <option value="7">7 kg</option>
  </select>
</div>
<div class="Frage">Wie oft waschen Sie bei 40&deg;C?</div>
<div class="Antwort">
  <select name="n40" onChange="berechne()">
    <option value="0.0" selected="selected">Gar nicht</option>
    <option value="0.25">1-mal in 4 Wochen</option>
    <option value="0.5">1-mal in 2 Wochen</option>
    <option value="1.0">1-mal pro Woche</option>
    <option value="2.0">2-mal pro Woche</option>
    <option value="3.0">3-mal pro Woche</option>
    <option value="4.0">4-mal pro Woche</option>
    <option value="5.0">5-mal pro Woche</option>
    <option value="6.0">6-mal pro Woche</option>
    <option value="7.0">t&auml;glich</option>
  </select>
</div>
<div class="Frage">Wie oft waschen Sie bei 60&deg;C?</div>
```



```

<div class="Antwort">
  <select name="kws" onChange="berechne()">
    <option value="1.05">jährlich 5 %</option>
    <option value="1.062" selected="selected">jährlich 6,2 % **</option>
    <option value="1.075">jährlich 7,5 %</option>
    <option value="1.1">jährlich 10 %</option>
  </select>
</div>
<br clear="all">
<p>** 6,2 %: Schätzwert aus Strompreissteigerungsrate von 2005 - 2010 (Quelle:
Statistisches Bundesamt).</p>
<hr noshade>

<h2>Aktuelle Ergebnisse für diese Maschine</h2>
<h3>Ergebnisse pro Waschgang</h3>
<table summary="Stromverbrauch und Stromkosten je Waschgang">
<tbody>
<tr>
  <th>&nbsp;</th><th colspan="2">Mit Kaltwasseranschluss</th>
  <th colspan="2">Mit Warmwasseranschluss</th>
  <th colspan="2">Mit Vorschaltgerät</th>
</tr>
<tr>
  <th class="border">&nbsp;</th>
  <th class="border">Strom</th><th class="border">Kosten</th>
  <th class="border">Strom</th><th class="border">Kosten</th>
  <th class="border">Strom</th><th class="border">Kosten</th>
</tr>
<tr>
  <th>40&deg;C-Waschgang</th>
  <td><input name="akwh40" readonly="readonly" size="6">kWh</td>
  <td><input name="e40" readonly="readonly" size="6">&euro;</td>
  <td><input name="akwh40ww" readonly="readonly" size="6">kWh</td>
  <td><input name="e40ww" readonly="readonly" size="6">&euro;</td>
  <td><input name="akwh40am" readonly="readonly" size="6">kw</td>
  <td><input name="e40am" readonly="readonly" size="6">&euro;</td>
</tr>
<tr>
  <th>60&deg;C-Waschgang</th>
  <td><input name="akwh60" readonly="readonly" size="6">kWh</td>
  <td><input name="e60" readonly="readonly" size="6">&euro;</td>
  <td><input name="akwh60ww" readonly="readonly" size="6">kWh</td>
  <td><input name="e60ww" readonly="readonly" size="6">&euro;</td>
  <td><input name="akwh60am" readonly="readonly" size="6">kw</td>
  <td><input name="e60am" readonly="readonly" size="6">&euro;</td>
</tr>
</tbody>
</table>

<h3>Ergebnisse pro Jahr</h3>
<table summary="Stromverbrauch und Stromkosten pro Jahr">
<tbody>
<tr>
  <th>&nbsp;</th><th colspan="2">Mit Kaltwasseranschluss</th>
  <th colspan="2">Mit Warmwasseranschluss</th>
  <th colspan="2">Mit Vorschaltgerät</th>
</tr>

```

```

<tr>
  <th class="border">&nbsp;</th>
  <th class="border">Strom</th><th class="border">Kosten</th>
  <th class="border">Strom</th><th class="border">Kosten</th>
  <th class="border">Strom</th><th class="border">Kosten</th>
</tr>
<tr>
  <th><input name="jwasch" readonly="readonly" size="3"> Waschvorgänge</th>
  <td><input name="jkwh" readonly="readonly" size="6">kWh</td>
  <td><input name="je60" readonly="readonly" size="6">&euro;</td>
  <td><input name="jkww" readonly="readonly" size="6">kW</td>
  <td><input name="jeww" readonly="readonly" size="6">&euro;</td>
  <td><input name="jkam" readonly="readonly" size="6">kW</td>
  <td><input name="jeam" readonly="readonly" size="6">&euro;</td>
</tr>
</tbody>
</table>

```

<h2>Mehrjährige Prognose</h2>

<h3>Verbrauch und Ersparnis</h3>

<table summary="Stromverbrauch und Stromkosten">

<tbody>

```

<tr>
  <th>&nbsp;</th><th colspan="2">Mit Kaltwasseranschluss</th>
  <th colspan="2">Mit Warmwasseranschluss</th>
  <th colspan="2">Mit Vorschaltgerät</th>

```

</tr>

```

<tr>
  <th class="border">&nbsp;</th>
  <th class="border">Strom</th><th class="border">Kosten</th>
  <th class="border">Strom</th><th class="border">Kosten</th>
  <th class="border">Strom</th><th class="border">Kosten</th>

```

</tr>

```

<tr>
  <th>5-Jahresprognose</th>
  <td><input name="p5kwh" readonly="readonly" size="6">kWh</td>
  <td><input name="p5je" readonly="readonly" size="6">&euro;</td>
  <td><input name="p5kww" readonly="readonly" size="6">kWh</td>
  <td><input name="p5jeww" readonly="readonly" size="6">&euro;</td>
  <td><input name="p5kam" readonly="readonly" size="6">kWh</td>
  <td><input name="p5jeam" readonly="readonly" size="6">&euro;</td>

```

</tr>

```

<tr>
  <th class="blau">Mögliche Ersparnis</th>
  <td class="blau" colspan="2">&nbsp;</td>
  <td class="blau"><input class="blau" name="p5ekww" readonly="readonly"
size="6">kWh</td>
  <td class="blau"><input class="blau" name="p5ejeww" readonly="readonly"
size="6">&euro;</td>
  <td class="blau"><input class="blau" name="p5ekam" readonly="readonly"
size="6">kWh</td>
  <td class="blau"><input class="blau" name="p5ejeam" readonly="readonly"
size="6">&euro;</td>
</tr>

```

```

<tr>
  <th>10-Jahresprognose</th>
  <td><input name="p10kwh" readonly="readonly" size="6">kWh</td>
  <td><input name="p10je" readonly="readonly" size="6">&euro;</td>
  <td><input name="p10kww" readonly="readonly" size="6">kWh</td>
  <td><input name="p10jeww" readonly="readonly" size="6">&euro;</td>
  <td><input name="p10kam" readonly="readonly" size="6">kWh</td>
  <td><input name="p10jeam" readonly="readonly" size="6">&euro;</td>
</tr>
<tr>
  <th class="blau">Mögliche Ersparnis</th>
  <td class="blau" colspan="2">&nbsp;&nbsp;&nbsp;</td>
  <td class="blau"><input class="blau" name="p10ekww" readonly="readonly"
size="6">kWh</td>
  <td class="blau"><input class="blau" name="p10ejeww" readonly="readonly"
size="6">&euro;</td>
  <td class="blau"><input class="blau" name="p10ekam" readonly="readonly"
size="6">kWh</td>
  <td class="blau"><input class="blau" name="p10ejeam" readonly="readonly"
size="6">&euro;</td>
</tr>
</tbody>
</table>
</form>
<hr noshade>
<p id="footer">
Version 1.0 - 06.02.2013 © Annika Rathscheck - all rights reserved
</p>
</body></html>

```

Berechnungsfunktion (Javascript)

```

//
//
// Berechnung der Energiekosten von Haushaltswaschmaschinen
// copyright Annika Rathscheck, Hamburg
// Version 1.0, 06.02.2013
//
//
function berechne(){
//
//   Eingabewerte sammeln...
efk=document.rechner.efk.value;
nf=document.rechner.nf.value;
n40=document.rechner.n40.value;
n60=document.rechner.n60.value;
kwp=document.rechner.kwp.value;
sth=document.rechner.sth.value;
kws=document.rechner.kws.value;

if (efk == 4 ){
  // A+++
  kwhkg60=0.12;
  kwhkg40=0.10;
}
else if (efk == 3){
  // A++
  kwhkg60=0.14;
  kwhkg40=0.12;
}
}

```

```

else if (efk == 2){
    // A+
    kwhkg60=0.17;
    kwhkg40=0.13;
}
else if (efk == 1){
    // A
    kwhkg60=0.19;
    kwhkg40=0.14;
} else {
    // B oder unbekannt
    kwhkg60=0.21;
    kwhkg40=0.15;
}
// werte auf Maschinengröße adjustieren
if (nf == 7){
    // 7kg
    kwh60=kwhkg60*7.0;
    kwh40=kwhkg40*7.0;
} else {
    // 5 kg
    kwh60=kwhkg60*5.0;
    kwh40=kwhkg40*5.0
}
// Schätzungen für WW und A M
kwh60ww=kwh60*0.49;
kwh60am=kwh60*0.55;
kwh40ww=kwh40*0.42;
kwh40am=kwh40*0.48;

// Kosten 1 Waschgang
e60=kwh60*kwp;
e40=kwh40*kwp;
e60ww=kwh60ww*kwp;
e40ww=kwh40ww*kwp;
e60am=kwh60am*kwp;
e40am=kwh40am*kwp;

// Aktuelle Ausgabewerte bereitstellen
document.rechner.akwh60.value=kwh60.toFixed(2);
document.rechner.akwh40.value=kwh40.toFixed(2);
document.rechner.e60.value=e60.toFixed(2);
document.rechner.e40.value=e40.toFixed(2);
document.rechner.akwh60ww.value=kwh60ww.toFixed(2);
document.rechner.akwh40ww.value=kwh40ww.toFixed(2);
document.rechner.e60ww.value=e60ww.toFixed(2);
document.rechner.e40ww.value=e40ww.toFixed(2);
document.rechner.akwh60am.value=kwh60am.toFixed(2);
document.rechner.akwh40am.value=kwh40am.toFixed(2);
document.rechner.e60am.value=e60am.toFixed(2);
document.rechner.e40am.value=e40am.toFixed(2);

// Jahreskosten
// Energie
jkwh60=52.0*kwh60*n60;
jkwh40=52.0*kwh40*n40;
jkwh=jkwh60+jkwh40;
je60=jkwh*kwp;

```

```

jk60ww=jkwh60*0.49;
jk40ww=jkwh40*0.42;
jkww=jk60ww+jk40ww;
jkww=((jkwh/12)*(12-sth))+((jkww/12)*sth);
jeww=jkww*kwp;
jk60am=jkwh60*0.55;
jk40am=jkwh40*0.48;
jkam=jk60am+jk40am;
jkam=((jkwh/12)*(12-sth))+((jkam/12)*sth);
jeam=jkam*kwp;
jwasch=n60*52.0+n40*52.0;

//Ausgabewerte
document.rechner.jkwh.value=jkwh.toFixed(2);
document.rechner.je60.value=je60.toFixed(2);
document.rechner.jkww.value=jkww.toFixed(2);
document.rechner.jeww.value=jeww.toFixed(2);
document.rechner.jkam.value=jkam.toFixed(2);
document.rechner.jeam.value=jeam.toFixed(2);
document.rechner.jwasch.value=jwasch.toFixed(0);

//Prognose - Ersparnisse
p5je=je60;
p5jeww=jeww;
p5jeam=jeam;
p10je=je60;
p10jeww=jeww;
p10jeam=jeam;
st5=1.0;
st10=1.0;

for(i=1;i< 5;i++){
    st5=st5*kws;
    p5je=p5je+(je60*st5);
    p5jeww=p5jeww+(jeww*st5);
    p5jeam=p5jeam+(jeam*st5);
}

for(i=1;i< 10;i++){
    st10=st10*kws;
    p10je=p10je+(je60*st10);
    p10jeww=p10jeww+(jeww*st10);
    p10jeam=p10jeam+(jeam*st10);
}

//Ausgabewerte
// 5 Jahre...
p5kwh=jkwh*5;
document.rechner.p5kwh.value=p5kwh.toFixed(2);
document.rechner.p5je.value=p5je.toFixed(2);
p5kww=jkww*5;
document.rechner.p5kww.value=p5kww.toFixed(2);
document.rechner.p5jeww.value=p5jeww.toFixed(2);
p5kam=jkam*5;
document.rechner.p5kam.value=p5kam.toFixed(2);
document.rechner.p5jeam.value=p5jeam.toFixed(2);

//Ersparnisse
p5ekww=5*(jkwh-jkww);
p5ejeww=p5je-p5jeww;

```

```

p5ekam=5*(jkwh-jkam);
p5ejeam=p5je-p5jeam;
document.rechner.p5ekww.value=p5ekww.toFixed(2);
document.rechner.p5ejeww.value=p5ejeww.toFixed(2);
document.rechner.p5ekam.value=p5ekam.toFixed(2);
document.rechner.p5ejeam.value=p5ejeam.toFixed(2);

//10 Jahre...
p10kwh=jkwh*10;
document.rechner.p10kwh.value=p10kwh.toFixed(2);
document.rechner.p10je.value=p10je.toFixed(2);
p10kww=jkww*10;
document.rechner.p10kww.value=p10kww.toFixed(2);
document.rechner.p10jeww.value=p10jeww.toFixed(2);
p10kam=jkam*10;
document.rechner.p10kam.value=p10kam.toFixed(2);
document.rechner.p10jeam.value=p10jeam.toFixed(2);

//Ersparnisse
p10ekww=10*(jkwh-jkww);
p10ejeww=p10je-p10jeww;
p10ekam=10*(jkwh-jkam);
p10ejeam=p10je-p10jeam;
document.rechner.p10ekww.value=p10ekww.toFixed(2);
document.rechner.p10ejeww.value=p10ejeww.toFixed(2);
document.rechner.p10ekam.value=p10ekam.toFixed(2);
document.rechner.p10ejeam.value=p10ejeam.toFixed(2);
}

```

Layout-Vorgaben (CSS 3)

```

/*
    Berechnung der Energiekosten von Haushaltswaschmaschinen
    Copyright Annika Rathscheck, Hamburg
    Version 1.0, 06.02.2013
*/
body {
    width: 800px; margin: 5px 5px 5px 50px;
    padding:0;
    font-family: arial, helvetica, tahoma, verdana, sans-serif;
    font-size: 14px; line-height: 140%;
}
h1 {
    font-size: 140%; line-height: 140%; color: #0A1F63; /* Farbe HAW */
}
h2 {
    margin: 1px; margin-top: 15px; padding: 0px;
    font-size: 120%; line-height: 120%; color: #0A1F63; /* Farbe HAW */
}
h3 {
    margin: 1px; margin-top: 8px;
    font-size: 110%; line-height: 110%;
}

```

```

hr {
    width: 95%; height: 1px; text-align: center;
    border:solid 1px #0A1F63; background-color: #0A1F63;
}
p { margin-top: 0px; margin-left: 10px;
}
select {
    font-size: 14px; font-family: courier; font-weight: 600; width:16em; col-
or: #0A1F63;
}
input {
    text-align: right;
}
table {
    width:100%;
    font-size: 13px ; line-height: 110%;
    border:1px solid #808080;
}
.Frage {
    margin:5px 10px 5px 10px;
    clear: both; float: left; width: 25em;
}
.Antwort {
    float: left; width: 20em;
}
.border {
    border-bottom: 1px solid #808080;
}
.blau { background:#99ccff; /* HAW, websicher */ }
#footer {
    line-height: 12px; font-size: 11px; text-align: center; color: #808080;
}

```

Expertengespräch / Mail Kessler

Datum: Donnerstag, 10. Januar 2013 12:14
Von: Rathscheck, Annika
An: tkessler@ikw.org
Betreff: Fragen zu Waschtemperaturen/Bachelorarbeit

Sehr geehrter Herr Kessler,

ich bin Studentin an der HAW-Hamburg Bergedorf im Fach Ökotröphologie. Zurzeit schreibe ich meine Bachelorarbeit zu der Möglichkeit der Primärenergieeinsparung bei Haushaltswaschmaschinen durch die Nutzung von extern erwärmtem Wasser.

Innerhalb dieser Aufgabenstellung ist die Frage aufgekommen, ob das heutige Waschmittel dazu geeignet ist, Eiweißflecken auch dann zuverlässig zu entfernen, wenn Wasser mit 55°-60°C in die Waschmaschine eingeleitet wird und somit die Einweichphase durch das Aufwärmen des kalten Wassers entfällt.

Versuche haben ergeben, dass 60°C heißes Wasser durch die Wäsche und die Wärmeabgabe an die Maschine maximal um zehn Kelvin abgekühlt wird. Somit müssten theoretisch Eiweißflecken denaturieren und sich in die Wäsche "einbrennen". Können Sie mir die Frage beantworten, ob die Enzyme in den heutigen Waschmitteln auch für diese Fälle ausgelegt sind und die Wäsche trotzdem wie gewohnt sauber wird?

Des Weiteren fließen bei der Vergabe des Energielabels viele Waschgänge mit 60°C in die Berechnung mit ein. Aus meiner persönlichen Erfahrung und auch aus Befragungen aus meinem Umfeld halte ich diese Zahlen für eher hoch. Wissen Sie, ob es über das Forum Waschen neuere Umfrageergebnisse zu den tatsächlichen Waschgewohnheiten der Bevölkerung gibt? Für eine Antwort wäre ich Ihnen sehr dankbar!

Mit freundlichen Grüßen,
Annika Rathscheck

Datum: Freitag, 11. Januar 2013 10:37
Von: Kessler Thorsten [tkessler@ikw.org]
An: Rathscheck, Annika
Betreff: AW: Fragen zu Waschtemperaturen/Bachelorarbeit

Sehr geehrte Frau Rathscheck,

Vielen Dank für die interessante Frage. Nach Rücksprache mit einem Waschmittel-Experten aus einem unserer Mitgliedsunternehmen kann ich Ihnen mitteilen, dass eine Denaturierung der Proteine unter den von Ihnen beschriebenen Bedingungen voraussichtlich verzögert auftritt, da das Wasser zunächst, wie von Ihnen beschrieben, etwas abgekühlt wird. Desweiteren seien die modernen Proteasen so ausgelegt, dass diese auch unter diesen Bedingungen gut arbeiten. Einen Hinweis auf die Leistungsfähigkeit moderner Proteasen unter solchen Bedingungen finden Sie in den "IKW- Methoden zur Bestimmung der Reinigungsleistung von maschinellen Geschirrspülmitteln". Hierbei werden Eiweiß-Anschmutzungen auf Oberflächen eingebrannt und mit einem Geschirrspülmittel (mit Protease) beseitigt:

http://www.ikw.org/fileadmin/content/downloads/Haushaltspflege/HP_masch-Geschirrspw-d.pdf

Weitere Infos zum Verbraucherverhalten (z. B. typ. Waschtemperaturen) beim Waschen finden Sie in den IKW-Nachhaltigkeitsberichten:
<http://www.ikw.org/haushaltspflege/themen/nachhaltigkeit/ikw-nachhaltigkeitsbericht-aktuell/65caccbeb42b23ed0627482440627282/>

sowie auf den Seiten vom Forum-Waschen:
<http://www.forum-waschen.de/>

Der neue Bericht mit neusten Zahlen erscheint im Mai 2014.
Bei Fragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen
Thorsten Kessler

[Verzeichnis der Erhebungsdatentabellen auf CD \(Verzeichnis Anhang\):](#)

ALFA MIX Energieverbrauch

Durchflussmesser1

Durchflussmesser2

V1: 60°C 3,5 KG

V2: 60°C 3,5 KG

V3: 60°C 3,5 KG

V4: 60°C 3,5 KG

V5: WW 60°C 3,5 KG

V6: WW 60°C 3,5 KG

V7: WW 60°C 3,5 KG

V8: WW 60°C 3,5 KG

V9: ALFA MIX 60°C 3,5 KG

V10: ALFA MIX 60°C 3,5 KG

V11: ALFA MIX 60°C 3,5 KG

V12: EcoProgramm 60°C 3,5 KG