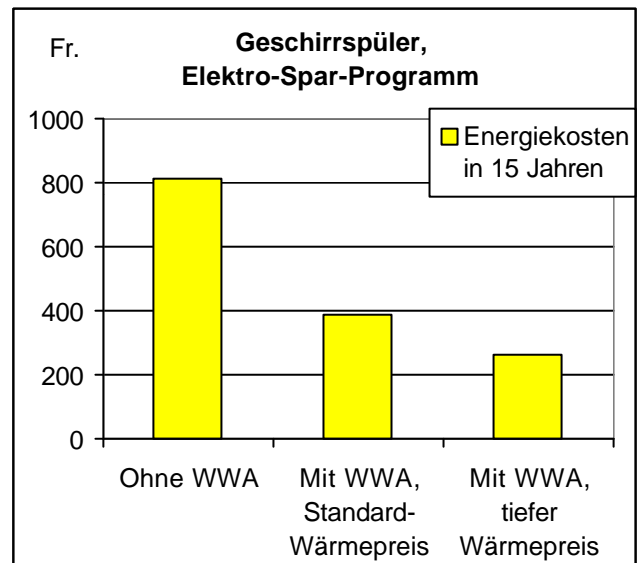
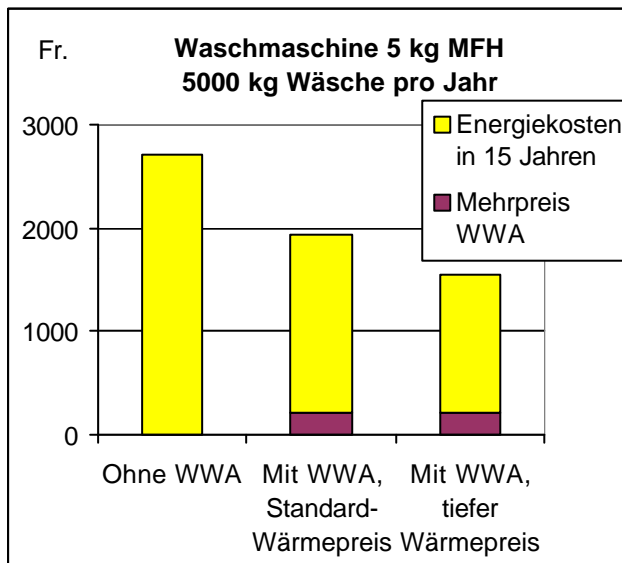




Januar 2005

Pilotprojekt

# Energie- und Kostenoptimierungen bei Waschmaschinen und Geschirrspülern: Kriterien für Warmwasseranschluss



Autoren:

Eric Bush, Bush Energie GmbH  
Rebweg 4, 7012 Felsberg

und

Jürg Nipkow, ARENA  
Schaffhauserstrasse 34, 8006 Zürich

Im Auftrag des Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich, Dr. Heinrich Gugerli

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>1. Ausgangslage und Ziele</b>	<b>4</b>
<b>2. Vorgehen</b>	<b>5</b>
2.1    Recherchen bei Geräteanbietern	5
2.2    Einfluss haustechnischer Komponenten	5
2.3    Abschätzungen zu Energieverbrauch und Einsparpotenzialen	5
2.4    Empfehlungen	5
<b>3. Recherchen bei Geräteanbietern</b>	<b>6</b>
3.1    Waschmaschinen	6
3.1.1    Zur Befragung	6
3.1.2    Angaben der Geräteanbieter	6
3.2    Geschirrspüler	8
3.2.1    Zur Befragung	8
3.2.2    Angaben der Geräteanbieter	9
3.3    Einfluss Wasserzapfen	10
<b>4. Einfluss haustechnischer Komponenten</b>	<b>15</b>
4.1    Warmwasser-Erwärmung, Speicher und Zuleitung	15
4.1.1    Warmwassersystem	15
4.1.2    Wirkungsgrad der Wassererwärmung	15
4.1.3    Speicherverluste	16
4.1.4    Leitungsverluste	16
4.2    Energie-Substitution und -Kosten bei Warmwasseranschluss	18
4.2.1    Energieverluste	18
4.2.2    Energieträger für Warmwasser	18
4.2.3    Energiekosten	19
4.2.4    Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsrechnung	19
<b>5. Energieverbrauch und Sparpotenziale</b>	<b>21</b>
5.1    Einführung und Ergebnistabellen	21
5.2    Grafiken	23
5.2.1    Waschmaschinen, typischer Zapfen 1.5 Liter	23

5.2.2	Geschirrspüler, typischer Zapfen 1 Liter	24
5.2.3	Sensitivitätsanalyse mit verschiedenen Zapfen	25
5.2.4	Check zur Ermittlung des Kaltwasserzapfens	26
5.2.5	Strom-Substitution mit Warmwasseranschluss	26
<b>6.</b>	<b>Empfehlungen</b>	<b>28</b>
6.1	Für Folgeprojekte zur vertieften Abklärung offener Punkte	28
6.2	Für Hersteller	28
6.2.1	Technische Optimierungen	28
6.2.2	Inbetriebnahme und Qualitätssicherung	28
6.2.3	Warendeklaration: Werte bei Warmwasseranschluss	28
6.2.4	Marketing und Kommunikation	29
6.3	Für Online-Suchhilfe Topten.ch	29
6.4	Für Bauherrschaften	29
6.4.1	Wassererwärmung	29
6.4.2	Warmwasserverteilung	30
6.4.3	Geräteauswahl	30
6.4.4	Fazit	30
<b>6.</b>	<b>Referenzen</b>	<b>30</b>
<b>8.</b>	<b>Anhang</b>	<b>31</b>
A1	Speicherverluste	31
A2	Annuitäten für Anschlussinstallationen	32
A3	Nutzungsannahmen Norm SIA 380/4	33

# Zusammenfassung

Das Amt für Hochbauten der Stadt Zürich und das Bundesprogramm EnergieSchweiz sind daran interessiert, dass Erneuerungen und Neubauten von Siedlungen nachhaltig ausgeführt werden. Bei den entsprechenden Beratungen konnte die Frage des Warmwasseranschlusses von Haushaltgeräten bisher nicht befriedigend beantwortet werden. Dieses Projekt hat den Charakter eines Pilotprojektes und soll primär eine Auslegeordnung des Wissensstandes und offener Fragen bilden. Die wichtigsten Ergebnisse sollten in ergänzenden Projekten abgesichert werden.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass mit der Warmwassernutzung bei Waschmaschinen und Geschirrspülern tatsächlich wesentliche Kosten- und Umweltvorteile möglich sind. Voraussetzung ist, dass das Warmwasser nicht mit elektrischer Widerstandsheizung erwärmt wird; ideal sind umweltfreundliche Energieträger mit geringen variablen Kosten, interessant sind aber auch Wärmepumpen, Gas, Öl oder Fernwärme. Grosse Bedeutung hat die Geräteauswahl (gute Nutzung der Energie im Warmwasser). Wichtig ist auch die Minimierung von Verlusten durch Wasserzapfen in den Warmwasserleitungen. Der Bericht enthält Empfehlungen für Bauherrschaften und Planer sowie Wirtschaftlichkeitsüberlegungen. Die positiven Ergebnisse weisen innovative Hersteller auf interessante Geschäftsfelder hin die mit technischen Optimierungen und gezielten Marketingmassnahmen erschliessbar sind.

Wir danken den Experten des Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich, von Miele, Schulthess und Electrolux für die wertvollen Informationen.

# 1. Ausgangslage und Ziele

Das Amt für Hochbauten der Stadt Zürich und das Bundesprogramm EnergieSchweiz sind daran interessiert, dass Erneuerungen und Neubauten von Siedlungen nachhaltig ausgeführt werden. Bei den entsprechenden Beratungen konnte die Frage des Warmwasseranschlusses von Haushaltgeräten bisher nicht befriedigend beantwortet werden.

Der Energieverbrauch von Waschmaschinen und Geschirrspülern entfällt zum grössten Teil auf die Erwärmung des Prozesswassers zum Waschen/Spülen. Das geforderte Temperaturniveau ist relativ tief, grösstenteils 40 bis 60°C. Die Erwärmung mit elektrischer Widerstandsheizung der Geräte bedeutet daher eine schlechte Nutzung der hohen Qualität der Elektrizität (Exergie) und ist relativ teuer. Mit Warmwasseranschlüssen können umweltfreundlichere und kostengünstigere Energieträger genutzt werden. Allerdings werden die Potenziale von verschiedenen Geräten unterschiedlich gut genutzt und der Nutzen ist abhängig von den Warmwasserversorgungssystemen.

Die vorgesehenen Untersuchungen sollen beitragen, Potenziale abzuschätzen und differenzierte Kriterien zu finden, wann Warmwasseranschlüsse bei Haushaltgeräten Kosten- und Umweltvorteile bringen und zu empfehlen sind. Ergebnisse sollen primär in die Beschaffungsrichtlinien der Stadt Zürich und der KÖB (Koordinationsstelle Öffentliche Beschaffungsstellen) einfließen und soweit sinnvoll veröffentlicht und genutzt werden (z.B. SIA, Topten, Energieberatungsstellen).

Dieses Projekt hat den Charakter eines Pilotprojektes und soll primär eine Auslegeordnung des Wissensstandes und offener Fragen bilden. Es ist zu erwarten, dass sich Folgefragen ergeben, insbesondere da in diesem Rahmen kaum Messungen möglich sind. Es ist vorgesehen, diesbezügliche Folgeprojekte beim SIA (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein), Stromsparfonds der Stadt Zürich, EnergieSchweiz (Forschungsprogramm Elektrizität) einzureichen.

## 2. Vorgehen

Im vorliegenden Projekt sind folgende Ziele gesteckt worden:

### 2.1 Recherchen bei Geräteanbietern

Welches ist der energetische Nutzen des Warmwasseranschlusses von Waschmaschinen und Geschirrspülern für heute marktgängige Geräte?

- Erarbeitung Fragen (Energieverbrauchswerte für diverse Wasch- und Spülprogramme, Definition der Randbedingungen (insbesondere Temperatur Warmwasser), Bezug auf Messnormen). Einfluss auf Wasch- und Spülqualität.
- Befragungen (E-Mail, Telefon, ausnahmsweise Besuche) und Recherchen (Kataloge und Bedienungsanleitungen)
- Recherchen (Internet und Literatur)
- Auswertung

### 2.2 Einfluss haustechnischer Komponenten

Welchen Einfluss haben die Eigenschaften von Wasserversorgungssystemen und die Wahl der Energieträger (Gas, Öl, Fernwärme, Sonne, Holz, Wärmepumpe)

- Recherchen
- Abschätzung von Verlusten infolge Abkühlung des Warmwassers in den Leitungen (auch bei Zirkulation und Elektro-Begleitheizung). Definition von typischen Annahmen (primär für städtische Liegenschaften)
- Bewertung der Energieträger (Umwelt und Kosten)

### 2.3 Abschätzungen zu Energieverbrauch und Einsparpotenzialen

In Abhängigkeit von

- Gerätemodell, Eigenschaften, und Wasch/Spülprogrammen
- Energieträgern und Energiepreisen
- Wasserzapfen in Zuleitungen

### 2.4 Empfehlungen

- Für Folgeprojekte zur vertieften Abklärung offener Punkte (z.B. Messprojekte)
- Für Hersteller
- Für Online-Suchhilfe für gute Geräte Topten.ch
- Für Bauherrschaften, für städtische Bauvorhaben

### 3. Recherchen bei Geräteanbietern

#### 3.1 Waschmaschinen

##### 3.1.1 Zur Befragung

Es wurden jene Geräteanbieter angefragt, die Waschmaschinen mit Warmwasseranschluss im Sortiment hatten, welche die Topten-Kriterien erfüllten. Konkret:

- Electrolux / AEG
- Miele
- Schulthess / Merker / Novelan
- V-Zug (lieferte Daten unter der Einschränkung, dass sie nur vertraulich verwendet würden. In diesem Bericht sind daher keine Angaben zu Waschmaschinen von V-Zug möglich)

Gefragt wurde nach den Energieverbrauchswerten und dem Wasserverbrauch (warm und kalt) verschiedener Waschprogramme mit und ohne Nutzung von Warmwasser. Zudem erkundigten wir uns, ob der Warmwasseranschluss aus Herstellersicht bei deren Waschmaschinen Vor- oder Nachteile auf die Waschwirkung hätte und wie die Erfahrungen und Feedback von Kunden und Service waren?

Ergänzend suchten wir nach Informationen auf den Webseiten der Anbieter sowie in Bedienungsanleitungen.

Die Anbieter machten keine Angaben zur Messgenauigkeit. Es ist nicht ausgeschlossen, dass der Prozess mit Warmwasser unterschiedlich ist (z.B. wegen kürzerer Aufheizzeiten) und es wurden keine Angaben zur Waschwirkung gemacht.

##### 3.1.2 Angaben der Geräteanbieter

Marke	Modell	Programm	Warmwasser		Elektr. Energie kWh			Energie	Energie	Ener. im WW
			°C	Liter	mit WW	ohne WW	Diff.	im WW	El.+WW	zu El-Diff
Miele	W 25-25 CH	40° 5kg	55	k.A.	0.2	0.5	0.30	k.A.	k.A.	k.A.
Miele	W 25-25 CH	60° 5kg	55	12	0.45	0.85	0.40	0.56	1.01	139%
Miele	W 25-25 CH	95° 5kg	55	k.A.	1.2	1.7	0.50	k.A.	k.A.	k.A.
Miele	WS 5445	40° 5kg	70	8	0.1	0.5	0.40	0.51	0.61	128%
Miele	WS 5445	60° 5kg	70	12	0.2	0.9	0.70	0.77	0.97	110%
Miele	WS 5445	95° 5kg	70	14	0.9	1.8	0.90	0.89	1.79	99%
Miele	WS 5446	40° 6kg	70	9	0.1	0.5	0.40	0.57	0.67	144%
Miele	WS 5446	60° 6kg	70	13	0.20	1.00	0.80	0.83	1.03	104%
Miele	WS 5446	95° 6kg	70	16	1.00	1.90	0.90	1.02	2.02	114%
Schulthess	XL 5930	40° 5.5kg	60	4.7	0.22	0.47	0.25	0.25	0.47	98%
Schulthess	XL 5930	60° 5.5kg	60	8.4	0.50	0.94	0.44	0.44	0.94	100%
Schulthess	XL 6630	40° 6.5kg	60	4.5	0.38	0.62	0.24	0.24	0.62	98%
Schulthess	XL 6630	60° 6.5kg	60	10.0	0.55	1.09	0.54	0.52	1.07	97%

Tab. 3.1 Herstellerangaben und Energiedaten für Waschmaschinen

### **Zu den Bezeichnungen in der Tabelle 3.1:**

Zum Modell: Vollständige Bezeichnungen sind Miele Softtronic W 25-25 CH Allwater, Multitronic WS 5445 MC 23, MultitronicWS 5446 MC 23 sowie Schulthess Spirit XL 5930 und Spirit XL 6630

Programm: Waschtemperatur und Beladung mit kg Trockenwäsche

Warmwasser: Temperatur und Menge des beigefügten Warmwassers. Es wäre sinnvoll wenn die Hersteller mit einer einheitlichen Warmwassertemperatur von z.B. 60°C deklarieren würden um Vergleiche zu erleichtern

Elektrische Energie kWh: Elektrizitätsbedarf der Waschmaschine mit und ohne Warmwassernutzung sowie die Einsparung (Diff.)

Energie im Warmwasser: Energieinhalt des Warmwassers bezogen auf Kaltwasser von 15°C. Umrechnungsfaktor: 1 kWh = 861 kcal (1 kcal = Erwärmung von 1 Liter Wasser um 1°C)

Energie El.+WW: Summe des Elektrizitätsbedarf der Waschmaschine und des Energieinhalts im Warmwasser

Energie im WW zu El-Diff: Verhältnis von Energieinhalt des Warmwassers zum eingesparten Elektrizitätsbedarfs der Waschmaschine.

### **Diskussion**

Die Geräte können nach mehreren Gesichtspunkten bewertet werden:

- Welche Modelle benötigen mit Warmwassernutzung am wenigsten Elektrizität (bezogen auf kg Wäsche und auf einheitliche Warmwassertemperatur). Kolonne Elektr. Energie mit WW
- Welche Geräte nutzen am meisten Energie aus Warmwasser. Je nach Gerätesteuerung nutzen einzelne Geräte das Warmwasser nur wenig (z.B. Vormischung auf max. 30°C). Vgl. Kolonne Energie im WW.
- Wie wird die Energie des Warmwassers zur Einsparung von Elektrizität genutzt. Lesebeispiele der letzten Kolonne: 128% bedeutet, dass 28% der Warmwasserenergie nicht zur Reduktion des Elektrizitätsverbrauchs beigetragen haben. Ideal wären also 100%, d.h. Warmwasserenergie trägt vollständig zur Reduktion des Elektrizitätsbedarfs bei. Die Werte unter 100% sind entweder Messfehler (wohl beim Warmwasser) oder der Prozess wird mit Warmwasser beschleunigt mit eventuell anderer Waschwirkung.

### **Folgerungen**

Die Miele-Modelle nutzen das Warmwasser deutlich stärker als die Schulthess-Modelle. Dies auch wenn die Warmwassertemperaturen rechnerisch vereinheitlicht werden. Schulthess hat per 2005 eine diesbezüglich bessere Steuerung angekündigt. In älteren Publikationen aus Deutschland waren noch viel schlechtere Ausnützungen des externen Warmwassers beschrieben.

### **Nachtrag, Auskünfte von Miele:**

Die Angaben beruhen auf Messungen nach den entsprechenden Normen EN 60456 (WM) und EN 50242 (GS).

Angaben zur Waschwirkung können nicht im Rahmen der gültigen Normen gemacht werden, da diese den Warmwasseranschluss nicht vorsehen. Entsprechende Versuche bei Miele zeigten keine signifikanten Abweichungen von den Kaltwasser-Ergebnissen.

## 3.2 Geschirrspüler

### 3.2.1 Zur Befragung

Es wurden nur ausgewählte Geräteanbieter angefragt. Grundsätzlich können die meisten Modelle am Warmwasser angeschlossen werden. Eine umfassende Recherche ist im Rahmen dieses Projektes nicht sinnvoll.

Zur Klärung der oft gestellten Frage, ob Geschirrspüler nicht **zwei Wasseranschlüsse** wie die Waschmaschinen für Warmwasseranschluss haben könnten:

So ausgerüstete Geräte wurden nicht gefunden und auch keine entsprechenden Literaturhinweise. Die überraschend günstigen Ergebnisse der vorliegenden Studie lassen vermuten, dass ein kalter Zwischenspülgang mit entsprechend starker Abkühlung des Geschirrs die Energiebilanz kaum verbessern würde. Der erhebliche zusätzliche Aufwand für Ventil, Anschluss und Steuerung würde sich somit nicht lohnen.

Gefragt wurde nach den Energieverbrauchswerten und dem Wasserverbrauch (warm und kalt) verschiedener Spülprogramme mit und ohne Nutzung von Warmwasser. Zudem erkundigten wir uns, ob der Warmwasseranschluss aus Herstellersicht bei deren Geschirrspülern Vor- oder Nachteile auf die Spülwirkung hätte und wie die Erfahrungen und Feedback von Kunden und Service waren.

Ergänzend wurde nach Informationen auf den Webseiten der Anbieter sowie in Bedienungsanleitungen gesucht.

Die Anbieter machten keine Angaben zur Messgenauigkeit (nachträglicher Hinweis von Miele auf Konformität mit EN 50242). Es ist nicht ausgeschlossen, dass der Prozess mit Warmwasser unterschiedlich ist (z.B. wegen kürzerer Aufheizzeiten) und es wurden keine Angaben zur Spülwirkung gemacht.

Aus Diskussionen mit Anbietern nach Vorliegen des Studien-Entwurfs ergaben sich die folgenden zusätzlichen Hinweise zur Reinigungseffizienz und Trockenwirkung von Geschirrspülern:

- Koagulieren von Eiweiss: wegen der hohen Wärmekapazität des Geschirrs wird auch bei 60°C Warmwassertemperatur beim ersten Kontakt eine Spülgut-Temperatur von 40° nie überschritten und es ergeben sich daher keine Probleme.
- Die Prozessdauer wird beim Warmwasseranschluss verkürzt, was aber durch die von Anfang an höhere Temperatur z.T. kompensiert wird. Wenn die Programme keine Mindestspülzeit vorgeben, sind u.U. Beeinträchtigungen der Reinigungswirkung denkbar. Darauf kann mit entsprechenden Programmanpassungen reagiert werden.
- Glas-Trübung: dies ist ein schon lange bekanntes Problem bei Geschirrspülern. Die Angaben dazu sind kontrovers; u.a. wird geltend gemacht, die Beanspruchung erfolge v.a. durch Temperaturwechsel. Diesbezüglich wäre der Warmwasseranschluss ein Vorteil, da nicht kalt zwischengespült wird.
- Geschirrtrocknung durch Kondensation: offenbar benutzt ein Hersteller (nicht in der Befragung vertreten) eine "Kaltwassertasche" als Kondensationsfläche. Diese wäre natürlich bei Warmwasseranschluss nicht kalt, was die Trockenwirkung beeinträchtigt. In der Beratung müsste darauf hingewiesen werden bzw. der betreffende Hersteller müsste sollte in der Installationsanweisung darauf hinweisen.

### 3.2.2 Angaben der Geräteanbieter

Marke	Modell	Programm	IMG	Warmwasser			Elektr. Energie kWh			Energie	Energie	Ener. im WW
				°C	l WW	mit WW	ohne WW	Diff.	im WW	EI+WW	zu EI-Diff	
Miele	G 698-60	Norm	12	55	13	0.60	1.05	0.45	0.60	1.20	1.34	
Miele	G 698-60	Normal 50°	12	55	13	0.60	1.20	0.60	0.60	1.20	1.01	
Miele	G 698-60	Universal 55°	12	55	17	0.70	1.25	0.55	0.79	1.49	1.44	
Miele	G 698-60	Intensiv 75°	12	55	17	1.20	1.70	0.50	0.79	1.99	1.58	
Miele	G 621-45	Norm	8	55	11	0.30	0.74	0.44	0.51	0.81	1.16	
Miele	G 621-45	Normal 50°	8	55	11	0.55	1.10	0.55	0.51	1.06	0.93	
Miele	G 621-45	Universal 55°	8	55	11	0.55	1.10	0.55	0.51	1.06	0.93	
Miele	G 621-45	Intensiv 75°	8	55	11	1.20	1.50	0.30	0.51	1.71	1.70	
Miele	G 821-45	Norm	9	55	11	0.40	0.80	0.40	0.51	0.91	1.28	
Miele	G 821-45	Normal 50°	9	55	11	0.55	1.10	0.55	0.51	1.06	0.93	
Miele	G 821-45	Universal 55°	9	55	11	0.65	1.20	0.55	0.51	1.16	0.93	
Miele	G 821-45	Intensiv 75°	9	55	11	1.20	1.60	0.40	0.51	1.71	1.28	
Miele	G 681-60	Norm	12	55	13	0.60	1.05	0.45	0.60	1.20	1.34	
Miele	G 681-60	Normal 55°	12	55	13	0.60	1.20	0.60	0.60	1.20	1.01	
Miele	G 681-60	Universal 65°	12	55	17	0.70	1.30	0.60	0.79	1.49	1.32	
Miele	G 681-60	ElectroSpar	12	55	22	0.10	1.05	0.95	1.02	1.12	1.08	
Miele	G 881-60	Norm	14	55	14	0.70	1.08	0.38	0.65	1.35	1.71	
Miele	G 881-60	Normal 55°	14	55	14	0.70	1.30	0.60	0.65	1.35	1.08	
Miele	G 881-60	Universal 65°	14	55	18	0.80	1.40	0.60	0.84	1.64	1.39	
Miele	G 881-60	ElectroSpar	14	55	23	0.10	1.08	0.98	1.07	1.17	1.09	
Electrolux	k.A.	Norm	11	60	15.3	0.56	1.12	0.57	0.80	1.36	1.41	
Electrolux	k.A.	Normal 55°	11	60	16.5	0.66	1.24	0.58	0.86	1.52	1.49	
Electrolux	k.A.	Gläser 45°	11	60	15	0.34	0.93	0.59	0.78	1.12	1.34	
Electrolux	k.A.	Kurz 30 Min	11	60	8.2	0.76	0.86	0.09	0.43	1.19	4.56	

Tab. 3.2 Herstellerangaben und Energiedaten für Geschirrspüler

#### Zu den Bezeichnungen in der Tabelle 3.2:

IMG: Internationales Massgedeck

Warmwasser: Temperatur und Menge des beigefügten Warmwassers. Es wäre sinnvoll wenn die Hersteller mit einer einheitlichen Warmwassertemperatur von z.B. 60°C deklarieren würden um Vergleiche zu erleichtern. Die Temperatur des Kaltwassers hat gemäss Normen 15°C zu betragen

Elektr. Energie kWh: Elektrizitätsbedarf der Geschirrspüler mit und ohne Warmwassernutzung sowie die Einsparung

Energie im Warmwasser: Energieinhalt des Warmwassers bezogen auf Kaltwasser von 15°C. Umrechnungsfaktor: 1 kWh = 861 kcal (1 kcal = Erwärmung von 1 Liter Wasser um 1°C)

Energie EI.+WW: Summe des Elektrizitätsbedarf des Geschirrspülers und des Energieinhalts im Warmwasser

Energie im WW zu EI-Diff: Verhältnis von Energieinhalt des Warmwassers zum eingesparten Elektrizitätsbedarfs des Geschirrspülers.

#### Diskussion

Die Geräte können nach mehreren Gesichtspunkten bewertet werden:

- Welche Modelle benötigen mit Warmwassernutzung am wenigsten Elektrizität, Kolonne Elektr. Energie mit WW. Für Vergleiche zu beziehen auf „Internationales Massgedeck“ (IMG) und auf einheitliche Warmwassertemperatur.

- Wie wird die Energie des Warmwassers zur Einsparung von Elektrizität genutzt. Lesebeispiele der letzten Kolonne: 1.34 bedeutet, dass 34% der Warmwasserenergie nicht zur Reduktion des Elektrizitätsverbrauchs beigetragen haben. Ideal wären also 100%, dann würde die Warmwasserenergie vollständig zur Reduktion des Elektrizitätsbedarfs beitragen. Werte unter 100% sind entweder Messfehler (wohl beim Warmwasser) oder der Prozess wird mit Warmwasser beschleunigt mit eventuell anderer Reinigungswirkung. Auch Werte unter 110% sind zu hinterfragen, da ja mindestens ein sonst kalter Gang warm eingespült wird.

Zur Reinigungswirkung:

Verschiedentlich wird argumentiert, dass durch das Warmwasser im Vorspülen das Reinigungsergebnis verschlechtert werden könne. Eiweisshaltige Speisereste könnten "koagulieren" (ohne Spülmittel einbrennen) und würden dadurch schlechter abgelöst (auch ein warmes Vorspülen von Hand zeigt die gleichen Nachteile). Miele hält dem entgegen, dass Geschirr und Bottich zunächst kalt seien und hält diese Bedenken daher nicht für praxisrelevant. Electrolux gibt ebenfalls an, dass ihre Spülprogramme entsprechend optimiert seien. Bei "ungünstiger" Programmgestaltung werde die Reinigungszeit durch die Verwendung von Warmwasser verkürzt (auch während der Aufheizphase wird gereinigt).

### **Folgerungen**

Alle untersuchten Geschirrspüler können den Elektrizitätsbedarf dank Warmwasseranschluss wesentlich reduzieren, Grössenordnung 50%. Mit speziellen Spülprogrammen (die auf das Nachheizen verzichten) ist es möglich den Elektrizitätsbedarf um 90% zu reduzieren. Ausreisser: nur ein untersuchtes Programm (Electrolux Kurz 30 Minuten) nutzt das Warmwasser extrem schlecht.

Die Energie im Warmwasser wird in der Regel gut genutzt (Energie-Mehrverbrauch meist kleiner 40%). Eine wesentliche Ursache für den Energie-Mehrverbrauch ist, dass mit Warmwasseranschluss auch Spülgänge, die kalt sein könnten warm erfolgen, da bei Geschirrspülern keine Mischung von Kalt- und Warmwasser möglich ist (im Unterschied zu den Waschmaschinen mit je einem Anschluss für Warm- und Kaltwasser).

## **3.3 Einfluss Wasserzapfen**

Die Angaben zu den Wasserzapfen in den Tabellen der folgenden Abschnitte sind im Abschnitt 4 ausführlich begründet. Dort wird auch erläutert, wie die Erwärmung des Zuleitungsrohres berücksichtigt wird, welche in den untenstehenden Wasserzapfen-Angaben enthalten ist (d,h, es sind "Liter äquivalent").

### **Waschmaschinen**

Die folgende Tabelle 3.3 zeigt den Einfluss des Wasserzapfens in der Leitung bei Waschmaschinen. Bei den Berechnungen wurde angenommen, dass der Kaltwasserzapfen den Elektrizitätsverbrauch erhöhe, was bei 60°C-Programmen (und höheren Temperaturen) ohne Vorwaschen auch zutrifft. Bei tieferen Waschttemperaturen sowie wenn (kalt/temperiert) vorgewaschen wird, ist der kalte Zapfen bei geschickter Steuerung weitgehend nutzbar und würde das Berechnungsergebnis verbessern (Faktor "Energie-im-WW zu EI-Diff" vermindern). Für präzise Beurteilungen sind exakte Kenntnisse der Steuerungen und Prozesse oder Messungen nötig.

Der Energieinhalt des warmen Wasserzapfens in der Leitung nach dem Waschen wurde voll dem Prozess belastet. In der Realität kann diese Energie teilweise bei folgenden Warmwasserbezügen genutzt werden oder die Wärme kann die Raumheizung unterstützen (meist nur in der Waschküche).

Der Inhalt der Wasserzapfen ist bei geschickter Leitungsauslegung gering (bei 5 m kalter Anschlussleitung ca. 1.3 bis 1.8 Liter-Äquivalent, vgl. auch 4.1.1).

Marke	Modell	Warmwasser		Programm	Elektr. Energie kWh			Zapfen		El. eff kWh	El. Diff. eff kWh	Energie im WW	Energie El+WW	Ener. im WW zu El. Diff. eff
		Liter	°C		mit WW	ohne WW	Diff.	Liter	Heiz+					
Miele	Multitronic WS 5445 MC 23	12	70	60° 5kg	0.2	0.9	0.70	0.0	0.00	0.20	0.70	0.77	0.97	110%
Miele	Multitronic WS 5445 MC 23	12	70	60° 5kg	0.2	0.9	0.70	1.5	0.10	0.30	0.60	0.86	1.06	143%
Miele	Multitronic WS 5445 MC 23	12	70	60° 5kg	0.2	0.9	0.70	3.0	0.19	0.39	0.51	0.96	1.16	188%
Miele	Multitronic WS 5446 MC 23	13	70	60° 6kg	0.20	1.00	0.80	0.0	0.00	0.20	0.80	0.83	1.03	104%
Miele	Multitronic WS 5446 MC 23	13	70	60° 6kg	0.20	1.00	0.80	1.5	0.10	0.30	0.70	0.93	1.13	132%
Miele	Multitronic WS 5446 MC 23	13	70	60° 6kg	0.20	1.00	0.80	3.0	0.19	0.39	0.61	1.02	1.22	168%
Schulthess	Spirit XL 5930	8.4	60	60° 5.5kg	0.50	0.94	0.44	0.0	0.00	0.50	0.44	0.44	0.94	100%
Schulthess	Spirit XL 5930	8.4	60	60° 5.5kg	0.50	0.94	0.44	1.5	0.08	0.58	0.36	0.52	1.02	143%
Schulthess	Spirit XL 5930	8.4	60	60° 5.5kg	0.50	0.94	0.44	3.0	0.16	0.66	0.28	0.60	1.10	210%
Schulthess	Spirit XL 6630	10.0	60	60° 6.5kg	0.55	1.09	0.54	0.0	0.00	0.55	0.54	0.52	1.07	97%
Schulthess	Spirit XL 6630	10.0	60	60° 6.5kg	0.55	1.09	0.54	1.5	0.08	0.63	0.46	0.60	1.15	130%
Schulthess	Spirit XL 6630	10.0	60	60° 6.5kg	0.55	1.09	0.54	3.0	0.16	0.71	0.38	0.68	1.23	177%
Miele	Softtronic W 25-25 CH	12	55	60° 5kg	0.45	0.85	0.50	1.5	0.07	0.52	0.33	0.63	1.08	190%

Tab. 3.3 Energieverbrauchsberechnung mit Zapfen: Waschmaschinen mit Warmwasseranschluss

Zu den Bezeichnungen in der Tabelle 3.3: Unter "Zapfen" ist aufgeführt, wie viel Wasser bei Beginn des Waschprozesses kalt einfließt. Mit Heiz+ wird die Energiemehrverbrauch der Maschine angegeben, um dieses kalte Wasser nach zu heizen. Falls die Waschtemperatur tiefer ist als die Warmwassertemperatur kann die Kompensation auch durch zusätzliches Warmwasser kompensiert werden. "El eff" bezeichnet den Elektrizitätsverbrauch der Maschine unter Berücksichtigung des Mehrverbrauchs zur Aufheizung des Kaltwasserzapfens. "El-Diff eff" gibt an, wie viel Elektrizität unter Berücksichtigung des Kaltwasserzapfens eingespart wird. "Energie im Warmwasser" berücksichtigt zusätzlich zum Wasserverbrauch der Maschine auch den warmen Wasserzapfen der nach dem Waschen oft ungenutzt in der Leitung bleibt.

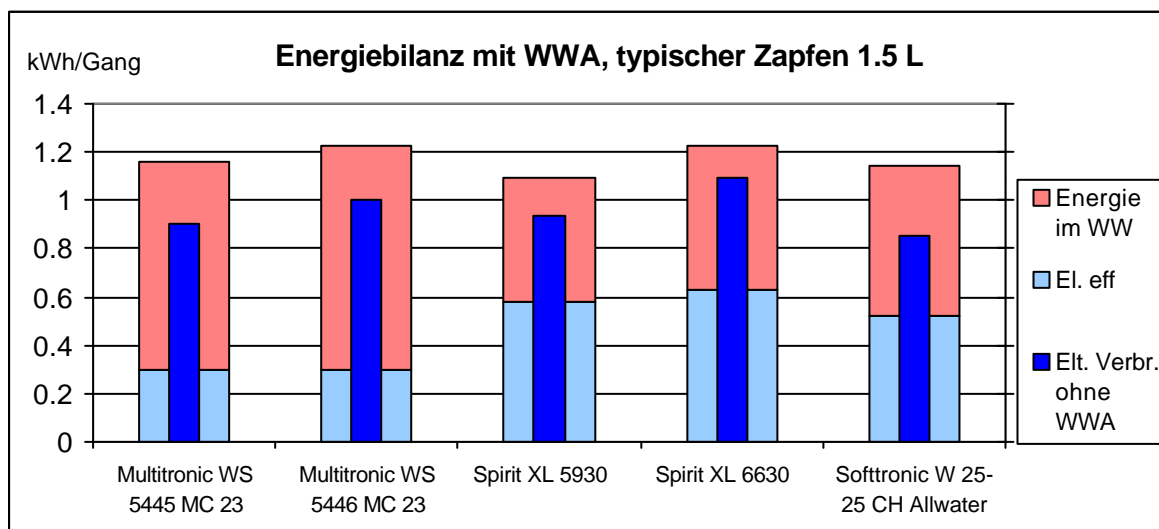


Fig. 3.1 Waschmaschinen mit Warmwasseranschluss: Energieverbrauchsberechnung mit Zapfen 1.5 L

Bei den untersuchten Modellen hat sich der Nutzungsgrad des Warmwassers bei einem typischen Wasserzapfen von 1.5 Litern um rund 30% verschlechtert. Bei einem grossen Wasserzapfen von 3 Litern verschlechtert sich der Nutzungsgrad um grob 70%. Die resultierenden Verhältnisse "Energie im WW" zu Elektrizitäts-Minderverbrauch (EI-Diff) von typisch 140% oder im ungünstigen Fall 210% können der Wertigkeit der Elektrizität zu jener von Öl und Gas oder der Leistungsziffer von Wärmepumpen gegenübergestellt werden (grob 300%). Auch kostenmässig ist das Verhältnis der Energiepreise ca. 300%.

## **Geschirrspüler**

Die folgende Tabelle 3.4 zeigt den Einfluss des Wasserzapfens in der Leitung bei Geschirrspülern. Bei den Berechnungen wurde angenommen (Worst Case), dass der Kaltwasserzapfen den Elektrizitätsverbrauch erhöhe. Der Energieinhalt des warmen Wasserzapfens in der Leitung nach dem Waschen wurde voll dem Prozess belastet.

Dies sind die schlechtest möglichen Annahmen (Worst Case). In der Realität sind die Verluste aus folgenden Gründen deutlich geringer:

- Kaltwasserzapfen bestehen nur teilweise, wenn vorgängig Warmwasser gezapft wurde (z.B. Töpfe abwaschen). Gilt für Geschirrspüler in der Küche, nicht aber für Waschmaschinen in der Waschküche).
- Der Kaltwasserzapfen hat je nach Prozess nicht zwingend Elektrizitätsmehrverbrauch zur Folge. Wenn z.B. das Programm eine Spül-Temperatur von 50°C verlangt, aber 60°C - nach dem Zapfen - geliefert werden, so kann die Mischung u.U. 50° ergeben. Es gibt sogar Programme, die auf jegliches Nachheizen verzichten (z.B. Elektro-Spar bei Miele).
- Der Einfluss des Kaltwasserzapfens ist abhängig von der Steuerung der Wasch- oder Spülprogramme. Für präzise Beurteilungen sind exakte Kenntnisse der Steuerungen und Prozesse oder Messungen nötig.
- Der warme Wasserzapfen nach Geräteeinsatz kann Zapfenverluste vermindern, wenn anschliessend in der Küche Warmwasser bezogen wird.
- Der warme Wasserzapfen nach Geräteeinsatz kann einen Beitrag zur Raumheizung liefern.

Der Inhalt der Wasserzapfen ist bei guter Leitungsauslegung und bei Nutzung von Zirkulation oder Heizbändern in der Grössenordnung von einem Liter (in der Küche).

Marke	Modell	Programm	IMG	Warmwasser			Elektr. Energie kWh			Wasserzapfen		El. Diff. eff	El. eff kWh	Energie im WW	Energie El + WW	Ener. im WW zu El. Diff. eff
				°C	I WW	mit WW	ohne WW	Diff.	Liter	Heiz+						
Miele	G 698-60	Norm	12	55	13	0.60	1.05	0.45	0.0	0.00	0.45	0.60	0.60	1.20	1.34	
Miele	G 698-60	Norm	12	55	13	0.60	1.05	0.45	1.0	0.05	0.40	0.65	0.65	1.30	1.64	
Miele	G 698-60	Norm	12	55	13	0.60	1.05	0.45	2.0	0.10	0.35	0.70	0.70	1.40	2.02	
Miele	G 698-60	Normal 50°	12	55	13	0.60	1.20	0.60	0.0	0.00	0.60	0.60	0.60	1.20	1.01	
Miele	G 698-60	Normal 50°	12	55	13	0.60	1.20	0.60	1.0	0.05	0.55	0.65	0.65	1.30	1.19	
Miele	G 698-60	Normal 50°	12	55	13	0.60	1.20	0.60	2.0	0.10	0.50	0.70	0.70	1.40	1.41	
Miele	G 698-60	Universal 55°	12	55	17	0.70	1.25	0.55	0.0	0.00	0.55	0.70	0.79	1.49	1.44	
Miele	G 698-60	Universal 55°	12	55	17	0.70	1.25	0.55	1.0	0.05	0.50	0.75	0.84	1.59	1.68	
Miele	G 698-60	Universal 55°	12	55	17	0.70	1.25	0.55	2.0	0.10	0.45	0.80	0.88	1.69	1.98	
Miele	G 621-45	Norm	8	55	11	0.30	0.74	0.44	0.0	0.00	0.44	0.30	0.51	0.81	1.16	
Miele	G 621-45	Norm	8	55	11	0.30	0.74	0.44	1.0	0.05	0.39	0.35	0.56	0.91	1.44	
Miele	G 621-45	Norm	8	55	11	0.30	0.74	0.44	2.0	0.10	0.34	0.40	0.60	1.01	1.80	
Miele	G 881-60	ElectroSpar	14	55	23	0.10	1.08	0.98	0.0	0.00	0.98	0.10	1.07	1.17	1.09	
Miele	G 881-60	ElectroSpar	14	55	23	0.10	1.08	0.98	1.0	0.05	0.93	0.10	1.11	1.27	1.20	
Miele	G 881-60	ElectroSpar	14	55	23	0.10	1.08	0.98	2.0	0.10	0.88	0.10	1.16	1.37	1.33	
Electrolux	k.A.	Norm	11	60	15.3	0.56	1.12	0.57	0.0	0.00	0.57	0.56	0.80	1.36	1.41	
Electrolux	k.A.	Norm	11	60	15.3	0.56	1.12	0.57	1.0	0.05	0.51	0.61	0.85	1.46	1.66	
Electrolux	k.A.	Norm	11	60	15.3	0.56	1.12	0.57	2.0	0.10	0.46	0.66	0.90	1.57	1.96	
Electrolux	k.A.	Normal 55°	11	60	16.5	0.66	1.24	0.58	0.0	0.00	0.58	0.66	0.86	1.52	1.49	
Electrolux	k.A.	Normal 55°	11	60	16.5	0.66	1.24	0.58	1.0	0.05	0.53	0.71	0.91	1.62	1.74	
Electrolux	k.A.	Normal 55°	11	60	16.5	0.66	1.24	0.58	2.0	0.10	0.47	0.76	0.97	1.73	2.04	

Tab. 3.4 Energieverbrauchsberechnung mit Zapfen: Geschirrspüler mit Warmwasseranschluss

Zu den Bezeichnungen in der Tabelle 3.4: Unter "Zapfen" ist aufgeführt, wie viel Wasser bei Beginn des Spülprozesses kalt einfließt. Mit "Heiz+" wird die Energiemehrverbrauch der Maschine angegeben, um dieses kalte Wasser nach zu heizen. Falls die Spültemperatur tiefer ist als die Warmwassertemperatur kann die Kompensation auch durch zusätzliches Warmwasser kompensiert werden. "El eff" bezeichnet den Elektrizitätsverbrauch der Maschine unter Berücksichtigung des Mehrverbrauchs zur Aufheizung des Kaltwasserzapfens. "El-Diff eff" gibt an, wie viel Elektrizität unter Berücksichtigung des Kaltwasserzapfens eingespart wird. "Energie im Warmwasser" berücksichtigt zusätzlich zum Wasserverbrauch der Maschine auch den warmen Wasserzapfen der nach dem Waschen oft ungenutzt in der Leitung bleibt.

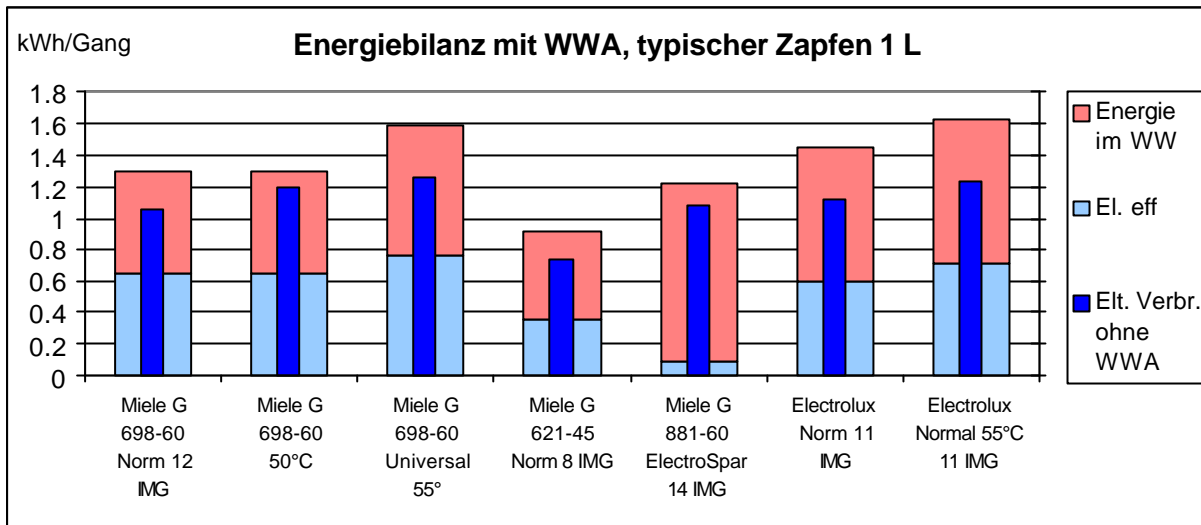


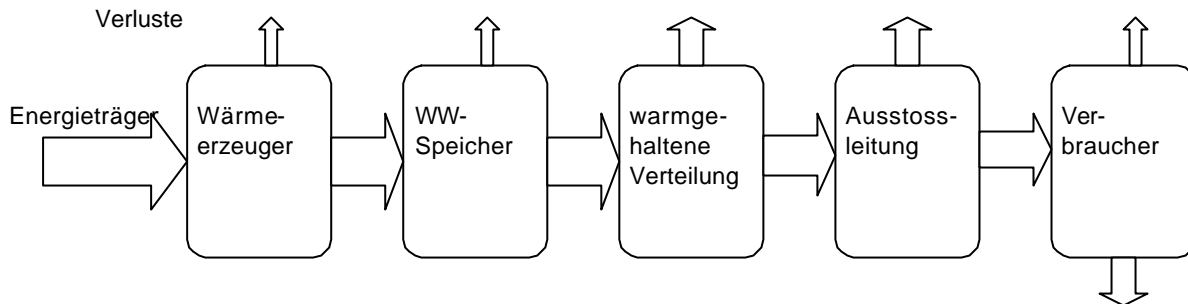
Fig. 3.2 Geschirrspüler mit Warmwasseranschluss: Energieverbrauchsberechnung mit Zapfen 1 L

Bei den untersuchten Modellen hat sich der Nutzungsgrad des Warmwassers bei einem typischen Wasserzapfen von 1.0 Litern um 10 bis 30% verschlechtert. Bei einem grossen Wasserzapfen von 2.0 Litern verschlechtert sich der Nutzungsgrad um 20 bis 60%. Die resultierenden Verhältnisse "Energie im WW" zu Elektrizitäts-Minderverbrauch (EI-Diff) von typisch 150% bis im ungünstigen Fall 200% können der Wertigkeit der Elektrizität zu jener von Öl und Gas oder der Leistungsziffer von Wärmepumpen gegenübergestellt werden (grob 300%). Auch kostenmässig ist das Verhältnis der Energiepreise ca. 300%.

## 4. Einfluss haustechnischer Komponenten

### 4.1 Warmwasser-Erwärmung, Speicher und Zuleitung

#### 4.1.1 Warmwassersystem



Charakterisierung der Verluste für Geräte mit Warmwasseranschluss

Keine Zusatzverluste, Wirkungsgrad je nach System	Keine Zusatzverluste	Keine Zusatzverluste	Verluste je nach Verbraucher	Ev. Zusatzverlust wegen Warmwasseranschluss
---	----------------------	----------------------	------------------------------	---

Fig. 4.1 Warmwassersystem schematisch, mit Charakterisierung der Verluste Warmwasser-Erwärmung, Speicher und Zuleitung

#### 4.1.2 Wirkungsgrad der Wassererwärmung

Zum Vergleich mit der geräte-internen Wassererwärmung mit Elektrizität sind beim Anschluss an die Warmwasserversorgung deren Wirkungsgrad und Energieträgerkosten zu berücksichtigen. Auf Speicher- und Leitungsverluste wird unten eingegangen; bei der Wassererwärmung rechnen wir mit Standardwerten. Für den Zusatzverbrauch bei Warmwasseranschluss ist nicht der Nutzungsgrad, sondern der Umwandlungs-Wirkungsgrad massgebend (ohne Bereitschafts- oder Abstrahlungsverluste; da bei diese keine Änderung erfolgt, bleiben sie den übrigen Verbrauchern belastet).

Erwärmertyp	Wirkungsgrad Neuanlage (Öl/Gas Brennwert)	Wirkungsgrad bestehend (nicht Brennwert)
Ölfeuerung	100% *	93%
Gasfeuerung	95%	82%
Wärmepumpe Erdsonde/Wasser	400%	350%
Wärmepumpe Aussenluft	300%	250%
Holzpellets	90%	
Holzsplitzel	90%	85%
Holzspalten	85%	75%

\* Für Ölfeuerung wird mit unterem Heizwert  $H_u$  gerechnet, da die Endenergie so verkauft wird (bei Erdgas wird bezogen auf den Brennwert  $H_o$  verkauft/verrechnet).

Tab. 4.1 Wirkungsgrade der externen Wassererwärmung, Rechenwerte

### 4.1.3 Speicherverluste

Der Geräteanschluss bewirkt einen zusätzlichen Verbrauch, welcher den Durchschnitts-Speicher-Wirkungsgrad erhöht. Wir treffen deshalb die Annahme, dass die Speicherverluste den übrigen Warmwasserverbrauchern zugeordnet werden und der Zusatzverbrauch nicht belastet wird.

Im Anhang A1 findet sich eine Angabe zu Berechnungsgrundlagen für Speicherverluste.

### 4.1.4 Leitungsverluste

Die warmgehaltene Verteilung hat kein Einfluss, da keine zusätzlichen Verluste entstehen.

Ausstossleitung:

Beim Warmwasseranschluss von Geräten ist in jedem Fall ein Stück Ausstossleitung zu betrachten, nämlich vom warmgehaltenen Speicher oder der Verteilleitung bis zum Geräteanschluss. Der in Betracht zu ziehende Ausstossverlust ist abhängig von:

- Wasserinhalt der Ausstossleitung
- Wärmekapazität der Ausstossleitung
- Anzahl und zeitlicher Abstand der Zapfvorgänge. Wird mehrmals mit Abständen über 5...10 Minuten gezapft, kühlt die Ausstossleitung dazwischen teilweise aus, was zu einem höheren Verlust führt.

Bei Waschmaschinen kann mit einem einmaligen Zapfen (oder 2x mit kurzem Abstand zum Wasser nachfüllen) gerechnet werden. Vorwaschen, wenn überhaupt benutzt, ist i.d.R. kalt. Somit ist nur ein einmaliger Erwärmungs- bzw. Abkühlvorgang der Ausstossleitung als Verlust einzurechnen.

Da Geschirrspüler nur einen Wasseranschluss aufweisen, erfolgen bei Warmwasseranschluss alle Spülgänge mit Warmwasser. Je nach Programm können die Zapfungen zeitliche Abstände von über 15 Minuten aufweisen, was den Ausstossverlust erhöht. Am längsten dauert der Hauptspülgang, während die weiteren Spülgänge Zapf-Abstände unter 15 Minuten aufweisen dürften. Somit kann als Richtwert mit dem Wärmeverlust entsprechend zweimaligem vollständigem Wärmeinhalt der Ausstossleitung gerechnet werden.

Tabelle 4.2 gibt die "Wärmeinhalte" für Wasserinhalt + Rohrerwärmung verschiedener Leitungstypen an, umgerechnet in äquivalente Liter Warmwasser für jeweils 5 Meter. Natürlich hat theoretisch auch die Montageart der Leitung (in Luftraum, auf Beton, Umgebungstemperatur etc.) einen Einfluss auf den Ausstoss- bzw. Auskühlverlust. Hier geht es aber nicht um Detailgenauigkeit, sondern um die Größenordnung.

5 Meter ist eine typische Länge für Ausstossleitungen zu Waschmaschinen.

Bei Geschirrspülern sind jene Installationen günstig, bei welchen die warmgehaltene Verteilung (Steigleitung) unmittelbar in der Wand verläuft, was 1 - 2 m Ausstosslänge ergibt. Längen über 5 m werden schon als nicht mehr sehr komfortabel für den Küchenspültisch empfunden, ausser die Ausstossleitung sei wärmegeklämmt, was dann auch die Situation für den Geschirrspüler verbessert. In Situationen mit über 5 m könnte der Wärmeverlust dadurch vermindert werden, dass gleichzeitig das Warmwasser am Spültisch benutzt wird und so nur einmal Ausstossverluste anfallen. Dies lässt sich aber weder vorhersagen noch fördern.

Der Ausstossverlust ist in Bezug zu setzen mit der gesamten Warmwasser- Zapfmenge beim Wasch- bzw. Spülprogramm (Tabelle 4.4).

	DN	Di mm	kg/m	Liter/m	kg/Liter	spez. Wärme Wh/kg K	äquiv. Liter / 5m, inkl. Rohr
CNS Stahlrohr	15	13	0.34	0.133	2.6	0.13	0.89
	18	16	0.41	0.2	2.1	0.13	1.27
	22	19.6	0.624	0.302	2.1	0.13	1.92
	28	25.6	0.804	0.514	1.6	0.13	3.09
Gewinderohr	3/8 "	12.5	0.86	0.123	7.0	0.13	1.17
	1/2	16	1.22	0.201	6.1	0.13	1.80
	3/4	21.6	1.58	0.366	4.3	0.13	2.86
	1	27.2	2.44	0.581	4.2	0.13	4.49
MEPLA Verbund- rohr (dito PVC)	12	12	0.14	0.113	1.1	0.5	0.92
	15	17	0.24	0.227	1.1	0.5	1.74
	20	22	0.37	0.38	1.0	0.5	2.83
	25	24.8	0.5	0.483	1.0	0.5	3.67
VPE Kunststoff- rohr	15 (12?)	11.6	0.1	0.106	0.9	0.6	0.83
	15	14.4	0.15	0.163	0.9	0.6	1.27
	20	18	0.24	0.254	0.9	0.6	1.99
	25	23.2	0.38	0.423	0.9	0.6	3.26

Tab. 4.2 "Äquivalenter Wasserinhalt" für jeweils 5 Meter Wasserrohr, Wärmehalt des Rohrmaterials in Wasser umgerechnet

Kommentar zu Tabelle 4.2:

Werden die kleinen Nennweiten DN 15 bis 18 bzw. bis 1/2 Zoll eingesetzt, so entspricht der Ausstossverlust von 5 Metern maximal 2 Litern Warmwasser. Dies gilt auch noch für die Grössen DN 20 und 22 von Chromnickelstahlrohren (CNS) und reinen Kunststoffrohren. Hingegen ergeben sich für Verbundrohre DN 20 und für Gewinderohre 3/4 Zoll bereits rund 2.85 Liter. Grössere Nennweiten (25, 28 bzw. 1") einzusetzen ist nicht sinnvoll oder notwendig, i.d.R. sollte die zweitkleinste Nennweite ausreichen (15, 18, 1/2). Für diese ergeben sich die Ausstossmengen gemäss Tabelle 4.3:

	DN	Di mm	äquiv. Liter / 2m, inkl. Rohr	äquiv. Liter / 5m, inkl. Rohr
CNS Stahlrohr	18	16	0.51	1.27
Gewinderohr	1/2	16	0.72	1.80
MEPLA Verbundrohr (dito PVC)	15	17	0.70	1.74
VPE Kunststoffrohr	15	14.4	0.51	1.27

Tab. 4.3 "Äquivalenter Wasserinhalt" für jeweils 2 und 5 Meter Zuleitungsrohr, inkl. Wärmehalt des Rohrmaterials, für die typische Ausstossleitung zu Waschmaschine oder Geschirrspüler.

Mepla Verbundrohre und Gewinderohre weisen einen knapp 40% höheren äquivalenten Wasserinhalt auf als CNS und reine Kunststoffrohre.

Geschirrspüler 11...14 IMG, Normalprogramme	10...15 Liter (alle Spülgänge)
Waschmaschinen 5...6.5 kg, 60°C Normprogramm	9...13 Liter (Waschgang)

Tab. 4.4 Typische Warmwasser-Zapfmengen

Der Vergleich der typischen Zapfmengen mit den äquivalenten Ausstoss-Wassermengen zeigt, dass bei 2 m Leitungslänge ein Leitungsverlust von etwa 5%, bei 5 m von etwa 10% zu erwarten ist.

## 4.2 Energie-Substitution und -Kosten bei Warmwasseranschluss

### 4.2.1 Energieverluste

Aus den Daten zu den Leitungsverlusten (Tab. 4.3) und den je nach Wassererwärmer resultierenden Energiekosten des Warmwassers können nun die "ausgelagerten" Energiekosten bei Warmwasseranschluss berechnet werden. Diese sind den Energiekosten bei interner elektrischer Wassererwärmung gegenüberzustellen. Eine ökologische Bewertung kann zusätzlich erfolgen, z.B. anhand der externen Kosten gemäss der Norm SIA 480 "Wirtschaftlichkeitsrechnung im Hochbau" (vgl. Abschnitt 4.2.2).

Aus Tab. 4.3 und 4.4 ist abzuleiten, dass die Leitungsverluste (nur Ausstossleitung massgebend) etwa 5 bis 10% betragen.

Werden die Wassererwärmungs-Wirkungsgrade gemäss Tab. 4.1 ebenfalls berücksichtigt, so zeigt sich, dass bei modernen Feuerungen (Öl, Erdgas, Holz) nur etwa **10 bis 20% Energieverluste** gegenüber der elektrischen internen Erwärmung anfallen, während bei Wärmepumpen sowie bivalenten Anlagen mit Sonnenkollektoren natürlich eine grosse Energieeinsparung entsteht.

### 4.2.2 Energieträger für Warmwasser

Arbeitspreis (typische Preise Okt. 2004)	Fr./kWh
Heizöl (kWh Hu)	0.06
Erdgas (kWh Ho, Brennwert)	0.06
Elektrizität typisch (vorwiegend HT)	0.20
Elektrizität ewz, Annahme 2005 (HT / NT)	0.185 / 0.095
ewz Wärmepumpentarif, Annahme 2005	0.135 / 0.07
Holz (Spalten , Schnitzel, Pellets)	0.035, 0.06, 0.08
Fernwärme	0.072

Tab. 4.5 Typische Arbeitspreise

Ökologische Bewertung	externe Kosten aus SIA 480, Fr./kWh
Heizöl	0.045
Erdgas	0.03
Elektrizität	0.05
Holz (Pellets, Spalten, Schnitzel)	0.015
Fernwärme (je nach Anteil Kehrlicht)	0.02 bis 0.04

Tab 4.6 Ökologische Bewertung, externe Kosten gem. SIA 480

Ev. Einschränkungen der Verfügbarkeit (Sommer/Winter, Tageszeit solar...)

Waschmaschinen und Geschirrspüler beanspruchen nur einen relativ bescheidenen Anteil des gesamten Warmwasserverbrauchs. Deshalb sind meist keine Probleme wegen der Verfügbarkeit von Warmwasser zu erwarten. Eine Ausnahme sind klein dimensionierte Elektroboiler, bei welchen aber der Warmwasseranschluss sowieso nicht sinnvoll ist.

### 4.2.3 Energiekosten

Je nach Energieträger für die Wassererwärmung sind die Energiekosten der externen Warmwasserversorgung anzusetzen, für den substituierten Elektrizitätsverbrauch ist der entsprechende Stromtarif massgebend. Der Anteil Niedertarif kann in EFH bei bewusster Nutzung beträchtlich sein, in MFH eher kleiner, weil Waschen nachts meist nicht erlaubt ist und Geschirrspülen wegen des Geräuschs nachts auch eher zurückhaltend eingesetzt werden dürfte. Als typischer Referenzwert für die nächsten Jahre wird 0.20 Fr./kWh verwendet. Der Referenzwert ewz gemäss Annahmen 2005 kann mit 0.17 Fr./kWh eingesetzt werden.

Wenn typische Energiepreise (Arbeitspreise) gemäss Abschnitt 4.2.2 eingesetzt werden, so können die spezifischen Energiekosten gemäss Tabelle 4.7 berechnet werden.

Energieträger der Warmwasserversorgung	Strompreis Referenz (typisch) Fr./kWh	Strompreis Referenz (ewz) Fr./kWh	Substitutions-Energieträger-Preis Fr./kWh	Kostenpflichtige Substitutions-Energie (WW), %	Substitutions-Wärmepreis, Wirkungsgrad und Solardeckung berücks., Fr./kWh
Ölfeuerung (W'grad 93%, nicht Brennwert)	0.20	0.17	0.06	107.5%	0.0645
Gasfeuerung (W'grad 95%, bez. Brennwert)	0.20	0.17	0.06	105.3%	0.0632
Wärmepumpe, Leistungszahl 300% (1/2 NT)	0.20	0.17	(typisch) 0.18 (ewz-WP: 0.103)	33.3%	0.06 0.0342
Sonnenkollektoren 60%, Elektr. 40% (3/4 NT)	0.20	0.17	(typisch) 0.16 (ewz: 0.1175)	40%	0.064 0.047
Sonnenkollektoren 60%, Holzpellets 40% (W'grad 90%)	0.20	0.17	0.08	44.4%	0.0356
Fernwärme	0.20	0.17	0.072	100%	0.072

Tab. 4.7 Spezifische Energiekosten bei Warmwasseranschluss (ewz-Werte sind Annahmen für 2005)  
Strompreise "Referenz" für Geräte, vorwiegend Hochtarif

### 4.2.4 Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsrechnung

Für eine umfassende Wirtschaftlichkeitsrechnung müssen die Investitionskosten für den Warmwasseranschluss einberechnet (amortisiert) werden. Diese können jedoch sehr unterschiedlich ausfallen; insbesondere ergeben sich bei neu erstellten Anlagen nur sehr bescheidene Mehrkosten. Bei den Geräten selber gibt es nur bei Waschmaschinen u.U. (bescheidene) Mehrkosten für die Option Warmwasseranschluss. Im Anhang A2 finden sich Grundlagen für Annuitäten der Warmwasseranschluss-Investitionen. Für die Modellrechnungen im Abschnitt 6 stellen wir eine vereinfachte Wirtschaftlichkeitsrechnung an, welche die Energiekosten über 15 Jahre (Geräte-Lebensdauer) mit den Investitionskosten in Beziehung setzt. Für die Warmwasseranschluss-Installationen wurden folgende Kosten eingesetzt (mit 30% Rabatt in Tab. 5.1 und 5.2):

Anschlussinstallation Waschmaschine, Neubausituation	Fr. 300
Waschmaschinen-Mehrpreis Option Warmwasseranschluss (Listenpreis aktuell, nur bei Schulthess)	Fr. 238

Beim Geschirrspüler nehmen wir an, dass das üblicherweise als Kaltwasser-Anschluss vorgesehene T-Stück einfach an der Warmwasser-Seite der sowieso vorhandenen Spültisch-Installation eingesetzt wird und somit keine Mehrkosten entstehen.

Eine wichtige Grösse für die Wirtschaftlichkeitsrechnung ist der effektive substituierte Warmwasserverbrauch, welcher von der Nutzung bzw. Auslastung des Gerätes abhängt. Hinweise auf die Standardnutzungen der SIA Norm 380/4 "Elektrische Energie im Hochbau" finden sich im Anhang A3. Für die Modellrechnungen basieren wir auf den Standardnutzungen von Topten:

Waschmaschine EFH	1000 kg Wäsche pro Jahr
Waschmaschine MFH	5000 kg Wäsche pro Jahr
Geschirrspüler	250 Spülgänge pro Jahr.

Dabei wird mit voller Beladung gemäss deklariertem Fassungsvermögen und mit den für die Energie-Etikette massgebenden Normprogrammen gerechnet. Dies entspricht erfahrungsgemäss nicht ganz der Praxis; es gibt jedoch keine allgemein gültigen Angaben über das Praxisverhalten. Andere Programme, insbesondere die vermehrt benutzten 40°C-Programme beim Waschen, haben verschiedene gegenläufige Einflüsse auf die Warmwasser-Ausnutzung, so dass keine wesentlichen Veränderungen der Gesamtergebnisse zu erwarten sind. Es besteht jedoch ein Abklärungsbedarf für zukünftige Untersuchungen.

Um die Umwandlungsverluste der Wassererwärmung zu berücksichtigen, wurden die entsprechenden Wirkungsgrade und die allfällige Deckung mit Sonnenenergie in einer Berechnung der resultierenden Substitutions-Wärmepreise eingesetzt (Tab. 4.7). Um eine Vereinfachung für die Ergebnis-Darstellung zu erhalten, wurde mit zwei typischen Substitutions-Wärmepreisen gerechnet:

Standard-Wärmepreis (z.B. Öl, Gas, Fernwärme, Solar-Elektro typisch, Wärmepumpe typisch)	0.065 Fr./kWh
Tiefer Wärmepreis (z.B. Solar/Holz, Wärmepumpe ewz, Solar-elektro-ewz)	0.035 Fr./kWh
Der Referenz-Strompreis ohne Warmwasseranschluss ist einheitlich	0.20 Fr./kWh

## 5. Energieverbrauch und Sparpotenziale

### 5.1 Einführung und Ergebnistabellen

Durch den Warmwasseranschluss wird elektrische Energie eingespart bzw. substituiert, und zwar gemäss dem Wert "EI-Diff". Wegen des Einflusses des kalten Zapfens der Warmwasserversorgung muss ein kleiner Mehrverbrauch für dessen Aufwärmung berücksichtigt werden, der resultierende Differenzwert ist als "EI-Diff eff" in den Tabellen 3 und 4 zu finden.

Der Stromeinsparung ist der Verbrauch anderer Energieträger für die Wassererwärmung gegenüberzustellen. Unter Berücksichtigung der Wärmeverluste der (kalten) Ausstossleitung ist dieser Energieverbrauch als "Energie im WW" in den Tabellen 3 und 4 vermerkt.

Die externe Wassererwärmung mit den entsprechenden Wirkungsgraden und der allfällige Deckungsgrad der Sonnenenergie wurde in Tab. 5.1 und 5.2 mit zwei Wärmepreisen gemäss Annahmen (4.2.4) berücksichtigt.

Die Ergebnistabelle 5.1 stellt Energiekosten und Gesamtkosten typischer Waschmaschinen zusammen. Für die beiden MFH-Maschinen wurden auch die Ergebnisse ohne und mit grossem (3 Liter) Zapfen dargestellt, vgl. dazu Grafik 5.5.

Maschine/Nutzung	pro Waschgang			Kaufpreis (topten, -30%)		Energiekosten in 15 Jahren			Gesamtkosten in 15 Jahren		
	Elt-Verbr. ohne WWA	EI.V.-Diff. effektiv	Energie im WW	ohne WWA	mit WWA	ohne WWA	mit WWA, tiefer Wärmepreis	mit WWA, Standard-Wärmepreis	ohne WWA	mit WWA, tiefer Wärmepreis	mit WWA, Standard-Wärmepreis
	kWh	kWh	kWh	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
Miele Multitronic WS 5445 MC 23 (5 kg MFH), 5000 kg/Jahr, Zapfen 1.5 L	0.9	0.60	0.86	3703	3913	2700	1340	1728	6403	5253	5641
Miele Multitronic WS 5445 MC 23 (5 kg MFH), 5000 kg/Jahr, <b>ohne Zapfen</b>	0.9	0.70	0.77	3703	3913	2700	1002	1347	6403	4915	5260
Miele Multitronic WS 5445 MC 23 (5 kg MFH), 5000 kg/Jahr <b>Zapfen 3 Liter</b>	0.9	0.51	0.96	3703	3913	2700	1678	2109	6403	5591	6022
Schulthess Spirit XL 5930 (5.5 kg MFH), 5000 kg/Jahr, Zapfen 1.5 Liter	0.94	0.36	0.52	4123	4590	2564	1824	2036	6687	6414	6626
Schulthess Spirit XL 5930 (5.5 kg MFH), 5000 kg/Jahr, <b>ohne Zapfen</b>	0.94	0.44	0.44	4123	4590	2564	1573	1753	6687	6163	6342
Schulthess Spirit XL 5930 (5.5 kg MFH), 5000 kg/Jahr <b>Zapfen 3 Liter</b>	0.94	0.28	0.60	4123	4590	2564	2076	2319	6687	6665	6909
Miele Softtronic W 25-25 CH (5 kg EFH), 1000 kg/Jahr, Zapfen 1.5 L	0.85	0.33	0.63	2377	2587	510	378	434	2887	2964	3021

Tab. 5.1 Energiekosten und Gesamtkosten Waschmaschinen mit Warmwasseranschluss

Die Ergebnistabelle 5.2 stellt Energiekosten und Gesamtkosten typischer Geschirrspüler zusammen. Für das Gerät mit Electro-Spar-Programm sowie ein Electrolux-Gerät 11 IMG wurden auch Varianten ohne und mit grossem (2 Liter) Zapfen dargestellt, vgl. dazu Grafik 5.6.

Maschine/Programm Zapfen 1 Liter (wo nichts anderes erw.)	pro Spülgang			Kaufpreis (topten, -30%) Fr.	Energiekosten in 15 Jahren			Gesamtkosten in 15 Jahren		
	Elt-Verbr. ohne WWA	E-Diff eff	Energie im WW		ohne WWA	mit WWA, tiefer Wärmepreis	mit WWA, Standard-Wärmepreis	ohne WWA	mit WWA, tiefer Wärmepreis	mit WWA, Standard-Wärmepreis
	kWh	kWh	kWh		Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
Miele G 698-60, <b>12 IMG</b> , Normprogramm	1.05	0.40	0.65	2142	788	575	648	2930	2717	2790
Miele G 621-45, <b>8 IMG</b> , Normprogramm	0.74	0.39	0.56	1568	555	337	400	2123	1905	1968
Miele G 881-60 (858-60 SCVi-3+), <b>14 IMG, ElectroSpar-Programm</b>	1.08	0.93	1.11	1747	810	261	386	2557	2007	2132
Miele G 881-60 (858-60 SCVi-3+), 14 IMG, ElectroSpar-Programm <b>ohne Zapfen</b>	1.08	0.98	1.07	1747	810	215	335	2557	1962	2082
Miele G 881-60 (858-60 SCVi-3+), 14 IMG, ElectroSpar-Programm <b>mit grossem Zapfen 2 Liter</b>	1.08	0.88	1.16	1747	810	306	436	2557	2052	2183
Electrolux (GA 55 L), <b>11 IMG</b> , Norm-Programm	1.12	0.51	0.85	1544	843	569	665	2387	2112	2208
Electrolux (GA 55 L), 11 IMG, Norm-Programm <b>ohne Zapfen</b>	1.12	0.57	0.80	1544	843	523	613	2387	2066	2156
Electrolux (GA 55 L), 11 IMG, Norm-Programm <b>mit grossem Zapfen 2 Liter</b>	1.12	0.46	0.90	1544	843	615	717	2387	2158	2260

Tab. 5.2 Energiekosten und Gesamtkosten Geschirrspüler mit Warmwasseranschluss

## 5.2 Grafiken

### 5.2.1 Waschmaschinen, typischer Zapfen 1.5 Liter

Fig. 5.1

Energiekosten MFH-Waschmaschine mit guter Ausnützung des externen Warmwassers.

Der Kaufpreis des Gerätes beträgt 3'703 Fr., der Mehrpreis WWA sind die Installationskosten, Annahme 300 Fr.

Die Einsparungen sind auch mit dem Standard-Wärmepreis beachtlich.

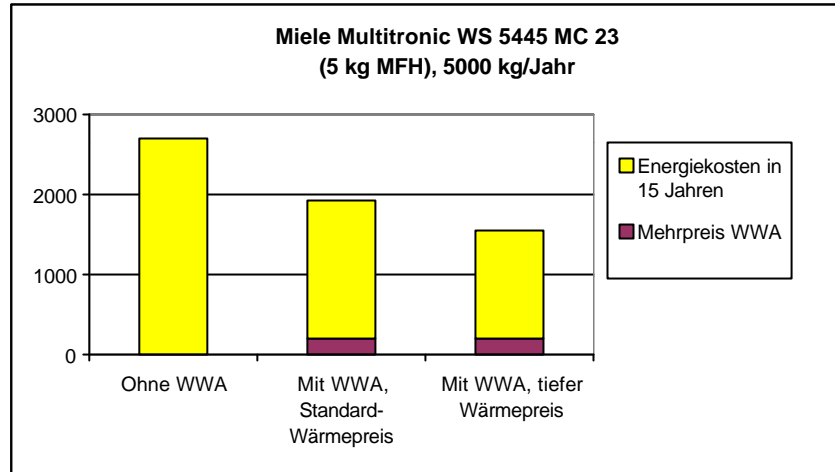


Fig. 5.2

Energiekosten MFH-Waschmaschine mit mässiger Ausnützung des externen Warmwassers.

Der Kaufpreis des Gerätes beträgt 4'123 Fr., Mehrpreis WWA: Gerät 165 Fr., Installation 300 Fr.

Die Einsparungen (Mehrpreis WWA berücksichtigt) mit dem Standard-Wärmepreis sind minim, mit tiefem Wärmepreis immerhin 11%.

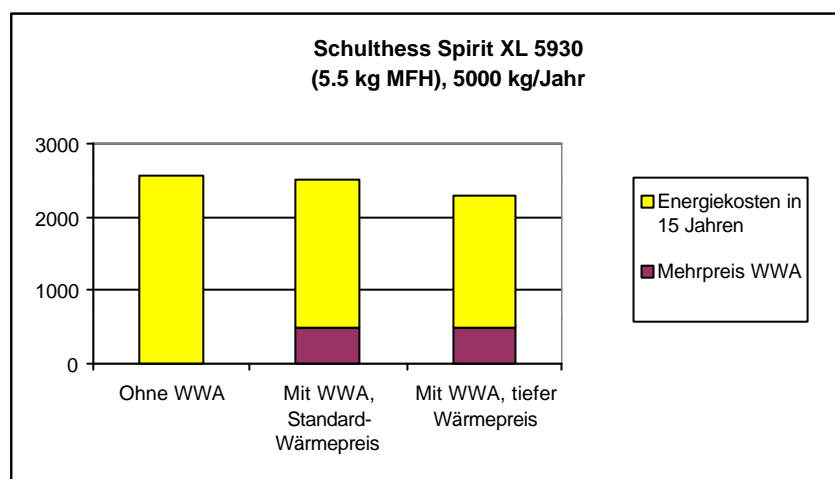
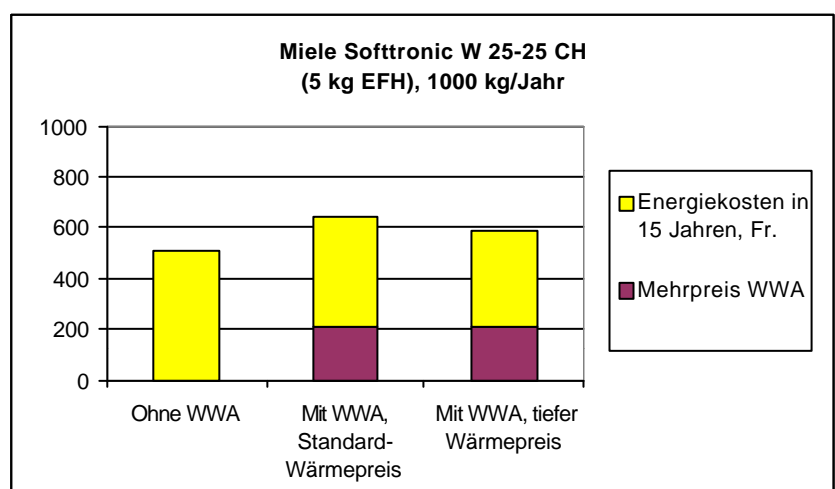


Fig. 5.3

Energiekosten EFH-Waschmaschine mit mittlerer Ausnützung des externen Warmwassers.

Der Kaufpreis des Gerätes beträgt 2'377 Fr., der Mehrpreis WWA sind die Installationskosten, Annahme 300 Fr.

Wegen der geringeren EFH-Auslastung sind zwar beachtliche Energiekosten-Einsparungen vorhanden, werden aber durch die WWA-Mehrkosten kompensiert.



## 5.2.2 Geschirrspüler, typischer Zapfen 1 Liter

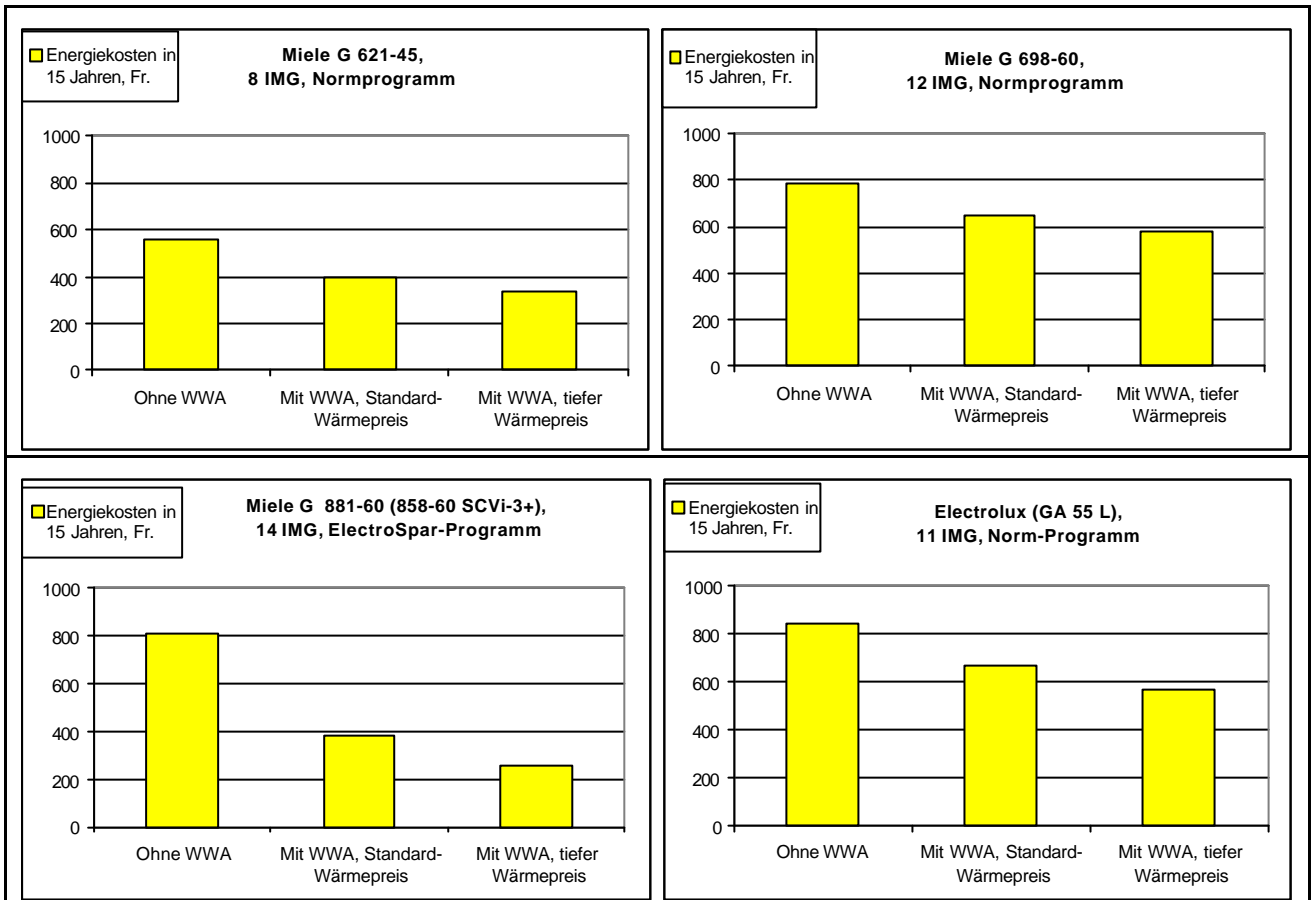


Fig. 5.4 Energiekosten von 4 Geschirrspülern ohne/mit Warmwasseranschluss

Alle dargestellten Modelle weisen bedeutende Energiekosteneinsparungen auf, auch im Vergleich mit den Anschaffungskosten (Preise 1'544 bis 2'142 Fr., vgl. Tab. 5.2). Das Modell mit dem ElectroSpar-Programm zeigt das technische Potenzial auf: auch mit Standard-Energiepreisen ergeben sich 52% Energiekosteneinsparung, mit tiefen Preisen gar 62%!

### 5.2.3 Sensitivitätsanalyse mit verschiedenen Zapfen

Für je zwei Waschmaschinen und Geschirrspüler wurden die Berechnungen mit unterschiedlichen Wasserzapfen durchgeführt, um deren Einfluss zu studieren. Bei den Waschmaschinen ergeben sich Unterschiede, die ins Gewicht fallen, während bei Geschirrspülern der Einfluss relativ klein bleibt.

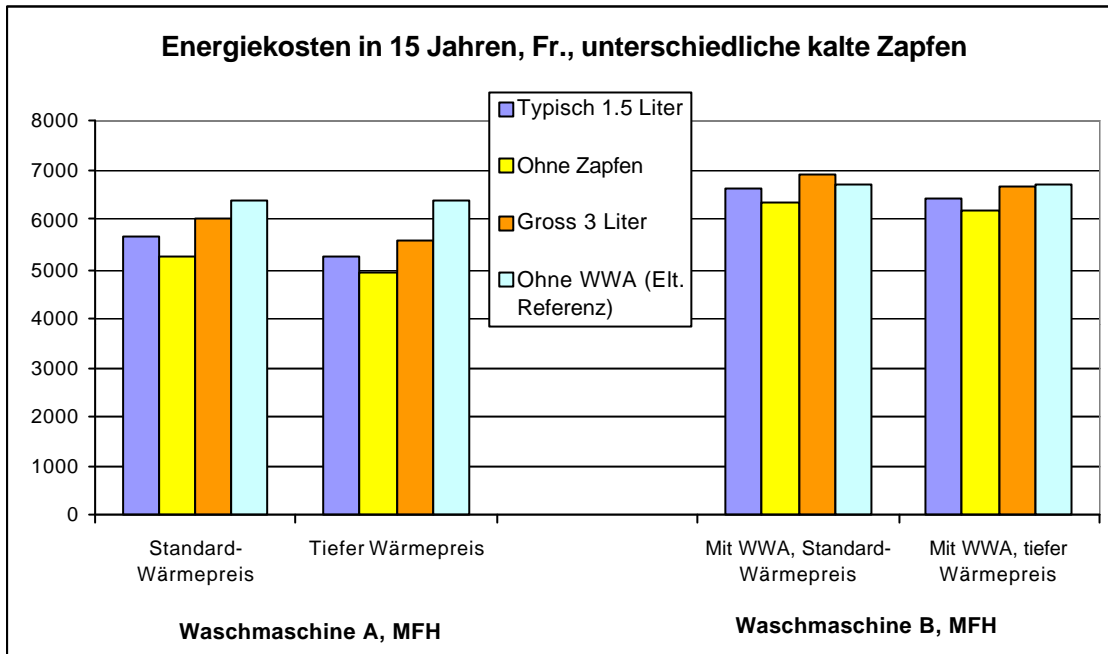


Fig. 5.5 Sensitivität Zapfengrösse, Waschmaschinen

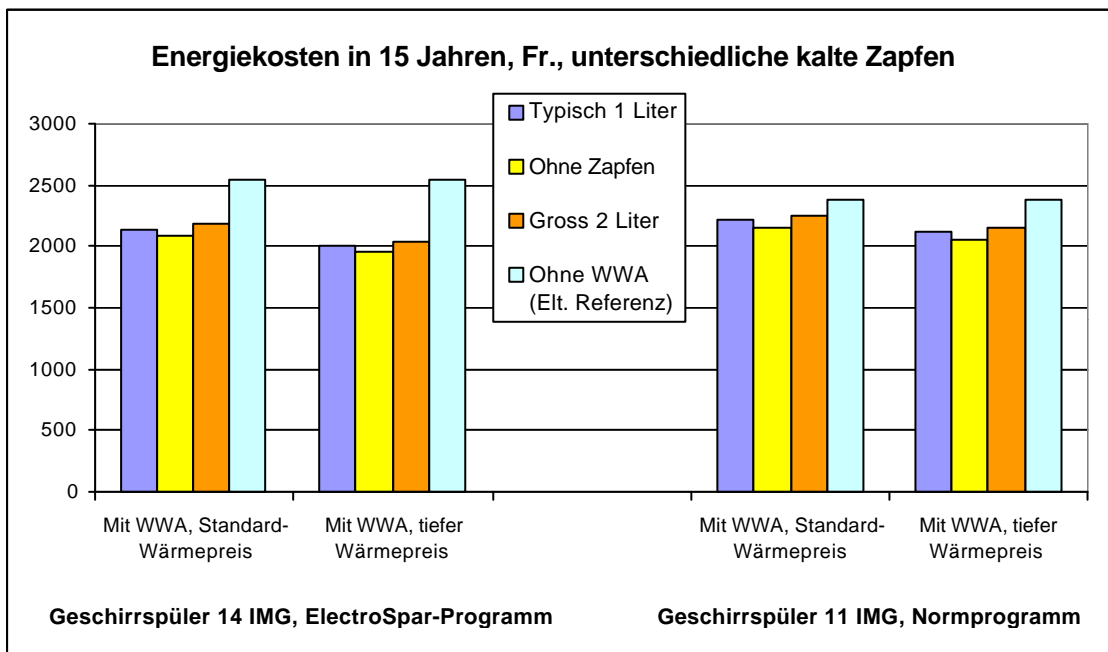


Fig. 5.6 Sensitivität Zapfengrösse, Geschirrspüler

## 5.2.4 Check zur Ermittlung des Kaltwasserzapfens

Bei bestehende Anlagen bzw. Bauten kann die Eignungsprüfung eines bestehenden Warmwasseranschlusses durch einen einfachen Ausstossversuch erfolgen:

- Es darf mindestens 1 Std. nicht gezapft worden sein (auch nicht an ev. zusammenhängenden Zapfstellen).
- Mittels Litergefäss bestimmen, wie viel Wasser gezapft werden muss, bis es deutlich warm (>35°C, an der Hand merklich warm) austritt.
- Nochmals ca. 1 - 2 Liter zapfen, um zu fühlen, ob der Temperaturanstieg schnell oder langsam (> 1 L von warm bis heiss) erfolgt.

Wenn der kalte Ausstoss unter 2 Litern liegt, sind die Leitungsverluste für den Warmwasseranschluss von Geschirrspülern noch günstig, für Waschmaschinen dürfen es bis 3 Liter sein.

Die Energieträger der Wassererwärmung sollten bekannt bzw. zu eruieren sein.

## 5.2.5 Strom-Substitution mit Warmwasseranschluss

Neben Energiekosteneinsparungen ist u.U. auch von Interesse, in welchem Ausmass Elektrizität durch andere Energieträger substituiert oder teilweise durch erneuerbare Energie (Solar, Umweltwärme) ersetzt wird.

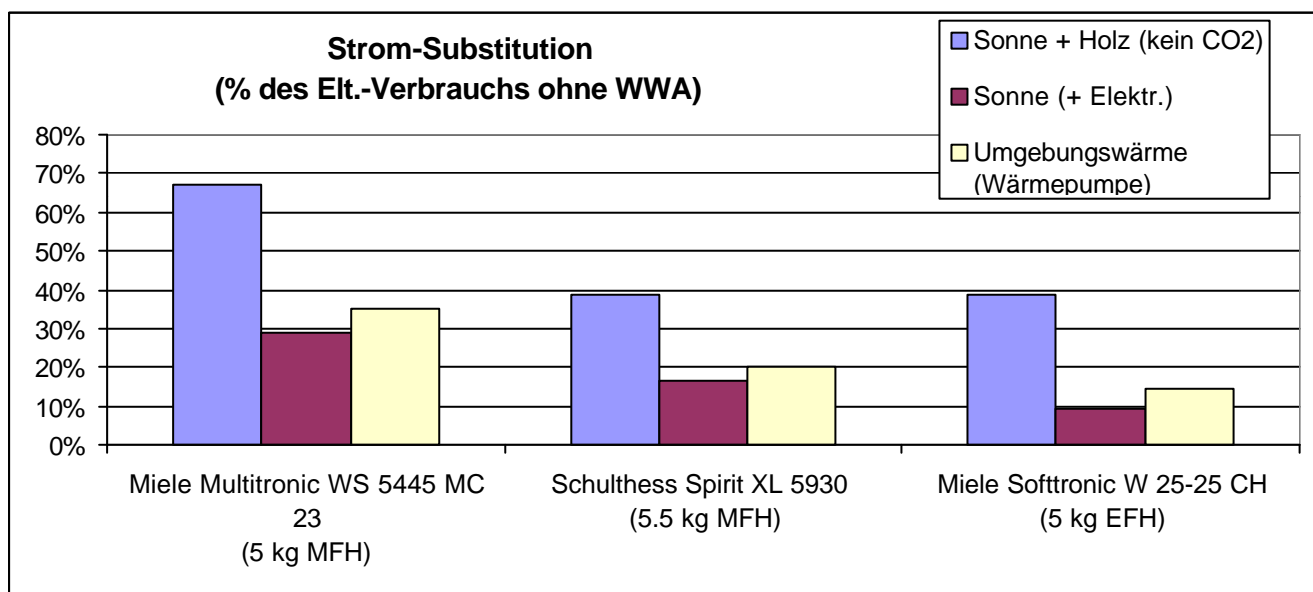


Fig. 5.7 Waschmaschinen: Strom-Substitution durch andere Energien

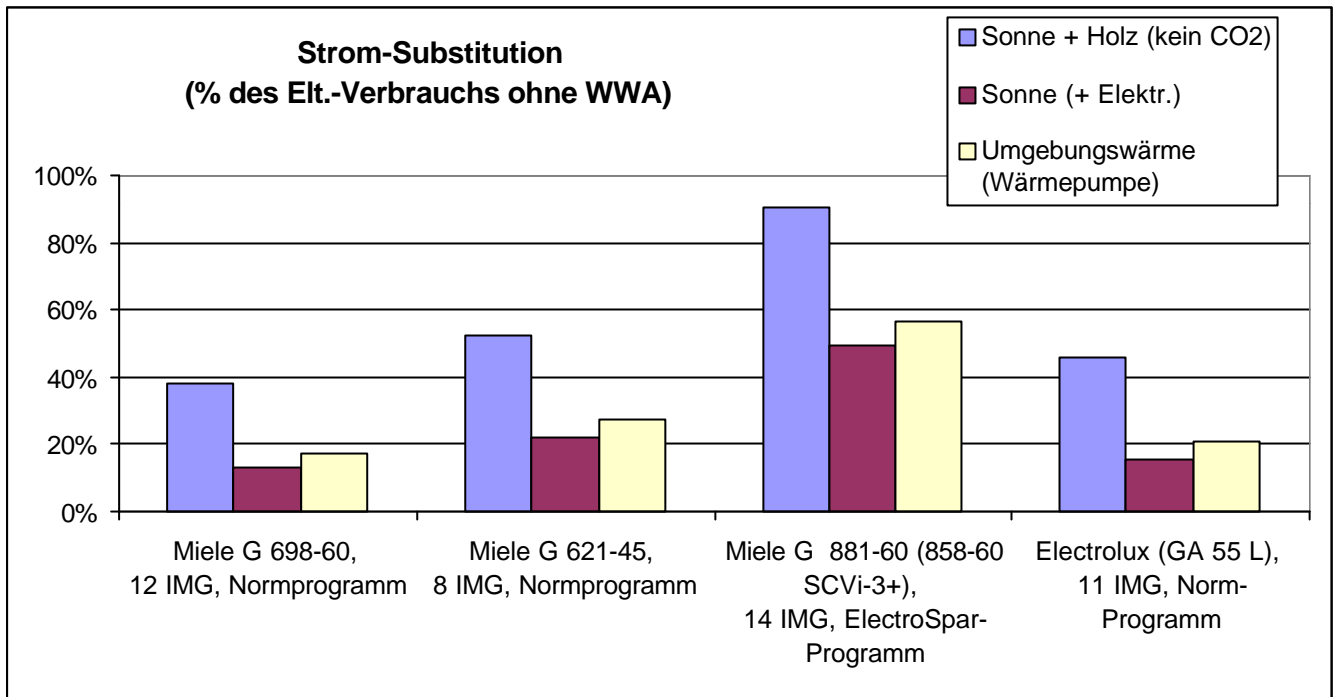


Fig. 5.8 Geschirrspüler: Strom-Substitution durch andere Energien

## 6. Empfehlungen

### 6.1 Für Folgeprojekte zur vertieften Abklärung offener Punkte

Mit diesem Projekt ist es gelungen, eine Auslegeordnung, Grössenordnungen und Folgerungen zur Beurteilung des Warmwasseranschlusses von Waschmaschinen und Geschirrspülern zu erarbeiten. Die Ergebnisse basieren einerseits auf Sanitär- und Haustechnik-Erfahrungen, andererseits auf Herstellerangaben und Berechnungen. Es wäre wertvoll, wenn die wichtigsten Ergebnisse mit Messungen und zusätzlichen Herstellerangaben abgesichert werden könnten und die Empfehlungen vertieft werden könnten. Dies ist insbesondere im Zusammenhang mit der aktuellen Revision der SIA 380/4 Elektrische Energie im Hochbau von Bedeutung.

Es wäre interessant, die Geräte-Programme genauer zu recherchieren und Entwicklungspotenziale der Steuerungen zu untersuchen. Zudem ist nicht bekannt, ob und wie stark mit guter Steuerung die Verluste durch Kaltwasserzapfen minimiert werden könnten.

Die befragten Hersteller gaben an, dass die Wasch- oder Spülwirkung bei den eigenen Modellen durch den Warmwasseranschluss nicht beeinträchtigt sei. Weil die Prüfnormen nicht für Prozesse mit Warmwasseranschluss gelten, können die Hersteller keine entsprechend abgestützten Angaben publizieren. Es sind jedoch z.T. firmeninterne Prüfdaten vorhanden und es gibt z.T. Hinweise in Sonderprospekten und Gebrauchsanweisungen.

### 6.2 Für Hersteller

#### 6.2.1 Technische Optimierungen

Zunächst sind sicher technische Optimierungen möglich. Offensichtlich wird die Energie im Warmwasser von verschiedenen Modellen stark unterschiedlich genutzt. Bei den Waschmaschinen gibt es Modelle, welche viel Warmwasser zumischen und so den Elektrizitätsbedarf für das Waschen wesentlich reduzieren können. Hersteller von Geräten mit geringer Nutzung des Warmwassers haben allerdings bereits in Aussicht gestellt, diese Potenziale durch Optimierung der Steuerung im Jahr 2005 anzugehen. Noch grösser sind die Potenziale bei den Geschirrspülern. Einem Hersteller ist es gelungen, ein Geschirrspüler-Programm für Warmwasseranschluss so weit zu optimieren, dass der Elektrizitätsverbrauch um 90% reduziert werden konnte. Hier wird auf jegliches elektrische Nachheizen verzichtet.

Zudem sollten sich die Hersteller der Problematik des Kaltwasserzapfens bewusst sein und die Steuerung für das Warmwasser und den Programmablauf so optimieren, dass die unvermeidlichen Zapfenverluste minimal werden. Sowohl bei den Geschirrspülern als auch bei den Waschmaschinen gibt es hierfür Lösungsansätze.

Generell wäre es wünschenswert wenn jeder Anbieter Modelle anbieten würde, die für Warmwasseranschluss optimiert sind und dazu besondere Spül- und Waschprogramme haben.

#### 6.2.2 Inbetriebnahme und Qualitätssicherung

Die Vorteile des Warmwasseranschlusses kommen nur zum Tragen, wenn die Geräte korrekt angeschlossen und programmiert werden. Die Monteure und Servicepersonal sind entsprechend auszubilden. Die Verkaufsberater sollen Bauherrschaften und Sanitärplaner über die wesentlichen sanitären Anforderungen informieren können (Vermeidung von grossen Wasserzapfen). Bei der Inbetriebnahme ist unbedingt zu prüfen, ob das Warmwasser tatsächlich wie vorgesehen genutzt wird.

#### 6.2.3 Warendeclaration: Werte bei Warmwasseranschluss

Bauherrschaften sind auf Deklarationen der Hersteller zur Warmwassernutzung angewiesen um seriöse System- und Kaufentscheide treffen zu können und um die Wirtschaftlichkeit abschätzen

zu können. Leider bieten erst vereinzelte Hersteller diese Informationen im Internet oder in den Bedienungsanleitungen an. Es wäre wünschenswert, wenn folgende Angaben von Waschmaschinen und Geschirrspülern mit Warmwassernutzung öffentlich deklariert würden:

- Energieverbrauch im Normprogramm (gemäss Energieetikette) und in den für Warmwassernutzung optimierten Programmen
- Wasch- resp. Spülwirkung mit diesen Programmen
- Trockenwirkung bei Geschirrspülern (Schleuderwirkung bei Waschmaschinen wohl unverändert)

Diese Angaben sollten unter einheitlichen Messbedingungen erfolgen; wir empfehlen von einer Warmwassertemperatur von 60°C auszugehen. Eine diesbezügliche Empfehlung vom FEA wäre hilfreich.

#### **6.2.4 Marketing und Kommunikation**

Es bestehen gute Aussichten, dass die Warmwassernutzung bei Waschmaschinen und Geschirrspülern wesentlich an Popularität gewinnt. Innovative Hersteller, welche für Warmwassernutzung optimierte Produkte anbieten, haben gute Chancen mit verstärktem Marketing diese neuen Märkte zu gewinnen.

### **6.3 Für Online-Suchhilfe Topten.ch**

Da für Liegenschaftenverwaltungen sowie private Bauherrschaften die Nutzung des Warmwassers bei Waschmaschinen und Geschirrspülern zunehmend zum Thema wird sollte Topten die wichtigsten Empfehlungen in ihren Ratgebern veröffentlichen, die Geräteanbieter systematisch nach den Gerätedeklarationen mit Warmwassernutzung befragen und auf Topten diese Werte präsentieren. Die Hauseigentümer sollten über die einschlägigen Medien informiert werden. Grosse Immobilienverwaltungen sollten individuell beraten werden.

### **6.4 Für Bauherrschaften**

Sofern das Warmwasser nicht mit elektrischer Widerstandsheizung erwärmt wird, empfiehlt es sich den Warmwasseranschluss für Waschmaschinen und Geschirrspüler zu prüfen. Wichtig sind die folgenden Checkpunkte:

#### **6.4.1 Wassererwärmung**

Zu unterscheiden sind zwei Gruppen von Wassererwärmungs-Systemen, nach resultierenden variablen Wärmekosten:

- Ideal sind die umweltfreundlichen Systeme mit geringen variablen Kosten von rund 3.5 Rp. pro kWh. Beispiele sind Sonnenenergie (kombiniert mit Holz oder geringer elektrischer Nachheizung), Wärmepumpen mit Sondertarif (z.B. ewz-Wärmepumpentarif) oder mit sehr guter Leistungsziffer über 4.
- Prüfwert sind auch die Systeme mit Öl, Gas, Fernwärme, Sonnenkollektoren (mit wesentlicher Elektronachheizung) und Wärmepumpen mit variablen Energiekosten von rund 6.5 Rappen pro kWh
- Keinen Sinn macht die Warmwassernutzung, wenn die Erwärmung mit elektrischer Widerstandsheizung erfolgt.

## 6.4.2 Warmwasserverteilung

Bei Neubauten ist es wichtig, die Warmwasseranschlüsse so zu planen, dass möglichst geringe Verluste durch Wasserzapfen entstehen. Dies wird erreicht mit kurzen Ausstossleitungen, Rohren aus Kunststoff oder Edelstahl mit minimalen Durchmessern. Ungünstig sind verzinkte Eisenrohre, wie sie in Altbauten noch anzutreffen sind. In Mehrfamilienhäusern (und teilweise auch in Einfamilienhäusern) wird die Hauptverteilung mittels Zirkulation oder Heizbändern warm gehalten. Mit guter Auslegung sollten die resultierenden Wasserzapfen in der Waschküche maximal 1.5 Liter und in der Küche maximal 1.0 Liter betragen.

In bestehenden Bauten ist zu prüfen, ob die Zapfen in der Waschküche maximal 3 Liter und in der Küche maximal 2 Liter betragen. Diesen Check kann man selber mit einem einfachen Ausstossversuch ausführen (vgl. 5.2.4). Falls die Zapfen diese Maximalmengen nicht überschreiten, sind die Voraussetzungen günstig.

## 6.4.3 Geräteauswahl

Waschmaschinen mit Warmwasseranschluss nutzen die Energie im Warmwasser noch sehr unterschiedlich gut (bis Faktor 2). Auch bei den Geschirrspülern gibt es bereits Modelle mit Sonderprogrammen zur Warmwassernutzung, welche den Elektrizitätsverbrauch um bis zu 90% senken können. Die Verbrauchswerte sind daher unbedingt von den Herstellern zu erfragen und mit Konkurrenzprodukten zu vergleichen. Die Beispiele in diesem Bericht geben entsprechende Anhaltspunkte.

## 6.4.4 Fazit

Bei günstigen Voraussetzungen lassen sich mit der Nutzung der Energie im Warmwasser sowohl bei Geschirrspülern als auch bei Waschmaschinen während der Nutzungszeit mehrere Hundert Franken Energiekosten einsparen. Bei umweltfreundlichen Energieträgern kommt dies auch noch der Umwelt zugute.

# 6. Referenzen

- SIA 380/4 Vernehmlassungsversion Juli 2004
- Recknagel, Sprenger, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik
- Zusammenfassung Expertengespräche Warmwasser, BFE 1999 (nicht veröffentlicht)
- [www.topten.ch](http://www.topten.ch): Online Suchhilfe für gute Geräte
- **Internetsite des Forschungsprogramms** [www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch).  
Download von Zusammenfassungen und der ausführlichen Schlussberichte durchgeführter Forschungsarbeiten, Rubrik „Publikationen“: Download von Publikationen des Programmleiters.

Kontaktadressen:

- Miele AG, 8957 Spreitenbach, [www.miele.ch](http://www.miele.ch)
- Schulthess Maschinen AG, 8633 Wolfhausen ZH, [www.schulthess.ch](http://www.schulthess.ch)
- Electrolux, 8048 Zürich, [www.electrolux.ch](http://www.electrolux.ch)

## 8. Anhang

### A1 Speicherverluste

Wenn eine Aufteilung der Speicherverluste zur "Belastung" der Versorgung von Geräten mit Warmwasseranschluss vorgenommen würde, würde dies den Zusatzverbrauch nur wenig belasten: gemäss Fig. A1 ist für Tagesspeicher bei voller Auslastung (100%) ab 200 Litern mit Werten über 87...90% zu rechnen; bei kleineren Speichern kommt der Warmwasseranschluss nur bei Tages-Nachladung in Frage, also Erwärmung über Heizwärmeerzeuger. Der Wirkungsgrad ist dann besser als gemäss Fig. 2.

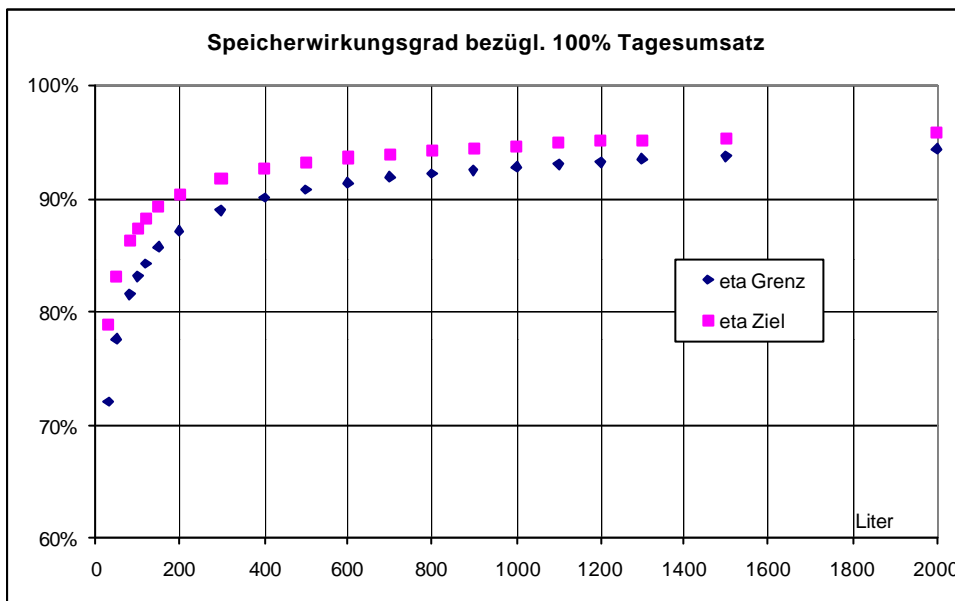


Fig. A1 Speicher-Wirkungsgrad mit Wärmeverlusten gemäss SIA 380/4 (für Elektroboiler) berechnet.

Für die Wärmeverluste von Elektro-Wassererwärmern  $Q_{LWWge}$  gemäss EN 60379 gelten folgende Anforderungen:

Grenzwert:  $Q_{LWWge} = 0.24 + 0.038 * V_{WW}^{2/3}$  kWh/24h

Zielwert:  $Q_{LWWge} = 0.15 + 0.028 * V_{WW}^{2/3}$  kWh/24h

## A2 Annuitäten für Anschlussinstallationen

Als Amortisationsdauer kann für die Waschmaschinen-Anschlussinstallation 25 Jahre, Geschirrspüler 20 Jahre angenommen werden. Die Installationen leben länger als die Geräte. Mit einem Zinssatz von 4% ergeben sich Annuitätsfaktoren von 6.4% (25 J.) bzw. 7.36% (20 J.) und 8.99% (15 J.). In Tabelle A2 sind Grössenordnungen für die entsprechenden Investitions- und Jahreskosten angegeben.

	Investitionskosten, Fr.	Amort. Jahre	Jahreskosten, Fr.
Geräte-Mehrkosten Waschmaschine (Bsp. Schulthess)	167	15	15.00
Neue Anlage, Anschluss Waschmaschine	300	25	19.20
Neue Anlage, Anschluss Geschirrspüler	30 (T-Stück) nur wenn 1 zusätzlich benötigt	20	2.20
Bestehende Anlage, Anschluss Waschmaschine	max. 1'000 (m. Mauerdurchbruch)	25	64.00
Bestehende Anlage, Anschluss Geschirrspüler	150 (T mit Einbau)	20	11.05

Tab. A2 Investitions- und Jahreskosten für Anschlussinstallationen (4% Kapitalzins)

### A3 Nutzungsannahmen Norm SIA 380/4

In der neuen Norm SIA 380/4 "Elektrische Energie im Hochbau" (Vernehmlassungsentwurf, noch nicht geltend), Anhang C, Tabelle C.8 sind Nutzungsannahmen für Haushaltgeräte beschrieben, wovon in Tabelle A3 ein Auszug mit Geräten mit Warmwasseranschluss-Möglichkeit wiedergegeben ist. Eingefügt sind Energieverbrauchswerte von A-Klasse Geräten sowie eine Ergänzung für Gemeinschafts-Waschmaschinen für 6 Wohnungen.

Wohnungsgrösse		1 1/2 Zi	2 1/2 Zi	3 1/2 Zi	4 1/2 Zi	5 1/2 Zi	6 1/2 Zi
Geschirrspülen	Anzahl Massgedecke	8	8	12	12	12	14
	Anzahl Anwendungen/a	150	200	200	250	300	300
	kWh/a mit A-Gerät	110	150	210	260	320	330
Waschen	kg Wäsche/a	350	525	700	1050	1400	1750
	kWh/a mit A-Gerät	65	100	135	200	270	330
Waschen 6 Wohnungen	kWh/a mit A-Gerät				1200	1620	1980

Tab. A3 Annahmen über die Ausstattung und den Betrieb von Haushaltgeräten (SIA 380/4), sowie resultierende Energieverbrauchswerte mit A-Klasse-Geräten