

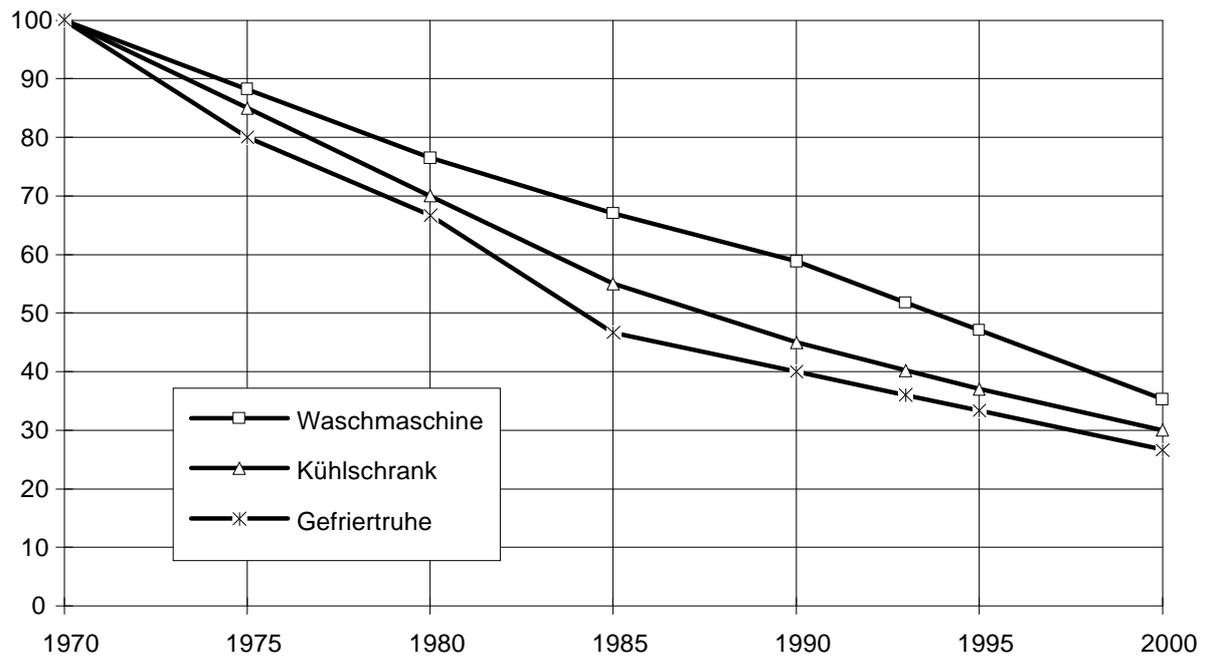
Ravel

Vorabzug

Elektrische Haushaltgeräte

Ein Leitfaden zur richtigen Geräteauswahl

Verbrauch
in % von 1970



Pilotkurs

1. September 1993

Programmleitung RAVEL

Amstein+Walthert AG, Zürich

Ressortleitung Geräte

R. Spalinger, INFEL, Zürich

Trägerorganisation

INFEL Informationsstelle für
Elektrizitätsanwendung
Lagerstrasse 1
8021 Zürich

Das Projektteam

St. Jaques, Ernst Basler und Partner AG,
Zollikon (Projektleitung)

Frieder Wolfart, Ernst Basler und Partner AG,
Zollikon (Autor/Referent)

R. Spalinger, INFEL, Zürich (Referent)

Gestaltung

Ernst Basler und Partner AG, Zollikon

Copyright Bundesamt für Konjunkturfragen
3003 Bern, September 1993

Auszugsweiser Nachdruck unter Quellenangabe
erlaubt. Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen-
und Materialzentrale, Bern (Best. Nr. 724.347d)

Form 724.347d 8.93 1000 U13743

Vorwort RAVEL

Das Aktionsprogramm "Bau und Energie" ist auf sechs Jahre befristet (1990-1995) und setzt sich aus den drei Impulsprogrammen (IP) zusammen:

- BAU Erhaltung und Erneuerung
- RAVEL Rationelle Verwendung von Elektrizität
- PACER Erneuerbare Energiequellen

Mit den Impulsprogrammen, die in enger Kooperation von Wirtschaft, Schulen und Bund durchgeführt werden, soll der qualitative Wertschöpfungsprozess unterstützt werden. Dieser ist gekennzeichnet durch geringen Aufwand an nicht erneuerbaren Rohstoffen und Energie sowie abnehmende Umweltbelastung, dafür gesteigerten Einsatz von Fähigkeitskapital.

Im Zentrum der Aktivität von RAVEL steht die Verbesserung der fachlichen Kompetenz, Strom rationell zu verwenden. Neben den bisher im Vordergrund stehenden Produktions- und Sicherheitsaspekten soll verstärkt die wirkungsgradorientierte Sicht treten. Aufgrund einer Verbrauchsmatrix hat RAVEL die zu behandelnden Themen breit abgesteckt. Neben den Stromanwendungen in Gebäuden kommen auch Prozesse in der Industrie, im Gewerbe und im Dienstleistungsbereich zum Zuge. Entsprechend vielfältig sind die angesprochenen Zielgruppen: Sie umfassen Fachleute auf allen Ausbildungsstufen wie auch die Entscheidungsträger, die über stromrelevante Abläufe und Investitionen zu befinden haben .

Kurse, Veranstaltungen, Publikationen, Videos usw.

Umgesetzt werden sollen die Ziele von RAVEL durch Untersuchungsprojekte zur Verbreiterung der Wissensbasis und darauf aufbauend Aus- und Weiterbildung sowie Informationen. Die Wissensvermittlung ist auf die Verwendung in der täglichen Praxis ausgerichtet. Sie baut hauptsächlich auf Publikationen, Kursen und Veranstaltungen auf. Es ist vorgesehen, jährlich eine RAVEL Tagung durchzuführen, an der jeweils zu einem Leitthema umfassend über neue Ergebnisse, Entwicklungen und Tendenzen in der jungen, faszinierenden Disziplin der rationellen Verwendung von Elektrizität informiert und diskutiert wird. Interessenten können sich über das breitgefächerte, zielgruppenorientierte Weiterbildungsangebot in der Zeitschrift IMPULS informieren. Sie erscheint zwei bis dreimal jährlich und ist (im Abonnement) beim Bundesamt für Konjunkturfragen, 3003 Bern, gratis erhältlich. Jedem Kurs- oder Veranstaltungsteilnehmer wird jeweils eine Dokumentation abgegeben. Diese besteht zur Hauptsache aus der für den entsprechenden Anlass erarbeiteten Fachpublikation. Die Publikationen können auch unabhängig von Kursbesuchen bei der Eidg. Drucksachen und Materialzentrale (EDMZ), 3003 Bern, bezogen werden.

Zuständigkeiten

Um das ambitionöse Bildungsprogramm bewältigen zu können, wurde ein Organisations und Bearbeitungskonzept gewählt, das neben der kompetenten Bearbeitung durch Spezialisten auch die Beachtung der Schnittstellen im Bereich der Stromanwendung sowie die erforderliche Abstützung bei Verbänden und Schulen der beteiligten Branchen sicherstellt. Eine aus Vertretern der interessierten Verbände, Schulen und Organisationen bestehende Kommission legt die Inhalte des Programmes fest und stellt die Koordination mit den übrigen Aktivitäten, die den rationellen Einsatz der Elektrizität anstreben, sicher. Branchenorganisationen übernehmen die Durchführung der Weiterbildungs und Informationsangebote. Für deren Vorbereitung ist das Programmleitungsteam verantwortlich. Die Sachbearbeitung wird im Rahmen von Ressorts durch Projektgruppen erbracht, die inhaltlich, zeitlich und kostenmässig definierte Einzelaufgaben (Untersuchungs- und Umsetzungsprojekte) zu lösen haben

Nach einer Vernehmlassung und dem Anwendungstest in einer Pilotveranstaltung ist die vorliegende Dokumentation sorgfältig überarbeitet worden. Dennoch hatten die Autoren freie Hand, unterschiedliche Ansichten über einzelne Fragen nach eigenem Ermessen zu beurteilen und zu berücksichtigen. Sie tragen denn auch die Verantwortung für die Texte. Unzulänglichkeiten, die sich bei der praktischen Anwendung ergeben, können bei einer allfälligen Überarbeitung behoben werden. Anregungen nehmen das Bundesamt für Konjunkturfragen oder der verantwortliche Redaktor/Kursleiter entgegen.

Für die wertvolle Mitarbeit zum Gelingen der vorliegenden Publikation sei an dieser Stelle allen Beteiligten bestens gedankt.

September 1992

Dr. H. Kneubühler

Stv. Direktor des Bundesamtes
für Konjunkturfragen

Inhaltsverzeichnis

Teil A	Allgemeiner Teil	7
	Einleitung	7
	Für wen ist dieses Handbuch ?	7
	Aufbau des Buches	8
	Warum ist der Energieverbrauch wichtig ?	8
	Wodurch wird der Stromverbrauch eines Haushalts beeinflusst ?	12
	Ersatz- und Neubeschaffung von Geräten	14
	Grobbeurteilung	15
	Ausführliche Beurteilung	17
	Lohnt sich eine Reparatur ?	25
	Umwelt und Wirtschaft	30
	Gesamtwirtschaftliche Aspekte	30
	Der Gerätebestand im Wandel	30
	Was heisst Ökologie bei der Beschaffung neuer Haushaltgeräte ?	33
	Ist der vorzeitige Ersatz eines älteren Gerätes durch ein neues ökologisch sinnvoll? 35	
	Die Aktivitäten des Bundes	37
Teil B	Gerätebeschreibungen	41
	Kühlen, Tiefkühlen	41
	Das Prinzip	41
	Der Energiebedarf	41
	Was beeinflusst den Energieverbrauch ?	42
	Wie bestimme ich das richtige Gerät ?	46
	Effizienz-Kriterium	46
	Kostenbetrachtungen	49
	Kochen	51
	Das Prinzip	51
	Der Energiebedarf	52
	Was beeinflusst den Energieverbrauch ?	53
	Wie bestimme ich das richtige Gerät ?	55
	Effizienz-Kriterium	56
	Backen	57
	Das Prinzip	57
	Der Energiebedarf	57

Was beeinflusst den Energieverbrauch ?	58
Wie bestimme ich das richtige Gerät ?	59
Effizienz-Kriterium	60
Geschirrspülen	61
Das Prinzip	61
Der Energiebedarf	61
Was beeinflusst den Energieverbrauch ?	62
Wie bestimme ich das richtige Gerät ?	63
Effizienz-Kriterium	64
Kostenbetrachtungen	66
Wäschewaschen	68
Das Prinzip	68
Der Energiebedarf	68
Was beeinflusst den Energieverbrauch ?	69
Wie bestimme ich das richtige Gerät ?	71
Effizienz-Kriterium	73
Kostenbetrachtungen	75
Wäschetrocknen	77
Das Prinzip	77
Der Energiebedarf	79
Was beeinflusst den Energieverbrauch ?	79
Wie bestimme ich das richtige Gerät ?	81
Effizienz-Kriterium	83
Kostenbetrachtungen	86
Teil C Literatur und Anhang	89
Literaturverzeichnis	89
Weiterführende Informationen	90
Kopiervorlagen Wirtschaftlichkeitsvergleiche	91
Beratungsstellen mit der CH-Gerätedatenbank	94

Teil A Allgemeiner Teil

Einleitung

Für wen ist dieses Handbuch ?

Das vorliegende Handbuch richtet sich an alle Personen, die bei der Beschaffung von Haushaltgeräten aktiv beteiligt sind. Es sind dies vor allem Liegenschaftsverwalter, Investoren, Architekten, Planer, Küchenplaner, aber auch Verkaufspersonal und interessierte Private.

Investoren und Berater

Das Handbuch leistet bei der Neu- oder Ersatzbeschaffung und bei der Frage, ob die Reparatur eines älteren Gerätes sinnvoll ist, Hilfestellung. Für die folgenden Haushaltgeräte wird die heute verwendete Technologie beschrieben und verständlich dargestellt, wie besonders effiziente Geräte erkannt werden können:

**Neu- und Ersatzbeschaffungen
Reparatur**

- Kühlschrank, Gefrierschrank oder -truhe
- Kochherd
- Backofen
- Geschirrspüler
- Waschmaschine
- Wäschetrockner

Es wird gezeigt, wie der Energie- und Wasserverbrauch, aber auch ökologische Kriterien bei der Auswahl der Geräte zu berücksichtigen sind. Dargestellt werden die oben erwähnten Haushaltgeräte, jedoch gilt das Gesagte sinngemäss auch für Geräte, die in anderen Bereichen wie zum Beispiel in der Hotellerie oder im Gewerbe eingesetzt werden.

**Energie- und Wasserverbrauch
Ökologie**

Das Handbuch behandelt vor allem Aspekte des Energieverbrauchs und erläutert, wie diese zu bestimmen und mit Hilfe von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zu interpretieren sind. Benutzeransprüche und Benutzerverhalten werden nur dargelegt, wenn der Investor durch seinen Kaufentscheid darauf Einfluss nimmt. Die übrigen Aspekte, die beim Kauf eines Haushaltgerätes eine Rolle spielen, wie Servicefreundlichkeit, Servicenähe, die Gebrauchs- und Alterungseigenschaften werden nur am Rande behandelt, müssen beim Kaufentscheid aber ebenfalls berücksichtigt werden.

Wirtschaftlichkeit

Aufbau des Buches

Teil A Allgemeiner Teil

Im Teil A findet der Leser allgemeine Informationen zum heutigen und zukünftigen Gerätebestand der schweizerischen Haushalte und grundsätzliche Gedanken zur Wirtschaftlichkeit von energiesparenden Massnahmen. Die technologische Entwicklung von Haushaltgeräten der letzten Jahre und deren Einfluss auf den Energieverbrauch werden dargelegt, ebenso die künftig zu erwartende Entwicklung der Technologie.

Teil A Ersatz- und Neubeschaffung von Geräten

Im Kapitel "Ersatz- und Neubeschaffung von Geräten" wird erläutert, wie das kostengünstigste Gerät bestimmt wird. Ausgehend vom Anschaffungspreis, dem spezifischen Energieverbrauch und den Energiepreisen wird gezeigt, wie die jährlichen Gesamtkosten für ein bestimmtes Gerät berechnet und bei der Kaufentscheidung berücksichtigt werden können. Nicht zuletzt werden Empfehlungen gegeben, wie bei der Frage von Ersatz oder Reparatur eines defekten Gerätes vorzugehen ist.

Teil A Umwelt und Wirtschaft

Der Teil "Umwelt und Wirtschaft" behandelt neben gesamtwirtschaftlichen Fragen auch ökologische Aspekte, die über den täglichen Energie- und Wasserverbrauch hinausgehen. Zu erwähnen sind Energie- und Rohstoffverbrauch bei der Herstellung der Geräte und die mit der Entsorgung verbundenen Umweltbelastungen.

Teil B Gerätebeschreibungen

Im folgenden Teil B "Gerätebeschreibungen" wird jedes der sechs obgenannten Haushaltgeräte ausführlich und in allgemein verständlicher Form beschrieben. Dem Leser werden die Zusammenhänge zwischen Gerätetechnologie und Energieverbrauch erläutert und dargestellt. Weitere Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung werden beschrieben und die künftig zu erwartende Entwicklung dargelegt. Es wird gezeigt, wie ein energiesparendes Gerät erkannt werden kann, und wie das energetisch und wirtschaftlich optimale Gerät bestimmt wird. Am Schluss jedes Kapitels finden sich Übersichten zu den Verbrauchswerten, Preisen und Energiekosten der heute (1993) erhältlichen Geräte.

Warum ist der Energieverbrauch wichtig ?

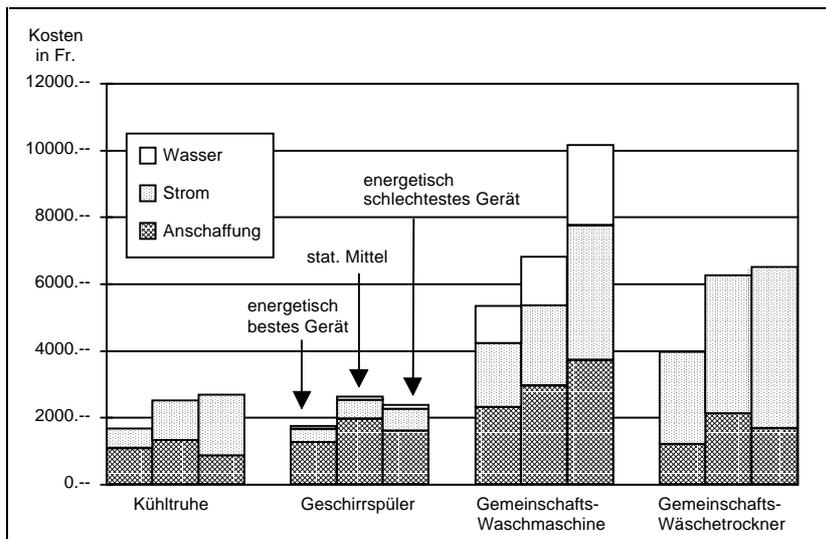
Belastung der Umwelt Betriebskosten

Neben den Belastungen der Umwelt werden durch den Betrieb von Haushaltgeräten Energie- und Wasserkosten verursacht. Über die Nutzungsdauer eines einzelnen Gerätes summiert, können diese Kosten bedeutend höher sein, als die Anschaffungskosten des Gerätes. Dies gilt vor allem für Geräte der älteren Generationen.

In der folgenden Figur sind für 4 typische Haushaltgeräte die Anschaffungskosten und die über die Nutzungsdauer aufsummierten Strom- und Wasserkosten dargestellt. Bei den beiden Gemeinschafts-

maschinen ist eine Benutzung durch 6 Familien angenommen. Der linke Balken ist das sparsamste, heute auf dem Markt erhältliche Gerät, der rechte Balken dasjenige mit den höchsten Verbrauchswerten. Der mittlere Balken ist das statistische Mittel aller käuflichen Geräte. Die Darstellung fusst auf den folgenden Berechnungsannahmen, die im Text zu den jeweiligen Geräten im Teil B noch näher erläutert werden:

- Für alle Geräte: Anschaffungspreise = Listenpreise minus 15 %, Wasserpreis Fr. 2,00 pro m³, Strompreis 18 bis 20 Rp. pro kWh (abhängig vom Nachtstromanteil).
- Kühltruhe: Grössenklasse 250 bis 350 Liter, Nutzungsdauer 15 Jahre.
- Geschirrspüler: Grössenklasse 12 Massgedecke, Nutzungsdauer 10 Jahre.
- Waschmaschine: Grössenklasse 5 kg, Auslastung 800 Waschgänge pro Jahr, entspricht etwa Benutzung durch 6 Familien, Nutzungsdauer 12 Jahre.
- Wäschetrockner: Grössenklasse 5 kg, Nutzungsdauer 12 Jahre, Auslastung 500 Trocknungsgänge pro Jahr, entspricht etwa Benutzung durch 6 Familien mit teilweiser Trocknung im Freien.



Figur 1:
Gesamtkosten von vier verschiedenen Haushaltgeräten über ihre Nutzungsdauer

- **Kühltruhe.** Die Gesamtkosten werden beim schlechtesten Gerät durch die Höhe der Energiekosten, beim Energiespargerät durch die Anschaffungskosten bestimmt. Das Gerät mit dem tiefsten Energieverbrauch ist in der Anschaffung günstiger als der Durchschnitt, ebenso wie das schlechteste Gerät. Beim besten Gerät betragen die Energiekosten etwa 50 %, beim schlechtesten mehr als das doppelte der Anschaffungskosten. Die um gut 200.- Fr. tieferen Anschaffungskosten müssen beim energieungünstigsten Gerät mit weit über 1000.- Fr. höheren Stromkosten bezahlt werden.
- **Geschirrspüler.** Die Gesamtkosten werden durch die Höhe der Anschaffungskosten bestimmt. Die Energie- und vor allem die Wasserkosten spielen für die Gesamtkosten eine geringere Rolle.

Interpretation

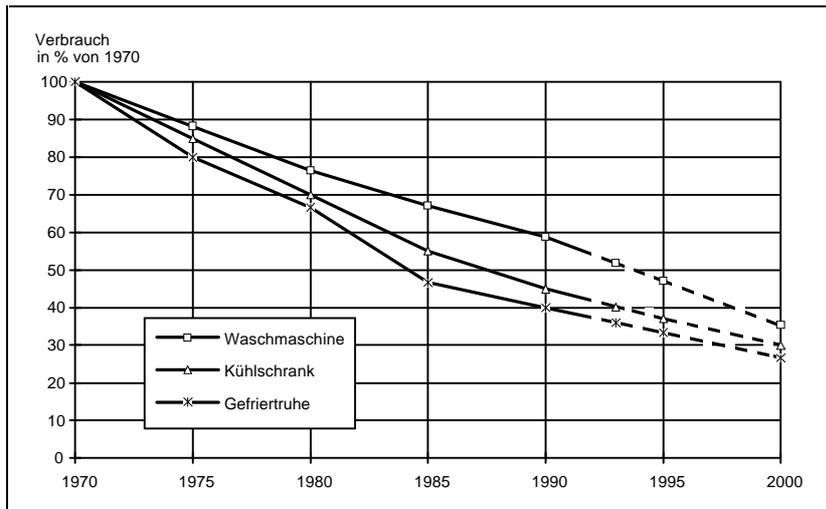
Das Gerät mit dem günstigsten Energie- und Wasserverbrauch ist auch in der Anschaffung günstiger als der Durchschnitt und sogar günstiger als das Gerät mit den höchsten Verbrauchswerten. Beim besten Gerät betragen die Energie- und Wasserkosten etwa 30 % der Anschaffungskosten. Beim schlechtesten Gerät liegen sie etwa 60 % höher. Die Stromkosten bei allen Geräten sind etwa 3 mal höher als die Wasserkosten.

- **Waschmaschine.** Die Gesamtkosten werden durch die Höhe der Energie- und Wasserkosten bestimmt. Diese liegen in der selben Grössenordnung wie die Anschaffungskosten. Das Gerät mit dem günstigsten Energie- und Wasserverbrauch ist auch in der Anschaffung günstiger als der Durchschnitt und sogar günstiger als das Gerät mit den höchsten Verbrauchswerten. Beim besten Gerät betragen die Energie- und Wasserkosten etwa Fr. 3'000.-; beim schlechtesten Gerät liegen sie etwa bei Fr. 6'400.-, also über 100 % höher. Das Gerät mit den höchsten Verbrauchswerten hat etwa die doppelten Gesamtkosten wie das mit den tiefsten.
- **Wäschetrockner.** Die Gesamtkosten werden durch die Höhe der Energiekosten dominiert. Das Gerät mit dem tiefsten Energieverbrauch ist in der Anschaffung deutlich günstiger, das schlechteste Gerät ist nur wenig günstiger, als der Durchschnitt. Beim besten Gerät betragen die Energiekosten etwa das 2,3-fache der Anschaffungskosten, beim schlechtesten sind sie 70 % höher als beim energieeffizientesten. Die Gesamtkosten des schlechtesten Gerätes liegen gut 2000.- Fr. oder 50 % höher als die des besten.

Grosse Anstrengungen der Hersteller

In den vergangenen zwanzig Jahren hat die gesamte Elektro-Haushaltgeräte-Industrie grosse Anstrengungen unternommen, um den spezifischen Energie- und Wasserverbrauch ihrer Apparate zu senken. So konnte allein in den letzten zehn Jahren beispielsweise bei Geschirrspülern der Verbrauch elektrischer Energie um etwa 35 %, bei Kühlschränken um etwa 30 %, bei Waschmaschinen um etwa 25 % und bei Backöfen um knapp 20 % gesenkt werden¹⁾. Die Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs seit 1970 und die bis ins Jahr 2000 erwartete Entwicklung von Waschmaschinen, Kühlschränken und Gefriertruhen ist in der nachfolgenden Figur verdeutlicht.

¹⁾ Schläpfer 1991



Figur 2:
Entwicklung des Energieverbrauchs einiger Haushaltgeräte in den vergangenen 20 Jahren und voraussichtliche Entwicklung bis ins Jahr 2000 (Quelle: Schlöpfer)

Aus der Figur können folgende Erkenntnisse und Folgerungen abgeleitet werden:

- Der durchschnittliche Energieverbrauch aller marktgängigen Haushaltgeräte (auch der nicht dargestellten) wurde in den vergangenen Jahren kontinuierlich reduziert. Bei einzelnen Geräten sank er innerhalb von 15 Jahren um bis zu 50 % !
- Aus der Figur ist nicht ersichtlich, dass zwischen einzelnen, auf dem Markt erhältlichen Geräten zum Teil erhebliche Unterschiede im Energieverbrauch bestehen. Wie die bei den einzelnen Geräten im Teil B dargestellten Marktanalysen zeigen, liegen die erhältlichen Geräte hinsichtlich ihres Energieverbrauchs zum Teil um mehr als das Zweifache auseinander. Zum einen sind gleichzeitig Geräte verschiedener Generationen auf dem Markt, und zum anderen unterscheiden sich auch neueste Modelle hinsichtlich ihres Energieverbrauchs.
- Der technische Fortschritt geht weiter. Auch in Zukunft ist mit einer weiteren Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs der Haushaltgeräte zu rechnen, wenn auch in geringerem Ausmass als in den vergangenen Jahren. Ein grosser Fortschritt wird bei den Materialien hinsichtlich Rezyklierbarkeit (sinnvolle Wiederverwertung) und bei den Dämmstoffen und Kältemitteln hinsichtlich Umweltverträglichkeit erwartet.
- Neue Geräte sind in ihrem spezifischen Energieverbrauch tendenziell günstiger als ältere. Daher führt der Ersatz älterer Geräte meist auch zu einer Reduktion des Energieverbrauchs.
- Beim Neukauf besteht ein grosser Spielraum hinsichtlich der Qualität und des Gebrauchswertes der Geräte. Der Unterschied im Energieverbrauch der einzelnen in Frage kommenden Geräte ist in allen Preiskategorien gross. **Es ist wichtig zu wissen, dass die sparsameren Geräte meist in allen Preiskategorien anzutreffen sind.**
- In Zukunft ist mit noch sparsameren und umweltfreundlicheren Geräten zu rechnen. Auch die heute modernsten Geräte werden irgendwann veralten und sind dann wieder zu erneuern.

Drastische Senkung des Energieverbrauchs in den vergangenen Jahren

Grosse Unterschiede zwischen einzelnen Geräten

Auch in Zukunft noch Verbesserungen möglich

Neue Geräte meist sparsamer

Grosser Spielraum beim Neukauf

Auch neue Geräte veralten

**Sparsamere Geräte
bessere Vermietbarkeit**

- Der Energieverbrauch der Geräte, die in einer Wohnung anzutreffen sind, kann ein Kriterium für deren Vermietbarkeit sein. Sind energiesparende Geräte installiert, kann der Mieter mit geringeren Energiekosten rechnen, als bei einer vergleichbaren Wohnung ohne energiesparende Geräte. Einige Mieter legen sogar auf sparsamere Geräte einen besonderen Wert, um so einen Beitrag zum Schutz der natürlichen Ressourcen zu leisten.

Wodurch wird der Stromverbrauch eines Haushalts beeinflusst ?**Braucht es das Gerät ?**

Die erste und entscheidende Frage ist jeweils, ob ein bestimmtes Haushaltgerät überhaupt benötigt wird. Wird ein neues Gerät angeschafft, muss in der Folge die Gesamtenergiebilanz eines Haushaltes nicht zwingend schlechter werden, wie später noch gezeigt wird.

Heute gehören Kochherd, Backofen und Kühlschrank zur Standardausrüstung eines schweizerischen Haushaltes, und die Waschmaschine ist meist ein fester Bestandteil in einem Wohnblock. Die Frage, ob es ein Gerät braucht oder nicht, stellt sich eigentlich nur für folgende Haushaltgeräte:

- Geschirrspüler
- Wäschetrockner (Tumbler)
- Tiefkühler (Schrank oder Truhe)
- Mikrowellengerät.

Grösse und Ausstattung des Gerätes

Der Energieverbrauch ist oft direkt abhängig von der Grösse des Haushaltgerätes. Ein grosses Gerät braucht in der Regel mehr Energie als das vergleichbare kleinere Modell. Einzelne Anforderungen und Ausrüstungen, zum Beispiel 1*- oder 4*-Tiefkühlfach im Kühlschrank, beeinflussen den Energieverbrauch wesentlich. Auch Komfortansprüche, wie zum Beispiel besseres Trocknen des Geschirrs im Geschirrspüler oder genügend Raum im Tiefkühler, werden meist nur mit zusätzlichem Energieeinsatz erfüllt. Die Wahl der richtigen Gerätegrösse und des richtigen Standards ist deshalb bewusst zu treffen. In der Regel sollten Geräte nur so gross wie unbedingt nötig beschafft werden.

Technologie des Gerätes

Sind die optimale Grösse und die Mindestanforderungen festgelegt, ist der nächste bestimmende Faktor beim Energieverbrauch die Gerätetechnologie, respektive deren energetische Effizienz. Es ist zu prüfen, ob eine Technologie verwendet wird, die zum Erreichen eines bestimmten Zieles mehr oder weniger Energie beansprucht und ob das Gerät nach dem neuesten Stand der Technik konstruiert und gebaut ist.

Zu guter Letzt bestimmt der Benutzer durch sein eigenes Verhalten (unter anderem abhängig von Lebensgewohnheiten, Familiengröße, etc.) und dem Umgang mit dem Gerät entscheidend dessen Energieverbrauch. Wichtig ist, dass die Möglichkeiten zum sparsamen Benutzerverhalten bei der Geräteauswahl mitberücksichtigt werden. So sollte beispielsweise eine Waschmaschine über eine 1/2-Voll-Taste verfügen, damit der Benutzer die Möglichkeit hat, bei nur zum Teil gefüllter Maschine ein reduziertes Waschprogramm einzuschalten.

Benutzerverhalten

Ersatz- und Neubeschaffung von Geräten

Systematisches Vorgehen

Stellt sich die Frage einer Neuanschaffung von Haushaltgeräten, beispielsweise bei der Planung in einem Neubau oder beim Ersatz von defekten Apparaten, sollte folgendes Vorgehen gewählt werden (siehe auch Figur 3): Zunächst ist festzulegen, welche Geräte notwendigerweise zu beschaffen sind und auf welche verzichtet werden kann. Nach dem ja/nein-Entscheid gilt es, als nächstes die richtige Grösse und den passenden Standard festzulegen. Als Grundlagen für diese Entscheide dienen die Ausführungen zu den einzelnen Geräten in den folgenden Kapiteln.

Sind die grundsätzlichen Geräteanforderungen einmal festgelegt, geht es darum, das konkrete Gerät zu bestimmen. Neben dem Studium des vorliegenden Handbuches müssen hierzu gezielt alle Informationen über die auf dem Markt erhältlichen Geräte, die die festgelegten Spezifikationen erfüllen, gesammelt werden.

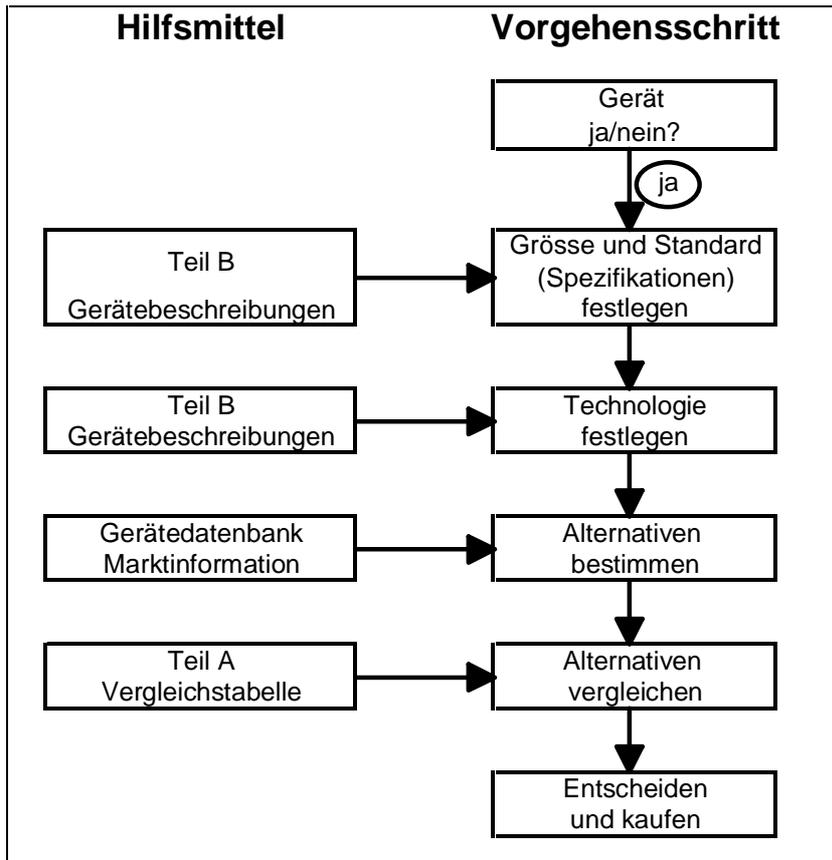
Schweizerische Gerätedatenbank

Hierfür eignet sich die Schweizerische Gerätedatenbank, in der die meisten auf dem Schweizer Markt erhältlichen Haushaltgeräte enthalten sind, besonders gut. Eine Liste der Beratungsstellen, die über die Schweizerische Gerätedatenbank verfügen, findet sich im Anhang. Bei allen diesen Energieberatungsstellen kann man sich eine - z.B. nach dem Energieverbrauch geordnete - Liste derjenigen Geräte ausdrucken lassen, die die definierten Spezifikationen und Abmessungen erfüllen. Diese Datenbank wird zweimal jährlich aktualisiert, so dass die Listen praktisch immer auf dem neuesten Stand sind.

Berücksichtigung der Anschaffungs- und Betriebskosten

Im folgenden wird dargestellt, wie die verschiedenen, in Frage kommenden Geräte (Fabrikate) verglichen werden können. Hierbei müssen neben den Anschaffungs- auch die Betriebskosten, das heisst, die Kosten des Energie- und Wasserverbrauches berücksichtigt werden. Über die gesamte Nutzungsdauer können sich diese Betriebskosten zu einem weit höheren Betrag als die Anschaffungskosten summieren. Für diesen Vergleich werden zwei Varianten vorgeschlagen:

- Eine Grobbeurteilung, bei der mit einem vereinfachten Überschlagsverfahren die in Frage kommenden Geräte verglichen werden. Dieses Verfahren ist einfach und schnell durchzuführen, vernachlässigt jedoch einerseits den Zeitwert des Geldes und andererseits die zu erwartenden Preissteigerungen.
- Das ausführliche Verfahren ist etwas aufwendiger in der Berechnung, bietet aber die Möglichkeit den Zinsen für das investierte Kapital und die zu erwartenden Preissteigerungen korrekt zu berücksichtigen.



Figur 3:
Vorgehensschritte und dabei
notwendige Informationen bei
der Beschaffung von Haushalt-
geräten

Grobbeurteilung

Zum Vergleich zweier Geräte genügt der Kaufpreis alleine nicht. Die Betriebskosten (Wasser- und Elektrizität) müssen zum Kaufpreis addiert werden. Unten finden Sie ein Beispiel für die so ermittelten Gesamtkosten.

Anschaffungskosten und Betriebskosten über die gesamte Nutzungsdauer

Diese Verfahren ist sehr anschaulich, da hierbei die Grössenverhältnisse der Geldbeträge gut sichtbar werden.

Beispiel: Anschaffung einer Waschmaschine für ein 4-Familien-Haus. Die drei in der Tabelle 1 aufgeführten Waschmaschinen sind in Qualität und Fassungsvermögen vergleichbar und heute auf dem Markt erhältlich. Die Elektrizitäts- und Wasserverbräuche entsprechen den Herstellerangaben, die Preise sind Katalogpreise minus 15 %. Die Elektrizitätstarife entsprechen den Tarifen der Stadt Zürich, als Wasserpreis wurden 2.- Fr./m³ angenommen.



Tabelle 1:
Vergleichstabelle für die Auswahl von Haushaltgeräten bei geplanten Ersatz- und Neuanschaffungen zur Grobbeurteilung der Alternativen

Vergleichstabelle für die Auswahl von Haushaltgeräten Grobbeurteilung							
Strasse, Nr.		_____					
Ort		_____					
Bezeichnung der Wohnung		_____					
Mieter		_____					
Gerätetyp		<u>Waschmaschine</u>					
Zeile							
1	erwartete Nutzungsdauer			<u>12</u>	Jahre		
2	Energiepreis heute			<u>20</u>	Rp./kWh		
3	Wasserpreis heute			<u>2</u>	Fr./m ³		
		Berechnung/ Quelle	Einheit	Geräte Nr.			
				1	2	3	
4	Hersteller	Prospekt		xy	ab	zz	
5	Bezeichnung	Prospekt		123	789	246	
6	Anschaffungskosten	Händler	Fr.	2'650	3'045	2'540	
7	Energieverbrauch pro Jahr	Prospekt 1)	kWh/a	1'125	950	1'400	
8	Wasserverbrauch pro Jahr	Prospekt 1)	m ³ /a	81	75	90	
9	Energiekosten pro Jahr	Zeile 2•7/100	Fr./a	225	190	280	
10	Wasserkosten pro Jahr	Zeile 3•8	Fr./a	162	150	180	
11	Energiekosten über die Nutzungsdauer	Zeile 1•9	Fr.	2'700	2'280	3'360	
12	Wasserkosten über die Nutzungsdauer	Zeile 1•10	Fr.	1'944	1'800	2'160	
13	Gesamtkosten über die Nutzungsdauer	Zeile 6+11+12	Fr.	7'294	7'125	8'060	
14	Gerät erfüllt Spezifikationen	Prospekt					
15	Beurteilung Service						
16	Bemerkungen						
17							
18	Priorität	Entscheidung		2	1	3	

1) zur Berechnung des Jahresverbrauchs siehe auch bei den entsprechenden Abschnitten zu jedem Gerät im Teil B

Die Erläuterungen, wie die einzelnen Zeilen der Tabelle "Grobbeurteilung" auszufüllen sind, finden Sie unter den Erläuterungen zu Tabelle 2.

Interpretation

- Die Preise der drei Geräte (offizieller Listenpreis minus 15 %) schwanken zwischen 2'540.- und 3'045.- Fr., das teuerste Gerät kostet also 505.- Fr. mehr als das günstigste.
- Der Energieverbrauch schwankt zwischen 950 und 1'400 kWh pro Jahr, das schlechteste Gerät braucht also 450 kWh oder 50 % mehr Strom als das beste.
- Der Wasserverbrauch schwankt zwischen 75 und 90 m³ pro Jahr, das schlechteste Gerät braucht also 15 m³ oder 20 % mehr Wasser als das beste.

- Die Energie- und Wasserkosten über die Nutzungsdauer schwanken zwischen 4'080.- und 5'520.- Fr. Beim verbrauchsgünstigsten Gerät liegen sie bei etwa 135 % des Kaufpreises, beim verbrauchsschlechtesten Gerät bei 215 % des Kaufpreises. Bei diesem Gerät muss also während dessen Nutzungsdauer etwa der doppelte Betrag des Kaufpreises an Energiekosten aufgewendet werden (gerechnet mit heutigen Energiepreisen).
- Die Gesamtkosten über die Nutzungsdauer schwanken zwischen 7'125.- und 8'060.- Fr. Das in der Anschaffung teuerste Gerät (Gerät Nr. 2) hat aufgrund seines geringen Energieverbrauchs die geringsten Gesamtkosten. Gegenüber dem in der Anschaffung billigsten Gerät (Gerät Nr. 3) ist es um 935.- Fr. günstiger.

Ausführliche Beurteilung

Bei der ausführlichen Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der in den Vergleich einbezogenen Geräte werden die Anschaffungskosten mit Hilfe der sogenannten Annuitätenmethode unter Berücksichtigung der Zinsen und der Nutzungsdauer in gleichgrosse jährliche Zahlungsströme umgerechnet. Zu diesen werden die jährlichen Betriebskosten (Wasser- und Elektrizitätskosten) addiert, um so die jährlichen Gesamtkosten zu erhalten. Hierbei können mit Hilfe von Mittelwertfaktoren die zu erwartenden jährlichen Preissteigerungen von Energie und Wasser berücksichtigt werden. Dieses Verfahren ist exakter als die Grobbeurteilung, jedoch etwas aufwendiger in der Berechnung (ca. 10 Min. für vier Varianten).

Berücksichtigung der Zinsen und der Preissteigerungen

Beispiel: Vergleich verschiedener Gemeinschafts-Waschmaschinen für ein 4-Familien-Haus (gleiches Beispiel wie Grobbeurteilung).



Tabelle 2:
Vergleichstabelle für die Auswahl von Haushaltgeräten bei geplanten Ersatz- und Neuanschaffungen zur ausführlichen Beurteilung der Alternativen

Vergleichstabelle für die Auswahl von Haushaltgeräten ausführliche Beurteilung							
Strasse, Nr.		_____					
Ort		_____					
Bezeichnung der Wohnung		_____					
Mieter		_____					
Gerätetyp		Waschmaschine					
<i>Zeile</i>							
1	erwartete Nutzungsdauer			12	Jahre		
2	Kalkulationszins			7	%		
3	Annuitätsfaktor	aus Tabelle 3		0,126			
4	Energiepreis heute			18,3	Rp./kWh		
5	erwartete Energiepreissteigerung			5	%		
6	Mittelwertfaktor	aus Tabelle 4		1,34			
7	mittlerer Energiepreis	Zeile 4•6		24,5	Rp./kWh		
8	Wasserpreis heute			2,00	Fr./m³		
9	erwartete Wasserpreissteigerung			10	%		
10	Mittelwertfaktor	aus Tabelle 4		1,82			
11	mittlerer Wasserpreis	Zeile 8•10		3,64	Fr./m³		
		Berechnung/ Quelle	Einheit	Gerät Nr.			
				1	2	3	4
12	Hersteller	Prospekt		xy	ab	zz	
13	Bezeichnung	Prospekt		123	789	246	
14	Anschaffungskosten	Händler	Fr.	2'650	3'045	2'540	
15	Energieverbrauch pro Jahr	Prospekt 1)	kWh/a	1'125	950	1'400	
16	Wasserverbrauch pro Jahr	Prospekt 1)	m³/a	81	75	90	
17	Amortisation und Zins	Zeile 3•14	Fr./a	334	384	320	
18	Energiekosten pro Jahr	Zeile 7•15/100	Fr./a	276	233	343	
19	Wasserkosten pro Jahr	Zeile 11•16	Fr./a	295	273	328	
20	Gesamtkosten pro Jahr	17+18+19	Fr./a	905	890	991	
21	ökologische Beurteilung			+	++	-	
22	Gerät erfüllt Spezifikationen	Prospekt		++	++	+	
23	Beurteilung Service			o	o	++	
24	Bemerkungen						
25							
26							
27							
28	Priorität	Entscheidung		2	1	3	

1) zur Berechnung des Jahresverbrauchs siehe auch bei den entsprechenden Abschnitten zu jedem Gerät im Teil B

Erläuterung der Tabelle:

Hier ist die erwartete Nutzungsdauer des betreffenden Gerätes einzutragen. Im allgemeinen sind die zu erwartenden Nutzungsdauern der in den Vergleich einbezogenen Geräte identisch. Andernfalls muss ein gemeinsamer Betrachtungshorizont gewählt werden.

Eine Übersicht über die im Regelfall zu erwartenden mittleren Nutzungsdauern der Haushaltgeräte gibt die folgende Aufstellung (Angaben FEA).

Kühlschrank	12 Jahre
Gefrierschrank/-truhe	15 Jahre
Kochherd	15 Jahre
Backofen	15 Jahre
Geschirrspüler	10 Jahre
Waschmaschine	12 Jahre
Wäschetrockner	12 Jahre

Beispiel: Waschmaschine
erwartete Nutzungsdauer 12 Jahre

Hier ist derjenige Zinssatz einzusetzen, mit welchem der Investor das investierte Kapital verzinsen möchte. In der Regel sollte hier etwa der Hypothekarzins eingesetzt werden.

Beispiel: Hypothekarzins 6,5 %
Kalkulationszins 7 %

Der Annuitätsfaktor gibt an, welcher Teil des Investitionsbetrages jährlich zurückfließen muss, um die Investition zu tilgen und die Zinsen für das aufgenommene Kapital zu bezahlen. Die Höhe des Annuitätsfaktors wird durch den Zinssatz und durch die erwartete Nutzungsdauer des Gerätes bestimmt.

Nutzungsdauer in Jahren	Kalkulationszinssatz						
	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
1	1,040	1,050	1,060	1,070	1,080	1,090	1,100
2	0,530	0,538	0,545	0,553	0,561	0,568	0,576
3	0,360	0,367	0,374	0,381	0,388	0,395	0,402
4	0,275	0,282	0,289	0,295	0,302	0,309	0,315
5	0,225	0,231	0,237	0,244	0,250	0,257	0,264
6	0,191	0,197	0,203	0,210	0,216	0,223	0,230
7	0,167	0,173	0,179	0,186	0,192	0,199	0,205
8	0,149	0,155	0,161	0,167	0,174	0,181	0,187
9	0,134	0,141	0,147	0,153	0,160	0,167	0,174
10	0,123	0,130	0,136	0,142	0,149	0,156	0,163
11	0,114	0,120	0,127	0,133	0,140	0,147	0,154
12	0,107	0,113	0,119	0,126	0,133	0,140	0,147
13	0,100	0,106	0,113	0,120	0,127	0,134	0,141
14	0,095	0,101	0,108	0,114	0,121	0,128	0,136
15	0,090	0,096	0,103	0,110	0,117	0,124	0,131

Beispiel: Nutzungsdauer 12 Jahre
Kalkulationszinssatz 7 % pro Jahr
Annuitätsfaktor 0,126 pro Jahr

Zeile 1
erwartete Nutzungsdauer

Zeile 2
Kalkulationszins

Zeile 3
Annuitätsfaktor

*Tabelle 3:
Annuitätsfaktoren in Abhängigkeit von der erwarteten Nutzungsdauer und dem Kalkulationszinssatz*



**Zeile 4
Energiepreis heute**

Beim Elektrizitätspreis (in Rp. pro kWh) sollte ein Mischpreis aus dem aktuellen Hochtarif (HT) während dem Tag, dem Niedertarif (NT) während den Nachtstunden (eventuell auch am Wochenende) und gegebenenfalls dem Sommer- und Wintertarif errechnet werden. Beim Mischungsverhältnis ist der Gerätetyp zu berücksichtigen; Kochherde und Backöfen werden praktisch nur zu Hochtarifzeiten benutzt, Kühlgeräte dagegen laufen gleichmässig über den Tag verteilt, Waschmaschinen, Wäschetrockner und Geschirrspülmaschinen können zwar prinzipiell auch während der Niedertarifzeit betrieben werden; dies dürfte jedoch eher die Ausnahme sein. Die Elektrizitätspreise und die Tarifzeiten sind in der Regel aus der Elektrizitätsrechnung ersichtlich, können aber auch beim lokalen Elektrizitätswerk erfragt werden.

Die Kosten der elektrischen Leistung (Leistungstarif in Franken pro Kilowatt) können beim Betrieb von Haushaltgeräten in der Regel ausser acht gelassen werden.

Beispiel: Hochtarif (HT) 20 Rp./kWh
 Niedertarif (NT) 10 Rp./kWh
 Verbrauch von HT zu NT für Wäschewaschen 5:1
 mittlerer Strompreis
 $(5 \times 20 \text{ Rp./kWh} + 1 \times 10 \text{ Rp./kWh}) : 6 = 18,3 \text{ Rp./kWh}$

**Zeile 5
erwartete Energiepreissteigerung**

Über die erwartete Nutzungsdauer des Gerätes muss mit Preissteigerungen sowohl der Investitionen als auch der Energieträger gerechnet werden. Die Preissteigerung der Investitionen ist bereits im Kalkulationszins berücksichtigt. Die Berücksichtigung der Energiepreissteigerungen muss an dieser Stelle erfolgen. Als Annahme zur Preissteigerung für Elektrizität für die künftigen Jahre wird ein Satz empfohlen, der etwa 1 bis 2 % unter dem Kalkulationszins liegt.

**Zeile 6
Mittelwertfaktor
(Elektrizitätspreis)**

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines Gerätes müssen auch dessen Energiekosten über seine Nutzungsdauer betrachtet werden. Hierbei muss die Energiepreissteigerung während der erwarteten Nutzungsdauer des Gerätes durch einen Korrekturfaktor, den sogenannten Mittelwertfaktor berücksichtigt werden. Dieser gibt an, wie der aktuelle Energiepreis zu korrigieren ist, um einen über die erwartete Nutzungsdauer des Gerätes gemittelten Energiepreis zu erhalten. Der Faktor wird bestimmt aus der erwarteten Nutzungsdauer, dem Kalkulationszins und der erwarteten jährlichen Energiepreissteigerung.

*Tabelle 4:
Mittelwertfaktor des Energiepreises in Abhängigkeit von der erwarteten Nutzungsdauer und der jährlich erwarteten Energiepreissteigerung*

Erwartete jährliche Steigerung des Energiepreises in Prozent	Kalkulationszins 5 %				Kalkulationszins 7 %				Kalkulationszins 9 %			
	Nutzungsdauer in Jahren				Nutzungsdauer in Jahren				Nutzungsdauer in Jahren			
	5	10	12	15	5	10	12	15	5	10	12	15
3%	1,09	1,17	1,20	1,24	1,09	1,16	1,19	1,23	1,09	1,16	1,18	1,22
4%	1,12	1,23	1,27	1,34	1,12	1,22	1,26	1,32	1,12	1,21	1,25	1,30
5%	1,15	1,30	1,35	1,45	1,15	1,29	1,34	1,42	1,15	1,28	1,33	1,40
6%	1,19	1,36	1,44	1,56	1,19	1,35	1,42	1,53	1,18	1,34	1,40	1,50
7%	1,22	1,44	1,53	1,69	1,22	1,42	1,51	1,65	1,22	1,41	1,49	1,61
8%	1,26	1,52	1,63	1,82	1,25	1,50	1,61	1,78	1,25	1,48	1,58	1,73
9%	1,29	1,60	1,74	1,97	1,29	1,58	1,71	1,92	1,29	1,56	1,68	1,86
10%	1,33	1,69	1,86	2,14	1,33	1,66	1,82	2,07	1,32	1,64	1,78	2,00
11%	1,37	1,78	1,98	2,32	1,36	1,75	1,93	2,24	1,36	1,72	1,89	2,16
12%	1,41	1,88	2,11	2,52	1,40	1,85	2,06	2,42	1,40	1,81	2,01	2,33

Beispiel:	Kalkulationszins	7 %
	Nutzungsdauer	12 Jahre
	erwartete Energiepreissteigerung	5 % pro Jahr
	Mittelwertfaktor	1,34

Der für die Berechnung massgebende mittlere Energiepreis ergibt sich durch die Multiplikation des aktuellen Energiepreises aus Zeile 4 mit dem Mittelwertfaktor aus Zeile 6.

Zeile 7
mittlerer Energiepreis

Beispiel:	heutiger Energiepreis	18,3 Rp./kWh
	Mittelwertfaktor	1,34
	für die Berechnung	
	massgebender Energiepreis	
	18,3 Rp./kWh x 1,34 = 24,5 Rp./kWh	

Der aktuelle Wasserpreis wird in Fr./m³ angegeben (1 m³ = 1000 Liter). Er umfasst den Preis des Frischwassers und die Abwassergebühren. Die Wasser- und Abwassertarife sind in der Regel aus der Wasserrechnung ersichtlich, können aber auch beim lokalen Wasserwerk erfragt werden.

Zeile 8
Wasserpreis heute

Beispiel:	Frischwasserpreis	-0,80 Fr./m ³
	Abwassergebühren	1,20 Fr./m ³
	massgebender Wasserpreis	2,00 Fr./m ³
	(In Zürich liegen die Preise bereits bei 1,20 bzw. 2,00 Fr./m ³)	

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines wasserverbrauchenden Haushaltgerätes muss auch die Wasserpreissteigerung während der erwarteten Nutzungsdauer des Gerätes berücksichtigt werden. Dies geschieht analog der Berücksichtigung der erwarteten Energiepreissteigerung. Als Annahme zur Preissteigerung für Wasser für die künftigen Jahre wird ein Satz empfohlen, der etwa 2 bis 4 % über dem Kalkulationszins liegt.

Zeile 9
erwartete Wasserpreissteigerung

Beispiel:	Kalkulationszins	7 %
	erwartete Nutzungsdauer	12 Jahre
	geschätzte	
	Wasserpreissteigerung	10 % pro Jahr

Zur Bedeutung und Bestimmung des Mittelwertfaktors siehe Zeile 6
Mittelwertfaktor (aus Tabelle 4) 1,82

Zeile 10
Mittelwertfaktor
(Wasserpreis)

Der für die Berechnung massgebende mittlere Wasserpreis ergibt sich durch die Multiplikation des aktuellen Wasserpreises aus Zeile 8 mit dem Mittelwertfaktor aus Zeile 10.

Zeile 11
mittlerer Wasserpreis

Beispiel:	heutiger Wasserpreis	2,00 Fr./m ³
	Mittelwertfaktor	1,82
	für die Berechnung	

massgebender Wasserpreis
 $2,00 \text{ Fr./m}^3 \times 1,82 = 3,64 \text{ Fr./m}^3$

Zeile 12
Hersteller

Name des Herstellers, wo nötig Name des Lieferanten.

Zeile 13
Bezeichnung

Genaue Typenbezeichnung, so dass auch zu einem späteren Zeitpunkt rekonstruiert werden kann, welches Gerät evaluiert wurde.

Zeile 14
Anschaffungskosten

Tatsächliche Anschaffungskosten des Gerätes: Listenpreis abzüglich aller Rabatte, Vergünstigungen und einer eventuellen Steuerersparnis²⁾ plus Lieferung und Montage (falls für die einzelnen Geräte Unterschiede bestehen).

Beispiel:	Listenpreis	3'500.- Fr.
	Rabatte	250.- Fr.
	Steuerersparnis	600.- Fr.
	Anschaffungskosten	2'650.- Fr.

Zeile 15
Elektrizitätsverbrauch pro Jahr

Voraussichtlicher jährlicher Elektrizitätsverbrauch des Gerätes. Achtung: es sind nicht die Angaben des spezifischen Verbrauchs zu verwenden. Der jährliche Verbrauch lässt sich aus den Herstellerangaben, die meist im Prospekt zu finden sind, selbst berechnen oder abschätzen. Eine ausführliche Beschreibung der Berechnung findet sich im vorliegenden Handbuch im Teil B am Ende des Abschnittes "Effizienzkriterium" bei der Beschreibung der einzelnen Geräte.

Beispiel:	Elektrizitätsverbrauch einer 5-kg-Waschmaschine	1,25 kWh pro Waschgang
	Anfall Trockenwäsche	3'600 kg/Jahr
	Durchschnittliche Belegung	80 % = 4 kg/Waschgang
	Anzahl Waschgänge	3'600 kg/Jahr/ 4 kg/Waschgang = 900 Waschgänge pro Jahr
	Elektrizitätsverbrauch pro Jahr	900 Waschgänge/Jahr x 1,25 kWh/Waschgang = 1'125 kWh/Jahr

²⁾ Bei Sanierungen können Investitionen in neue Haushaltgeräte gegebenenfalls (bei steuerlichem Unterhaltsabzug nach effektivem Aufwand) als Unterhaltsaufwendungen von der Steuer abgezogen werden.

Berechnung analog zum Elektrizitätsverbrauch in Zeile 15.

Beispiel	spezifischer Wasserverbrauch einer Waschmaschine (5 kg)	90	Liter/Waschgang
	Anfall Trockenwäsche	3'600	kg/Jahr
	Durchschnittliche Belegung	80 %	
		= 4 kg/Waschgang	
	Anzahl Waschgänge	3'600 kg/Jahr / 4 kg/Waschgang	
		= 900 Waschgänge	pro Jahr
	Wasserverbrauch pro Jahr	900 Waschgänge/Jahr x 90 Liter/Waschgang/	
		1000 Liter/m ³ = 81 m ³ /Jahr	

Zeile 16

Wasserverbrauch pro Jahr

Die Annuität ist die rechnerische Verteilung der Anschaffungskosten über die Nutzungsdauer des Gerätes unter Berücksichtigung der Zinsen für das gebundene Kapital. Die Annuität errechnet sich aus der Multiplikation der Anschaffungskosten mit dem Annuitätsfaktor.

Beispiel	Anschaffungskosten	2'650.-	Fr.
	Annuitätsfaktor	0,126	
	Annuität	2'650.- Fr. x 0,126 = 334.-	Fr./Jahr

Zeile 17

Amortisation und Zins pro Jahr (Annuität)

Die Elektrizitätskosten pro Jahr berechnet man aus dem Elektrizitätsverbrauch pro Jahr in kWh, multipliziert mit dem Strompreis in Rp. pro kWh.

Beispiel	jährl. Elektrizitätsverbrauch	1'125	kWh/Jahr
	mittlerer Elektrizitätspreis	24,5	Rp./kWh
	jährliche Elektrizitätskosten	1'125 kWh x 24,5 Rp./kWh / 100 = 276.-	Fr./Jahr

Zeile 18

Elektrizitätskosten pro Jahr

Analog zu berechnen wie Zeile 18 Elektrizitätskosten pro Jahr

Beispiel	Wasserverbrauch pro Jahr	81	m ³ /Jahr
	mittlerer Wasserpreis	3,64	Fr./m ³
	jährliche Wasserkosten	1 m ³ /Jahr x 3,64 Fr./m ³ = 295.-	Fr./Jahr

Zeile 19

Wasserkosten pro Jahr

Die Gesamtkosten sind die Summe aus Annuität, Energie- und Wasserkosten. Das Gerät mit den niedrigsten Gesamtkosten ist aus ökonomischer Sicht das wirtschaftlichste.

Zeile 20

Gesamtkosten pro Jahr

Beispiel	Annuität	334.-	Fr./Jahr
	jährliche Elektrizitätskosten	276.-	Fr./Jahr
	jährliche Wasserkosten	295.-	Fr./Jahr
	Gesamtkosten pro Jahr	905.-	Fr./Jahr

Zeile 21
Ökologische Beurteilung

Diese Bewertung umfasst die Umweltbelastungen bei der Herstellung und der Entsorgung des neuen Gerätes, zum Beispiel, ob und wieviel FCKW gebraucht wurde und zu entsorgen ist, oder wieviele Komponenten rezyklierbar sind, wieviel Energie zur Herstellung des Gerätes gebraucht wird, etc. Oft sind nur wenige Kriterien bekannt und schwer zu quantifizieren, das heisst, in Zahlenwerten oder in Faktoren anzugeben. Aus diesen Gründen sind die verschiedenen Geräte qualitativ zu bewerten mit

- ++ positiv
- + eher positiv
- o neutral
- eher negativ
- negativ

Grundlagen für die ökologische Beurteilung im allgemeinen liefert das Kapitel Umwelt und Wirtschaft; Beurteilungskriterien für die einzelnen Geräte finden sich bei den Gerätebeschreibungen im Teil B dieses Buches.

Zeile 22
Gerät erfüllt die Spezifikation

Da die einzelnen Geräte sich in der Regel nicht nur hinsichtlich ihrer Preise und ihrer Verbrauchswerte unterscheiden, bietet sich auf dieser Zeile die Möglichkeit, die positiven und negativen Abweichungen vom geforderten Gerätestandard zu bewerten (z.B. Abweichung der Gerätegrösse von der Idealgrösse, Geräuschentwicklung des Gerätes, Dekor, Farbe, Aussehen, etc.). Wie in Zeile 21 ist dies qualitativ zu gewichten mit

- ++ Gerät erfüllt Spezifikationen weit mehr als gefordert
- + Gerät erfüllt Spezifikationen mehr als gefordert
- o Gerät erfüllt Spezifikationen zufriedenstellend
- Gerät erfüllt Spezifikationen nicht ganz zufriedenstellend
- Gerät erfüllt Spezifikationen nicht zufriedenstellend

Zeile 23
Beurteilung Service

Der Service, das heisst die Kundenbetreuung durch die entsprechende Firma (Verkaufsberatung, Reparaturservice etc.) ist ein wichtiges Entscheidungskriterium. Die Einschätzung der Service-Qualität ist sehr individuell und hängt vor allem von den mit einer bestimmten Firma bereits gemachten Erfahrungen ab. Auch diese Einschätzung kann nur qualitativ erfolgen:

- ++ sehr guter Service
- + guter Service
- o zufriedenstellender Service
- eher ungenügender Service
- ungenügender Service

Zusätzliches, Wichtiges oder Bemerkenswertes, das für die Auswahl des Gerätes entscheidend ist, kann in diesen Zeilen eingetragen werden. Zum Beispiel:

- bei Waschmaschinen die Schleuderdrehzahl
- bei Waschmaschinen und Trocknungsgeräten die Eignung für Gemeinschaftswaschräume
- bei Tiefkühlern die mögliche Lagerungsdauer bei Stromunterbruch
- bei Geschirrspülern und Kühlschränken die Geräusentwicklung.

Zeilen 24 bis 27
Zusätzliche Bemerkungen

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus den Zeilen 21, 22 und 23 können jetzt die Geräte bestimmt werden, die unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Energie- und Wasserverbrauches und der Kapitalkosten (Zeile 20 Gesamtkosten pro Jahr) den gegebenen Anforderungen am besten genügen.

Zeile 28
Priorität

Lohnt sich eine Reparatur ?

Im folgenden wird gezeigt, wann sich Reparaturen lohnen. Die Frage, ob eine Reparatur sich wirtschaftlich lohnt, kann nur nach Bestimmung der Restnutzungsdauer und der Reparaturkosten entschieden werden. Die Reparaturkosten können wie eine Investition betrachtet werden, die über die Restnutzungsdauer des Gerätes verteilt werden muss. Es werden die Kosten des alten Gerätes (Reparaturkosten plus Betriebskosten nach erfolgter Reparatur) mit denjenigen für ein neues Gerät (Investitions- und Betriebskosten) verglichen.

Das Vorgehen ist im Prinzip das gleiche wie beim Gerätevergleich bei der Neuanschaffung eines Gerätes (Tabelle 2). Lediglich die Nutzungsdauern sind verschieden, und somit weisen die Zeilen 1 und 3 für die beiden Alternativen unterschiedliche Werte auf. Zu beachten ist, dass für die Berechnung des mittleren Energiepreises für beide Alternativen mit der kürzeren Nutzungsdauer des Altgerätes gerechnet werden muss, da nur die Kosten dieser Periode verglichen werden sollen.

Tabelle 5:
Vergleich Reparaturkosten zu
Neuanschaffung eines Haus-
haltgerätes

Vergleichstabelle Reparaturkosten zu Neuanschaffung					
Strasse, Nr. _____					
Ort _____					
Bezeichnung der Wohnung _____					
Mieter _____					
Gerätetyp <u>Kühlschrank</u>					
Zeile		Berechnung/ Quelle	Einheit	altes Gerät	neues Gerät
1	erwartete Nutzungsdauer		Jahre	3	12
2	Kalkulationszins		%	5	5
3	Annuitätsfaktor	aus Tabelle 3		0,367	0,113
4	Energiepreis heute		Rp./kWh	18	18
5	erwartete Energiepreissteigerung		%	5	5
6	Mittelwertfaktor	aus Tabelle 4		1,05	1,05
7	mittlerer Energiepreis	Zeile 4•6	Rp./kWh	19	19
8	Wasserpreis heute		Fr./m ³		
9	erwartete Wasserpreissteigerung		%		
10	Mittelwertfaktor	aus Tabelle 4			
11	mittlerer Wasserpreis	Zeile 8•10	Fr./m ³		
	Vergleich:				
12	Hersteller	Prospekt			
13	Bezeichnung	Prospekt			
14	Anschaffungs-/Reparaturkosten	Händler	Fr.	300	1000
15	Energieverbrauch pro Jahr	Prospekt 1)	kWh/a	500	300
16	Wasserverbrauch pro Jahr	Prospekt 1)	m ³ /a		
17	Amortisation und Zins	Zeile 3•14	Fr./a	110	113
18	Energiekosten pro Jahr	Zeile 7•15	Fr./a	95	57
19	Wasserkosten pro Jahr	Zeile 11•16	Fr./a		
20	Gesamtkosten pro Jahr	17+18+19	Fr./a	205	170
21	ökologische Beurteilung				
22	Gerät erfüllt Spezifikationen	Prospekt			
23	Beurteilung Service				
24	Bemerkungen				
25					
26					
27					
28	Priorität	Entscheidung		--	++

1) zur Berechnung des Jahresverbrauchs siehe auch bei den entsprechenden Abschnitten zu jedem Gerät im Teil B

Die Vergleichsrechnung zeigt, dass sich eine Reparatur des alten Gerätes nicht mehr lohnt. Ausschlaggebend ist der niedrigere Stromver-

brauch des neuen gegenüber dem alten Gerät. Der Kapitaldienst (Amortisation plus Zins) ist aufgrund der kurzen Restnutzungsdauer des alten Gerätes fast gleich.

Die nachstehenden drei Figuren ermöglichen es, auf einfache Art zu erkennen, welche Reparaturkosten sich gerade noch lohnen, um bei einer erwarteten Restnutzungsdauer und einem bestimmten Zinssatz nicht mehr Kosten zu verursachen, als die Neuanschaffung eines effizienteren Gerätes. Oder, anders ausgedrückt, wie lange das reparierte Gerät noch mindestens genutzt werden muss, damit sich eine Reparatur noch lohnt. Die drei Figuren unterscheiden sich in den Berechnungsannahmen

Figur Nr.		4	5	6
Anschaffungspreis	Fr.	1000.-	1000.-	1000.-
Kalkulationszins	%	6	6	6
Nutzungsdauer Neugerät	Jahre	10	12	15

*Tabelle 6:
Übersicht über die Berechnungsannahmen der folgenden drei Figuren*

Die Figuren gelten für Anschaffungskosten des Neugerätes von 1000 Fr. und können somit leicht auf einen Fall mit anderen Anschaffungskosten umgerechnet werden.

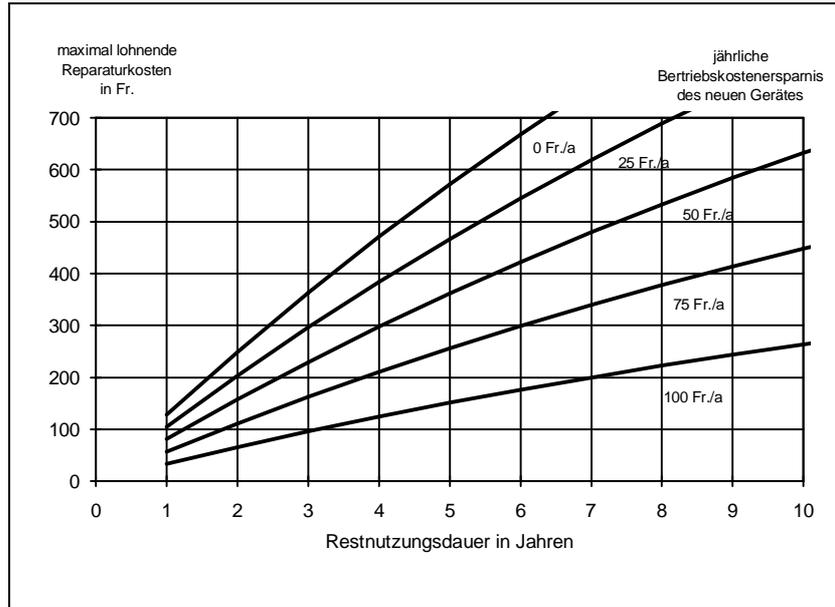
- Die jährliche Betriebskostensparnis (Differenz der Energie- und Wasserkosten) des neuen Gerätes mit dem Faktor 1000 multiplizieren und durch die tatsächlichen Anschaffungskosten dividieren werden.
- Die maximal lohnenden Reparaturkosten ergeben sich durch die Multiplikation der maximal lohnenden Reparaturkosten aus der Figur (Werte der senkrechten Achse) mit den tatsächlichen Anschaffungskosten dividiert durch 1000.

Beispiel: Anschaffungskosten Neugerät: 3'500.- Fr.

- Multiplikation der jährlichen Betriebskostensparnis mit 1000 dividiert durch 3'500 ergibt diejenige Betriebskostensparnis, deren Kurve in der Grafik zu benutzen ist. Bei einer Betriebskostensparnis des 3'500-fränkigen Gerätes von 260.- Fr./Jahr muss in der Grafik auf der Kurve von 75.- Fr./a abgelesen werden.
- Multiplikation der sich aus der Grafik ergebenden maximal lohnenden Reparaturkosten mit 3'500 dividiert durch 1000 ergibt die sich tatsächlich lohnenden Reparaturkosten. Bei abgelesenen Reparaturkosten von 200.- Fr. aus der Grafik können bei dem 3'500-fränkigen Gerät somit noch 700.- Fr. investiert werden.

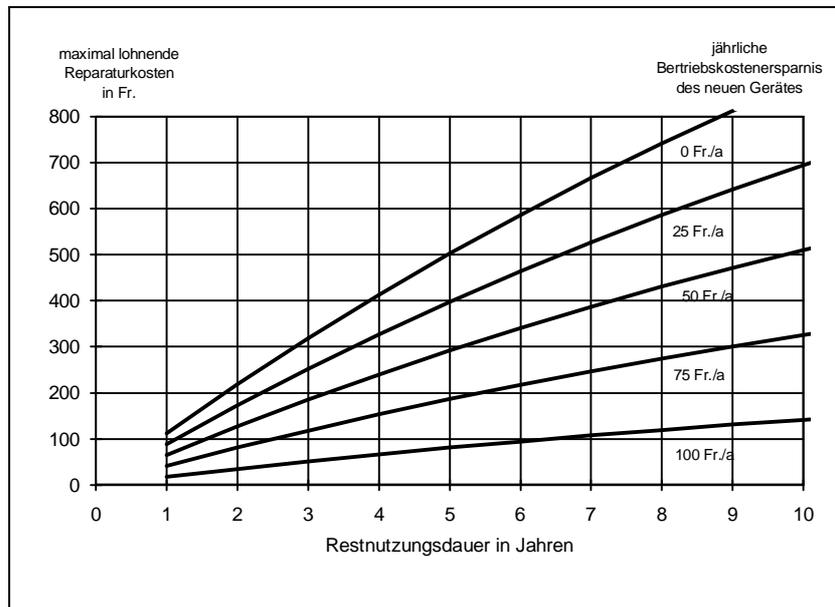


Figur 4:
 Maximal lohnende Reparaturkosten in Abhängigkeit von der erwarteten Restnutzungsdauer für verschiedene jährliche Energie- und Wassereinsparungen (Anschaffungskosten Neugerät: 1000.- Fr., Kalkulationszins: 6 %, Nutzungsdauer Neugerät: 10 Jahre)
 z.B. **Geschirrspüler**

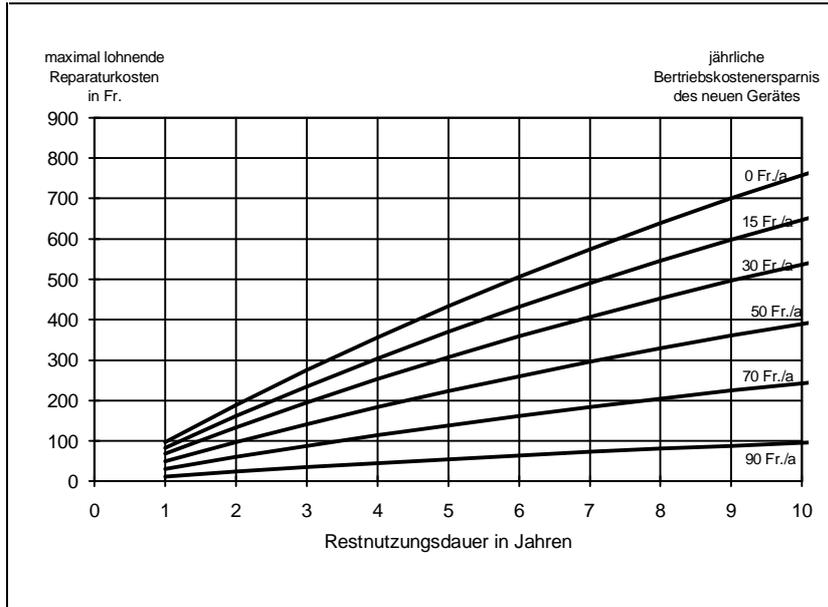


Beispiel 1: Reparaturkosten Fr. 200.-; jährliche Kosteneinsparung (Wasser und Elektrizität): 75.- Fr./a, Anschaffungskosten Neugerät: Fr. 1000.-; Nutzungsdauer Neugerät: 10 Jahre; Zinssatz 6 %: → erforderliche Restnutzungsdauer nach Reparatur des Altgerätes ca. 4 Jahre.

Figur 5:
 Maximal lohnende Reparaturkosten in Abhängigkeit von der erwarteten Restnutzungsdauer für verschiedene jährliche Energie- und Wassereinsparungen (Anschaffungskosten Neugerät: 1000.- Fr., Kalkulationszins: 6 %, Nutzungsdauer Neugerät: 12 Jahre)
 z.B. **Kühlschrank**
Wäschetrockner
Waschmaschine



Beispiel 2: Restnutzungsdauer nach Reparatur des Altgerätes 4 Jahre; jährliche Kosteneinsparung (Wasser und Elektrizität): 50.- Fr./a, Anschaffungskosten Neugerät: Fr. 1000.-; Nutzungsdauer Neugerät: 12 Jahre; Zinssatz: 6 %: → maximal lohnende Reparaturkosten: ca. Fr. 250.-.



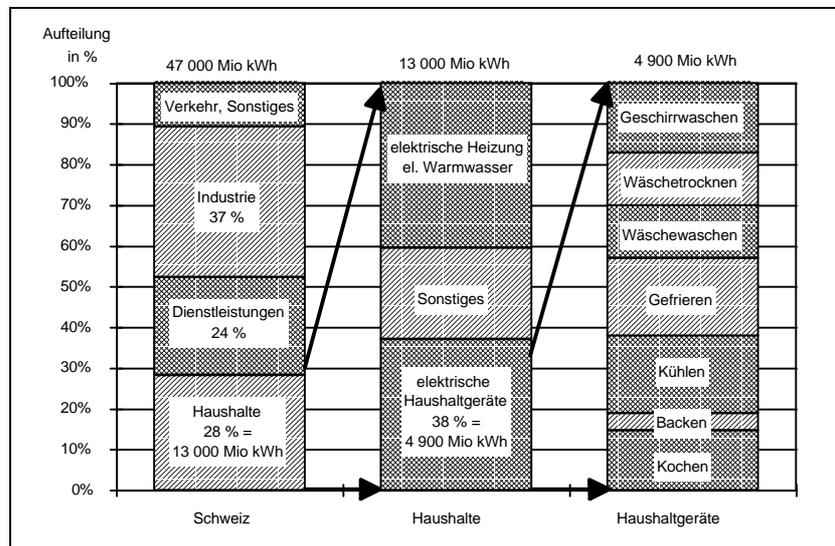
Figur 6:
Maximal lohnende Reparaturkosten in Abhängigkeit von der erwarteten Restnutzungsdauer für verschiedene jährliche Energie- und Wassereinsparungen (Anschaffungskosten Neugerät: 1000.- Fr., Kalkulationszins: 6 %, Nutzungsdauer Neugerät: 15 Jahre)
z.B.
Kochherd
Backofen
Gefrierschrank
Gefriertruhe

Umwelt und Wirtschaft

Gesamtwirtschaftliche Aspekte

1990 verbrauchten die privaten Haushalte in der Schweiz knapp 30 % der gesamten schweizerischen Elektrizität³⁾. Ein grosser Teil davon, etwa 38 %, wurde zum Betrieb der hier behandelten Haushaltgeräte benötigt⁴⁾. Das heisst, dass für Kühl- und Gefriergeräte, Elektroherde, Backöfen, Waschmaschinen, Wäschetrockner und Geschirrspüler total ca. 4,9 Milliarden Kilowattstunden, das sind etwa 12 % des in der Schweiz verwendeten Stroms, verbraucht wurden.

*Figur 7:
Aufteilung des Schweizerischen Stromverbrauchs 1990 nach Verbrauchergruppen, nach Verwendungen bei den Haushalten und nach Haushaltgeräten*



Der Gerätebestand im Wandel

Der Gerätebestand wird im Laufe der Zeit durch folgende Faktoren bestimmt:

Neubau

- Mit den Neubauten (und dem Trend zu Kleinhaushalten) steigt die Zahl der Wohneinheiten und damit der installierten Geräte.

Sanierungen

- Umnutzungen und Totalsanierungen von Gebäuden oder nur auf die Küche beschränkte Sanierungen bringen meist auch Neuanschaffungen, respektive den Ersatz von Haushaltgeräten mit sich.

³⁾ Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1990

⁴⁾ Huser, Spaliger 1992

- Ein Teil der heute im Gebrauch stehenden Geräte wird ersetzt, sobald sie defekt werden, und sich eine Reparatur nicht mehr lohnt.

Ersatz

Es kann davon ausgegangen werden, dass in praktisch allen Neubauten oder total sanierten Gebäuden die Wohnungen einen hohen Gerätebestand aufweisen und praktisch alle mit Elektrizität betrieben werden. Da in der Regel die Gasverteilungen entfallen, werden kaum noch neue Gashaushaltsgeräte installiert.

Hoher Standard

Es wird angenommen, dass von 1990 bis ins Jahr 2000 etwa 200'000 neue Wohnungen entstehen werden. Damit verbunden ist auch eine entsprechende Zunahme der Haushaltgeräte. Die untenstehende Tabelle zeigt diese Zahlen verteilt auf die einzelnen Haushaltgerätety-
pen.

Zunahme der Haushalte

	Bestand im Jahr 1990 in 1000 Stück	Zuwachs 1990 bis 2000		Bestand im Jahr 2000 in 1000 Stück
		in 1000 Stück	in %	
Wohnungen ca.	3100	200	6,5	3300
Kühlschrank	3100	200	6,5	3300
Gefrierschrank/Truhe	1600	100	6,3	1700
Kochherd elektrisch	2800	200	7,1	3000
Backofen elektrisch	2800	200	7,1	3000
Waschmaschine *)	2800	300	10,7	3100
Wäschetrockner *)	1100	700	64	1800
Geschirrspüler	1000	500	50	1500

*Tabelle 7:
Ausstattung der schweizeri-
schen Wohnungen 1990 und
Prognose für 2000*

*) Haushalte mit Zugang zum entsprechenden Gerät
Quelle: Huser A., Spaliger R.; Auskünfte FEA

Als grobe Annäherung wird geschätzt, dass etwa alle 30 Jahre Kücheneinrichtungen und Waschküchenausstattungen im Zuge von Totalsanierungen von Grund auf ersetzt werden. Das betrifft vor allem die "klassischen" Geräte wie Kochherd, Backofen, Kühlschrank und Waschmaschine. Die "neuen" Geräte wie Geschirrspüler und Tumbler sind von diesen Totalsanierungen weniger betroffen, da sie in älteren Gebäuden noch wenig anzutreffen sind. Dagegen werden anlässlich solcher Totalsanierungen auch zusätzliche, meist "neuere" Geräte eingebaut. Somit kann als grobe Schätzung gesagt werden, dass jedes Jahr 1/30 des heutigen Bestandes an Haushaltgeräten im Zuge von Gebäude- und Küchensanierungen ersetzt wird.

Sanierungen

Ansonsten werden Haushaltgeräte ersetzt, wenn sie defekt sind, und der Reparaturaufwand zu hoch wird. Dies ist bei den heutigen Produkten im Durchschnitt nach 12 -15 Jahren der Fall. In der Regel müssen defekte Geräte rasch, das heisst, unter Zeitdruck ersetzt werden. Es fehlt dann die Zeit, um das langfristig günstigste Produkt auszuwählen. Dem kann vorgebeugt werden, indem man sich periodisch über die aktuellen, auf dem Markt erhältlichen Angebote orientiert und den Entscheidungsablauf durchspielt, ohne zu kaufen. Diese Vorbereitung lohnt sich.

Ersatz defekter Geräte

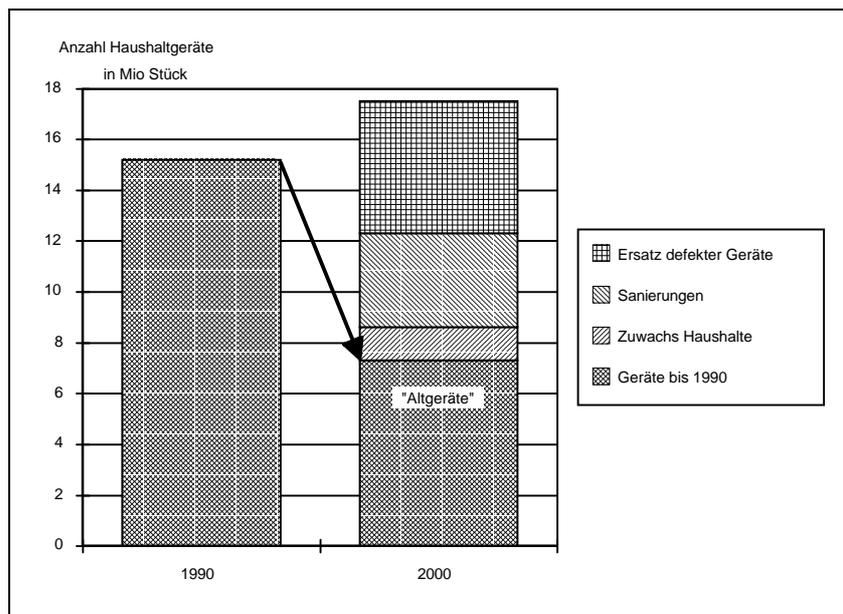


*Tabelle 8:
Geschätzter Bedarf an neuen
Haushaltgeräten in 1000 Stück
pro Jahr
Zeitraum 1990 bis 2000*

Veränderung pro Jahr	Zuwachs durch Zunahme der Haushalte 1000 Stück	Ersatz durch geplante Sanierung 1000 Stück	Ersatz defekter Geräte 1000 Stück	Total neue Geräte pro Jahr	
				1000 Stück	in % von 1990
Kühlschrank	20	110	150	280	9
Gefrierschrank/Truhe	10	20	60	90	6
Kochherd elektrisch	20	90	80	190	7
Backofen elektrisch	20	90	80	190	7
Waschmaschine*)	20	50	100	170	6
Wäschetrockner*)	10	20	20	50	5
Geschirrspüler	20	70	30	120	12

*) Haushalte mit Zugang zum entsprechenden Gerät

*Figur 8:
Veränderungen des Gerätebestandes 1990 bis 2000*



Folgerungen

Aus den obigen Ausführungen können die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Jährlich werden in der Schweiz etwa 1,1 Mio Haushaltgeräte neu beschafft.
- Etwa 0,6 Mio Stück werden dabei geplant, das heisst, bei Neubauten oder Renovationen eingekauft. Diese Geräte können nach gründlicher Gegenüberstellung der auf dem Markt erhältlichen Typen und Bauformen ausgewählt werden. Die Einbaumasse und damit die Grösse der Geräte können meist noch in gewissen Bereichen variiert werden. Der Investor hat somit einen grossen Entscheidungsspielraum und genügend Zeit für die Wahl des optimalen Gerätes.

- Etwa 0,5 Mio Geräte müssen beschafft werden, wenn das alte Gerät defekt geworden ist. In der Regel drängt hierbei die Zeit, eine gründlich überlegte Geräteauswahl ist somit oft nicht möglich. Zudem sind die Wahlmöglichkeiten meist eingeschränkt, da das neue Gerät an den Platz des alten gestellt werden soll und somit die gleichen Abmessungen haben muss.

Nimmt man an, dass bei gegenüber heute verstärkter Berücksichtigung der Energieeffizienz im Schnitt Geräte angeschafft würden, die pro Gerät und Tag 0,3 kWh weniger Energie bräuchten, so würde der Stromverbrauch der Schweiz pro Jahr um ca. 120 Mio kWh abnehmen, respektive weniger zunehmen. In 10 Jahren würde sich dieser Effekt sogar verzehnfachen auf 1'200 Mio kWh pro Jahr; dies wären immerhin etwa 2,6 % des heutigen schweizerischen Stromverbrauchs oder etwa 10 % des heutigen Verbrauchs der Haushalte.

Was heisst Ökologie bei der Beschaffung neuer Haushaltgeräte ?

Bisher wurden für die verschiedenen Geräte nur Betrachtungen über den Energie- und Wasserverbrauch während des Betriebes angestellt. Im vorliegenden Kapitel werden nun die Umweltbelastungen, die bei der Herstellung, dem Gebrauch und der Entsorgung eines Gerätes entstehen, diskutiert.

Die Belastungen sollen möglichst umfassend betrachtet werden, also sind diejenigen des Bodens, der Luft und des Wassers zu berücksichtigen. Viele Belastungen sind bei weiten Teilen der Bevölkerung wenig bekannt und nur teilweise ins Bewusstsein gedrungen. Sie sind nur teilweise erfasst und oft auch nicht zu beziffern. Die direkten sowie indirekten Zusammenhänge und Auswirkungen sind zum Teil kompliziert und können hier nur vereinfacht dargestellt werden. Die wichtigsten, uns heute bewussten Belastungen im Zusammenhang mit den Haushaltgeräten sind:

- Freisetzen von Kältemitteln aus Kühlaggregaten und Blähmitteln aus Isolierschäumen, die die Ozonschicht zerstören und den Treibhauseffekt verstärken.
- Verbrauch von Energie und Rohstoffen sowie die mit dem Abbau, der Herstellung und dem Transport verbundenen Umweltbelastungen.
- Metall- und Kunststoffabfälle, Sondermüll.

Es sollen die Umweltbelastungen von der Erzeugung oder dem Abbau der Rohmaterialien über die Verpackung und den Transport, bis zur Entsorgung und Abfallverwertung betrachtet werden. In diesem Zusammenhang auftretende Probleme sind vor allem: Graue Energie und graue Emissionen (Energieaufwand und Emissionen zur Herstel-

Umfassende Betrachtung der Umweltbelastungen

Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus

lung) und Rezyklierbarkeit (Wiederverwendbarkeit von nicht mehr benötigten Materialien).

Die Kosten für die Entsorgung der alten Geräte werden heute nur zum Teil verursachergerecht weitergegeben. So kostet eine Kühlschrank-Vignette (vorgezogene Entsorgungsgebühr) heute Fr. 67.-.

Was ist beim Neukauf zu beachten ?

Ein systematischer Vergleich verschiedener Geräte ist beim Neukauf in der Regel nicht möglich, da die zur Beurteilung der Ökologie notwendigen Angaben meist fehlen oder bei jedem Hersteller nach anderen Kriterien erhoben werden.

Es werden daher nur einige grundsätzliche Aussagen wiedergegeben.

Wiederverwendbarkeit der Gerätekomponenten

Die Geräte sollten so konstruiert und die verwendeten Werkstoffe so gewählt sein, dass nach Ablauf der Nutzungsdauer das Gerät leicht in seine Bestandteile zerlegt werden kann und die einzelnen Komponenten wiederverwendet werden können.

Insbesondere die Kunststoffteile müssen zu diesem Zweck aus einem wiederverwendbaren Material bestehen und entsprechend gekennzeichnet sein. Die Entwicklung von rezyklierfreundlichen Geräten steht erst am Anfang.

Umweltschonende Produktion

Bei der Fabrikation von Haushaltgeräten konnten einige Hersteller die Umweltbelastung stark reduzieren. Insbesondere beim Energieverbrauch zur Fertigung der Geräte (graue Energie), aber auch bei den Lackierverfahren konnten Fortschritte erzielt werden.

Die graue Energie eines Haushaltgerätes, also der Energieaufwand von der Produktion der Rohmaterialien über die Verarbeitung, den Transport, den Service bis hin zur Entsorgung liegt heute etwa bei 1000 kWh pro Gerät. Verglichen mit der Betriebsenergie ist dies relativ wenig. Durch die Verminderung von Produktionsabfällen, durch vermehrtes Wiederverwenden von Materialien, umweltfreundlichere Produktionsverfahren und viele andere Massnahmen sind weitere Fortschritte zu erwarten.

Verwendung umweltfreundlicher Materialien

Die Forderung nach der Verwendung von umweltfreundlicheren Materialien ist heute besonders aktuell bei den Kältemitteln der Kühl- und Gefriergeräte sowie bei den Blähmitteln der verwendeten Isolationschäume.

Grundsätzlich gilt die Forderung jedoch für alle verwendeten Materialien, insbesondere Kunststoffe (umweltfreundlich heisst hier vor allem wiederverwendbar für die gleiche Funktion).

Beim Neukauf von Kühl- und Gefriergeräten sollte darauf geachtet werden, dass diese zumindest FCKW-arm geschäumt sind. FCKW-freie Isolierungen und FCKW-freie Kältemittel sind (1993) bereits im Handel; ab 1.1.1994 müssen alle die Gerätehersteller derartige Geräte anbieten.

Die Elektrobiologie befasst sich mit elektrophysikalischen Feldern und deren Einwirkung auf Lebewesen. Es wird vermutet, dass bereits durch geringe Ströme und Spannungen verursachte elektrische und magnetische Felder, die von allen elektrischen Verbrauchern ausgehen, auf den Menschen komplexe Auswirkungen (z.B. Schlaflosigkeit, Nervosität, Kopfschmerzen, etc.) haben können. Jeder Mensch reagiert jedoch anders, ausserdem sind die Wirkungen auf die menschliche Gesundheit wissenschaftlich umstritten.

Beachtung der Elektrobiologie

Stärkere elektromagnetische Felder treten bei Haushaltgeräten vor allem bei Mikrowellenöfen und Induktionskochherden auf (zum Teil auch im ausgeschalteten Zustand). Die Verlegung der elektrischen Leitungen zu den einzelnen Geräten hat ebenfalls einen Einfluss. Treten im Zusammenhang mit elektrischen Haushaltgeräten Bedenken auf, sollte ein Fachmann herbeigezogen werden. Da der Einfluss solcher Felder vor allem im Ruhebereich des Menschen wirksam werden kann, die Küche jedoch meist vom Schlafrum entfernt ist und zudem während der Ruhezeiten eher selten benutzt wird, dürfte eine Gesundheitsgefährdung durch elektromagnetische Felder, die von Haushaltgeräten ausgehen eher selten sein.

Ist der vorzeitige Ersatz eines älteren Gerätes durch ein neues ökologisch sinnvoll?

Vor allem bei älteren Geräten, deren Ende der Nutzungsdauer beinahe erreicht ist, stellt sich diese Frage oft. Durch den technischen Fortschritt sind die neuen Geräte im Strom- und Wasserverbrauch erheblich sparsamer als alte. Ob diese Einsparungen die vorzeitige Ausserbetriebnahme des alten Gerätes rechtfertigen, ist oft schwierig zu beurteilen.

Behalten oder ersetzen?

Etwas präziser formuliert, stellt sich die folgende Frage:

Sind die Umweltbelastungen durch den Betrieb des alten Gerätes grösser als die durch Herstellung, Betrieb und Entsorgung des neuen Gerätes verursachten?

Betriebsaufwand versus Herstellungsaufwand

Da nur für den Energieverbrauch einigermaßen verlässliche Zahlen vorliegen, soll die Beantwortung dieser Frage vereinfachend am folgenden Beispiel gezeigt werden:

- Ein altes Gerät braucht jährlich ca. 500 kWh Elektrizität. Das Gerät ist noch funktionstüchtig und dürfte noch einige Jahre ohne grössere Reparatur benutzbar sein.
- Ein neues Gerät würde dagegen nur 300 kWh Elektrizität pro Jahr brauchen. Zu seiner Herstellung wären 1000 kWh Energie notwendig, und es würde voraussichtlich während 15 Jahren funktionieren.

Der Vergleich stellt sich wie folgt dar:

Umweltbelastung durch die Herstellung des *neuen* Gerätes entscheidend

Der Aufwand für die Herstellung des alten Geräts ist bereits erfolgt, und die Belastungen durch dessen Entsorgung können nur noch im Zeitpunkt, nicht jedoch in ihrer Höhe beeinflusst werden (sofern keine grundsätzlich neuen Entsorgungstechnologien gefunden werden). Diese Belastungen sind bei der Produktion des Altgerätes "festgelegt" worden und können durch die Entscheidung, ein neues Gerät zu kaufen, nicht mehr beeinflusst werden.

Zwar stellt jede Verlängerung der Nutzungsdauer des alten Gerätes eine Verminderung der durch die Produktion von neuen Geräten verursachten Umweltbelastungen dar; diese Verminderung fällt aber bei der Produktion der neuen Gerät an. Es müssen also die bei der Produktion eines neuen Gerätes anfallenden Umweltbelastungen bilanziert werden.

Ersatz oft sinnvoll

Für das neue Gerät werden ca. 1000 kWh Energie (graue Energie, gemessen in Primärenergieverbrauch) benötigt⁵⁾. Verteilt man diese auf die erwartete Nutzungsdauer von 15 Jahren, so sind dies ca. 70 kWh Energie pro Betriebsjahr. Die jährlichen Einsparungen an Elektrizität durch den günstigeren Betrieb des neuen Gerätes betragen aber ca. 200 kWh pro Jahr und sind damit erheblich grösser als die auf die erwartete Nutzungsdauer verteilte (jährliche) graue Energie. Zudem muss Elektrizität um den Faktor zwei bis drei höher bewertet werden als die bilanzierte graue (Primär)Energie, da Strom eine höherwertige Energie ist, die nur mit entsprechenden Verlusten aus der Primärenergie gewonnen werden kann. Im vorliegenden Beispiel ist daher aus energetischer Sicht der Ersatz des alten Gerätes durch ein neues, energiesparendes sinnvoll.

Umfassende Betrachtung erforderlich

Trotzdem könnte es noch sinnvoll sein, zuzuwarten, da

- In absehbarer Zeit noch effizientere Geräte auf den Markt kommen könnten. Hierdurch könnte auch ein vorzeitiger Ersatz des neuen Gerätes energetisch sinnvoll werden. Dann würde allerdings die Annahme über die Nutzungsdauer in der obigen Berechnung nicht mehr stimmen. Aus diesem Grunde wird in der folgenden Tabelle mit einer gegenüber der normalen um ca. 1/3 verkürzten Nutzungsdauer gerechnet.
- Aus ökonomischer Sicht der Ersatz zu teuer wäre,
- In absehbarer Zeit ökologisch verbesserte Geräte (z.B. FCKW-freie Kühlschränke) auf den Markt kommen könnten,
- Das Entsorgungsproblem des alten Gerätes momentan ungelöst aber eine ökologisch vertretbare Entsorgungsmöglichkeit bald zu erwarten ist.

Die untenstehende Tabelle zeigt den Aufwand an grauer Energie (in Primärenergieeinheiten) zur Herstellung verschiedener Haushaltgeräte eines bestimmten Herstellers. Unter Berücksichtigung der durch-

⁵⁾ Vergleiche auch Schläpfer 1991 und Hofstetter 1992

schnittlichen Nutzungsdauer der einzelnen Geräte ist diejenige jährliche Energiemenge ausgewiesen, die ein neues Gerät mindestens weniger brauchen müsste, damit der Ersatz eines alten durch ein neues Gerät energetisch sinnvoll wäre. Ein neuer Kühlschrank sollte demnach pro Jahr mindestens 140 kWh Strom weniger benötigen als der alte, wenn dieser nur aus Energiespargründen ersetzt werden soll.

	Graue Energie kWh/Gerät	verkürzte Nut- zungsdauer Jahre	jährliche Mindest- Einsparung für ein neues Gerät in kWh/Gerät und Jahr
Kühlschrank	1'100	8	140
Gefrierschrank	1'200	10	120
Backofen	700	10	70
Geschirrspüler	1'000	7	140
Waschmaschine	1'000	8	125
Wäschetrockner	1'000	8	125

*Tabelle 9:
Graue Energie und jährliche
Mindest-Einsparung für ein
neues Gerät beim vorzeitigen
Ersatz eines Haushaltgerätes
(Energiegewinn durch Recy-
cling zum Teil berücksichtigt)*

Die Aktivitäten des Bundes

In Zusammenarbeit mit den Geräteherstellern und gestützt auf den Energienutzungsbeschluss (ENB) hat das Bundesamt für Energiewirtschaft für Haushaltgeräte Energieverbrauchs-Zielwerte definiert, die innerhalb einer gegebenen Frist erreicht werden sollen. Für Kühl- und Gefriergeräte liegen solche Zielwerte bereits vor, für Backöfen, Geschirrspüler, Waschmaschinen und Wäschetrockner sind sie für Ende 1993 geplant.

Zielwerte stellen Verbrauchswerte dar, die von den auf dem Markt angebotenen Geräten nicht überschritten werden **sollen**. Werden nach Ablauf der vom Bund gesetzten Frist noch zuviele Geräte zum Verkauf angeboten, die die gegebenen Zielwerte nicht erreichen, kann der Bund Zulassungsbeschränkungen festlegen. Dies würde dann bedeuten, dass energetisch schlechtere Geräte nicht mehr verkauft werden dürften. Es liegt daher im Interesse der Hersteller, ihre Geräte energetisch soweit zu verbessern, dass eine solche Massnahme seitens des Bundes nicht ergriffen werden muss. Für den Konsumenten bieten die Zielwerte eine gute Entscheidungsgrundlage beim Kauf neuer Geräte.

Bei Kühl- und Gefriergeräten wurde für das Festlegen der Zielwerte der Energieverbrauch pro 24 Stunden verwendet. Da die Temperaturniveaus in den einzelnen Bereichen der Kühlgeräte sehr verschieden sind und den Energieverbrauch wesentlich beeinflussen, müssen die Inhalte der Kühl- und Gefrierfächer daher bei einem Vergleich berücksichtigt werden. Die Kühl- und Gefrierfächer werden dazu je nach der Anzahl ihrer Sterne mit einem Korrekturfaktor multipliziert. Das Kühlfach (Innenraum des Kühlschranks) hat dabei den Gewichtungsfaktor 1,00. Aus der nachfolgenden Aufstellung können die Gewichtungsfaktoren für die verschiedenen Fächer abgelesen werden.

Zielwerte für den Energieverbrauch

Zielwerte für Kühl- und Gefriergeräte

Fach	Gewichtungsfaktor
Kühlfach	1,00
0-Sterne Fach	1,25
1-Sterne Fach	1,55
2-Sterne Fach	1,85
3-oder 4-Sterne Fach ⁶⁾	2,15

Alle einzelnen, gewichteten Inhalte werden zusammengezählt und ergeben das korrigierte Volumen V_c (Einheit Liter). Diesem Wert wird ein Verbrauchszielwert zugeordnet, der so festgelegt wurde, dass er von rund 40 % der 1993 auf dem Markt erhältlichen Geräte bereits erfüllt wird.

Die Kühl- und Gefriergeräte werden in 4 Kategorien unterteilt, wobei für jede dieser Kategorien ein Zielwert Z festgelegt ist. Aufgrund der Abhängigkeit des Energieverbrauchs vom Nutzinhalt des Geräts ist der Zielwert als Gerade definiert.

Kategorie	Zielwert Z (Einheit kWh)
Kühlschränke (bis ***)	$Z = 0,547 + 1,619 \cdot 10^{-3} \cdot V_c$
Kühl- Gefrierkombinationen (****)	$Z = 0,445 + 2,227 \cdot 10^{-3} \cdot V_c$
Gefriertruhen	$Z = 0,396 + 1,199 \cdot 10^{-3} \cdot V_c$
Gefrierschränke	$Z = 0,761 + 0,925 \cdot 10^{-3} \cdot V_c$

Um zu entscheiden, ob ein Kühl- oder Gefriergerät den Zielwert erreicht, muss das korrigierte Volumen V_c wie oben beschrieben bestimmt und dann in die Gleichung für den Zielwert eingesetzt werden. Ist der für das Gerät vom Händler angegebene Energieverbrauch (pro 24 Stunden) kleiner als der errechnete Wert Z , so erfüllt es den Zielwert.

Achtung: häufig wird in den Prospekten der Energieverbrauch in Kilowattstunden (kWh) pro 24 Stunden und 100 Liter angegeben. Dieser Wert sagt nichts über den effektiven Energieverbrauch des Gerätes aus. Um diesen zu ermitteln, muss der im Prospekt deklarierte Energieverbrauch mit dem angegebenen Nutzinhalt multipliziert und durch 100 dividiert werden.

Beispiel

Ein Kühlschrank hat bei einem angegebenen Nutzinhalt von 231 Litern ein 3-Sterne Gefrierfach von 24 Liter. Der Energieverbrauch ist mit 0,56 kWh pro 100 Liter Nutzinhalt in 24 Stunden angegeben.

- a) Bestimmen des effektiven Energieverbrauchs:
 $= 0,56 \text{ kWh pro 100 Liter} \cdot 231 \text{ Liter} / 100 = 1,29 \text{ kWh pro 24 Stunden}$

⁶⁾ Die Gefriergeräte (Gefriertruhen und Gefrierschränke) werden wie 4-Sterne Gefrierfächer behandelt (Gewichtungsfaktor 2,15). Das vom Hersteller angegebene Nutzvolumen wird daher mit dem Faktor 2,15 multipliziert.

- b) Bestimmen des korrigierten Volumens:
Der Inhalt des Kühlraumes (Kühlfach) beträgt 231-24 Liter = 207 Liter. Für diesen Raum gilt der Gewichtungsfaktor 1.
Der Inhalt des Gefrierfachs muss mit 2,15 multipliziert werden (3-Sterne Fach). Daraus ergibt sich ein korrigiertes Volumen von
 $V_c = 207 \text{ Liter} + 24 \text{ Liter} \cdot 2,15 = 259 \text{ Liter}$.
- c) Vergleich mit Zielwert: Für das korrigierte Volumen kann nun der Zielwert berechnet werden:
 $Z = 0,547 + 1,619 \cdot 10^{-3} \cdot 259 = 0,966 \text{ kWh pro 24 Stunden}$

Da das Gerät 1,29 kWh pro 24 Stunden verbraucht, liegt es beträchtlich über dem Zielwert.



Ersetzen durch leere Seite

Teil B Gerätebeschreibungen

Kühlen, Tiefkühlen

Das Prinzip

Lebensmittel werden in einem gekühlten und isolierten Schrank (stehender Behälter mit Türöffnung vorne) oder Truhe (liegender Behälter mit Deckelöffnung oben) gelagert. Da diese in einer wärmeren Umgebung stehen (Küche, Keller etc.), dringt aus dieser Umgebung Wärme in den, resp. entweicht Kälte aus dem Kühlraum. Durch Kühlen wird die eingedrungene Wärme wieder nach aussen transportiert.

Im Behälter ist der Kältetauscher (richtig: Wärmetauscher) montiert. Durch ihn wird ein Kältemittel gepumpt, das dort verdampft. Durch die Verdampfung des Kältemittels im Kältetauscher wird dieser kälter als die Temperaturen im Innern des Behälters. Über die möglichst grosse Oberfläche des Kältetauschers wird Wärme aufgenommen und mit dem verdampften Kältemittel abtransportiert. Aussen befindet sich der Wärmetauscher, der nun die abtransportierte Wärme an die Umgebung abgibt. Hierbei verflüssigt sich das Kältemittel wieder. Dies ist nur möglich, wenn das Kältemittel wärmer ist als die Umgebung. Diese Erwärmung des Kältemittels erfolgt durch Verdichten in einem elektrisch betriebenen Kompressor zwischen dem Kälte- und Wärmetauscher.

Der Energiebedarf

Zum Abtransport der Wärme aus dem Inneren des Behälters wird meist ein elektrisch betriebenes Kälteaggregat verwendet. Wieviel elektrische Energie gebraucht wird, hängt von zwei Faktoren ab:

1. Wie effizient arbeitet (kühlt) das Kältesystem und
2. wieviel Wärme fällt im Kühlraum an und muss abtransportiert werden?

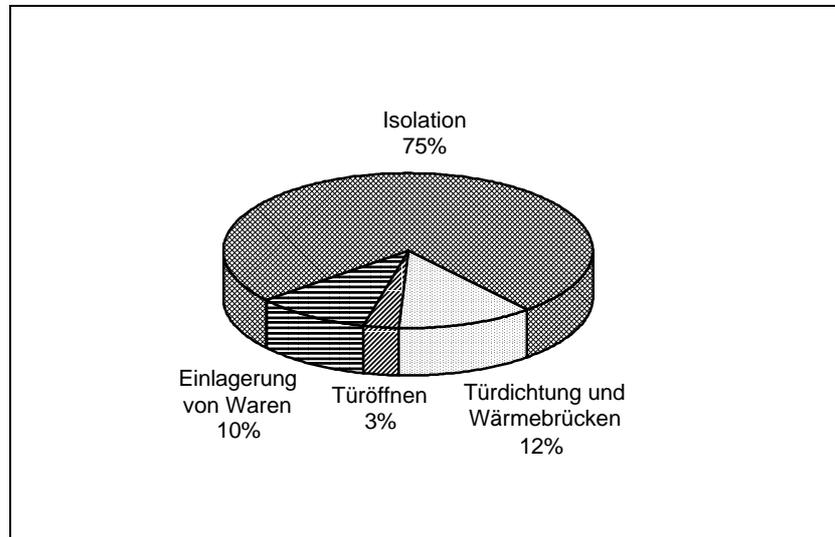
Von aussen gelangt Wärme folgendermassen in den Kühlschrank oder Tiefkühler:

- durch die - auch noch so gut isolierten - Wandungen 75 %
- durch die Tür- oder Deckeldichtungen 12 %

- durch das Einlagern oder Einbringen von ungekühlten Waren 10 %
- durch das Öffnen von Türe oder Deckel 3 %.

Die im Innern lagernden, bereits gekühlten Lebensmittel haben keinen Einfluss auf den Kälteverlust, resp. Wärmeeintrag.

Figur 9:
Wärmeeintrag in einen Kühl-
schrank



Was beeinflusst den Energieverbrauch ?

Grösse des Behälters

Je grösser ein Behälter, umso mehr Energie wird bei gleicher Isolation verbraucht. Die Oberfläche ist grösser und die Dichtungsfugen sind länger. Es wird mehr eingelagert und öfter geöffnet. Somit steigen die Verluste. Zwei kleine Behälter benötigen daher mehr Energie als ein grosser mit demselben Lagerinhalt, da diese im Verhältnis zum Inhalt eine grössere Oberfläche haben.

Form des Behälters

Beim Tiefkühler ist der Energieverbrauch der Truhe wesentlich geringer als der des Schrankes. Einbauschränke sind an Küchen-normmasse gebunden, sollten möglichst viel Inhalt anbieten und haben deshalb generell dünnere, weniger gut isolierte Wände als Truhen. Diese stehen meist frei, und deren Isolierstärke kann optimiert werden.

Kalte Luft ist schwerer als warme. Die kälteste Luft liegt im unteren Teil des Behälters. Wird die Truhe oben geöffnet, sind die Verluste gering. Wird der Tiefkühlschrank vorne geöffnet, kann die kalte Luft frei entweichen (herausfliessen). Im Vergleich zu den Kälteverlusten über die Wandungen sind diese Verluste allerdings bei normalem Gebrauch gering.

Dicke der Dämmschicht

Der weitaus grösste Wärmeanteil dringt durch die isolierten Wände, die Türdichtungen und die Wärmebrücken ins Innere des gekühlten Raumes. Deshalb ist neben der Qualität und Ausführung vor allem die Dicke der Isolierschicht massgebend für den Energieverbrauch. Bei

Schränken mit gegebenen Aussenabmessungen geht die Dämmdicke zulasten des Inhalts. Heutige Kühlschränke haben Isolierschichten von 20 - 25 mm, im Tiefkühlteil von 40 - 55 mm. Energiesparkühlschränke haben bereits 50 - 80 mm dicke Isolierschichten. Einer weiteren Zunahme der Dämmstärke sind Grenzen gesetzt. So hat zum Beispiel eine gut isolierte Truhe von 240 Liter Nutzinhalt bereits ein Dämmstoffvolumen von 235 Liter.

Neben der Dicke ist die Qualität der Dämmung ausschlaggebend. Je kleiner die Wärmeleitfähigkeit, desto besser ist das Isoliermaterial. Heute üblich sind die mit Fluorchlorkohlenwasserstoff (abgekürzt FCKW) geschäumten Kunststoffe. Schaummaterialien ohne FCKW, die aus Gründen des Umweltschutzes entwickelt und eingesetzt werden, isolieren etwa 5-25 % weniger gut. Die Forschung ist natürlich nicht stehengeblieben und hat neue Techniken, zum Beispiel Vakuum oder Aerogel, entwickelt. Diese versprechen eine Verdopplung der Isolationswirkung. Sie können im jetzigen Zeitpunkt noch nicht in der Massenproduktion hergestellt werden. Zudem sind ihre umweltbeeinflussenden Eigenschaften noch nicht restlos abgeklärt.

Materialien zur Dämmung

FCKW ist ein Treibgas und wird zum Schäumen der Kunststoffe verwendet. Es bleibt im Isoliermaterial gebunden; dieses muss deshalb gezielt entsorgt werden. Freiwerdendes FCKW steigt in die Atmosphäre auf, greift die Ozonschicht an und trägt auch zum Treibhauseffekt bei. Aus Umweltschutzgründen wird dieses Gas in absehbarer Zeit nicht mehr verwendet werden dürfen.

Je tiefer die Kühlschranktemperatur ist, desto mehr Energie wird benötigt, um eine bestimmte Menge an eingedrungener Wärme abzuleiten. Zusätzlich gilt, dass mit abnehmender Innentemperatur die Differenz zur Umgebungstemperatur grösser wird und deshalb mehr Wärme nach innen dringt. Es können im Kühlschrank, im Hauptkühlraum, Temperaturen von etwa +2 °C bis +10 °C (normal +5 bis +7 °C) eingestellt werden. Für die Gefrierfächer gelten folgende minimalen Temperaturanforderungen:

Kühlschranktemperaturen (Innentemperatur)

- * 1-Sternfach: mindestens -6 °C (kaum noch im Handel)
- ** 2-Sternfach: mindestens -12 °C (kaum noch im Handel)
- *** 3-Sternfach: mindestens -18 °C
- **** 4-Sternfach: die Mindestgefrierleistung eines 4-Sternfaches garantiert, dass mindestens 5 kg zu kühlendes Gut pro 100 Liter Nutzinhalt in 24 Stunden eingefroren werden kann, ohne dass dabei das bereits im Gefrierfach befindliche Gut über -15 °C erwärmt wird.

Je höher die Aussentemperatur, um so mehr Energie wird benötigt, um die in den Kühlraum eindringende Wärme abzuführen. Und je kleiner das Temperaturgefälle von aussen nach innen ist, desto weniger Wärme dringt in den Kühlraum ein. Es empfiehlt sich deshalb ein möglichst kühler Standort. Ein separater, vom täglich benützten Kühlschrank getrennter Tiefkühler kann zum Beispiel im Keller aufgestellt werden. In der Küche sind Standorte neben Backofen,

Umgebungstemperatur (Aussentemperaturen)

Geschirrspüler oder Heizung beziehungsweise Standorte mit Sonnenbestrahlung zu meiden.

Beim Aufstellen eines "normalen" Kühlschranks in einem kühlen Raum können allerdings Probleme auftreten, da die meisten Kühlschränke für die Aufstellung in einem Raum mit mindestens 16 °C konstruiert sind. Die Regelung (Innentemperaturmessung und -beeinflussung) ist so ausgelegt, dass bei tieferen Aussentemperaturen zum einen im Inneren zu tiefe Temperaturen (Vereisung) und zum anderen im Tiefkühlfach (wenn vorhanden) zu hohe Temperaturen auftreten können.

Das Kälteaggregat

Neben der Isolation ist die Effizienz des Kühlsystems für den Verbrauch von Strom entscheidend. Die heutigen Kälteaggregate sind verbesserungsfähig. Ein Teil der Verbesserungen betrifft die Vergrößerung der Wärmetauscherflächen aussen und innen. Dadurch ergeben sich geringere Temperaturdifferenzen und eine Erhöhung der Leistungsziffer. (Die Leistungsziffer ist das Verhältnis von abgeführter Wärmemenge in kWh zur dafür benötigten Strommenge in kWh.)

Ein auf dem Markt neu zu beobachtender Trend geht in Richtung "No-Frost"-Geräte (nicht zu verwechseln mit Geräten ohne Tiefkühlfach!), bei denen der Reif- oder Eisansatz auch im Tiefkühlfach vermieden wird. Die Kälte wird mit einem vor dem Kälteaggregat montierten Ventilator im Kühlschrank verteilt. Diese Kühlschränke benötigen eine elektrische Abtauvorrichtung (der Kälteauswechsler wird periodisch erwärmt, um das sich bildende Eis abzutauen). Da durch den Ventilator und das Abtauen im Innern des Kühlschranks Wärme produziert wird, die dann wieder gekühlt werden muss, haben diese Geräte einen deutlich höheren Stromverbrauch (ca. 0,7 kWh/Tag Mehrverbrauch).

Folgende Kompressor-Systeme gibt es auf dem Markt:

Hubkolbenverdichter. Dies ist die heute übliche Technik. Hubkolbenverdichter haben eine eher bescheidene Leistungsziffer. Um eine Kilowattstunde Wärme aus dem Innern des Kühlschranks abzutransportieren, wird heute ca. eine Kilowattstunde Strom benötigt.

Verbesserungen sind bei den Hubkolbenverdichtern in erster Linie durch die Verwendung besserer Elektromotoren möglich. Durch das Begrenzen von Toleranzen beim Kompressor selber können zudem die Rückströme des Kühlmittels verringert werden, wodurch der Wirkungsgrad erhöht wird. Solche, um ca 10 % sparsamere Kompressoren sind bei einigen Energiespargeräten bereits eingebaut.

Rotationsverdichter. Bei gleicher Energieaufnahme wie beim Hubkolbenverdichter wird eine etwa 30 % höhere Kälteleistung erreicht. Oder anders ausgedrückt, wird damit etwa ein Drittel Strom gespart. Die Geräte sind heute noch relativ laut im Betrieb und werden deshalb im Haushaltbereich nur für Tiefkühler eingesetzt. Mit besserem Schallschutz wären die Geräte auch für Küchen geeignet.

Absorberkühlschränke. Der Absorptionskälteprozess ist geräuschlos, benötigt aber etwa dreimal mehr Energie als die Kolbenkompressoren. Sie waren früher im Handel weit verbreitet und sind deshalb in bestehenden Haushalten häufig anzutreffen. Diese Kühltechnik wird auch für die Campinggeräte (Gas) und in Hotelzimmern verwendet.

Alle heutigen Kühlgeräte werden durch Ein- und Ausschalten geregelt. Beim Anlaufen des Prozesses entstehen Verluste, weil der Druck im Kältemittelkreislauf erst neu aufgebaut werden muss. In den Tiefkühlern und bei den Kühlschränken mit 4-Stern-Tiefkühlfächern sind die Aggregate für rasches Einfrieren von Ungefrorenem ausgelegt. Für den Dauerbetrieb würde ein kleineres Aggregat genügen. Somit ist das Kühlsystem für den Normalbetrieb überdimensioniert und der Wirkungsgrad nicht optimal.

Die heutigen Kühlschränke verfügen über eine automatische Abtaufunktion. Der Kälteerzeuger wird erst nach Erreichen von +2 °C am Wärmetauscher im Kühlschrank eingeschaltet und kühlt dann diesen auf eine Temperatur zwischen -2 bis -10 °C. Diese Temperatur wird mit dem Regulier-Schalter im Kühlschrank eingestellt. Nachdem diese Temperatur erreicht ist, wird der Kühlvorgang gestoppt, und der Wärmetauscher erwärmt sich wieder von selbst bis ca. +2 °C.

Der Benutzer beeinflusst den Energiebedarf (vergleiche auch Figur 9) einerseits durch die Wahl der Kühlraumtemperatur und andererseits durch die Anzahl und Zeitdauer der Türöffnungen. In der Regel soll der Schalter so eingestellt werden, dass eine Kühlraumtemperatur von +5 °C gewährleistet ist. Dies kann mit einem selbstgekauften, kleinen Kühlschrankthermometer gemessen werden. Tiefkühler verfügen zum Teil über eine elektronische Temperaturanzeige. Hier beträgt die Solltemperatur -18 °C, wobei dies nur zum Kühlen von Glace notwendig ist⁷⁾. Für jedes andere Tiefkühlgut würden höhere (weniger kalte) Temperaturen genügen. Eine Unterschreitung der Solltemperatur von -18 °C auf beispielsweise -30 °C kann den Energieverbrauch um 30 % erhöhen.

Die heutigen Kältemittel (R12, R22) gehören zur Klasse der FCKW (Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe). Die damit zusammenhängenden Umweltprobleme wurden bereits weiter oben angesprochen (Abbau der Ozonschicht und Treibhauseffekt). Die Industrie hat alternative Produkte entwickelt, welche weniger Fluor und weniger Chlor enthalten und die Ozonschicht erheblich weniger gefährden. Wenn diese Gase in die Atmosphäre gelangen, tragen sie jedoch auch zum Treibhauseffekt bei. Neue, weniger umweltschädliche Stoffe (Basis Propan/Butan), sind zwar in Forschung und Entwicklung, aber in der Schweiz noch nicht auf dem Markt erhältlich.

Die Regelung

Das Benutzerverhalten

Kältemittel

⁷⁾ Vergleiche Auch RAVEL-Veröffentlichung Kühltemperaturen im Lebensmittelhandel

Wie bestimme ich das richtige Gerät ?

So gross wie nötig (so klein wie möglich)

Grundsätzlich soll das Gerät beschafft werden, das den Bedürfnissen genügt und den Einkaufsgewohnheiten und -möglichkeiten entspricht. Komfortansprüche und Reservevolumen sollten genau abgeklärt werden, denn sie führen zu grösseren Modellen und damit meist auch zu grösserem Stromverbrauch.

Richtgrössen

Die Richtgrössen für Kühlschränke sind:

1-2 Personen	100-120 Liter
3-4 Personen	200-250 Liter
5 und mehr Personen	250 Liter und mehr.

Die Richtgrössen für zusätzliche Tiefkühler sind:

pro Person	ca. 50 Liter im Durchschnittshaushalt
pro Person	ca. 100 Liter, wenn grössere Gartenernte gelagert wird.

Möglichst einfacher Standard

Der Gerätestandard hat einen grossen Einfluss auf den Energieverbrauch. Beim einfachsten Kühlschrank fehlt ein Tiefkühlfach, beim exklusivsten Standard ist ein 4-Sterne-Tiefkühlteil und eine Eiswürfelmaschine eingebaut. Eventuell sind ein kleiner Kühlschrank in der Küche und eine separate kleine Tiefkühltruhe im Keller die Lösung mit dem geringsten Energiebedarf. Ist ein Tiefkühler bereits vorhanden, sollte der Kühlschrank möglichst kein Gefrierfach mehr haben.

Möglichst effizientes Gerät

Nachdem die Grösse und der Standard bestimmt wurden, sind der jährliche Energieverbrauch und dessen Kosten sowie die Anschaffungs- resp. jährlichen Abschreibungskosten zu bestimmen. Dafür sind das Vorgehen und die Tabelle im Kapitel "Wirtschaftlichkeit" entwickelt worden und dort ausführlich dargestellt.

Schweizerische Gerätedatenbank

Zur Suche des passenden Gerätes eignet sich die Schweizerische Gerätedatenbank besonders gut. Bei zahlreichen Energieberatungsstellen (Liste siehe Anhang) kann man sich eine - z.B. nach dem Energieverbrauch geordnete - Liste derjenigen Geräte ausdrucken lassen, die die definierten Spezifikationen und Abmessungen erfüllen.

Effizienz-Kriterium

Absoluter Verbrauch massgebend

Auf dem Markt und in den Prospekten sind zwei unterschiedliche Masseinheiten für den Stromverbrauch oder die Stromaufnahme anzutreffen. Der eine Wert bezieht sich auf das Gerät als ganzes, der andere ist pro 100 Liter Nutzinhalt (Kühlschränkinhalt) angegeben. Der absolute Energieverbrauch in Kilowattstunden pro Tag (kWh/d)

ist die massgebende Grösse und sollte deshalb möglichst tief sein. Um vergleichbare Werte zu erhalten, ist die Angabe in kWh/d und 100 Liter mit der Anzahl 100 Liter zu multiplizieren, um den Absolutwert in kWh/d zu erhalten. Zum Beispiel würde 0,3 kWh/d pro 100 Liter für einen Kühlschrank mit 270 Liter bedeuten, dass das Gerät $0,3 \text{ mal } 2,7 = 0,8 \text{ kWh/d}$ verbrauchen würde.

Den Jahresverbrauch kann man berechnen, indem man den Tagesverbrauch mit 365 Tagen multipliziert. Zum Beispiel $0,8 \text{ kWh/d} \times 365 \text{ Tage} = 292 \text{ kWh/a}$ (Kilowattstunden pro Jahr).

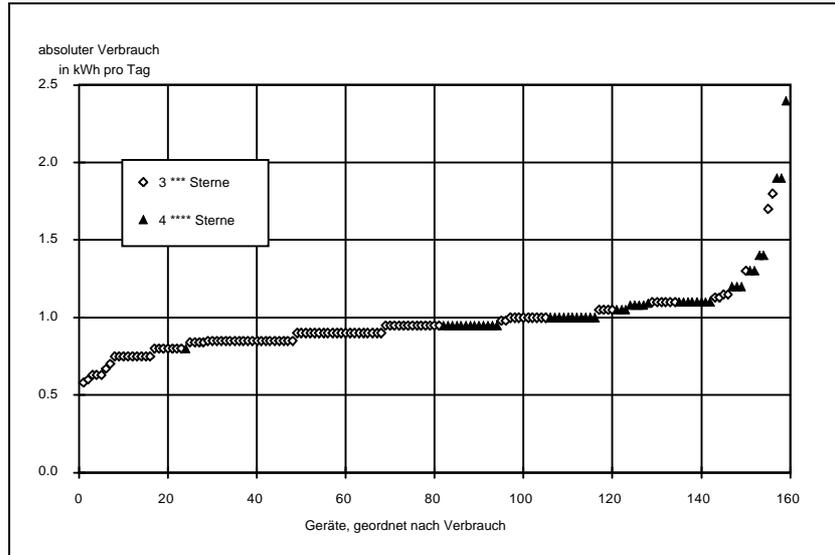
Kühlschrank ohne Gefrierfach	196 Liter.	0,4	kWh/Tag *)
Kühlschrank	126 Liter mit *Fach 7 Liter	0,6	kWh/Tag
Kühlschrank	240 Liter mit ****Fach 30 Liter	1,0	kWh/Tag
Kühl-Gefrierkombination	184/101 Liter	0,9	kWh/Tag
Gefriertruhe	259 Liter	0,55	kWh/Tag

Verbrauchswerte von besonders sparsamen Geräten (Baujahr 1993)

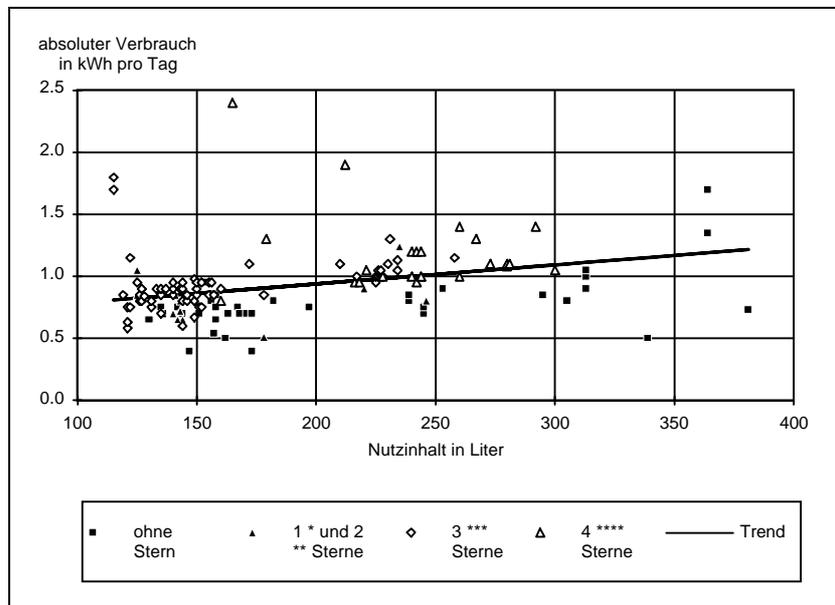
*) in der Schweiz z.Z. nicht erhältliche Geräte liegen noch tiefer

In den folgenden Figuren sind Auswertungen der Schweizerischen Gerätedatenbank dargestellt. Sie zeigen die absoluten Verbrauchswerte aller zur Zeit in der Schweiz erhältlichen Kühlschränke mit einem Nutzinhalt von über 100 Litern. In der oberen Figur sind die Geräte nach ihrem absoluten Verbrauch geordnet, so dass die besten Geräte links und die mit den höchsten Verbrauchswerten rechts zu finden sind.

Figur 10
 Absoluter Stromverbrauch der 1993 erhältlichen 3-Stern und 4-Stern-Kühlschränke über 100 Liter Inhalt



Figur 11
 Absoluter Stromverbrauch der 1993 erhältlichen Kühlschränke über 100 Liter in Abhängigkeit des Geräteinhalts



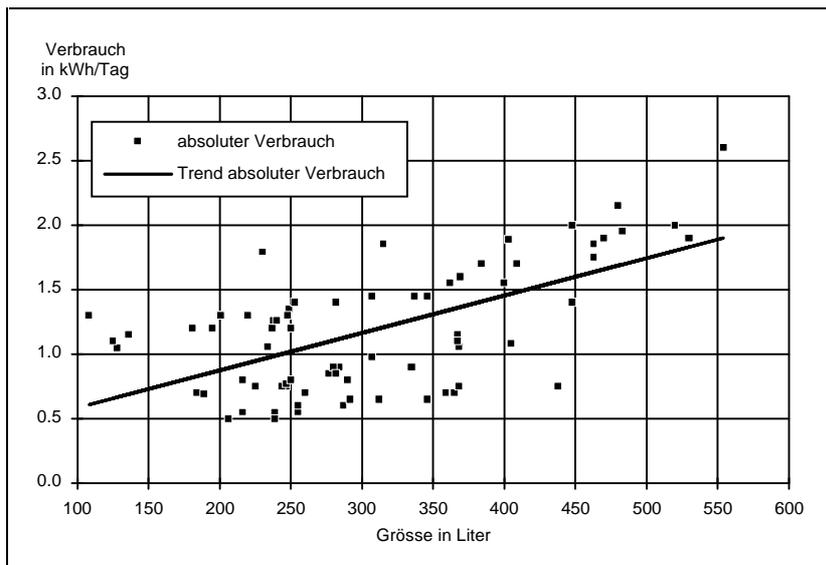
Interpretation

- Kühlgeräte mit geringem Energieverbrauch liegen bei Werten um 0,5 kWh pro Tag, ungünstige über 1,5 kWh pro Tag, also 3 mal höher. Der Verlauf der Kurve in Figur 10 zeigt, dass bei der Wahl des Gerätes hinsichtlich des Energieverbrauchs ein grosser Spielraum besteht. Sowohl das linke als auch das rechte Ende knicken stark ab. Es gilt die rechte Seite der Kurve zu vermeiden und ein passendes Gerät zu finden, welches möglichst weit links auf der Kurve liegt.
- Wie die eingezeichnete Trendgerade in Figur 11 zeigt, ist die Abhängigkeit des absoluten Verbrauchs von der Grösse des Kühlschranks nur relativ gering. Im Schnitt braucht ein doppelt so grosses Gerät nur etwa 30 % mehr Energie. Interessant ist ferner, dass die besten Werte nicht nur bei den kleineren Geräten, sondern auch bei den grossen zu finden sind.
- Einen grossen Einfluss hat dagegen die Sternenzahl des Gerätes. Die Geräte ohne Stern liegen grösstenteils unterhalb der Trendkurve. Geräte mit 3 und 4 Sternen sind dagegen meist weit oberhalb, aber

auch bei einigen Geräten unterhalb der Kurve zu finden. Hier gilt es besonders aufmerksam bei der Wahl des günstigsten Gerätes zu sein.

Eine ähnliche Auswertung der heute erhältlichen Kühltruhen und Gefrierschränke ergibt das folgende Bild:

- Die günstigsten Geräte brauchen zwischen 0,5 und 0,7 kWh Strom pro Tag, wobei die Truhen etwas günstiger abschneiden als die Gefrierschränke. Die ungünstigsten Geräte liegen bei einem Tagesverbrauch von über 1,5 kWh/d, also 3 mal höher als die Bestgeräte.
- Interessant ist, dass die günstigeren Geräte vor allem bei den Geräten mittlerer Grösse (Gefrierschränke 150 bis 250 Liter, Truhen 200 bis 350 Liter) anzutreffen sind. Geräte mit hohen Verbräuchen gibt es bei allen Gerätegrössen, insbesondere aber bei denen mit grossem Nutzinhalt.
- Die eingezeichnete Trendgerade zeigt, dass der Einfluss des Gerätevolumens bei den Truhen grösser ist, als bei den Kühlschränken. Ein doppelt so grosses Gerät verbraucht im Schnitt etwa 60 % mehr Strom.



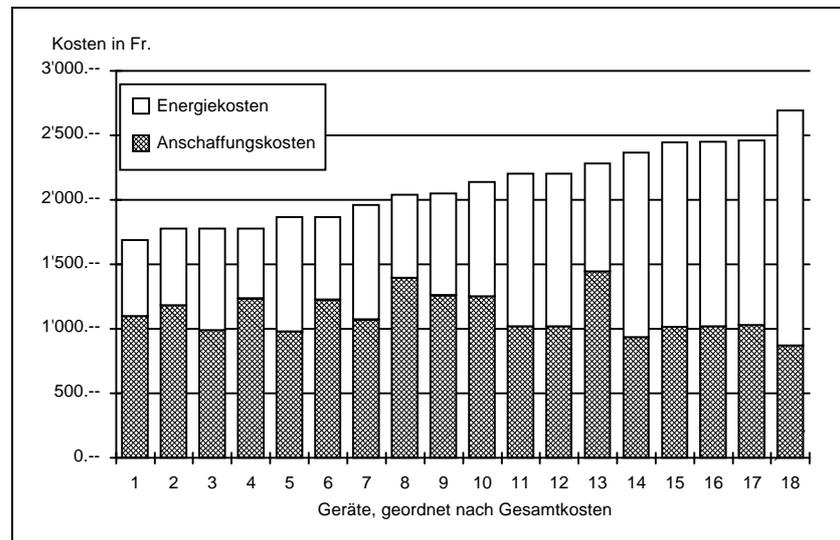
*Figur 12:
Absoluter Stromverbrauch der
1993 erhältlichen Gefrier-
truhen in Abhängigkeit vom
Nutzinhalt*

Kostenbetrachtungen

Für einen Vergleich der Wirtschaftlichkeit von bestimmten Geräten kann nach dem im Teil A beschriebenen vereinfachten Verfahren (Grobbeurteilung) die Summe aus den Anschaffungskosten und den über die Nutzungsdauer erwarteten Energiekosten benutzt werden. In der folgenden Figur sind diese Kosten für 18 Kühltruhen der Gröszenklasse 250 bis 350 Liter Nutzinhalt vergleichend gegenübergestellt. Den Berechnungen liegen dabei die folgenden Annahmen zugrunde:

- Anschaffungskosten: offizielle Bruttopreise minus 15 %
- Nutzungsdauer der Geräte: 15 Jahre
- Strompreis: 18 Rp./kWh
- Stromverbrauch: nach Schweizer Gerätedatenbank (Herstellerangaben)

*Figur 13:
Gesamtkosten von 18 Kühltruhen zwischen 250 und 350 Liter über eine Nutzungsdauer von 15 Jahre*



Interpretation

Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, zeigt die Figur die Gesamtkosten einer bestimmten Grössenklasse von Geräten. Die folgenden Aussagen können aber sinngemäss auf alle Grössenklassen übertragen werden.

- Die Gesamtkosten schwanken zwischen 1'700.- und 2'700.- Fr., wobei die Anschaffungskosten zwischen 870.- und 1'440.- Fr. und die Energiekosten zwischen 540.- und 1820.- Fr. schwanken.
- Geräte mit tiefen Energiekosten (Geräte 1, 2 und 4) sind auch die Geräte mit geringen Gesamtkosten und umgekehrt (Geräte 14 bis 18). Die Anschaffungskosten spielen für die Gesamtkosten eine kleinere Rolle.
- Die Geräte mit den höchsten Anschaffungskosten (Gerät 13 und 8) sind nicht die Geräte mit dem tiefsten Energieverbrauch, wogegen die preisgünstigsten Geräte (18 und 14) zu den höchsten Energieverbrauchern zählen.
- In der Gruppe der Geräte unter 2000.- Fr. Gesamtkosten (Geräte 1 bis 7) hat ein Teil der Geräte (3, 5 und 7) eher tiefere Anschaffungskosten und einen höheren Energieverbrauch, der andere Teil etwas höhere Anschaffungskosten und dafür einen tieferen Verbrauch. Trotz etwa gleicher Gesamtkosten sollte hier aus ökologischen Gründen das verbrauchsgünstigere Gerät bevorzugt werden.

Kochen

Das Prinzip

Die grosse Mehrheit der schweizerischen Haushalte kocht mit Strom. Gas wird von weniger als 10 % der Haushalte benützt. Die mit Holz beheizten Kochstellen sind noch seltener anzutreffen.

In einer Pfanne oder einem Topf (Kochgeschirr) wird das zu erwärmende Gut auf eine Herdplatte gestellt. Durch Einschalten der Platte wird das Kochgeschirr von unten nach oben erwärmt. Von der sich erwärmenden Platte zum noch kalten Topf entsteht ein Wärmefluss. Je höher die Temperaturdifferenz ist, desto grösser ist der Wärmefluss und desto schneller wird das kalte Gut aufgeheizt. Die Herdplatte wird in der Regel durch eine eingebaute Heizspirale erwärmt. Diese wiederum wird von elektrischem Strom durchflossen und dadurch erwärmt.

Im Mikrowellengerät werden elektromagnetische Schwingungen generiert, die die Wärme direkt im Backgut erzeugen.

Der Endenergieverbrauch (Energieverbrauch vor Ort in der Küche) von Gas und von Elektrizität für dieselbe Kochleistung ist etwa gleich⁸⁾. Allerdings braucht es für die Produktion der benötigten Elektrizität in einem Wärmekraftwerk etwa dreimal mehr Primärenergie als für die Gasproduktion. Strom ist somit eine veredelte, höherwertigere Energie als Gas. Aus gesamtenergetischen Überlegungen ist deshalb das Kochen mit Gas vorteilhafter als mit Elektrizität. Auch ist die hochwertige elektrische Energie teurer als Gas, wobei dies von der Preisgestaltung des jeweiligen Gasverteilungsunternehmens abhängt.

Die Konstruktion von heutigen Gaskochherden mit Piezozündung und Zündsicherung gewährleistet ähnliche Sicherheiten und vergleichbaren Einschaltkomfort wie beim Kochen mit Elektrizität.

Gasrechauds sind viel schneller manuell über die Flamme regulierbar. Die elektrische Kochplatte erbringt die gewünschte Wärmeleistung immer mit einiger Verzögerung. Der Leistungsbereich der Gasflamme zwischen minimal und maximal ist deutlich kleiner als beim Elektroherd. Die beim Elektroherd bekannte Ankochautomatik (beim Erreichen einer Solltemperatur wird die Energiezufuhr gedrosselt) ist beim Gasherd (noch) nicht möglich.

Beim Kochen mit Gas braucht es auch einen besseren Dunstabzug, da beim Verbrennen von Gas Wasserdampf, Kohlendioxid (CO₂) und Stickstoffoxide (NO_x) entstehen. Diese Gase können die Luft in der

Kochen mit Strom

Kochen mit Mikrowellen

Kochen mit Gas

⁸⁾ Dies gilt vor allem für längere Kochzeiten, bei kürzeren ist Gas günstiger.

Küche und in der übrigen Wohnung stark belasten und sollten daher nach draussen abgeführt werden können.

Trotz guter Sicherheit, Bedienungskomfort und besserer Gesamtenergiebilanz ist die Tendenz, mit Gas zu kochen, abnehmend. Der Hauptgrund liegt im aufwendigen Gasleitungsnetz vom Hausanschluss bis zu jedem Kochherd in jeder Wohnung. Gasfeinverteilungen sind zusätzliche Installationen, die das Kochen mit Gas gegenüber dem Kochen mit Strom verteuern.

Der Energiebedarf

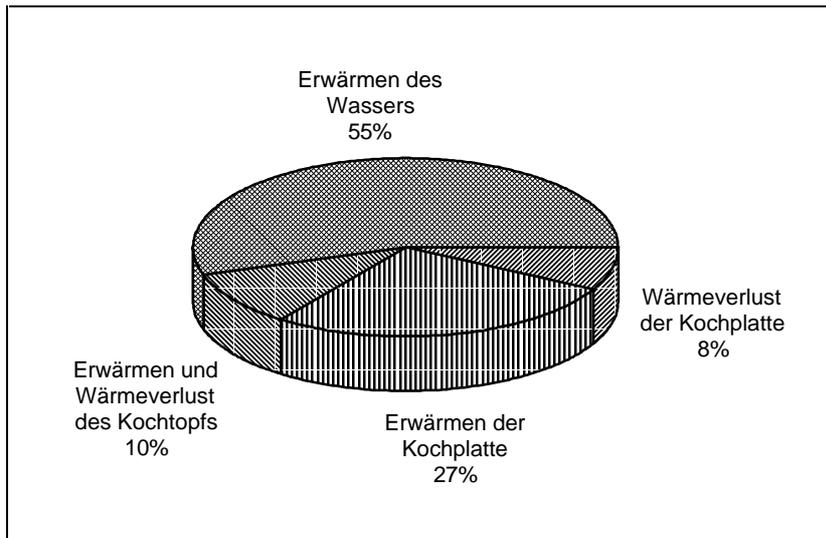
Beim elektrischen Kochen wird auf folgende Arten Wärmeenergie verbraucht:

- zum Erwärmen der Kochplatte
- zum Erwärmen des Kochgeschirrs (Pfanne oder Topf)
- zum Erwärmen des Kochgutes
- Ist die Herdplatte einmal erwärmt, gibt sie ihre Wärme auch nach unten und nach der Seite ab.
- Das erwärmte Kochgeschirr gibt dauernd Wärme an die kühlere Umgebung ab. Diese Verluste müssen kontinuierlich ersetzt werden.
- Ist die Kochtemperatur erreicht, wird Wärme benötigt, um den Kochprozess aufrechtzuerhalten. Dabei wird die meiste Energie für das Verdampfen von Wasser (während des Kochens) benötigt.

Es wird damit deutlich, dass beim Kochen viel mehr Energie aufgewendet wird, als für das zu kochende Gut selbst benötigt würde. Anders ausgedrückt geht beim Kochen heute noch zuviel Energie verloren.

Die Energiebilanz beim Kochen hängt wesentlich von der Dauer des Kochvorgangs ab. Die Wärmeverluste zum Aufheizen der Platte, des Geschirrs und des Kochgutes fallen pro Kochgang nur einmal an. Die Wärmeverluste im Herd und an die Umgebung sowie für das Verdampfen von Wasser sind jedoch direkt von der Dauer des Kochvorgangs abhängig.

In der folgenden Figur wird gezeigt, welche Anteile elektrischer Energie bei einem Glaskeramikkochfeld verbraucht werden, um 1 Liter Wasser von 15 °C auf 100 °C zu erwärmen. Das Erwärmen der Kochplatte braucht etwa ein Viertel der gesamten Energie, ca. 8 % der Energie wird für den Wärmeverlust der Kochplatte benötigt, ca. 10 % braucht es, um die Pfanne zu erwärmen und warm zu halten, und etwas mehr als die Hälfte wird zum Erwärmen des Wassers benötigt.



*Figur 14:
Energiebilanz der Wassererwärmung auf einem Glasceramikfeld*

Was beeinflusst den Energieverbrauch ?

Gusskochplatte. Die Herdplatten sind aus Gusseisen gefertigt. Auf der Unterseite sind elektrische Heizwiderstände eingelassen. Der sie durchfliessende elektrische Strom wird vollständig in Wärme umgewandelt.

Glaskeramikkochfeld. Der Kochherd besteht aus einer speziellen, hitzebeständigen Glasplatte, unter der für jede Kochstelle Wärmestrahler angeordnet sind. Diese funktionieren wie Heizwiderstände, das heisst, dass der durch die Wärmestrahler fliessende Strom vollständig in Wärme umgewandelt wird.

Induktionskochfeld. Mit dieser Technologie wird nicht das Kochfeld, sondern der Pfannenboden direkt erhitzt. Unter der Glasfläche wird ein elektromagnetisches Feld erzeugt, welches in den Pfannenböden Wirbelströme induziert und so Wärme erzeugt. Zur Erzeugung dieses elektromagnetischen Feldes ist ein im Sockel des Kochherdes eingebauter Frequenzumformer nötig. In diesem Umformer entstehen Verluste, so dass ein Teil der zugeführten elektrischen Energie nicht zum Kochen verwendet werden kann.

Mikrowellengerät. Bei der Mikrowellen-Technik wird das Kochgut direkt erhitzt. Das Kochgeschirr und die Luft im Gerät werden dabei nicht direkt, sondern nur indirekt über das erhitzte Backgut erwärmt. Die Mikrowellen werden in einem sogenannten Magnetron erzeugt. Beim Kochen mit Mikrowellen muss der Innenraum des Gerätes nicht erwärmt werden, da das zu kochende Gut direkt von innen erhitzt wird.

Je grösser die Masse der Wärmeplatte ist, desto grösser ist die Energie, die benötigt wird, um sie zu erhitzen. Gleichzeitig kann gesagt werden, dass je grösser die Masse der Platte ist, desto träger die Platte

Die Technik der Wärmeerzeugung

Die Masse (oder das Gewicht) der Kochplatte

auf Änderungen der Energiezufuhr reagiert. Aus diesen Gründen sind Kochplatten mit einer möglichst kleinen Masse erwünscht.

Gusskochplatte. Die grosse Masse ist notwendig um eine möglichst ebene Oberfläche und damit einen guten Wärmefluss von der Platte zur Pfanne zu gewährleisten. Diese Masse muss bei jedem Kochvorgang erwärmt werden. Um an der Oberfläche genügend Wärme abgeben zu können, treten im Innern der Platte Temperaturen bis 500 °C auf. Ein Teil der dafür benötigten Energie kann nicht genutzt werden und geht verloren (Nachwärme).

Glaskeramikkochfeld. Die zu erwärmende Masse (die Glasplatte) ist viel geringer als bei der Gussplatte. Damit ist der Aufwand zur Erwärmung der Kochplatte ebenfalls kleiner. Allerdings steigen die inneren Temperaturen bis ca. 1000°C, womit der Spareffekt gegenüber der Gussplatte etwas vermindert wird. Gesamthaft ist die Glaskeramikkochplatte etwa 10 % sparsamer als die konventionelle Gussplatte.

Induktionskochfeld. Die Kochplatte wird vom elektromagnetischen Feld nicht erwärmt. Einzig der durch die Wirbelströme erhitzte Boden des Kochgeschirrs gibt etwas Wärme an die Kochplatte ab. Die Induktionskochfelder benötigen etwa 20-30 % weniger Strom als die Gussplatten, wobei allerdings bei langen Kochzeiten aufgrund der Umformerverluste dieser Spareffekt wieder vermindert oder gar negativ wird.

Mikrowellengerät. Die Wärmeverluste sind bei dieser Technik klein. Da jedoch der Mikrowellengenerator nur mit einem Wirkungsgrad von 50-60 % arbeitet (also mit Verlusten von 40-50 %), ist die gesamte Einsparung an elektrischer Energie relativ gering. Mikrowellengeräte sind daher aus energetischer Sicht nur bei kleinen Mengen unter 400 Gramm, zum Beispiel beim Erwärmen von bereits gekochten oder gebackenen Speisen, von Vorteil. Wenn es gelingt, den Wirkungsgrad des Mikrowellengenerators zu verbessern, wird sich diese Grenze nach oben verschieben.

Innere Wärmedämmung

Die Höhe des Wärmeabflusses von der Kochplatte zum Innern des Kochherdes hängt von der inneren Konstruktion und Isolation ab. Die heute bekannten Isolationstechniken und Energieeinsparmöglichkeiten werden nur teilweise ausgeschöpft. Gusskochplatten sind heute in der Regel auf ihrer Unterseite nicht gedämmt.

Die Regulierbarkeit des Kochvorganges

Je schneller eine Platte aufgeheizt werden soll, desto mehr Leistung (Energie pro Zeit) ist verlangt. Ist die gewünschte Temperatur (Solltemperatur) erreicht, wird zum Aufrechterhalten der Temperatur nur noch eine minimale Energiezufuhr benötigt. Durch eine gute Regelung der Energiezufuhr zu den Kochplatten kann eine unnötige Wärmeabgabe an das Kochgeschirr vermindert werden. Eine gute Regulierbarkeit ist einerseits komfortabel, und andererseits kann sie - wenn richtig angewendet - zu einem geringeren Energieverbrauch verhelfen. Die vier verschiedenen Kochsysteme unterscheiden sich bezüglich ihrer Regulierbarkeit erheblich.

Gusskochplatte. Die grosse Masse der Gussplatte bewirkt eine grosse thermische Trägheit. Sie lässt sich nur schlecht feinregulieren und weist in der Regel 6 bis 8 Schalterstellungen auf. Die heutigen Gussplatten können mit einem Temperaturfühler ausgerüstet sein. Diese sogenannten Automatikplatten weisen in der Mitte ein bewegliches Plättchen, den Temperaturfühler auf. Dieser misst die Temperatur an der Plattenoberfläche respektive Pfannenunterseite. Die mit dem Schalter eingestellte Solltemperatur wird überwacht und automatisch, durch rechtzeitige Regelung der Stromzufuhr, eingehalten.

Glaskeramikkochfeld. Dank der kleineren Masse ist die Regulierung gegenüber Gussplatten erheblich besser. Heute sind praktisch alle diese Kochfelder mit Temperaturfühlern und einer entsprechenden Regelung ausgestattet. Dadurch wird eine Überhitzung des Kochfeldes bei einer Fehlbedienung vermieden. Es existieren bereits Geräte mit elektronischer Topferkennung, welche die Kochzone nur dann einschaltet, wenn ein Topf darauf steht. Zusätzlich wird manchmal noch eine zweite Regelmöglichkeit angeboten: Die Fläche der zu erwärmenden Kochstelle kann variiert und damit an die Grösse und Form des Kochgeschirrs angepasst werden. Dies ist energetisch vorteilhaft. Beim Auto-Focus erkennt die Elektronik die Grösse des Kochgeschirrs und passt die Grösse der Kochzone optimal an.

Induktionskochfeld. Da durch ein elektromagnetisches Feld im Pfannenboden direkt Wirbelströme und damit Wärme erzeugt wird, ist die Energiezufuhr sehr gut regelbar. Auch hier sind die einzelnen Kochfelder mit Temperaturfühlern und einer entsprechenden Sicherheitsüberwachung ausgestattet. Die Kochstellen können unter Umständen ebenfalls in der Grösse variiert werden.

Mikrowellengerät. Da durch die Mikrowellen die Wärme direkt im Kochgut erzeugt wird, ist die Energiezufuhr sehr direkt regelbar.

Was, wie, wieviel und worin gekocht wird, wie oft die Kochplatten ein- und ausgeschaltet werden, beeinflusst den Energieverbrauch erheblich. Da diese Variablen vom Investor nicht beeinflusst werden können, wird hier nicht weiter darauf eingegangen.

Das Benutzerverhalten

Für ein optimales Kochen müssen folgende Möglichkeiten vorhanden sein: Einerseits muss der Kochprozess optimal geregelt werden können, und andererseits müssen für jede übliche Pfannengrösse Kochfelder mit passendem Durchmesser vorhanden sein.

Diese beiden Möglichkeiten müssen beim Kauf von neuen Geräten unbedingt vorhanden sein, denn nur so kann auch der Benutzer seinen Beitrag zum Energiesparen leisten.

Wie bestimme ich das richtige Gerät ?

Gusskochplatten sind in der Anschaffung am günstigsten.

Glaskeramikkochfelder sind zwar etwas teurer als Gussplatten, werden aber heute meist bevorzugt, und zwar aus folgenden Gründen: Leichtes Reinigen, einfacheres Verschieben von Pfannen während des Kochens, besseres Regeln, geringerer Energieverbrauch, ansprechendes Design.

Induktionskochfelder sind vergleichsweise sehr teuer und erfordern zusätzlich spezielles Kochgeschirr, welches magnetisch leitend ist.

Mikrowellengeräte können bei richtigem Einsatz gegenüber konventionellen Backöfen etwa 10-20 % Energie einsparen, können jedoch die konventionelle Herdplatte nicht ersetzen sondern nur ergänzen.

Die Bestimmung des energetisch besten Gerätes ist recht schwierig, da der Energieverbrauch weitgehend vom Benutzer und seinem Verhalten bestimmt wird. Grundsätzlich lässt sich aber folgendes sagen:

- Glaskeramikkochfelder schneiden gesamthaft energetisch besser ab als Gussplatten.
- Ob Induktionskochfelder (auch unter Berücksichtigung des zu ihrer Herstellung erforderlichen Energieaufwandes) vorteilhaft sind, ist umstritten. Ebenso umstritten ist der Einfluss der hochfrequenten elektromagnetischen Wechselfelder auf den Menschen.
- Es sollten möglichst alle Kochplatten eine temperaturabhängige Regulierung mit Temperaturüberwachung haben.
- Neben einer oder besser zwei "normalen" Kochstellen mit einem Durchmesser von 18 cm sollte auch eine kleine Platte mit einem Durchmesser von 14 cm für die kleinen Pfannen vorhanden sein. Eine Kochstelle mit 22 cm Durchmesser sollte nur für die Haushaltungen eingebaut werden, in denen grössere Pfannen regelmässig verwendet werden.

Schweizerische Gerätedatenbank

Zur Suche des passenden Gerätes eignet sich die Schweizerische Gerätedatenbank besonders gut. Bei zahlreichen Energieberatungsstellen (Liste siehe Anhang) kann man sich eine - z.B. nach dem Energieverbrauch geordnete - Liste derjenigen Geräte ausdrucken lassen, die die definierten Spezifikationen und Abmessungen erfüllen.

Effizienz-Kriterium

Für Kochherde und Mikrowellenöfen gibt es kein einheitliches Kriterium zur Bewertung des spezifischen Energieverbrauchs. Auch die Bestimmung des Jahresverbrauchs ist im einzelnen Fall recht schwierig, da die Kochgewohnheiten sehr individuell und verschieden sind. Es kann daher auch keine Übersicht über die besonders sparsamen Geräte angegeben werden. Als Durchschnittswert kann angenommen werden, dass in der Schweiz pro Jahr und Haushalt etwa 300 bis 400 kWh Strom zum Kochen verbraucht werden.

Backen

Da im Durchschnitt ein Backofen pro Jahr nur etwa 80 Stunden in Betrieb ist, fällt gegenüber dem Kochen der Energieverbrauch zum Backen weniger ins Gewicht. Der Energieverbrauch zum Zubereiten einer bestimmten Speise ist im Backofen jedoch höher als bei der Benutzung einer Pfanne.

Das Prinzip

Das zu backende Gut wird in einem geschlossenen Raum, der Backröhre, auf eine bestimmte Temperatur erwärmt (ca. 180 °C bis maximal 250 °C) und dann während längerer Zeit auf dieser Temperatur gehalten. Die Wärme wird, je nach Prinzip des Backofens, auf verschiedene Art und Weise in das Backgut eingebracht.

Im Innern des Ofens, an der Unter- und Oberseite, sind elektrische Heizwiderstände montiert. Fließt der elektrische Strom durch die Widerstände, werden diese erhitzt und geben in der Folge Strahlungswärme ab. Diese Strahlung erwärmt einerseits das Backgut direkt, und andererseits wird durch die heißen Widerstände auch die Luft im Backofen erwärmt, welche ihrerseits das zu backende Gut allseits erwärmt.

Konventioneller Backofen

Ein Ventilator im Innern des Backofens bläst die Luft über eine elektrisch erhitzte Heizspirale. Das Backgut wird nun von der heißen, bewegten Luft ringsum erwärmt. Es erhält keine direkte Strahlungswärme.

Heissluftbackofen

Ein konventionell aufgebauter Backofen wird zusätzlich mit einem Ventilator ausgerüstet. Dieser sorgt für eine gleichmässige Verteilung der Wärme im Backraum. Der Umluftbackofen kombiniert die Eigenschaften des konventionellen mit denjenigen des Heissluftbackofens.

Umluftbackofen

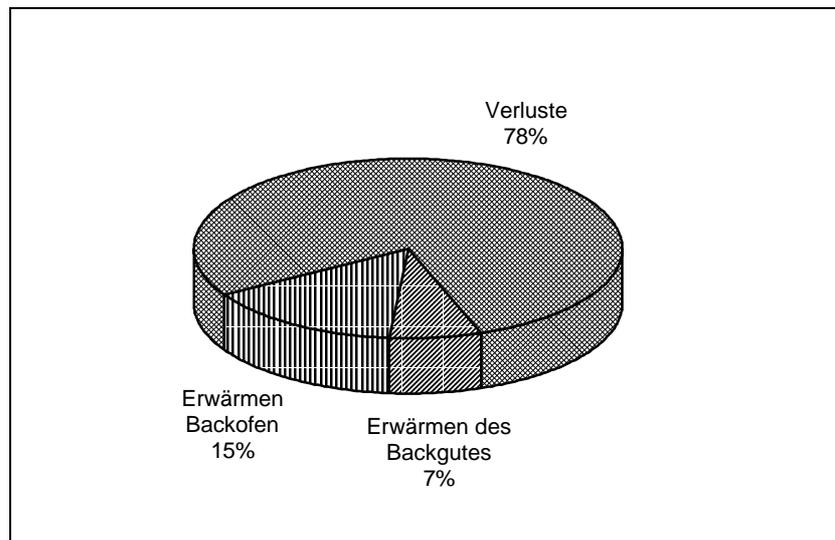
Der Energiebedarf

Beim konventionellen wie beim Umluftbackofen wird zuerst das Innere des Ofens, das heisst die Innenwandungen, die Einrichtungen und die darin befindliche Luft auf die gewünschte Backraumtemperatur erwärmt. Die Erwärmung erfolgt mittels Heizspiralen. Beim konventionellen wie beim Umluftbackofen befinden sich diese Spiralen an oder unter der Backraumoberfläche, beim Heissluftbackofen

direkt vor dem Ventilator. Die Umwandlung von elektrischem Strom in Wärme geschieht direkt und ohne Energieverluste. Auch der Energieverbrauch des Ventilators kommt dem Backen zugute, da dieser ebenfalls vollständig in Wärme umgewandelt wird. Für das Aufheizen werden ungefähr 0,35-0,5 kWh Strom gebraucht. Die Wärme entweicht stetig über die umschliessenden Flächen und Luftritzen und muss deshalb ständig nachgeliefert werden. Pro Stunde Backzeit werden, je nach Qualität der Isolation, etwa 0,45-0,9 kWh Energie benötigt.

In der folgenden Figur sind die Energieanteile dargestellt, die beim Betrieb eines Backofens während einer Stunde bei 200 °C für einen Braten von 2 kg verbraucht werden.

Figur 15:
Energiebilanz eines Backofens



Was beeinflusst den Energieverbrauch ?

Die Art der Wärmeerzeugung

Heissluftbacköfen haben gegenüber konventionellen Backöfen einen etwas geringeren Energieverbrauch. Einerseits kann meist auf das Vorheizen verzichtet werden und andererseits kann mit einer um 20-30 °C geringeren Temperatur gebacken werden, weil durch die dauernde Luftbewegung die Wärme besser und allseitig auf das zu backende Gut übertragen wird. Ferner kann auf mehreren Ebenen gleichzeitig gebacken werden. Aus den Gerätespezifikationen der Hersteller lässt sich allerdings kein Verbrauchsunterschied zum konventionellen Backofen ableiten.

Umluftbacköfen bieten ähnliche energetische Vorteile wie Heissluftbacköfen.

Kombinierte Backöfen, welche die Vorteile der Heissluft, der Wärmedirektbestrahlung und manchmal auch der Mikrowellenstrahlung (teuer) anbieten, ermöglichen bei richtigem Betrieb die grössten Energieeinsparungen.

Je kleiner die zu erwärmende Oberfläche des Backraums ist, umso geringer sind die erforderliche Aufheizenergie und die Wärmeverluste. Kleinere Backöfen haben somit auch kleinere Wärmeverluste. Einige Hersteller bieten daher bereits kleinere (halbhohe) Backöfen oder einschiebbare Backraumteiler an, mit denen das Innere des Backofens halbiert werden kann. Der so verkleinerte Backraum genügt in den meisten Fällen. Damit kann bis zu 20 % Energie eingespart werden.

Die Grösse des Backraumes

Die Qualität der Isolation, das Material und die Dicke sind für die Wärmeverluste entscheidend:

Die Dämmung des Backofens

- Verdoppelung der Dämmdicke brächte eine Einsparung von 5-10 %.
- Weglassen der Ofenbeleuchtung (Wärmebrücke durch verringerte Isolation) brächte eine Einsparung von weiteren 5-10 %.
- Vollisolierte Türen anstelle von Panoramascheiben bringen eine Einsparung von etwa 25 %. Die Ofentür muss dann allerdings häufiger geöffnet werden, was wiederum zu Wärmeverlusten führt.

Diese zusätzlichen Möglichkeiten sind jedoch mit einer Komforteinbusse verbunden.

Der Benutzer kann durch die richtige Bedienung vor allem bei den kombinierten Geräten einen gewissen Einfluss auf den Energieverbrauch ausüben. Eine für den Benutzer gut verständliche Betriebsanleitung mit entsprechenden Tips und Hinweisen zum Energiesparen ist deshalb äusserst nützlich.

Das Benutzerverhalten

Wie bestimme ich das richtige Gerät ?

Ein moderner Backofen sollte wenigstens die Möglichkeiten des konventionellen Backens mit Umluft aufweisen. Ein Kombigerät mit eingebauter Mikrowelle gehört bereits zum oberen Preissegment. Eventuell ist ein separates kleines Mikrowellengerät zum Auftauen und Erwärmen von Speisen sinnvoll. Ebenso ist die Wahl eines kleinen halbhohen Backofens zu prüfen. Alle weiteren technischen Möglichkeiten und Ausstattungen, wie Thermostate etc., haben kaum einen Einfluss auf den Energieverbrauch. Schaltuhren sollten nicht beleuchtet sein. Ist einmal der gewünschte Standard ausgewählt, gilt es, das Gerät mit dem günstigsten Energieverbrauch auszuwählen.

Zur Suche des passenden Gerätes eignet sich die Schweizerische Gerätedatenbank besonders gut. Bei zahlreichen Energieberatungsstellen (Liste siehe Anhang) kann man sich eine - z.B. nach dem Energieverbrauch geordnete - Liste derjenigen Geräte ausdrucken lassen, die die definierten Spezifikationen und Abmessungen erfüllen.

Schweizerische Gerätedatenbank

Effizienz-Kriterium

Die Vergleichsgrösse für Backöfen gibt an, wieviel Energie gebraucht wird, um einen konventionellen Backofen auf 200 °C beziehungsweise einen Heissluftbackofen auf 185 °C aufzuheizen und diese Temperatur während einer Stunde aufrechtzuhalten. Diese Grösse wird in Kilowattstunden (kWh) angegeben. Zur Abschätzung des Jahresverbrauchs eines Haushalts kann diese Grösse mit 80 multipliziert werden. Dies entspricht dann etwa einer wöchentlichen Backdauer von 1½ - 2 Stunden.

Verbrauchswerte von besonders sparsamen Geräten (Baujahr 1993)

Konventioneller Backofen:

Aufheizen auf 200 °C und 1 Stunde Dauerverbrauch: ca. 0,75 kWh

Heissluft-Backofen:

Aufheizen auf 185 °C und 1 Stunde Dauerverbrauch: ca. 0,75 kWh

Geschirrspülen

Das Prinzip

Im Geschirrspüler wird verschmutztes Geschirr durch spülmittelhaltiges Wasser gereinigt. Das Geschirr wird in speziellen Körben aufgereiht und in der Regel auf zwei Ebenen in das Gerät geschoben. Von oben und unten wird das Geschirr aus rotierenden Düsen mit der Spüllaugung abgespritzt. Das im Spülprozess befindliche Wasser wird dabei mit einer leistungsstarken Pumpe umgewälzt. Um einen guten Reinigungseffekt zu erzielen, wird das Spülwasser meist auf 60 - 70 ° C erwärmt, und es muss ein relativ aggressives Geschirrspülmittel eingesetzt werden.

Der Durchlauf eines kompletten Spülprogramms setzt sich aus einzelnen Spülgängen zusammen. Während eines Spülgangs wird das einmal eingelassene Wasser im Kreis gepumpt und gesiebt, um Speisereste zu entfernen. Je nach Programmwahl (Intensiv-, Normal-, Spar-, Schonprogramm etc.) werden Temperaturen, Intensität, Dauer und Zusammensetzung der Spülgänge variiert. Nach jedem Spülgang wird das Waschwasser gewechselt. Die einzelnen Spülgänge sind:

Es dient dem Aufweichen von ausgetrockneten und dem Wegspülen von losen Speiseresten. Meist wird dazu kaltes Wasser ohne Spülmittel verwendet.

Vorspülen

Der am Geschirr haftende Schmutz und das Fett werden gelöst und beseitigt. Das dafür benötigte Wasser wird erwärmt und mit Geschirrspülmittel angereichert. Die mit Fett und Schmutz bedeckte Lauge wird abgepumpt.

Hauptspülen

Das Geschirr wird meist mit kaltem Wasser abgewaschen, um die Laugenreste zu entfernen. Das Zwischenspülen kann auch mehrmals durchgeführt werden.

Zwischenspülen

Mit warmem Wasser wird das Geschirr klargespült, wobei Glanzreinigungsmittel beigegeben wird. Am Schluss wird die Spüllösung abgepumpt.

Klarspülen

Der auf dem Geschirr verbleibende Feuchtigkeitsfilm wird verdampft.

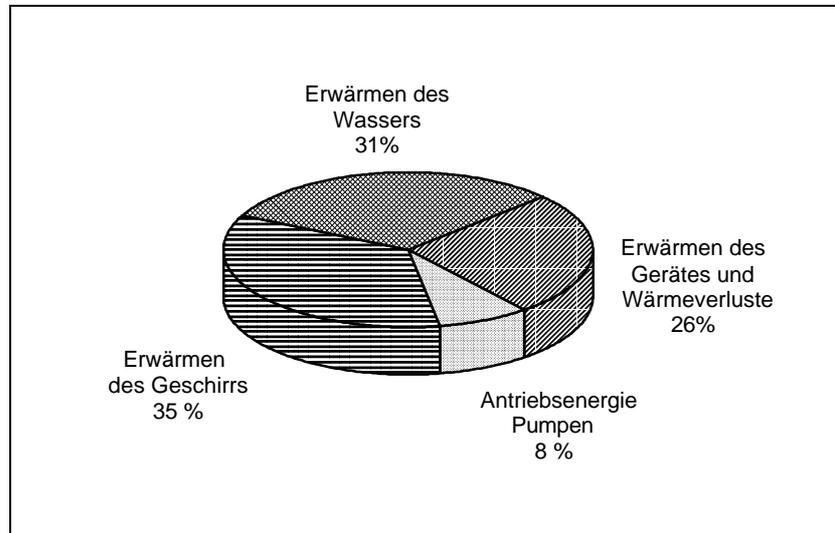
Trocknen

Der Energiebedarf

Zunächst wird Energie zur Erwärmung des Spülwassers gebraucht. Gleichzeitig müssen alle wasserführenden Teile, das Innere der

Maschine sowie das Geschirr erwärmt werden. Während des Zwischenspülens werden diese erwärmten Teile mit kaltem Wasser abgekühlt. Die abgeführte Wärme muss beim folgenden Klarspülen und Trocknen ersetzt werden. Zum Umpumpen der Waschlauge während und zum Abpumpen nach dem Spülgang wird elektrische Antriebsenergie benötigt.

Figur 16:
Energiebilanz einer Geschirrspülmaschine



Die obige Figur zeigt, dass fast alle Energie für das Aufheizen von Wasser, Geschirr und Maschine (mehr als 90 %) benötigt wird.

Was beeinflusst den Energieverbrauch ?

Die Menge des aufzuwärmenden Wassers

Die Menge des pro Spülvorgang im Umlauf befindlichen Wassers bestimmt wesentlich den Energieverbrauch. Durch zahlreiche technische Massnahmen, wie günstige Anordnung der Umwälzpumpen, bessere Gestaltung des Innenraums für die Anordnung des Geschirrs, wechselseitige Beschickung der Spülarme mit Wasser etc. konnte im Verlauf der letzten 20 Jahre die pro Spülgang benötigte Wassermenge von 10 auf bis zu 5 Liter gesenkt werden. Eine weitere Reduktion dieses Wasserverbrauches ist kaum noch möglich.

Die Spültemperatur

Die Temperatur der einzelnen Programmschritte bestimmt direkt den jeweiligen Energieverbrauch. Die verschiedenen Spülgänge sollten daher mit den tiefstmöglichen Temperaturen betrieben werden. Bei den heutigen Spülmitteln sind aber die Reinigungsergebnisse bei tieferen Temperaturen teilweise wenig befriedigend. Fortschritte bei der Spülmittelchemie könnten zum Energiesparen beitragen, dürfen aber keinesfalls die Umweltverträglichkeit der Reinigungsmittel vermindern.

Die Steuerung und Regelung des Spülvorganges

Durch geeignete Messsysteme könnten die Menge und der Grad der Verschmutzung der Waschlauge und damit die Sauberkeit des Geschirrs festgestellt werden. Die Spülmittelzugabe, die Dauer und Temperatur der einzelnen Spülgänge könnten dann entsprechend op-

timiert und dadurch auch der Verbrauch von Wasser, Energie und Waschmittel eingespart werden.

Die Benutzer von Geschirrspülern können auf zwei Arten den Energieverbrauch beeinflussen.

Füllungsgrad. Der Energieverbrauch pro Waschgang kann durch den Füllungsgrad der Maschine nur wenig beeinflusst werden. Zwar muss bei einer wenig gefüllten Maschine weniger Geschirr erwärmt werden, doch ist die Einsparung relativ gering. Das Gerät sollte daher erst in Betrieb genommen werden, wenn es gefüllt ist:

Programmwahl. Fast alle Geschirrspüler bieten mehrere Programme zur Auswahl an. Generell kann gesagt werden, dass kürzere Programme und niedrigere Temperaturen den Energie- und meist auch den Wasserverbrauch reduzieren. Untersuchungen zeigten, dass in den weitaus meisten Fällen das Normal- oder Standardprogramm gewählt wird und auch genügt.

In zahlreichen Wohnungen besteht die Möglichkeit, die Geschirrspülmaschine an das Warmwasser anzuschliessen. Damit könnte ein Teil der Energie zum Aufwärmen des Wassers über die zentrale, nicht-elektrische Wasserversorgung bezogen werden. Zu beachten ist, dass bei dieser Anschlussart für alle Spülgänge Warmwasser verwendet wird. Zudem dürfen die Zuleitungen nicht zu lang sein, da sonst nur kaltes Wasser in der Maschine ankommt, und das warme Leitungswasser anschliessend in der Leitung abkühlt. Ob ein Anschluss des Geschirrspülers an das Warmwassernetz energetisch und finanziell sinnvoll ist, kann nur unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten beurteilt werden.

Theoretisch wäre es möglich, über entsprechende Wärmetauscher die Wärme des nicht mehr benötigten und abgepumpten Spülwassers zum Erwärmen des Wassers für den nächsten Spülgang zu nutzen. Dies ist allerdings technisch sehr aufwendig und momentan noch nicht wirtschaftlich.

Wie bestimme ich das richtige Gerät ?

Aus energetischer Sicht sprechen keine zwingenden Gründe gegen eine Geschirrspülmaschine. Wird sie richtig eingesetzt, kann die Energiebilanz in einem Haushalt sogar verbessert werden. Das weitverbreitete Abspülen von Hand unter fliessendem Warmwasser benötigt nämlich erheblich mehr Wasser und Energie als das Reinigen derselben Menge Geschirr in einem modernen Geschirrspüler.

In der Regel kann gesagt werden, dass bei einem grösseren Gerät das Verhältnis von Füllmenge zu Gerätevolumen besser ist als bei einem kleineren. Unter der Voraussetzung, dass immer nur volle Maschinen betrieben werden, bedeutet dies, dass für dieselbe Geschirrmenge

Das Benutzerverhalten

Die Art der Wärmeversorgung

Die Massnahmen zur Wärmerückgewinnung

Gerät ja oder nein ?

Die Grösse des Gerätes

beim grösseren Gerät proportional weniger Wasser und weniger Energie beansprucht wird als beim kleineren. Nach Möglichkeit sollte also ein normales Standgerät (entweder 55er oder 60er Norm) für 10 bis 14 Massgedecke angeschafft werden. Kleinere Haushalte müssten also gegebenenfalls zusätzliches Geschirr anschaffen, um die Spülmaschine nicht halbleer laufen lassen zu müssen. Sogenannte Kleingeräte mit einem Fassungsvermögen von nur 6 Massgedecken sind in ihren Verbrauchswerten ungünstiger.

Das sparsamste Gerät

Die Auswahl des sparsamsten Gerätes erfolgt aufgrund der Angaben aus den Lieferantenunterlagen oder Prospekten. Das Gerät sollte über ein spezielles Energiesparprogramm verfügen, wobei dem Benutzer die möglichen Einsparungen an Energie und Wasser verständlich dargelegt werden müssen.

Prüfen des Anschlusses an das Warmwasser

Ein Anschluss der Geschirrspülmaschine an das Warmwasser kann, wie schon weiter oben dargelegt, energetisch sinnvoll sein. Allerdings sollte die Wassertemperatur 55 °C nicht übersteigen.

Schweizerische Gerätedatenbank

Zur Suche des passenden Gerätes eignet sich die Schweizerische Gerätedatenbank besonders gut. Bei zahlreichen Energieberatungsstellen (Liste siehe Anhang) kann man sich eine - z.B. nach dem Energieverbrauch geordnete - Liste derjenigen Geräte ausdrucken lassen, die die definierten Spezifikationen und Abmessungen erfüllen.

Effizienz-Kriterium

Der Strom- und Wasserverbrauch von Geschirrspülmaschinen wird meist für die verschiedenen Spülprogramme und jeweils für Kaltwasser- oder Warmwasseranschluss angegeben. Die Verbrauchswerte sind angegeben in kWh Stromverbrauch pro Durchlauf des Spülprogramms bzw. Liter Wasserverbrauch pro Durchlauf. Beim Warmwasseranschluss kann die aus dem Warmwasser entnommene Energiemenge abgeschätzt werden aus der Differenz von Energieverbrauch mit und demjenigen ohne Warmwasseranschluss. Zusätzlich muss der Wärmeverbrauch für die Spülgänge berücksichtigt werden, die sonst mit kaltem Wasser erfolgen. Geschirrspüler mit Kalt- und Warmwasseranschluss sind leider zur Zeit nicht erhältlich.

Am repräsentativsten ist der Stromverbrauch des Normalprogrammes, da dieses am häufigsten verwendet wird. Ebenso sollten der Strom- und Wasserverbrauch des Sparprogramms beachtet und verglichen werden.

Berechnung des jährlichen Wasser- und Energieverbrauchs

Der jährliche Verbrauch von Wasser und Energie wird berechnet durch Multiplizieren des Verbrauchs pro Durchlauf des Spülprogramms mit der geschätzten Anzahl Durchläufe pro Jahr. Die Zahl der jährlichen Benutzungen variiert sehr stark und hängt neben den Wohnheiten weitgehend von der Grösse des Haushaltes ab. Die

untenstehende Tabelle gibt geschätzte Werte über wöchentliche und jährliche Benutzungen bei verschiedenen Haushaltgrössen an.

Haushaltgrösse Anzahl Personen	Zahl der Benutzungen pro Woche	Zahl der Benutzungen pro Jahr
1 - 2	1	50
3	2	100
4	4	200
5 und mehr	6	300

*Tabelle 10:
Jährliche Benutzung von Ge-
schirrspülmaschinen*

Gerät für 12 Massgedecke, Verbrauchswerte pro Durchlauf, Normalprogramm:

Wasserverbrauch 20 Liter

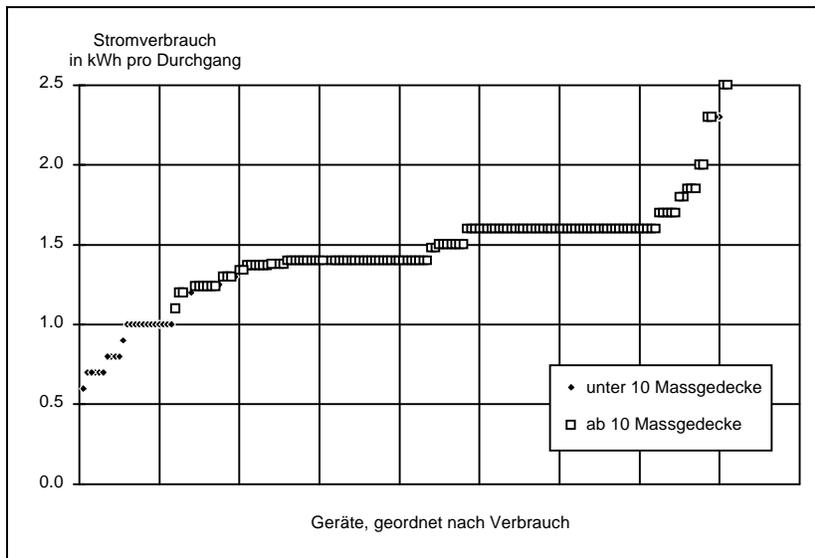
Elektrizitätsverbrauch

- bei Kaltwasseranschluss 1,3 kWh
- bei Warmwasseranschluss 0,5 kWh

Wärmeverbrauch bei

Warmwasseranschluss >0,8 kWh

**Verbrauchswerte von beson-
ders sparsamen Geräten
(Baujahr 1993)**



*Figur 17:
1993 erhältliche Geschirrspül-
maschinen, geordnet nach
ihrem Stromverbrauch pro
Durchlauf Normalprogramm*

- Der absolute Stromverbrauch der im Jahr 1993 in der Schweiz erhältlichen Geschirrspülmaschinen schwankt bei den kleinen Geräten (unter 10 Massgedecken) zwischen 0,6 und 2,3 kWh pro Durchlauf und bei den grösseren Geräten (über 10 Massgedecke) zwischen 1,1 und 2,5 kWh pro Durchlauf. In dieser Klasse braucht das schlechteste Gerät also etwa 130 % mehr Strom als das beste.
- Da die kleinen Geräte in der Regel nur 3 bis 6 Massgedecke aufnehmen, ist ihr spezifischer Verbrauch, bezogen auf die gespülte Menge Geschirr erheblich ungünstiger als bei den grossen Geräten. Umgekehrt ist der spezifische Verbrauch der grossen Geräte nur dann günstig, wenn diese erst dann betrieben werden, wenn sie voll sind.
- Am Markt ist ein breites Spektrum an Geräten vorhanden. Zwar haben die meisten Geräte einen Stromverbrauch in der Grössen-

Interpretation

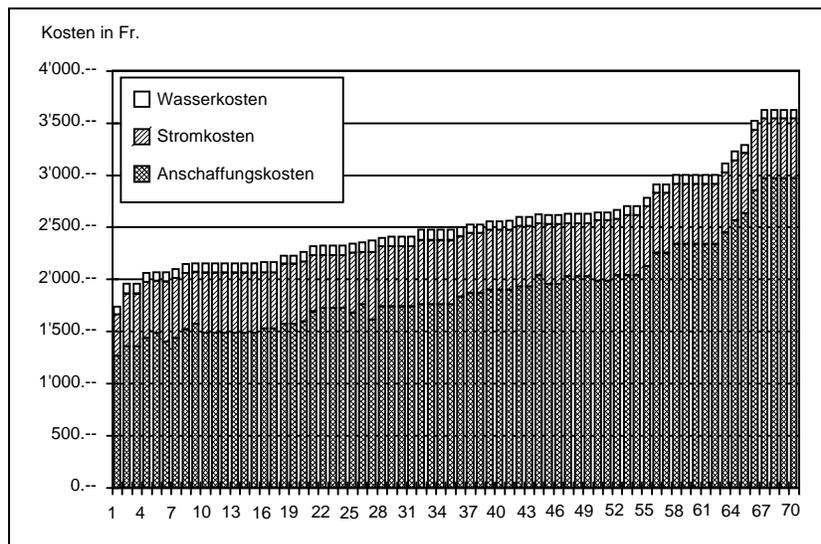
ordnung um 1,5 kWh/Durchlauf, es lohnt sich jedoch, beim Kauf den Verbrauch zu beachten. Der Kauf eines schlechteren Gerätes muss unbedingt vermieden werden.

- Hier nicht dargestellt ist der Wasserverbrauch pro Durchlauf. Die Verbräuche der verschiedenen Geräte zeigen ein ähnliches Bild wie die Stromverbräuche. Die guten und schlechten Geräte liegen um mehr als 100 % auseinander. Da der Stromverbrauch durch den Wasserverbrauch mitbestimmt wird, sind die in der obigen Figur dargestellten Geräte mit einem tiefen Stromverbrauch auch diejenigen mit einem tiefen Wasserverbrauch.

Kostenbetrachtungen

Für einen Vergleich der Wirtschaftlichkeit von bestimmten Geräten kann nach dem in Teil A beschriebenen vereinfachten Verfahren (Grobbeurteilung) die Summe aus den Anschaffungskosten und den über die Nutzungsdauer erwarteten Energie- und Wasserkosten benutzt werden. In der folgenden Figur sind diese Kosten für 70 Geschirrspülmaschinen der Grössenklasse "12 Massgedecke" vergleichend gegenübergestellt. Den Berechnungen liegen dabei die folgenden Annahmen zugrunde:

- Anschaffungskosten: offizielle Bruttopreise minus 15 %
- Nutzungsdauer der Geräte: 10 Jahre
- Zahl der jährlichen Benutzungen: 200
- Strompreis: 18 Rp./kWh
- Wasserpreis: 2,00 Fr./m³
- Strom- und Wasserverbrauch: nach Schweizer Gerätedatenbank (Herstellerangaben).



*Figur 18:
Gesamtkosten von 70 Geschirrspülmaschinen der Grössenklasse "12 Massgedecke" über 10 Jahre*

Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, zeigt die Figur die Gesamtkosten nur einer Grössenklasse von Geräten. Die folgenden Aussagen können aber sinngemäss auf alle Grössenklassen übertragen werden.

Interpretation

- Die Gesamtkosten über 10 Jahre schwanken zwischen 1'740.- und 3'620.- Fr., wobei die Anschaffungskosten zwischen 1'270.- und knapp 3'000.- Fr., die Energiekosten zwischen 400.- und 650.- Fr. und die Wasserkosten zwischen 80.- und 110.- Fr. schwanken.
- Die Geräte mit den geringsten Anschaffungskosten (Geräte 1 bis 17) sind auch die Geräte mit den tiefsten Gesamtkosten und umgekehrt (Geräte 66 bis 70). Die Energie- und Wasserkosten spielen für die Gesamtkosten eine kleinere Rolle.
- Die Geräte mit den höheren Anschaffungskosten sind nicht die Geräte mit einem tieferen Energieverbrauch, wogegen bei den Geräten der unteren und mittleren Preiskategorie sowohl sehr sparsame als auch die schlechtesten Geräte zu finden sind.
- Interessant ist, dass das Gerät mit den tiefsten Anschaffungskosten auch das Gerät mit dem tiefsten Stromverbrauch ist.
- Bei etwa gleichen Gesamtkosten wie ihre "Nachbargeräte" haben die Geräte 4, 6, 7, 25 und 27 geringere Anschaffungskosten. Dies ist auf die gegenüber ihren Nachbarn höheren Energie- und Wasserkosten zurückzuführen. Der Kauf dieser Geräte sollte aus ökologischen Gründen vermieden werden.

Wäschewaschen

Das Prinzip

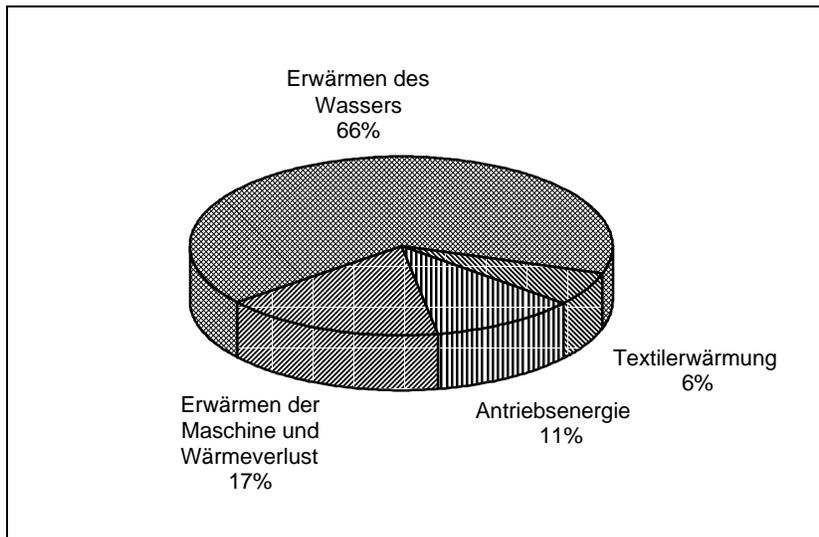
Ob Handwäsche oder maschinell, das Prinzip bleibt das selbe: Mit Hilfe einer wässrigen Lösung und mechanischer Einwirkung wird der Schmutz aus der Wäsche entfernt. In der Schweiz üblich sind Trommelmaschinen, bei denen die Wäsche von vorne, seltener von oben eingefüllt wird. Die Trommel befindet sich in einem geschlossenen Gefäss (Bottich). Ist die Wäsche eingefüllt und der Deckel geschlossen, wird Wasser in das Gefäss eingelassen und Waschmittel beigegeben. Die Waschlauge wird auf eine - je nach Wäsche und Verschmutzung - optimale Temperatur erwärmt. Durch Bewegen und Drehen der Trommel wird die Wäsche in der Lauge bewegt. Der Schmutz wird somit mechanisch und chemisch aus dem Gewebe entfernt und in der Waschlauge gelöst. Nach beendetem Waschen wird die Waschlauge samt dem gelösten Schmutz abgepumpt. Anschliessend wird die Wäsche sauber gespült, dabei muss für jeden Spülgang frisches Wasser nachgefüllt werden. Im letzten Gang wird die Trommel in eine hohe Drehzahl versetzt und durch die Zentrifugalkraft das Wasser aus der Wäsche herausgeschleudert und ebenfalls abgepumpt.

Das Ergebnis und der Erfolg des Waschvorgangs werden also bestimmt durch die Komponenten Waschmittel, Temperatur der Waschlauge, Dauer des Waschvorgangs und Intensität der mechanischen Bewegung der Wäsche (Trommelbewegung). Je besser alles aufeinander abgestimmt ist, umso sauberer wird die Wäsche. Zu beachten bleibt, dass die Wäsche nicht beschädigt werden darf und dass Wasser und Strom kostensparend eingesetzt werden.

Der Energiebedarf

Zunächst wird Energie benötigt, um die Waschlauge und in der Folge auch die Wäsche aufzuwärmen. Gleichzeitig werden auch Trommel und Behälter aufgewärmt. Während des Waschens geben alle warmen Teile Wärme an die meist kühlere Umgebung ab. Diese Verluste müssen durch zusätzliches Heizen ergänzt werden.

Weiter wird elektrische Energie für das Bewegen der Trommel während des Waschens und Spülens und für das Schleudern der Wäsche benötigt.



Figur 19:
Energiebilanz einer Waschmaschine

Was beeinflusst den Energieverbrauch ?

Einen grossen Einfluss auf den Energieverbrauch hat neben der Temperatur die Menge des Waschwassers, die erwärmt werden muss. Einer Reduktion dieser Wassermenge durch konstruktive Verbesserungen der Waschmaschinen kommt deshalb grösste Bedeutung zu. Es ist zu unterscheiden zwischen dem Wasser, welches von der Wäsche aufgesaugt wird, und dem frei bewegten Wasser.

Jedes Kilogramm trockene Wäsche nimmt etwa 2,5 Liter Wasser auf. Reduziert werden kann somit nur die Menge des frei bewegten Wassers. Diese wird durch die Grösse der Trommel respektive des Bottichs bestimmt. Je kleiner der Abstand zwischen beweglicher Trommel und festem Gehäuse ist, desto weniger Wasser ist nötig, um die Wäsche einzutauchen. Um die Wäsche auch bei geringen Wassermengen vollständig zu benetzen, sind weitere konstruktive Verbesserungen entwickelt worden, wie das Sprinkler- oder Jetsystem, das Oberwassersystem, das Gegenstromsystem, das Unterflutsystem etc. Hierbei wird die Wäsche von oben benetzt. Durch weitere Massnahmen wird verhindert, dass das bereits im Abflusssystem der Waschmaschine befindliche Wasser erwärmt oder mit Waschmittel vermischt wird (z.B. sogenannter Ökoverschluss).

Als Beispiel für die im Laufe der Zeit erzielten Verbesserungen sei ein Frontladegerät erwähnt, bei dem in den letzten 15 Jahren das Volumen des frei bewegten Waschwassers von 9 Liter auf 2,5 Liter reduziert werden konnte. Eine weitere denkbare Verbesserung wäre eine geschlossene Innentrommel während des Waschens, wobei der Wasserabfluss beim Spülen und Schleudern technisch noch nicht gelöst ist. Theoretisch möglich wäre der Einsatz von Wärmetauschern, um die im ersten Waschgang erzeugte Wärme dem abfliessenden Wasser zu entnehmen und für den folgenden Waschgang wieder zu nutzen. Aus technischen und praktischen Gründen ist diese Sparmöglichkeit jedoch noch keine echte Alternative.

Die Menge des aufzuwärmenden Wassers

Die Temperatur des Waschwassers

Die gewählte Waschttemperatur hat einen sehr direkten Einfluss auf den Energieverbrauch. Fast die Hälfte unserer Wäsche wird mit Temperaturen zwischen 60 °C und 90 °C gewaschen. Im allgemeinen ist eine sinkende Tendenz zu beobachten, wobei diese nicht in erster Linie eine Folge des Energiesparens, sondern des Einsatzes von Kunststoffasern in den Kleidungsstücken ist. Verbesserte Waschmittel werden sicher bald eine weitere Senkung der Waschttemperaturen ermöglichen. Notwendig werden dann auch spezielle Waschprogramme und Waschmitteldosiersysteme. Denkbar wären auch längere Waschprogramme mit tieferen Temperaturen (z.B. Kaltwäsche 2 bis 4 Stunden).

Die Steuerung und Regelung des Waschvorgangs

Die heutigen Reinigungsprogramme werden von Hand angewählt und in Bewegung gesetzt. Sie laufen ohne weitere Kontrolle stur ab. Würde zum Beispiel die Wäschemenge gemessen und der Verschmutzungsgrad von Waschlauge und Spülwasser kontrolliert, könnte der Wasch- und Spülprozess weiter optimiert werden. Es würde nur so viel Waschmittel beigegeben oder Wasser gebraucht, wie unbedingt erforderlich ist. Mit solchen verfeinerten Steuerungen könnten beträchtliche Mengen an Wasser, Energie und Waschmittel eingespart werden. Solche Maschinen existieren bereits als Prototypen.

Das Benutzerverhalten

Die Benutzer können den Verbrauch von Energie für das Wäschewaschen wesentlich durch

- die Häufigkeit des Wäschewaschens
- die Temperatur des Waschvorgangs
- die Auslastung pro Waschgang

bestimmen. Eine nur zum Teil gefüllte Maschine braucht pro Kilo Wäsche wesentlich mehr Energie als eine nach den Angaben des Herstellers gefüllte Trommel. Die Benutzer können weiter zum sparsamen Energieverbrauch angehalten werden, wenn der Stromkonsum für die Waschmaschinen in Mehrfamilienhäusern den Mietern individuell verrechnet wird.

Die Art der Wärmeerzeugung

Bei den heutigen Waschmaschinen wird die zur Wassererwärmung erforderliche Energie meist elektrisch bereitgestellt. Die Wassererwärmung könnte jedoch auch anders erfolgen:

- mit Gas: Waschmaschinen mit eingebauter Gasheizung werden in der Schweiz angeboten.
- mit Wärme aus dem Heizkessel oder dem Sonnenenergieboiler, indem die Waschmaschine an das Verteilnetz des Warmwassers angeschlossen wird. Dies bedingt entsprechend ausgerüstete Maschinen (Anschlüsse und Steuerung).

Beide Alternativen können auch finanziell interessant sein. In der Regel ist die Wärmeerzeugung mit Strom teurer als diejenige mit Gas oder mit Heizöl. Auch aus energetischen Gründen ist der Einsatz von hochwertiger Energie (Elektrizität) zur Wassererwärmung weniger vorteilhaft.

Ob ein Anschluss einer Waschmaschine an die zentrale Wassererwärmung energetisch und finanziell sinnvoll ist, hängt von der Länge der Warmwasserleitungen und der Art der Warmwasserbereitung ab und kann nur unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten von einer Fachperson beurteilt werden.

Wie bestimme ich das richtige Gerät ?

Die durchschnittliche Wäschebelastung liegt oft weit unter der Kapazität der Maschine. So ergaben zum Beispiel Messungen an 6 kg-Maschinen eine durchschnittliche Beladung von 3,3 kg. Das heisst, die Maschinen waren im Schnitt nur gut zur Hälfte ausgelastet.

So gross wie nötig, so klein wie möglich

Bei Kleinwohnungen reichen in der Regel Maschinen mit einem Fassungsvermögen von 3 - 4 kg Trockenwäsche, in Mehrfamilienhäusern genügen im Prinzip solche mit 4,5 - 5 kg. Wird mehr als ein Gerät benötigt, sollte mindestens eine kleinere Maschine installiert werden. In jedem Fall muss aber gewährleistet sein, dass jede Mietpartei in der ihr zur Verfügung stehenden Waschzeit alle Wäsche waschen kann.

Der zu erwartende Anfall von zu waschender Wäsche kann wie folgt angenommen werden:

Berechnung des Wäscheanfalls

- 1 - 2 Zimmer-Wohnung 6 - 8 kg pro Woche
- 2½ - 3½ Zimmer-Wohnung 12 - 16 kg pro Woche
- 4 - 6 Zimmer-Wohnung 18 - 24 kg pro Woche

Bei Mehrfamilienhäusern sind die Anzahl Wohnungen mit den entsprechenden Werten zu multiplizieren. Damit erhält man den mittleren, wöchentlichen Wäscheanfall. Pro Tag ist etwa 1/5 der wöchentlichen Menge zu waschen. Der tägliche Anfall an Wäsche sollte mit 6 - 8 Maschinendurchgängen gewaschen werden können (pro Tag 4 x 3,5 Stunden Einschreibungen).

Beispiel: Mehrfamilienhaus mit 10 x 4-Zimmer-Wohnungen und 10 x 3-Zimmer-Wohnungen

wöchentlicher Wäscheanfall:	10 x ca. 18 kg = ca. 180 kg/Woche
	10 x ca. 14 kg = ca. 140 kg/Woche
	Zusammen ca. 320 kg/Woche
täglicher Wäscheanfall	320 kg/Woche / 5 Tage /Woche
	= 64 kg/Tag
erforderliche Waschkapazität	
bei 8 täglichen Waschgängen	64 kg/Tag / 8 = 8 kg/Durchgang

In diesem Beispiel würden eine 4 kg und eine 6 kg Maschine genügen. Die Waschkapazität bei 8 täglichen Waschgängen pro Maschine läge dann bei 80 kg Trockenwäsche pro Tag, also etwas zu hoch. Mit

Vorteil könnte dann die kleinere Maschine bevorzugt eingesetzt werden.

Der jährliche Wäscheanfall wird berechnet, indem der Tagesanfall mit 250 oder der Wochenanfall mit 50 multipliziert wird.

Beispiel von oben:

jährlicher Wäscheanfall 250 Tage/Jahr x 64 kg/Tag = 16'000 kg/Jahr
jährlicher Wäscheanfall 50 Wochen/Jahr x 320 kg/Woche = 16'000 kg/Jahr

Möglichst sparsames Gerät

Die Waschmaschine soll möglichst wenig Strom und Wasser verbrauchen. Im Normalfall erfüllen sparsame Geräte beide Bedingungen gleich gut. Vorteilhaft sind Maschinen, die mit einer möglichst hohen Drehzahl schleudern (über 1000 Umdrehungen pro Minute). Je besser die Wäsche geschleudert wurde, desto rascher trocknet sie, wenn sie aufgehängt ist. Wird die Wäsche maschinell getrocknet, ist das vorgängige Schleudern noch wichtiger, denn das Trocknen im Tumbler braucht ein Mehrfaches (über das 100-fache) an Energie als das Entfeuchten durch Schleudern. Die Schleuderdrehzahl sollte dann mindestens 1400 Umdrehungen pro Minute betragen. Zu beachten ist, dass die speziell für Mehrfamilienhäuser geeigneten (robusteren) Maschinen zum Teil gegenüber den "normalen" Maschinen eine geringere Schleuderdrehzahl aufweisen.

Möglichst auch mit Warmwasseranschluss

Wo auf sinnvolle Art möglich, kann die Waschmaschine mit Warmwasser aus dem zentralen, nicht elektrisch beheizten Warmwasserspeicher versorgt werden. Dadurch entfällt zum Teil das elektrische Aufheizen in der Maschine. Die gewünschte Wassertemperatur wird durch Mischen des Warm- und des Kaltwasserzulaufes erreicht. Ob dies energetisch und finanziell sinnvoll ist, hängt von der Länge der Zuleitungen und der Erzeugungsart der zentralen Warmwasserbereitung ab und kann nur im Einzelfall unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten von einer Fachperson beurteilt werden.

Je nach Versorgungsmöglichkeit ist auch die Anschaffung einer Gaswaschmaschine zu prüfen.

Möglichst individuelle Abrechnung

Je transparenter und direkter die Energie- und Wasserkosten dem Benutzer verrechnet werden, desto grösser ist der Anreiz zu sparen. Die Wasserkosten liegen oft in derselben Grössenordnung wie die Stromkosten. Zumindest sollten der Wasser- und der Energieverbrauch einer Waschküche (Waschen und Trocknen) separat erfasst und den Wohneinheiten entsprechend ihrer Grösse oder nach einem anderen Verteilschlüssel verrechnet werden.

- Bei Neuinstallationen kann der Stromverbrauch jedem Wohnungszähler individuell belastet werden. Die Umschaltung erfolgt auf einfache Weise mittels Code-Karten. Hierbei wird allerdings der Wasserverbrauch nicht miterfasst.
- Beim Kreditkartensystem erhält jeder Nutzungsberechtigte eine Art Kreditkarte, mit der er die Waschmaschine in Betrieb setzen kann. Hierzu muss an jeder Waschmaschine eine spezielle

Vorrichtung angebracht werden. Je nach Nutzung (Waschprogramm) wird dann der Kreditkarte ein bestimmter Betrag abgebucht. Ist die Karte "leer", kann sie gegen Bezahlung wieder "gefüllt" werden.

- Bei der individuellen Abrechnung mittels Münz- oder Chipwurf muss in einem der Waschmaschine vorgeschalteten Zähler vor der Benutzung eine entsprechende Münze eingeworfen werden. Ist der Geldbetrag aufgebraucht, wird das Waschprogramm abgebrochen. Ein nicht verbrauchter Geldrestbetrag ist verloren. Da die Münzbehälter ausserdem oft aufgebrochen werden, ist dieses System weniger empfehlenswert.

Der Wissens- und Kenntnisstand der Waschmaschinenbenutzer ist zu verbessern. Durch Orientieren und Informieren über die richtige Art der Benützung und deren Auswirkungen auf den Strom- und Wasserverbrauch kann der rationelle Energieeinsatz gefördert werden.

Benutzerverhalten

Zur Suche des passenden Gerätes eignet sich die Schweizerische Gerätedatenbank besonders gut. Bei zahlreichen Energieberatungsstellen (Liste siehe Anhang) kann man sich eine - z.B. nach dem Energieverbrauch geordnete - Liste derjenigen Geräte ausdrucken lassen, die die definierten Spezifikationen und Abmessungen erfüllen.

Schweizerische Gerätedatenbank

Effizienz-Kriterium

Die Energie- und Wasserverbrauchswerte für Waschmaschinen werden meist für verschiedene Waschprogramme separat angegeben. Am besten geeignet für den Vergleich von verschiedenen Marken und Modellen dürfte der Wert sein, der für die 60 °C-Wäsche ohne Vorwaschen angegeben wird. Der Stromverbrauch wird jeweils angegeben in Kilowattstunden (kWh) pro Waschgang, der Wasserverbrauch in Liter pro Waschgang.

Die Verbrauchsangaben pro kg Trockenwäsche sind eher selten, jedoch für einen Vergleich von unterschiedlich grossen Maschinen besser geeignet. Dieser Wert lässt sich jedoch leicht berechnen, indem man den Verbrauch pro Waschgang durch das Fassungsvermögen der Maschine dividiert.

Der jährliche Energie- und Wasserverbrauch kann berechnet werden, indem die Verbrauchswerte des betreffenden Gerätes mit dem geschätzten jährlichen Wäscheanfall multipliziert werden.

Frontlader ohne Warmwasseranschluss, 5 kg:

- Stromverbrauch
ca. 0,2 kWh/kg entspricht 1,0 kWh/Waschgang
- Wasserverbrauch
ca. 12 Liter/kg entspricht 60 Liter/Waschgang

Verbrauchswerte von besonders sparsamen Geräten (Baujahr 1993)

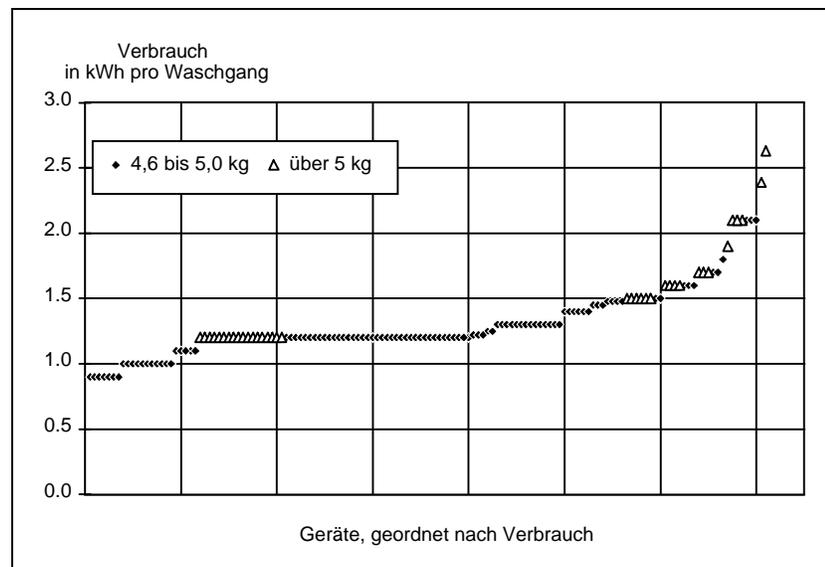
- Schleuderdrehzahl
bis 1600 U/min

Frontlader mit Warmwasseranschluss, 5 kg:

- Wärmeverbrauch
ca. 0,13 kWh/kg entspricht 0,65 kWh/Waschgang
- Stromverbrauch
ca. 0,07 kWh/kg entspricht 0,35 kWh/Waschgang
- Wasserverbrauch
ca. 14 Liter/kg entspricht 70 Liter/Waschgang
- Schleuderdrehzahl
bis 1600 U/min

In der folgenden Figur ist eine Auswertung der Schweizerischen Gerätedatenbank dargestellt. Sie zeigt die absoluten Verbrauchswerte der meisten zur Zeit in der Schweiz erhältlichen Waschmaschinen mit einem Fassungsvermögen über 4,5 kg Trockenwäsche. Die Geräte sind nach ihrem absoluten Verbrauch geordnet, so dass die besten Geräte links und die mit den höchsten Verbrauchswerten rechts zu finden sind.

Figur 20:
1993 erhältliche Waschmaschinen, geordnet nach dem absoluten Stromverbrauch pro Waschgang



Interpretation

- Der absolute Stromverbrauch der 1993 in der Schweiz erhältlichen Waschmaschinen schwankt bei den 4,6 bis 5 kg-Geräten zwischen 0,9 und 2,1 kWh pro Waschgang und bei den grösseren Geräten (5,1 bis 6 kg) zwischen 1,2 und 2,6 kWh pro Waschgang. In jedem Fall braucht das schlechteste Gerät also mehr als doppelt so viel Strom als das beste (bei etwa gleicher Füllmenge und bei voller Ausnutzung der Füllkapazität).
- Im rechten (ungünstigeren) Teil der Kurve sind hauptsächlich die 6 kg-Maschinen vertreten. Dies zeigt, dass bei den nur in der Schweiz angebotenen Mehrfamilienhaus-Waschmaschinen die verwendete Technologie gegenüber den "Standard"-Waschma-

schinen noch ein Nachholpotential aufweist. Es gibt aber bereits sparsamere 6 kg-Maschinen, die im linken Teil der Kurve zu finden sind.

- Auf dem Markt ist ein breites Spektrum an Geräten vorhanden. Zwar hat eine grössere Zahl von Geräten einen Stromverbrauch in der Grössenordnung um 1,2 kWh/Waschgang; es lohnt sich jedoch beim Kauf den Verbrauch von Strom **und** Wasser zu beachten. Der Kauf eines schlechteren Gerätes sollte unbedingt vermieden werden; nach Möglichkeit sollte ein Gerät aus dem linken Ast der Kurve gefunden werden.
- Hier nicht dargestellt ist der Wasserverbrauch pro Waschgang. Die Verbräuche der verschiedenen Geräte zeigen ein ähnliches Bild wie die Stromverbräuche. Die schlechtesten Geräte verbrauchen bis zu drei mal mehr Wasser pro Waschgang als die besten. Da der Stromverbrauch durch den Wasserverbrauch mitbestimmt wird, sind die in der Figur dargestellten Geräte mit einem tiefen Stromverbrauch tendenziell auch diejenigen mit einem tiefen Wasserverbrauch. Dieser Zusammenhang gilt vor allem für die Geräte mit geringen Verbrauchswerten.

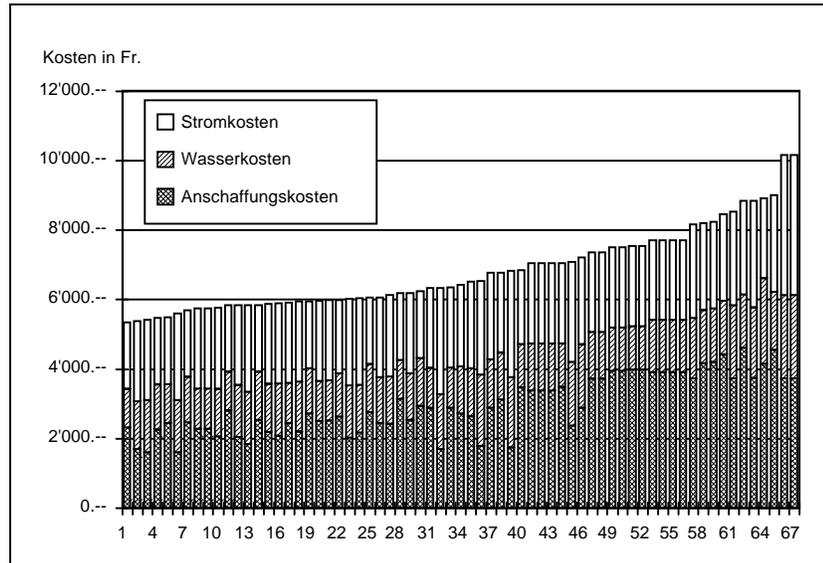
Kostenbetrachtungen

Für einen Vergleich der Wirtschaftlichkeit von bestimmten Geräten kann nach dem im Teil A unter Grobbeurteilung beschriebenen vereinfachten Verfahren die Summe aus den Anschaffungskosten und den über die Nutzungsdauer erwarteten Energie- und Wasserkosten benutzt werden. In der folgenden Figur sind diese Kosten für 67 Waschmaschinen der Grössenklasse 5 kg vergleichend gegenübergestellt. Den Berechnungen liegen dabei die folgenden Annahmen zugrunde:

- Anschaffungskosten: offizielle Bruttopreise minus 15 %
- Nutzungsdauer der Geräte: 12 Jahre
- Zahl der jährlichen Benutzungen: 800 (ca. 3 mal pro Tag)
- Strompreis: 20 Rp./kWh⁹⁾
- Wasserpreis: 2.- Fr./m³
- Strom- und Wasserverbrauch: nach Schweizer Gerätedatenbank (Herstellerangaben)

⁹⁾ Der Strompreis beim Wäschewaschen liegt höher als beispielsweise bei der Verwendung zum Kühlen, da meist Tags gewaschen wird und somit der Nachtstromanteil gering ist.

Figur 21:
Gesamtkosten von 67 Wasch-
maschinen
(Fassungsvermögens 5 kg) über
12 Jahre



Interpretation

Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, zeigt die Figur die Gesamtkosten nur einer Grössenklasse von Geräten. Eine Unterscheidung zwischen robusteren und weniger robusten Geräten wurde nicht getroffen. Die folgenden Aussagen können aber sinngemäss auf Maschinen mit einem anderen Fassungsvermögen übertragen werden.

- Die Gesamtkosten über 12 Jahre schwanken zwischen 5'350.- und 10'150.- Fr., wobei die Anschaffungskosten zwischen 1'600.- und 4'600.- Fr., die Energiekosten zwischen 1'900.- und 3'100.- Fr. und die Wasserkosten zwischen 1'100.- und 2'450.- Fr. schwanken. Insgesamt werden die Gesamtkosten durch die Energie- und Wasserkosten dominiert.
- Die Geräte mit den geringsten Anschaffungskosten (Geräte 2, 3, 6 und 9) gehören zu den Geräten mit tiefen Gesamtkosten. Tiefe Gesamtkosten weisen jedoch auch etwas teurere Geräte auf, die dafür einen geringeren Energie- und Wasserverbrauch haben (Gerät 1, 4, 5 und 7).
- Die Geräte mit den höheren Anschaffungskosten (um die 4'000.- Fr.) sind eher auch die Geräte mit den höheren Verbrauchskosten und nicht die Geräte mit einem tieferen Energieverbrauch, wogegen bei den Geräten der unteren und mittleren Preiskategorie sowohl sehr sparsame als auch schlechtere Geräte zu finden sind.
- Bei den Geräten 32, 36, 39, 45 und 46 ist besonders deutlich, dass sich ein Sparen beim Gerätekauf nicht unbedingt lohnt, da die höheren Verbrauchsausgaben die Einsparungen bei der Anschaffung wieder ausgleichen. Der Kauf dieser Geräte sollte aus ökologischen Gründen vermieden werden.

Wäschetrocknen

Bei den heute üblichen Verfahren, respektive den auf dem Markt erhältlichen Maschinen, ist der Energieverbrauch für das Trocknen oft 2 bis 3 mal grösser als für das Waschen.

Das Prinzip

Grundsätzlich wird beim Wäschetrocknen durch Verdunsten die Feuchtigkeit aus der Wäsche entfernt. Die Feuchtigkeit in der Wäsche wird an die vorbeiströmende Luft abgegeben. Voraussetzung ist, dass die Luft relativ trocken ist und Feuchtigkeit aufnehmen kann. Die Menge an Feuchtigkeit, die die Luft aufnehmen kann, steigt mit der Temperatur. Warme Luft kann mehr Feuchtigkeit aufnehmen als kalte Luft. Ferner wird zum Verdunsten (Verdampfen) von Wasser Wärme (Energie) benötigt. Deshalb ist nasse Wäsche kälter als die Umgebung. Die zum Verdunsten des Wassers notwendige Wärmemenge muss dem Trocknungsprozess in irgend einer Form zugeführt werden. Die aus der Wäsche in die Luft verdunstete Feuchtigkeit verändert die Eigenschaften der Luft. Sie wird feuchter und kühler, und damit sinkt die Fähigkeit, weitere Feuchtigkeit aufzunehmen. Damit die Wäsche weiter trocknen kann, muss diese Luft durch neue ersetzt oder durch Abkühlen getrocknet und in ihren ursprünglichen Zustand versetzt werden.

Wäsche kann auf recht unterschiedliche Arten getrocknet werden, welche sich im Energieverbrauch, im Komfort, im Platzbedarf, in der Trocknungsleistung und im Zeitbedarf erheblich unterscheiden. Die Zusammenhänge sind recht komplex und hängen auch stark von den örtlichen Gegebenheiten und von den Verhaltensgewohnheiten der Benutzer ab. Im folgenden werden die Hinweise allgemein gehalten und sind im Einzelfall genau zu überprüfen. Die wichtigsten und bekanntesten Verfahren sind die folgenden:

Die meist geschleuderte Wäsche wird an eine Leine im Freien gehängt. Luftzirkulation und Sonnenbestrahlung trocknen die Wäsche. Je nach Wäsche und Klima dauert der Trocknungsprozess mehrere Stunden. Die Wäsche trocknet im Sommer und im Winter. Je feuchter die Luft ist, zum Beispiel bei schwülem, regnerischem Wetter, desto schlechter trocknet die Wäsche. Deshalb sind zusätzliche, witterungsunabhängige Trocknungsmöglichkeiten notwendig.

Unabhängig von der Witterung kann in einem Kellerraum (seltener im Estrich) Wäsche an die Leine gehängt werden, bis sie trocken ist. Im Estrich trocknet die Wäsche besonders gut, da dieser im allgemeinen wärmer, trockener und besser durchlüftet ist, als ein Raum im Keller. Bei feuchten Wetterlagen kann der Trocknungsprozess auch länger als

Verdunsten braucht Energie

Trocknen im Freien

Trocknen im Trocknungsraum

einen Tag dauern. Der Raum muss im Sommer gut, im Winter nicht zu stark belüftet sein. Höhere Trocknungsleistungen werden in Räumen erreicht, die indirekt, zum Beispiel mit Heizungsabwärme, oder direkt erwärmt werden. Der Energieverbrauch hierfür kann jedoch recht gross sein.

Trocknen im Tumbler

Beim Tumbler wird die geschleuderte Wäsche in eine Trommel gefüllt. Während dem Trocknen wird die Trommel langsam gedreht und die Wäsche mit trockener, warmer Luft umspült. Durch die Bewegung wird die Wäsche mechanisch beansprucht. Je nach System wird die feuchte Luft wie folgt weiter behandelt:

Ablufttumbler. Die Luft wird direkt vom Tumbler ins Freie geblasen. Dadurch geht die in der Abluft enthaltene Wärmeenergie verloren. Die neu zuströmende Luft wird im Tumbler erwärmt.

Kondensationstumbler mit Luftkühlung. Die mit Feuchtigkeit gesättigte, warme Luft des Tumblers wird mit Raumluft abgekühlt. Die beim Abkühlen kondensierende Feuchtigkeit wird gesammelt und als Wasser abgeleitet. Die für das Kondensieren der Tumblerluft benötigte Raumluft ist vom inneren Tumblerkreislauf getrennt und nimmt deshalb auch keine Tumblerfeuchtigkeit auf. Dagegen nimmt sie im Kondensator die Abwärme der Tumblerluft auf und erwärmt dadurch die Raumluft. Einerseits kann dies zur Raumheizung beitragen, andererseits führt dies häufig zu Überwärmungsproblemen. Daher werden auch keine grösseren Geräte angeboten.

Kondensationstumbler mit Wasserkühlung. Die mit Feuchtigkeit gesättigte, warme Luft des Tumblers wird mit Leitungswasser abgekühlt. Die beim Abkühlen kondensierende Feuchtigkeit wird mit dem Abwasser weggespült. Die bei diesem Prozess von der Tumblerluft frei werdende Abwärme geht mit dem Abwasser verloren. Diese Tumblerart verbraucht neben Energie auch viel Wasser. Der Wasserverbrauch kann dabei höher sein, als für das vorherige Waschen der Wäsche.

Trocknen mit Raumluftentfeuchter als Wärmepumpe

Die Wäsche wird in einem möglichst kleinen und vor allem dichten Raum aufgehängt. Dies ist nötig, damit möglichst wenig Fremdluft im nachfolgenden Entfeuchtungsprozess behandelt wird. Mit Hilfe einer elektrischen Wärmepumpe wird die aus dem Raum abgezogene Luft soweit abgekühlt, dass die in ihr enthaltene Feuchtigkeit grösstenteils auskondensiert. Das Kondenswasser wird abgeleitet. Die getrocknete, kühle Luft wird von der Wärmepumpe erwärmt und in den Trocknungsraum ein- respektive zurückgeblasen. Auf diese Weise kann nun die erwärmte, getrocknete Luft erneut Feuchtigkeit aus der Wäsche aufnehmen. Die Temperatur im Trocknungsraum soll bei Prozessbeginn mindestens 12 °C betragen.

Trocknen im Wäschetrockenschrank

Die Wäsche wird in einen speziellen, beheizbaren Schrank gehängt. Für den Abtransport der Feuchtigkeit stehen diesselben Alternativen zur Verfügung wie beim Tumbler. Die mit Feuchtigkeit beladene Luft wird entweder ins Freie geblasen und durch erwärmte Frischluft ersetzt oder in einem Luft- oder Wasserkondensationskreislauf entfeuchtet und für die anschliessende Feuchtigkeitsaufnahme wieder

erwärmt. Es werden auch Kreisläufe mit Wärmepumpensystemen zur Entfeuchtung der Abluft angeboten. Diese - allerdings teurere - Variante ist zumindest aus energetischer Sicht vorteilhaft.

Dieses System besteht aus einem Trockenraum mit einem elektrischen oder an den Heizkessel angeschlossenen Lufterhitzer. Dieses Gerät erwärmt die angesaugte Raumluft und bläst sie gegen die im Raum aufgehängte Wäsche. Die mit Feuchtigkeit beladene Luft entweicht durch Fensteröffnungen ins Freie. In einem geschlossenen Raum funktioniert das System nur beschränkt und nur solange bis die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt ist. Der Energieverbrauch steigt enorm, und es kann auch zu Feuchtigkeitsschäden am Bau kommen. Sind die Fensteröffnungen zu gross, entweicht unnötig viel warme Luft nach aussen, was ebenfalls einen beträchtlichen Energieverlust bedeutet. Systeme mit kontrollierter Aussenluftzufuhr und eventuell mit Wärmezufuhr via Öl- oder Gasheizung können energetisch und wirtschaftlich interessant sein. Ebenso denkbar wären Systeme mit Wärmerückgewinnung, bei denen die Abluft mittels einem Wärmetauscher die Frischluft vorwärmt.

Trocknen mit einem Warmluftwäschetrockner

Der Energiebedarf

Zunächst wird Wärmeenergie benötigt, um das in der Wäsche enthaltene Wasser zu verdampfen. Zum Verdampfen von 1 kg Wasser sind theoretisch 0,63 kWh Wärme erforderlich. Diese Wärmeenergie kann - wenn eine Wärmepumpe nachgeschaltet ist - grösstenteils zurückgewonnen werden.

Wird die feuchte Luft nach aussen abgeleitet, muss die nachströmende Frischluft erwärmt werden. Je nach Luftwechsel kann die hierfür erforderliche Wärmeenergiemenge die Verdampfungsenergiemenge weit überschreiten.

Werden mechanische Teile bewegt, wie die Trommel im Tumbler oder der Ventilator in einem Trockenschrank, wird hierfür elektrischer Strom zum Antrieb der Motoren gebraucht. Diese Mengen sind im Vergleich zum Wärmebedarf eher klein.

Was beeinflusst den Energieverbrauch ?

Der Energieverbrauch für das Trocknen wird entscheidend bestimmt durch die Feuchtigkeitsdifferenz vor und nach dem Trocknen, also vom Feuchtigkeitsgehalt der geschleuderten Wäsche und davon, ob bügelfeuchte oder schranktrockene Wäsche gefordert wird. Bügelfeuchte Wäsche hat einen Feuchtigkeitsgehalt von 15 - 20 % und schranktrockene Wäsche einen solchen von 0 - 2 %. Der Energiebe-

Die Anfangs- und Restfeuchte der Wäsche

darf beim Trocknen steigt, je geringer die angestrebte Restfeuchte der Wäsche ist.

Mit einer Schleuderdrehzahl von 800 Umdrehungen pro Minute (ältere Waschmaschinen) wird der Feuchtigkeitsgehalt der Wäsche auf 75 % vermindert. Das heisst, ein Kilogramm Wäsche mit dieser Feuchtigkeit setzt sich zusammen aus 570 Gramm Gewebe und 430 Gramm Wasser. Wird die Drehzahl des Schleuderganges auf 1000 U/min erhöht, kann der Feuchtigkeitsgehalt auf 65 % reduziert werden. Dadurch wird Trocknungsenergie von etwa 15 % eingespart. Wird die Wäsche mit 2800 U/min in einer separaten Wäscheschleuder geschleudert sinkt der Feuchtigkeitsgehalt auf 42 %. Die Einsparung an Trocknungsenergie beträgt dadurch 70 % für bügelfeuchte und 40 % für schranktrockene Wäsche.

Die richtige Auslastung der Geräte

Sind Trocknungsgeräte wie Tumbler, Entfeuchter, Trocknungsschränke oder ähnliches vorhanden, so ist für den Energieverbrauch pro Kilogramm Wäsche entscheidend, dass die Geräte richtig bedient und optimal ausgelastet sind. Werden die Geräte oder Räume nur hälftig mit feuchter Wäsche beladen, so wird meist fast dieselbe Energiemenge beansprucht, wie wenn der Raum oder die Maschine voll beladen ist. Dadurch kann der spezifische Verbrauchswert beinahe auf das Doppelte ansteigen.

Derselbe Effekt wird ausgelöst, wenn in einem nicht ganz voll behängten Raum, in welchem die Wäsche bereits trocken ist, feuchte Wäsche nachgehängt wird. Der Entfeuchter muss dann so lange arbeiten, bis auch die später aufgehängte Wäsche trocken ist.

Der Gerätetyp

Das Trocknen im Freien benötigt keine externe oder fremde Energie. Luft, Sonne und Wind sowie die entsprechende Zeit genügen zum Trocknen.

Für das Trocknen im Trockenraum wird zumindest bei feuchtem und kühlem Wetter zusätzliche (Wärme-) Energie benötigt. Ohne Heizkörper im Trocknungsraum wird diese von den Nachbarräumen abgezogen. Mit Vorteil wird die Abwärme aus dem Heizraum genützt, wobei jedoch feuerpolizeiliche Vorschriften zu beachten sind. Wird die Zuluft der Heizung aus dem Waschraum abgezogen, können durch die beim Waschen aus den Waschmitteln frei werdenden Chlorgase Korrosionsschäden an der Heizanlage auftreten.

Die übrigen Verfahren benötigen alle elektrische Energie zum Erhitzen der Luft, Raumwärme zur Wiedererwärmung von nachströmender Luft und zusätzlich Wasser bei wassergekühlten Geräten. Im allgemeinen sind Tumbler energetisch effizienter als Trockenschränke.

Grundsätzlich sind Geräte, die nach dem Prinzip der Wärmepumpe arbeiten, energetisch vorteilhaft. Beim Abkühlen und Entfeuchten der Luft wird Wärme entzogen, und diese sogenannte Kondensationswärme kann beim Trocknungsprozess wieder genutzt werden. Entscheidend für die energetische Effizienz der heute angebotenen

Raumluftentfeuchter sind aber die äusseren Bedingungen wie Raumgrösse, Dichtheit des Raumes und vor allem die richtige Benützung.

Geräteverbesserungen respektive Energieeinsparungen (um 50 %) könnten durch den Einbau von Wärmepumpen anstelle der heute verwendeten Widerstandsheizungen erzielt werden. Der Prototyp eines Wärmepumpentumblers existiert bereits. Trockenräume können verbessert werden durch den Einbau einer Regelung für die Frischluftzufuhr. Allgemein sind die heute üblichen Zeitschaltuhren, mit denen nur die Dauer des Trocknungsvorgangs vorbestimmt wird, durch Regelprozesse zu ersetzen, bei denen durch Messen des Feuchtigkeitsgehaltes (Frischluft, Prozessluft), der Temperatur (Frischluft, Prozessluft) und der Feuchte der Wäsche der Trocknungsprozess energieoptimal gesteuert werden kann.

Wie bereits mehrfach erwähnt, ist das Verhalten der Benutzer für den Energieverbrauch entscheidend. Werden die Geräte richtig bedient, optimal gefüllt, die Wäscheleinen optimal behängt, die Fenster und Türen nicht zu weit und nicht zuwenig geöffnet und die Maschinen rechtzeitig abgeschaltet, kann wesentlich Energie eingespart werden. Bei falscher Benutzung geht Energie verloren, und im ungünstigsten Fall können Schäden am Bau entstehen. Neben der Wahl des optimalen Gerätes, bei der die künftigen Benutzer miteinbezogen werden sollten, ist auf folgende Punkte zu achten:

Das Benutzerverhalten

Stromverbrauch individuell abrechnen. Der Verbrauch der elektrischen Energie von Trocknungsgeräten sollte unbedingt individuell pro Benutzer abgerechnet werden. Nur so wird der Einzelne motiviert, Energie (-kosten) zu sparen. So haben Messungen in Mietshäusern ergeben, dass bei individueller Stromkostenabrechnung etwa 30 % weniger Strom verbraucht wurde.

Optimale Bedienung. Die richtige, energieoptimale Bedienung von Trocknungsgeräten ist oft nicht bekannt. Zusätzlich kann sie sich je nach Jahreszeit, Witterung oder anderen äusseren Einflüssen ändern. Eine einfache, leicht verständliche Bedienungsanleitung ist deshalb an einer gut einsehbaren Stelle anzubringen. Eventuell ist die richtige Bedienung sogar den Benützern zu demonstrieren.

Wie bestimme ich das richtige Gerät ?

Maschinelle Trocknungseinrichtungen sollten nur so gross wie nötig sein. Auf keinen Fall darf das Fassungsvermögen des Tumblers grösser sein als dasjenige der Waschmaschine. Raumluftentfeuchter sollten etwa einen Tagesanfall an Wäsche bewältigen können.

So gross wie nötig

Der zu erwartende Anfall an Trockenwäsche kann wie folgt abgeschätzt werden:

1-2 Zimmer-Wohnung 6-8 kg pro Woche

2½-3½ Zimmer-Wohnung 12-16 kg pro Woche

4-6 Zimmer-Wohnung 18-24 kg pro Woche

Die Anzahl Wohnungen je Typ sind mit den entsprechenden Wäsche-Werten zu multiplizieren. Damit erhält man den mittleren wöchentlichen Trockenwäscheanfall. Pro Tag sind im Schnitt ca. 1/5 der Wochenmenge zu trocknen. Der Jahresanfall beträgt etwa 50 mal die Wochenmenge.

Wenn möglich im Freien

Vor allem während der warmen Jahreszeit sollte die Wäsche wo möglich im Freien getrocknet werden. Die entsprechenden Möglichkeiten (Wäscheleine, Wäscheständer), aber auch ein möglichst komfortabler Zugang von der Waschküche zum Trocknungsplatz sollten bereitgestellt werden. Ein gedeckter Trockenplatz im Freien kann die Wäsche vor Regen schützen und somit die Benutzungsmöglichkeiten auch auf regnerische Tage ausdehnen.

Wenn möglich mit Aussenluft

Bevor irgendein elektrisch betriebenes Trocknungsgerät angeschafft und installiert wird, sind bei vorhandenen Trockenräumen alle Möglichkeiten zu prüfen, wie die Wäsche in einem konventionellen Trocknungsraum mit Aussenluft durch kontrollierte Lüftung getrocknet werden kann. Die Möglichkeiten der kontrollierten Lüftung und kontrollierten Wärmezufuhr zur Steigerung der Trocknungsleistung bei grosser Aussenluftfeuchtigkeit sind zu prüfen. Eventuell kann die Aussenluft durch den Heizraum geführt und vorgewärmt werden, was jedoch feuerpolizeilich problematisch sein kann.

In einem unbeheizten, natürlich belüfteten Trocknungsraum von etwa 20 m² Grundfläche können im Winter etwa 5-10 kg Trockenwäsche pro Tag getrocknet werden. Für 1 kg Trockenwäsche werden etwa 3 Meter Wäscheleine benötigt.

Luftentfeuchter prüfen

Sind die vorhandenen Trocknungskapazitäten unzureichend, ist der Einsatz eines Wärmepumpen-Luftentfeuchters zu prüfen. Voraussetzung ist, dass ein geeigneter Raum zur Verfügung steht. Dessen Grösse sollte dem mittleren täglichen Wäscheanfall knapp genügen, wobei wesentlich dichter gehängt werden kann als bei der passiven Trocknung. Türen und Fenster müssen kontrollierbar sein. Der Raum sollte nicht zu kalt, also an den Aussenwänden isoliert sein. Die Planung und Ausstattung eines solchen Raumes hat sorgfältig zu erfolgen, und die Benutzer sind über den richtigen Betrieb zu instruieren.

Tumbler prüfen

Tumbler sollten nur angeschafft werden, wenn auf kleinstem Raum höchste Trocknungsleistungen zu erfüllen sind. Die Grösse richtet sich nach der vorgängig benutzten Waschmaschine. Waschmaschine und Tumbler werden oft im Set angeboten. Meist ist die tatsächlich anfallende Wäschemenge geringer als die Kapazität des Gerätes. Messungen an mehreren 6 kg-Gemeinschaftswaschmaschinen haben ergeben, dass durchschnittlich nur 3,3 kg Trockenwäsche pro Waschgang in der Maschine waren.

Sind jeweils mehrere Waschmaschinen parallel in Betrieb, ist eine minimale Anzahl Tumbler bereitzustellen, wobei auch hier im Schnitt die Kapazität der Tumbler kleiner sein darf als die der Waschmaschinen.

Je transparenter und direkter die Energiekosten dem Benutzer verrechnet werden, desto grösser ist der Anreiz zu sparen.

- Bei Neuinstallationen kann der Stromverbrauch jedem Wohnungszähler individuell belastet werden. Bei einem Kondensations-tumbler mit Wasserkühlung werden dann jedoch die Wasserkosten nicht verrechnet.
- Beim Kreditkartensystem erhält jeder Nutzungsberechtigte eine Art Kreditkarte, mit der er den Wäschetrockner in Betrieb setzen kann. Hierzu muss an dem Gerät eine spezielle Vorrichtung angebracht werden. Je nach Nutzung (Trockenprogramm) wird dann der Kreditkarte ein bestimmter Betrag abgebucht. Ist die Karte "leer" kann sie gegen Bezahlung wieder "gefüllt" werden.
- Bei der individuellen Abrechnung mittels Münz- oder Chip-einwurf muss in einen dem Wäschetrockner vorgeschalteten Zähler vor der Benutzung eine entsprechende Münze eingeworfen werden. Ist der Geldbetrag aufgebraucht, wird das Trockenprogramm abgebrochen. Ein nicht verbrauchter Geldrestbetrag ist verloren. Diese Lösung ist eher unbeliebt, da die Gefahr besteht, dass der Münzbehälter aufgebrochen wird.

Zur Suche des passenden Gerätes eignet sich die Schweizerische Gerätedatenbank besonders gut. Bei zahlreichen Energieberatungsstellen (Liste siehe Anhang) kann man sich eine - z.B. nach dem Energieverbrauch geordnete - Liste derjenigen Geräte ausdrucken lassen, die die definierten Spezifikationen und Abmessungen erfüllen.

Möglichst individuelle Abrechnung

Schweizerische Gerätedatenbank

Effizienz-Kriterium

Die Energieverbrauchswerte für Wäschetrockner werden angegeben in Kilowattstunden pro Trocknungsgang (absoluter Verbrauch) oder in Kilowattstunden pro Kilogramm Trockenwäsche (spezifischer Verbrauch in kWh/kg). Die Ermittlung des Energieverbrauchs erfolgt dabei dabei in der Regel mit einer Eingangsfeuchte von 70 % (entspricht einer mit ca. 800 U/Min. geschleuderten Wäsche), das Trocknungsergebnis dem Zustand "schranktrocken". Einige Hersteller ermitteln den Energieverbrauch allerdings mit einer tieferen Eingangsfeuchte z.B. 50 % (entspricht einer mit ca. 1'200 U/Min. geschleuderten Wäsche), was zu etwa 25 % günstigeren Verbrauchswerten führt. Der absolute und der spezifische Verbrauchswert können ineinander umgerechnet werden, indem der angegebene Wert durch das Fassungsvermögen (an Trockenwäsche) dividiert wird, respektive mit diesem multipliziert wird.

Der jährliche Energie- und Wasserverbrauch kann berechnet werden, indem die Verbrauchswerte des konkreten Gerätes mit dem geschätzten jährlichen Wäscheanfall (siehe Kapitel "Wäschewaschen") multipliziert werden.

Verbrauchswerte von besonders sparsamen Geräten (Baujahr 1993) bei Restfeuchte 70%¹⁰⁾

Trockenraum

Ventilation	unter 0,1 kWh/kg Trockenwäsche
Raumluftentfeuchtungstrockner	ca. 0,4 kWh/kg Trockenwäsche

Trockenschrank

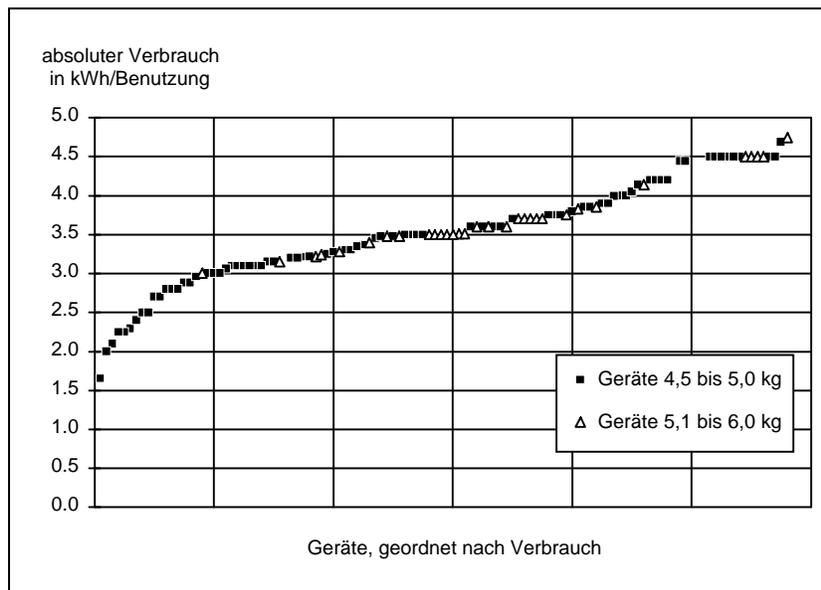
Ablufttrockner	ca. 0,9 kWh/kg Trockenwäsche
----------------	------------------------------

Tumbler

Ablufttumbler	ca. 0,6 kWh/kg Trockenwäsche
Luft-Kondensationstumbler	ca. 0,65 kWh/kg Trockenwäsche
Wasser-Kondensationstumbler	ca. 0,6 kWh/kg Trockenwäsche ca. 11 Liter /kg Trockenwäsche

In der folgenden Figur ist eine Auswertung der Schweizerischen Gerätedatenbank dargestellt. Sie zeigt die absoluten Verbrauchswerte der meisten zur Zeit in der Schweiz erhältlichen Wäschetrockner mit einem Fassungsvermögen über 4,5 kg. Die Geräte sind nach ihrem absoluten Verbrauch geordnet, so dass die besten Geräte links und die mit den höchsten Verbrauchswerten rechts zu finden sind.

¹⁰⁾ Entspricht vorgängigem Schleudern mit ca. 800 U/min.



Figur 22:
1993 erhältliche Wäschetrockner, geordnet nach dem absoluten Stromverbrauch

Bei der Interpretation der Verbrauchswerte von Wäschetrocknern ist zu beachten, dass nicht alle Verbrauchswerte nach dem selben Verfahren ermittelt wurden. Die meisten Werte wurden nach der IEC-Norm ermittelt (70 % Eingangsfeuchte), ein Teil der Angaben beruht jedoch auf einer höheren Vortrocknung (50 % Eingangsfeuchte). Dies führt zu etwa 25 % günstigeren Werten. Alle Verbrauchsangaben, die günstiger als etwa 0,6 kWh/kg Trocknwäsche liegen dürften nach einer Vortrocknung auf 50 % ermittelt worden sein. Beim Vergleich der Angaben zum spezifischen Verbrauch muss dies berücksichtigt werden. Eine Angabe, nach welchem Verfahren die Verbrauchswerte ermittelt wurden, ist in den Herstellerprospekten und in der Datenbank leider nicht zu finden. Die Geräteindustrie ist aber bemüht, dass in Zukunft alle Geräte einheitlich geprüft und deklariert werden.

Interpretation

- Nur wenige Wäschetrockner liegen bei dem eher günstigen Energieverbrauch zwischen 2,0 und 2,5 kWh pro Trocknungsgang. Die meisten Geräte verbrauchen zwischen 3,0 und 4,0 kWh, die höchsten Verbrauchswerte liegen über 4,5 kWh pro Trocknungsgang. Der Verlauf der Kurve zeigt, dass bei der Wahl des Gerätes hinsichtlich des Energieverbrauchs ein sehr grosser Spielraum besteht. Vor allem das linke Ende knickt stark ab, was allerdings zum Teil auf das Messverfahren zurückzuführen ist. Es gilt die rechte Seite der Kurve zu vermeiden und ein passendes Gerät zu finden, welches möglichst weit links auf der Kurve liegt.
- Offensichtlich hat die Grösse einen überproportional grossen Einfluss auf den Verbrauchswert. Obwohl die Geräte mit einem Fassungsvermögen von 5,1 bis 6 kg nur etwa 25 % grösser sind als die Gerätegruppe 4,5 bis 5 kg liegt ihr absoluter Stromverbrauch pro Trocknungsgang 50 bis 100 % höher. Bei den grösseren Geräten sind lediglich zwei mit einem Verbrauch von ca. 3 kWh und 5 Geräte mit einem Verbrauch von ca. 3,5 kWh pro Trocknungsgang vertreten. Bei den kleineren Geräten liegt etwa die Hälfte (ca. 40) deutlich unter 3,5 kWh pro Trocknungsgang.

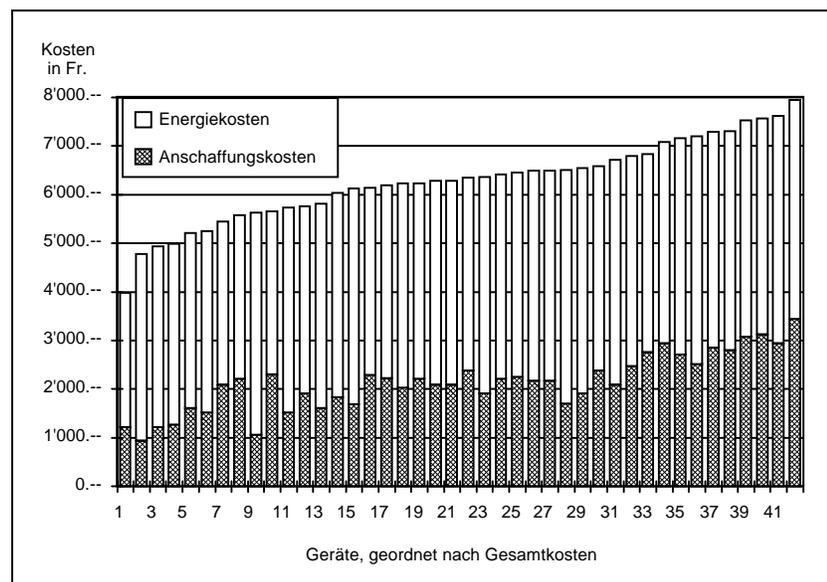
- Einen gewissen Einfluss auf den Verbrauch hat die Technologie des Gerätes (Kondensations- oder Ablufttrockner). Die Ablufttrockner liegen tendenziell günstiger als die Luft-Kondensations-trockner, wobei bei den besten Geräten (unter 2,5 kWh pro Trocknungsgang) nur Ablufttrockner zu finden sind, dagegen bei den Geräten mit hohen Verbrauchswerten beide Gerätetypen anzutreffen sind.

Kostenbetrachtungen

Für einen Vergleich der Wirtschaftlichkeit von bestimmten Geräten kann nach dem im Teil A unter Grobbeurteilung beschriebenen vereinfachten Verfahren die Summe aus den Anschaffungskosten und den über die Nutzungsdauer erwarteten Energiekosten benutzt werden. In der folgenden Figur sind diese Kosten für 42 Wäschetrockner der Grössenklasse 5 kg vergleichend gegenübergestellt. Den Berechnungen liegen dabei die folgenden Annahmen zugrunde:

- Anschaffungskosten: offizielle Bruttopreise minus 15 %
- Nutzungsdauer der Geräte: 12 Jahre
- Zahl der jährlichen Benutzungen: 500 (ca. 2 mal pro Tag)
- Strompreis: 20 Rp./kWh
- Stromverbrauch: nach Schweizer Gerätedatenbank (Herstellerangaben)

Figur 23:
Gesamtkosten von 42 Wäschetrocknern der Grössenklasse 5 kg über 12 Jahre



Interpretation

Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, zeigt die Figur die Gesamtkosten nur einer Grössenklasse von Geräten. Eine Unterscheidung zwischen robusteren und weniger robusten Geräten wurde nicht getroffen. Die folgenden Aussagen können sinngemäss auf Maschinen mit einem anderen Fassungsvermögen übertragen werden.

- Die Gesamtkosten über 12 Jahre schwanken zwischen 4'000.- und 8'000.- Fr., wobei die Anschaffungskosten zwischen 1'100.- und 3'400.- Fr. und die Energiekosten zwischen 2'700.- und 4'700.- Fr. schwanken. Insgesamt werden die Gesamtkosten durch die Energiekosten dominiert.
- Die Geräte mit den geringsten Anschaffungskosten (Geräte 1, 2, 3 und 9) sind auch die Geräte mit tiefen Gesamtkosten. Die tiefsten Gesamtkosten hat das Gerät mit dem geringsten Stromverbrauch (Gerät 1). Seine Anschaffungskosten liegen um ca. 300.- Fr. höher als die des zweitbesten Gerätes, jedoch hat dieses bereits - über 12 Jahre - um ca. 1'100.- Fr. höhere Energiekosten.
- Die Geräte mit den höheren Anschaffungskosten (um die 3'000.- Fr.) sind eher auch die Geräte mit den höheren Energiekosten, wogegen bei den Geräten der unteren und mittleren Preiskategorie sowohl sparsamere (Geräte 7, 8, 10) als auch schlechtere Geräte (Geräte 9, 11, 28 etc.) zu finden sind.

Ersetzen durch leere Seite

Teil C Literatur und Anhang

Literaturverzeichnis

Hofstetter, Patrick

Weshalb "Öko-Kühlschrank?",

Gaia No. 6, Nov./Dez. 92

INFEL-Informationsstelle für Elektrizitätsanwendung

Haushaltgeräte, Infelinfo, Heft Nr. 2, Juni 1992

Zürich, 1992

Liese, Frank

Die Effizienz elektrischer Haushaltgeräte, Spektrum der Wissenschaft,

Ausgabe 10/1992, Seite 120 bis 123

Weinheim, 1992

Manche verbrauchen zuviel, Test Kühlschränke (3-Sterne-Fach)

test 1/93 lfd. S. 30-37

Michael, Klaus, dipl. Pol., Hessisches Ministerium für Umwelt

Besonders sparsame Haushaltgeräte 1992. Energiespar-Informationen

16, Ausgabe 1/1992, Beilage der "Energie Depesche", Juli 1992

Wiesbaden, 1992

Nicht alles Spitze, Test Waschmaschinen (ab 1200 U/min)

test 1/93 lfd. S. 38-39

Nipkow, Jürg, ARENA

Wäschetrocknen: Praxismessungen, Bericht über die Messkampagnen

1991-1992 in Mehrfamilienhäusern

Zürich, (Zusammenfassung) 1992

Nipkow, Jürg, ARENA, Zürcher Energieberatung,

Stromsparende Apparate und Einrichtungen für Wohngebäude

Zürich, Okt. 1992

Schläpfer, Kurt, Elektrolux AG

Energiesparen bei Haushaltgeräten (in den letzten 10 Jahren grosse

Fortschritte)

Zeitschrift Haus Tech, Heft 3, 1991, Seite 4-8

Weiterführende Informationen

Veröffentlichungen im Rahmen des Impulsprogramms RAVEL zum
Thema Energieverbrauch von Elektrogeräten

Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern
Strom rationell nutzen
Verlag Fachvereine, Zürich 1992

Müller, A., Walter, F.
RAVEL zahlt sich aus - Praktischer Leitfaden für Wirtschaftlichkeits-
berechnungen
Bundesamt für Konjunkturfragen, Materialien zu RAVEL, Ressort 42,
Best. Nr. 724.397.42.01 d
Bern, 1992

Nipkow, J., Gygli, W.
Wäschetrocknen im Mehrfamilienhaus
Bundesamt für Konjunkturfragen, Materialien zu RAVEL, Ressort 23,
Best. Nr. 724.397.23.52 d
Bern, 1992

Horbaty, R., Renggli, U.
Energieverbrauch in gewerblichen Küchen
Bundesamt für Konjunkturfragen, Materialien zu RAVEL, Ressort 13,
Best. Nr. 724.397.13 d
Bern, 1992

Kaufmann, U., Ackermann, R., Pauli, H.
Kühlmöbel im Lebensmittelhandel
Bundesamt für Konjunkturfragen, Materialien zu RAVEL, Ressort 21,
Best. Nr. 724.397.21.52 d
Bern, 1992

Meyer, H.P.
Elektroheizungen - Sanierung und Ersatz
Bundesamt für Konjunkturfragen, Best. Nr. 724.346 d
Bern, 1992

Huser, A., Spaliger, R.
Stromverbrauchserhebung in Haushalten
Bundesamt für Konjunkturfragen, Materialien zu RAVEL, Ressort 23,
Best. Nr. 724.397.23.51 d
Bern, 1992

Beer, M.
Kühlschränke für Hotelzimmer und Studios
Bundesamt für Konjunkturfragen, Materialien zu RAVEL, Ressort 23,
Best. Nr. 724.397.23.53 d
Bern, 1992

Kopiervorlagen Wirtschaftlichkeitsvergleiche

Vergleichstabelle für die Auswahl von Haushaltgeräten Grobbeurteilung							
Strasse, Nr.		_____					
Ort		_____					
Bezeichnung der Wohnung		_____					
Mieter		_____					
Gerätetyp		_____					
<i>Zeile</i>							
1	erwartete Nutzungsdauer	_____	Jahre				
2	Energiepreis heute	_____	Rp./kWh				
3	Wasserpreis heute	_____	Fr./m ³				
		Berechnung/ Quelle	Einheit	Geräte Nr.			
				1	2	3	4
4	Hersteller	Prospekt					
5	Bezeichnung	Prospekt					
6	Anschaffungskosten	Händler	Fr.				
7	Energieverbrauch pro Jahr	Prospekt 1)	kWh/a				
8	Wasserverbrauch pro Jahr	Prospekt 1)	m ³ /a				
9	Energiekosten pro Jahr	Zeile 2•7/100	Fr./a				
10	Wasserkosten pro Jahr	Zeile 3•8	Fr./a				
11	Energiekosten über die Nutzungsdauer	Zeile 1•9	Fr.				
12	Wasserkosten über die Nutzungsdauer	Zeile 1•10	Fr.				
13	Gesamtkosten über die Nutzungsdauer	Zeile 6+11+12	Fr.				
14	Gerät erfüllt Spezifikationen	Prospekt					
15	Beurteilung Service						
16	Bemerkungen						
17							
18	Priorität	Entscheidung					

1) zur Berechnung des Jahresverbrauchs siehe auch bei den entsprechenden Abschnitten zu jedem Gerät im Teil B

Vergleichstabelle für die Auswahl von Haushaltgeräten ausführliche Beurteilung

Strasse, Nr. _____
 Ort _____
 Bezeichnung der Wohnung _____
 Mieter _____
 Gerätetyp _____

Zeile

1 erwartete Nutzungsdauer _____ Jahre
 2 Kalkulationszins _____ %
 3 Annuität *aus Tabelle 3* _____
 4 Energiepreis heute _____ Rp./kWh
 5 erwartete Energiepreissteigerung _____ %
 6 Mittelwertfaktor *aus Tabelle 4* _____
 7 mittlerer Energiepreis *Zeile 4•6* _____ Rp./kWh
 8 Wasserpreis heute _____ Fr./m³
 9 erwartete Wasserpreissteigerung _____ %
 10 Mittelwertfaktor *aus Tabelle 4* _____
 11 mittlerer Wasserpreis *Zeile 8•10* _____ Fr./m³

		Berechnung/ Quelle	Einheit	Gerät Nr.			
				1	2	3	4
12	Hersteller	<i>Prospekt</i>					
13	Bezeichnung	<i>Prospekt</i>					
14	Anschaffungspreis	<i>Händler</i>	Fr.				
15	Energieverbrauch pro Jahr	<i>Prospekt 1)</i>	kWh/a				
16	Wasserverbrauch pro Jahr	<i>Prospekt 1)</i>	m ³ /a				
17	Amortisation und Zins	<i>Zeile 3•14</i>	Fr./a				
18	Energiekosten pro Jahr	<i>Zeile 7 •15/100</i>	Fr./a				
19	Wasserkosten pro Jahr	<i>Zeile 11 •16/100</i>	Fr./a				
20	Gesamtkosten pro Jahr	<i>17+18+19</i>	Fr./a				
21	ökologische Beurteilung						
22	Gerät erfüllt Spezifikationen	<i>Prospekt</i>					
23	Beurteilung Service						
24	Bemerkungen						
25							
26							
27							
28	Priorität	<i>Entscheidung</i>					

1) zur Berechnung des Jahresverbrauchs siehe auch bei den entsprechenden Abschnitten zu jedem Gerät im Teil B

Vergleichstabelle Reparaturkosten zu Neuanschaffung

Strasse, Nr. _____
 Ort _____
 Bezeichnung der Wohnung _____
 Mieter _____
 Gerätetyp _____

Zeile		Berechnung/ Quelle	Einheit	altes Gerät	neues Gerät
1	erwartete Nutzungsdauer		Jahre		
2	Kalkulationszins		%		
3	Annuitätsfaktor	<i>aus Tabelle 3</i>			
4	Energiepreis heute		Rp./kWh		
5	erwartete Energiepreissteigerung		%		
6	Mittelwertfaktor	<i>aus Tabelle 4</i>			
7	mittlerer Energiepreis	<i>Zeile 4•6</i>	Rp./kWh		
8	Wasserpreis heute		Fr./m ³		
9	erwartete Wasserpreissteigerung		%		
10	Mittelwertfaktor	<i>aus Tabelle 4</i>			
11	mittlerer Wasserpreis	<i>Zeile 8•10</i>	Fr./m ³		
12	Hersteller	<i>Prospekt</i>			
13	Bezeichnung	<i>Prospekt</i>			
14	Anschaffungs-/Reparaturkosten	<i>Händler</i>	Fr.		
15	Energieverbrauch pro Jahr	<i>Prospekt 1)</i>	kWh/a		
16	Wasserverbrauch pro Jahr	<i>Prospekt 1)</i>	m ³ /a		
17	Amortisation und Zins	<i>Zeile 3•14</i>	Fr./a		
18	Energiekosten pro Jahr	<i>Zeile 7•15</i>	Fr./a		
19	Wasserkosten pro Jahr	<i>Zeile 11•16</i>	Fr./a		
20	Gesamtkosten pro Jahr	<i>17+18+19</i>	Fr./a		
21	ökologische Beurteilung				
22	Gerät erfüllt Spezifikationen	<i>Prospekt</i>			
23	Beurteilung Service				
24	Bemerkungen				
25					
26					
27					
28	Priorität	<i>Entscheidung</i>			

1) zur Berechnung des Jahresverbrauchs siehe auch bei den entsprechenden Abschnitten zu jedem Gerät im Teil B

Beratungsstellen mit der CH-Gerätedatenbank

Stand: August 1993

Aarau	AEW	Aargauische Elektrizitätswerke	064/	26 23 53
Baden	NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke AG	056/	20 37 70
Basel	IWB	Industrielle Werke Basel (Energieberatungsstelle)	061/	275 55 55
Bern	BKW	Bernische Kraftwerke AG	031/	40 51 11
Bern	EWB	Elektrizitätswerke der Stadt Bern	031/	321 33 86
Bern	SKB	Stiftung für Konsumentenschutz	031/	45 34 44
Biel	BKW	Bernische Kraftwerke AG	032/	52 02 12
Bürglen		Konsumentinnen-Forum, Sektion Thurgau	072/	44 29 24
Clarens		Société Romande d'Electricité	021/	989 11 11
Délemont	FMB	Forces motrices Bernoises SA, Cons. en encon. d'électr.	066/	21 31 31
Ernen		Elektrizitätswerk Ernen-Mühlebach AG	028/	71 26 75
Frauenfeld		Amt für Wirtschaft, Energie und Verkehr, Energiefachstelle	054/	24 25 80
Fribourg	EEF	Entreprises Electriques Fribourgeoises	037/	20 11 11
Genève	FRC	Fédération Romande des Consommatrices	022/	321 32 17
Genève		Office cantonal de l'énergie	022/	319 23 40
Genève	SIG	Services industriels de Genève	022/	320 88 11
Gstaad	BKW	Bernische Kraftwerke AG	030/	4 28 22
Ilanz	EWBO	Elektrizitätswerke Bündner Oberland (Laden)	081/	925 26 26
Jegenstorf		Elektra Fraubrunnen	031/	761 15 51
Kerns	EWO	Elektrizitätswerk Obwalden	041/	66 00 33
Küsnacht		Elektrizitätswerk Küsnacht	01/	913 13 50
Langnau	BKW	Bernische Kraftwerke AG	035/	2 51 11
Lausanne	OFEL	Office d'Electricité de la Suisse Romande	021/	312 90 90
Lausanne	SIL	Service industriels de Lausanne	021/	315 82 20
Liestal	EBL	Elektra Baselland	061/	926 15 30
			061/	926 15 31
Liestal		Bau- und Umweltschutzdirektion BL, Umwelttel. (9-12 Uhr)	061/	925 55 55
Locarno	INFEL	Ticino	093/	32 25 85
Luzern	CKW	Centralschweizerische Kraftwerke	041/	26 53 02
			041/	26 51 07
Luzern	SWL	Städtische Werke Luzern	041/	49 42 75
Meilen		Gemeindewerke Meilen	01/	923 37 37
Morges	CVE	Compagnie Vaudoise d'Electricité	021/	802 01 11
Münchenstein	EBM	Elektra Birseck Münchenstein	061/	415 41 41
Neuchâtel	ENSA	Electricité Neuchâteloise, Corcelles	038/	32 41 11
Neuchâtel		Centre d'Information des Services Industriels	038/	20 75 28
Ostermundigen	BKW	Bernische Kraftwerke AG	031/	40 51 11
Porrentruy	FMB	Forces motrices Bernoises SA, Cons. en encon. d'électr.	066/	66 18 43
Schaffhausen	EKS	Elektrizitätswerk des Kantons Schaffhausen	053/	83 52 16
Solothurn	AEK	Gesellschaft des Aare- und Emmentalskanals	065/	24 84 65
Spiez	BKW	Bernische Kraftwerke AG	033/	55 61 11
St.Gallen	SAK	St.Gallisch-Appenzellische Kraftwerke	071/	29 51 51
St.Gallen		Konsumentinnenforum, Sektion Ostschweiz	071/	23 32 71
Stans	EWN	Kant. Elektrizitätswerk Nidwalden, Stromberatung	041/	63 21 41
Tänikon	INFOSOLAR,	c/o FAT	052/	62 34 85
Wangen	BKW	Bernische Kraftwerke AG	065/	71 11 21
Wil	TBW	Technische Betriebe Wil	073/	22 05 05
Winterthur	SWW	Städtische Werke Winterthur	052/	267 61 05

Zug	WWZ	Wasserwerke Zug AG	042/	26 16 16
Zürich	EKZ	Elektrizitätswerk des Kt. Zürich, Energieberatung	01/	207 53 53
Zürich	EKZ	Elektrizitätswerk des Kt. Zürich, Elektroschau	01/	207 51 99
Zürich	EWZ	Elektrizitätswerk der Stadt Zürich "EWZ-elexpo"	01/	212 30 60
Zürich	INFEL	Informationsstelle für Elektrizitätsanwendung	01/	291 01 02

Ersetzen durch leere Seite