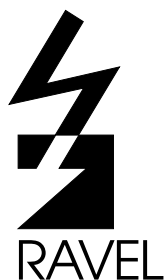


Kompetent antworten auf **Energiefragen**

Gundlagen, Fragen und
Antworten zum effizienten
Energieeinsatz
mit Schwergewicht
Strom



Impulsprogramm RAVEL
Bundesamt für Konjunkturfragen

**Trägerorganisation**

INFEL, Informationsstelle für Elektrizitätsanwendung
VSEI, Verband Schweizerischer Elektro-Installationsfirmen

Herausgeber

Bundesamt für Konjunkturfragen
Belpstrasse 53, 3003 Bern
Tel. 031/322 21 39, Fax 031/322 20 57

INFEL, Informationsstelle für Elektrizitätsanwendung
Lagerstrasse 1, 8021 Zürich
Tel. 01/291 01 02, Fax 01/291 09 03

Geschäftsstelle

RAVEL c/o Amstein & Walthert AG
Leutschenbachstr. 45, 8050 Zürich
Tel. 01/305 92 46

Projektleiter

Max Kugler, ONION Unternehmensberatung, Buchs ZH

Autoren

Gerhard Emch, EWZ elexpo, Zürich
Jörg Imfeld, Philips AG, Zürich
Josef Kuster, Kuster & Dudli AG, Chur
Daniel Menetrey, Bernische Kraftwerke, Bern
Ruedi Spalinger, INFEL, Zürich
Frieder Wolfart, Basler & Partner, Zollikon
Hanspeter Meyer, Durena AG, Lenzburg
Hans Rudolf Ris, Neftenbach
Jürg Nipkow, ARENA, Zürich
Peter Toggweiler, PMS Energie, Mönchaltorf

Überarbeitung Texte

Gabriela Meier, Cand. Betriebsökonom HWV, Kappel SO
Theo Hauenstein, Cand. Betriebsökonom HWV, Buchs AG

Bilder

Theo Klingele, Klingele Grafik Design, Luzern

Comics

Sven Hartmann, INTER PATSCH PRESS, Zürich/München

Gestaltung

APUI, Hochfeldstrasse 113, 3000 Bern 26

Copyright Bundesamt für Konjunkturfragen
3003 Bern, April 1994.

Auszugsweiser Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt.
Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale
(Best.-Nr. 724.386 d)

Form. 724.386 d 4.94 2000 U18179



Vorwort

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

- IP BAU – Erhaltung und Erneuerung
- RAVEL – Rationelle Verwendung von Elektrizität
- PACER – Erneuerbare Energien

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 Fähigkeitenkapital.

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, etc.

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), 3000 Bern, bezogen werden.

Zuständigkeiten

Um das ambitionierte 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 (Dr. Roland Walthert, Werner Böhi, Dr. Eric Bush, Jean-Marc Chuard, Hans-Ruedi Gabathuler, Jürg Nipkow, Ruedi Spalinger, Dr. Daniel Spreng, Felix Walter, Dr. Charles Wein-



mann sowie Eric Mosimann, BfK) verantwortlich. Die Sachbearbeitung wird im Rahmen von Ressorts durch Projektgruppen erbracht, die inhaltlich, zeitlich und kostenmässig definierte Einzelaufgaben (Untersuchungs- und Umsetzungsprojekte) zu lösen haben.

Dokumentation

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 Projektleiter (vgl. S. 2) entgegen.

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

April 1994 Bundesamtes für Konjunkturfragen
 Dr. B. Hotz-Hart
 Vizedirektor für Technologie

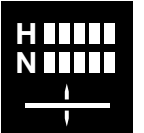
1 Einleitung

2 Energie-Grundlagen



Beurteilung Energieverbrauch

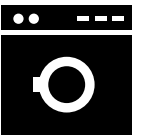
3 Stromverbrauch



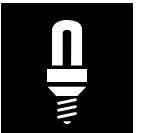
4 Wärmeverbrauch



5 Haushaltgeräte



6 Beleuchtung



7 Heizung und Warmwasser



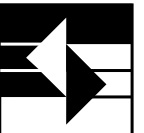
8 Photovoltaik



9 Adressen und Subventionen



10 Kommunikation



11 Sachregister



12 Anhang

1 Einleitung

Da stellt ein Laie eine, auf den ersten Blick, simple Frage – und der Fachmann hat grösste Mühe, sein Wissen so zu vermitteln, dass die Antwort für den Nicht-Fachmann verständlich bleibt und trotzdem fachlich korrekt ist: Wer hat diese Situation in der Praxis nicht auch schon angetroffen?

Genau mit solchen Fragen und Antworten rund um den rationellen Einsatz von Energie befasst sich dieses Nachschlagewerk. Ein Team von Fachleuten hat Fragen, mit denen sie in der Praxis häufig konfrontiert werden, zusammengetragen. Fragen wie: Weshalb sollten Energiesparlampen nicht zu häufig in kurzen Intervallen ein- und ausgeschaltet werden? Wann sollte man sie brennen lassen und ab wann lohnt es sich, sie abzuknippen? Wie funktioniert eine Solaranlage? Und mit welchen Kosten muss ein Investor rechnen? Wie lässt sich der Energieverbrauch von Haushaltgeräten ermitteln und in den Kaufentscheid miteinbeziehen?

Dem Autoren-Team ist es gelungen, diese und eine Vielzahl weiterer Fragen zur Energie und zum Energiesparen fachmännisch zu beantworten und dabei auf «Fachchinesisch» zu verzichten. Neben Antworten auf Fragen aus den Fachgebieten «Beleuchtung», «Haushaltgeräte», «Photovoltaik», sowie «Heizung und Warmwasser», findet der Leser eine Anleitung zur Analyse des eigenen Energieverbrauchs. Mit Hilfe von praktischen Bewertungstabellen lässt sich schnell bestimmen, ob ein ermittelter Strom- oder Wärmeverbrauch im Vergleich zu ähnlichen Wohnungen oder Häusern als tief, als durchschnittlich oder als zu hoch bewertet werden muss. Ergänzt ist der Ordner mit Adressen von schweizerischen Energieberatungs- und Subventionsstellen.

Was man schon immer über Energie und deren rationellen Einsatz wissen wollte: Dieser Ordner gibt auf über 100 Seiten Antworten auf brennende Fragen. Damit ist das Werk nicht nur ein interessanter Lesestoff für Nicht-Fachleute. Es ist vor allem ein praktisches Nachschlagewerk und Hilfsmittel für alle, die bei ihrer täglichen Arbeit nach einfachen, verständlichen Antworten auf nicht immer ganz einfache Laienfragen suchen.

Diese Handbuch dient im 21/2-tägigen Seminar «Kompetent antworten auf Energiefragen» des Verbandes Schweizerischer Elektro-Installationsfirmen (VSEI) und der Informationsstelle für Elektrizitätsanwendung (INFEL) als Grundlage. Im Kurs kann der Ordner durch dort erarbeitete Unterlagen noch ergänzt werden, insbesondere zum Thema «Kommunikation».

Gezielte Auszüge aus dem vorliegenden Werk sind in einem handlichen Taschenbuch zusammengefasst. Dieses eignet sich ideal als Unterstützung im täglichen Gespräch mit Kunden und Energieinteressierten.



2 Energie-Grundlagen

1	Einleitung	3
2	Häufige Fragen	4
2.1	Strom	4
2.2	Spannung	5
2.3	Leistung	6
2.4	Energie	7
2.5	Temperatur	7
3	Stromproduktion	8
4	Energieverbrauch	9
5	Energiepreise	10
6	Elektromagnetische Wellen und Felder	11
7	Tabellen	13
	Literatur	14
	Notizen zu Energie-Grundlagen	15



IPP © Sven Hartmann

2 Energie-Grundlagen

1 Einleitung

Im Mittelpunkt dieses Handbuches steht der elektrische Strom.

Elektrizität wird allgemein als höchstwertige Energieform bezeichnet, da sie in jede andere Energieform umgewandelt werden kann. Dies gilt für andere Energieformen nur beschränkt oder gar nicht.

Allgemeines

Es ist aber wichtig, sich immer vor Augen zu halten, dass wir Menschen nicht des Stromes bedürfen, sondern vielmehr des Lichtes, der Wärme oder mechanischer Arbeit. Der Blick auf andere Energieformen und -träger muss somit offen bleiben.

Ziel dieses Kapitels ist die Vermittlung der zum Verständnis dieses Handbuches nötigen physikalischen Grundlagen. Ebenso werden die wichtigsten Eckdaten der schweizerischen Energiewirtschaft vorgestellt.

Ziel

2 Häufige Fragen

Warum Energie sparen?

Es gibt viele Gründe, die für einen sparsamen Umgang mit der Energie sprechen. Hier die wichtigsten:

- Jeder Energieverbrauch ist mit einer Umweltbelastung verbunden; wer Energie spart, leistet einen Beitrag an eine bessere Umwelt.
- Auch wenn heute die Energiepreise relativ tief sind, kann mit Energiesparen Geld gespart werden.
- Der sparsame Umgang mit der Energie leistet auch einen Beitrag an die Versorgungssicherheit. Je effizienter wir die Energie einsetzen, desto geringer ist die Abhängigkeit vom Ausland.
- Selbst für Elektrizitätswerke kann die Unterstützung von stromsparenden Massnahmen sinnvoll sein. Unter Umständen können damit Neuinvestitionen hinausgeschoben oder vermieden werden.

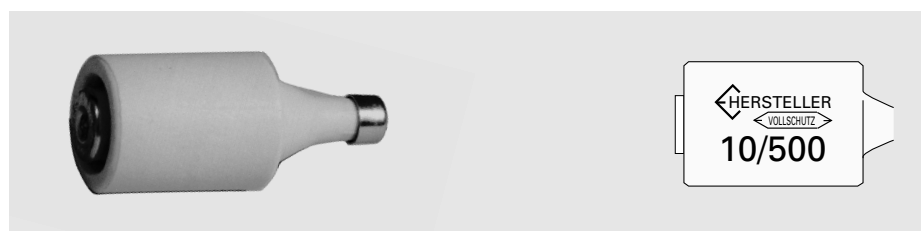
2.1 Strom

In der Umgangssprache hat der Begriff «Strom» für alles, was mit Elektrizität zu tun hat, Eingang gefunden. So zum Beispiel bei der «Stromrechnung». Obschon dies oft ungenau ist, werden in diesem Handbuch nach wie vor diese geläufigen Begriffe verwendet.

Der elektrische Strom wird in Ampere [A] gemessen. Diese Einheit drückt dessen Stärke aus.

Kann ich eine stärkere Sicherung einschrauben?

Die zulässige Stärke des elektrischen Stromes und somit auch der Sicherung hängt vom Querschnitt der verlegten Leitungen ab. Heute ist im Haushalt eine Stromstärke von 10 A üblich, früher waren es 6 A. Wenn eine stärkere Sicherung verwendet werden soll, müssen in der Regel zuerst die verlegten Leitungen durch den Elektroinstallateur ausgetauscht werden.



Sicherung

2.2 Spannung

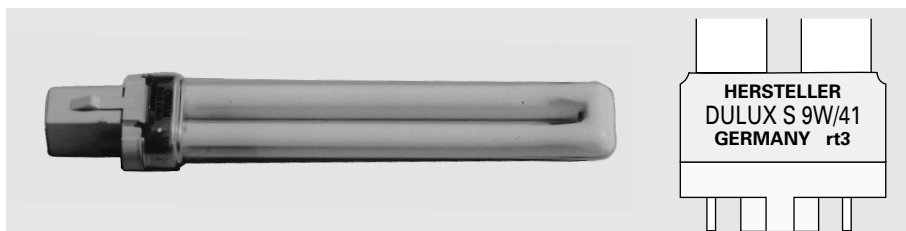
Die elektrische Spannung wird in Volt [V] angegeben. Sie gibt ein Mass für den «Druck» wieder, welchen der elektrische Strom erfährt.

Infolge der europaweiten Normierung wird die Spannung in der Schweiz von heute 220/380 V bis ins Jahr 2003 stufenweise auf 230/400 V erhöht. Bisher war der zulässige Bereich $220\text{ V} \pm 10\%$ (198 V bis 242 V), neu wird er dann $230\text{ V} \pm 10\%$ (207 V bis 253 V) sein.

Die Geräte- und Lampenhersteller werden ihre Produkte laufend der neuen Spannung anpassen. So sind z.B. die heute verkauften Glühlampen bereits für eine Spannung von 228 V ausgelegt. Werden Geräte und Lampen, die noch für die alte Spannung vorgesehen sind, mit der neuen Spannung betrieben, hat dies folgende Auswirkungen:

- Glühlampen: Helleres Licht und kürzere Lebensdauer.
- Fluoreszenzlampen mit induktiven Vorschaltgeräten: Grössere Verluste. Fluoreszenzlampen mit elektronischen Vorschaltgeräten: Keine Auswirkungen.
- Motoren: Etwas mehr Leistung und evtl. leicht verkürzte Lebensdauer.
- Geräte mit Heizung (Kochplatten, Elektroboiler, Tauchsieder, Haartrockner etc.): Mehr Leistung, die vollständig genutzt wird.

Muss ich neue Geräte und Lampen kaufen, wenn die Spannung von 220 auf 230 Volt erhöht wird?



Sparlampe

2.3 Leistung

Die elektrische Leistung, welche in Watt [W] gemessen wird, drückt die pro Zeiteinheit «verbrauchte» Energie aus. Damit wird über die Leistungsfähigkeit eines Gerätes etwas ausgesagt.

Leistung = Strom x Spannung

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Energie}}{\text{Zeit}}$$

**Kann ich ein neues
Gerät ans Netz
anschiessen?**

Der Anschlusswert eines Gerätes bezeichnet dessen höchstmögliche Leistungsaufnahme. An einer mit 6 A abgesicherten Steckdose können, bei einer Spannung von 220 Volt, maximal rund 1380 Watt und an einer mit 10 A abgesicherten Steckdose 2300 Watt Leistung bezogen werden.

1000 W sind 1 kW (Kilowatt)

Typ DM-7-3

1 ~ 220V 50 Hz

 10 A

 1600 W

 400 W

Max. 2000 W

Serie nr

0073 - 038259

 KB11

— Stromart, Spannung und Frequenz

— Erforderliche Sicherung

— Heizleistung

— Motorenleistung

— Totalleistung oder Anschlusswert

— Sicherheitszeichen

Leistungsschild einer Waschmaschine

2.4 Energie

Die Energie kann als Menge verstanden werden, die aussagt, wieviel Öl, Holz oder eben Strom (elektrische Energie) verbraucht wurde. Die Energie wird in Joule [J] oder in Kilowattstunden [kWh] angegeben.

Energie = Leistung x Zeit

Mit 1 kWh kann ein Mittagessen für vier Personen auf einem Elektroherd zubereitet werden. Es ist die Energiemenge, welche ein Gerät mit einer konstanten Leistung von 1 Kilowatt (1kW) während einer Stunde (1 h) bezieht.

Wieviel ist 1 kWh?

Der Mensch «leistet» pro Stunde in Ruhestellung rund 100 Watt, d.h. diese Leistung wird aus chemischer Energie (Nahrung) in Wärme und ein wenig Kraft umgewandelt. Auf einen Tag hochgerechnet ergibt dies 2,4 kWh oder 8640 kJ (≈ 2000 kcal).

1 kWh = 3 600 000 Joule = 3600 kJ

1 kcal = 4,186 kJ

Beispiele für den Energieverbrauch von 1 kWh:

Verbraucher	Leistung	Einschaltzeit	Energieverbrauch
Elektroboiler	4000 W	15 Minuten	1 kWh
Bügeleisen	1000 W	1 Stunde	1 kWh
Mensch (seine Abwärme)	100 W	10 Stunden	1 kWh
Fernseher (in Betrieb)	80 W	13 Stunden	1 kWh
Glühbirne	60 W	17 Stunden	1 kWh
Stromsparlampe	12 W	83 Stunden	1 kWh

2.5 Temperatur

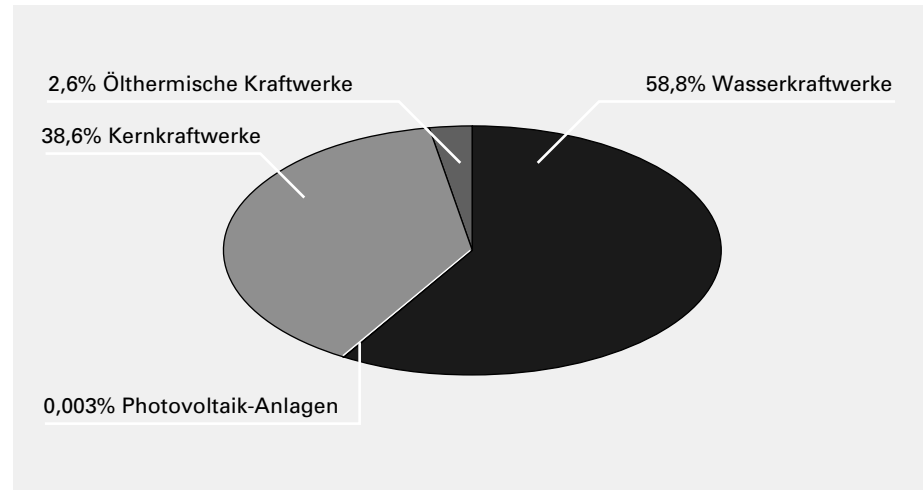
Die Temperatur wird üblicherweise in Grad Celsius [°C] gemessen. Im technischen Bereich wird aber auch Kelvin [K], vor allem für Temperaturdifferenzen, verwendet.

Temperatur [K] = Temperatur [°C] + 273,16

3 Stromproduktion

In der Schweiz wird praktisch der gesamte Strom aus Wasserkraft und Kernkraft gewonnen. Ein geringer Anteil stammt aus ölthermischer Erzeugung und ein noch geringerer aus Photovoltaik-Anlagen (Sonnenenergie-Anlagen). Bei der Wasserkraft wird zwischen Fluss- und Speicherkraftwerken unterschieden.

Stromproduktion 1992
Total: 55 900 GWh



Was ist ein Speichersee?

Der grosse Vorteil des Erdöls ist, dass es eine gut speicherbare Form der Energie ist. Strom lässt sich nur schwer sowie in geringen Mengen speichern. Produktion und Verbrauch von Strom sind aus physikalischen Gründen zu jedem Zeitpunkt genau gleich gross. Die Erzeugung elektrischer Energie muss deshalb dann erfolgen, wenn es vom Konsumenten verlangt wird. Batterien in der benötigten Grösse gibt es heute nicht. Als letzte Möglichkeit verbleiben Speicherseen, welche aber immer einen Eingriff in die Natur bedeuten. Elektrische Energie, welche auch in Zeiten geringerer Nachfrage erzeugt wird, kann verwendet werden, um mit einer Pumpe Wasser in den Speichersee zurückzutransportieren. Damit werden Angebot und Nachfrage ausgeglichen.

Neue Kraftwerke?

In energiepolitischen Volksabstimmungen hat sich die Bevölkerung für Zurückhaltung im Bau von Wasser- und für eine Pause im Bau von Kernkraftwerken ausgesprochen. Ohne Stromimport könnte also ein weiterer Anstieg des Bedarfes nicht einfach gedeckt werden.

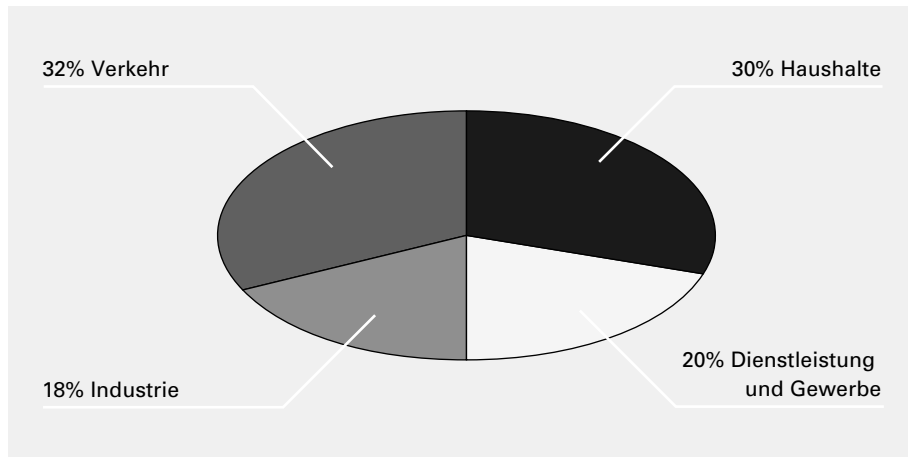
Wieso sind Stromimporte und -exporte notwendig?

Strom kann nicht in grossen Mengen gespeichert werden, es muss immer soviel erzeugt werden, wie gerade gebraucht wird. Im Stromverbund mit dem Ausland können Bedarf und Produktion besser angepasst werden.

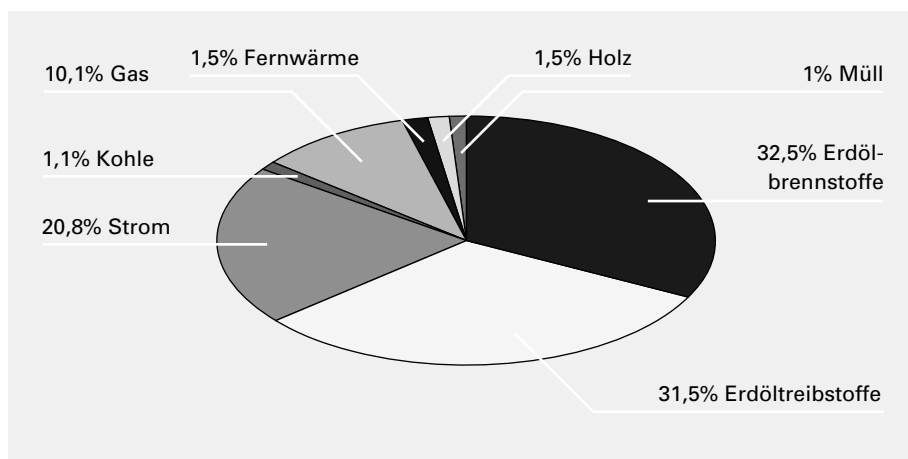
Wenn der Strombedarf in unserem Land grösser ist als die Produktion, müssen wir Strom importieren. Dies ist vor allem im Winter der Fall, wenn die eigenen Kraftwerke nicht ausreichend Strom zu erzeugen vermögen. Im Sommerhalbjahr dagegen, ist unsere Eigenerzeugung grösser als der Eigenverbrauch, so dass wir Strom exportieren können.

4 Energieverbrauch

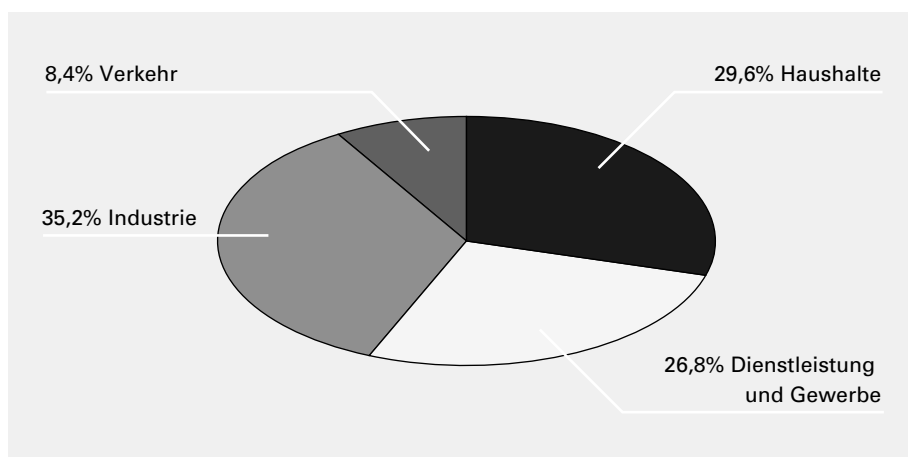
Die folgenden Diagramme zeigen die Struktur des Endenergieverbrauchs in der Schweiz aus verschiedenen Blickwinkeln.



Aufteilung des gesamten Energieverbrauchs nach Anwendern (CH 1992)



Aufteilung des gesamten Energieverbrauchs nach Energieträgern (CH 1992)
Total: 230 000 GWh



Aufteilung des Verbrauchs an Elektrizität nach Anwendern (CH 1992)
Total: 47 900 GWh

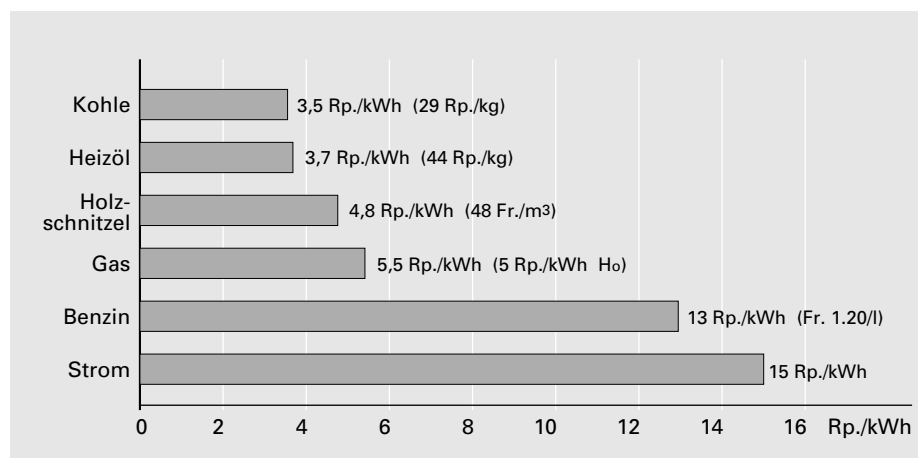
Der gesamte durchschnittliche Elektrizitätsverbrauch pro Kopf und Jahr beträgt in der Schweiz 6940 kWh (1992).

Was geschieht bei einer Stromrationierung?

In der nächsten Zeit muss nicht mit einer Stromrationierung gerechnet werden, da mindestens im europäischen Verbund genügend Strom erzeugt werden kann. Wenn einmal aus irgend einem Grund trotzdem eine Rationierung eingeführt werden müsste, würde jedem Kunden eine bestimmte Strommenge zugeteilt. Den Berechnungsgrundlagen dazu müssen andere Kriterien als der bisherige Verbrauch zugrunde gelegt werden, damit derjenige nicht bestraft wird, der heute schon sehr sparsam mit dem Strom umgeht.

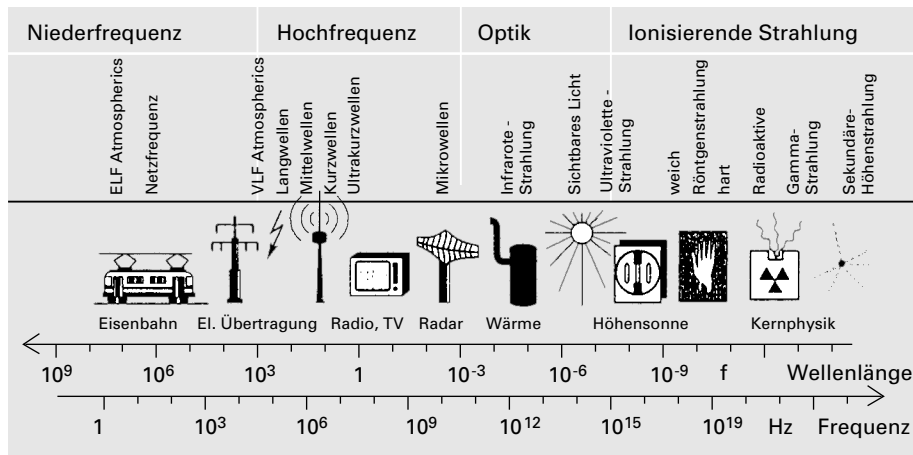
5 Energiepreise

Das folgende Diagramm zeigt die Preise der verschiedenen Energieträger in der Schweiz für Endverbraucher (Endenergiepreise 1992/93).



6 Elektromagnetische Wellen und Felder

Seit jeher sind Lebewesen von elektromagnetischen Feldern umgeben. Dazu gehören unter anderem die Felder der Stromversorgung, Radio, Fernseh-, Funk- und Radarwellen, Wärmestrahlung, Licht, Ultraviolett-Strahlung und die radioaktiven Strahlen.



Elektromagnetische Wellen und Felder

In einigen Fällen benötigen wir die elektromagnetischen Felder zum Leben, in anderen bereiten sie uns Annehmlichkeiten, und in wieder anderen Fällen sind sie unerwünschte Begleiterscheinungen.

Die elektromagnetischen Felder gliedern sich in magnetische und in elektrische Felder. Das elektrische Feld wird durch das Vorliegen einer elektrischen Spannung bewirkt und in [V/m] angegeben. Das magnetische Feld entsteht durch das Fließen des elektrischen Stromes und wird mit der Induktion in Tesla [T] angegeben.

Diese Frage kann bis jetzt noch nicht abschliessend beantwortet werden. Im Laufe der Zeit kamen zu den natürlich vorkommenden elektromagnetischen Feldern die künstlich erzeugten hinzu. Die Belastung ist heute also grösser als in früheren Zeiten.

Man unterscheidet thermische und nichtthermische Wirkungen. Die thermischen Wirkungen sind relativ gut erforscht und haben in Form von Mikrowellengeräten eine beliebte Anwendung gefunden.

Die Auswirkungen auf den Menschen durch die nichtthermischen Wirkungen werden weltweit untersucht. Die Mehrheit der Untersuchungen weist auf keine Gefährdung hin. In der folgenden Betrachtung beschränken wir uns auf die Felder, welche durch Elemente der Stromversorgung entstehen, also durch Überlandleitungen, Hausinstallationen sowie angeschlossene Anlagen und Geräte.

Die Hülle eines Hauses, also das Dach und die Mauern, wirkt wie ein Schild gegen elektrische, nicht aber gegen magnetische Felder. Die elektrischen Felder, welche von aussen auf ein Gebäude einwirken, werden so um etwa einen Faktor von 1000 gedämpft.

Für niederfrequente elektrische und magnetische Felder gelten international die Empfehlungen der IRPA (International Radiation Protection Association).

Wie gross sind in einer Wohnung die elektromagnetischen Felder?

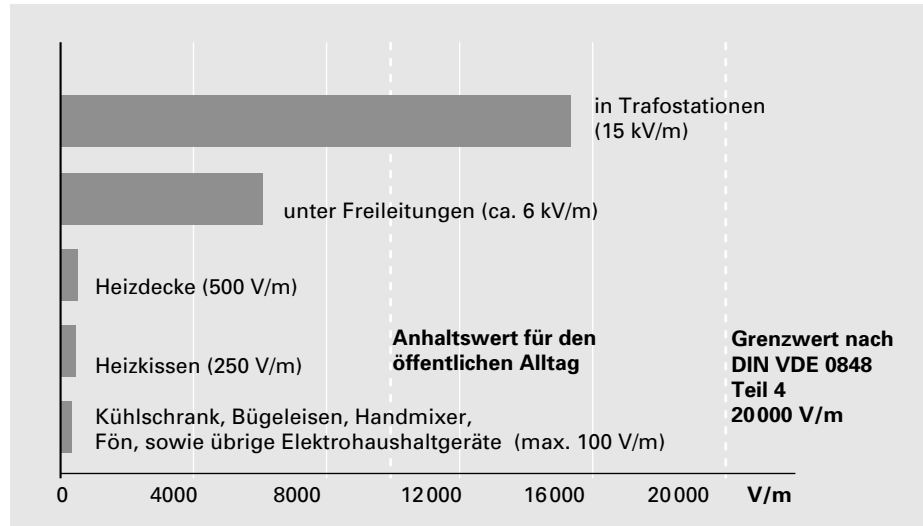
Sind elektromagnetische Felder gefährlich?

Thermische und nichtthermische Wirkungen

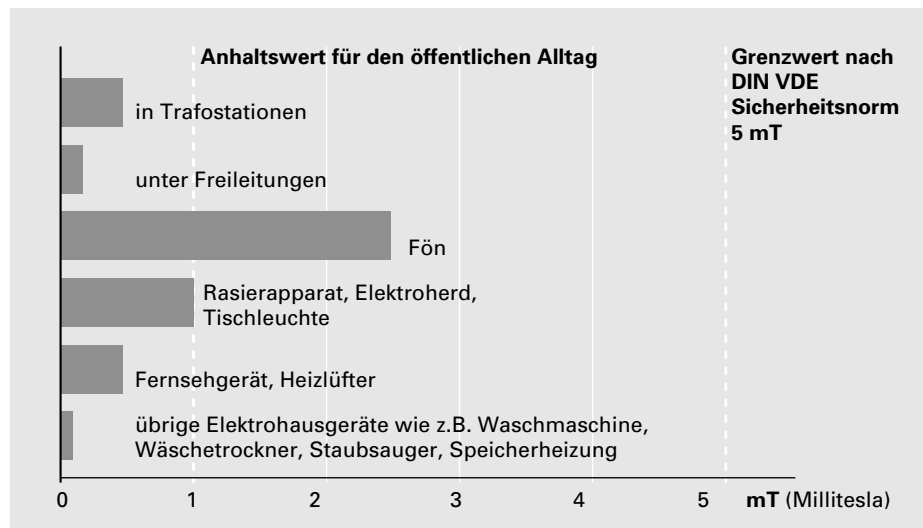
Gibt es Grenzwerte für elektromagnetische Felder?

Diese Richtwerte werden in vielen Ländern als Empfehlung angewendet. In der Schweiz gelten die Empfehlungen des BUWAL (Bundesamt für Wald und Landschaft).

Maximale elektrische Feldstärke (50 Hz) in der Nähe von Geräten und Anlagen



Maximale magnetische Feldstärke (50 Hz) in der Nähe von Geräten und Anlagen



7 Tabellen

Name			Faktor	Beispiel
Nano	n	dividiert durch	1000000000	nm = Nanometer
Mikro	μ	dividiert durch	1000000	μg = Mikrogramm
Milli	m	dividiert durch	1000	ml = Milliliter
Kilo	k	multipliziert mit	1000	km = Kilometer
Mega	M	multipliziert mit	1000000	MJ = Megajoule
Giga	G	multipliziert mit	1000000000	Gm = Gigameter
Tera	T	multipliziert mit	1000000000000	TJ = Terajoule

Vergrößerungs- und Verkleinerungsfaktoren

Grösse	Masseinheit	Zeichen	Umrechnung
Leistung	Watt	[W]	
	Pferdestärke	[PS]	1 PS = 735 W
Energie	Joule	[J]	
	Kalorie	[cal]	1 cal = 4.186 J
	Wattsekunde	[Ws]	1 Ws = 1 J
	Kilowattstunde	[kWh]	1 kWh = 3.6 MJ
Spannung	Volt	[V]	
Strom	Ampere	[A]	
Temperatur	Grad Celsius	[°C]	
	Kelvin	[K]	[°C] = [K] - 273.16 K

Masseinheiten

Heizöl EL (extraleicht)	11,9 kWh/kg; 10,0 kWh/l
Benzin	8,5–9,4 kWh/l
Erdgas	10,5 kWh/kg
Steinkohle	8,2 kWh/kg
Braunkohle	4,9 kWh/kg
Holzschnitzel (je nach Feuchtigkeit)	3,0–4,3 kWh/kg; 0,8–1,2 kWh/dm ³
Müll	4,2 kWh/kg

Heizwerte

Literatur

- [1] Energie-Zahlen 1991, VSE/OFEL
- [2] Formeln und Tafeln, Orell Füssli (ISBN 3-280-00905-7)
- [3] Biologische Elektroinstallationen aus INFEL Info, Nr. 1990/1
- [4] Beeinflussung der Umwelt durch elektromagnetische Felder, EDMZ
- [5] SEV-Bulletin 8/1993 und 12/1993
- [6] Unterlagen der SOFAS-Tagung im November 1992
- [7] Unipress 70/1991
- [8] Schweizerische Energiestatistik 1992
- [9] H.J. Haubrich, Sicherheit im elektromagnetischen Umfeld, VDE-Verlag 1990

[illegible]



3 Stromverbrauch

1	Einleitung	3
2	Häufige Fragen	3
3	Strom, Energie und «graue Energie»	4
4	Die wichtigsten Haushaltstromverbraucher	5
4.1	Luftbefeuchter	6
4.2	Steckbare Elektroöfen	6
4.3	Standby-Verbraucher	6
4.4	Kleingeräte	8
5	Grobbeurteilung des Stromverbrauchs	8
6	Vertiefte Beurteilung des Stromverbrauchs	11
7	Stromverbrauchskontrolle	12
	Literatur	12
	Notizen zu Stromverbrauch	13



3 Stromverbrauch

1 Einleitung

Die meisten Leute wissen nicht, wie gross der Stromverbrauch ihres Haushaltes ist. Sie können oft auch nicht sagen, wieviel Geld sie dafür ausgeben, denn der Betrag ist vergleichsweise klein und hat in der Regel die Grössenordnung von etwa 1% des Haushalteinkommens.

Allgemeines

Es ist das Ziel dieses Kapitels, dass mit Hilfe von einfachen Tabellen eine Grobbeurteilung des Stromverbrauches eines Haushaltes vorgenommen werden kann.

Ziel

2 Häufige Fragen

Der Stromverbrauch eines Haushaltes kann auf verschiedene Arten in Erfahrung gebracht werden:

Wie erfährt man den Stromverbrauch?

- Aufbewahren der Stromrechnungen und Zusammenzählen der Verbräuche über eine Jahresperiode.
- Nachfrage beim Elektrizitätswerk (EW). Viele EWs sind in der Lage, den Verbrauch über mehrere Jahre bekanntzugeben.
- Periodisches Ablesen des Wohnungs- oder Hauszählers und Führen einer «Strombuchhaltung».

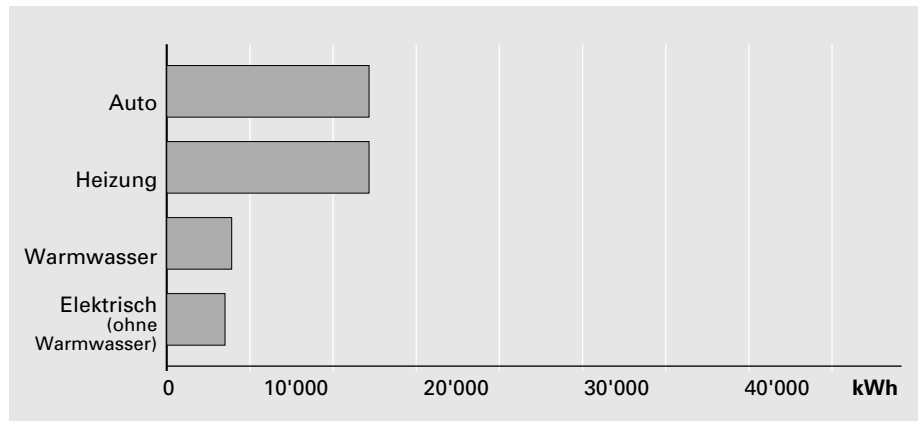
Die Tabelle «Grobbeurteilung des Haushaltstromverbrauchs» in diesem Kapitel hilft bei der Beurteilung des Verbrauches. Bei der Interpretation ist immer auch die Wohnsituation zu berücksichtigen: Eine Familie mit Kindern, die oft zu Hause kocht und das Warmwasser mit einem Elektroboiler erwärmt, braucht zwangsweise relativ viel Strom. Es ist aber noch lange nicht gesagt, dass hier Strom verschwendet wird. Andererseits weist ein berufstätiges Ehepaar, das sich oft im Restaurant verpflegt und die Wäsche in der Wäscherei reinigen lässt, einen relativ kleinen Stromverbrauch auf. Ob es sich aber energiebewusst verhält, ist damit nicht gesagt, denn es verlagert einen Teil des Stromverbrauchs nach auswärts.

Ist der Verbrauch hoch oder niedrig?

3 Strom, Energie und «graue Energie»

Wozu wird Energie verbraucht?

Nebst dem Stromverbrauch ist ein Haushalt noch für andere Energieverbräuche direkt verantwortlich. Für eine vierköpfige Familie, die in einer 4-Zimmer-Wohnung lebt und mit einem Mittelklassewagen jährlich 15 000 km fährt (Verbrauch 8 Liter/100 km) ist die Bilanz in der folgenden Grafik dargestellt. Bei einem Vergleich der Energiekosten, wäre der Anteil des Stromes höher, da er der teuerste Energieträger ist.



Wie hoch ist der Anteil der «grauen Energie»?

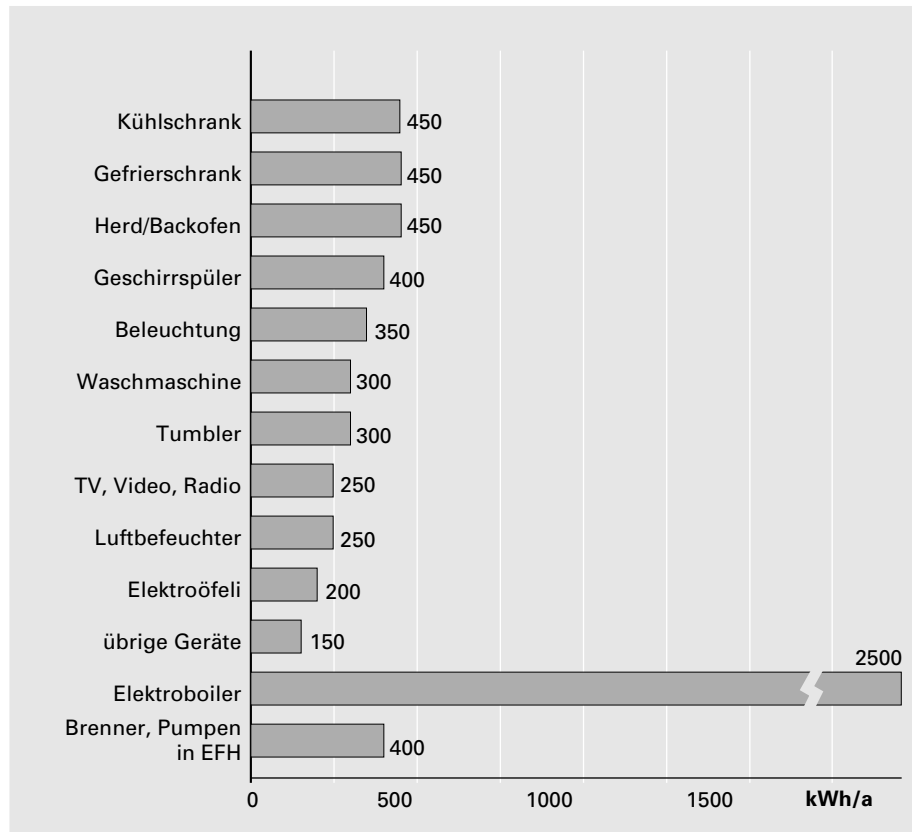
Nebst der direkt verbrauchten Energie ist ein Haushalt auch für indirekt verbrauchte Energie verantwortlich. Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände verursachen einen Energieaufwand für Herstellung, Verpackung, Lagerung und Transport. Auch Dienstleistungen, die in Anspruch genommen werden, sind mit einem Energieaufwand verbunden. Diese sogenannte «graue Energie» kann beträchtlich sein. Mit jedem Franken, den wir im Haushalt ausgeben, ist im Durchschnitt ein Verbrauch von etwa 1,2 kWh an «grauer Energie» verbunden. Je nach Gütern oder Dienstleistungen sind die Unterschiede jedoch sehr gross. So verursacht z.B. eine Flugreise in die USA pro Person einen Energieaufwand von rund 10 000 kWh. Nachfolgend ist die «graue Energie» von einigen Haushaltgeräten dem direkten jährlichen Energieverbrauch gegenübergestellt.

Gerät	graue Energie	Energieverbrauch/Jahr für Durchschnittsfamilie
Kühlschrank 220 l	1400 kWh	450 kWh
Gefrierschrank	1500 kWh	450 kWh
Geschirrspüler	1000 kWh	400 kWh
Waschmaschine	1000 kWh	300 kWh
Tumbler	1000 kWh	300 kWh
Backofen	700 kWh	100 kWh

4 Die wichtigsten Haushaltstromverbraucher

Das folgende Bild zeigt eine grobe Aufteilung des Stromverbrauches in einem durchschnittlichen Haushalt. Sieht man von einer allfällig vorhandenen Elektroheizung ab, ist die Wassererwärmung der weitaus grösste Verbraucher, wenn sie in einem Elektroboiler erfolgt.

Welches ist der grösste Haushaltstromverbraucher?



Bei Haushaltgeräten kann ganz allgemein gesagt werden, dass diejenigen am meisten Strom brauchen, die Wärme oder Kälte erzeugen (Kühl- und Gefrierschrank, Herd/Backofen, Geschirrspüler, Waschmaschine, Tumbler). Die Beleuchtung hat etwa einen Anteil von 10%. Bei der Unterhaltungselektronik spielt der Standby-Verbrauch eine wichtige Rolle. Werden Luftbefeuchter (Verdampfer) und «Elektroöfeli» eingesetzt, kann deren Verbrauch je nach Einsatz bedeutend sein. Alle anderen Geräte haben einen relativ kleinen Verbrauchsanteil.

Die grossen Haushaltgeräte, die Beleuchtung und die Wassererwärmung werden in speziellen Kapiteln behandelt. Zu den anderen Verbrauchern werden im Folgenden Angaben gemacht.

4.1 Luftbefeuchter

Für ein angenehmes Wohnklima sollte die relative Luftfeuchtigkeit etwa 30–60% betragen. In gut wärmegeprägten Räumen mit dichten Fensterfugen bringt in der Regel die Feuchtigkeitsabgabe durch Kochprozesse, Bewohner und Pflanzen genügend Luftfeuchtigkeit. Muss zusätzlich befeuchtet werden, braucht das Verdampfen von Wasser in jedem Fall Energie. Je nach System des Befeuchters kommt diese Energie aus der Raumheizung oder aus der Steckdose.

Zerstäuber und Verdunster

Beim «Zerstäuber» wird das Wasser in winzige Tropfen zerlegt und als Sprühnebel an die Raumluft abgegeben. Beim «Verdunster» wird mit einem Ventilator die Raumluft über einen nassen Filter geblasen. Dabei reichert sie sich mit Feuchtigkeit an. Bei beiden Systemen wird die Energie für das Verdampfen des Wassers der Raumheizung entzogen. Der Stromverbrauch für das Zerstäuben, respektive den Ventilator, ist relativ klein (ca. 0,1 kWh pro Liter verdampften Wassers).

Verdampfer

Beim «Verdampfer» wird für das Verdampfen des Wassers Strom verwendet. Deshalb ist der Stromverbrauch relativ hoch (ca. 0,8 kWh pro Liter verdampften Wassers).

4.2 Steckbare Elektroöfen

Nur temporärer Einsatz ist sinnvoll

Der Einsatz kann sinnvoll sein, wenn er sich auf wenige Tage im Jahr beschränkt; so z.B. am Anfang und Ende der Heizperiode, wenn die Tage relativ warm, die Abende aber kühl sind und das Bedürfnis entsteht, einen einzelnen Raum zu erwärmen. Dies braucht wohl etwas mehr Strom, aber insgesamt doch weniger Energie, als wenn die ganze Heizung in Betrieb genommen werden muss. Im Winter, besonders an ganz kalten Tagen, wenn die Stromnetze ohnehin überlastet sind, sollte jedoch auf den Einsatz dieser Geräte verzichtet werden.

4.3 Standby-Verbraucher

Die Geräte der Unterhaltungselektronik, welche mit Fernbedienung ausgerüstet sind, haben etwa folgende Leistungen (angenommene durchschnittliche Betriebsdauer für Fernseher und Hi-Fi-Anlage: 2¹/₂ Std./Tag, 350 Tage/Jahr; Video: 3 Std./Woche, 50 Wochen/Jahr):

Gerät	Betrieb	Energie pro Jahr	Standby	Energie pro Jahr
Fernseher	80 W	70 kWh	10 W	80 kWh
Video	50 W	8 kWh	10 W	85 kWh
Hi-Fi - Anlage	40 W	35 kWh	10 W	80 kWh



IPP © Sven Hartmann

Jedes dieser Geräte hat einen Jahresverbrauch im Standby-Betrieb von rund 80 kWh. Dieser kann z.T. vermieden werden, wenn das Gerät ganz ausgeschaltet wird. Leider ist dies nicht bei allen Geräten möglich, ohne dass Speicherfunktionen verloren gehen.

Ausschalten lohnt sich!

Auch Kaffeemaschinen werden oft den ganzen Tag eingeschaltet gelassen, obschon nur hin und wieder ein Kaffee gebraut wird. Der Energieverbrauch variiert je nach Typ, von der Filtermaschine bis zum Vollautomat, sehr stark. Auf jeden Fall lohnt sich das Ausschalten auch hier.

4.4 Kleingeräte

Kleingeräte brauchen wenig Strom

Kleingeräte brauchen in der Regel relativ wenig Strom, weil sie meist nur kurze Zeit in Betrieb sind. Einer der grössten Kleinverbraucher ist der Staubsauger. Wird dieser, mit einer typischen Leistung von 600 bis 1000 W, jede Woche eine Stunde eingesetzt, ergibt sich ein Verbrauch von 30 bis 50 kWh pro Jahr.

5 Grobbeurteilung des Stromverbrauchs

Mit Hilfe der Tabelle «Grobbeurteilung des Haushaltstromverbrauchs» (nächste Seite) kann auf einfache Weise der Stromverbrauch eines Haushaltes mit dem Durchschnittsverbrauch verglichen werden. Für Wohnungen oder Häuser, die elektrisch beheizt werden (z.B. mit Speicherheizungen oder Wärmepumpen), ist diese Tabelle nicht anwendbar. In diesen Fällen ist die Tabelle «Grobbeurteilung des Wärmeenergieverbrauchs» im Kapitel «Wärmeverbrauch» zu verwenden.

1. Schritt: Stromanwendungen

Zuerst müssen die wichtigsten Anwendungen erfasst werden:

- Bestimmen der Art der Warmwassererwärmung.
- Bestimmen, ob der Verbrauch für Waschen und Trocknen über den eigenen Stromzähler erfasst wird.
- Bestimmen, ob elektrisch gekocht wird.

Damit kann die richtige Zeile festgelegt werden.

2. Schritt: Wohnsituation

Für den Stromverbrauch mitentscheidend ist die Anzahl Personen in einem Haushalt und die Wohnungsart (Wohnung oder Einfamilienhaus).

Mit der Bestimmung der Wohnsituation kann die richtige Kolonne festgelegt werden.

Reihen- oder Terrassenhäuser können zur Kategorie Einfamilienhäuser gezählt werden.



Stromanwendung

Wohnsituation

Anzahl Bewohner pro Wohnung	Wohnfläche in m ²	Mehrfamilienhaus				Einfamilienhaus	
		1	2	3	4 +	1-2	3 +
		60	75	90	120	160	160
Warmwasser mit Elektroboiler							
		2550	4000	5550	7300	4900	7750
		2300	3650	5100	6700	4500	7150
		2350	3700	5100	6650	-	-
		2100	3350	4650	6050	-	-
Warmwasser über Öl-, Gas-, Holzheizung oder Fernwärme							
		1550	2000	2550	3300	2900	3750
		1300	1650	2100	2700	2500	3150
		1350	1700	2100	2650	-	-
		1100	1350	1650	2050	-	-
Warmwasser nur im Sommer mit Elektroboiler oder Warmwasser mit Wärmepumpenboiler							
		2050	3000	4050	5300	3900	5750
		1800	2650	3600	4700	3500	5150
		1850	2700	3600	4650	-	-
		1600	2350	3150	4050	-	-
Keine Angaben über den Stromverbrauch							
		1600	2350	3150	4050	-	-

Durschn.
Strom-
verbrauch
in kWh



übliche Stromanwendungen



Stromverbrauch für Waschen und Trocknen über eigene Zähler



Kochen mit Strom

Beurteilung:

Effektiver Stromverbrauch pro Jahr:

A kWh

Ermittelter Durchschnittsverbrauch gemäss obiger Tabelle:

B kWh

Differenz:

A - B kWh

Abweichung in %: $\frac{100 \times (A-B)}{B}$

%

Mit modernen energiesparenden Geräten und energiebewusster Anwendung, lässt sich der Durchschnittswert um mehr als 50% unterbieten !

3. Schritt: Vergleich

Der schweizerische Durchschnittsverbrauch des entsprechenden Haushaltstyps ist im Schnittpunkt von entsprechender Zeile und Kolonne zu finden. Dieser Durchschnittsverbrauch kann nun mit dem effektiven Jahresverbrauch verglichen und die Abweichung absolut sowie in Prozenten ausgerechnet werden.

Abweichungen vom Mittelwert können verschiedene Gründe haben:

- Verhalten der Benutzer
- Anzahl und Alter der elektrischen Geräte
- Längere Abwesenheiten.

Massnahmen

Wenn die Abweichungen nicht erklärbar sind oder Sparmassnahmen ergriffen werden sollen, ist ein Kontakt mit dem Energieberater des EWs sinnvoll.

Sparpotential

Mit modernen energiesparenden Geräten und energiebewusster Anwendung lässt sich der Durchschnittswert um mehr als 50% unterbieten!

Aufgrund der Angaben im nächsten Kapitel kann auf relativ einfache Weise selbst beurteilt werden, in welchen Anwendungen grössere Abweichungen vorliegen und wo Sparpotentiale vorhanden sind.

6 Vertiefte Beurteilung des Stromverbrauchs

Treten bei einer Grobbeurteilung unerklärliche Abweichungen vom Durchschnittswert auf, kann mit Hilfe der nachfolgenden Tabellen der zu erwartende Stromverbrauch eines Haushalts berechnet werden.

Tabelle 1 enthält die spezifischen Verbrauchswerte von Haushaltgeräten und deren Anwendungen. Mit Hilfe dieser Werte kann der Jahresverbrauch pro Anwendung relativ leicht berechnet werden. Ob dabei die höheren oder tieferen spezifischen Werte eingesetzt werden sollen, muss abgeschätzt werden. Kriterien sind z.B.: Leichte oder üppige Mahlzeiten (Kochherd), neues oder altes Gerät (Geschirrspüler, Waschmaschine), Art der Waschprogramme (Waschmaschine), Häufigkeit der Anwendung (Kleingeräte).



Tabelle 1

Gerät	spez. Verbrauch (Durschnittswerte)	Jahresverbrauch
Kochherd und Backofen (pro warme Mahlzeit) (Morgenessen) (Backofen pro Gebrauch) Total	0,4 - 0,8 kWh 0,1 - 0,2 kWh 0,9 - 1,2 kWh	(.....kWh) (.....kWh) (.....kWh)kWh
Kühlschrank pro Jahr	400 - 500 kWh	kWh
Gefriergerät pro Jahr	400 - 500 kWh	kWh
Geschirrspüler pro Gebrauch	1,6 - 2,5 kWh	kWh
Waschmaschine pro Gebrauch	1,1 - 2,5 kWh	kWh
Tumbler pro Gebrauch	3,0 - 3,5 kWh	kWh
Beleuchtung Jahresverbrauch von 1 Lampe 75 W bei 1 Stunde Brenndauer pro Tag Total	25 kWh	(.....kWh)kWh
Fernseher pro Jahr	150 - 250 kWh	kWh
Video pro Jahr	80 - 120 kWh	kWh
Stereoanlage pro Jahr	80 - 120 kWh	kWh
Elektroöfeli pro Stunde	1 - 1,5 kWh	kWh
Luftbefeuchter (Verdampfer) pro Stunde	0,4 - 0,8 kWh	kWh
Kaffeemaschine	50 - 80 kWh	kWh
Haarfön	20 - 100 kWh	kWh
Staubsauger	20 - 40 kWh	kWh
Bügeleisen	20 - 40 kWh	kWh
Dunstabzughaube	10 - 30 kWh	kWh
Elektroboiler Grundbedarf pro Person und Tag pro Bad pro Dusche Total	1,5 - 2 kWh 5 kWh 1 kWh	(.....kWh) (.....kWh) (.....kWh)kWh
Brenner und Pumpen für Heizung in EFH	400 kWh	kWh

In Tabelle 2 sind die durchschnittlichen Verbrauchswerte pro Anwendung und Haushaltstyp aufgeführt. Die errechneten Werte eines Haushalts können in die letzte Kolonne dieser Tabelle eingetragen und mit den durchschnittlichen Werten verglichen werden. Es ist nun leicht ersichtlich, wo grössere Abweichungen vorliegen und wo ein Sparpotential vorhanden ist.

Tabelle 2

Pers.	Durchschnittliche Stromverbrauchswerte pro Jahr in kWh						Stromverbrauch gerechnet nach Tab. 1 in kWh pro Jahr
	Wohnung				EFH		
	1	2	3	4 +	1 - 2	4 +	
Kochen/Backen	250	350	450	600	400	600	kWh
Kühlschrank	400	400	450	500	500	500	kWh
Gefriergerät	400	400	450	500	500	500	kWh
Geschirrspüler	250	350	450	550	350	500	kWh
Waschmaschine	150	250	350	450	250	400	kWh
Tumbler	250	300	350	400	300	350	kWh
Beleuchtung	250	300	350	400	350	450	kWh
TV, Radio, Video	200	250	250	300	200	300	kWh
Elektroöfeli	150	150	200	300	300	400	kWh
Luftbefeuchter *	200	250	250	250	300	300	kWh
andere Geräte	100	100	150	200	150	200	kWh
Warmwasser **	1000	2000	3000	4000	2000	4000	kWh
Brenner, Pumpen	-	-	-	-	400	400	kWh

* Verdampfer

** Warmwasseraufbereitung mit Elektroboiler während des ganzen Jahres

**Stromverbrauchs-
kontrolle****7 Stromverbrauchskontrolle**

Dazu muss der Zählerstand des Stromverbrauchszählers mindestens monatlich abgelesen und in die folgende Tabelle eingetragen werden. Zähler für einen Einheitstarif haben nur ein Zählwerk, Zähler für Hoch- und Niedertarif zwei Zählwerke, deren Verbrauch addiert werden muss. Mit Hilfe der Stromverbrauchskontrolle werden monatliche Schwankungen gut ersichtlich. Gründe dafür können z.B. unterschiedliche Jahreszeiten oder die Anschaffung eines neuen Gerätes sein. Der Vergleich mit dem Vorjahr zeigt den Erfolg der Sparbemühungen.

Die meisten Elektrizitätswerke und Energieberatungsstellen leihen Stromverbrauchs-Messgeräte aus. Damit kann der Stromverbrauch aller steckbaren 230-Volt-Geräten in jedem Betriebszustand gemessen werden. Trägt man diese Werte in eine Tabelle ein, erhält man einen guten Überblick über den Verbrauch dieser Geräte.

Jahr Monat	Zählwerk Hochtarif (HT oder I)	Verbrauch Hochtarif kWh	Zählwerk Niedertarif (NT oder II)	Verbrauch Niedertarif kWh	Total Hochtarif + Niedertarif kWh	Total Vorjahr kWh
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Literatur

- [1] Stromverbrauchserhebungen in Haushalten, Alois Huser und Ruedi Spalinger, Materialien zu RAVEL Nr. 724.397.23.51

[illegible]



4 Wärmeverbrauch

1	Einleitung	3
2	Häufige Fragen	4
3	Beurteilung und Analyse von Bauten	6
3.1	Energiekennzahl	6
3.2	Grobbeurteilung des Wärmeenergieverbrauchs	8
4	Energiesparen und Sanieren	11
4.1	Wärmedämmung	11
4.2	Fenster	13
4.3	Bauliche Massnahmen bei haustechnischen Sanierungen	14
5	Wirtschaftlichkeit	14
	Literatur	16
	Notizen zu Wärmeverbrauch	17



4 Wärmeverbrauch

1 Einleitung

Der Wärmehaushalt eines Gebäudes hängt von verschiedenen Faktoren ab. Einerseits müssen Räume beheizt werden, andererseits sind bei Sonnenbestrahlung auch Wärmegewinne über die Fenster möglich. Die Wärme geht früher oder später über die Bauhülle oder die Lüftung verloren.

Allgemeines

Energetische Untersuchungen an einem Gebäude müssen immer Bauhülle und Haustechnik umfassen. Das nachstehende Kapitel beinhaltet vorwiegend die Bauhülle und gibt nur bei Berührungspunkten Querverweise zu haustechnischen Belangen.

Die Bewohner eines Hauses können mit ihrem Verhalten und ihren Gewohnheiten den Wärmeverbrauch massgebend beeinflussen. So hat man z.B. bei der Wärmeverbrauchsmessung identischer Einfamilienhäuser Unterschiede im Wärmeverbrauch von mehr als 1 zu 2 festgestellt, welche nur durch das Verhalten der Bewohner verursacht sein können. Bei wärmetechnischen Sanierungsvorhaben ist daher immer auch das Benutzerverhalten zu berücksichtigen und womöglich durch Motivation und Sparanreize zu verbessern.

Zur Beurteilung des Energieverbrauchs und als Basis zur Abschätzung von Sparmöglichkeiten sind deshalb ganzheitliche Betrachtungsweisen angebracht, was bedeutet, dass alle Aspekte des Energieverbrauchs berücksichtigt werden müssen. Die Energiekennzahlen ermöglichen einen Vergleich mit anderen ähnlich gebauten und genutzten Gebäuden und dienen einer ersten Beurteilung des Energieverbrauchs.

Ziel



2 Häufige Fragen

Sollen zuerst die Bauhülle oder die haustechnischen Anlagen saniert werden?

Im Prinzip können beide voneinander unabhängig saniert oder renoviert werden. Bei Renovations- und Unterhaltsarbeiten sollte jedoch immer auch die energietechnische Situation des Gebäudes betrachtet und womöglich verbessert werden. Wird dies unterlassen, so verpasst man unter Umständen Gelegenheiten, Massnahmen zu realisieren, welche nur bei gleichzeitiger Ausführung mit anderen Arbeiten wirtschaftlich tragbar sind. Beispiele: Umwälzpumpen-Austausch beim Heizkessel-Ersatz oder Innenwärmedämmung bei Zimmer-Renovationen. Eine energietechnische Analyse kann aber auch helfen, Bauschäden zu vermeiden (vgl. «graue Ecken»).

Was sind Sanierungsgründe?

Sanierungsmassnahmen können aus folgenden Gründen ausgelöst werden:

- Umnutzung von Räumlichkeiten
- Sanierung von Bauschäden
- Verbesserung des Schallschutzes
- Erhaltung, bzw. Steigerung des Substanzwertes
- Gesamtanierung alter Gebäude
- Diversifikation der Energieträger
- Erhöhung der Versorgungssicherheit
- Einsatz neuer Techniken
- Möglicher Einsatz alternativer Energien
- Reduzierung der Umweltbelastung
- Minimierung des Energieverbrauchs
- etc.

Wenn für energiesparende Massnahmen im Rahmen einer Sanierung Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen angestellt werden, so dürfen nur die Mehrkosten gegenüber einer allfälligen «Normalsanierung» in Beziehung zu den gesparten Energiekosten gesetzt werden (vgl. auch 5. Wirtschaftlichkeit).

Kann die «Atmung» eines Hauses durch zu starke Wärmedämmung beeinträchtigt werden?

Nein! Die Atmung von Raum-Oberflächen wie Wänden oder Decken durch Pufferung von Feuchtigkeit und Gerüchen ist nur durch die Art und Behandlung (Anstriche etc.) der Oberflächen bedingt. Hingegen ist der Luftaustausch mit der Aussenwelt (Luftwechsel) von der Dichtigkeit der Gebäudehülle sowie vom Lüftungsverhalten der Bewohner abhängig. Ein hoher «natürlicher» Luftwechsel durch undichte Fenster- und andere Fugen ist mit entsprechend hohem Energieverbrauch verbunden und wird daher bei heutigen Bau- und Wärmedämmtechniken möglichst unterbunden. Dichte Gebäudehüllen erfordern deshalb ein periodisches aktives Lüften, um Gerüche und zu hohe Luftfeuchtigkeit zu entfernen. Energiesparend lüften heisst: je nach Luftbelastung alle paar Stunden einige Minuten die Fenster weit öffnen.



Wenn bei einem Altbau neue Fenster oder auch nur bessere Dichtungen eingebaut werden, resultiert ein geringerer natürlicher Luftwechsel und damit eine höhere Luftfeuchtigkeit. Wird an der übrigen Bauhülle nichts verändert, bleibt die Oberflächentemperatur der Innenwände relativ tief. Dadurch können Feuchtigkeitsschäden entstehen, wenn das Lüftungsverhalten nicht dem neuen Zustand angepasst wird. In einem Altbau dürfen daher neue Fenster nicht ohne entsprechende Abklärungen bzw. Information der Bewohner eingesetzt werden.

Feuchtigkeitsprobleme drohen aber auch bei energetisch schlechter Bauhülle, wenn die Raumtemperaturen abgesenkt werden, ohne intensiver zu lüften. Dies ist oft die Auswirkung sparsamen Benutzerverhaltens, welches zum Beispiel durch die verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung (VHKA) gefördert wird. Die Einrichtung der VHKA (Vorschriften!) könnte daher eine umfassende Sanierung auslösen, um Bauschäden zuvorkommen.

Viele Heizungen, die 20 Jahre und älter sind, «funktionieren» noch einwandfrei, sind aber technisch veraltet, verbrauchen zuviel Energie und belasten oft die Umwelt übermässig. Heizkessel, Pumpen und Steuerungen haben eine mittlere Lebensdauer von etwa 15 Jahren, während Rohrleitungen und Heizkörper viel länger ihren Dienst einwandfrei tun (vgl. auch Kapitel «Heizung und Warmwasser», Unterhalt). In den meisten Fällen ergibt sich die Notwendigkeit einer Sanierung durch:

- lufthygienische Beanstandung durch die Feuerungskontrolle (Luftreinhalteverordnung, kantonale Vorschriften),
- hohen Energieverbrauch (Energiekennzahl) bzw. schlechten Wirkungsgrad (z.B. vom Servicemonteur festgestellt),
- häufige Störungen,
- sanierungsbedürftigen Öltank, Kamin etc.

Eine fachkundig ausgeführte Heizungserneuerung bringt in der Regel auch Energieeinsparungen in der Grössenordnung von 10 bis 30%.

Bauliche Massnahmen, die innert so kurzer Frist nur aus energetischen Gründen amortisierbar sind, gibt es praktisch nicht. Man muss solche Investitionen im Zeitrahmen ihrer Lebensdauer betrachten.

Die Kosten energiesparender Massnahmen gelten als wertvermehrend, soweit sie die Aufwendungen für den gleichwertigen Ersatz einer ausgedienten oder defekten Anlage oder eines Bauteils übersteigen. Solche wertvermehrenden Investitionen dürfen auf die Mietzinse überwältzt werden. Es sind jedoch gewisse Grenzen gesetzt. Der Schweizerische Hauseigentümerverband erteilt hier Auskunft.

Je nach Kanton bzw. Steuergesetz sind steuerliche Abzüge möglich. Oftmals sind solche Abzüge zeitlich begrenzt und dienen der Ankurbelung von energiesparenden Massnahmen. Auskünfte erteilen die kantonalen Steuerbehörden.

Wie können graue Ecken entstehen?

Wann muss eine Heizung erneuert werden?

Kann die Investition innerhalb von 5 Jahren amortisiert werden?

Können energiesparende Massnahmen auf die Mieter abgewälzt werden?

Können Sanierungskosten von den Steuern abgezogen werden?



3 Beurteilung und Analyse von Bauten

3.1 Energiekennzahl

Jahresenergieverbrauch Um eine Einstufung oder einen Vergleich machen zu können, muss der Energieverbrauch soweit wie möglich bekannt sein. Es empfiehlt sich dabei, den Durchschnitt der letzten fünf Jahre zu erheben, damit vor allem klimatische Schwankungen einzelner Perioden ausgeglichen werden.

Energiebuchhaltung Durch das Führen einer Energiebuchhaltung, d.h. man notiert und vergleicht in regelmässigen Abständen den Energieverbrauch (Öl, Gas, Strom, etc.), bekommt man ein Gefühl für den Energieverbrauch und erfährt, wo allenfalls Einsparungen gemacht werden können.

Energiebezugsfläche Der Energieverbrauch wird normalerweise bezüglich der Brutto-Fläche aller «bewusst» beheizten Räume berechnet. «Brutto» heisst: inklusive die Grundflächen von Wänden, Schächten etc. (wie bei den Brutto-Geschossflächen). Die Flächen von Technik-, Heiz- und Waschräumen etc., die nur von der Abwärme aufgeheizt werden, zählt man nicht zur Energiebezugsfläche. Die genaue Berechnungsart ist in der SIA-Empfehlung 180/4 definiert.

Energiekennzahl
$$\text{Energiekennzahl} = \frac{\text{Jahresenergieverbrauch}}{\text{Energiebezugsfläche}} \text{ in MJ/m}^2 \text{ und Jahr}$$

Die Energiekennzahl eines Hauses setzt sich aus den mit dieser Formel berechneten Einzelwerten zusammen:

$$\text{E-Zahl} = \text{E-Zahl}_{\text{Oel}} + \text{E-Zahl}_{\text{Holz}} + \text{E-Zahl}_{\text{Elektro}} \dots\dots$$

oder (heute die gebräuchlichste Art):

$$\text{E-Zahl}_{\text{Heizung}} + \text{E-Zahl}_{\text{Warmwasser}} + \text{E-Zahl}_{\text{Elektro}} = \text{E-Zahl}_{\text{Total}}$$

In der Schweiz ist es üblich, den zur Berechnung der Energiekennzahl benötigten Jahresverbrauch in Megajoule [MJ] anzugeben.

$$\begin{aligned} 3,6 \text{ MJ} &= 1 \text{ kWh} \\ 360 \text{ MJ} &= 100 \text{ kWh} = 10 \text{ Liter oder } 8,4 \text{ kg Öl} \end{aligned}$$

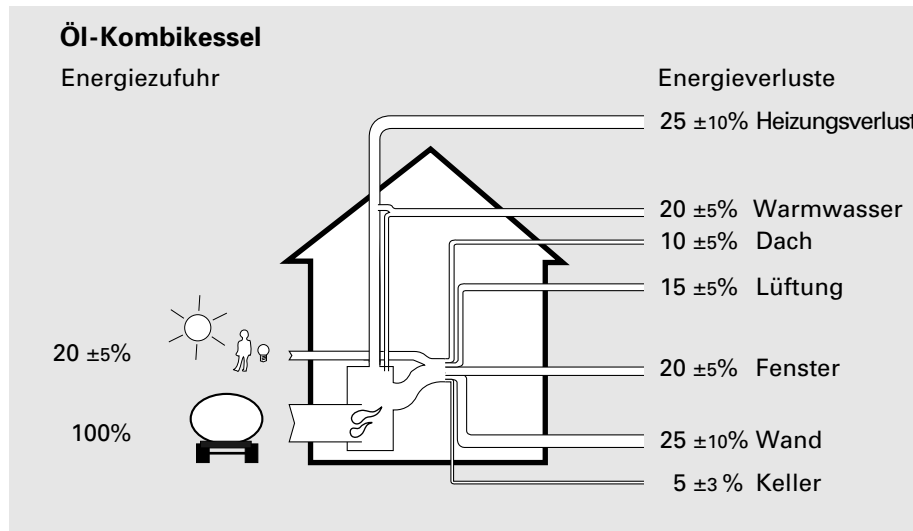
Vergleich Energiekennzahlen, Einstufung Für den Vergleich einer berechneten Energiekennzahl mit anderen schweizerischen Werten, enthält die SIA-Empfehlung 380/1 detaillierte Angaben.

Für Wohnbauten gelten die folgenden Grobabschätzungen (für Einfamilienhäuser liegen die E-Zahlen «Heizung» etwas höher, «Warmwasser» etwas tiefer; Werte in MJ/m² x Jahr):

	E-Zahl Heizung	E-Zahl Warmwasser	E-Zahl Wärme
sehr gut	180	60	240
gut	300	70	370
mittel	420	80	500
schlecht	600	> 100	> 700



Diese Grafik zeigt ein wärmetechnisch nicht saniertes Mehrfamilienhaus mit Ölheizung-Kombikessel.



Nebst der Ermittlung des Energieverbrauchs ist es wichtig, die Bauhülle in ihrem Zustand zu beurteilen. Bauschäden oder unbehagliche Räume (Feuchtigkeit, Zugerscheinungen) weisen auf einen zu hohen Energieverbrauch hin. Die genaue Untersuchung sollte man allerdings dem Fachmann überlassen.

Beurteilung Bauhülle



3.2 Grobbeurteilung des Wärmeenergieverbrauchs

Eine Grobbeurteilung des Wärmeenergieverbrauchs für Heizung und Warmwasser kann mit Hilfe der Tabelle «Grobbeurteilung des Wärmeenergieverbrauchs» vorgenommen werden. Die Tabelle enthält für verschiedene Energieträger und Anwendungen obere und untere Kennwerte, die mit dem effektiven Wärmeenergieverbrauch verglichen werden können.

Für Gebäude mit mehreren Heizenergieträgern (z.B. Kombinationen mit Holz oder Solarheizungen) ist die Tabelle nicht anwendbar.

1. Schritt: Energieträger und Anwendungen bestimmen

In einem ersten Schritt müssen der Wärmeenergieträger (Öl, Gas, Elektrizität, Holz, Fernwärme) und die Anwendungen (Heizung, Warmwasser, evtl. Kochen) bestimmt werden. Daraus ergibt sich die zutreffende Zeile. Zwei verschiedene Verbrauchswerte können bei Öl (kg oder Liter) und bei Gas (kWh oder m³) ausgewählt werden. Beim Block «Elektroheizungen» sind alle anderen Anwendungen (Warmwasser, Allgemeinverbrauch) inbegriffen.

Wenn in einer Wohnung der Verbrauch in kWh von einem Wärmehzähler gemessen wird, ist der Block «Fernwärme» zu benutzen.

2. Schritt: Bestimmung der Wohnsituation

Mit der Bestimmung der Wohnsituation (Ein- oder Mehrfamilienhaus, Anzahl Bewohner) kann die richtige Kolonne festgelegt werden.

3. Schritt: Bestimmung der Kennwerte

Im Schnittpunkt der richtigen Zeile und Kolonne ist ein oberer und ein unterer Kennwert für den Wärmeenergieverbrauch angegeben. Weicht die für eine bestimmte Wohnsituation angenommene Wohnfläche (oberste Zahlenreihe in der Tabelle) stark von der effektiven ab (>20%), müssen die Kennwerte wie folgt korrigiert werden:

oberer Kennwert	+	unterer Kennwert *	•	(	eff. Wohnfläche	-	angenommene Wohnfläche	)	=	korrigierter oberer Kennwert
unterer Kennwert	+	unterer Kennwert *	•	(	eff. Wohnfläche	-	angenommene Wohnfläche	)	=	korrigierter unterer Kennwert

* Zahlenkolonne ganz rechts in der Tabelle

4. Schritt: Bestimmung des effektiven Wärmeenergieverbrauchs

Im Einfamilienhaus kann der Wärmeenergieverbrauch aufgrund der Energierechnungen bestimmt werden. Beim Heizöl ist zu beachten, dass der Jahresbedarf scheinbar schwankt, wenn die Lieferungen nicht zum gleichen Zeitpunkt im Jahr erfolgt sind. In diesem Fall sollte der Mittelwert über mehrere Jahre genommen werden.



In Mehrfamilienhäusern kann die Ermittlung des Wärmeenergieverbrauchs schwieriger sein. Wenn die Heizkostenabrechnung über einen Wärmezähler für jede Wohnung separat erfolgt, wird der Verbrauch in kWh auf der Rechnung angegeben. In diesem Fall ist keine Umrechnung notwendig. Wenn nur der Verbrauch der gesamten Liegenschaft bekannt ist, kann aus dem Rechnungsbetrag der prozentuale Anteil der einzelnen Wohnung berechnet und deren Energieverbrauch wie folgt bestimmt werden:

$$\frac{\text{Energieverbrauch gesamte Liegenschaft}}{100} \cdot \text{Anteil Haushalt in \%} = \text{Energieverbrauch des einzelnen Haushaltes}$$

Wenn mit Strom geheizt wird, ist auf der Stromrechnung nebst dem Wärmeenergiebedarf auch der Allgemeinverbrauch enthalten. Hoch- und Niedertarifverbrauch über ein ganzes Jahr sind zu addieren.

Die klimatischen Schwankungen können unterschiedliche jährliche Heizenergieverbräuche ergeben. Es ist deshalb besser, wenn über zwei bis drei Jahre ein Mittelwert gebildet wird.

Wichtig zu wissen ist, ob beim Wärmeenergieverbrauch auch die Erwärmung des Warmwassers enthalten ist.

5. Schritt: Vergleich und Beurteilung

Der effektive Jahresverbrauch an Wärmeenergie kann nun mit den Kennwerten aus der Tabelle verglichen werden.

Die Ergebnisse des Verbrauchs können wie folgt beurteilt werden:

- Der effektive Verbrauch liegt **über dem oberen Kennwert:**
Die Heizung braucht zuviel Energie: Der Energieverbrauch kann mit Sicherheit wesentlich vermindert werden, und zwar
 - um 10–20% allein durch betriebliche Massnahmen ohne grosse Investitionen,
 - um weitere 10–20% durch kleinere Investitionen, die sich in kurzer Zeit amortisieren.
- Der effektive Verbrauch liegt **zwischen dem oberen und unteren Kennwert:**
Der Heizenergieverbrauch liegt im normalen Rahmen. Durch eine sorgfältige Betriebsweise und massvolle Investitionen kann der Verbrauch noch reduziert werden.
- Der effektive Verbrauch liegt **unter dem unteren Kennwert:**
Es handelt sich um ein gut wärmegeprägtes Haus mit einem sparsamen Heizbetrieb.

Bei der Beurteilung ist zu beachten, dass die Lage der Wohnung oder des Hauses einen grossen Einfluss auf den Wärmeenergieverbrauch haben kann. Ein mittleres Reihen-Einfamilienhaus hat gegenüber einem freistehenden Einfamilienhaus einen um ca. 20% geringeren Heizenergiebedarf, in einem Mehrfamilienhaus hat eine Wohnung in einem Zwischengeschoss einen um mindestens ca. 20% geringeren Verbrauch als die oberste Wohnung.



Heizenergieträger

Wohnsituation

Anzahl Bewohner
pro WohnungWohnfläche in m²

Mehrfamilienhaus

Einfamilienhaus

Korrektur für
abweichende
Wohnfläche

Heizen mit Öl (kg)

		700	900	1050	1400	2700	2700	17 kg/m ²
		500	650	750	1000	1600	1600	10
		800	1100	1400	1900	2900	3050	17
		600	850	1100	1500	1800	1950	10
		750	1000	1250	1700	2800	2900	17
		550	750	950	1250	1700	1800	10

Heizen mit Öl (Liter)

		840	1050	1250	1700	3200	3200	20 l/m ²
		600	750	900	1200	1900	1900	12
		1000	1350	1700	2250	3450	3600	20
		750	1050	1300	1750	2150	2350	12
		900	1200	1500	2000	3350	3450	20
		700	900	1150	1500	2050	2150	12

Heizen mit Gas (kWh)

		8450	10'550	12'700	16'900	31'500	31'500	200 kg/m ²
		6200	7750	9300	12'400	19'550	19'550	120
		9750	13'200	16'600	22'150	33'800	35'500	200
		6200	10'400	13'250	17'650	21'750	23'500	120
		9800	13'300	16'750	22'300	33'900	35'600	200
		7650	10'500	13'350	17'800	21'900	23'600	120

Heizen mit Gas (m³)

		900	1150	1350	1800	3350	3350	21 m ³ /m ²
		650	850	1000	1300	2100	2100	13
		1050	1400	1700	2350	3600	3800	21
		800	1100	1400	1900	2300	2500	13
		1100	1550	1900	2500	3700	3900	21
		850	1200	1500	2000	2400	2600	13

Heizen elektrisch (kWh) (gesamter Stromverbrauch inkl. Licht, Kochen, etc)

Einzel Speicher, Direktheizung	10'700	14'200	17'800	23'600	31'450	34'300	165 kWh/m ²
	6650	9100	11'650	15'450	19'450	22'300	90
Zentral Speicher	11'600	15'350	19'150	25'450	34'400	37'250	185
	7100	9650	12'350	16'350	21'100	23'900	100
Wärmepumpe Luft/Wasser	5800	8100	10'450	13'800	15'500	18'400	65
	4200	6050	8000	10'550	10'700	13'600	35
Wärmepumpe Sole/Wasser oder Wasser/Wasser	5250	7400	9650	12'750	13'750	16'600	55
	3900	5700	7600	10'000	9750	12'600	30

Heizen mit Fernwärme (kWh)

		9050	11'350	13'600	18'100	29'450	29'450	185 kWh/m ²
		4500	5650	6750	9000	16'150	16'150	100
		10'350	13'950	17'500	23'300	31'650	33'350	185
		5800	8250	10'650	14'200	18'350	20'050	100
		9750	12'750	15'700	20'900	30'650	31'550	185
		5200	7050	8850	11'800	17'350	18'250	100

Heizen mit Holz (m³)

						25	25	0,15 m ³ /m ²
						13	13	0,06
						26	27	0,15
						15	16	0,06

Beurteilung: Vergleich des oberen und unteren Kennwertes mit dem effektiven Wärmeverbrauch pro Jahr.**Bei guter Wärmedämmung und sparsamem Heizbetrieb kann der untere Kennwert unterboten werden!**

Energieverbrauch zum Heizen



Warmwasser mit Heizung erzeugt



Kochen mit Gas



4 Energiesparen und Sanieren

4.1 Wärmedämmung

Nein! Die Herstellung von Wärmedämmstoffen braucht zwar tatsächlich auch Energie, z.B. vor allem Wärme für die Herstellung von Mineralfasern oder Erdölprodukte für Schaumstoffe. Ein richtig eingesetzter Dämmstoff spart aber schon innert 3 bis 18 Monaten soviel Energie ein, wie für seine Herstellung («graue Energie») aufgewendet werden musste. Die «energetische Rentabilität» ist also sehr hoch!

Gegenüber den bisher meistverwendeten Mineralfasern und Schaumstoffen ist beispielsweise die Dämmwirkung von Holzfaserplatten («Pavattherm») rund 20% schlechter, was durch eine entsprechend dickere Dämmschicht kompensiert werden kann. Andere umweltfreundliche bzw. baubiologisch günstige Stoffe wie etwa Altpapierflocken oder expandierter Kork weisen praktisch gleiche Werte wie vergleichbare übliche Produkte auf (vgl. folgende Tabelle «Beispiele von k-Werten»).

Die Aussenwärmedämmung bzw. das Anbringen der Wärmedämmung auf der kalten Seite (z.B. Keller, Estrich, aber auch Aussenwänden) ist vorteilhaft, weil so die Tragkonstruktion und die wärmespeichernde Masse auf der warmen Seite bei immer etwa gleichen Temperaturen bleiben. Wenn etwa aus bautechnischen oder denkmalschützerischen Gründen Innenwärmedämmungen ausgeführt werden, so müssen die bauphysikalischen Bedingungen durch Fachleute sorgfältig abgeklärt werden, um das Bauschadenrisiko einzugrenzen. Dies gilt auch für die Wärmedämmung in Hohlräumen, welche unter Umständen durch Einblasen von Dämmstoff-Flocken möglich ist. Bei Neubauten kommt öfters das Zweischalen-Mauerwerk mit dazwischenliegender Dämmschicht zur Ausführung, welches bautechnisch eine Aussenwärmedämmung darstellt.

Innerhalb eines Gebäudes empfiehlt es sich, Wärmezonen zu schaffen, d.h. warme und kalte (unbeheizte) Räume sollten voneinander wärmetechnisch getrennt werden. Damit wird es möglich, das «bewusst» beheizte Volumen klar abzugrenzen.

«Do-it-yourself» ist bei Wärmedämm-Arbeiten nicht unproblematisch, weil die Materialwahl und Ausführungsdetails Fachkenntnisse und in manchen Fällen Berechnungen erfordern. Bei bauphysikalischen Fehlern drohen unter Umständen teure Bauschäden. Fachkundige Unterstützung ist daher dringend zu empfehlen.

Mit «k-Wert» wird der sogenannte «Wärmedurchgangskoeffizient» bezeichnet. Er gibt die Grösse des Wärmestromes an, der durch eine Fläche von 1m^2 bei einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin fliesst. Der k-Wert eines Bauteils berechnet sich aus den Dicken und Wärmeleitwerten der einzelnen Schichten sowie den Wärmeübergangszahlen an den inneren und äusseren Oberflächen des Bauteils. Seine Einheit ist $\text{W/m}^2\text{K}$.

Braucht die Herstellung von Wärmedämmung viel Energie?

Dämmen «biologische» Wärmedämmstoffe schlechter?

Wärmedämmung aussen oder innen anbringen?

Wärmezonen

«Do-it-yourself»: Vorsicht vor Bauschäden!

Was ist der k-Wert?



Nachstehende Tabelle zeigt die k-Werte einiger Bauteile mit verschiedenen Materialien und Dämmstoffstärken:

Beispiele von k-Werten

Bauteil	k-Wert [W/m ² K]
Backsteinwand verputzt 32 cm dick	1.1
Backsteinwand 30 cm mit 6 cm Schaumstoff-Aussendämmung	0.4
Backsteinwand 30 cm mit 10 cm Schaumstoff-Aussendämmung	0.3
Zweischalenmauerwerk 18 + 12 cm Backstein, 12 cm Mineralfaserplatten	0.25
Kalksandsteinwand 25 cm mit Aussendämmung 24 cm und vorgehängter Fassade (z.B. Eternit)	0.16
Flachdach mit 5 cm Kork-Wärmedämmung	0.7
Flachdach mit 4 cm PU-Schaumstoffdämmung	0.7
Flachdach mit 12 cm PU-Schaumstoffdämmung	0.25
Flachdach mit 16 cm Schaumglasdämmung	0.28
Kellerdecke Beton, Unterlagsboden, Teppich	ca. 2
Kellerdecke mit zusätzlich 10 cm Mineralfaserdämmung	0.32

Es gilt:

Je kleiner der k-Wert, desto besser der Wärmeschutz

Die Beispiele zeigen, dass die Dämmstoffdicke für den resultierenden k-Wert ausschlaggebend ist. Auch eine sehr dicke massive Backsteinwand ergibt ohne zusätzliche Dämmstoffschicht keinen akzeptablen k-Wert.

Empfohlene k-Werte

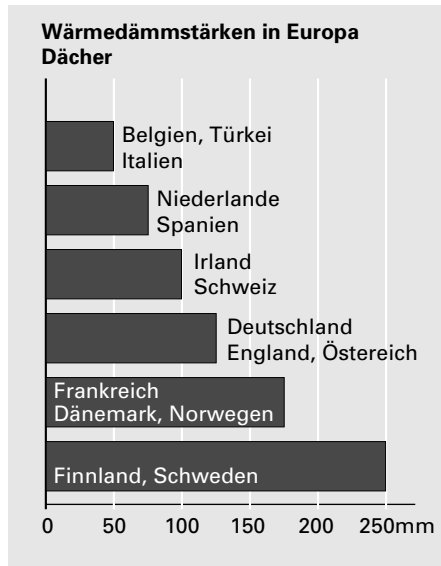
Die SIA-Empfehlung 380/1 schlägt bei den Einzelanforderungen folgende k-Werte vor [W/m²K]:

Bauteil	SIA 380/1 Grenzwerte	SIA 380/1 Zielwerte	Skandinavische Vorschriften ca.
Steil/Flachdach gegen Aussenklima	0.4	0.3	0.2
Wand gegen Aussenklima	0.4	0.3	0.2
Boden gegen unbeheizt	0.5	0.4	0.3
Boden mit Fussbodenheizung gegen unbeheizt oder Aussenklima	0.3	0.25	



In den verschiedenen Ländern Europas bestehen unterschiedliche Vorschriften für die im Minimum zu verwendenden Dämmstärken. Die Schweiz liegt mit ihren Vorschriften nur im Mittelfeld. Wer also besonders energiebewusst bauen will, wird grössere Dämmstärken als nach schweizerischen Grenz- oder Zielwerten wählen.

Wärmedämmstärken in Europa



4.2 Fenster

Die k-Werte der Fenster setzen sich aus Anteilen von Verglasung und Rahmen zusammen. Um aufwendige Berechnungen zu vermeiden, bedient man sich spezieller Tabellen mit Mittelwerten für übliche Rahmenanteile. Wärmeschutzgläser mit unsichtbarer, infrarot-reflektierender Beschichtung sind seit einigen Jahren normaler Stand der Technik, so dass keine konventionellen Isolierverglasungen mehr eingesetzt werden sollen.

k-Werte von Fenstern [W/m²K]

Bezeichnung	Verglasung	k-Wert
WF (Winterfenster)	Doppelfenster mit Luftzwischenraum > 7 cm	2,5
DV	Doppelverglasung	2,5
2-IV	Isolierverglasung mit einem Luftzwischenraum > 12 mm	2,6
3-IV	3-fach Isolierverglasung mit zwei Luftzwischenräumen > 9 mm	2,0
2-IV-IR	Wärmeschutzglas mit einem Luftzwischenraum > 12 mm und einer selektiven Schicht	1,6
3-IV-IR	Wärmeschutzglas mit zwei Luftzwischenräumen > 9 mm und einer selektiven Schicht	1,4
3-IV-IR-IR	Wärmeschutzglas mit zwei Luftzwischenräumen > 12 mm und zwei selektiven Schichten	1,2



4.3 Bauliche Massnahmen bei haustechnischen Sanierungen

Kamin

Wird eine bestehende Öl- oder Gasheizung auf den neusten technischen Stand gebracht, so sind üblicherweise Kaminsanierungen damit verbunden. Nur so lassen sich tiefere Abgastemperaturen erzielen. Technisch stehen Stahl-, Keramik-, Kunststoff- oder Glasrohre zur Verfügung. Man kann diese Rohre im Sanierungsfalle ins alte Kamin einziehen und zusätzlich wärmedämmen. Dabei müssen die kantonalen Vorschriften für den Kaminquerschnitt beachtet werden.

5 Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen haben zum Ziel, Nutzen und Kosten verschiedener Massnahmen oder Investitionen für einen bestimmten Zweck zu vergleichen, um letztlich einen optimalen Einsatz der Mittel zu erreichen. Ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis bedeutet gute Wirtschaftlichkeit. Zu bedenken ist, dass die Wirtschaftlichkeit immer nur ein Kriterium darstellt und daneben viele andere Gründe für Energiesparmassnahmen sprechen können (vgl. z.B. Kapitel 2, Häufige Fragen).

Investitionskosten

Investitionskosten (einmalig) fallen an bei der Beschaffung von Apparaten und Material sowie beim Erteilen von Aufträgen. Sie sind meistens zum Voraus aufgrund von Kostenschätzungen, Kostenberechnungen oder Offerten bekannt.

Betriebskosten

Betriebskosten sind die Summe aller Kosten für Betriebsmittel wie Energie, Wasser, Bedienungspersonal sowie für Wartung und Unterhalt.



Beispiel A: Fassadensanierung mit Wärmedämmung

Beispiel für Wirtschaftlichkeitsberechnung

Nutzungsdauer	30 Jahre
Zinssatz	6 %
Ölpreisteuerung	5 %

Investitionskosten:

Verputzte Aussenwärmedämmung 10 cm inkl. Gerüstungen	120 000.–
Diverse Malerarbeiten Balkone	10 000.–
Honorare	15 000.–
Total Investitionskosten (Gesamtkosten)	145 000.–

Davon energierelevante Investitionen (Mehrkosten durch Dämmung)	82 000.–
---	----------

Annuitätsfaktor	0,073
-----------------	-------

Jährliche Kapitalkosten	$0,073 \times 82\,000 = 5990.–$
-------------------------	---------------------------------

Jährliche Energiekosten bzw. Energiekosteneinsparungen:

Einsparungen an Heizöl pro Jahr:	7000 kg
Heutige Heizölkosteneinsparung bei einem Heizölpreis von Fr. 40/100 kg	2800.–

Mittelwertfaktor (damit wird die Teuerung berücksichtigt)	1,888
---	-------

Heizölkosteneinsparung über die gesamte Nutzungsdauer	$1,888 \times 2800 = 5290.–$
---	------------------------------

Kommentar:

Die Investition ist knapp nicht wirtschaftlich, denn die jährlichen Kapitalkosten von Fr. 5990.– sind höher als die Energiekosteneinsparnis von Fr. 5290.– pro Jahr. Wenn Steuereinsparungen geltend gemacht werden oder zusätzlicher Nutzen resultiert (z.B. vermindertes Schimmelpilz-Risiko), so ist die Massnahme positiv zu beurteilen. Würde die Fassadensanierung ohne Wärmedämmung ausgeführt, so wäre die Gelegenheit für die nächsten 30 Jahre verpasst!

Beispiel B: Wärmedämmung Estrichboden

Nutzungsdauer	30 Jahre
Zinssatz	6%
Ölpreisteuerung	5%

Investitionskosten:

Wärmedämmung mit Steinwolle und Abdeckung mit Spanplatte	14 000.–
Diverse Anpassungsarbeiten	1600.–
Honorare	2400.–
Total Investitionskosten (Gesamtkosten)	18 000.–

Davon energierelevante Investitionen	18 000.–
--------------------------------------	----------

Annuitätsfaktor	0,073
-----------------	-------

Jährliche Kapitalkosten	$0,073 \times 18\,000 = 1310.–$
-------------------------	---------------------------------



Jährliche Energiekosten bzw. Energiekosteneinsparungen:

Einsparungen an Heizöl pro Jahr:	2400 kg
Heutige Heizölkosteneinsparung bei einem Heizölpreis von Fr. 40/100 kg	960.–
Mittelwertfaktor (damit wird die Teuerung berücksichtigt)	1,888
Heizölkosteneinsparung über die gesamte Nutzungsdauer	$1,888 \times 960 = 1810.–$

Kommentar:

Die Berechnung zeigt eine gute Wirtschaftlichkeit, denn die jährliche Energiekosteneinsparung von Fr. 1810.– ist viel höher als die jährlichen Kapitalkosten von Fr. 1310.–. Mit dieser Investition spart man jedes Jahr Fr. 500.–.

Subventionen

Unterstützungsbeiträge an Energiesparmassnahmen sind zum einen Teil vom Bund und zum anderen von den Kantonen erhältlich, zur Zeit zum Beispiel für Wärmepumpen und Sonnenenergieanlagen. Auskunft geben die kantonalen Energiefachstellen. Es gibt auch Gemeinden, die beispielsweise für den Einsatz erneuerbarer Energien Beiträge auszahlen. Oft sind auch erhebliche Steuereinsparungen möglich. Es empfiehlt sich, diesbezüglich Erkundigungen einzuholen. Die Wirtschaftlichkeit von Energiesparmassnahmen kann durch Subventionen oder Steuereinsparungen entscheidend verbessert werden!

Literatur

- [1] Handbuch Planung und Projektierung wärmetechnischer Gebäudesanierung, Bundesamt für Konjunkturfragen, 1988
- [2] Haustechnik der integralen Planung, Impulsprogramm Haustechnik, Bundesamt für Konjunkturfragen, 1986
- [3] Informationsdienst «Energiesparen Schweiz» 1985-1989, Bundesamt für Energiewirtschaft Faltblätter A1–A5 (Verbesserung des Wohnkomforts) Faltblätter B1–B6 (Wärmedämmung) Faltblätter C1–C6 (Sanierung der Heizung)
- [4] k-Wert-Berechnung und Bauteilekatalog, Bundesamt für Energiewirtschaft, 3003 Bern
- [5] Merkblatt k-Werte und g-Werte von Fenstern, Bundesamt für Energiewirtschaft, 3003 Bern

[illegible]



5 Haushaltgeräte

1	Einleitung	3
2	Häufige Fragen	4
3	Ersatz- und Neubeschaffung von Geräten	4
4.	Kühlen, Tiefkühlen	7
4.1	Energiebedarf	7
4.2	Gerätewahl	7
4.3	Effizienz-Kriterium	9
4.4	Kostenbetrachtungen	9
5	Kochen	10
5.1	Energiebedarf	10
5.2	Gerätewahl	11
6	Backen	13
6.1	Energiebedarf	13
6.2	Gerätewahl	14
6.3	Effizienz-Kriterium	14
7	Geschirrspülen	15
7.1	Energiebedarf	15
7.2	Gerätewahl	17
7.3	Effizienz-Kriterium	18
7.4	Kostenbetrachtungen	18
8	Wäschewaschen	19
8.1	Der Energiebedarf	19
8.2	Gerätewahl	19
8.3	Effizienz-Kriterium	20
9.	Wäschetrocknen	21
9.1	Energiebedarf	21
9.2	Gerätewahl	21
9.3	Effizienz-Kriterium	22
9.4	Kostenbetrachtungen	23
	Literatur	24
	Notizen zu Haushaltgeräte	25

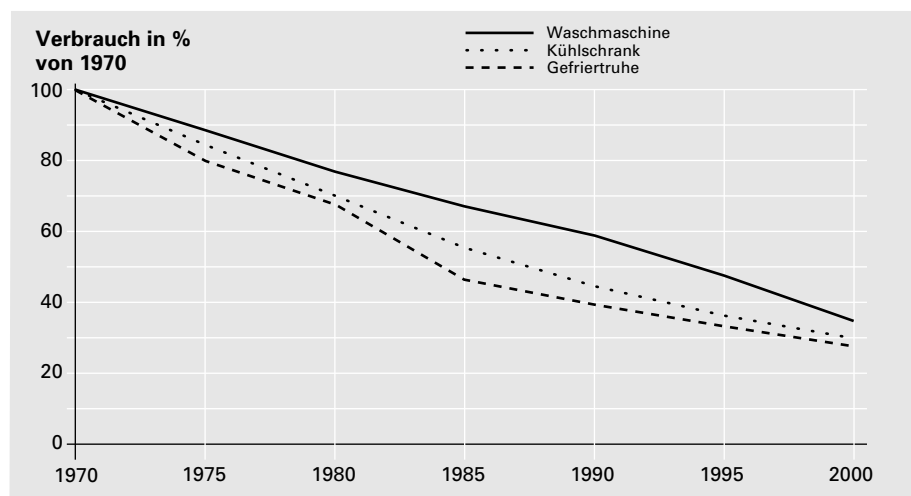


5 Haushaltgeräte

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren hat die gesamte Elektro-Haushaltgeräte-Industrie grosse Anstrengungen unternommen, den Energie- und Wasserverbrauch ihrer Apparate zu senken. Die Verminderung des spezifischen Energieverbrauchs der ab 1970 entwickelten Waschmaschinen, Kühlschränke und Gefriertruhen ist in der nachfolgenden Graphik verdeutlicht. Die zukünftige Entwicklung bis ins Jahr 2000 basiert auf einer Annahme.

Allgemeines



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%.

Ziel dieses Kapitels ist es, Tipps und Anregungen zu vermitteln, wie und mit welchen Apparaten der Wasser- und Energieverbrauch gesenkt werden kann.

Ziel



2 Häufige Fragen

Warum ist der Energie- und Wasserverbrauch so wichtig?

Neben der Umweltbelastung durch Energie- und Wasserverbrauch verursacht der Betrieb von Haushaltgeräten hohe Kosten. Über die Nutzungsdauer eines einzelnen Gerätes summiert, können die Energie- und Wasserkosten bedeutend höher sein, als die ursprünglichen Anschaffungskosten des Gerätes. Dies gilt vor allem für Geräte der älteren Generation.

Lohnen sich energie-günstige Geräte?

Ja, denn verschwenderische Geräte bewirken hohe Stromkosten. Die Anschaffungskosten sind weitgehend unabhängig von der Energie-Effizienz.

Sind neue Geräte sparsamer im Verbrauch?

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 von Geräten besteht ein grosser Spielraum. Es ist wichtig zu wissen, dass die sparsameren Geräte meist in allen Preiskategorien anzutreffen sind.

3 Ersatz- und Neubeschaffung von Geräten

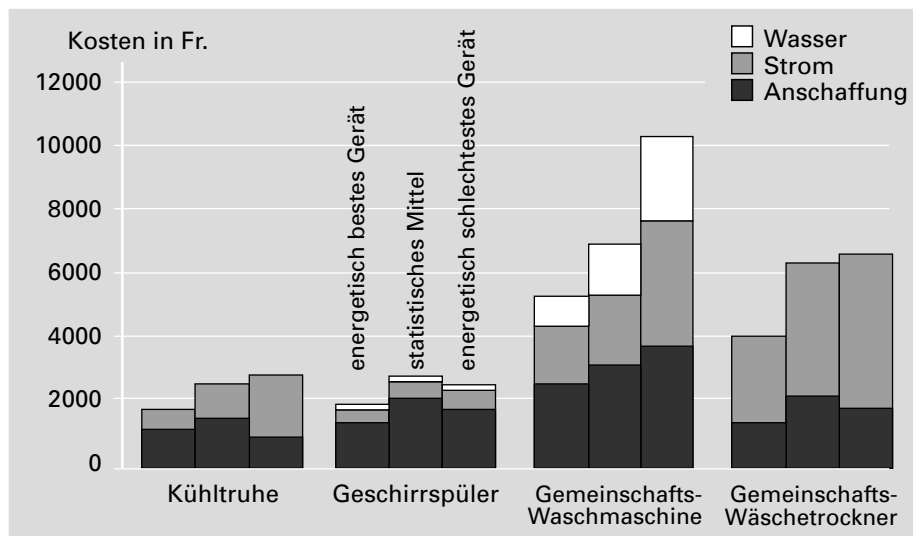
Wie bestimme ich das energetisch beste Gerät?

Für die Bestimmung des besten Gerätes eignet sich die Schweizerische Gerätedatenbank besonders gut. Im Adressverzeichnis dieses Buches sind die Energieberatungsstellen mit Gerätedatenbank aufgelistet. Auskünfte können jederzeit persönlich oder telefonisch eingeholt werden. In den Verkaufsunterlagen ist die Warendecklaration zu beachten, wo auch der Energieverbrauch angegeben ist.

Berücksichtigung der Anschaffungs- und Betriebskosten

Beim Kauf von Geräten müssen neben den Anschaffungs- auch die Betriebskosten, das heisst die Kosten des Energie- und Wasserverbrauchs, berücksichtigt werden. Über die gesamte Nutzungsdauer können sich diese Betriebskosten zu einem weit höheren Betrag als die Anschaffungskosten summieren. In der folgenden Figur sind für vier typische Haushaltgeräte die Anschaffungskosten und die über die Nutzungsdauer aufsummierten Strom- und Wasserkosten dargestellt. Die Darstellung gründet auf folgenden Annahmen:

- Kühltruhe: Grösse 250–350 Liter, Nutzungsdauer 15 Jahre.
- Geschirrspüler: Grösse für 12 Massgedecke, Nutzungsdauer 10 Jahre.
- Waschmaschine: Grösse 5 kg, Benutzung durch 6 Familien, Nutzungsdauer 12 Jahre.
- Wäschetrockner: Grösse 5 kg, Benutzung durch 6 Familien mit teilweiser Trocknung im Freien, Nutzungsdauer 12 Jahre.



Gesamtkosten von vier verschiedenen Haushaltsgeräten über ihre Nutzungsdauer

Die Gesamtkosten werden beim schlechtesten Gerät durch die Höhe der Energiekosten, beim Energiespargerät durch die Anschaffungskosten bestimmt. Das Gerät mit dem tiefsten Energieverbrauch ist ebenso wie das schlechteste Gerät in der Anschaffung günstiger als der Durchschnitt. Beim besten Gerät betragen die Energiekosten etwa 50%, beim schlechtesten mehr als das Doppelte der Anschaffungskosten. Die um gut Fr. 200.– tieferen Anschaffungskosten müssen beim energie günstigsten Gerät mit weit über Fr. 1000.– höheren Stromkosten bezahlt werden.

Kühltruhe

Die Gesamtkosten werden durch die Höhe der Anschaffungskosten bestimmt. Die Energie- und vor allem die Wasserkosten spielen für die Gesamtkosten eine geringere Rolle: 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 3mal höher als die Wasserkosten.

Geschirrspüler

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. 3000.–; beim schlechtesten Gerät liegen sie etwa bei Fr. 6400.–, also um über 100% höher. Das Gerät mit den höchsten Verbrauchswerten hat etwa die doppelten Gesamtkosten wie das mit den tiefsten.

Waschmaschine

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 Fr. 2000.– oder 50% höher als die des besten.

Wäschetrockner



Ist der vorzeitige Ersatz eines Gerätes sinnvoll?

Beim vorzeitigen Ersatz muss die durch die Herstellung des neuen Gerätes verursachte Umweltbelastung und der benötigte Energieverbrauch berücksichtigt werden. Soll ausschliesslich aus Gründen der Energieeinsparung ein Gerät ersetzt werden, so sollte das neue Gerät pro Jahr mindestens 100 bis 130 kWh Strom weniger brauchen als das alte. Diese Differenz kann bei einer sorgfältigen Gerätewahl oft leicht erreicht werden.

Bei einer entsprechend hohen Einsparung kann es sogar sinnvoll sein, das noch funktionierende alte Gerät durch ein neues, sparsameres zu ersetzen. Genaue Berechnungen können die entsprechenden Beratungsstellen unter Zuhilfenahme der Schweizerischen Gerätedatenbank durchführen.

Wann ist eine Reparatur sinnvoll?

Aus reinen Kostenüberlegungen ist die Reparatur eines defekten Gerätes dann sinnvoll, wenn die Summe aus Reparaturkosten plus erwarteten Energiekosten des alten Gerätes tiefer ist als die entsprechenden Kosten eines neuen Gerätes. Als grobe Anhaltswerte können gelten:

- Bei Geräten, die älter sind als 10 Jahre, dürfte sich eine Reparatur in der Regel nicht lohnen, wenn das neue Ersatzgerät einen deutlich (min. 20%) tieferen Energie- und Wasserverbrauch hat.
- Bei Geräten, die zwischen 5 und 10 Jahre alt sind, sollten die Reparaturkosten nicht mehr als $\frac{1}{3}$ der Anschaffungskosten eines neuen, sparsameren Gerätes betragen.

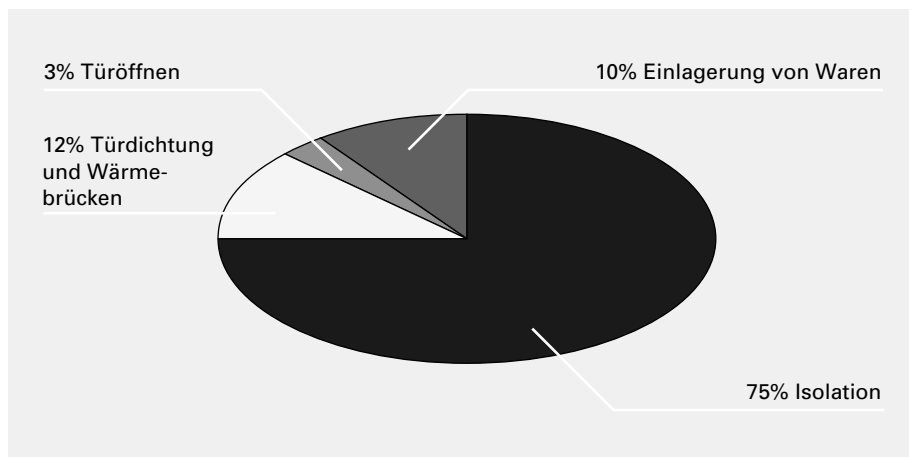


4 Kühlen, Tiefkühlen

4.1 Energiebedarf

Die folgende Graphik zeigt den Wärmeeintrag in einen durchschnittlichen Kühlschrank. Der weitaus grösste Teil des Wärmeeintrages (oder Kälteverlustes) dringt durch die Isolation in den Kühlraum.

Die im Innern lagernden, bereits gekühlten Lebensmittel haben keinen Einfluss auf den Kälteverlust, resp. Wärmeeintrag. Für den Energieverbrauch ist es also unerheblich, ob der Kühlschrank oder die Kühltruhe gefüllt oder leer ist.



Was ist massgebend für den Energieverlust?

Die Füllmenge hat keinen Einfluss

Wärmeeintrag (Kälteverluste) in einen Kühlschrank

4.2 Gerätewahl

Grundsätzlich soll das Gerät beschafft werden, das den Bedürfnissen genügt und den Einkaufsmöglichkeiten entspricht. Komfortansprüche und Reservevolumen sollten genau abgeklärt werden, denn sie führen zu grösseren Modellen und damit auch zu grösserem Stromverbrauch. Zu beachten ist, dass sehr kleine Geräte (Gefriertruhen unter 150 Liter und Kühlschränke unter 100 Liter) hohe Verbrauchskennwerte haben, da hier aus Platzgründen die Isolationsstärken reduziert sind.

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

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

Der Gerätestandard hat einen grossen Einfluss auf den Energieverbrauch. Beim einfachsten Kühlschrank fehlt ein Tiefkühlfach, beim exklusivsten Standard ist ein ****4-Stern-Tiefkühlteil vorhanden. 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. Wenn trotzdem ein Gefrierfach gewünscht wird, sollte dieses dann maximal ***3 Sterne aufweisen.

Wie bestimme ich das richtige Gerät?

Richtgrössen für Kühlschränke

Richtgrössen für zusätzliche Tiefkühler

Ein möglichst einfacher Standard ist zu wählen



Truhe besser als Schrank

Bei der Beschaffung eines Gefriergerätes ist zu beachten, dass Tiefkühltruhen erheblich tiefere Verbrauchswerte haben als Gefrierschränke oder Kühl-Gefrierkombinationen.

Dicke der Dämmschicht ist massgebend

Der grösste Wärmeanteil dringt durch die isolierten Wände. Deshalb ist vor allem die Dicke der Isolierschicht massgebend für den Energieverbrauch. Kühlschränke haben Isolierschichten von 20–25 mm, im Tiefkühlteil von 40–55 mm. Energiesparkühlschränke haben 50–80 mm dicke Isolierschichten. Bei Schränken mit gegebenen Aussenabmessungen geht die Dämmdicke zu Lasten des Inhalts. Einbaugeräte haben daher oft geringere Isolierstärken und somit einen höheren Energieverbrauch als freistehende Geräte.

Möglichst effizientes Gerät

Absorberkühlschränke haben einen erheblich höheren Stromverbrauch als Kompressorkühlschränke. Aber auch bei den Kompressoren gibt es grosse Unterschiede: Zum Beispiel sind Rotationsverdichter, welche in einigen Tiefkühlgeräten eingebaut werden, um ca. 30% sparsamer als entsprechende konventionelle Hubkolbenverdichter.

«No-Frost» braucht mehr Energie

«No-Frost»-Geräte (nicht zu verwechseln mit Geräten ohne Tiefkühlfach!) sind Kühlschränke, bei denen der Reif- oder Eisansatz auch im Tiefkühlfach vermieden wird. Die Kälte wird mit einem vor dem Kälteaggregat montierten Ventilator im Kühlschrank verteilt. 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).

Wo soll der Kühlschrank/ Tiefkühler aufgestellt werden ?

Je höher die Aussentemperatur, desto mehr Energie wird benötigt. 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, Geschirrspüler oder Heizung sowie Standorte mit Sonnenbestrahlung zu vermeiden.

Wie tief sollte die Gefriertemperatur sein?

Der Benutzer beeinflusst den Energiebedarf nur gering (vgl. auch Energiebilanz-Graphik) durch die Wahl der Kühlraumtemperatur sowie durch Anzahl und Zeitdauer der Türöffnungen. Im Normalfall soll der Einstellregler so gesetzt 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 Soll-Temperatur –18 °C.

Auf FCKW-freie Kältemittel und Dämmmaterialien achten

Die heutigen Kältemittel gehören zur Klasse der FCKW (Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe). Die damit zusammenhängenden Umweltprobleme sind der Abbau der Ozonschicht sowie der 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 zum Treibhauseffekt bei. Geräte, die mit weniger umweltschädlichen Stoffen (Basis Propan/Butan) betrieben werden, sind heute auf dem Markt erhältlich. Ab 1994 dürfen keine FCKW-Kühlgeräte mehr verkauft werden.



4.3 Effizienz-Kriterium

In den Prospekten sind zwei unterschiedliche Masseinheiten für den Stromverbrauch anzutreffen. Beide Male sind es Kilowattstunden pro Tag [kWh/d]. Der eine Wert bezieht sich auf das Gerät als Ganzes, der andere berücksichtigt die Grösse des Gerätes und ist pro 100 Liter Nutzinhalt (Kühlschranksinhalt) angegeben. Der absolute Energieverbrauch für das ganze Gerät in kWh pro Tag [kWh/d] ist die massgebende Grösse und sollte deshalb möglichst tief sein.

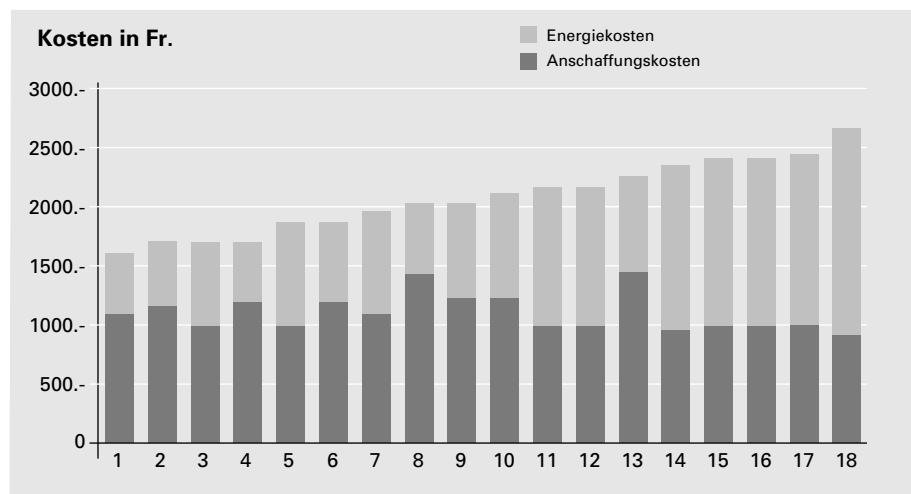
Welcher Verbrauchswert ist massgebend?

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

Verbrauchswerte von besonders sparsamen Geräten (Baujahr 1993)

4.4 Kostenbetrachtungen

Für einen Wirtschaftlichkeitsvergleich bestimmter Geräte kann die Summe der Anschaffungskosten und die aus den über die Nutzungsdauer erwarteten Energiekosten für eine erste Beurteilung benutzt werden. In der folgenden Graphik sind diese Kosten für 18 Kühltruhen in der Grössenklasse von 250 bis 350 Liter Nutzinhalt vergleichend dargestellt.



Gesamtkosten von 18 Kühltruhen zwischen 250 und 350 Liter über 15 Jahre

Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, zeigt die Graphik die Gesamtkosten einer bestimmten Grössenklasse von Geräten. Die folgenden Aussagen können aber sinngemäss auf alle Grössenklassen und auch auf Gefrier- und Kühlschränke übertragen werden.

Gesamtkosten = Anschaffungskosten + Energiekosten

- Die Anschaffungskosten liegen zwischen Fr. 870.– und Fr. 1440.– und die Energiekosten zwischen Fr. 540.– und Fr. 1820.–. Die Truhe mit dem höchsten Verbrauch verursacht dreimal mehr Energiekosten als die sparsamste.
- Die Geräte mit den geringsten Energiekosten (Geräte 1, 2 und 4) sind auch die Geräte mit tiefen Gesamtkosten. Die etwas höheren Anschaffungskosten der sparsameren Geräte machen sich also mehr als bezahlt.

Stromkosten können Anschaffungskosten übersteigen

Spartruhen sind am günstigsten



Die Teuersten sind nicht die «Besten»

- Die Geräte mit den höchsten Anschaffungskosten (Gerät 13 und 8) sind nicht die Geräte mit dem tiefsten Energieverbrauch. Es lohnen sich also Preis- und Energieverbrauchsvergleiche.

Ein Verbrauchsunterschied von 1 kWh pro Tag entspricht ca. Fr. 1000.– über eine Nutzungsdauer von 15 Jahren.

5 Kochen

5.1 Energiebedarf

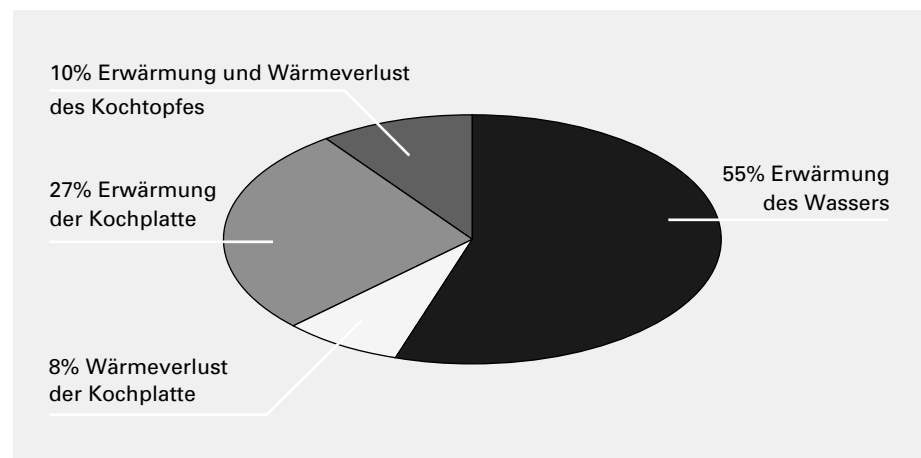
Was ist massgebend für die Energieverluste?

Der Energieverbrauch beim Kochen hängt wesentlich von der Dauer des Kochvorganges 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.

Nur die Hälfte wird genutzt

In der folgenden Graphik wird gezeigt, welche Anteile elektrischer Energie bei einem Glaskeramikkochfeld verbraucht werden, um 1 Liter Wasser von 15 auf 100 °C zu erwärmen. Nur etwas mehr als die Hälfte wird zum Erwärmen des Wassers benötigt.

Energiebilanz der Wassererwärmung auf einem Glaskeramikkochfeld



Die Technik der Wärmeerzeugung bestimmt die Regulierbarkeit des Kochvorganges

Eine gute Regulierbarkeit ist einerseits komfortabel, und andererseits kann sie – wenn richtig angewendet – zu einem geringeren Energieverbrauch verhelfen. Die verschiedenen Kochsysteme unterscheiden sich bezüglich ihrer Regulierbarkeit erheblich.

Gusskochplatte

Die Herdplatten sind aus Gusseisen gefertigt. Sie haben eine grosse Masse, die bei jedem Kochvorgang erwärmt werden muss. Im Innern der Platte treten Temperaturen bis zu 500 °C auf. Ein Teil der dafür benötigten Energie kann nicht genutzt werden und geht verloren (Nachwärme). Gusskochplatten lassen sich nur schlecht feinregulieren. 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 Soll-Temperatur wird überwacht und automatisch durch rechtzeitige Regelung der Stromzufuhr eingehalten.



Der Kochherd besteht aus einer speziellen, hitzebeständigen Glasplatte, unter der für jede Kochstelle Wärmestrahler angeordnet sind. Dafür werden seit neustem auch spezielle Halogenröhren verwendet. 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 auf ca. 1000 °C, womit der Spareffekt gegenüber der Gussplatte etwas vermindert wird. Gesamthaft ist die Glaskeramikkochplatte etwa 10% sparsamer als die konventionelle Gussplatte. Die Regulierbarkeit ist 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. 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.

Wird als Wärmestrahler unter dem Glaskeramikkochfeld eine Halogenröhre eingesetzt, so wird noch eine etwas kürzere Ankochzeit und eine leicht verbesserte Regulierbarkeit erreicht.

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. 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 werden kann. Die Energiezufuhr ist sehr direkt regulierbar. Auch hier sind die einzelnen Kochfelder mit Temperaturfühlern und einer entsprechenden Sicherheitsüberwachung ausgestattet. Die Kochstellen können unter Umständen ebenfalls in der Grösse variiert werden.

In diesem Gerät werden elektromagnetische Schwingungen generiert, die Wärme direkt im Kochgut erzeugen. Das Kochgeschirr und die Luft im Gerät werden dabei nicht direkt sondern nur indirekt über das erhitzte Backgut erwärmt. Mikrowellengeräte können bei richtigem Einsatz gegenüber konventionellem Kochen etwa 10–20% Energie einsparen. Mikrowellengeräte sind aber nur bei kleinen Mengen unter 400 Gramm, zum Beispiel beim Erwärmen von bereits gekochten oder gebackenen Speisen, von Vorteil.

Was, wie, wieviel und worin gekocht wird, wie oft die Kochplatten ein- und ausgeschaltet werden, beeinflusst den Energieverbrauch erheblich. Ebenso wichtig ist, dass das benutzte Kochgeschirr einen ebenen Boden und den passenden Durchmesser hat; wenn möglich, immer mit Deckel kochen.

5.2 Gerätewahl

Gusskochplatten sind bei der Anschaffung am günstigsten. Heute sollten ein bis zwei Automatikkochplatten mit einem Temperaturfühler angeschafft werden.

Glaskeramikkochfelder sind zwar etwas teurer als Gussplatten, haben aber folgende Vorteile: leichtes Reinigen, einfacheres Verschieben von Pfannen während des Kochens, besseres Reglieren, geringerer Energieverbrauch.

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

Glaskeramikkochfeld

Glaskeramikkochfeld mit Halogenröhre

Induktionskochfeld

Mikrowellengerät

Tips für das Benutzerverhalten

Gusskochplatten

Glaskeramikkochfelder

Induktionskochfelder



Wie kann das richtige Gerät bestimmt werden?

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 regelmässig grössere Pfannen verwendet werden.



6 Backen

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

Vergleichsweise geringe Benutzung

6.1 Energiebedarf

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 Strahlungswärme ab.

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 rundherum erwärmt. Heissluftbacköfen haben gegenüber konventionellen Backöfen einen etwas geringeren Energieverbrauch, insbesondere weil zwei- bis dreilagig gebacken werden kann.

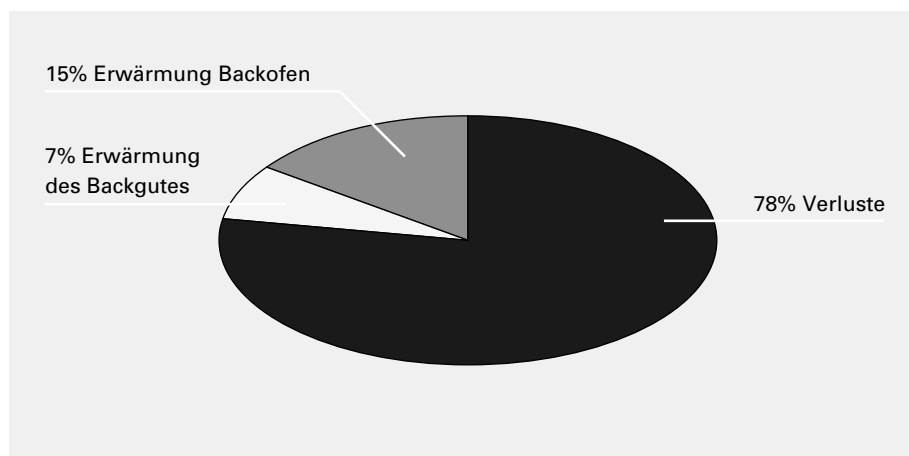
Heissluftbackofen

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

In der folgenden Graphik ist der Energieverbrauch dargestellt, der beim Betrieb eines Backofens während einer Stunde bei 200° Celsius für einen Braten von 2 kg benötigt wird. Beim Backen betragen die Wärmeverluste rund bis zu 80%.

Verluste von 80%



Energiebilanz eines Backofens



6.2 Gerätewahl

Wenn möglich mit Umluft

Ein moderner Backofen sollte wenigstens die Möglichkeiten des konventionellen Backens mit Umluft aufweisen. Ein Kombigerät mit eingebauten Mikrowellen gehört bereits zum oberen Preissegment. Eventuell ist ein separates, kleines Mikrowellengerät zum Auftauen und Erwärmen von Speisen sinnvoll. Alle weiteren technischen Möglichkeiten und Ausstattungen wie Schaltuhren, Thermostate, etc. haben kaum einen Einfluss auf den Energieverbrauch. Ist einmal der gewünschte Standard ausgewählt, gilt es, das Gerät mit dem günstigsten Energieverbrauch auszuwählen.

Kleinere Backöfen haben kleinere Verluste

Je kleiner die erwärmten Oberflächen sind, umso geringer sind die erforderlichen Aufheizenergien und Wärmeverluste. Kleinere Backöfen haben somit auch kleinere Wärmeverluste als grössere. Einige Hersteller bieten daher 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.

Tips für das Benutzerverhalten

Der Benutzer kann durch die richtige Bedienung (möglichst kurzes Vorheizen, rechtzeitiges Abschalten, angepasste Backtemperatur) vor allem bei den kombinierten Geräten einen gewissen Einfluss auf den Energieverbrauch ausüben.

6.3 Effizienz-Kriterium

Verbrauchswerte von besonders sparsamen Geräten (Baujahr 1993)

Die Vergleichsgrösse für Backöfen gibt an, wieviel Energie gebraucht wird, um einen Backofen auf 200 °C aufzuheizen und diese Temperatur während einer Stunde aufrechtzuerhalten. Diese Grösse wird in Kilowattstunden (kWh) angegeben.

Konventioneller Backofen:

Aufheizen auf 200 °C und Aufrechterhalten während 1 Std: ca. 0,75 kWh

Heissluft-Backofen:

Aufheizen auf 175 °C und Aufrechterhalten während 1 Std: ca. 0,75 kWh

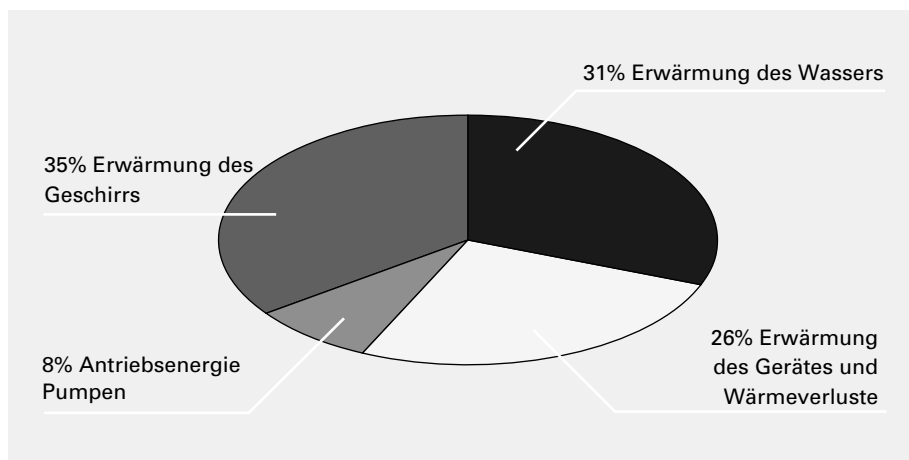


7 Geschirrspülen

7.1 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. Diese Wärme muss beim folgenden Klarspülen und Trocknen ersetzt werden. Zum Umpumpen der Waschlauge während und zum Abpumpen nach dem Spülgang wird elektrische Antriebsenergie benötigt. Die folgende Graphik zeigt, dass beinahe der gesamte Energieverbrauch für das Aufheizen von Wasser, Geschirr und Maschine (mehr als 90%) benötigt wird.

Was sind die massgebenden Energieverbraucher?



Energiebilanz einer Geschirrspülmaschine



IPP © Jan Hartmann



7.2 Gerätewahl

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 oft erheblich mehr Wasser und Energie als das Reinigen derselben Menge Geschirr in einem modernen Geschirrspüler. Allerdings sind die in den Geschirrspülmaschinen verwendeten Geschirrspülmittel und Glanzrockner für das Abwasser stärker belastend.

In der Regel ist bei einem grösseren Gerät der Energie- und Wasserverbrauch pro Massgedeck günstiger als bei einem kleineren. Unter der Voraussetzung, dass immer nur volle Maschinen betrieben werden, bedeutet dies, dass für dieselbe Geschirrmenge beim grösseren Gerät weniger Wasser und weniger Energie beansprucht werden 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 laufenlassen zu müssen. Sogenannte Kleingeräte mit einem Fassungsvermögen von nur 6 Massgedecken sind in ihren Verbrauchswerten ungünstiger.

Die Wahl des sparsamsten Gerätes kann aufgrund der Angaben aus den Lieferantenunterlagen und Prospekten oder mit Hilfe der Schweizerischen Gerätedatenbank erfolgen. Das Gerät sollte über ein spezielles Energiesparprogramm verfügen.

Ein Anschluss der Geschirrspülmaschine an das Warmwasser kann energetisch sinnvoll sein. Allerdings sollte die Wassertemperatur 55 °C nicht übersteigen. Zu beachten ist, dass bei dieser Anschlussart für alle Spülgänge Warmwasser verwendet wird. Zudem dürfen die Zuleitungen nicht zu lang sein, da das Wasser 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.

Die Geschirrspülmaschine sollte erst in Betrieb genommen werden, wenn sie gefüllt ist. Der Energieverbrauch pro Waschgang ist fast gleich gross, ob die Maschine voll oder nur teilweise gefüllt ist!

Fast alle Geschirrspüler bieten mehrere Programme zur Auswahl an. Generell kann gesagt werden: je kürzer das Programm und je niedriger die Temperatur, desto geringer der Energie- und meist auch der Wasserverbrauch.

Geschirrspülmaschine ja oder nein?

Die optimale Grösse des Gerätes

Das sparsamste Gerät

Prüfen des Anschlusses an das Warmwasser

Füllungsgrad

Programmwahl



7.3 Effizienz-Kriterium

Verbrauchswerte von besonders sparsamen Geräten (Baujahr 1993)

Der Strom- und Wasserverbrauch von Geschirrspülmaschinen wird meist in kWh Stromverbrauch bzw. in Liter Wasserverbrauch pro Durchlauf des Normalprogramms angegeben.

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

7.4 Kostenbetrachtungen

Summe aus Anschaffungs-, Energie- und Wasserkosten

Für einen Vergleich der Wirtschaftlichkeit von bestimmten Geräten kann nach einem vereinfachten Verfahren die Summe aus Anschaffungskosten und aus den über die Nutzungsdauer erwarteten Energie- und Wasserkosten benutzt werden.

Marktanalyse 1993

Für Maschinen der Grössenklasse «12 Massgedecke» ergab eine Marktanalyse die folgenden Erkenntnisse, wobei die Aussagen sinngemäss auf alle Grössenklassen übertragen werden können.

Energie und Wasserkosten etwa $\frac{1}{3}$

- Die Gesamtkosten – über 10 Jahre – schwanken zwischen Fr. 1790.– und Fr. 3670.–. Davon machen die Energie- und Wasserkosten Fr. 530.– bis Fr. 830.– aus.

Teure Geräte haben eher höhere Verbrauchswerte

- Die Geräte mit den geringsten Anschaffungskosten sind auch die Geräte mit den tiefsten Gesamtkosten und umgekehrt.

Vergleich lohnt sich

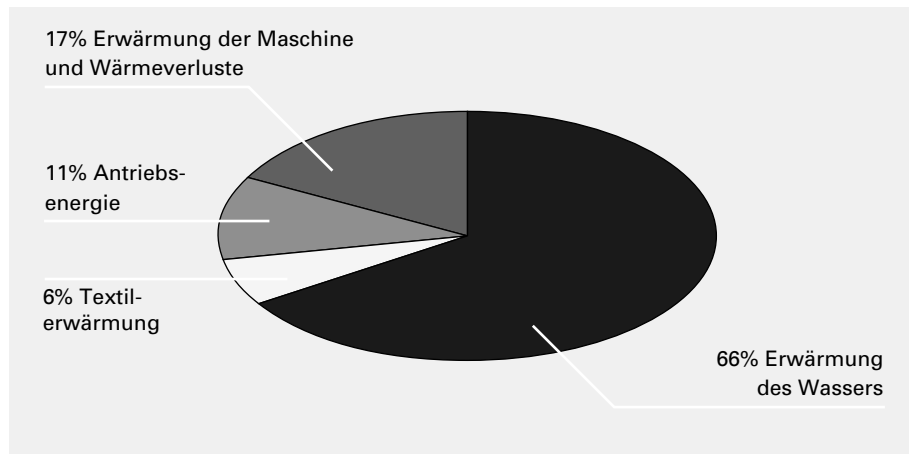
- Die Geräte mit den höheren Anschaffungskosten sind meist nicht die Geräte mit einem tieferen Energieverbrauch, wogegen bei den Geräten der unteren und mittleren Preisklasse sowohl sehr sparsame als auch die schlechtesten Geräte zu finden sind.



8 Wäschewaschen

8.1 Der Energiebedarf

Die Aufteilung des Energieverbrauchs einer heute typischen Waschmaschine ist in der folgenden Graphik dargestellt.



Was sind die massgebenden Energieverbraucher?

Energiebilanz einer Waschmaschine

8.2 Gerätewahl

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

Maschinen sind oft zu gross

Bei Kleinwohnungen reichen in der Regel Maschinen mit einem Fassungsvermögen von 3–4,5 kg Trockenwäsche, in Mehrfamilienhäusern genügen solche mit 5–6 kg. Wird mehr als ein Gerät benötigt, sollte mindestens eine kleinere Maschine installiert werden.

So gross wie nötig, so klein wie möglich

Die Waschmaschine soll möglichst wenig Strom und Wasser verbrauchen. Im Normalfall erfüllen sparsame Geräte beide Bedingungen gleich gut. In den letzten Jahren sind zur Erreichung dieser Ziele zahlreiche konstruktive Verbesserungen entwickelt worden wie: das Sprinkler- oder Jetsystem, das Oberwassersystem, das Gegenstromsystem, das Unterflutsystem etc. Dabei wird die Wäsche von oben benetzt. Durch weitere Massnahmen wird verhindert, dass das bereits im Abfluss-System der Waschmaschine befindliche Wasser erwärmt oder mit Waschmittel vermischt wird (z.B. sogenannter Ökoverschluss).

Wenig Strom und wenig Wasser

Je besser die Wäsche geschleudert wurde, desto rascher trocknet sie, wenn sie aufgehängt wird. Wird die Wäsche maschinell getrocknet, ist das vorgängige Schleudern noch wichtiger, denn das Trocknen im Tumbler braucht ein Mehrfaches an Energie als das Entfeuchten durch Schleudern. Zu beachten ist, dass die speziell für Mehrfamilienhäuser geeigneten (robusteren) Maschinen mit Bodenbefestigung gegenüber den «anderen» Maschinen eine geringere Schleuderdrehzahl aufweisen.

Schleuderdrehzahl über 1000 U/min

Wenn das Warmwasser über Sonnenkollektoren oder Wärmepumpen erzeugt wird, ist es sinnvoll, für die Waschmaschine diesen Warmwasseranschluss zu verwenden. Ansonsten empfiehlt sich in der Regel, das Aufheizen des Wassers der Maschine zu überlassen. Im Einzelfall soll ein Fachmann angefragt werden, der eine Beurteilung unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten vornimmt.

Soll ein Warmwasseranschluss verwendet werden?



Möglichst individuelle Abrechnung

Je transparenter und direkter Energie- und Wasserkosten dem Benutzer verrechnet werden, desto grösser ist der Anreiz zu sparen. Die Wasserkosten können in derselben Grössenordnung wie die Stromkosten liegen.

Tips für das Benutzerverhalten

- Wäsche erst dann waschen, wenn sie wirklich verschmutzt ist.
- Maschinenkapazität immer voll ausnutzen.
- Möglichst tiefe Waschtemperatur wählen.
- Wenn möglich auf Vorwaschen verzichten.

8.3 Effizienz-Kriterium

Absoluter Verbrauch

Am besten geeignet für den Vergleich verschiedener Marken und Modelle ist der Verbrauchswert für die 60 °C Wäsche ohne Vorwaschen. Der Stromverbrauch wird jeweils in Kilowattstunden (kWh) pro Waschgang angegeben, der Wasserverbrauch in Liter pro Waschgang.

Verbrauchswerte von besonders sparsamen Geräten (Baujahr 1993)

Frontlader ohne Warmwasseranschluss, 5 kg, 60 °C:

- Stromverbrauch ca. 1,0 kWh/Waschgang ohne Vorwäsche
- Wasserverbrauch ca. 60 l/Waschgang ohne Vorwäsche
- Schleuderdrehzahl bis 1600 U/min

Frontlader mit Warmwasseranschluss, 5 kg, 60 °C:

- Wärmeverbrauch ca. 0,65 kWh/Waschgang ohne Vorwäsche
- Stromverbrauch ca. 0,35 kWh/Waschgang ohne Vorwäsche
- Wasserverbrauch ca. 60 Ltr./Waschgang ohne Vorwäsche
- Schleuderdrehzahl bis 1600 U/min

8.4 Kostenbetrachtungen

Summe aus Anschaffungs-, Energie- und Wasserkosten

Für einen Vergleich der Wirtschaftlichkeit von bestimmten Geräten kann nach einem vereinfachten Verfahren die Summe aus den Anschaffungskosten und den über die Nutzungsdauer erwarteten Energie- und Wasserkosten benutzt werden. Entscheidend ist dabei die Häufigkeit der Benutzung eines Gerätes. Die folgenden Aussagen müssen deshalb in jedem Einzelfall genau überprüft werden.

Markt 1993

Eine Marktanalyse der heute in der Schweiz angebotenen Waschmaschinen der 5-kg-Klasse kam zu folgenden Ergebnissen, wobei die Aussagen sinngemäss auf Maschinen mit einem anderen Fassungsvermögen übertragen werden können. (Eine Unterscheidung zwischen robusteren und weniger robusten Geräten wurde nicht getroffen).

Energie- und Wasserkosten höher als Anschaffungskosten

- Die Gesamtkosten über 12 Jahre schwanken zwischen Fr. 6000.– und Fr. 11 600.–. Davon machen die Energie- und Wasserkosten Fr. 3700.– bis Fr. 7000.– aus. Die Gesamtkosten werden also durch die Energie- und Wasserkosten dominiert.

Sparsame Geräte lohnen sich

- Die tiefsten Gesamtkosten weisen jene Geräte der unteren und mittleren Preisklasse auf, die einen sehr kleinen Energie- und Wasserverbrauch haben.

Teure Geräte haben oft hohe Verbrauchswerte

- Die Geräte mit den höheren Anschaffungskosten (um die Fr. 4000.–) haben eher höhere Verbrauchskosten. Bei den Geräten der unteren und mittleren Preiskategorie gibt es sowohl sehr sparsame als auch schlechtere Geräte.

Eine Waschmaschine die pro Waschgang 1 kWh weniger Strom braucht, verursacht in 12 Jahren ca. Fr. 2400.– weniger Energiekosten!



9 Wäschetrocknen

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

Energieverbrauch 2- bis 3mal höher als beim Waschen

9.1 Energiebedarf

Der Energieverbrauch beim Trocknen wird bestimmt durch die Feuchtigkeitsdifferenz vor und nach dem Trocknen, also vom Feuchtigkeitsgehalt der geschleuderten Wäsche und davon, ob bügelfeuchte oder schranktrockene Wäsche gefordert wird. Der Energiebedarf beim Trocknen steigt, je geringer der angestrebte Restfeuchtigkeitsgehalt der Wäsche ist.

Die Anfangs- und Restfeuchte der Wäsche

Wird die Drehzahl des Schleuderganges von 800 Umdrehungen pro Minute (ältere Maschinen) auf 1000 U/min erhöht, kann eine Trocknungsenergie von etwa 15% eingespart werden. Wird die Wäsche mit 2800 U/min in einer separaten Wäscheschleuder geschleudert, sinkt die Trocknungsenergie dadurch um 40% für bügelfeuchte und um 70% für schranktrockene Wäsche.

Hohe Schleuderdrehzahl verringert den Energieverbrauch

Sind Trocknungsgeräte wie Tumbler, Entfeuchter, Trocknungsschränke oder ähnliches vorhanden, so ist für den Energieverbrauch entscheidend, ob die Geräte richtig bedient werden und optimal ausgelastet sind. Werden die Geräte oder Räume nur zur Hälfte mit feuchter Wäsche beladen, so wird beinahe dieselbe Energiemenge beansprucht, wie wenn der Raum oder die Maschine voll beladen ist.

Das richtige Benutzen der Geräte

9.2 Gerätewahl

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

Vor allem während der warmen Jahreszeit sollte die Wäsche – wo möglich – im Freien getrocknet werden.

Im Freien trocknen

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. Dazu gehören kontrollierte Lüftung und kontrollierte Wärmezufuhr zur Steigerung der Trocknungsleistung bei grosser Aussenluftfeuchtigkeit.

Aussenluft

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

Erforderliche Raumgrösse

Sind die vorhandenen Trocknungskapazitäten unzureichend, ist der Einsatz eines Wärmepumpen-Luftentfeuchters zu prüfen. Voraussetzung ist, dass ein geeigneter Raum zur Verfügung steht. Die 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 müssen über den richtigen Betrieb instruiert werden.

Luftentfeuchter prüfen



Tumbler prüfen

Tumbler sollten nur angeschafft werden, wenn auf kleinstem Raum höchste Trocknungsleistungen zu erfüllen sind. Die Grösse richtet sich nach der benutzten Waschmaschine. Tumbler und Waschmaschine werden oft im Set angeboten. Meist ist die tatsächlich anfallende Wäschemenge geringer als die Kapazität des Gerätes.

Möglichst individuelle Abrechnung

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

Tips für das Benutzerverhalten

- Die zu trocknende Wäsche ist mit möglichst hoher Schleuderdrehzahl zu entfeuchten.
- Die Kapazität des Trocknungsgerätes sollte immer voll ausgenutzt werden.
- Die Restfeuchte sollte möglichst hoch gewählt werden; wenn gebügelt wird, empfiehlt es sich bis «bügelfeucht» zu trocknen.
- Wenn die Wäsche trocken ist, Gerät sofort ausschalten.

Verbrauchswerte von besonders sparsamen Geräten (Baujahr 1993)

9.3 Effizienz-Kriterium

Die Energieverbrauchswerte für Wäschetrockner werden in Kilowattstunden pro Trocknungsgang (absoluter Verbrauch) oder in Kilowattstunden pro Kilogramm Trockenwäsche (spezifischer Verbrauch in kWh/kg) angegeben. Der Anfangszustand der Wäsche entspricht dabei 70% Restfeuchte, das Trocknungsergebnis dem Zustand «schranktrocken».

Trockenraum:

Raumluftentfeuchtungstrockner ca. 0,4 kWh/kg Trockenwäsche

Trockenschrank:

Ablufttrockner ca. 0,9 kWh/kg Trockenwäsche

Tumbler:

Ablufttumbler ca. 0,6 kWh/kg Trockenwäsche

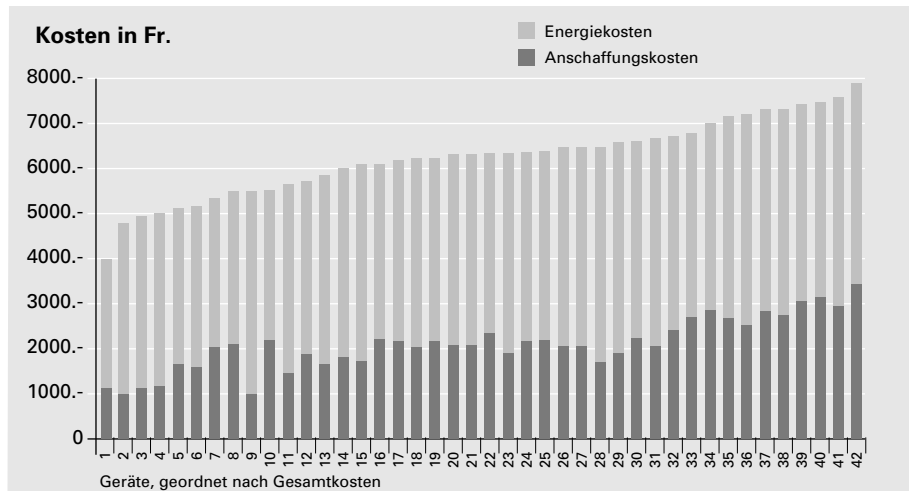
Luft-Kondensationstumbler ca. 0,65 kWh/kg Trockenwäsche

Wasser-Kondensationstumbler ca. 0,6 kWh/kg Trockenwäsche



9.4 Kostenbetrachtungen

Für einen Wirtschaftlichkeitsvergleich bestimmter Geräte kann die Summe aus den Anschaffungskosten und die über die Nutzungsdauer erwarteten Energiekosten nach einem vereinfachten Verfahren benutzt werden. In der folgenden Graphik sind diese Kosten für 42 Wäschetrockner der Grössenklasse 5 kg vergleichend gegenübergestellt.



Summe aus Anschaffungs- und Stromkosten

Gesamtkosten von 42 Wäschetrocknern der Grössenklasse 5 kg über 12 Jahre

Die Graphik zeigt 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.

Interpretation

- Die Gesamtkosten über 12 Jahre schwanken zwischen Fr. 4000.– und Fr. 8000.–. Die Energiekosten liegen zwischen Fr. 2700.– bis Fr. 4700.– und sind somit bei den meisten Geräten mehr als doppelt so hoch wie die Anschaffungskosten.
- 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. Seine Anschaffungskosten liegen um ca. Fr. 300.– höher als die der Nummer zwei, jedoch hat diese bereits – über 12 Jahre – um ca. Fr. 1100.– höhere Energiekosten.
- Die Geräte mit den höheren Anschaffungskosten (um die Fr. 3000.–) 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 sparsamere (Gerät 7, 8, 10) als auch schlechtere Geräte (Gerät 9, 11, 28 etc.) zu finden sind.

Stromkosten liegen weit über Anschaffungskosten

Sparsame Geräte sind sehr rentabel

Teure Geräte zum Teil mit hohen Verbrauchswerten

Ein Mehrverbrauch von 1 kWh pro Benutzung summiert sich in einem 8-Familienhaus in 12 Jahren auf Fr. 2400.–!



Literatur

- [1] Weshalb «Öko-Kühlschrank?», Hofstetter Patrick, Gaia Nr. 6, Nov./Dez. 1992
- [2] Haushaltgeräte, Infelinfo, INFEL-Informationsstelle für Elektrizitätsanwendung, Heft Nr. 2, Juni 1992
- [3] Manche brauchen zuviel, Test Kühlschränke (3-Sterne-Fach), test 1/93
- [4] Besonders sparsame Haushaltgeräte 1992, Michael Klaus, dipl. Pol., Hessisches Ministerium für Umwelt, Energiespar-Information 16, Ausgabe 1/1992, Beilage der «Energie Depesche», Juli 1992
- [5] Nicht alles Spitze, Test Waschmaschinen (ab 1200 U/min), test 1/93
- [6] Wäschetrocknen: Praxismessungen, Bericht über die Messkampagnen 1991–1992 in Mehrfamilienhäuser, Nipkow Jürg, ARENA 1992
- [7] Stromsparende Apparate und Einrichtungen für Wohngebäude, Nipkow Jürg, ARENA, Züricher Energieberatung, Okt. 1992
- [8] Haushaltgeräte, Leitfaden zur Geräteauswahl, Bundesamt für Konjunkturfragen, RAVEL Nr. 724.347

[illegible]



6 Beleuchtung

1	Einleitung	3
2	Häufige Fragen	4
2.1	Grundsätzliches	4
2.2	Glühlampen	5
2.3	Halogenglühlampen	6
2.4	Fluoreszenzlampen (Leuchtstofflampen)	6
2.5	Energiesparlampen	7
3	Lichtbegriffe	10
3.1	Lichtfarbe/Farbtemperatur	10
3.2	Farbwiedergabe	10
3.3	Lichtausbeute	10
3.4	Mittlere Lebensdauer	11
3.5	Beleuchtungsstärke, Lichtstärke, Leuchtdichte	11
4	Lampen	12
4.1	Glühlampen	12
4.2	Halogenglühlampen	13
4.3	Fluoreszenzlampen (Leuchtstofflampen)	14
4.4	Energiesparlampen mit E27-/E14-Sockel	16
4.5	Kompakt-Fluoreszenzlampen mit Stecksockel	18
5	Leuchten	19
5.1	Gebündelt, tiefstrahlend	19
5.2	Breitstrahlend	19
5.3	Gleichförmig strahlend	20
5.4	Indirekt strahlend	20
6	Tips für energiesparende Beleuchtung der einzelnen Räume im Haushalt	21
	Literatur	22
	Notizen zu Beleuchtung	23



6 Beleuchtung

1 Einleitung

Licht ist Leben. Ungefähr 80% aller Informationen aus unserer Umwelt nehmen wir über das Auge wahr. Schon seit Menschengedenken versucht der Mensch, nach Anbruch der Dunkelheit den Tag durch künstliches Licht zu verlängern. Seit über 100 Jahren geschieht dies elektrisch. Nachdem jahrzehntelang über viele Bereiche die Glühlampe als Lichtquelle dominierte, wurde sie in den 30er Jahren in der öffentlichen Beleuchtung durch die viel wirtschaftlicheren Gasentladungslampen verdrängt. In der Industrie- und Bürobeleuchtung erfolgte dieser Schritt in den 40er Jahren. Die Fluoreszenzlampe begann die Lichtwelt zu erobern. Heute ist dies eine der wirtschaftlichsten und die am meisten verkaufte Lichtquelle überhaupt. Im Haushaltbereich werden heute nach wie vor Glühlampen am häufigsten eingesetzt. Sie sind zwar sehr günstig in der Anschaffung, gelten aber als die unwirtschaftlichste Lichtquelle. Das Potential zur massiven Energieeinsparung ist demzufolge noch gross, und die Möglichkeiten sind vielfältig.

Das Ziel in diesem Kapitel soll deshalb sein, auf einfache Weise diese Möglichkeiten im Wohnbereich aufzuzeigen.

Allgemeines

Ziel

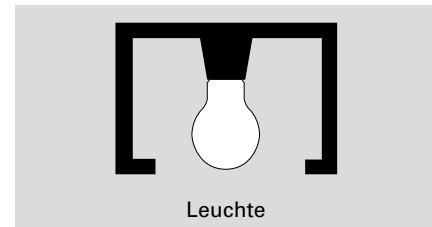
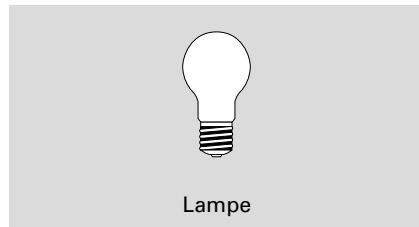


2 Häufige Fragen

2.1 Grundsätzliches

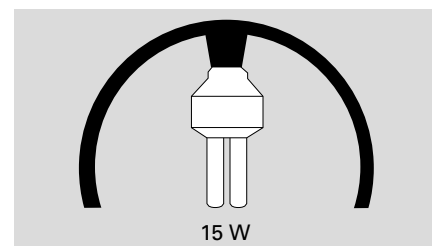
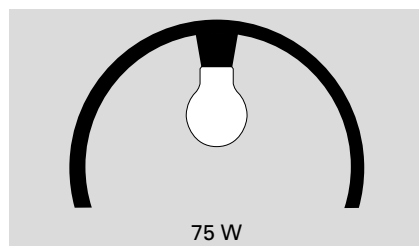
Unterschied Lampe – Leuchte?

Lampe = Lichtquelle
Leuchte = Beleuchtungskörper, Armatur



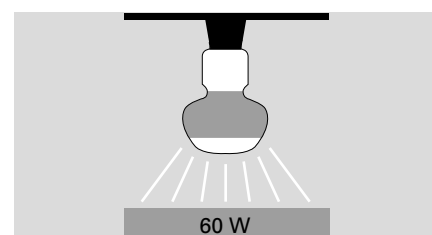
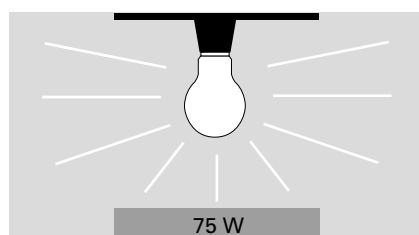
Wo kann bei der Beleuchtung im Wohnbereich Energie gespart werden?

Fast überall: Wo Glühlampenfassungen E27 oder E14 vorhanden sind, können Energiesparlampen eingesetzt werden. Am sinnvollsten sind Energiesparlampen bei langen Betriebszeiten und nicht sehr häufigem Ein- und Ausschalten.



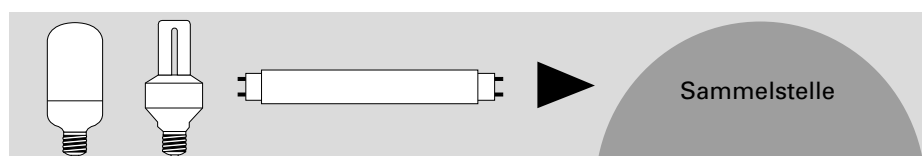
Gibt es andere Möglichkeiten?

Um zum Beispiel nur eine bestimmte Stelle auszuleuchten, können anstelle von Glühlampen Reflektorglühlampen mit geringerer Leistung eingesetzt werden. Es gibt auch Energiesparlampen mit Reflektor.



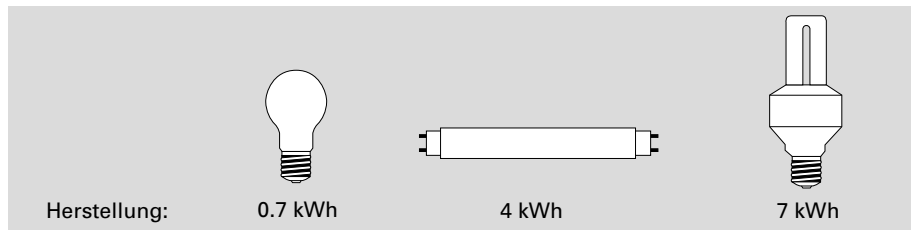
Welche Lampen müssen speziell entsorgt werden und wo?

Alle Fluoreszenzlampen und Energiesparlampen. Sie können gegen eine Entsorgungsgebühr an den örtlichen Sonderabfall-Sammelstellen zurückgegeben werden. (Auskunft: Gemeindebehörde).



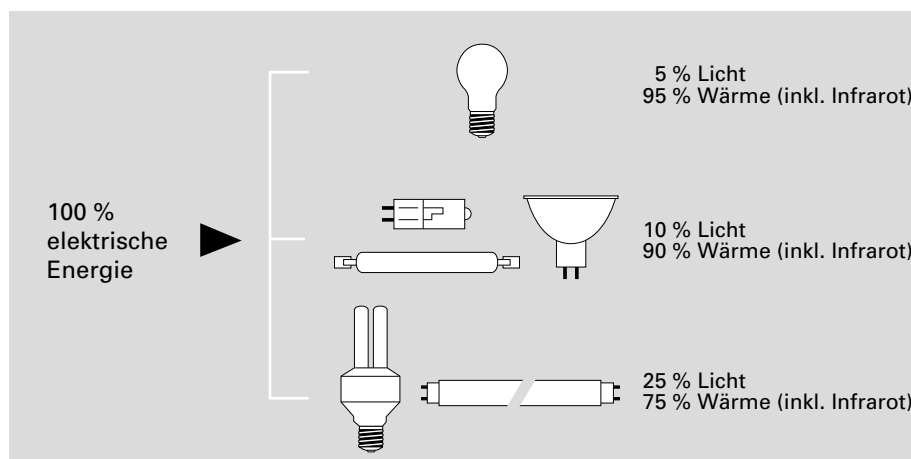


Zur Herstellung von Lichtquellen wird etwa folgende Energie benötigt:



Wie steht es mit der «grauen Energie» von Lampen?

Die höhere «graue Energie» der Spar- gegenüber den Glühlampen wird durch die grosse Energie-Einsparung der Sparlampe im Betrieb schon nach wenigen Wochen wieder kompensiert.



Energiebilanz von Lampen?

2.2 Glühlampen

Glühlampen geben ca. 5% Licht und 95% Wärme (inkl. Infrarot) ab. Sie haben deshalb eine relativ schlechte Lichtausbeute.

Wieviel Wärme erzeugen Glühlampen?

Die meisten Typen haben eine mittlere Lebensdauer von 1000 Stunden.

Wie lang ist die Lebensdauer von Glühlampen?

In der Nähe von Trafostationen kann die Netzspannung höher sein als im übrigen Netz.

Ist die Lebensdauer von der Netzspannung abhängig?

Die Lebensdauer von Glühlampen ist abhängig von der Spannung. 5% Überspannung (zum aufgedruckten Wert) bedeutet halbe Lebensdauer. Umgekehrt leben Glühlampen mit 5% Unterspannung wesentlich länger, dafür nimmt aber die Lichtausbeute ab.



2.3 Halogenglühlampen

Sind Halogenglühlampen Energiesparlampen?

Nein, sie haben zwar eine bis zu zweifache Lichtausbeute im Vergleich zu Glühlampen, können aber nicht als Energiesparlampen bezeichnet werden. Für eine Objekt-Beleuchtung, z.B. eines Bildes, können aber mit Niedervolt-Reflektorlampen tiefere Leistungen eingesetzt werden (im Vergleich zu Glühlampen).

Wieviel Wärme erzeugen Halogenglühlampen?

Etwa 7–10% ist Licht, der Rest ist Wärme (inkl. Infrarot).

Darf man Niedervolttrafos unter- bzw. überlasten?

Überlasten auf keinen Fall, denn dies kann zur Schädigung des Trafos führen. Unterlast bedeutet höhere Spannung an den Lampen, welche zu kürzerer Lebensdauer führt (siehe auch Glühlampen).

Brauchen Trafos Strom?

Ja, man rechnet im Betrieb mit ca. 10% der Lampenleistung, welche durch den Trafo zusätzlich verbraucht wird. Ist der Schalter für die Lampen auf der Niedervoltseite, so muss mit einem ständigen Energieverbrauch von ca. 50% des Trafos (ca. 5% der installierten Lampenleistung) gerechnet werden.

Beeinträchtigen Halogenglühlampen die Gesundheit?

Nein. Jede Lampe hat zwar einen sehr minimalen UV-Anteil, welcher aber (bei üblicher Anwendung) um ein Vielfaches niedriger ist als im Freien. Bei Niedervolt-Reflektorlampen mit Frontscheibe wird dieser Anteil nochmals stark reduziert.

Wie lang ist die Lebensdauer von Halogenglühlampen?

Je nach Typ 2000 bis 3500 Stunden. Wie bei Glühlampen ist sie netzspannungsabhängig (siehe Glühlampen).

2.4 Fluoreszenzlampen (Leuchtstofflampen)

Geben Fluoreszenzlampen schlechtes Licht ab?

Man bewertet das Licht einerseits nach Farbtemperatur (Kelvin [K]) und andererseits nach Farbwiedergabe [Ra]. Es gibt Lampen mit schlechter Farbwiedergabe (Standard-Lichtfarben) und solche mit guter (3-Banden-Lichtfarben) bis sehr guter Farbwiedergabe (De Luxe-Lichtfarben). Im Wohnbereich empfiehlt es sich, 3-Banden- oder De Luxe-Lichtfarben einzusetzen.

Warum flackern Fluoreszenzlampen?

Es gibt zwei Arten von Flackern:

1) Beim Einschalten

Durch den Starter wird die Lampe gezündet, sie flackert ca. 1–2 Sekunden bis sie brennt.

2) Beim Brennen

Die Netzfrequenz von 50 Hz kann als Flimmern wahrgenommen werden. Ständig flackernde Lampen sind am Ende ihrer Lebensdauer. Lampe und Starter sollten ausgewechselt werden.

Mit einem elektronischen Vorschaltgerät entfällt beim Zünden das Flackern und während des Betriebes das Flimmern. Zudem wird noch mehr Energie gespart und kein Starter benötigt.

Sollen Fluoreszenzlampen durch Energiesparlampen ersetzt werden?

Nein, Fluoreszenzlampen sind sogar noch sparsamer als Energiesparlampen. Sie haben eine etwa 7fache Lichtausbeute und 10fache Lebensdauer gegenüber Glühlampen.



Ja, sofern die Schalthäufigkeit nicht sehr gross ist. Ist eine Minuterie-schaltung installiert, so empfiehlt es sich, diese in den verkehrsreichen Zeiten zu überbrücken oder die Einschaltzeiten zu verlängern. Sehr häufiges Schalten verkürzt die Lebensdauer.

Einschalten braucht nicht mehr Strom, vermindert aber die Lebensdauer. Abschalten lohnt sich ab 10 Minuten Nichtgebrauch.

Sind Fluoreszenzlampen in Garagen geeignet?

Stimmt es, dass Fluoreszenzlampen beim Einschalten soviel Strom brauchen, dass es besser ist, sie brennen zu lassen?

2.5 Energiesparlampen

Überall dort, wo sie hineinpassen und eine längere Brenndauer vorkommt, z.B. Küche, Korridor, Schlafzimmer und Wohnzimmer. An Stellen, an denen häufig geschaltet wird, sollte man elektronische Energiesparlampen einsetzen. Energiesparlampen sind aber nicht geeignet an Orten mit Minute-rie-Schaltung ohne feste Brennzeiten.

Wo sind Energiesparlampen geeignet?

Eine Energiesparlampe 20 W spart im Vergleich zur Glühlampe 100 W – bei gleicher Lichtmenge – 80% Strom. Das ergibt nach einer Lebensdauer von 8000 Stunden eine Stromersparnis von 640 kWh. Berücksichtigt man die Anschaffungskosten, so spart man ca. Fr. 82,80 (1 kWh = 16 Rappen). Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass 8000 Stunden Brenndauer eine sehr lange Zeit ist: Eine Lampe, die zwei Stunden pro Tag eingeschaltet ist, erreicht im Jahr 730 Brennstunden.

Wieviel Strom sparen Energiesparlampen?

Energie- und Kostenvergleich nach 8000 Betriebsstunden:

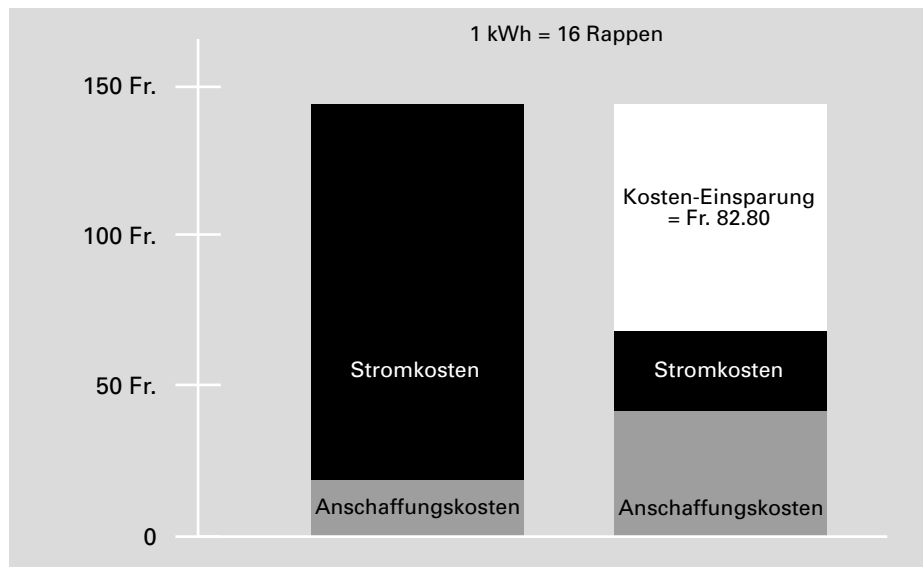


Vergleich des Energieverbrauchs

* Die durchschnittliche Lebensdauer der Glühlampe beträgt 1000 Std., bei der Energiesparlampe 8000 Std.; d.h. während 8000 Std. werden 8 Glühlampen benötigt, aber nur 1 Energiesparlampe.



Kostenvergleich



Geben Energiesparlampen weniger Licht als Glühlampen?

Energiesparlampen haben zwar eine kleinere Helligkeit an der leuchtenden Oberfläche, geben aber ungefähr gleichviel Licht wie entsprechende Glühlampen. Je nach Leuchte kann sich die Lichtverteilung ändern.

Können Energiesparlampen gedimmt werden?

Energiesparlampen mit Schraubsockel nicht. Mit speziellen Mitteln ist dies bei steckbaren 4-Stift-Kompakt-Fluoreszenzlampen möglich.

Verbrauchen Energiesparlampen durch Ein- und Ausschalten mehr Strom?

Nein, häufiges Schalten hat keinen Einfluss auf den Stromverbrauch. Energiesparlampen mit konventionellem Vorschaltgerät nützen sich durch häufiges Schalten nur viel schneller ab (elektronische etwas weniger).

Warum leuchten Energiesparlampen beim Einschalten weniger hell?

Wie Fluoreszenzlampen brauchen Energiesparlampen eine gewisse Zeit, bis ihre volle Helligkeit erreicht ist. Das dauert in der Regel bei konventionellen Energiesparlampen etwa 2 Minuten und bei elektronischen etwa 1 Minute. Dies hat keinen Einfluss auf den Stromverbrauch.

Sind Energiesparlampen als Aussenbeleuchtung geeignet?

Ja, Voraussetzung ist, dass die Leuchte wasserdicht ist. Elektronische Energiesparlampen zünden bis -30°C einwandfrei. Bei tiefen Temperaturen geben sie allerdings viel weniger Licht als bei Zimmertemperatur.

Wieviel Wärme erzeugen Energiesparlampen?

Ca. 25% der aufgenommenen Energie wird in Licht umgewandelt, der Rest ist Wärme (inkl. Infrarot).



IPP © Sven Hartmann



3 Lichtbegriffe

3.1 Lichtfarbe/Farbtemperatur

Die Lichtfarbe einer Lampe wird charakterisiert durch den Begriff der Farbtemperatur und wird in der Masseinheit Kelvin [K] ausgedrückt.

Begriff	Farbtemperatur	Lichtempfinden	Beispiele
warmweiss extra	2700 K	warm	Glühlampen Energiesparlampen
warmweiss	3000 K	warm	Halogenglühlampen Fluoreszenzlampen
weiss	4000 K	kühl	Fluoreszenzlampen
Tageslicht	> 5000 K	kalt	Fluoreszenzlampen

Die Lichtfarbe einer Lampe sagt nur etwas aus über die Farbe des abgegebenen Lichtes, nicht aber über deren Farbwiedergabe-Eigenschaften.

3.2 Farbwiedergabe

Zur Bewertung der Farbwiedergabe-Eigenschaften verwendet man den sogenannten Farbwiedergabeindex [Ra]. Der höchste Wert ist 100. Eine solche Lichtquelle lässt alle Farben unserer Umgebung natürlich erscheinen. Je niedriger der Ra ist, desto schlechter werden die Farben der beleuchteten Gegenstände wiedergegeben.

Farbwiedergabe	Ra	Beispiele
mässig	< 80	Fluoreszenzlampen, Standard-Lichtfarben
gut	85	Energiesparlampen, Fluoreszenzlampen 3-Banden-Lichtfarben
sehr gut	95 – 98	Fluoreszenzlampen De Luxe-Lichtfarben
optimal	100	Glühlampen, Halogenglühlampen

3.3 Lichtausbeute

Die Lichtausbeute einer Lampe ist die abgestrahlte Lichtleistung (Lichtstrom in Lumen) pro aufgenommene elektrische Leistung in Watt (lm/W). Je höher die Lichtausbeute, desto wirtschaftlicher die Lampe.

Lichtausbeute	Lichtausbeute	Beispiele
sehr niedrig	5 – 15 lm/W	Glühlampen
niedrig	5 – 25 lm/W	Halogenglühlampen
hoch	45 – 65 lm/W	Energiesparlampen
sehr hoch	65 – 95 lm/W	Fluoreszenzlampen



3.4 Mittlere Lebensdauer

Mit der mittleren Lebensdauer wird die Zeit bezeichnet, nach welcher noch 50% aller eingesetzten Lampen brennen müssen. Diese Zeit ist ein Mittelwert.

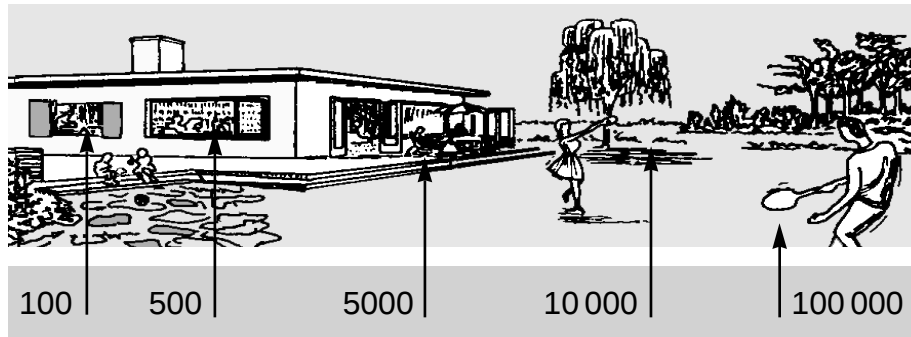
Mittlere Lebensdauer	Beispiele
1000 Stunden	Glühlampen
2000 – 3000 Stunden	Halogenglühlampen
8000 Stunden	Energiesparlampen
> 10000 Stunden	Fluoreszenzlampen

3.5 Beleuchtungsstärke, Lichtstärke, Leuchtdichte

Die folgenden Begriffe haben im Wohnbereich keine grosse Bedeutung. Der Fachmann kann mit diesen Begriffen eine Beleuchtung richtig beurteilen. Sie werden in diesem Kapitel nur kurz erwähnt.

Die Beleuchtungsstärke ist der Lichtstrom (Lumen) pro Fläche (m^2). Die Einheit ist Lux [lx]. Nachfolgend ein Beispiel mit verschiedenen Beleuchtungsstärken in Lux.

Beleuchtungsstärke



Die Lichtstärke ist der Lichtstrom (Lumen) pro Winkel im Raum (Steradian). Die Einheit ist Candela [cd]. Die Lichtstärke wird, z.B. bei Reflektorlampen, anstelle des Lichtstromes angegeben.

Lichtstärke

Die Leuchtdichte ist die Lichtstärke pro Fläche. Die Einheit ist Candela pro m^2 . Die Leuchtdichte ist das Mass der Helligkeit. Eine dunkle Fläche hat eine kleinere Leuchtdichte als eine helle Fläche.

Leuchtdichte



4 Lampen

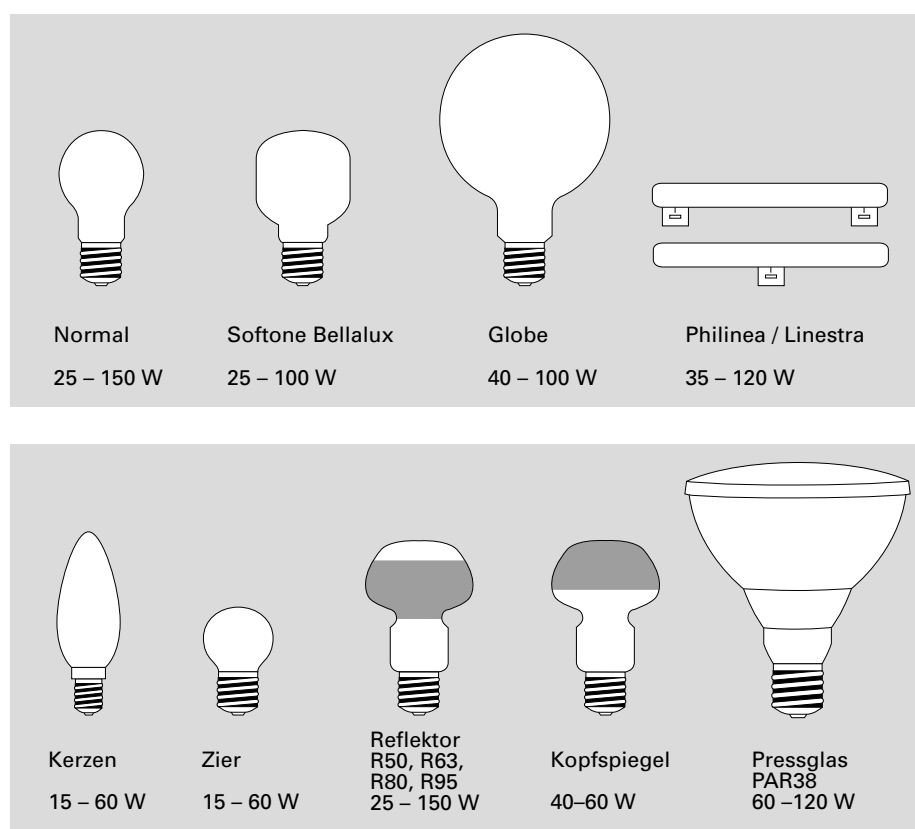
4.1 Glühlampen

Glühlampen sind sogenannte Temperaturstrahler. Der glühende Wolframdraht erzeugt etwa 5% Licht und 95% Wärme.

Lichtfarbe:	Extra-warmweiss, 2700 K
Farbwiedergabe:	Ra = 100
Lichtausbeute:	10–15 lm/W
Mittlere Lebensdauer:	1000 h

Glühlampen sind schaltfest und können beliebig oft ein- und ausgeschaltet werden.

Häufig vorkommende Typen





4.2 Halogenglühlampen

Dank spezieller Gasfüllung aus den Halogenen Brom und Jod wird eine längere Lebensdauer, eine höhere Lichtausbeute sowie ein kühleres Licht im Vergleich zur Glühlampe erzeugt. Bei der Halogenglühlampe entsteht etwa 10% Licht und 90% Wärme. Zudem sind Halogenglühlampen viel kleiner als vergleichbare Glühlampen.

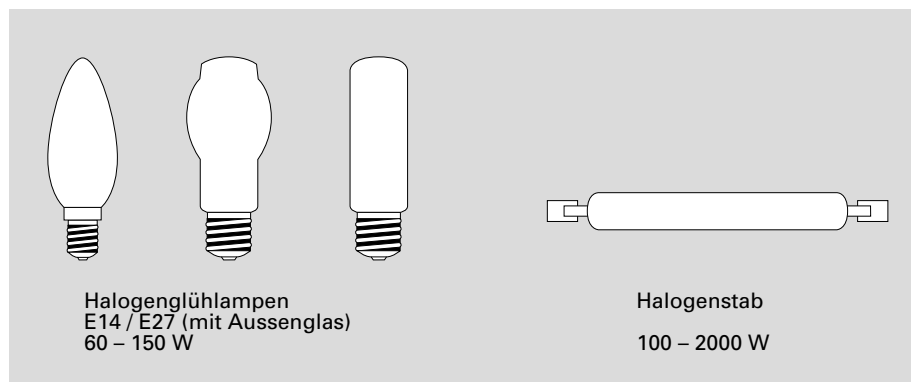
Lichtfarbe:	3000K–3200K
Farbwiedergabe:	Ra = 100
Lichtausbeute:	15–25 lm/W
Mittlere Lebensdauer:	2000–3500 h

Halogenglühlampen sind keine Energiesparlampen. Sie können beliebig oft geschaltet werden.

Halogenlampen ohne Aussenglas sollten nicht mit blossen Fingern berührt werden, ansonsten wird die Lebensdauer stark verkürzt. Vorsicht beim Lampenwechsel!

Vorsicht, keine Energiesparlampen

Vorsicht, nicht mit blossen Fingern berühren!



Lampen für Netzspannung (230V)

Für diese Lampen wird ein Trafo benötigt. Kaltlicht-Spiegel reflektieren nur das Licht und lassen den grössten Teil der Wärme durch. Kaltlicht-Spiegel sind in verschiedenen Leistungen und Ausstrahlungswinkeln erhältlich. Von 8° (gebündelt, tiefstrahlend) bis 60° (breitstrahlend).

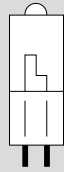
Niedervoltlampen (meist 12V)

Auf den Trafo achten. Nicht über- oder unterbelasten.

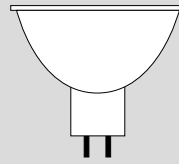
Vorsicht



Niedervolt-Halogen-glühlampen



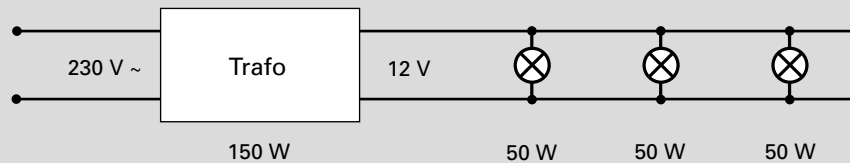
Niedervoltkapsel
20 – 65 W / 12 V



Kaltlicht-Spiegel
20 – 65 W / 12 V

Ausstrahlungswinkel
= 8° – 60°

Prinzipschema Niedervoltsystem



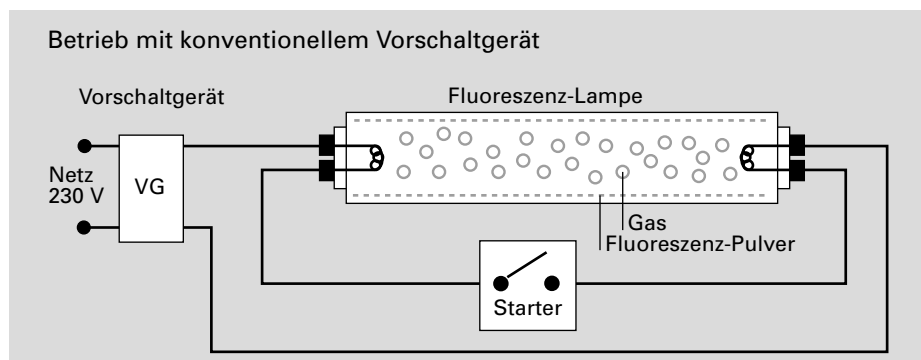
4.3 Fluoreszenzlampen (Leuchtstofflampen)

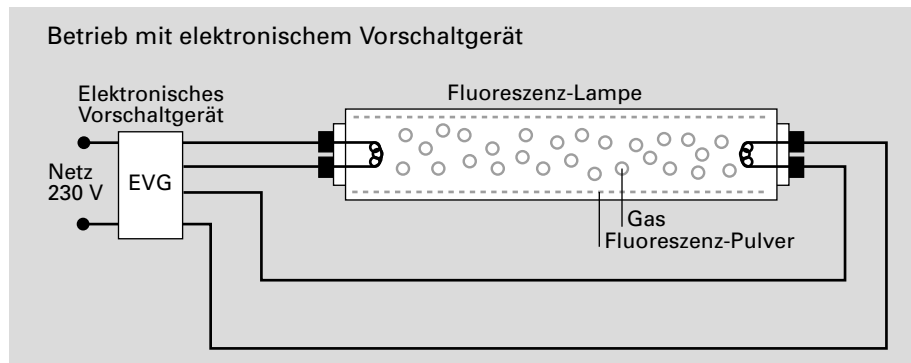
Fluoreszenzlampen sind Gasentladungslampen. Der elektrische Strom fließt durch das Gas und erzeugt UV-Strahlung. Im fluoreszierenden weissen Pulver, auf der Innenseite des Glasrohres, wird das UV in Licht umgewandelt. Dieses Prinzip führt zu 25–35% Licht und 65–75% Wärme und ist daher wesentlich wirtschaftlicher als ein Temperaturstrahler (Glühlampe, Halogen-glühlampe).

Das fluoreszierende Pulver wird aus verschiedenen Komponenten hergestellt. Je nach Zusammensetzung kann somit die Farbtemperatur und die Farbwiedergabe variieren. Fluoreszenzlampen können nicht direkt am Netz angeschlossen werden. Man benötigt zum Betrieb einer Lampe ein Vorschaltgerät, welches in der Leuchte eingebaut ist. Bei konventionellen Vorschaltgeräten wird noch ein Starter benötigt. Dieser ist immer gleichzeitig mit der Lampe auszuwechseln. Fluoreszenzlampen, die mit elektronischen Vorschaltgeräten betrieben werden, sind wirtschaftlicher.

Fluoreszenzlampen müssen speziell entsorgt werden.

konventionelles Vorschaltgerät





elektronisches Vorschaltgerät

Lichtfarbe:	2700 K, 3000 K (4000 K Arbeitsbereich)
Farbwiedergabe:	Ra = 85 oder Ra = 95
Mittlere Lebensdauer:	10 000–15 000 h

Empfohlene Werte im Heimbereich

Fluoreszenzlampen sind nicht schaltfest. Sie brauchen zwar keine Energie beim Einschalten, nützen sich aber bei häufigem Ein- und Ausschalten stark ab. Deshalb wird im Haushalt empfohlen, bei Abwesenheiten von 5–10 Minuten die Lampe brennen zu lassen und erst bei längeren Abwesenheiten auszuschalten.

Die gebräuchlichsten Leistungen und Längen:

18 W / 60 cm	
36 W / 120 cm	
58 W / 150 cm	

Häufigste Fluoreszenz-lampen

Mit speziellen Geräten können Fluoreszenzlampen gedimmt werden. Informationen sind beim Fachmann einzuholen.

Dimmen von Fluoreszenzlampen



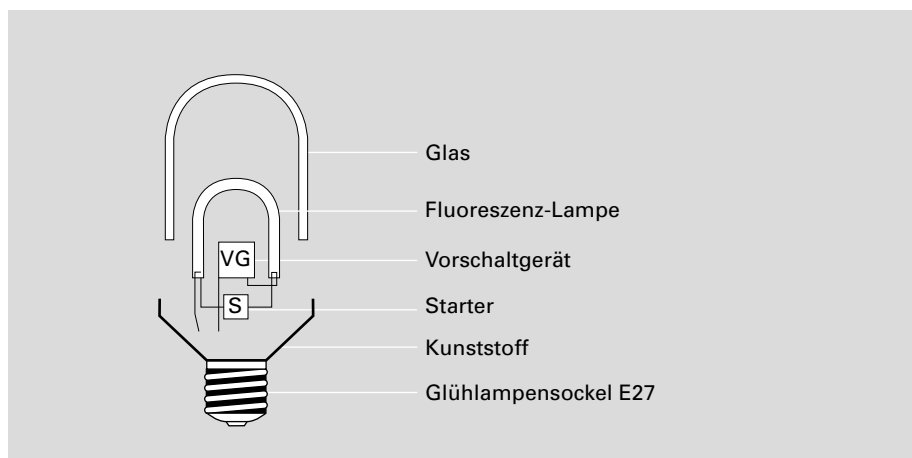
4.4 Energiesparlampen mit E27-/E14-Sockel

Energiesparlampen sind kompakte Fluoreszenzlampen. Sie sind ähnlich aufgebaut: Ein kleines Fluoreszenzrohr erzeugt Licht nach dem gleichen Prinzip wie bei Fluoreszenzlampen. Lampen mit E27- und E14-Sockel (wie bei Glühlampen) enthalten ein Vorschaltgerät. Sie können direkt anstelle von Glühlampen eingesetzt werden. Sie sparen 80% Strom und leben mit 8000 Stunden 8x länger.

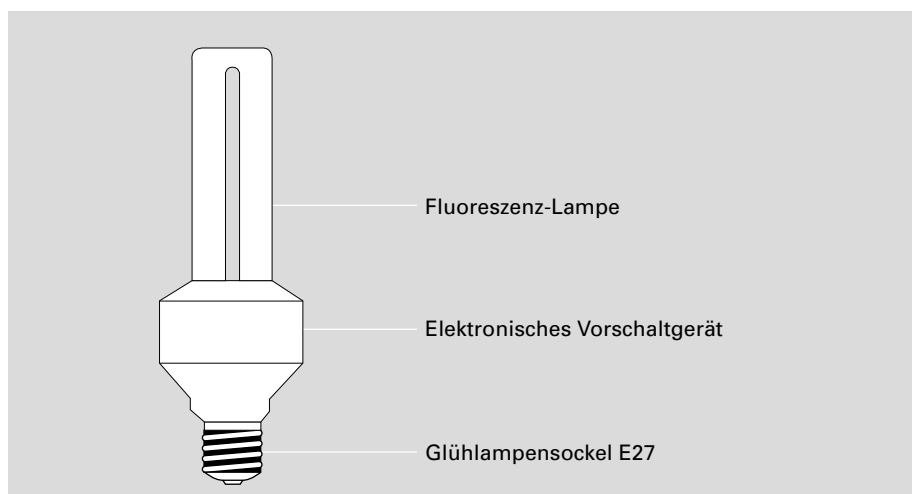
Energiesparlampen

Lichtfarbe:	extra-warmweiss (2700 K)
Farbwiedergabe:	Ra = 83
Mittlere Lebensdauer:	8000 h

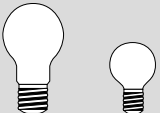
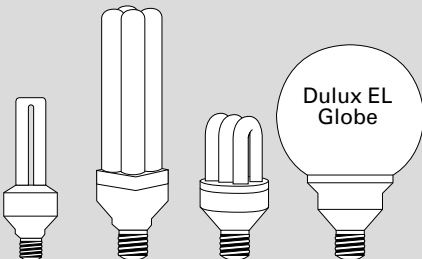
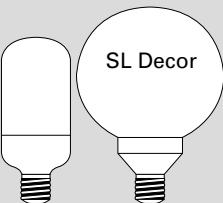
konventionell



elektronisch





Glühlampen		Elektronische Energiesparlampen				Konventionelle Energiesparlampen	
							
E27	E14	E14	E27	E27	E27	E27	E27
	25 W	5 W					
25 W					7 W		
	40 W	7 W					
40 W			9 W		11 W	9 W	9 W
60 W			11 W		15 W	13 W	13 W
75 W			15 W	15 W	20 W	18 W	18 W
100 W			20 W	20 W		25 W	
			23 W	23 W			

Glühlampen und entsprechende Energiesparlampen (gleiche Lichtmenge)

Energiesparlampen mit konventionellen Vorschaltgeräten sind weniger schaltfest als diejenigen mit elektronischen Vorschaltgeräten. Häufiges Ein- und Ausschalten hat keinen Einfluss auf den Energieverbrauch, die Lampen nützen sich jedoch schneller ab.

Bei Durchgängen und Treppenhäusern gilt es, auf Schalthäufigkeit und Brenndauer zu achten. Bei Abwesenheiten bis zu 5 Minuten sollten die Lampen nicht gelöscht werden. Elektronische Energiesparlampen empfehlen sich.

Bei tiefen Temperaturen, z.B. Aussenbeleuchtungen, eignen sich elektronische Energiesparlampen.

Die Brennlage der Lampen hat einen Einfluss auf die Lichtausbeute. Der Beleuchtungs-Fachmann kann darüber Auskunft geben. Energiesparlampen können nicht gedimmt werden.



4.5 Kompakt-Fluoreszenzlampen mit Stecksockel

Lampen mit Stecksockel benötigen ein externes Vorschaltgerät. Dieses ist wie bei den Fluoreszenzlampen in der Leuchte eingebaut. Mit einem Adapter für E27-Glühlampen-Fassungen besteht die Möglichkeit, diese Lampen ebenfalls anstelle von Glühlampen zu verwenden. Der Adapter hat eine Lebensdauer von bis zu 4 Kompakt-Fluoreszenzlampen.

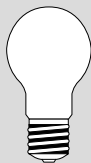
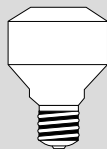
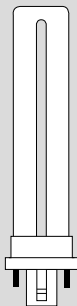
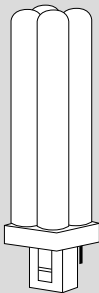
Im Vergleich zu Glühlampen sparen auch diese Lampen 80% Energie.

Lichtfarben: 2700 K, 3000 K, 4000 K

Farbwiedergabe: Ra = 85

Mittlere Lebensdauer: 8000 h

Glühlampen und entsprechende Kompakt-Fluoreszenzlampen (gleiche Lichtmenge)

Glühlampe	Adapter	Kompakt-Fluoreszenzlampen	
			
E27 / E14	E27 / E14 für 7 – 13 W	G23	G24d-1 bis -3
25 W		5 W	
40 W		7 W	8 W
60 W		9 W	10 W
75 W		11 W	13 W
100 W			18 W
150 W			26 W

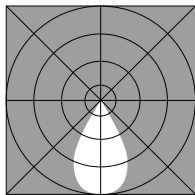
Für den Betrieb mit elektronischen Vorschaltgeräten werden die meisten Lampen auch mit 4-Stift-Sockel angeboten.



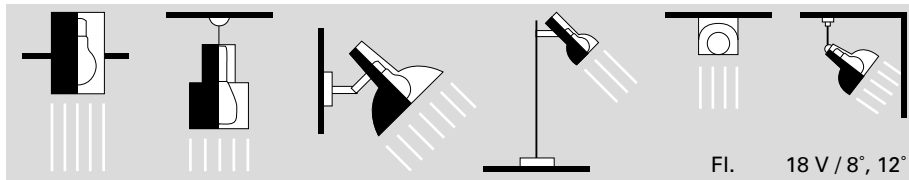
5 Leuchten

5.1 Gebündelt, tiefstrahlend

Tiefstrahlende Leuchten haben Reflektoren oder Reflektorlampen. Das Licht wird nur auf einer relativ kleinen Fläche benötigt, es ist auf dieser Fläche intensiv im Vergleich zu anderen Lichtverteilungen. Zur Anwendung kommt dieses Licht hauptsächlich beim Bestrahlen von Bildern oder zum Beleuchten bestimmter Objekte.



Lichtverteilung

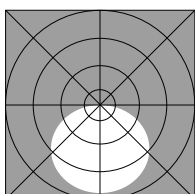


Gebrauchliche Leuchten

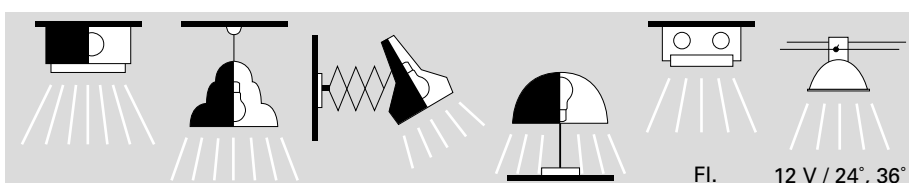
Werden anstelle von Glühlampen Energiesparlampen eingesetzt, ist darauf zu achten, dass sich die Lichtverteilung relativ stark verändern kann. Es empfiehlt sich, Energiesparlampen mit eigenem Reflektor zu verwenden oder Leuchten, die speziell für Energiesparlampen konzipiert sind.

5.2 Breitstrahlend

Breitstrahlende Leuchten haben in der Regel ebenfalls Reflektoren. Die Lichtverteilung auf der benutzten Fläche ist hier jedoch breiter, dafür weniger intensiv. Zur Anwendung kommen sie beim Beleuchten von Durchgängen, Passagen, Tischen, Ecken, Arbeitsplätzen.



Lichtverteilung



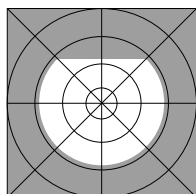
Gebrauchliche Leuchten

Energiesparlampen können in der Regel anstelle von Glühlampen eingesetzt werden. Hier und da kann sich die Lichtverteilung etwas ändern.



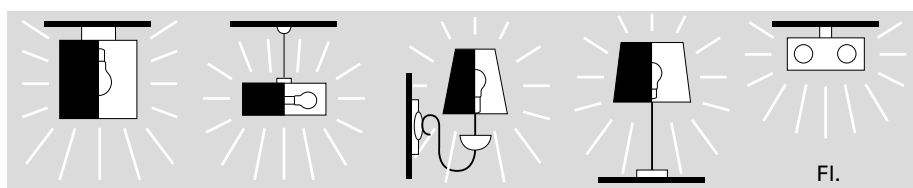
5.3 Gleichförmig strahlend

Gleichförmig strahlende Leuchten haben meistens keine Reflektoren. Sie sind z.B. mit Glas oder einem Schirm versehen. Die Lichtverteilung ist in allen Richtungen mehr oder weniger gleichmässig. Zur Anwendung kommen diese Leuchten beim Beleuchten von ganzen Räumen oder nur Teilen davon.



Lichtverteilung

Gebräuchliche Leuchten

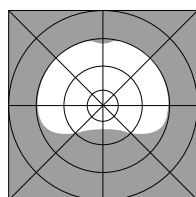


Energiesparlampen können meistens ohne Einschränkungen anstelle von Glühlampen eingesetzt werden.

5.4 Indirekt strahlend

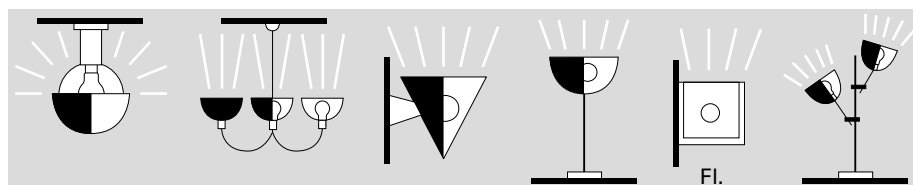
Indirekt strahlende Leuchten werden sehr häufig verwendet, um die Decke aufzuhellen. Indirekte Beleuchtung kann somit zu einer besonderen Lichtatmosphäre beitragen. Meistens sind Reflektoren eingebaut.

Es ist nicht zu empfehlen, ausschliesslich indirekt zu beleuchten. Je nach Farbe der Decke können grosse Lichtverluste entstehen, wodurch man zur besseren Beleuchtung mehr Leistung benötigt, was wiederum nicht wirtschaftlich ist.



Lichtverteilung

Gebräuchliche Leuchten



Energiesparlampen können verwendet werden. Die Lichtverteilung kann ändern.



6 Tips für energiesparende Beleuchtung der einzelnen Räume im Haushalt

In Deckenleuchten und Wandleuchten können elektronische Energiesparlampen verwendet werden. Die Treppen müssen ausreichend beleuchtet werden, darum empfiehlt es sich, Energiesparlampen mit höherer Leistung zu benutzen. Auf die Schalthäufigkeit muss geachtet werden. Bei einer Abwesenheit von bis zu 5 Minuten sollte man die Lampen brennen lassen.

Eingang/Empfang Gang

Oberhalb des Kocharbeitsplatzes sollten Fluoreszenzlampen mit 3-Banden- oder De Luxe-Lichtfarben (warmweiss oder neutralweiss) verwendet werden. Bei einer Pendelleuchte oberhalb des Tisches kann eine Energiesparlampe eingesetzt werden.

Küche

Im Bad wäre es sinnvoll, Fluoreszenzlampen mit 3-Banden- oder De Luxe-Lichtfarben zu verwenden (am besten seitlich des Spiegels). Falls E-27-Fassungen vorhanden sind, könnten auch elektronische Energiesparlampen eingesetzt werden. Hier gilt es ebenfalls, auf die Schalthäufigkeit zu achten.

Bad

Bei Decken-, Wand- und Pendelleuchten sollten Energiesparlampen verwendet werden. Falls E14-Fassungen vorhanden sind, können elektronische Energiesparlampen 5/7/9 W eingesetzt werden.

Ess-, Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer

Im Arbeitszimmer können Fluoreszenzleuchten mit 3-Banden-Lichtfarben-Lampen (warmweiss oder neutralweiss) verwendet werden. Bei häufigem Gebrauch empfiehlt es sich, Leuchten mit elektronischen, regulierbaren Vorschaltgeräten zu verwenden. Mit einem Lichtsensor und einem Verstärker besteht die Möglichkeit, durch tageslichtabhängige Regulierung zusätzlich Energie zu sparen.

Arbeitszimmer

Hier empfiehlt es sich, Glühlampen oder Fluoreszenzlampen zu verwenden.

Keller/Estrich

Für die Aussenleuchten können Energiesparlampen verwendet werden, jedoch sollten die Leuchten geschlossen und wasserdicht sein. Zusätzlich kann auch ein Bewegungsmelder eingesetzt werden.

Aussenbeleuchtung

Bei Minuterie-Schaltungen eignen sich Fluoreszenzlampen und Energiesparlampen nicht, da die hohe Schalthäufigkeit zu kürzerer Lebensdauer führt. Möglichkeiten, um trotzdem energiesparend zu beleuchten, sind das Überbrücken von Minuterie-Schaltungen während der Hauptverkehrszeiten, die Verlängerung der Minuterie auf mindestens 5 Minuten sowie die Verwendung von elektronischen Energiesparlampen.

Garage/Treppenhaus



Literatur

- [1] Handbuch für Beleuchtung, SLG, Bern
- [2] Beleuchtungstechnik für den Elektrofachmann, Carl-Heinz Zieseniss, Hüthig Buch Verlag Heidelberg
- [3] Internationale Licht-Rundschau, Stichting Prometheus Amsterdam, Heft 85/3
- [4] Wohnen mit Licht, INFEL, Zürich

[illegible]



7 Heizung und Warmwasser

1	Einleitung	3
2	Häufige Fragen	4
3	Techniken	9
3.1	Kriterien für die Auswahl des Energieträgers	9
3.2	Wärmepumpenheizung	10
3.3	Holzzusatzheizung	11
3.4	Heizungsregelung	12
3.5	Wassererwärmung	13
4	Unterhalt	17
5	Wirtschaftlichkeit	18
5.1	Heizung	18
5.2	Wassererwärmung	19
	Literatur	21
	Notizen zu Heizung und Warmwasser	23



7 Heizung und Warmwasser

1 Einleitung

Heizung und Warmwasser gehören im allgemeinen nicht in das Fachgebiet der Elektrizität. Erfahrungsgemäss enden aber viele Beratungsgespräche über Energie schlussendlich im Heizungskeller. Es ist daher wichtig, dass auch die Ansprechpersonen der Elektrizitätswerke und der Elektrofachgeschäfte einige Grundkenntnisse auf diesem Gebiet besitzen.

Allgemeines

Die Aussagen in diesem Kapitel betreffen Anlagen im Bereich von Einfamilien- und kleinen Mehrfamilienhäusern. Bei diesen Gebäudetypen kommen auch Wärmepumpen und Elektroboiler für Heizung und Warmwasser in Betracht.

Dieses Kapitel vermittelt einen Einstieg in die Thematik. Es werden die wichtigsten Entscheidungsgrundlagen für Sanierung und Neuplanung behandelt.

Ziel

Welches sind Gründe für den Ersatz der Heizung?

2 Häufige Fragen

Es gibt verschiedene Gründe, ein Heizsystem zu ersetzen oder zu sanieren:

- Gesetzliche Vorschriften (Heizkessel)

Die Bestimmungen der Luftreinhalteverordnung (LRV) schreiben auch für Heizkessel strenge Grenzwerte vor. Die Anlagen werden periodisch auf diese Werte überprüft. Sobald sie überschritten sind, muss der Ersatz möglichst rasch vorgenommen werden (Frist 2 Jahre).

- Energetische Überlegungen (zu hoher Energieverbrauch, zu grosse Anlage)

Ältere Anlagen sind oft überdimensioniert. Wird am Gebäude die Wärmedämmung verbessert (Isolation, neue Fenster), kann mit Sicherheit davon ausgegangen werden, dass nachher die Anlage zu gross ist. Überdimensionierte Anlagen arbeiten in der Regel mit einem schlechten Wirkungsgrad und haben hohe Bereitschaftsverluste (ältere Heizkessel). Mit einer neuen, richtig dimensionierten Anlage kann ein deutlich geringerer Wärmeverbrauch erreicht werden.

- Ungenügende Funktionsfähigkeit

Je nach Alter der Anlage muss bei häufigen Störungen, bzw. vor grösseren Reparaturen, ein Ersatz geprüft werden.

- Persönliche Gründe

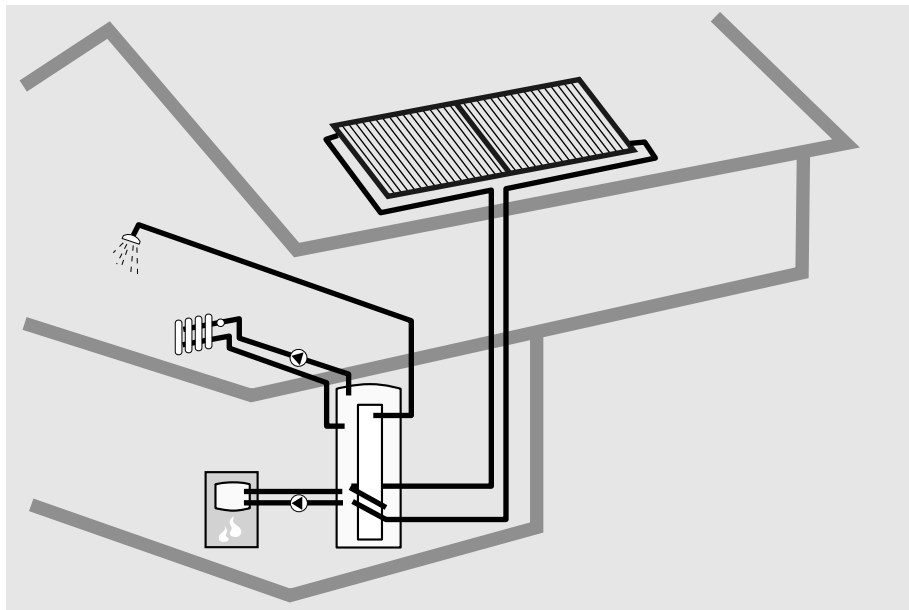
Ökologische Überlegungen können den Bauherren ebenfalls veranlassen, sein Heizsystem zu ersetzen oder mit einem System für die Nutzung von erneuerbaren Energieträgern zu ergänzen. Beispiele:

- Ersatz der Ölheizung oder des elektrischen Zentralspeichers durch eine Wärmepumpe.
- Ergänzung der Heizung mit einem Holzherd, Warmluftcheminee.
- Ergänzung der Ölheizung mit einer Wärmepumpe.
- Ergänzung der Wassererwärmung mit einem Sonnenkollektor.
- Einsatz eines Wärmepumpenboilers für die Wassererwärmung.

Was heisst bivalent, monovalent, polyvalent?

Wenn für die Wärmeerzeugung nur ein Energieträger verwendet wird, so spricht man von einem «monovalenten» System. Beispiele: Ölheizung, Elektroheizung, etc.

Im «bivalenten» System stehen für die Energieerzeugung zwei Energieträger zur Verfügung; im «poly- oder multivalenten» kommen noch weitere dazu.



Beispiel eines bivalenten Heizsystems

Die Wassererwärmung kann während des Sommerhalbjahres mit Sonnenkollektoren erfolgen. Im Winterhalbjahr wird der Heizkessel dazu geschaltet.

Der Ersatz der Wärmeerzeugung (Heizkessel) ist der geeignete Moment, einen Wechsel des Energieträgers zu prüfen (vergl. Kapitel 3.1 «Kriterien für die Auswahl des Energieträgers»).

In kleinen Objekten (EFH) kann direkt von Installationsunternehmen eine Offerte für den Umbau eingeholt werden. Dieses Vorgehen ist am einfachsten, führt aber oft nicht zu einer optimalen Lösung.

Für höhere Ansprüche und grössere Anlagen erstellt der Fachingenieur eine neutrale Ausschreibung und holt verschiedene Offerten ein. Dafür wird er, abhängig von der Auftragssumme, mit einem Honorar entschädigt.

Wenn mehr als nur ein Ersatz der bestehenden Anlage verlangt wird, soll mindestens für die Beurteilung der Offerten eine neutrale Person (Fachingenieur) beigezogen werden.

Die Energiefachstellen oder die Energieberatungsstellen grösserer Elektrizitätswerke bieten in einem beschränkten Umfang (1 bis 2 Stunden) eine kostenlose Beratung an.

Die Wärmepumpe kann sowohl für die Gebäudeheizung, als auch für die Wassererwärmung benutzt werden. Sie verwendet dazu $\frac{2}{3}$ Umgebungswärme (kostenlos) und $\frac{1}{3}$ Strom.

In EFH, MFH mit 2–3 Wohnungen und kleineren Gewerbebetrieben ermöglichen Wärmepumpenboiler Stromeinsparungen von 50% und mehr gegenüber Elektroboilern. Die Wärmepumpenboiler werden ohne zusätzliche Installationen im Heizungskeller aufgestellt. Damit kein «Wärmediebstahl» möglich ist, sollte die Kellerdecke isoliert sein.

Heizungswärmepumpen kommen für jedes Gebäude in Frage, sofern die Wärme über ein Niedertemperatur-System abgegeben wird. Je nach Wärmequelle (Luft, Sonde, Erdregister, Grundwasser usw.) unterscheidet sich die Jahresarbeitszahl (vergl. Kapitel 3.2 «Wärmepumpenheizung»).

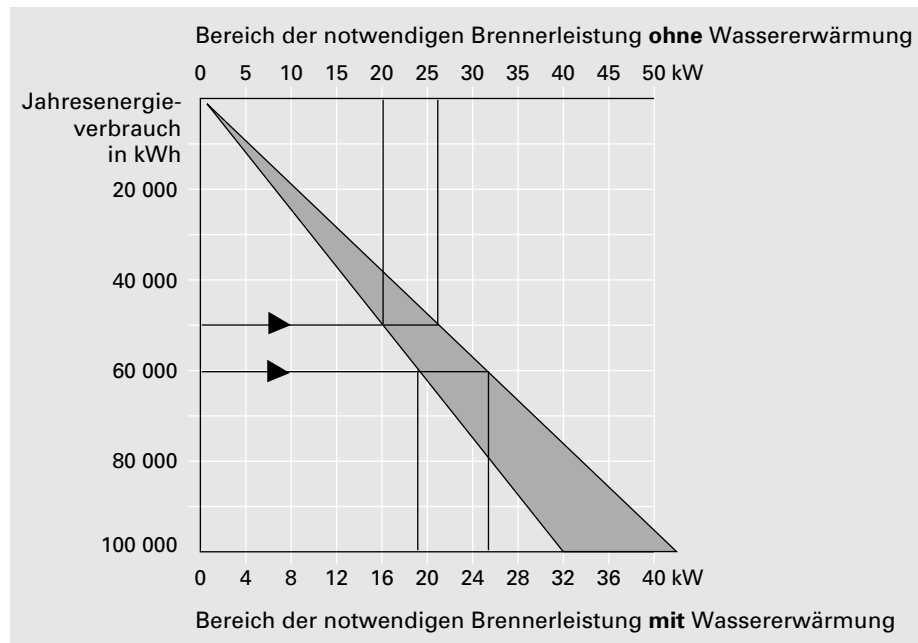
Wie ist bei einer Heizungssanierung vorzugehen?

Wo kann eine Wärmepumpe eingesetzt werden?

Ist der Heizkessel überdimensioniert?

Mit dem nachfolgenden Diagramm kann die Leistung des Kessels überprüft werden. Aus dem Jahresenergieverbrauch können die Bereiche für die notwendige Brennerleistung mit und ohne Wassererwärmung abgeleitet werden (zur Ermittlung des Energieverbrauches in kWh vergl. die Auflistung verschiedener Heizwerte im Kapitel 7 der Energie-Grundlagen).

Neuere Heizkessel (< 5 Jahre), welche zu gross dimensioniert sind, müssen aus Energiespargründen nicht ersetzt werden; die massgebenden Bereitschaftsverluste sind bei neueren Anlagen gegenüber älteren deutlich kleiner.



Wann sind Sonnenkollektoren sinnvoll?

Sonnenenergie steht kostenlos zur Verfügung. Hingegen sind grössere Investitionen für die Nutzung erforderlich.

Am wirtschaftlichsten ist die Nutzung der Sonnenenergie über Sonnenkollektoren für die Wassererwärmung. Sinnvoll ist dabei die Kombination mit einem zweiten Energieträger (= «bivalent»), wie z. B. Strom, damit die Warmwasserversorgung auch bei langen Nebelperioden und im Winter gewährleistet ist (vergl. Kapitel 3.5 «Wassererwärmung»).

Die Verwendung von Sonnenenergie für die direkte Stromproduktion wird in den Kapiteln der Photovoltaik behandelt.

Sollen Wassererwärmung und Heizung getrennt werden?

In EFH und kleinen MFH soll bei Sanierungsarbeiten an der Heizung geprüft werden, ob mit einem bivalenten Wassererwärmer der Kessel ausserhalb der Heizperiode abgestellt werden kann. Während dieser Zeit ist die Wassererwärmung z.B. mit einem Wärmepumpenboiler oder elektrisch möglich. Polyvalente Wassererwärmer erlauben zusätzlich den Einsatz von Sonnenkollektoren (vgl. Kapitel 3.5). Bei Heizungssanierungen in grösseren MFH sind unbedingt verschiedene Möglichkeiten der Wassererwärmung zu prüfen.



Die verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung ermöglicht im MFH, Mieter, welche sparsam heizen, zu belohnen. Durch Verhaltensänderung der Benutzer kann der Energieverbrauch erfahrungsgemäss um 10 bis 20% reduziert werden. Zur VHKA gehört in der Regel auch die Installation von Thermostatventilen (vgl. Kapitel 3.4). Eine Heizungssanierung ist eine gute Gelegenheit zum Einbau der VHKA.

Der Einbau der VHKA ist gesetzlich vorgeschrieben. Die kantonalen Energiefachstellen geben Auskunft über (Ausnahme)-Bedingungen.

Viele Umwälzpumpen laufen während des ganzen Jahres. Sie können im Sommer ohne weiteres ausgeschaltet werden. Mit einer geeigneten Heizungssteuerung ist es auch möglich, die Pumpe ausserhalb der Nutzungszeiten (nachts) automatisch auszuschalten.

Zu grosse Pumpen brauchen zuviel Strom. Bei Neubauten und Sanierungen ist deshalb zu verlangen, dass die Pumpen nach den Richtlinien von RAVEL ausgelegt werden.

Soll ein System zur verbrauchsabhängigen Heizkostenabrechnung (VHKA) installiert werden?

Kann der Stromverbrauch für die Umwälzpumpe vermindert werden?



IPP © Sven Hartmann

3 Techniken

3.1 Kriterien für die Auswahl des Energieträgers

Energieträger, System	Heizung	Warmwasser
Öl (Heizöl extraleicht)	+ günstige Energiekosten - Relativ umweltbelastend (CO₂, Schadstoffe) - Hohe Unterhaltskosten (Service, Kaminfeger, Tankreinigung) - Platzbedarf für Heizöltank ! Sinnvolle Ergänzung zu netzgebundenen Energieträgern (Elektrowärmepumpe, Erdgas)	+ Oft kostengünstigste Lösung - Sommerbetrieb in Kleinanlagen ungünstig - Zirkulationsverluste (bei allen zentralen Systemen)
Erdgas	+ Kein Öltank (geringerer Platzbedarf, kein Einkauf) - Umweltbelastung leicht günstiger als Öl (weniger CO₂) - Gasanschluss erforderlich (Anschluss-, evtl. jährliche Grundgebühr)	+ Dezentrale Wassererwärmung möglich (keine Zirkulation) ± Umweltbelastung leicht günstiger als Öl (weniger CO₂) - Gasanschluss erforderlich (Anschluss-, evtl. jährliche Grundgebühr)
Elektrisch (Widerstand) zentral	+ Geringe Unterhaltskosten ± Umweltbelastung durch Stromproduktion - Sehr hohe Energiekosten ! Bewilligungspflichtig (ab 3 kW, Energienutzungsverordnung) ! Ersatz durch Wärmepumpe in der Regel möglich	+ Technisch einfache Sommerbetriebs-Energie für Öl- oder Holzzentralheizung - Hohe Energiekosten ! Für grössere Objekte ungeeignet (Zirkulationsverluste, sehr grosse Speicher)
Elektrisch (Widerstand) dezentral (einzel)	+ Einfache Lösung für wenig genutzte Ausbauten/ Einzelräume + Geringe Unterhaltskosten ± Umweltbelastung durch Stromproduktion und -verteilung - Hohe Energiekosten ! Bewilligungspflichtig (ab 3 kW, Energienutzungsverordnung)	+ Dezentrale Elektroboiler: keine Zirkulation, Verbrauchsabrechnung ohne Wasserzähler + Nutzung von Nachtstrom - Hohe Energiekosten - Platzbedarf in der Wohnung ! Einsatz erneuerbarer Energien nicht möglich
Elektro-Wärmepumpe	+ Nutzung von Umweltwärme ± Umweltbelastung durch Stromproduktion - Hohe Investitionskosten (Wärmequelle!) ! Für MFH meist bivalente Anlage, d.h. zusätzliche Feuerung erforderlich (Kosten!) ! Monovalent nur mit Niedertemperaturheizung einsetzbar (max. 55° C Vorlauftemperatur) ! Geeignete Wärmequelle und sorgfältige Planung wichtig	+ Nutzung von Umweltwärme + Wärmepumpenboiler als relativ kostengünstige Kompaktlösung für EFH ! In Anlagen mit Heizungswärmepumpe Wassererwärmung einbinden
Fernwärme, Wärmeverbund	+ Sinnvoll, wenn Wärmenutzung aus Kehrlichtverbrennung, Wärmekraftkopplung, Holzfeuerungs- oder Wärmepumpenanlage + Geringe Unterhaltskosten - Wärmenetz-Anschluss erforderlich (Anschluss-, evtl. jährliche Grundgebühr)	! In Einzelfällen kein Sommerbetrieb des Netzes (Abklärung beim Betreiber)
Holz	+ Erneuerbare Energie, keine CO₂-Emission (per saldo) + Zentralheizung: technisch vorteilhafte Kombination mit Sonnenkollektoren (nur 1 Speicher) - Hohe Investitions- und meist auch Energiekosten für Zentralheizung, grosser Platzbedarf für Holzlagerung - Bei Stückholzkessel hoher Bedienungsaufwand ! Energetischen Nutzen von Zusatzfeuerungen gut überlegen	! Sommerbetrieb von Holzfeuerungen in der Regel nicht sinnvoll; bei Kombination mit Sonnenkollektoren Sommer-Mankodeckung mit Elektro-einsatz oder Wärmepumpe
Sonnenkollektoren	+ Erneuerbare Energie + Keine Schadstoff-Emission - Nur Teildeckung sinnvoll: Kombination mit Öl, Gas, Holz - Sehr hohe Investitionskosten, je nach Deckungsgrad ! Interessant für Sommer-Wärmeverbrauch (Schwimmbad, Warmwasser)	+ Erneuerbare Energie + Keine Schadstoff-Emission + Bei kleinem Deckungsanteil (nur Vorwärmung) in grossen Objekten wirtschaftlich - Hohe Investitionskosten ! Mankodeckung im Winter vorteilhaft durch Heizanlage, im Sommer auch durch Elektro-einsatz, Wärmepumpe, Gas

+ Vorteil - Nachteil ± wird unterschiedlich beurteilt ! Wichtiger Hinweis

3.2 Wärmepumpenheizung

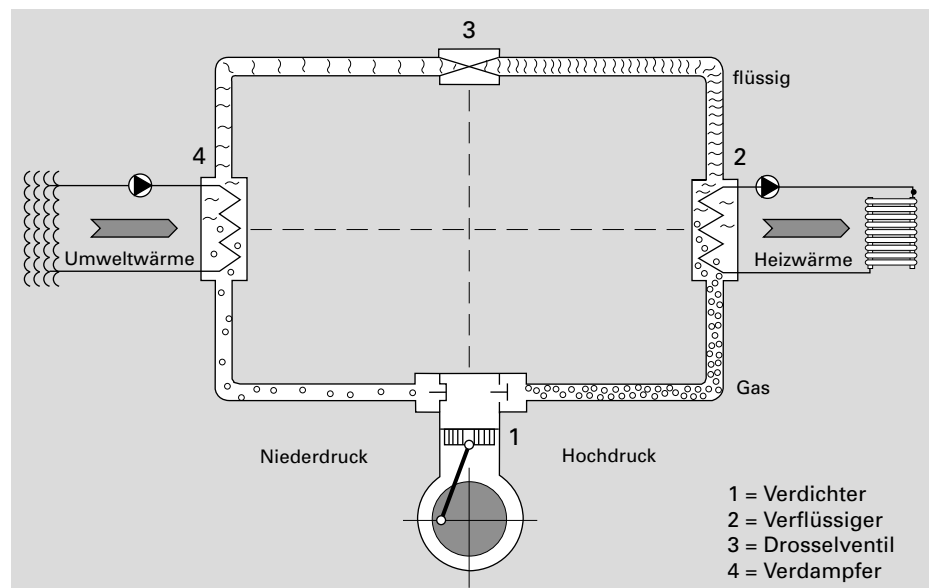
Wie funktioniert die Wärmepumpenheizung?

Im Wärmepumpenkreislauf zirkuliert ein Kältemittel, das je nach Temperatur- und Druckverhältnissen flüssig oder gasförmig ist. Die Funktionsweise geht aus dem untenstehenden Bild hervor:

Die Wärmequelle bringt das flüssige Kältemittel im Verdampfer (4) bei niedriger Temperatur zum Sieden (Verdampfen) und wird dabei ihrerseits abgekühlt. Der entstehende Kältemitteldampf wird im Verdichter (1) komprimiert. Dabei steigt die Temperatur stark an, und die Wärme kann nun – auf höherem Temperaturniveau – im Verflüssiger (Kondensator, 2) an das Heizungswasser abgegeben werden. Dabei geht das Kältemittel wieder in den flüssigen Zustand über, es kondensiert. Im Expansionsventil (3) wird das Kältemittel auf den tieferen Ausgangsdruck entspannt, und der Kreisprozess kann von vorne beginnen.

Die Wärmepumpe «pumpt» also Wärme aus der Umwelt auf ein höheres Temperaturniveau. Etwa $\frac{2}{3}$ der abgegebenen Wärme kommen aus der Umgebung und $\frac{1}{3}$ aus dem elektrischen Netz. Die Wärmepumpe arbeitet umso effizienter, je höher die Wärmequellentemperatur im Verdampfer und je tiefer die Temperatur im Heizungswasser ist. Deshalb soll eine Wärmepumpe möglichst mit Niedertemperatur-Heizsystemen (max. Vorlauftemperatur 50 bis 55 °C) betrieben werden. Erfordert das Heizsystem zeitweise höhere Vorlauftemperaturen, so ist in diesen Zeiten (tiefste Aussentemperaturen) ein anderer Wärmeerzeuger erforderlich (bivalente Anlage mit Feuerung).

Kreislauf einer Wärmepumpe





Umgebungsluft hat den Vorteil, dass sie überall vorhanden ist und mit geringem Aufwand genutzt werden kann. Der Nachteil ist, dass ihr Temperaturniveau im Winter relativ tief ist und dadurch die Wärmepumpen-Arbeitszahl (vgl. unten) sinkt. Grössere Anlagen mit Luft als Wärmequelle müssen deshalb bivalent betrieben werden.

Wärmequellen

Erdreich kann auf zwei Arten als Wärmequelle genutzt werden:

- Erdkollektoren werden waagrecht in Tiefen von 1–2 Meter verlegt und nutzen die von der Sonne eingebrachte Wärme. Die Fläche muss etwa doppelt so gross sein wie die beheizte Grundfläche der Wohnung. Erdkollektoren kommen nur in Neubauten mit relativ grossem Umschwung in Frage.
- Vertikale Erdsonden werden in eine Bohrung von bis zu 100 Metern Tiefe geführt und nutzen die Erdwärme aus. Der Vorteil ist die relativ konstante Temperatur übers ganze Jahr, der Nachteil der relativ grosse Aufwand für die Bohrung.

Grundwasser ist als Wärmequelle sehr geeignet, da die Temperatur fast übers ganze Jahr etwa +10 °C beträgt. Eine Grundwasserfassung ist jedoch aufwendig und auf jeden Fall bewilligungspflichtig. Für Kleinanlagen werden kaum mehr Grundwasserfassungen bewilligt.

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) gibt an, wie gross das Verhältnis zwischen der abgegebenen Wärme zur aufgenommenen Energie aus dem elektrischen Netz während eines ganzen Jahres ist. Hat z.B. eine Wärmepumpe 18'000 kWh Wärme ins Heizungsnetz geliefert und 6'000 kWh Strom aus dem Netz bezogen, hat sie eine JAZ von 3 erreicht. Gute Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen sind:

Jahresarbeitszahlen

Wärmequelle	JAZ
Luft (monovalent)	2,5
Luft (bivalent)	2,7
Erdreich	3,0
Grundwasser	3,5

3.3 Holzzusatzheizung

Holzheizungen unterschiedlicher Systeme können als Zusatzheizungen zu konventionellen Heizsystemen eingesetzt werden. Dadurch kann z.B. eine Wärmepumpe kleiner dimensioniert werden. Folgende Punkte sind zu beachten:

Heizen mit Holz

- In kleinen Öfen, vor allem Cheminées, ist die Verbrennung von Holz aus lufthygienischer Sicht nicht optimal. Vor allem dürfen keine Abfälle (Papier, Karton etc.) verbrannt werden.
- Offene Cheminées entnehmen die notwendige Luft zur Verbrennung dem geheizten Raum. Ausserdem kann auch in Nichtbetriebszeiten warme Zimmerluft durch nicht ganz dichte Kaminklappen entweichen. Offene Cheminées verursachen deshalb in der Regel mehr Wärmeverluste als -gewinne.
- Geschlossene Cheminées ohne Wärmerückgewinnung haben einen Wirkungsgrad von 10 bis 15%. Durch den Einbau eines Heizeinsatzes für Luft- oder Wassererwärmung kann der Wirkungsgrad auf 15 bis 25% steigen.

- Holzzimmeröfen (Schwedenöfen) werden für Leistungen zwischen 3 und 15 kW gebaut. Sie haben einen Wirkungsgrad um die 50% und sind aus lufthygienischer Sicht wesentlich besser als Cheminées.
- Kachelöfen liefern eine Wärmeleistung von etwa 1 kW pro m² Oberfläche. Sie sind gute Wärmespeicher.
- Holzanstellherde mit Kochplatten eignen sich zum Kochen und zur Beheizung der Küche. Modelle mit Heizregister können an die Zentralheizungen oder an die Wassererwärmung angeschlossen werden.

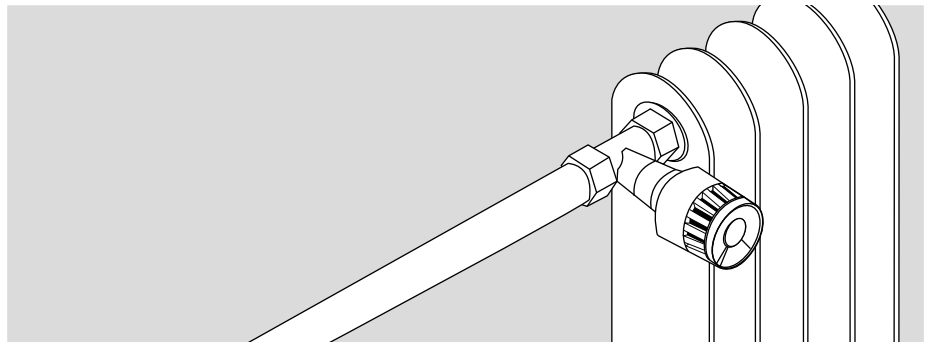
3.4 Heizungsregelung

Welche Regelungsarten werden verwendet?

Bei einer Zentralheizung wird die Raumtemperatur über die Vorlauftemperatur des Zentralheizungswassers reguliert. Die Vorlauftemperatur wird mit einem Mischventil automatisch auf den notwendigen Wert eingestellt. Heute sind hauptsächlich zwei Regelungsarten üblich:

Bei einer nach Witterung geführten Anlage misst ein Aussenfühler die aktuelle Aussentemperatur, und der Regler sorgt für die gemäss einer einstellbaren Heizkurve notwendige Vorlauftemperatur. Vorteil: alle Räume werden gleich beheizt. Nachteil: Wärmegewinne (z.B. durch Sonneneinstrahlung, Personen oder Geräteabwärme) werden nicht berücksichtigt. Bei diesem System sollen thermostatische Heizkörperventile eingebaut werden, welche bei Wärmegewinnen die Heizkörpertemperatur drosseln.

Thermostatisches Heizkörperventil



Bei einer nach Raumtemperatur geführten Anlage wird die Vorlauftemperatur so geregelt, dass die Raumtemperatur in einem Referenzraum (z.B. Raumfühler im Wohnzimmer) den eingestellten Wert erreicht. Vorteil: in diesem Raum werden die Wärmegewinne berücksichtigt. Nachteil: alle Räume werden wie der Referenzraum beheizt.



3.5 Wassererwärmung

Der Warmwasserbedarf hängt von verschiedenen Faktoren ab. Die wichtigsten sind Komfortansprüche und Lebensgewohnheiten.

Für eine Wohnung oder ein Einfamilienhaus gibt die nachfolgende Tabelle erste Hinweise:

Anwendung	Mindestwert	Durchschnittswert
Tagesbedarf	30 Liter/Person	35 - 60 Liter/Person
Duschen	30 Liter/Duschgang	35 - 50 Liter/Duschgang
Wannenbad	120 Liter/Bad	150 - 180 Liter/Bad

Wie gross ist der Warmwasserbedarf ?

Richtwerte Warmwasserbedarf (60 °C)

Ist der Warmwasserbedarf bekannt, kann die Grösse des Wassererwärmers bestimmt werden. Dabei ist zu beachten, dass der Warmwasserbedarf nicht identisch ist mit dem Inhalt des Wassererwärmers (Boilergrösse).

Als Auslegungskriterium gilt: Der Wassererwärmer bzw. Speicher muss genügend Warmwasserinhalt haben bis zur nächsten Aufwärmmöglichkeit. Das heisst bei bei öl- oder gasbefeuerten Wassererwärmern im Einfamilienhaus etwa 100 bis 120 Liter (1 Wasserbad) und bei Elektrowassererwärmern mindestens einen Tagesbedarf von 200 bis 300 Litern, weil in der Regel nur alle 24 Stunden Strom zur Boilerladung freigegeben wird. Die Lieferanten der verschiedenen Systeme verfügen über entsprechende Auslegungsdaten.

4-Zimmer-Einfamilienhaus mit 4 Personen:
Warmwasserbedarf 4x 45 Liter/Tag = 180 Liter/Tag.

Beispiel Warmwasserbedarf im Einfamilienhaus

Ein Elektrowassererwärmer müsste also im Minimum 200 Liter Inhalt haben. Diese Grösse ist aber auch von den Komfortansprüchen abhängig: Sind z.B. öfters Wärmebäder vorgesehen, muss der Speicher mindestens 250 bis 300 Liter Inhalt haben. Eine andere Lösung für zeitweise höheren Verbrauch ist der Einbau eines «Warmwasserautomaten» mit der Möglichkeit, einen Teilinhalt tagsüber aufzuheizen.

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen zwei Systemen:

- Dezentrale Wassererwärmer, die am Ort des grössten Verbrauchs stehen, also zwischen Küche und Bad in Wohnungen. Das Warmwasser ist dabei über kurze Leitungen immer sofort verfügbar.
- Zentrale Wassererwärmer, die bei der Wärmeerzeugung stehen, also beim Öl- oder Gaskessel oder im Technikraum im UG. Das Warmwasser wird über Verteilungen zu den einzelnen Zapfstellen geführt. Damit an den Zapfstellen Warmwasser ohne lange Wartezeiten verfügbar ist, sind in grösseren Anlagen Zirkulationssysteme oder Rohrbegleitheizungen notwendig. Beide sind grundsätzlich Verlustquellen. Bei Planung und Ausführung ist speziell auf minimale Verluste dieser Systeme zu achten. Neuerdings werden mit Erfolg Klein-Wärmepumpen für die Deckung der Zirkulationsverluste in grösseren Anlagen eingesetzt.

Was gibt es für Warmwassersysteme?

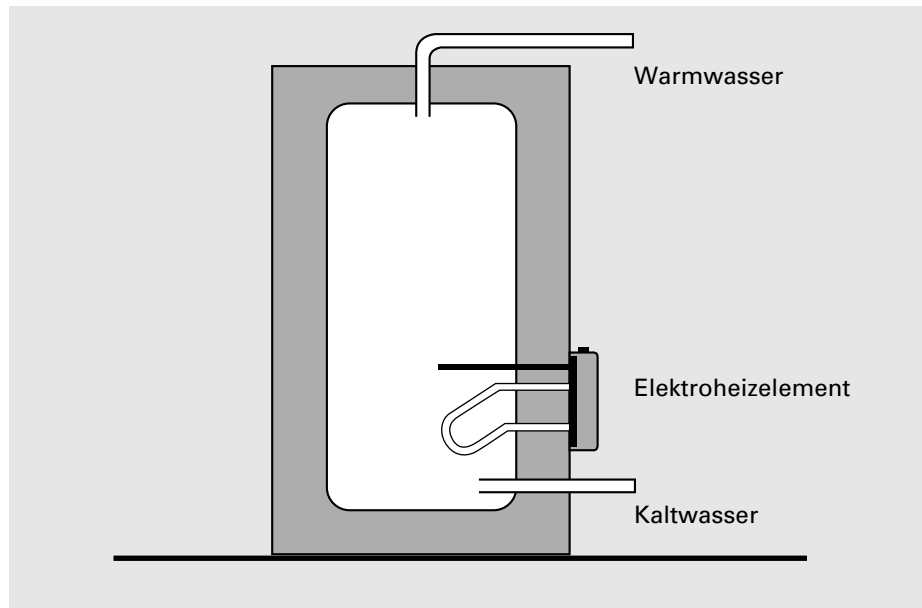
Was sind die Möglichkeiten der Wassererwärmung?

Wassererwärmer lassen sich in drei Hauptgruppen aufteilen:

1. Elektroboiler

Der bewährte Elektro-Wassererwärmer mit nächtlicher Aufladung im Niedertarif wird heute meist in der Form des Hochschrankboilers eingesetzt. Er wird nahe bei den Hauptverbrauchern platziert, so dass weder Zirkulations- noch Begleitheizungen nötig sind; es entstehen nur minimale Verluste. Im Zusammenhang mit Solarsystemen oder anderen Zusatzheizern eignet sich der Elektroboiler gut als Not- oder Teilsystem, wird jedoch meist als «Kombi-Wassererwärmer» eingesetzt (vgl. 3.).

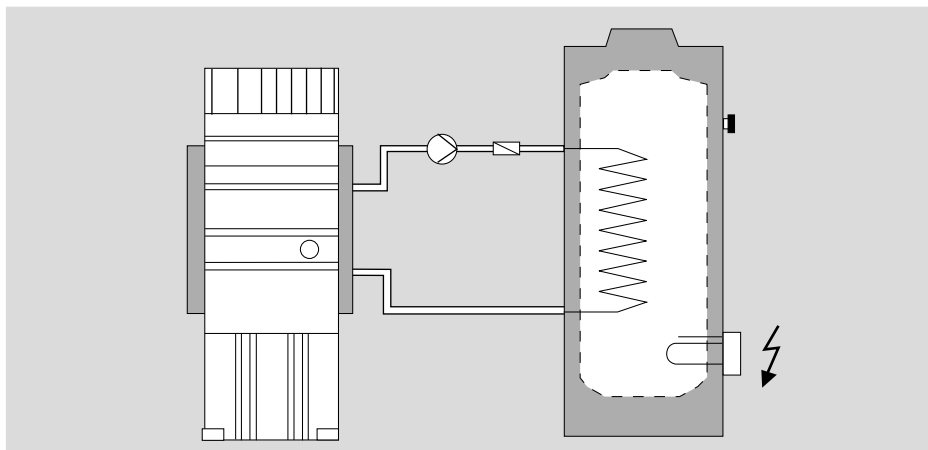
Elektroboiler



2. Wassererwärmer öl- oder gasbeheizt

An Öl- oder Gasheizkessel angeschlossene Wassererwärmer sind kostengünstige Lösungen mit hohem Versorgungskomfort. Wenn die Heizkessel ganzjährig in Betrieb sind, ist praktisch immer genügend Warmwasser verfügbar. Da es sich um zentrale Anlagen handelt, sind meist Zirkulationssysteme oder Begleitheizungen notwendig. Aus diesem Grund und weil im Sommer die Kesselwirkungsgrade für Wassererwärmung nicht so hoch sind, erreichen diese Systeme keine besonders hohe Energieausnutzung.

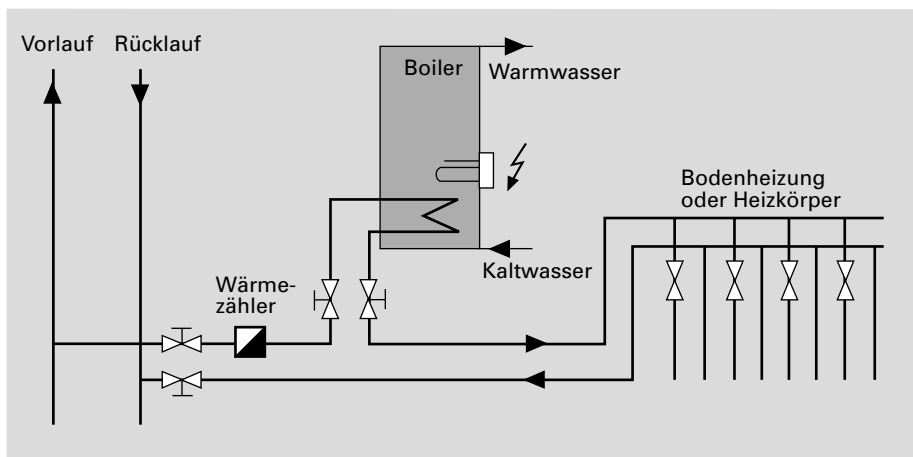
Heizkessel mit Beistellwassererwärmer



3. Kombi-Wassererwärmer, Wärmepumpen-Boiler, Solaranlagen

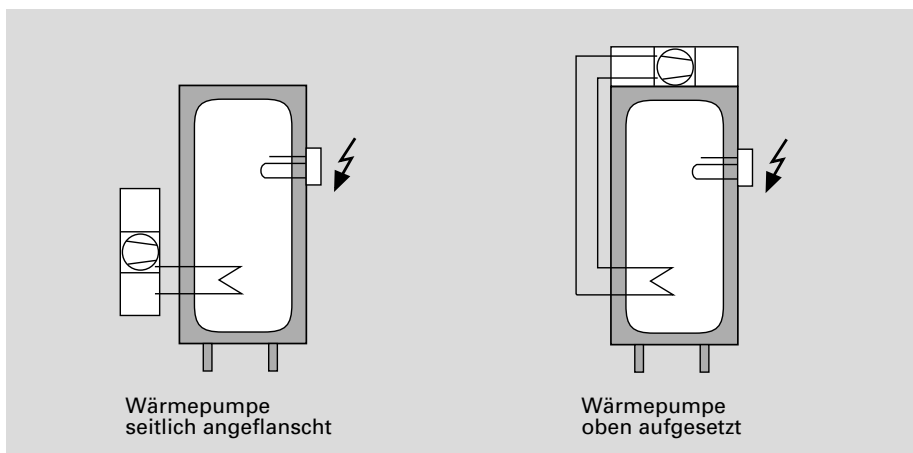
Im Gegensatz zur 1. und 2. Wassererwärmergruppe werden hier verschiedene Systeme zur Wassererwärmung kombiniert mit der Absicht, erneuerbare Energien zu nutzen und Umweltbelastungen zu verringern.

- Kombi-Wassererwärmer können mit zwei oder mehr Energieträgern betrieben werden. Im Winter erfolgt die Erwärmung meist über den Heizkessel, im Sommer durch einen Elektroheizeinsatz. Als Bauformen gibt es Beistellspeicher neben dem Kessel oder neuerdings dezentrale Hochschrankboiler mit Vorwärmung durch das Heizsystem (vgl. Bild).



Funktionsprinzip der bivalenten Wassererwärmung mit dezentralem Hochschrankboiler

- Wärmepumpen-Wassererwärmer («Wärmepumpenboiler») sind ähnlich aufgebaut wie Elektroboiler. Eine kleine an- oder aufgebaute Wärmepumpe liefert die Wärmeenergie. Ein zusätzlicher Elektroheizeinsatz kann bei Verbrauchsspitzen oder bei zu kalter Umgebung nachheizen. Wichtig ist, dass ausreichende Umwelt- oder Abwärme für die Wärmepumpe vorhanden ist, da sonst der Aufstellraum zu stark ausgekühlt werden kann. Decken und Wände gegen beheizte Räume müssen wärmedämmend sein, um «Wärmediebstahl» zu vermeiden! Wärmepumpenboiler sparen 50 bis 70% Strom gegenüber reinen Elektroboilern.

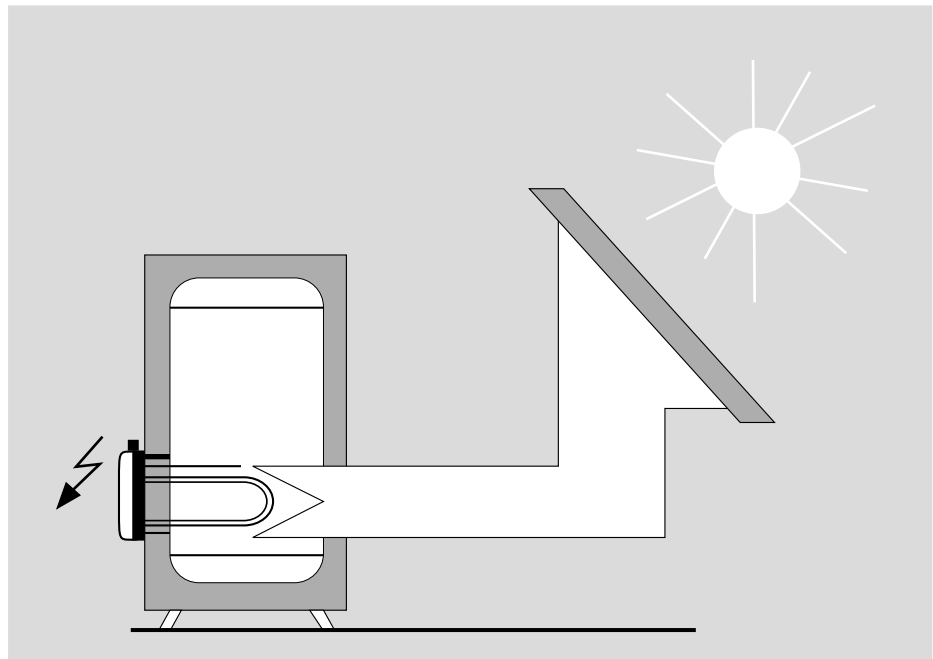


Bauarten des Wärmepumpen-Wassererwärmers als Kompaktgerät

- Solaranlagen mit Warmwasser-Kollektoren können einen Teil des jährlichen Warmwasserbedarfs decken, vorwiegend in der Übergangszeit und im Sommer. In nach Süden ausgerichteten Sonnenkollektoren wird eine Wärmeträgerflüssigkeit durch die Sonne erwärmt und über einen Kreislauf durch einen Wärmetauscher in den Warmwasserspeicher gepumpt. Dort wird das Warmwasser erwärmt oder vorgewärmt. Der Speicher wird meist um $\frac{1}{2}$ bis 1 Tagesbedarf grösser ausgelegt als einer ohne Solaranlage. Je nach Warmwasserverbrauch und Fläche der Sonnenkollektoren ergibt sich der Solaranteil bzw. Deckungsgrad.

Bei richtiger Dimensionierung der Solaranlage könnten damit in der Schweiz 40 bis 60% des Jahresenergiebedarfs für Wassererwärmung abgedeckt werden. Für höhere Deckungsgrade steigen die Kosten stark.

Wassererwärmung mit Sonnenkollektoren und Elektroheizeinsatz





4 Unterhalt

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über Nutzungsdauer und Unterhaltskosten der verschiedenen Heizanlagen. Die Nutzungsdauer entspricht der Zeit, während der das Heizsystem in der Regel amortisiert werden sollte. Die angegebenen Kosten für Wartung und Unterhalt in Prozenten des Anlagenwertes sind grobe Richtwerte, die sich nicht zur Berechnung des Einzelfalles eignen; im Kapitel 5. «Wirtschaftlichkeit» werden Angaben für ein konkretes Beispiel gemacht.

Wärme- erzeugung	Nutzungsdauer (in Jahren)	Richtwerte für Unterhaltskosten (in % des Anlagenwertes)	Service- Empfehlungen
Öl / Gas (Brenner, Kessel)	15	3	jährlich
Elektrisch	15	2	alle 1 bis 2 Jahre
Wärmepumpe (elektrisch)	15	3	alle 1 bis 2 Jahre
Fernwärme (Hausübergabe- station)	15	2	alle 1 bis 2 Jahre
Sonnen- kollektoren	20	2	alle 1 bis 2 Jahre
Holz	15	individuell zu bestimmen	jährlich, Kaminfänger evt. 2 x pro Jahr
Verteilsysteme			
Rohrleitungen	40	1	
Heizkörper	30	1	
Fussbodenheizung	25	1.5	
Regelungen	15	3	

**Nutzungsdauer und
Unterhaltskosten
verschiedener Wärme-
erzeuger-Anlagen**

5 Wirtschaftlichkeit

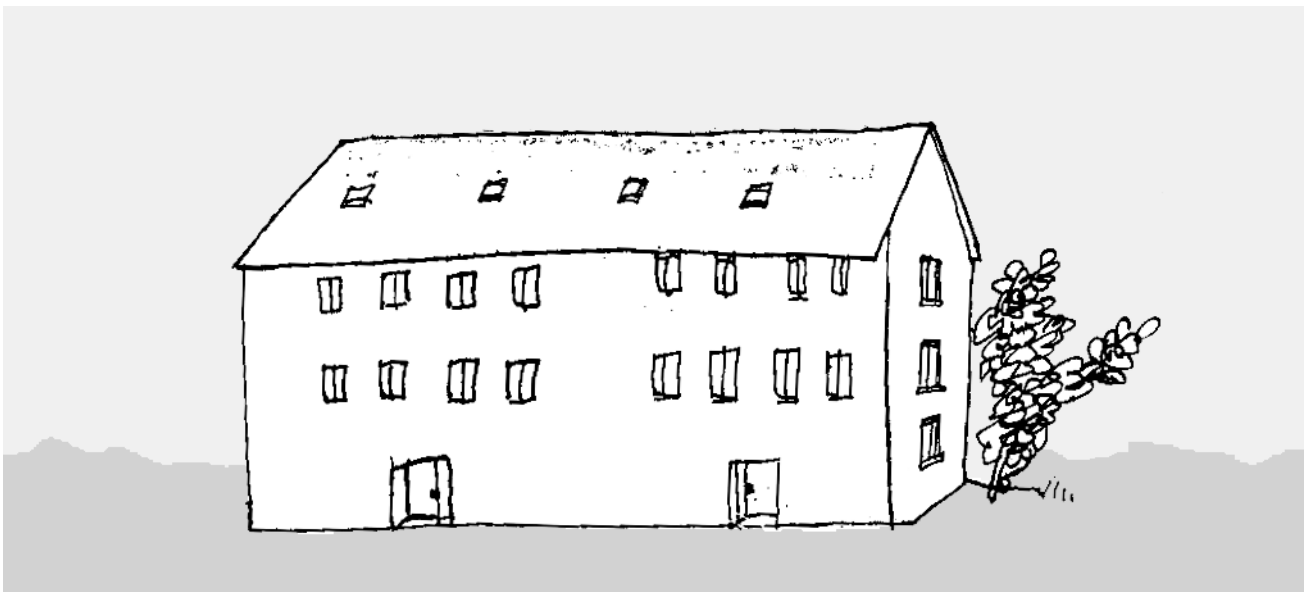
Im Kapitel 5.1 werden anhand eines **Mehrfamilienhauses (MFH) mit 6 Wohnungen verschiedene Heizungssysteme** bezüglich den durchschnittlichen Investitions-, Betriebs- und Gesamtkosten verglichen. Im Kapitel 5.2 wird ein entsprechender Vergleich mit einem **Einfamilienhaus (EFH) mit 4 Zimmern für die Wassererwärmung** gemacht.

Für die Berechnungen wurde die Annuitätenmethode angewendet und folgende Annahmen getroffen:

- Zinssatz 6%
- Mittlere Nutzungsdauer der Anlagen 15 Jahre, solare Anlagen 20 Jahre
- Mittlere Energiepreise 1993
- Preissteigerung für Energie und Wartung/Unterhalt: 5%

Die Kostenvergleiche gelten für Neubauten.

5.1 Heizung



Beispiel Mehrfamilienhaus

MFH mit 6 Wohnungen à 80 m²

- Andere Flächen sind nicht beheizt, und die Wassererwärmung erfolgt getrennt.
- Heizenergiebedarf (Nutzenergie) beträgt rund 38 000 kWh/a.
- Die Angaben gelten für eine Heizungsanlage von rund 20 kW.
- Die Kosten des Verteilsystems betragen Fr. 20 000.– bis Fr. 40 000.– und sind in den angegebenen Tabellenwerten nicht inbegriffen.
- Bei der Wärmepumpenheizung mit Luft ist zu beachten, dass in der Regel noch eine Zusatzfeuerung notwendig ist und eine entsprechende Verteuerung zur Folge hat.

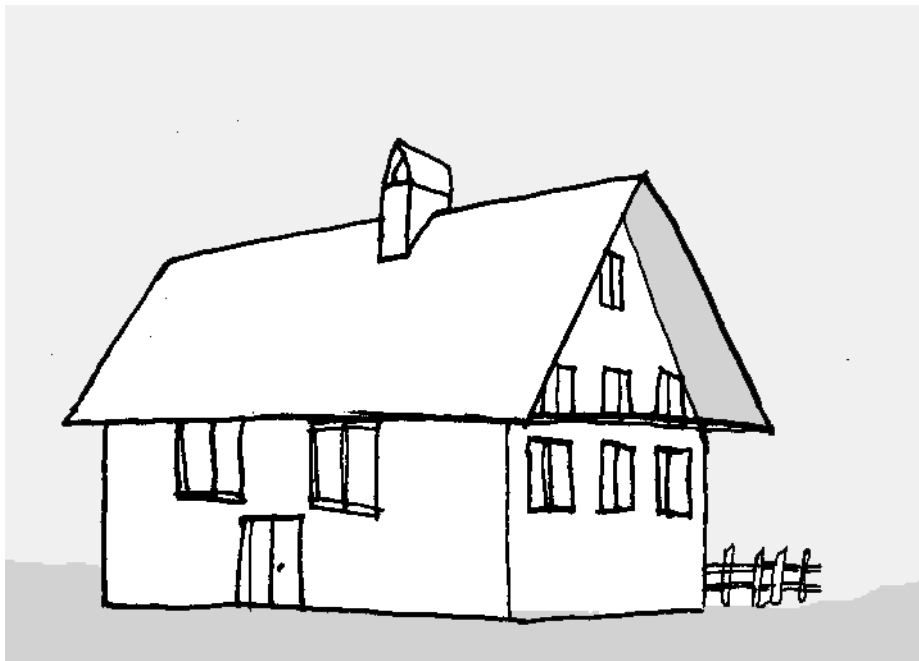


	Investitions- kosten	Jährliche Kapital- kosten	Heutige jährl. Kosten für		Mittlere jährl. Kosten über gesamte Nutzungsdauer	
			Energie	Unterhalt + Wartung	Energie + Unterhalt + Wartung	Gesamt- kosten
Gas (inkl. Kamin + Anschluss- gebühren)	35 000.–	3600.–	2400.–	600.–	4300.–	7600.–
Öl (inkl. Kamin + Tankanlage)	35 000.–	3600.–	1600.–	800.–	3400.–	7000.–
Holz (inkl. Kamin)	45 000.–	4600.–	1900.–	500.–	3400.–	8000.–
Wärmepumpe (Luft)	40 000.–	4100.–	2000.–	300.–	3300.–	7400.–
Wärmepumpe (Erdsonde)	60 000.–	6200.–	1800.–	300.–	3000.–	9200.–
Wärmepumpe (Erdregister)	60 000.–	6200.–	1800.–	300.–	3000.–	9200.–
Wärmepumpe (Wasser)	70 000.–	7200.–	1600.–	500.–	3000.–	10200.–

**Vergleich der
Wirtschaftlichkeit für
ein 6-Familien-Haus
(Richtwerte in Fr.,
Energiepreise 1993)**

Für ein Einfamilienhaus betragen die Investitionskosten und entsprechend die jährlichen Kapitalkosten rund $\frac{2}{3}$ der oben aufgeführten Werte für das Mehrfamilienhaus.

5.2 Wassererwärmung



Beispiel Einfamilienhaus



EFH mit 4 Zimmern für 4 Personen

- Der Bedarf an Warmwasser beträgt im Mittel 160 Liter pro Tag.
- Der Speicher wird auf 300 Liter ausgelegt (500 Liter bei einer Solaranlage), und auf die Zirkulation wird verzichtet.
- Der Energiebedarf für Warmwasser (Nutzenergie) beträgt demnach rund 4000 kWh/a.
- Für den Vergleich der verschiedenen Systeme wird angenommen, dass nur 50% des Bedarfes zu decken ist, da im Winterhalbjahr die Heizung zum Einsatz kommt. Dies mag nicht in allen Fällen zutreffen, erlaubt aber den besseren Vergleich der angegebenen Zahlenwerte.

Vergleich der Wirtschaftlichkeit für ein 4-Zimmer EFH (Richtwerte in Fr., Energiepreise 1993)

	Investitionskosten	Jährliche Kapitalkosten	Heutige jährl. Kosten für		Mittlere jährl. Kosten über die gesamte Nutzungsdauer	
			Energie	Unterhalt + Wartung	Energie + Unterhalt + Wartung	Gesamtkosten
Gas	4000.–	400.–	100.–	100.–	290.–	690.–
Strom	3500.–	350.–	250.–	70.–	460.–	810.–
Wärmepumpe	5000.–	500.–	120.–	150.–	390.–	890.–
Solar	12 000.–	1050.–	10.–	240.–	400.–	1450.–

Es ist zu beachten, dass die relativ hohen Kosten der Solaranlage nur für das EFH zutreffen. Grössere Anlagen für MFH, vor allem wenn sie nur für die Wasservorwärmung ausgelegt werden, kommen im Verhältnis wesentlich günstiger zu stehen und können durchaus wirtschaftlich interessant sein. Zur Zeit sind für Mehrfamilienhausanlagen ab 6 Wohnungen und bei gewerblichen Sonnenkollektor-Nutzungen Bundessubventionen erhältlich. Auskunft geben die kantonalen Energiefachstellen.



Literatur

- [1] Elektrische Wassererwärmung, Bundesamt für Konjunkturfragen, RAVEL Nr. 724.349 d
- [2] Elektroheizungen: Sanierung und Ersatz, Bundesamt für Konjunkturfragen, RAVEL Nr. 724.346 d
- [3] Umwälzpumpen: Auslegung und Betriebsoptimierung, Bundesamt für Konjunkturfragen, RAVEL Nr. 724.330 d
- [4] Elektrizität im Wärmesektor, Bundesamt für Konjunkturfragen, RAVEL Nr. 724.354 d
- [5] RAVEL zahlt sich aus, Bundesamt für Konjunkturfragen, RAVEL Nr. 724.397.42.01 d
- [6] Die elektrische Wärmepumpe, INFEL-Informationsstelle für Elektrizitätsanwendung, Nr. 406.1
- [7] Der Wärmepumpen-Boiler, INFEL-Informationsstelle für Elektrizitätsanwendung, Nr. 403.1
- [8] Elektrowasserwärmer, INFEL-Informationsstelle für Elektrizitätsanwendung, Nr. 404.1
- [9] Solar 91
- [10] Heizwärme aus der Tiefe, Olynthus-Verlag (ISBN 3-907175-12-3)
- [11] Schweizer Energiefachbuch 1992, Künzler-Bachmann AG, 9001 St. Gallen



[illegible]



8 Photovoltaik

1	Einleitung	3
2	Häufige Fragen	4
3	Grundlagen	5
3.1	Nutzung der Sonnenenergie	5
3.2	Strahlungsarten und -leistungen	6
4	Solarzellen	8
4.1	Funktion	8
4.2	Photozellen	8
4.3	Arten von Solarzellen	9
4.4	Solargeneratoren	9
5	Anlagentechnik	11
5.1	Insel-Anlage	11
5.2	Netzverbund-Anlagen	12
6	Wirtschaftlichkeit	15
7	Potentiale und Perspektiven	16
	Literatur	17
	Notizen zu Photovoltaik	19



8 Photovoltaik

1 Einleitung

Die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in Elektrizität mit Solarzellen (Photovoltaik) ist eine der aussichtsreichsten Optionen, langfristig von umweltbelastenden Energieträgern wegzukommen. Solarzellenanlagen sind einfach aufgebaut, ohne bewegliche Teile, praktisch wartungsfrei und damit äusserst langlebig. Im Vergleich zu anderen Energiegewinnungsanlagen sind Solarzellenanlagen immer gut sichtbar: weil die Sonnenstrahlung eine kleine Energiedichte aufweist, benötigen sie relativ grosse, der Sonne ausgesetzte Flächen. Deshalb spielen Aspekte der Ästhetik und der Eingliederung in bestehende Strukturen bei Photovoltaikanlagen eine wichtige Rolle. Zur Zeit sind diese Anlagen bezüglich Wirtschaftlichkeit (noch) nicht konkurrenzfähig mit anderen Stromerzeugern; wegen der wünschbaren Weiterentwicklung werden sie aber in vielen Fällen gefördert.

Allgemeines

Das Kapitel Photovoltaik soll die wichtigsten Grundlagen und Eckdaten der photovoltaischen Sonnenenergienutzung vermitteln.

Ziel



2 Häufige Fragen

Lohnen sich Photovoltaikanlagen?

Bei Anlagen abseits der Netzstromversorgung, z.B. für die Stromversorgung in Alphütten, Ferienhäusern usw. (Inselanlagen, vgl. Abschnitt 5) stellt sich die Frage anders: Will ich Strom – allenfalls ohne lärmendes, stinkendes Verbrennungsmotoraggregat – und bin ich bereit, dafür einige tausend Franken aufzubringen? Bei netzgekoppelten Anlagen heisst die Antwort heute «nein», wenn es nur um die Wirtschaftlichkeit geht; hingegen können diese Anlagen energetisch und im Hinblick auf die Weiterentwicklung der Technologie sinnvoll sein.

Photovoltaik oder (thermische) Sonnenkollektoren?

Die Nutzung der Sonnenstrahlung mittels Kollektoren zur Wärmeengewinnung (vgl. «Heizung und Warmwasser») ist sogar bei heutigen Brennstoffpreisen in günstigen Fällen wirtschaftlich. Mit Blick auf die nähere Zukunft sind thermische Sonnenkollektoren zur Wassererwärmung und evtl. Heizungsunterstützung oft auch für normale Wohnbauten interessant. Die Realisierung von Photovoltaikanlagen mit Netzeinspeisung kommt hingegen eher bei besonderen Voraussetzungen in Frage, z.B. als Demonstrationsanlage.

Werden Photovoltaikanlagen subventioniert?

Subventionen des Bundes sind an besondere Voraussetzungen gebunden: zur Zeit werden z.B. Demonstrationsanlagen auf Schulhäusern unterstützt sowie unter Umständen Anlagen im Rahmen von Forschungs- und Pilotprojekten. Teilweise sind zudem Beiträge von Kantonen oder Gemeinden erhältlich; Auskunft geben die Energiefachstellen oder Bauämter.

Liefert die Anlage mehr Energie als ihre Herstellung erfordert?

Ja! Die in Herstellung und Montage von Photovoltaikanlagen «investierte» sogenannte «graue» Energie wird innert 4 bis 8 Jahren, je nach Solarzellen- und Anlageart, von der Anlage «zurückbezahlt», während die Anlagenlebensdauer auf mindestens 20 bis 30 Jahre veranschlagt wird. Da die Sonnenstrahlung selbst gratis ist, kann diese Energie-Rücklaufzeit oder Erntezeit nicht mit Zahlen von Anlagen verglichen werden, welche mittels kostenpflichtigen Energieträgern Strom erzeugen.

Welche Wirkungsgrade erreichen Solarzellen?

Je nach Zellentyp etwa 6 bis 14% für handelsübliche Solargeneratoren; bis gegen 30% für Laborzellen (vgl. Abschnitt 4.3). Ein Wirkungsgrad-Vergleich mit anderen technischen Apparaten ist nicht sinnvoll, weil ja die Sonnenstrahlung gratis ist! Hingegen lohnt es sich bei Solaranlagen, Preise und (wirkungsgradbedingte) Leistungen verschiedener Angebote zu vergleichen.



3 Grundlagen

3.1 Nutzung der Sonnenenergie

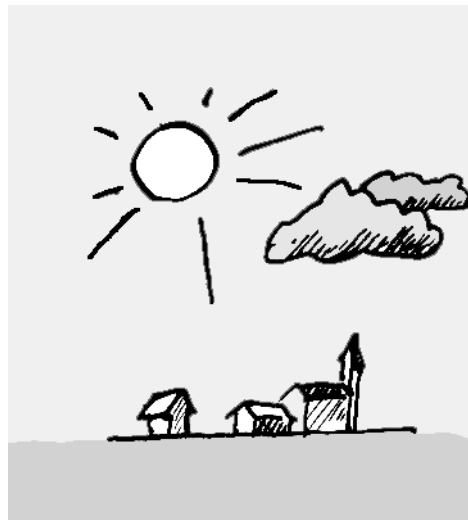
Die Sonnenenergie stammt aus Prozessen der Kernfusion (Kernverschmelzung) und ist nach menschlichen Zeitmassstäben unerschöpflich. Die Licht- und Wärme-Einstrahlung der Sonne auf die Erde entspricht etwa der 10'000fachen Energiemenge, welche die gegenwärtige Menschheit für ihre Aktivitäten braucht. Auf das Gebiet der Schweiz strahlt die Sonne etwa 200mal soviel Energie ab, wie die Schweiz für ihren Gesamtverbrauch (250 Mrd. kWh pro Jahr) benötigt.

Die Sonnenenergie als letztlich einzige erneuerbare Energiequelle wird auf verschiedene Arten energetisch genutzt:

- Passive Nutzung der Sonnenstrahlung (südwärtsgerichtete Fenster, Wintergarten)
- Niedertemperatur-Kollektorsysteme zur Warmwassererzeugung und für Heizzwecke
- Photovoltaikanlagen
- Solarthermische Kraftwerke

Was kommt von der Sonne?

Direkte Strahlungsnutzung



- Wärmepumpenanlagen für Heizzwecke und Warmwasser
- Wasserkraftwerke zur Stromerzeugung (früher auch für direkte Antriebe)
- Windenergieanlagen zur Stromerzeugung (früher auch Direktantriebe)
- Biogasanlagen mit Gas aus der Landwirtschaft, Kehrriichtdeponien, Kläranlagen etc. zur Wärme- und Stromerzeugung
- Holzfeuerungen zur Wärmeerzeugung.

Umgebungswärme

Wasserkraft

Wind

Biomasse

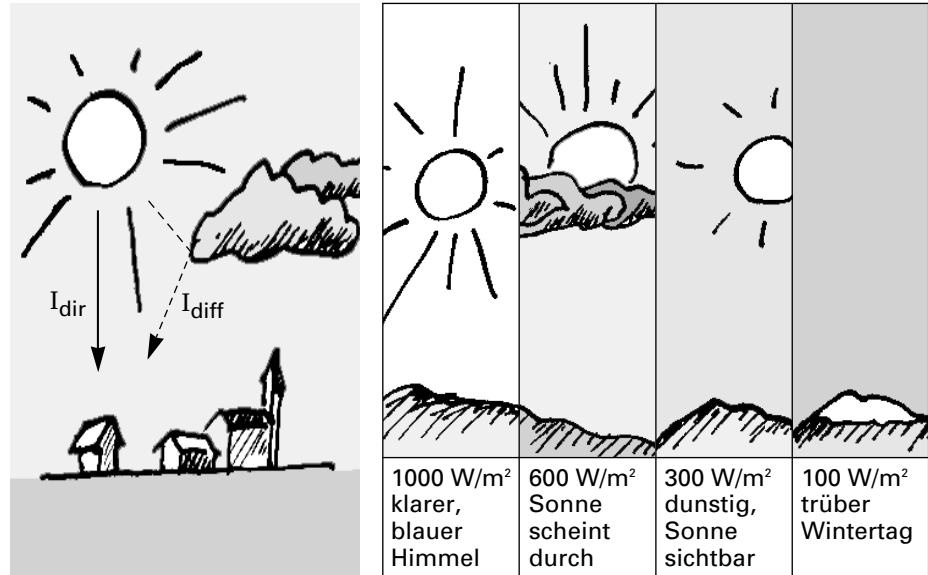


3.2 Strahlungsarten und -leistungen

Welche Strahlungsarten gibt es?

Die gesamte auf die Erde auftreffende Sonnenstrahlung bezeichnet man als Globalstrahlung. Sie gelangt als direkte und als diffuse Strahlung auf die Erdoberfläche. Die diffuse Strahlung ist derjenige Teil, der nicht direkt von der Sonne stammt, sondern von den Dunstteilchen der Atmosphäre gestreut und von den Wolken reflektiert wird.

Wie wird die Einstrahlung durch das Wetter beeinflusst?



Maximale horizontale Globalstrahlung in der Schweiz: $I_G \approx 1000 \text{ W/m}^2$. Sie setzt sich aus der direkten I_{dir} und der indirekten I_{diff} Sonnenstrahlung zusammen.

Auch an einem trüben Wintertag ist eine bestimmte Globalstrahlung vorhanden.

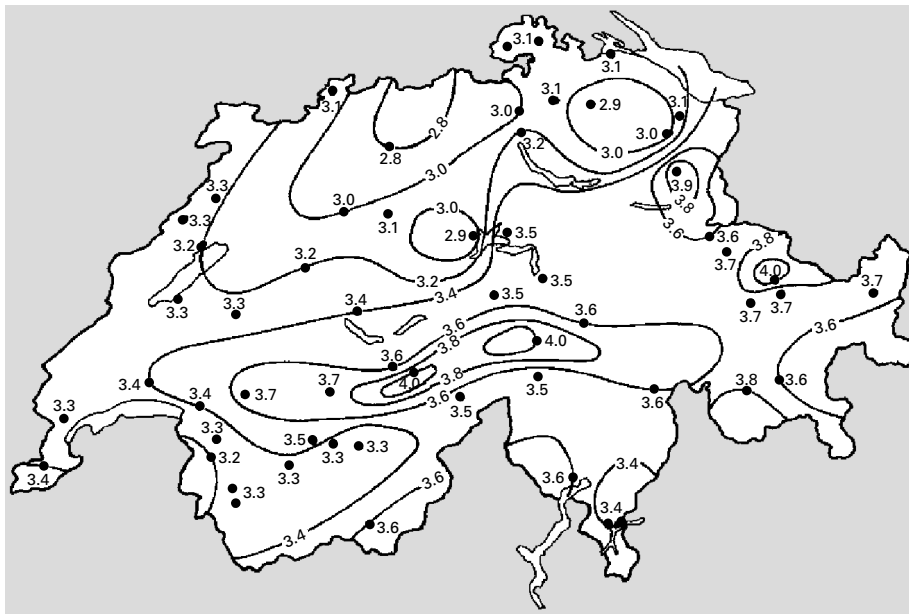
Welche Strahlungsstärke erreicht die Erdoberfläche?

Am äusseren Rand der Erdatmosphäre beträgt die Strahlungsleistung (Solarkonstante) im Mittel 1367 W/m^2 . Beim Durchgang durch die Erdatmosphäre wird sie durch Reflexion, Absorption und Streuung abgeschwächt. Im schweizerischen Mittelland kann man an sehr schönen, klaren Tagen um die Mittagszeit auf einer zur Strahlungsrichtung senkrechten Fläche eine Strahlungsleistung von etwa 1000 W/m^2 messen. Auf dem gleichen Breitengrad auf Meereshöhe sind es wegen der dickeren Luftschicht nur noch 835 W/m^2 . Im Hochgebirge hingegen können dank zusätzlicher Reflexionsstrahlung durch Schnee oder Wolken Spitzenwerte bis 1500 W/m^2 auftreten.

Wie gross ist die jährliche Einstrahlung in der Schweiz im Mittel und an geographisch unterschiedlichen Orten?

Die mittlere jährliche Einstrahlung beträgt in der Schweiz etwa 1100 kWh/m^2 und Jahr bzw. 3 kWh/m^2 und Tag. Darin enthalten ist auch die reduzierte Globalstrahlung, wenn die Sonne nicht direkt scheint.

Das folgende Bild zeigt die mittlere jährliche globale Einstrahlung auf einer horizontalen Fläche in der Schweiz in kWh/m^2 und Tag (bei optimaler Neigung sind 15 bis 30% höhere Werte erreichbar):



**Mittlere jährliche
globale Einstrahlung
[kWh/m²]**

Für die beste Strahlungsausbeute über das Jahr, bei fester Installation, muss die Ausrichtung möglichst nach Süden erfolgen; Abweichungen bis $\pm 45^\circ$ (Südost bis Südwest) haben nur kleine Einbussen zur Folge. Der optimale Neigungswinkel bezüglich der Horizontalfläche beträgt in Nebelgebieten $20\text{--}50^\circ$, in nebelfreien Gebieten $30\text{--}60^\circ$.

**Wie ist die Strahlung
von Orientierung und
Neigung abhängig?**



4 Solarzellen

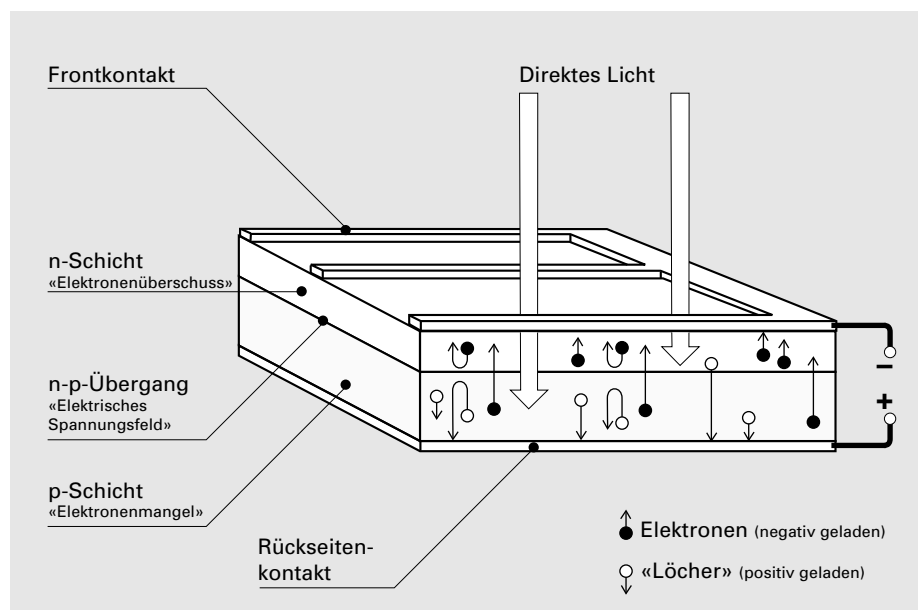
4.1 Funktion

Schon 1839 entdeckt

Bereits 1839 entdeckte der französische Physiker Becquerel (1820–1891) den photovoltaischen Effekt. Aber erst 1954 beobachteten amerikanische Forscher bei Dioden aus Silizium eine elektrische Spannung, wenn Licht auf die Oberfläche fiel. Und seit etwa 20 Jahren gelingt es, photovoltaische Zellen aus Silizium herzustellen, die den technischen Ansprüchen genügen. Als erste Anwendung kam wegen der hohen Kosten nur die Raumfahrt in Frage.

4.2 Photozellen

Wie funktioniert eine Photozelle?



Silizium-Solarzellen bestehen grundsätzlich aus zwei elektrisch entgegengesetzt «dotierten» Schichten. An ihrer Grenzzone (n-p-Übergang) werden die durch Bestrahlung «ausgelösten» Elektronen bzw. «Löcher» auseinandergetrieben, wodurch eine elektrische Spannung von etwa 0,6 V entsteht. Leitende Schichten bzw. Kontaktstreifen an Rück- und Frontseite der Zelle erlauben, den Strom abzunehmen und zu nutzen. Solarzellen liefern eine Gleichspannung. Es gelten folgende Eigenschaften:

Wie hängen Strahlungsstärke und elektrische Leistung zusammen ?

- Die Spannung ist praktisch konstant und damit fast unabhängig von der Bestrahlungsstärke.
- Die elektrische Leistung ist praktisch proportional von der Strahlungsleistung abhängig.



4.3 Arten von Solarzellen

Aufgrund theoretischer Überlegungen sollten im Labor Zellenwirkungsgrade von knapp 40% möglich sein. Die Praxis sieht noch anders aus. Man unterscheidet:

- **Monokristalline Zellen** (m-Si-Zellen), mit gleichmässig blau-schwarzer Oberfläche, Wirkungsgrad zurzeit 14–18%. Sie werden durch Zersägen eines gezogenen Silizium-Kristalls hergestellt.
- **Polykristalline Zellen** (p-Si-Zellen), auch multikristallin genannt, schimmern perlmutterartig blau-grau, Wirkungsgrad 10–14%. Die Herstellung erfolgt durch Zersägen eines gegossenen Kristalls.
- **Amorphe Zellen** (a-Si-Zellen), gleichmässig dunkle Oberfläche, für Stromversorgung von Kleingeräten wie Taschenrechner etc. Der Wirkungsgrad beträgt etwa 6–10%. Die Herstellung erfolgt durch Auftragen dünner Schichten auf ein Trägermaterial.

Die Leistung von Solarzellen gibt man als Spitzenleistung in W_P , kW_P oder MW_P (p=«peak») an. Dieser Wert gibt an, welche Leistung das Solarzellenfeld maximal abgibt, wenn die Einstrahlung 1000 W/m^2 bei 25°C Zelltemperatur beträgt.

Welches sind die wichtigsten Zellen-Typen?

Die Leistung von Solarzellen-«Wattpeak»

4.4 Solargeneratoren

Solargeneratoren, auch Solarmodule oder Panels genannt, sind betriebsbereite Einheiten. Sie bestehen in der Regel aus mehreren elektrisch verbundenen Solarzellen und erzeugen Gleichstrom. Durch Serie- oder Parallelschaltung von einzelnen Solarzellen lässt sich jede gewünschte Betriebsspannung oder Stromstärke der Module erreichen.

Heute erhältliche Module sind oft für die Aufladung von 12-Volt-Batterien ausgelegt. Die Leistung der einzelnen Panels (Module) liegt je nach Anzahl zusammengeschalteter Solarzellen zwischen 1 und 100 Watt. Zukünftige Bestrebungen gehen dahin, auch Module mit grösserer Leistung zu bauen. Dadurch könnte der Montage- und Verdrahtungsaufwand an Ort deutlich reduziert werden.

Die einzelnen Panels werden wiederum zu grösseren Einheiten, den Solarzellenfeldern zusammengefasst und gemäss gewünschter Betriebsspannung und Leistung untereinander verdrahtet.

Eine Photovoltaikanlage von 1 m^2 (Panelfläche) erzeugt eine Leistung von etwa 100 W_P und erbringt jährlich einen Energieeintrag von etwa 60 bis 140 kWh. Der tiefe Wert gilt für Anlagen im Mittelland bei nicht optimaler Orientierung, der hohe für optimal platzierte Anlagen in der Südschweiz oder den Alpen.

Eine handelsübliche Photovoltaikanlage mit einer Solarzellenfläche von 25 bis 30 m^2 erbringt eine Spitzenleistung von etwa 3 kW_P , und es lassen sich jährlich bei guter Besonnung 2400 bis 4000 kWh erzeugen. Dies sind gut zwei Drittel des durchschnittlichen Stromverbrauchs (ohne Warmwasserversorgung) eines Einfamilienhauses.

Solarmodule

Solarzellenfelder

Energieertrag

Beispiel



IPP © Sven Hartmann



5 Anlagentechnik

Generell unterscheidet man zwei Arten von Anlagen: sogenannte Netzverbund- und Insel-Anlagen.

Insel-Anlagen, auch autonome Anlagen genannt, werden typischerweise dort gebaut, wo kein öffentlicher Stromanschluss besteht. Die Energie muss meist in Batterien gespeichert werden. Zur Zeit werden auch verbreitet Kleinanlagen angeboten für Gartenlampen, Strassenlampen oder auch Überwachungsaufgaben etc..

Insel-Anlagen

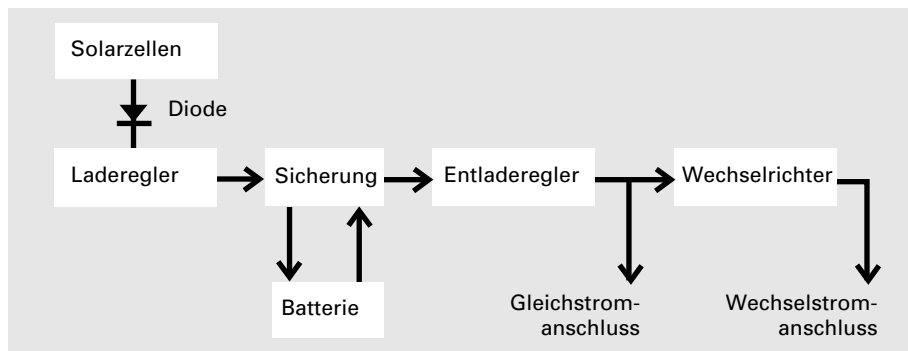
Netzverbund-Anlagen sind mit dem öffentlichen Stromnetz gekoppelt, d.h. die gewonnene Energie bzw. die Überschussenergie, wird direkt ins Netz eingespeisen. Dieser Anlagentyp besitzt daher keine Batterie.

Netzverbund-Anlagen

5.1 Insel-Anlage

Folgende Abbildung zeigt alle wichtigen Komponenten einer Inselanlage:

Komponenten einer Insel-Anlage



Das Solarzellenfeld besteht aus einem oder mehreren Solargeneratoren. Ein nachgeschalteter Laderegler verhindert ein Überladen der Batterie. Die Batterie speichert die Energie für sonnenlose Stunden. Sie ist mit einer Sicherung vor Kurzschlüssen geschützt. Der Entladeregler verhindert ein übermässiges Entladen der Batterie durch die angeschlossenen Verbraucher. Solarzellen erzeugen Gleichstrom, deshalb verwendet man so weit als möglich Gleichstrom-Geräte.

Viele solcher Geräte sind im Handel erhältlich: Leuchten, Kühlschränke, Kühltruhen, TV und Radio, Pumpen, Bohrmaschinen etc..

Sind Wechselstromverbraucher vorgesehen, ist ein Wechselrichter notwendig.

Die Auslegung einer Anlage richtet sich nach dem Anwendungszweck. Folgende grundsätzliche Punkte sind unbedingt zu Beginn der Planung abzuklären:

Dimensionierung einer Insel-Anlage

- Anzahl und Art der Verbraucher.
- Dauer des Einsatzes der Verbraucher.
- Systemautonomie: Dauer während der die Verbraucher ohne Einstrahlung ab Batterie betrieben werden können.
- Standort der Anlage zur Bestimmung der lokalen Strahlungswerte und Beschattungsverhältnisse.



Beispiel einer Insel-Anlage: Bausatz

Diese Ausgangsgrößen ermöglichen die Festlegung der Solarzellenfläche, des Systems und der notwendigen Speicherkapazität.

Lieferumfang eines kompletten Bausatzes mit Anleitung zur Selbstmontage:

- Solargenerator max. Leistung 53 Watt (~0.4 m² Panelfläche)
- Lade-/Entladeregler 8 A
- Batterie 12 V/110 Ah mit Sicherung
- Zubehör mit Kabel und Befestigungsmaterial
- Verbraucher:
 - Stromsparleuchte 5 W
 - Stromsparleuchte 11 W
 - Stromsparleuchte 2 x 11 W
 - Leselampe Halogen 20 W

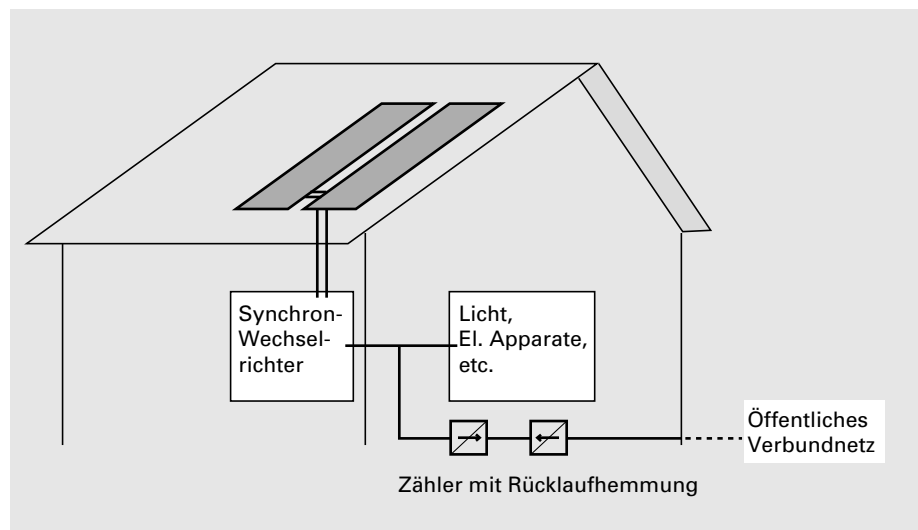
Preis: ca. Fr. 1850.–

Der Bausatz ist individuell ausbaubar. Mit der vollgeladenen Batterie können z.B. 3 Leuchten à 11 W während rund 36 h ohne Nachladung betrieben werden. Die Batterie (üblich sind Blei-Akkumulatoren) ist das einzige Element einer Insel-Anlage, welches regelmässige Wartung erfordert. Ihre Lebensdauer beträgt je nach Betriebsweise (keine Tiefentladung!) und Qualität 6 bis 10 Jahre.

5.2 Netzverbund-Anlagen

Folgende Abbildung zeigt das Prinzip einer Netzverbund-Anlage:

Komponenten einer Netzverbund-Anlage





Das Solarzellenfeld ist mit einem Synchron-Wechselrichter gekoppelt, welcher den Gleichstrom in einen Wechselstrom von 230 Volt Spannung umrichtet. Der von den Verbrauchern nicht benötigte Strom wird über einen Zähler ins öffentliche Verbundnetz eingespeisen.

Die Wahl der Grösse einer Anlage richtet sich meist nach den zulässigen Gesamtkosten. Die typische Anlagengrösse für Einzelgebäude liegt bei 3 kW. Netzverbund-Anlagen dieser Leistung sind heute standardisiert und werden «ab Stange» geliefert. Der Planungsaufwand ist relativ gering. Wichtig ist eine genaue Leistungs-Abstimmung von Solarzellenfeld und Wechselrichter. Beim Anlagenbau ist die fachgerechte Montage insbesondere auf Dächern und bei den Elektroinstallationen zu gewährleisten.

Die Gesamtkosten einer solchen Anlage inklusive Montage und Planung belaufen sich auf rund 18 Fr. pro Watt installierter Leistung, also auf rund 55 000 Fr. für eine 3-kW-Anlage. Die Kosten pro Watt steigen bei kleineren Anlagen, während sie bei wesentlich grösseren Anlagen sinken.

Da sich auch grössere Anlagen problemlos in einzelne Felder aufgliedern lassen, sind verschiedenste Montageorte denkbar:

- Schrägdächer
- Flachdächer (auf Ständern)
- Fassaden (integriert, auch streifenweise bzw. auf Markisen etc.)
- Infrastrukturanlagen, z.B. auf Schallschutzwänden an Verkehrswegen
- im Gelände (auf hohen Ständern zum Schutz vor Beschädigung...)

Planung einer Netzverbund-Anlage

Kosten einer Netzverbund-Anlage

Montageorte von Netzverbund-Anlagen



**Beispiel:
Solarfassade (6 kW)**



**Beispiel:
Dachintegrierte Solar-
zellenanlage (2,5 kW)**





6 Wirtschaftlichkeit

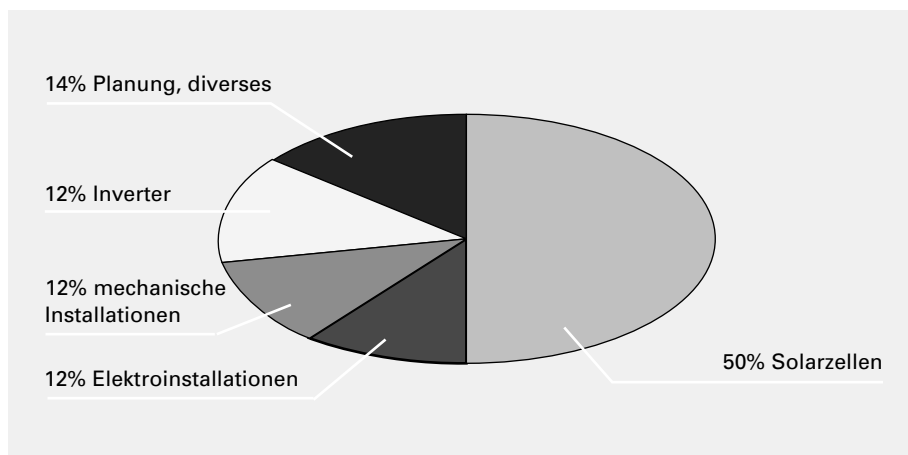
In der Schweiz sind heute die meisten ortsfesten Energieverbraucher am elektrischen Netz angeschlossen. Trotzdem gibt es zahlreiche autonome Stromverbraucher, für die eine Inselphotovoltaikanlage eine wirtschaftliche Lösung darstellt.

Abgelegene Gebäude wie z.B. Alphütten, SAC-Hütten oder Ferienhäuser sind oft nicht ans öffentliche Netz angeschlossen. Den Kosten einer Photovoltaikanlage stehen in diesen Fällen die meist höheren Kosten für den Anschluss ans Netz gegenüber. Die «Alternative» zum Solarstrom wäre in vielen Fällen Strom von Diesellaggregaten mit all den Nachteilen wie:

- aufwendige Herbeischaffung des Treibstoffes
- permanenter Wartungsaufwand
- Lärm- und Geruchsemissionen
- Abgasproblematik

Die Stromkosten pro verbrauchte kWh betragen bei Inselanlagen einige Franken und sind stark von der Auslastung abhängig. Ein Vergleich mit Netz-Strompreisen ist wenig sinnvoll, da das Netz eben fehlt.

Die Gesamtkosten von gebäudeintegrierten Netzverbundanlagen setzen sich etwa wie folgt zusammen:



Bei spezifischen Kosten von rund 20 Fr. und einem Jahresertrag von rund 1 kWh pro Watt installierter Leistung betragen die Investitionskosten pro erzeugte Jahres-kWh rund 20 Fr. Rechnen wir mit 25 Jahren Amortisationszeit und 5% Zins, so ergeben sich ein Annuitätsfaktor von 7,1% und damit Stromkosten von 1,42 Fr./kWh. Je nach Anlagengrösse und jeweiligen Gegebenheiten, lassen sich heute Werte im Bereich von 0,8 bis 2 Fr. errechnen. Natürlich liegen diese Zahlen weit über den aktuellen Stromkosten üblicher Erzeugeranlagen. Dabei ist zu bedenken:

- Die Zellenpreise – wichtigster Kostenfaktor – dürften zukünftig stark sinken, wenn neuartige grosstechnische Produktionstechnologien eingesetzt werden.
- Die Strompreise aus konventionellen Quellen werden aus verschiedenen Gründen weiter steigen; z.B. wegen der Erneuerung von Wasserkraftanlagen und Umweltschutzaufgaben bei thermischen Kraftwerken. Schon heute werden Anlagen erstellt, welche Strom zu wesentlich über 20 Rp/kWh produzieren.

Insel-Anlagen

Kostbare Kilowattstunden

Kostenstruktur von Netzverbund-Anlagen

Stromkosten von Netzverbund-Anlagen



- Werden die – heute nicht erfassten – Umweltbelastungs-Kosten konventioneller Kraftwerke berücksichtigt, so ist eine Annäherung der zukünftigen Stromkosten von photovoltaisch und anders erzeugtem Strom innert 10 bis 20 Jahren vorstellbar.

7 Potentiale und Perspektiven

Ziele von «Energie 2000»

Die Aktionsgruppe «regenerierbare Energien» des Programms Energie 2000 erwartet in ihrer Zielsetzung für das Jahr 2000 eine photovoltaische Stromproduktion von 50 Millionen kWh, also gut 1 Promille des heutigen Landesverbrauchs. Dafür müssen total etwa 50 000 kW Solarzellenleistung bzw. 500 000 m² Panels installiert werden. Davon waren anfangs 1994 erst etwas über 6% in Betrieb. Es bleibt also viel zu tun!

Technische Grenzen?

Die Verfügbarkeit von geeigneten Montageflächen dürfte auch langfristig kein ernsthaftes Hindernis darstellen: Die gesamte Dachfläche nur schon der Wohnbauten der Schweiz wird auf 76 Millionen m² veranschlagt. Auch wenn nur 10% davon mit Panels belegt würden, ergäbe dies die 15fache Leistung des Energie-2000-Zieles. Auch die Frage der Energiespeicherung lässt sich auf weite Sicht positiv beantworten: Das schweizerische und europäische Verbundnetz dürften dank Netzsteuerung und bestehenden Speicherkraftwerken photovoltaische Einspeisungen in der Grössenordnung von 10% des Verbrauches problemlos verarbeiten können. Ein wirkliches technisches Problem könnte in der begrenzten Liefer- und Bereitstellungskapazität der Herstellerfirmen liegen, um die erwünschte rasche Zunahme des Anlagenbaus bewältigen zu können.

Grenzen der Nachfrage

Um das mit Energie 2000 angestrebte Photovoltaik-Ziel und darüberhinaus einen langfristig grösseren Beitrag zur Stromversorgung zu erreichen, ist eine stark steigende Nachfrage nach Photovoltaik-Anlagen erforderlich. Zur Zeit sind die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen dafür nicht gegeben. Umso wichtiger ist die Nachfrage von besonders motivierten Bauherren und von Institutionen im Rahmen von unterstützten Pilot- und Demonstrationsprojekten, damit Technologie und Know-how der Photovoltaik weiterentwickelt werden können.



Literatur

- [1] Photovoltaik, H. Häberlin, AT-Verlag (ISBN 3-85502-434-0)
- [2] Praxis mit Solarzellen, U. Muntwyler, RPB 204
- [3] Solarhandbuch Muntwyler Energietechnik AG
- [4] Solare Stromversorgung, Ladener Heinz, Ökobuch Verlag (ISBN 3-922964-28-1)
- [5] Lehrerdokumentation Solarenergie, Ausgabe 1988
- [6] Tagungsband Sofas, Photovoltaiktagung 1993
- [7] Photovoltaik und Architektur, O. Humm, P. Toggweiler, Birkhäuser 1993 (ISBN 3-7643-2891-6)
- [8] Photovoltaik – Grundlagen, Montage und Einspeisung, Impulsprogramm PACER 1991, EDMZ Nr. 724.242 d
- [9] Photovoltaik – Planungsunterlagen für autonome und netzgekoppelte Anlagen, PACER 1992, EDMZ Nr. 724.243 d
- [10] Dachmontagesysteme in der Photovoltaik, PACER 1993, EDMZ Nr. 724.246 d

[illegible]



9 Adressen und Subventionen

Energieberatungsstellen mit CH-Gerätedatenbank	3
Öffentliche Energieberatungs- und Energiefachstellen	7
Energiepolitische Fördermassnahmen gegliedert nach Kantonen und Anwendungen	15
Eigene Adressen und Notizen	23



Energieberatungsstellen mit CH-Gerätedatenbank

AG	AEW Aargauische Elektrizitätswerke Obere Vorstadt 40 5001 Aarau	Telefon	064-26 23 54
		Fax	064-26 24 40
BE	BKW Bernische Kraftwerke AG Viktoriaplatz 2 3000 Bern 25	Telefon	031-330 51 11
		Fax	031-330 56 35
	EWB EW der Stadt Bern Beratung und Information Monbijoustrasse 11 3011 Bern	Telefon	031-321 33 86
	SKS Stiftung für Konsumentenschutz Frau Simonetta Sommaruga Monbijoustrasse 61 3007 Bern	Telefon	031-371 34 44
	Elektra Fraubrunnen Bernfeldweg 15 3303 Jegenstorf	Telefon	031-761 15 51
		Fax	031-761 10 97
BL	Amt für Umweltschutz und Energie Rheinstrasse 29 4410 Liestal	Telefon	061-925 55 18
		Fax	061-921 01 18
	EBL Elektra Baselland Mühlemattstrasse 6 4410 Liestal	Telefon	061-926 11 11
		Fax	061-921 15 82
	EBM Elektra Birseck Münchenstein Weidenstrasse 27 4142 Münchenstein	Telefon	061-415 41 41
BS	Industrielle Werke Basel Abt. Energieberatung Postfach 4008 Basel	Telefon	061-20 51 40
		Fax	061-20 51 80
FR	Entreprises Electriques Fribourgoises Pérolles 25 1700 Fribourg	Telefon	037-20 11 11
		Fax	037-22 39 34



GE	Office cantonale de l'énergie Case postale 252 1211 Genève 3	Téléphone 022-319 23 40 Fax 022-310 29 25
	Services Industriels de Genève 1211 Genève 11	Téléphone 022-320 88 11
GR	Elektrizitätswerke Bündner Oberland AG 7130 Ilanz	Telefon 081-925 26 26
LU	CKW Centralschweizerische Kraftwerke Hirschengraben 33 6002 Luzern	Telefon 041-26 51 07 Fax 041-26 50 66
	Städtische Werke Luzern Postfach 4470 6002 Luzern	Telefon 041-49 41 11 Fax 041-49 42 06
NE	ENSA Electricité Neuchâteloise Les Vernets 2035 Corcelles/NE	Téléphone 038-32 41 11 Fax 038-31 69 62
	Ville de Neuchâtel Fgb. de l'Hôpital 4 2001 Neuchâtel	
NW	Kant. EW Nidwalden Wilgasse Oberdorf 6370 Stans	Telefon 041-63 21 41 Fax 041-61 67 66
OW	EW Obwalden Stanserstrasse 8 6064 Kerns	Telefon 047-66 00 33
SG	SAK St. Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG Pestalozzistrasse 6 9001 St. Gallen	Telefon 071-29 51 51
	Technische Betriebe Wil Werkstrasse 1 9500 Wil	Telefon 073-22 05 06 Fax 073-22 41 53
SH	Elektrizitätswerke des Kantons Schaffhausen Rheinstrasse 37 8201 Schaffhausen	Telefon 053-83 55 55 Fax 053-83 52 03



SO	AEK Gesellschaft des Aare- und Emmenkanals Westbahnhofstrasse 3 4502 Solothurn	Telefon	065-24 84 61
TG	Energiefachstelle des Kantons TG Verwaltungsgebäude 8500 Frauenfeld	Telefon	054-24 25 80
	Elektrizitätswerk der Stadt Frauenfeld Gaswerkstrasse 13 8503 Frauenfeld 3	Telefon Fax	054-24 53 30 054-21 79 68
	Infoenergie c/o FAT 8356 Tänikon	Telefon	052-62 34 85
VD	Société Romande d'Electricité Rue du Lac 118 1815 Clarens	Téléphone Fax	021-989 11 11 021-989 64 90
	Fédération romande des consommatrices Rue de Genève 7 1002 Lausanne	Téléphone Fax	022-321 32 17 021-312 80 04
	Service industriels Lausanne Rue de Genève 52 Case postale 312 1000 Lausanne	Téléphone Fax	021-315 81 11 021-315 83 58
	CVE Compagnie Vaudoise d'Electricité Rue de Lausanne 57 1110 Morges	Téléphone Fax	021-802 01 11 021-801 65 75
VS	Elektrizitätswerk Ernen-Mühlebach AG 3995 Ernen	Telefon Fax	028-71 26 75 028-71 40 66
ZG	Wasserwerke Zug AG Poststrasse 6 6301 Zug	Telefon Fax	042-23 14 14 042-21 17 55
ZH	Elektrizitätswerk Küsnacht Tobelweg 4 8700 Küsnacht	Telefon Fax	01-913 13 51 01-910 30 16
	Gemeindewerk Meilen Schulhausstrasse 18 8706 Meilen	Telefon Fax	01-923 37 37 01-923 57 28
	Städtische Werke Winterthur 8402 Winterthur	Telefon Fax	052-267 61 05 052-267 61 60



	EKZ Energieberatungsstelle Dreikönigstrasse 18 Postfach 8022 Zürich	Telefon Fax	01-207 53 65 01-202 46 40
	EWZ Elektrizitätswerk der Stadt Zürich Beatenplatz 2 8023 Zürich	Telefon Fax	01-241 17 00 01-211 27 08
	Konsumentinnenforum Schweiz Postfach 8024 Zürich	Telefon Fax	01-252 39 14 01-261 12 79
FL	Liechtensteinische Kraftwerke 9494 Schaan	Telefon Fax	075-6 01 65 075-2 22 03



Öffentliche Energieberatungs- und Energiefachstellen

Kanton AG

Energieberatungsstelle
Rheinfelden
Tel. 061/831 40 60
Fax. 061/831 28 86

Peter Hauser
Pulverweg 15
4310 Rheinfelden

Energieberatungsstelle
Zofingen
Tel. 062/50 91 02
Fax. 062/50 91 05

Andreas Fuchs
Regionalzentrum Kusterei
Thutplatz 19
4800 Zofingen

Energieberatungsstelle
Küttigen
Tel. 064/37 15 19

Arthur Gerteis
Gemeindeverwaltung
5024 Küttigen

Energieberatungszentrale
Mittelland
Tel. 056/41 60 80
Fax. 056/41 20 15

INFOENERGIE
Kindergartenstr. 1
PF 310
5200 Brugg

Energieberatungsstelle
oberes Fricktal
Tel. 064/61 55 02

Urs Zehnder
Gemeindehaus
5262 Frick

Energieberatungsstelle
Region Baden-Wettingen
Tel. 056/22 86 03

Heinz Imholz
Ehrendingerstr. 42
5400 Ennetbaden

Energieberatungsstelle
Untersiggenthal
Tel. 056/28 12 33

F. Wassmer
Bauverwaltung
5417 Untersiggenthal

Energieberatungsstelle
Unteres Bünztal/
Rohrdorferberg/Reusstal
Tel. 056/91 17 72

Georges Schön
Bauverwaltung
5507 Mellingen

Energieberatungsstelle
Lenzburg und Umgebung
Tel. 064/51 96 51
Fax. 064/51 70 57

Baumann & Waser AG
Kurt Baumann
Augustin-Keller-Str. 22
5600 Lenzburg

Energiefachstelle
064/21 17 09

Dr. Peter Hess
Laurenzenvorstadt 9
Postfach
5001 Aarau

Kanton AI

Landesbauamt
Appenzell Innerrhoden
Tel. 071 /87 13 73 (int.65)
Fax. 071/87 13 66

Fachstelle für Energie
Bernhard Senn
Blattenheimatstrasse 2B
9050 Appenzell



Kanton AR

Kantonale Energiefachstelle
Tel. 071/53 65 34
Fax. 071/52 12 77

Ralph Boltshauser
Kasernenstr. 17
9102 Herisau

Kanton BE / Canton BE

Energieberatungsstelle
Seeland
Tel. 032/22 23 53

Kurt Marti
Bahnhofstr. 38
2502 Biel

Service d'information
sur les économies d'énergie
du Jura Bernois
Tel. 039/44 18 40
Fax. 039/44 16 33

Daniel Sauser
Case postale 85
2608 Courtelary

Energieberatungsstelle Bern
Tel. 031/352 57 59
Fax. 031/351 25 87

IBE
Andreas Wyss
Höheweg 17
3006 Bern

Energieberatungsstelle
Aare- und Kiestal
Tel. 031/721 56 27

Ernst Thomann
Sägegasse 2
3110 Münsingen

Energieberatungsstelle
Oberes Emmental
Tel. 035/2 24 94

Peter Kast
Burgdorfstr. 1
3550 Langnau

Energieberatungsstelle
Burgdorf
Tel. 034/23 12 23
Fax. 034/22 89 08

Roland Lugeon
Kirchbergstr. 189
3401 Burgdorf

Energieberatungsstelle
Thun/Innertport, Gürbe-
und Kandertal
Tel. 033/25 85 03
Fax. 033/25 85 30

Urs Neuenschwander
Markus Hänni
Scheibenstr. 9
3601 Thun

Energieberatungsstelle
Saanen
Tel. 030/4 53 52
Fax. 030/4 63 05

Otto Rychener
Bauverwaltung
3792 Saanen

Energieberatungsstelle
Oberland Ost
Tel. 036/51 37 77
Fax. 036/51 41 61

Peter Michel
Oberdorfstr. 4
3855 Brienz

Energieberatungsstelle
Obaargau
Tel. 063/23 22 21
Fax. 063/22 63 41

Karl Nenadal
Waldhofstr. 1
4900 Langenthal/BE



Wasser- und Energiewirtschaftsamt
Abt. Energiewirtschaft
Tel. 031/633 38 42
Fax 031/633 38 50

Ernst Jakob
Reiterstrasse 11
3011 Bern

Kanton BL

Energieberatung
Münchenstein
Tel. 061 /415 41 41

Elektra Birsek
Weidenstrasse 27
4142 Münchenstein

Energiefachleute
beider Basel

Postfach 1034
4153 Reinach

Energieberatungsstelle
Tel. 061/921 11 11

Elektra Baselland
Mühlemattstr. 6
4410 Liestal

Energiefachstelle BL
Amt für Umweltschutz und Energie
Tel. 061 /925 55 24
Fax. 061 /925 69 84

Rheinstrasse 29
4410 Liestal

Amt für Umweltschutz und Energie
Hauptabt. Energie
Tel. 061/925 55 21
Fax 061/925 55 24

Peter Stucki
Rheinstrasse 29
4410 Liestal

Kanton BS

Energieberatungsstelle IWB
Tel. 061 /275 51 78

Bruno Saner
Steinenvorstadt 14
Postfach
4008 Basel

Amt für Energie und
technische Anlagen
Tel. 061/267 67 76
Fax 061/267 93 86

Dr. Helmut Schweikert
Münsterplatz 14
4001 Basel

Canton FR / Kanton FR

Département des transports et de
l'énergie
Tel. 037/25 28 46
Fax. 037/25 28 48

Laurent Senn
Chef de section énergie
Rue des Chanoines 17
1700 Fribourg

Service d'information sur les
économies d'énergie
Tel. 037/21 73 25

Maurice Egger
Direction de l'Edilite
Grand-Rue 37
1700 Fribourg

Energieberatungsstelle
Düdingen
Tel. 037/43 24 24
Fax 037/43 45 61

Arnold Zurkinden
Gemeindebauamt
3186 Düdingen



Energieberatung Murten
Tel. 037/72 63 00
Fax 037/72 63 99

Industrielle Betriebe
Rathausgasse 8
3280 Murten

Canton GE

Centre d'information sur
l'énergie
Tel. 022/319 23 23

Rue Puits-Saint-Pierre 4
1204 Genève

Kanton GL

Kantonale Energiefachstelle
Tel. 058/63 63 66
Fax 058/61 23 28

Rudolf Jenny
Kantonale Baudirektion
8750 Glarus

Kanton GR

Energiefachstelle Graubünden
Tel. 081/21 36 22
Fax 081/21 21 60

Amt für Energie Graubünden
Balz Lendi
Stadtgartenweg 11
7001 Chur

Verband Ostschweizer
Bau- und Energiefachleute VOB
Tel. 081/27 65 23

Walter Schmid
Postfach 685
7002 Chur 2

Canton JU

Service des transports
et de l'énergie
Tel. 066/21 53 89
Fax 066/22 76 18

Gerald Kaech
2, rue des Moulins
2800 Delémont

Kanton LU

Luzerner Beratungsstelle
für Energiefragen LUBEF
Tel. 041 /42 93 58

Postfach 3069
6002 Luzern

Kantonale Fachstelle
für Energiefragen
Tel. 041/24 61 46
Fax 041/24 66 90

Leonhard Buchecker
Löwengraben 14
6002 Luzern

Canton NE

Section de l'urbanisme
Tel. 038/20 76 60
Fax 038/20 76 79

Olivier Neuhaus
Faubourg du Lac 3
2001 Neuchâtel

Service cantonal de l'énergie
Tel. 038/22 35 54/55
Fax 038/30 13 80

Jean-Luc Juvet
Rue de Tivoli 5
Case postale 24
2003 Neuchâtel



Centre d'information et de
conseil en énergie C.I.E.
Tel. 038/41 35 25
Fax 038/41 13 92

INFOENERGIE Romandie
c/o Centre cantonal de
formation professionnelle
2013 Colombier

Centre regional d'information
sur les econom. d'énergie C.R.I.E.E.
Tel. 039/27 64 75
Fax 039/27 64 69

Pierre Berger
Maurice Grünig
Passage Leopold-Robert 3
2300 La Chaux-de-Fonds

Kanton NW

Energiefachstelle des
Kantons Nidwalden
Tel. 041/61 30 20
Fax 041/61 30 80

Ing. Büro
Fred Waser
Obere Turmatt 4
6370 Stans

Kanton OW

Energieberatung Obwalden
Tel. 041 /66 93 63
Fax 041/66 71 91

Dorfplatz 4
6060 Sarnen

Kanton SG

Energiesparzentrum
Tel. 071/23 32 70

Blumenbergplatz 9
9000 St. Gallen

Amt für Umweltschutz
Abt. Energie
Tel. 071/21 31 81
Fax 071/21 39 64

Franz Siedler
Sternackerstrasse 7
9001 St. Gallen

Energieberatungsstelle
der Stadt St. Gallen
Tel. 071 /21 56 92
Fax 071 /23 68 75

Dr. Johannes Schimmel
Sonnengartenstr. 6
9001 St. Gallen

Kanton SH

Energieberatertelefon
des Kantons Schaffhausen
Tel. 053/24 77 24

Energiefachstelle
Tel. 053/82 73 58
Fax 053/24 29 02

Kantonales Baudepartement
Roland Emhardt
Beckenstube 11
8200 Schaffhausen

Kanton SO

Energieberatungsstelle
Grenchen, Büren, ob. Bucheggberg
Tel. 065/52 89 71

Zwinglistr. 10
2540 Grenchen



Energieberatung
Solothurn und Umgebung
Tel. 065/24 84 65

Westbahnhofstr. 3
4502 Solothurn

Energie- und Umweltberatung
äusseres Wasseramt
Tel. 065/42 20 63

Martin Messerli
Hauptstr. 39
4552 Derendingen

Energie- und Umweltberatung
Olten
Tel. 062/34 81 11

Thomas Ilg
Stadthaus
Postfach
4603 Olten

Energiefachstell
Volkswirtschaftsdepartement
Tel. 065/21 24 44
Fax 065/21 29 81

Urs Stuber
Rathaus
4500 Solothurn

Kanton SZ

Energieberater Küssnacht

Postfach 121
6403 Küssnacht

Baudepartement
des Kantons Schwyz
Energiefachstelle
Tel. 043/24 25 17
Fax 043/24 25 18

Beat Voser
Bahnhofstrasse 9
6430 Schwyz

Verein für Energiefragen
Region Einsiedeln

Sekretariat Bezirksverwaltung
Postfach 161
8840 Einsiedeln

Verein für Energieberatung
March-Höfe
Tel. 055/63 16 00
Fax 055/63 29 00

8853 Lachen

Cantone TI

Ufficio risparmio energetico
Tel. 092/24 37 33
Fax. 092/24 37 36

Sezione protezione aria e acqua
6500 Bellinzona

Centrale di consulenza
Tel. 092/24 37 40
Fax 092/24 37 36

INFOENERGIA Ticino
Bruno Vitali
Dipartimento del territorio
6500 Bellinzona

Kanton TG

Energieberatungsstelle
Hinterthurgau
Tel. 052/62 34 85
Fax 052/62 34 89

Robert Uetz
c/o INFOENERGIE
8356 Tänikon



Energieberatungsstelle
Frauenfeld
Tel. 054/21 92 82

Hochbauamt Stadt Frauenfeld
Josef Kessler
Schlossmühlestr. 7
8500 Frauenfeld

Energieberatungsstelle
der Gemeinde Weinfelden
Tel. 072/22 49 22

Paul Roth
Bauverwaltung Rathaus
8570 Weinfelden

Energieberatungsstelle
der Gemeinde Amriswil
Tel. 071/67 13 31

Rolf Scheurer
Bauverwaltung
8580 Amriswil

Energieberatungsstelle
der Gemeinde Romanshorn
Tel. 071 /63 12 82

Hansjörg Stibi
Bauverwaltung
8590 Romanshorn

Energieberatungsstelle
Arbon
Tel. 071/46 33 22

Peter Binkert
Rathaus
9320 Arbon

Energiefachstelle
Amt für Wirtschaft, Energie und Verkehr
Tel. 054/24 24 02
Fax 054/24 29 19

Sven Frauenfelder
8500 Frauenfeld

Kanton UR

Amt für Energie
Tel. 044/4 26 20
Fax 044/4 26 10

Gerhard Danioth
Klausenstrasse 2
6460 Altdorf

Canton VS / Kanton VS

C.R.E.M.
Tel. 026/22 64 06
Fax 026/22 99 77

Rue des Morasses 5
1920 Martigny 1

Kantonale Dienststelle für Energie
Tel. 027/21 68 86
Fax 027/21 68 85

Moritz Steiner
Avenue du Midi 7
1950 Sion

Energieberatungsstelle
der Region Brig, östl. Raron
Tel. 028/23 36 13
Fax 028/23 06 03

Leo Arnold
3912 Termen

Energieberatungsstelle
der Region Goms
Tel. 028/71 17 30
Fax 028/71 17 66

Christian Imhof
3995 Ernen

Kanton ZG

Vereinigung Zuger Energieberater
Tel. 042/22 29 10

Gilbert Chapuis
Weinbergstrasse 34
6300 Zug



Kantonale Baudirektion
Energiefachstelle
Tel. 042/25 33 02
Fax 042/25 33 92

Dr. Max Gisler
Verwaltungsgeb. 1 an der Aa
Aabachstrasse 5
Postfach 897
6301 Zug

Kanton ZH

Schweizer Baumuster-Centrale
Tel. 01 /211 76 88/89
Beratung nach Voranmeldung

S. Müller
Talstrasse 9
8001 Zürich

Energie-Berater-Verein
des Kantons Zürich
Tel. 01/251 20 20
Fax. 01 /422 44 96

Münchsteig 10
8008 Zürich

Zürcher Energieberatung
Tel. 01/212 24 24
Fax. 01/212 19 30

Beatenplatz 2
Postfach 6928
8023 Zürich

Energieberatungsstelle
der Stadt Winterthur
Fachstelle für Energie
Tel. 052/267 54 50

Stadtverwaltung Winterthur
Departement Bau
Technikumstr. 81
8402 Winterthur

Energieberatungsstelle
Wädenswil
Tel. 01/783 83 24
Fax. 01 /783 81 25

Thomas Reichlin
Bauamt
8820 Wädenswil

Amt für technische Anlagen
und Lufthygiene
Tel. 01/259 41 70
Fax 01/259 42 80

Dr. Ruedi Kriesi
Stampfenbachstrasse 12
8090 Zürich

Fürstentum Liechtenstein

Amt für Volkswirtschaft
Energiefachstelle
Tel. 075/6 61 11
Fax 075/6 68 89

9490 Vaduz



Energiepolitische Fördermassnahmen gegliedert nach Kantonen und Anwendungen



Kanton	Art der Förderung	Leistungen	Dauer	Finanzierung	Benötigtes Personal	Kontaktstelle
ZH	Anlagen, die Strom aus erneuerbaren Energien erzeugen. Anlagen und Massnahmen, die den Elektrizitätsverbrauch mindern. Anlagen und Geräte, die Elektrizität besonders sparsam nutzen. Anlagen, die Umgebungs- und Abwärme nutzen. Analysen, die Aufschluss über Strom- oder Energiesparmassnahmen geben. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum Thema der rationalen Elektrizitätserzeugung oder Verwendung.	Beiträge werden als Investitionsbeiträge ausgerichtet. Sie werden anhand der Mehrkosten der gewählten Lösung gegenüber einer konventionellen Lösung gemessen. Für Anlagen und Massnahmen dürfen sämtliche Beträge 50% der Mehrkosten nicht überschreiten. Beträge unter Fr. 500.– werden einzeln nicht ausgerichtet.	seit 1. 12. 1991	Aus dem Gewinn des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich		EWZ, elexpo, Beatenplatz 2, 8001 Zürich, Tel. 01/319 49 60
	Entscheidungsgrundlage erstellt, aber kein politischer Beschluss «Beitrag des Kantons ZH zum Programm Energie 2000 des Bundes», 1993					ATAL, Kant. Energiefachstelle, Stampfenbachstrasse 12, 8090 Zürich Dr. R. Kriesi Tel. 01/259 41 70
BE	Energiekonzepte Info und Beratung Erneuerbare Energie und rat. Energienutzung (Sonne, Wind, Biomasse inkl. Holz, Umgebungs- und Erdwärme, Abfälle etc.) Erdgasversorgung und Fernwärmeversorgung	an Gemeinden: 50–60% der anrechenbaren Kosten jährliche Beiträge an Betrieb Feste Liste (Berner Modell), z.B. zur Zeit Fr. 150.–/m ² Solartherm., Fr. 24.–/kW peak, Photovoltaik Staatliche Leistungen, von Fall zu Fall	seit 1987	allg. Staatskasse max. 6 Mio. Fr./a	1 (kleine Anlagen) 1/2 (grosse Anlagen)	Wasser- und Energiewirtschaftsamt Abt. Energiewirtschaft Reiterstrasse 11 3011 Bern W. Kubik Tel. 031 633 38 41



Kanton	Art der Förderung	Leistungen	Dauer	Finanzierung	Benötigtes Personal	Kontaktstelle
BS	Isolation inkl. Fenster (Altbauten), WKK-Anlagen, Wärmerückgewinnung Nutzung von Sonnen- und Windenergie, Erd- und Umgebungswärme Fernwärme neue Technologien, Energieberatung, Energiesparkonzepte mehrerer Anlagen und Gebäude	zw. 4.80 und 24.– Fr./m ² je nach Einsparung (max. 20% der Investitionsausgaben) Sonnenenergie max. 40% Minimalbeitrag Fr. 200.– 1993: Pauschalsätze für Isolation und Fernwärmean-schlüsse, Rückliefertarife	seit 1985 Rev. 1993	Zuschlag auf El.-Preis von 4%		Maschinen- und Heizungsamt Basel-Stadt Münsterplatz 14 4000 Basel K. Völlmin Tel. 061/267 93 85
BL	Neue Techniken, eher P&D-Charakter etwa 120 Projekte gefördert	In der Regel einmaliger Beitrag, je nach Jahresmehrkosten Erfolgskontrolle min. 3 Jahre	seit 1979	allg. Staatskasse: 9 Mio. Fr. ab 1993 10 Mio. Fr. (Wirtsch.-förd.-fonds)	1 (75%)	Amt für Umweltschutz und Energie Rheinstrasse 29 4410 Liestal M. Graf Tel. 061/925 55 24
GR	Massnahmen an bestehenden Bauten (Anreizmodell) Pilot- und Demoanlagen Studien und Untersuchungen Massnahmen an Anlagen (öffentliche Bauten) Holz oder Sonne	spez. Schlüssel Voraussetzung: – Energiebedarf max. 90% vom Grenzwert SIA 380/1 – Nutzungsgradverb. +25% max. 40% max. 50% Beitrag an Mehrkosten	ab 1993	allg. Staatskasse ca. 2 Mio. Fr./a		Energiefachstelle GR Stadtgartenweg 11 7001 Chur B. Lendi Tel. 081/21 36 22



canton	domaines	prestations	durée	financement	personnel	adresses
NE	Capteurs solaires thermiques install. photovoltaïques pompes à chaleur récupération de la chaleur du lait études de faisabilité chauffage bois déchiqueté chauffage au bois déchiqueté	max. Fr. 280.-/m ² en préparation max. Fr. 250.-/kW de puissance soutirée à l'environnement Fr. 600.- fois le rendement du transfert de chaleur lait-eau max. 50% des coûts de l'étude max. env. 20% de la plus-value	depuis 1985	fonds de l'état env. Fr. 400 000.- en 1992 taxe sur l'énergie (intention)	< 1	Service cantonal de l'énergie Tivoli 5 Case postale 24 2003 Neuchâtel J.-L. Juvet Tél. 038/22 35 54
GE	Solaire thermique et photovoltaïque bois	50% du coût total cas par cas mesure 1 année après	depuis 1991	fonds de l'état 1 Mio. Fr./an taxe sur l'énergie à l'étude	< 1	Office cantonal de l'énergie Case postale 252 1211 Genève 3 Moreno Sella Tél. 022/319 20 92 Office cantonal de l'énergie Case postale 252 1211 Genève 3 Rémy Beck Tél. 022/319 23 17



Städte	Art der Förderung	Leistungen	Dauer	Finanzierung	Benötigtes Personal	Kontaktstelle
St. Gallen	noch offen	noch offen	noch offen	Max. 2% des Ertrages aus dem EL-Verkauf des Stadtwerkes		Stadtverwaltung St. Gallen Energiebeauftragter Postfach 9001 St. Gallen Johannes Schimmel Tel. 071/21 56 92



Art der Förderung	Leistungen	Dauer	Finanzierung	Kontaktstelle
1. Sonnenkollektoranlagen	Für Mehrfamilienhäuser mit mehr als 5 Wohneinheiten oder in öffentlichen Gebäuden, Industrie-, Gewerbe- und Dienstleistungs-Gebäuden mit mehr als 10 m ² Kollektorfläche. Geprüfte Kollektoren. Beiträge: Anlagen bis 200 m ² Grösse: Fr. 270.-/m ² Grössere Anlagen: von Fall zu Fall	1992–1994	allg. Bundeskasse 2 Mio. Fr./a	Kant. Energiefachstelle, dann BEW 3003 Bern Urs Wolfer Tel. 031/322 56 39
2. Photovoltaikanlagen	Für öffentlich Schulhäuser, 1–20 kWp (Spitzenleistung), geprüfte Typen Anlagen von 1 bis 20 kWp: Fr. 4500.-/kWp Darüber: von Fall zu Fall	1992–1994	allg. Bundeskasse 1 Mio. Fr./a	Kant. Energiefachstelle, dann BEW 3003 Bern Martin Hinderling Tel. 031/322 56 42
3. Wärmetechnische Gebäudesanierung öffentlicher Gebäude	Gebäude der Kantone und Gemeinden (ohne Sportanlagen). Wärmetechnische Isolation als Vorbild. Bund zahlt max. 30% der nicht amortisierbaren Mehrkosten, max. Fr. 20 000.-. Bedingungen: Erfassung des Energieverbrauchs der letzten 3 Jahre, Einhalten einer bestimmten Energiekennzahl. Kein Mehrverbrauch von Elektrizität, Erfolgskontrolle über die ersten beiden Betriebsjahre. Je nach Resultat Nachzahlung oder Rückzahlung.	1992–1994	allg. Bundeskasse 4 Mio. Fr./a	Kant. Energiefachstelle, dann BEW 3003 Bern Martin Stettler Tel. 031/322 55 53
4. Wärmepumpen	Fr. 270.- pro kW Heizleistung (gemäss Normbedingungen) Bedingungen: Wärmepumpen für Heizung, Sanierung (nicht Klimatisierung), ab 1. März 1993, technische Randbedingungen bis max. 18 kWth (Wasser (Sole)/Wasser) resp. 12 kWth Luft/Wasser bivalenten	1993–1994	allg. Bundeskasse 1.5 Mio. Fr./a	Kant. Energiefachstelle, dann BEW 3003 Bern U. Schar Tel. 031/322 56 59



Art der Förderung	Leistungen	Dauer	Finanzierung	Kontaktstelle
Investitionsbonus	Bundeshilfe für die Erstellung oder die Erneuerung von öffentlichen Anlagen: – Hoch- und Tiefbauten, – Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, – Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen 15% bis max. 20%	1993	allg. Bundeskasse max. 200 Mio. Fr.	Kanton, dann Bundesamt für Konjunkturfürfragen Belpstrasse 53 3000 Bern Tel. 031/322 21 33 oder Tel. 031/322 21 29
Bonus à l'investissement	Aide de la Confédération pour la construction ou la rénovation (édifices publics): – de bâtiments et d'ouvrages de génie civil – d'installations destinées à l'utilisation d'énergies renouvelables – d'installations de couplage chaleur-force 15%, max. 20%	1993	Fonds de l'Etat max. 200 Mio. Fr.	Canton, puis Office fédéral des questions conjoncturelles Belpstrasse 53 3003 Bern Tél. 031/322 21 33 ou Tél. 031/322 21 29

[illegible]



10 Kommunikation



11 Sachregister

A

Ampere	2/S.4
Anfangsfeuchte	5/S.21
Anschaffungskosten	5/S.4,9,18,20,23
Aussenluft	5/S.21
Aussenwärmedämmung	4/S.11
amorphe Zellen	8/S.9

B

Backofen	5/S.13
Bauhülle	4/S.3f,7
Bauschäden	4/S.11
Beistellwassererwärmer	7/S.14
Beleuchtungsstärke	6/S.11
Betriebskosten	4/S.14ff 5/S.4
biologische Wärmedämmstoffe	4/S.11
Biomasse	8/S.5
bivalent	7/S.4

C

Candela	6/S.11
Celsius	2/S.7
Cheminée	7/S.11

D

Dimmen	6/S.8,15,17
--------	-------------

E

Effizienz-Kriterium	5/S.9,14,18,20,22
Elektroboiler	3/S.5 7/S.14
Elektroheizung	3/S.5
elektromagnetische Wellen und Felder	2/S.11
Energie	2/S.7 3/S.4
«Energie 2000»	8/S.16
Energiebezugsfläche	4/S.6
Energiebilanz	5/S.10,13,15,19 6/S.5
Energiebuchhaltung	4/S.6
Energieertrag	8/S.9
Energiekennzahl	4/S.6
Energiekosten	5/S.9,18,20
Energiepreise	2/S.10
Energiesparen	2/S.4
Energiesparlampe	6/S.4,7f,16f



Energieträger	2/S.10
Energieverbrauch	2/S.9 5/S.3f 6/S.7
Energieverlust	5/S.7
Entsorgung von Lampen	6/S.4
Erdreich	7/S.11
Farbtemperatur	6/S.10

F

Farbwiedergabeindex	6/S.10
FCKW	5/S.8
Feldstärke	2/S.12
Fenster	4/S.13
Fluoreszenzlampe	2/S.5 6/S.4,6,14f
Füllmenge (Kühlschrank/Kühltruhe)	5/S.7
Füllungsgrad (Geschirrspülmaschine)	5/S.17

G

Gefriertemperatur	5/S.8
Gerätewahl	5/S.7,11,14,17,19,21
Geschirrspülmaschine	5/S.5,15ff
Glaskeramikkochfeld	5/S.10f
Glühlampe	2/S.5 6/S.5,8,12,17
Glühlampenfassung	6/S.4
Grobbeurteilung des Stromverbrauchs	3/S.8ff
Grobbeurteilung des Wärmeenergieverbrauchs	4/S.8ff
Grundwasser	7/S.11
Gusskochplatte	5/S.10
graue Ecken	4/S.5
«graue Energie»	3/S.4 6/S.5 8/S.4

H

Halogenglühlampe	6/S.6,13
Haushaltstromverbraucher	3/S.5
Haustechnik	4/S.3f,14
Heissluftbackofen	5/S.13
Heizkessel	7/S.6
Heizungserneuerung	4/S.5
Heizungersatz	7/S.4
Heizungsregelung	7/S.12
Heizungssanierung	7/S.5
Heizwerte	2/S.12
Holzzusatzheizung	7/S.11

I

Induktion	2/S.11
Induktionskochfeld	5/S.11



Insel-Anlage	8/S.11f
Investitionskosten	4/S.14ff

J

Jahresarbeitszahlen	7/S.11
Jahresenergieverbrauch	4/S.6
Joule	2/S.7

K

K-Wert	4/S.11ff
Kaffeemaschine	3/S.8
Kälteverlust	5/S.7
Kamin	4/S.14
Kelvin	2/S.7
Kernkraft	2/S.8
Kilowattstunde	2/S.7
Kombi-Wassererwärmer	7/S.15
Kompakt-Fluoreszenzlampe	6/S.18
Kühltruhe	5/S.5

L

Lampe	6/S.4
Lebensdauer	6/S.5,11
Leistung	2/S.6 8/S.8
Leuchtdichte	6/S.11
Leuchte	6/S.4,19f
Lichtausbeute	6/S.10
Lichtfarbe	6/S.10
Lichtstärke	6/S.11
Luftbefeuchter	3/S.5,6
Luftentfeuchter	5/S.21
Lumen	6/S.10

M

Masseinheiten	2/S.12
Mikrowellengerät	5/S.11
monokristalline Zellen	8/S.9
monovalent	7/S.4

N

Netzverbund-Anlage	8/S.11ff
Niedervolt-Halogenglühlampen	6/S.14
Niedervoltlampen	6/S.13
Niedervolttrafo	6/S.6
«No-Frost»-Geräte	5/S.8
Nutzungsdauer	7/S.17



P

Panel	8/S.9
Photovoltaik-Anlage	2/S.8
Photozellen	8/S.8
Programmwahl (Geschirrspülmaschine)	5/S.17
polykristalline Zellen	8/S.9

R

Reflektor bzw. Reflektorlampe	6/S.19f
Reflektorglühlampe	6/S.4
Restfeuchte	5/S.21
Richtgrößen (Kühlschrank/Kühltruhe)	5/S.7

S

Sanierungsgründe	4/S.4
Schleudertzahl	5/S.19
Sicherung	2/S.4
Solargenerator	8/S.9
Solarmodul	8/S.9
Solarzellen	8/S.4,8ff
Solarzellenfeld	8/S.9
Sonne	8/S.5
Sonnenkollektor	7/S.6,16 8/S.4
Spannung	2/S.5 6/S.5
Spartruhen	5/S.9
Speichersee	2/S.8
Standby-Verbrauch	3/S.5,6
steckbare Elektroöfen	3/S.5,6
Steradian	6/S.11
Strahlungsarten	8/S.6f
Strahlungsnutzung	8/S.5
Strom	2/S.4 3/S.4
Stromanwendungen	3/S.8
Strombuchhaltung	3/S.3
Stromimporte und -exporte	2/S.8
Stromkosten	5/S.9,23 8/S.15
Stromproduktion	2/S.8
Stromrationierung	2/S.10
Stromstärke	2/S.4
Stromverbrauch	3/S.3,4
Stromverbrauchskontrolle	3/S.12
Subventionen	4/S.16 8/S.4

T

Temperatur	2/S.7
Tesla	2/S.11



thermostatisches Heizkörperventil	7/S.12
Trocknungsraum	5/S.21
Tumbler	5/S.22

U

Umgebungsluft	7/S.11
Umgebungswärme	8/S.5
Umluftbackofen	5/S.13
Umwälzpumpe	7/S.7
Umweltbelastung	2/S.4
Unterhaltskosten	7/S.17

V

Verdampfer	3/S.6
Versorgungssicherheit	2/S.4
Volt 2/S.5	
Vorschaltgerät	6/S.14f,17

W

Wärmedämmung	4/S.4,11
Wärmeeintrag	5/S.7
Wärmepumpenboiler	7/S.6,15
Wärmepumpenheizung	7/S.5,10f
Wärmequellen	7/S.11
Wärmeverbrauch	4/S.4
Wärmezones	4/S.11
Warmwasseranschluss	5/S.17,19
Warmwasserbedarf	7/S.13
Wäschetrocknen	5/S.5,21ff
Wäschewaschen	5/S.19f
Waschmaschine	5/S.5
Wassererwärmung	3/S.5 7/S.6,13ff
Wasserkosten	5/S.18,20
Wasserkraft	2/S.8 8/S.5
Wasserverbrauch	5/S.4
Watt	2/S.6
Wind	8/S.5
Wirkungsgrad von Solarzellen	8/S.4
Wohnsituation	3/S.3,8 4/S.8

Z

Zerstäuber	3/S.6
------------	-------

[illegible]

12 Anhang

Weiterführende Literatur	3
Stromverbrauch	3
Wärmeverbrauch	3
Haushaltgeräte	3
Beleuchtung	4
Heizung und Warmwasser	4
Photovoltaik	4
Tarife	
Teilnehmer- und Referentenliste	
Notizen zu Anhang	



Weiterführende Literatur

Nebst der am Ende jedes Fachkapitels aufgelisteten und von den Autoren verwendeten Literatur, finden Sie in nachfolgender Zusammenstellung weitere Literaturhinweise, die zusätzliche Vertiefungen zu den in diesem Buch behandelten Themen liefern.

Stromverbrauch

Bundesamt für Konjunkturfragen:

Strom rationell nutzen

RAVEL Handbuch, 1992, Verlag der Fachvereine Zürich

Ris H.R.:

Elektrotechnik für Praktiker

2. Auflage 1992, AT Verlag Aarau

Wärmeverbrauch

Bundesamt für Energiewirtschaft:

Informationsblätter «Energiesparen Schweiz» 1985–1989

Faltblätter A1–A5 (Verbesserung des Wohnkomforts)

Faltblätter B1–B6 (Wärmedämmung)

Faltblätter C1–C6 (Sanierung der Heizung)

Bundesamt für Konjunkturfragen:

Handbuch Planung und Projektierung wärmetechnischer Gebäudesanierung, 1988

Bundesamt für Konjunkturfragen:

Haustechnik der integralen Planung,

Impulsprogramm Haustechnik, 1986

Daniels K.:

Gebäudetechnik

1993, vdf Verlag der Fachvereine Zürich

Haushaltgeräte

Ris H.R.:

Elektrische Installationen und Apparate

4. Auflage 1992, AT Verlag Aarau

Schläpfer K.:

Ökologie in der Haushaltapparatebranche

Electrolux AG



Beleuchtung

Baer R.:

Beleuchtungstechnik – Grundlagen

1. Auflage 1990, Verlag Technik Berlin

Baer R., Eckert M., Gall D.:

Beleuchtungstechnik – Anwendungen

1. Auflage 1993, Verlag Technik Berlin

Falk S., Brill R., Stork G.:

Ein Blick ins Licht

1990, Birkhäuser Verlag Basel

Ris H.R.:

Beleuchtungstechnik für Praktiker

1992, AT Verlag Aarau

SLG:

Handbuch für Beleuchtung

Schweizerische Lichttechnische Gesellschaft, Postgasse 17, 3011 Bern

Heizung und Warmwasser

Borstelmann P.:

Handbuch der elektrischen Raumheizung

7. Auflage, 1993, Hüthig Verlag Heidelberg

Schramek E.R.:

Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik

66. Auflage, R. Oldenbourg Verlag München/Wien

RWE:

Bau-Handbuch, Technischer Ausbau

10. Ausgabe, Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk AG, Kruppstrasse 5, D-Essen

Photovoltaik

Häberlin H.:

Strom aus Sonnenlicht für Insel-Anlagen und Verbundnetz

1991, AT Verlag Aarau

Köthe H.K.:

Stromversorgung mit Solarzellen, Methoden und Anlagen für die Energieaufbereitung

3. Auflage 1993, Franzis Verlag München

Schoedel S.:

Grundlagen und Komponenten für die Projektierung und Installation

2. Auflage 1993, Pflaum Verlag München

Seemann T., Wiechmann R.:

Solare Hausstromversorgung mit Netzverbund

1993, VDE Verlag Berlin

[illegible]