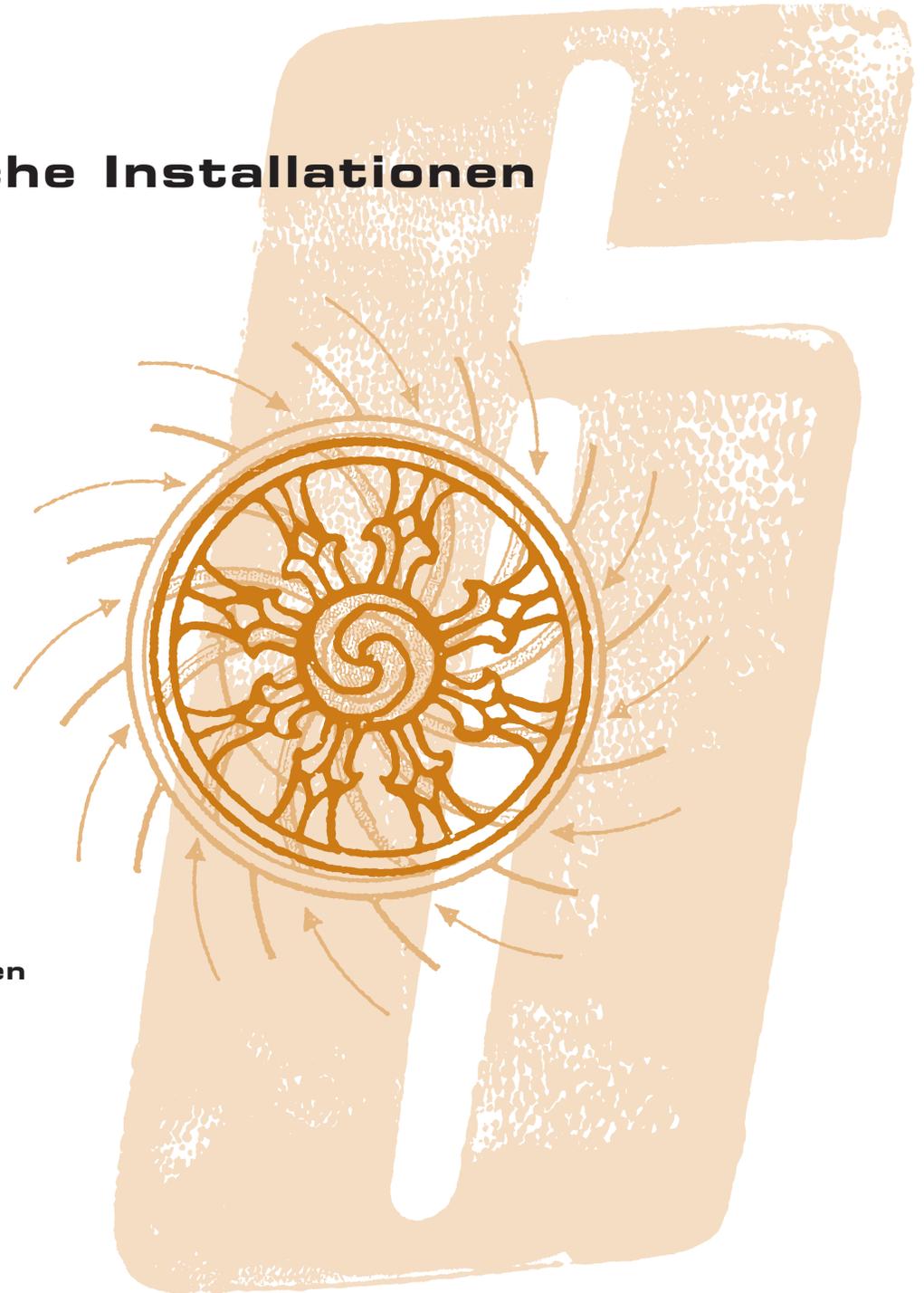


# Energieeffiziente elektrische Installationen

Energie im Unterricht, Module für Bauberufe: Modul 6

- 1 Einführung: Worum geht es ?**
- 2 Lernziele**
- 3 Vorschläge für den Unterricht**
- 4 Fachinformation**
  - **Elektrische Leistung und Energie**
  - **Berechnen der Energiekosten**
  - **Verbraucher im Haushalt**
  - **Verbraucher im Büro**
  - **Beleuchtung**
  - **Gerätewahl**
  - **Haustechnik**
  - **Gewerbliche und industrielle Anwendungen**
- 5 Aufgaben, Lösungsvorschläge**
- 6 Weiterführende Literatur**
- 7 Bild- und Textnachweis**
- 8 Vorlagen**





## 1 Einführung: Worum geht es ?

In unserem Alltag sind wir, zuhause und am Arbeitsplatz, umgeben von zahlreichen elektrischen Geräten, die kaum wegzudenken sind. Einerseits machen sie uns das Leben angenehmer und andererseits sind sie unabdingbar für das Funktionieren der Wirtschaft, der Industrie, der Dienstleistungsbetriebe und des Verkehrs.

Für die Wahl eines Gerätes interessiert uns in erster Linie, dass es seinen Zweck optimal erfüllt, möglichst störungsfrei arbeitet und günstig in der Anschaffung ist. Da der Strom unsichtbar aus der Steckdose kommt, wird dem Energieverbrauch in der Regel wenig Beachtung geschenkt. Hinzu kommt, dass er schwer zu bestimmen ist, da die Angaben der Hersteller oft wenig konsumentenfreundlich und schwer interpretierbar sind. Die Energiesparmöglichkeiten sind jedoch längst nicht ausgeschöpft. Es lohnt sich, die Energiekosten zu berücksichtigen, denn oft übersteigen sie den Anschaffungspreis eines Gerätes bereits nach kurzer Zeit. Durch die Benutzung eines energiesparenden Modells und ein effizientes Energiemanagement lässt sich ein Drittel Strom sparen. Dies ist meist ohne Komforteinbußen möglich oder bringt, wie beispielsweise die Beleuchtungssteuerung, sogar eine Komfortsteigerung.



## 2 Lernziele

### Die Lernenden ...

- kennen die Bedeutung der verschiedenen Verbrauchergruppen und die groben Verbrauchswerte im Wohn- und im Dienstleistungsbereich.
- zeigen die Bedeutung der verschiedenen Produkte und Steuerungs- bzw. Regelungsmöglichkeiten für die energieeffiziente Beleuchtung auf.
- erläutern die Eigenschaften und Merkmale, die für eine energiesparende Gerätewahl und Benützung zu beachten sind.

### Beispiele von Antworten:

- Grob lassen sich die Verbraucher von elektrischer Energie in vier Gruppen einteilen:
  1. Industrie und Gewerbe (35%)
  2. Haushalt (30%)
  3. Dienstleistung (25%)
  4. Verkehr (10%)
- Im Haushalt mit Elektroboiler entfällt 50% des Stromverbrauchs auf das Warmwasser.
- Die restlichen 50% verteilen sich ungefähr zu gleichen Teilen auf Kochen, Kühlen, Waschen, Geschirrspülen, Beleuchtung und diverse Geräte.
- Im Dienstleistungsbereich entfällt ungefähr je  $\frac{1}{3}$  auf die Beleuchtung, auf übrige Gebäudetechnik und auf Büromaschinen (PC, Kopierer).
- Gleichartige Geräte können sich untereinander mit einem mehr als doppelt so grossen Stromverbrauch unterscheiden.
- Energieetiketten helfen bei der Anschaffung neuer energieeffizienter Geräte.
- Auch im Stand-by-Betrieb brauchen Geräte viel Strom. Besser ist es, diese ganz auszuschalten.
- Glühlampen sind Energieverschwender. 95% geht als Wärme verloren.
- Leuchtstofflampen nutzen die Energie 5 mal besser als Glühlampen. Zudem haben sie eine 10 mal grössere Lebensdauer. Sie sind trotz höherem Anschaffungspreis wirtschaftlicher.



### 3 Vorschläge für den Unterricht

#### Einstieg

Schwerpunkt dieses Moduls ist es, zu zeigen, dass Energiesparen möglich ist, ohne dass dadurch eine Komforteinbusse in Kauf genommen werden muss. Zum Einstieg eignet sich folgender Versuch:

Man stellt eine 60W-Glühlampe und eine 15W- oder 18W-Sparlampe in einem abgedunkelten Raum so auf, dass die Lampen selber für die Betrachtenden durch eine Abdeckung abgeschirmt sind. Angestrahlte Gegenstände wirken von der Lichtfarbe und der Helligkeit her gesehen kaum unterschiedlich. Die Lampen sollte man vorher einschalten, da die Sparlampe einige Minuten braucht, bis sie den vollen Lichtstrom abgibt. Mit einem Wattmeter (bzw. dazwischensteckbaren Leistungs- und Energiemessgerät, vgl. 4.2) oder mit einem Volt- und Amperemeter, wird jetzt die Leistung der beiden Lampen verglichen. Berechnet man den Energieverbrauch für ein Jahr, so wird der Spareffekt offensichtlich. Mit einem Digitalthermometer kann zusätzlich die grosse Wärmeabgabe der Glühlampe gezeigt werden.

#### Versuche

##### a) Lichtausbeute beim Dimmen von Glühlampen

Eine Glühlampe (z.B. 150W-Halogenglühlampe) wird über ein Wattmeter und einen Dimmer an 230V angeschlossen. Bei abgeschirmtem Tageslicht misst man im festen Abstand von ca. 1m mit einem Luxmeter die Beleuchtungsstärke (relativer Lichtstrom) in Abhängigkeit der Leistung. Stellt man den relativen Lichtstrom in Funktion der Leistung in einem Diagramm dar, so erkennt man, dass sich die Lichtausbeute einer Glühlampe nahezu im Quadrat zur Leistung verhält. Aus diesem Versuch wird klar, dass gedimmte Glühlampen eine ausserordentlich schlechte Lichtausbeute aufweisen.

Fazit: Die Leistung der Glühlampen so wählen, dass sie im Normalfall mit voller Spannung brennen. Wird für bestimmte Arbeiten mehr Licht benötigt, empfiehlt es sich, weitere Lampen hinzuzuschalten (viel effizienter sind natürlich Stromsparlampen).

##### b) Leistung von Geräten im Stand-by-Betrieb

Mit dem Wattmeter wird die Leistung verschiedener Verbraucher im Normalbetrieb und im Stand-by-Betrieb gemessen. Dabei empfiehlt es sich, alte und neue Geräte miteinander zu vergleichen. Wenn kein Wattmeter zur Verfügung steht, kann zur Not auch der Strom mit dem Amperemeter gemessen und die Scheinleistung ( $S = U \cdot I$ ) berechnet werden.

**Beispiele:** TV, Videorecorder, Fax, Fotokopierapparat, PC mit Monitor, Ladegeräte für Handy usw.

## 4 Fachinformation

### 4.1 Elektrische Leistung und Energie

Wichtige Voraussetzung, um den Energieverbrauch unter Kontrolle zu haben, ist unter anderem, die durchschnittliche Leistungsaufnahme der angeschlossenen Verbraucher zu kennen bzw. sie messen zu können. Die Leistungsangaben auf dem Apparat geben dazu oft ungenügend Antwort, denn nur selten bezieht ein Verbraucher kontinuierlich die gleiche Leistung. Beispiele:

- Glühlampen können gedimmt werden.
- Waschmaschinen und Geschirrspüler haben unterschiedliche Programme und heizen das Wasser nur eine bestimmte Zeit auf.
- Kühlschränke schalten häufiger ein, wenn man warme Speisen hineingibt oder die Türe lange offen lässt.

#### Leistungsbestimmung mit Volt- und Ampèremeter

Diese Methode eignet sich für manche Verbraucher nicht, weil das Produkt aus Spannung und Strom die Scheinleistung ergibt. Die Scheinleistung beinhaltet noch die Blindleistung, die für den Energieverbrauch nicht relevant ist.

#### Leistungsbestimmung mit dem Wattmeter

Das Wattmeter misst direkt die Wirkleistung. Es enthält eine zum Verbraucher in Serie geschaltete Stromspule, die den Strom misst, und eine zum Verbraucher parallel geschaltete Spannungsspule, die die Spannung misst. Für die Messung muss der Stromkreis unterbrochen werden.

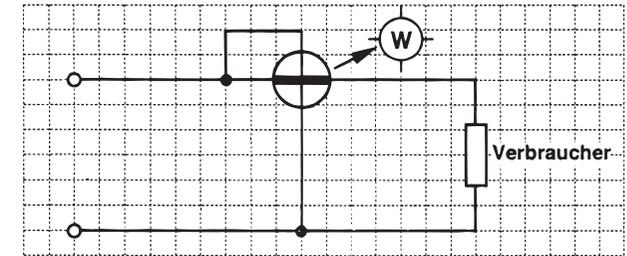


Abb. 1: Schema der Messung mit dem Wattmeter

#### Leistungsbestimmung mit dem Kilowattstundenzähler

Die elektrische Energie wird vom Elektrizitätswerk mit dem Kilowattstundenzähler gemessen. Neue elektronische Zähler der Komfortklasse haben die Möglichkeit, neben der total verbrauchten Energie auch den Tagesverbrauch, den Monatsverbrauch oder die momentan angeschlossene Leistung anzuzeigen. Auf diese Weise ist es auch für Laien sehr einfach, den Energieverbrauch zu überwachen und «Stromfresser» aufzuspüren.

Normalerweise montiert aber das EW die günstigeren elektronischen oder elektromechanischen Zähler, die nur den fortlaufenden Energieverbrauch anzeigen. Auch mit diesen Zählern lässt sich die Leistung auf einfache Weise mit einer Uhr bestimmen.

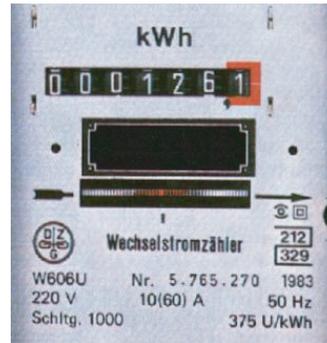


Abb. 2: Ansicht des Datenschildes eines Haushalt-Zählers.

Die Zählerkonstante C beträgt hier 375 U/kWh.  
D.h. 375 Umdrehungen der Zählerscheibe entsprechen einer Kilowattstunde.

#### Vorgehen:

- Zuerst schaltet man alle Geräte aus, die bei der Messung nicht erfasst werden sollen. (Sicherungen herausrauben). Auch das zu messende Gerät schaltet man vorerst aus.
- Die Zählerscheibe beim elektromechanischen Zähler sollte still stehen (beim elektronischen Zähler sollte die Leuchtdiode nicht blinken).
- Jetzt schaltet man das zu messende Gerät ein und beobachtet die Umdrehungen der Zählerscheibe (Blinken der Leuchtdiode). Am besten stoppt man die Zeit, in der die Zählerscheibe z.B. 10 Umdrehungen macht.
- Auf dem Leistungsschild des Zählers ist die Zählerkonstante C angegeben. Diese gibt an, wie viele Umdrehungen die Zählerscheibe für eine kWh macht.

- Mit einem Dreisatz rechnet man die Umdrehungen auf eine Stunde um und teilt das Ergebnis durch die Zählerkonstante. Als Resultat erhält man die angeschlossene Leistung in kW.

$$P = \frac{n \cdot 3600}{t \cdot C} \quad [\text{kW}]$$

P = Leistung in kW  
n = Anzahl Umdrehungen der Zählerscheibe bzw. Impulse der LED in der gestoppten Zeit  
t = gestoppte Zeit in s  
C = Zählerkonstante in Umdrehungen/kWh bzw. Impulse/kWh

#### Berechnen der elektrischen Energie

Grundsätzlich wird die elektrische und die mechanische Energie gleich berechnet. Für Berechnungen im Haushalt und im Dienstleistungsbereich ist die Kilowattstunde als Energieeinheit am besten geeignet. Energie ist das Produkt aus Leistung mal Zeit.

$$W = P \cdot t \quad [\text{kWh} = \text{kW} \cdot \text{h}]$$

## 4.2 Berechnen der Energiekosten

Als Verrechnungseinheit dient bei der elektrischen Energie die Kilowattstunde [kWh]. Ihr Preis liegt zurzeit bei ungefähr 8 Rp. (Niedertarif) und 25 Rp. (Hochtarif). In einzelnen Fällen sind Preise bis 45 Rp. möglich. Mit der Liberalisierung des Strommarktes dürften die Preise besonders für Grossbezüger günstiger werden. Für Haushalte und andere Kleinbezüger wird vorerst kaum mit einem nennenswert tieferen Preis zu rechnen sein.

$$K = W \cdot k = P \cdot t \cdot k \quad [\text{Fr.} = \text{kWh} \cdot \text{Fr./kWh}]$$

K = Kosten in Franken  
W = Energie in Kilowattstunden  
k = Kilowattstundenpreis in Franken

### Mobiles Leistungs- und Energiemessgerät

Seit einiger Zeit sind mobile Leistungs- und Energiemessgeräte im Handel. Sie lassen sich ganz einfach wie ein Verlängerungskabel in den Stromkreis schalten. Ihr Preis für eine 230V-Ausführung liegt bei ca. Fr. 300.–. Gewisse Elektrizitätswerke und Elektroinstallateure stellen solche Geräte mietweise oder gratis zur Verfügung.

Mit dem Messgerät lassen sich neben der Leistung auch die Spannung, der Strom, die Energie und die Kosten direkt ablesen. Ein solches Gerät ist fast unentbehrlich, wenn man in einem Betrieb oder Haushalt den Energieverbrauch optimieren will.



Abb. 3: Energiemessgerät

### 4.3 Verbraucher im Haushalt

Betrachtet man den Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz nach Kategorien, so zeigt sich, dass die Haushalte mit 30% nach Industrie und Gewerbe mit 35% an zweiter Stelle rangieren.

Eine vierköpfige Familie konsumiert für den Haushalt mit Elektroboiler jährlich ca. 6000 kWh elektrische Energie (ohne Boiler ca. 3000 kWh). Das belastet ihr Budget jeden Monat mit ca. hundert Franken. Über den Stromverbrauchsanteil der verschiedenen Geräte gibt die nachstehende Tabelle Auskunft.

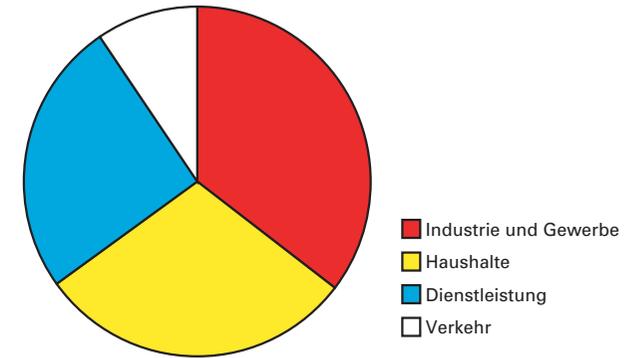


Abb. 4: Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz nach Kategorien

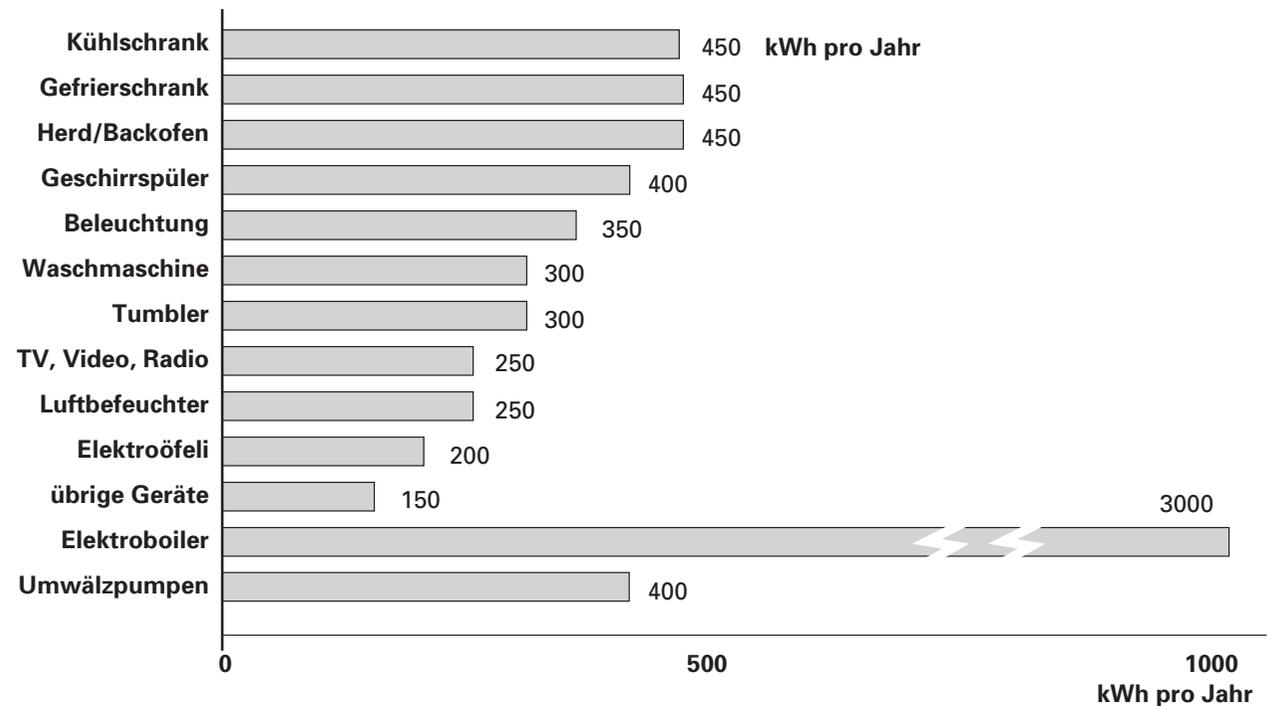


Abb. 5: Die grössten Stromverbraucher im Haushalt



### Boiler

(fachlich korrekt: Elektro-Speicherwassererwärmer)  
Für Warmwasser wird im Haushalt eindeutig am meisten Energie verbraucht. Da Elektrizität eine hochwertige und teure Energie ist, soll Wasser wenn möglich auf andere Weise erwärmt werden (Sonnenkollektoren, Wärmepumpen, Gas, Öl. Vergleiche Modul 7, Elektroberufe, Warmwasserversorgung). Im Elektroboiler wird das Wasser durch eine Widerstandsheizung erwärmt. Der Wirkungsgrad beträgt zwar theoretisch 100%, aber es entstehen Verluste bei der Isolation und den Wasseranschlüssen. Der Energieverbrauch lässt sich daher – nebst sparsamer Nutzung – durch eine Beschränkung der Wassertemperatur auf 55 bis 60 °C vermindern. Eine höhere Temperatur führt zudem zu vermehrter Verkalkung und verkürzt die Lebensdauer. Eine tiefere Temperatur darf nicht eingestellt werden, weil sich sonst Krankheitskeime (Legionärskrankheit) vermehren könnten. Also:

- Boilertemperatur auf 55 bis 60 °C stellen
- Boiler während den Ferien abschalten
- Wasser sparende Armaturen verwenden
- Leitungsabgänge lückenlos wärmedämmen

### Kochherd und Backofen

Obschon der Kochherd von allen Elektrogeräten im Haushalt die grösste Anschlussleitung hat, ist sein Anteil am Energieverbrauch etwa gleich gross wie derjenige des Kühlschranks, weil die Einschaltdauer relativ kurz ist. Neue Erwärmungssysteme sind sparsamer als die alten Gussplatten (Glaskeramik –10

bis –20%, Induktion –20 bis –40%). Einen entscheidenden Einfluss auf den Energieverbrauch hat jedoch auch das Verhalten der Kochenden. Mit folgenden Punkten lässt sich bis zu 30% Energie sparen:

- wenn möglich Dampfkochtopf verwenden
- Pfannendeckel aufsetzen
- Restwärme ausnützen (d.h. früher ausschalten)
- Pfannendurchmesser der Platte anpassen
- unebene Pfannen ersetzen
- Backofen nicht vorheizen
- dem Zubereiten von Speisen auf der Kochplatte den Vorzug geben, da es rund 4-mal effizienter ist als die Verwendung des Backofens

### Kühl- und Gefriergeräte

Heutige Haushalt-Kühlgeräte arbeiten nach dem Kompressorprinzip. Die früheren Absorberkühlschränke brauchten doppelt so viel Strom und haben durch Überhitzung schon zu Bränden geführt. Sie werden nur noch für Camping und Minibars in Hotels (sollten dort auch durch Kompressorkühlschränke ersetzt werden) hergestellt. Durch die Optimierung der Aggregate und Verbesserungen bei der Isolation sind neue Kühlschränke viel sparsamer und enthalten keine umweltschädlichen Kühlmittel mehr. Mit folgenden Punkten lässt sich Energie sparen:

- Geräte mit Energieetiketten A (sparsamster Stromverbrauch) kaufen
- Kühlschrank nicht in der Nähe von Wärmequellen (z.B. Backofen) aufstellen





### Wäschetrockner

Immer mehr Wäsche wird maschinell getrocknet, weil Möglichkeiten, Zeit und Bereitschaft zum Aufhängen im Freien abnehmen oder geeignete Trockenräume fehlen. Das maschinelle Trocknen braucht rund zweimal so viel Energie wie das vorgängige Waschen, weil die Restfeuchte in der Wäsche nur als Wasserdampf entfernt werden kann. Wasser in Wasserdampf umzuwandeln braucht 10 mal so viel Energie wie die Erwärmung um 50 °C! Also beim Kauf beachten:

- Wäschetrockner mit Wärmepumpen sparen bis zu 50% Energie (Wärmepumpen-Tumbler, -Trockenschrank, Raumluft-Wäschetrockner)
- Tumbler mit Energieetikette A (mit Wärmepumpe) oder B kaufen

### Beleuchtung

(siehe auch Kapitel 4.5, Beleuchtung)

Für die Beleuchtung im Wohnbereich wird etwa gleich viel Energie verbraucht wie für die anderen Hauptanwendungen. Sparmassnahmen lohnen sich also auch hier:

- Ersatz von Glühbirnen durch Sparlampen
- keine indirekte Halogenbeleuchtung
- Tageslicht optimal nutzen (Möblierung, Vorhänge, Storen)
- in Nebenräumen automatische Ausschaltung mit Präsenzmelder oder Zeitschalter

### Elektronische Geräte

(siehe auch Kapitel 4.6, Gerätewahl)

Die Anzahl der elektronischen Geräte nimmt auch im Haushalt ständig zu. Im Allgemeinen haben sie eine kleine Leistung, aber gesamthaft brauchen sie doch beachtlich viel Strom, weil sie oft im Stand-by-Betrieb dauernd ans Netz angeschlossen sind (TV, Videorecorder, Radiowecker, Fax) oder lange Einschaltzeiten haben (Radio, TV, PC). Auch hier macht es die Summe aller Geräte aus. Darum gilt:

- Geräte, die nicht im Betrieb sind, mit dem Hauptschalter ausschalten oder ausstecken
- Geräte, die sich auch im ausgeschalteten Zustand warm anfühlen, sind heimliche Stromfresser (AUS ist nicht immer AUS !)
- beim Kauf von Geräten auf die Energieetikette achten



## 4.4 Verbraucher im Büro

Der Energieverbrauch von Bürogebäuden verteilt sich grob gesehen zu je  $\frac{1}{3}$  auf folgende Bereiche:

1. Beleuchtung
2. Haustechnik
3. Bürogeräte

Die Aspekte der **Beleuchtung** werden im Kapitel 4.5, Beleuchtung, betrachtet.

Der Anteil **Haustechnik** besteht hauptsächlich aus elektrischer Hilfsenergie, vor allem für Umwälzpumpen, bei Heizung und Warmwasser, sowie aus Lüftungs- und Liftanlagen. Ihr Stromverbrauch muss bereits bei der Planung in das Energiekonzept des Gebäudes einfließen. Vom Benutzer sind diese Installationen später kaum mehr beeinflussbar.

Die **Bürogeräte** verbrauchen insgesamt «nur» etwa 3 Prozent des in der Schweiz eingesetzten Stromes. Der verhältnismässig geringe Anteil darf nicht zu falschen Schlüssen verleiten. Denn diese 1,5 Mia. kWh entsprechen immerhin 60 Prozent der Jahresproduktion des Kernkraftwerkes Beznau I oder Mühleberg. Die Bürogeräte sind zudem das erste Glied einer Wirkungskette: Die Wärmeabgabe von Personalcomputern und Fotokopierern muss in vielen Bürogebäuden über eine Klimaanlage weggeschafft werden, um behagliche Raumtemperaturen zu ermöglichen – das braucht zusätzlich Strom. Von den Bürogeräten selber verbraucht der PC mit Monitor etwa 40% des Stromes, der Kopierer etwa 30%. Drucker, Fax und weitere Geräte benötigen je etwa 10%.

Viele Bürogeräte verbrauchen den überwiegenden Anteil des Stromes nicht während der eigentlichen Arbeitsphase, sondern in der Bereitschaftsstellung (Stand-by).

### PC

Je nach Typ und Marke, aber auch je nach Generation der Geräte variieren die Stromverbrauchswerte von 50W bis 100W. Weil Notebooks häufig ohne Netzanschluss und mit nur geringer Batteriekapazität arbeiten, ist ein stromsparendes Energiemanagement ein Muss für einen ausreichend langen netz-unabhängigen Betrieb. Was nicht gebraucht wird, ist im Stand-by ausser Betrieb: Die Harddisk bleibt stehen, der Prozessor arbeitet langsamer, und der Bildschirm ist ausgeschaltet. Fazit: Notebooks brauchen bis 5 mal weniger Energie als leistungsgleiche PCs. In naher Zukunft werden auch Tischgeräte mit dieser energiesparenden Technik ausgerüstet. Dies wäre sehr zu begrüssen, weil dem PC immer mehr Aufgaben zugeteilt werden, die ein Abschalten zwischendurch nicht mehr möglich machen. Trotzdem gilt:

- bei Abwesenheit von mehr als einer halben Stunde PC immer ausschalten
- Energiemanagement am PC so einstellen, dass er nach 2 bis 10 Minuten auf Stand-by bzw. in den Sleep-Modus schaltet
- Netzgeräte von Notebooks bei Nichtgebrauch ausstecken

### Monitor

Viele Monitore arbeiten noch nach dem gleichen Prinzip wie die TV-Apparate, mit einer Kathodenstrahlröhre. Diese hat eine Heizung, was dazu führt, dass die Bildschirme eine Leistung von 50 bis 100W haben. Diese Leistung wird auch benötigt, wenn ein Bildschirmschoner eingeschaltet ist. Im Stand-by-Betrieb (vollständig schwarzer Bildschirm) sinkt die Leistung auf etwa 15%.

Flachbildschirme nehmen nur etwa 15 bis 40W auf und sollten dem Röhrenmonitor trotz höherem Preis unbedingt vorgezogen werden. Weil Flachbildschirme flimmerfrei sind und ein schärferes Bild haben, ermüden die Augen weniger. Zudem belegen sie weniger Platz auf dem Pult. Folgerungen:

- Flachbildschirme verwenden
- Monitor auch bei kürzerem Arbeitsunterbruch (per PC-Energiemanagement) in Stand-by/Sleep-Modus setzen bzw. ganz ausschalten (auch Flachbildschirme).
- «intelligente» Steckerleisten einbauen, die Nebengeräte (Drucker, Monitor) bei Arbeitschluss oder -unterbruch automatisch ausschalten.

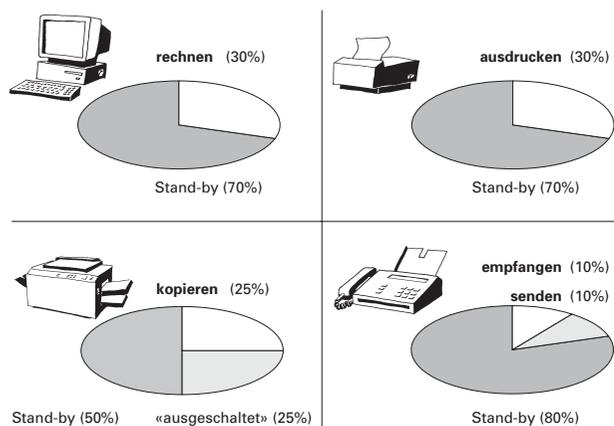


Abb. 7: Im Stand-by geht der grösste Teil des Stromes weg.

Schrift entstehen soll, bleibt die Walze aufgeladen und der Toner haften. In einem weiteren Arbeitsgang wird das Farbpulver auf das Papier übertragen. Mit einer Heizung werden die Tonerpartikel zum Schmelzen gebracht und dadurch fixiert. Ohne dieses «Einbrennen» wäre die Kopie oder der Ausdruck nicht wischfest. Auch im Stand-by-Betrieb bleibt die Heizung auf reduzierter Leistung eingeschaltet, damit das Gerät sofort einsatzbereit ist. Im Gegensatz dazu arbeiten Tintenstrahldrucker «kalt» und nehmen deshalb beim Druckprozess bis 10-mal weniger Leistung auf. Bei allen Druckgeräten kann jedoch der Stand-by-Stromverbrauch stark ins Gewicht fallen.

Es gilt:

- Beim Kauf auf die Energieetikette (für Stand-by-Verbrauch) achten
- Drucker und Fax-Geräte kaufen, die sich selbstständig ein- und ausschalten
- Geräte erst einschalten, wenn sie wirklich gebraucht werden
- Für kleinere Büros können Kombigeräte sinnvoll sein, die als Drucker, Scanner, Fax und Farb-Fotokopierer verwendet werden können. Achtung: tiefer Stand-by-Verbrauch ist besonders wichtig, weil das Gerät wegen der Fax-Funktion dauernd eingeschaltet ist!

### Fotokopierer, Laserdrucker und Normalpapier-Fax

Diese Geräte arbeiten alle nach dem gleichen technischen Prinzip. Auf optischem Weg oder mit einem Laser wird das Schriftbild auf eine elektrostatisch aufgeladene Walze übertragen, welche dann mit Toner (Farbpulver) eingefärbt wird. Überall dort, wo

## 4.5 Beleuchtung

Seit über 100 Jahren gibt es die elektrische Beleuchtung. Nachdem die Glühlampe ein halbes Jahrhundert lang die wichtigste Lichtquelle darstellte, setzten sich aus wirtschaftlichen Gründen besonders in der Industrie- und Bürobeleuchtung immer mehr die Gasentladungslampen bzw. Leuchtstofflampen durch. Im Wohnbereich werden nach wie vor am häufigsten Glühlampen eingesetzt, obschon seit 20 Jahren kompakte Leuchtstofflampen, so genannte Sparlampen, erhältlich sind, die viel wirtschaftlicher sind. Von der gesamten elektrischen Energie wird ein wesentlicher Teil für die Beleuchtung gebraucht. Im Haushalt sind es rund 20% und im Dienstleistungsbereich 35%. Daraus sieht man, dass Sparanstrengungen hier ganz besonders effizient sind.

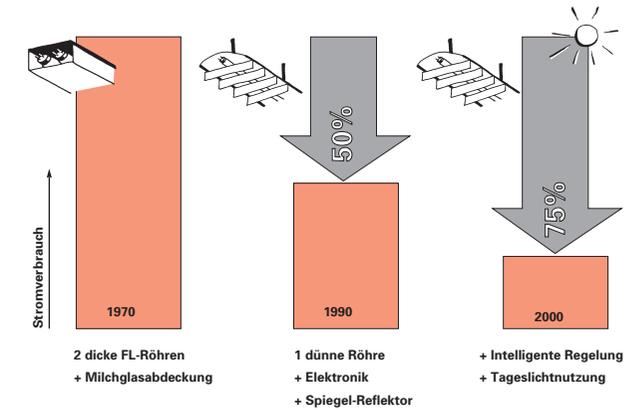


Abb. 8: Verbesserte Beleuchtungstechniken sind verfügbar.

### Lichtbegriffe

#### Lichtfarbe / Farbtemperatur

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

Begriff	Farbtemperatur	Lichtempfinden	Beispiele
warmweiss extra	2700 K	warm	Glühlampe, Sparlampe
warmweiss	3000 K	warm	Halogenglühlampe, Leuchtstofflampe
weiss	4000 K	kühl	Leuchtstofflampe
Tageslicht	> 5000 K	kalt	Leuchtstofflampe



### Farbwiedergabe

Zur Bewertung der Farbwiedergabe-Eigenschaften verwendet man den Farbwiedergabeindex [Ra]. Der höchste Wert ist 100 = naturgetreuste Farbwiedergabe.

Farbwiedergabe	Ra	Beispiele
mässig	< 80	Standard Leuchtstofflampe
gut	85	Sparlampen, Mehrschicht-Leuchtstofflampe
sehr gut	95 - 98	Leuchtstofflampe De Luxe -Lichtfarben
optimal	100	Glühlampen, Halogenglühlampen, Tageslicht

### Lichtstrom/Lichtausbeute

Die Lichtleistung einer Lampe nennt man Lichtstrom. Er wird in Lumen [lm] angegeben.

Mit der Lichtausbeute wird die Wirtschaftlichkeit von verschiedenen Lampen miteinander verglichen. Der Lampenlichtstrom wird auf die elektrische Leistung von 1 Watt bezogen. Je höher die Lichtausbeute, desto wirtschaftlicher die Lampe.

Lampe	Leistung	Lichtstrom	Lichtausbeute
Glühlampe	40 W	430 lm	10.75 lm/W
Halogenglühlampe	20 W	350 lm	17.5 lm/W
Leuchtstofflampe	36 W	3000 lm	83.3 lm/W
Sparlampe	9 W	540 lm	60 lm/W



### Beleuchtungsstärke

Wird eine Fläche von  $1\text{ m}^2$  von einem Lichtstrom von  $1\text{ lm}$  beleuchtet, so herrscht auf ihr eine Beleuchtungsstärke von  $1\text{ Lux}$ . Die Einheit Lux bedeutet also Lumen pro Quadratmeter.

Die Beleuchtungsstärke wird mit dem Luxmeter gemessen. Für die Messung soll das Fotoelement des Luxmeters auf der Höhe der Arbeitsfläche liegen und nicht durch Personen oder Gegenstände abgedunkelt werden.

Fremdlicht (Fenster) darf die Messung nicht stören.

Empfohlene Beleuchtungsstärken

Sehaufgaben	Beispiele	Beleuchtungsstärke
Orientierung	Korridor, Schlafzimmer, Grosslager	50 Lux
Leicht	Wohnzimmer, Restaurant, Maschinenhalle	150 Lux
Normal	Küche, Montagehallen, Verkaufsräume	350 Lux
	Räume mit Bildschirm-Arbeitsplätzen	400 Lux
	Schulzimmer	500 Lux
Schwierig	Fein-Apparatebau, Technisches Zeichnen	750 Lux
Sehr schwierig	Goldschmied	1'000 Lux
Sonderfälle	Operationstisch	5'000 Lux

### Leuchtdichte / Blendung

Die Leuchtdichte ist ein Mass für den Helligkeitseindruck, den das Auge von einer Lichtquelle oder einer beleuchteten Fläche hat.

**Eine hohe Leuchtdichte, vor allem aber hohe Leuchtdichte-Unterschiede (Kontraste) verursachen Blendung.**

Blendung ist zu vermeiden. Sie wird oft durch falsche Anordnung von Lichtquellen mit hoher Leuchtdichte verursacht. Direktblendung setzt die Sehleistung herab und ruft Ermüdung hervor. Blendung entsteht meist dann, wenn sich Lampen oder Leuchten im Blickfeld befinden. Sie kann auch indirekt durch Reflexion an glänzenden oder hellen Oberflächen entstehen.

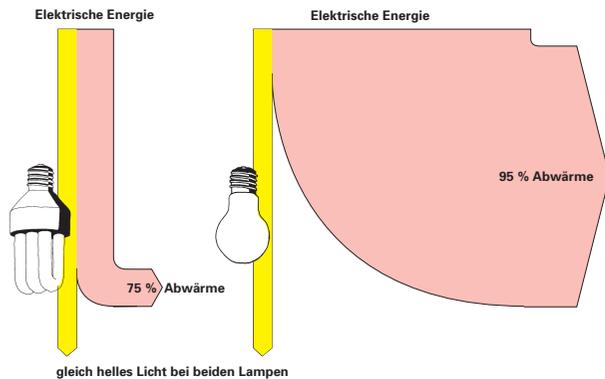


Abb. 9: Die Glühlampe ist eigentlich eine Elektroheizung

## Lichtquellen

### Glühlampen

Glühlampen beruhen auf der Wärmewirkung des elektrischen Stromes. In einem luftleer gepumpten oder mit Edelgas gefüllten Glaskolben befindet sich ein dünner Wolframdraht, der mit einer Temperatur von ca. 2500 °C glüht. Ca. 5% der Energie wird als Licht abgegeben. Der Rest ist Wärme.

Die meisten Typen haben eine Lebensdauer von 1000 Stunden, die bei Überspannung im Netz stark abnimmt.

Beim Dimmen wird die zugeführte Leistung reduziert. Glühlampen brennen dann mit tieferer Temperatur und haben deshalb eine noch schlechtere Lichtausbeute als sonst schon.

### Halogenglühlampen

Dies sind Glühlampen mit einer höheren Betriebstemperatur (ca. 2800 °C). Dadurch haben sie eine bessere Lichtausbeute. Sie geben 7 bis 10 % Licht ab. Der Rest ist ebenfalls Wärme. Trotz des besseren Wirkungsgrades dürfen Halogenglühlampen nicht als Sparlampen bezeichnet werden. Besonders bei Niedervolt-Halogenglühlampen muss der Eigenverbrauch des Transformators dazugerechnet werden (ca. 10 % der Lampenleistung).

Eigenschaften gegenüber der normalen Glühlampe:

- bessere Lichtausbeute
- brillanteres Licht (Lichtfarbe ca. 3000 K)
- höhere Lebensdauer (2000 h)
- kompaktere Bauform
- geringerer altersbedingter Lichtabfall
- hohe Kolbentemperatur (Einbauvorschriften beachten!)

Bezüglich Überspannung und Dimmen gilt das Gleiche wie bei normalen Glühlampen.



### Leuchtstofflampen (Fluoreszenzlampen)

Leuchtstofflampen sind Gasentladungslampen. Der elektrische Strom fliesst durch das ionisierte Gas und erzeugt eine ultraviolette Strahlung. Im fluoreszierenden, weissen Pulver, das auf der Innenseite des Glasrohres aufgebracht ist, wird das (unsichtbare) Ultraviolett in sichtbares Licht umgewandelt. Je nach Zusammensetzung der Beschichtung ergibt sich eine andere Farbtemperatur.

Lichtfarbe	Farbtemperatur	Anwendung:
Warmton	2900 K	Wohnbereich, Schulen, Korridore
Weiss	4000 K	Arbeitsbereich, Verkaufslokale, Büros
Tageslicht	6500 K	Textilbereich, grafische Betriebe, Kosmetik

Leuchtstofflampen haben eine etwa 5-fach bessere Lichtausbeute als Glühlampen. 25 bis 35% wird als Licht abgegeben und der Rest ist ebenfalls Wärme. Bezüglich der Lebensdauer sind sie den Glühlampen sogar um das 10-fache überlegen, d.h. sie brennen ca. 10'000 Stunden.

Leuchtstofflampen benötigen zum Betrieb ein Vorschaltgerät (VG), welches in der Leuchte eingebaut ist. Neben den konventionellen Vorschaltgeräten mit Drosselspule haben sich immer mehr die elektronischen Vorschaltgeräte durchgesetzt.

Vorteile des elektronischen gegenüber dem konventionellen Vorschaltgerät:

- geringere Verluste im VG und bessere Lichtausbeute der Röhre
- Sofortstart
- flimmerfrei (kein Stroboskop-Effekt)
- dimmbar mit Handregler oder durch Helligkeitssteuerung
- längere Lebensdauer der Röhre
- kein Brummen von VG und Röhre
- kein Blindstrom (Leistungsfaktor  $\cos \varphi = 1$ )

### Sparlampen (Kompaktleuchtstofflampen)

Sparlampen sind kompakte Fluoreszenzlampen. Sie sind ähnlich wie gewöhnliche Fluoreszenzlampen aufgebaut und arbeiten nach dem gleichen Prinzip, entweder mit einer Vorschalt-drossel und Starter oder mit einem elektronischen Vorschaltgerät. Die Vorschaltgeräte sind entweder direkt im E27- oder E14-Sockel eingebaut oder können in einem Stecksockel oder direkt in der Leuchte untergebracht sein.

Sparlampen können direkt anstelle von Glühlampen eingesetzt werden, sie sparen ca. 80% Energie und leben rund 10-mal länger. Da praktisch nur noch Sparlampen mit elektronischem Vorschaltgerät eingesetzt werden, hat die Schalthäufigkeit keinen Einfluss mehr auf die Lebensdauer.

Wie die gewöhnlichen Leuchtstofflampen müssen die Sparlampen als Sonderabfall entsorgt werden.

Dank platz sparender Elektronik sind Sparlampen heute auch in der gewohnten Birnen- oder Kerzenform mit E27- und E14-Gewinde erhältlich.

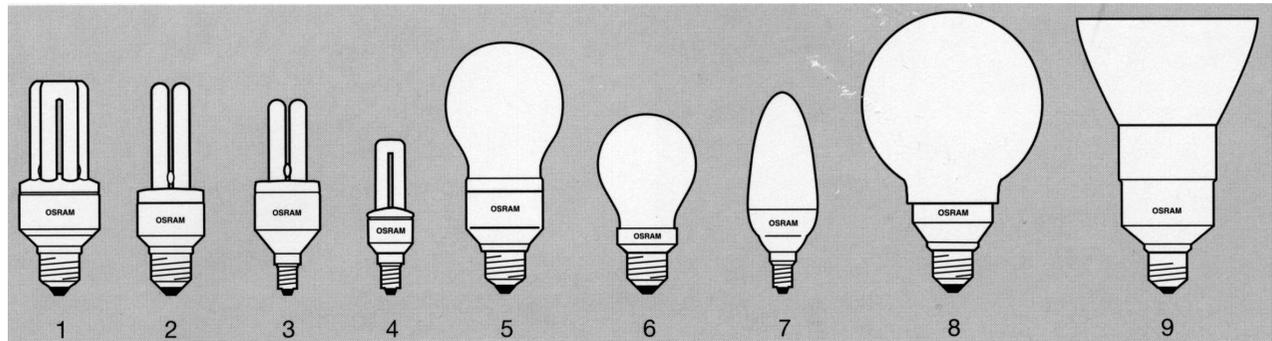


Abb. 10: Formen von Spar- und Kompaktlampen

Position	Lampenform	Leistung	Gewinde
1	dreifach gebogene Röhren	15 bis 23 W	E27
2	zweifach gebogene Röhren	5 bis 12 W	E27
3	zweifach gebogene Röhren	5 bis 12 W	E14
4	einfach gebogene Röhre	3 W	E14
5	ähnlich wie Glühlampe	8 bis 16 W	E27
6	Glühlampe	5 bis 15 W	E27
7	Kerze	5 W	E14
8	Globe (Ballon)	15 bis 21 W	E27
9	Reflektor	15 bis 20 W	E27



Vergleich der Eigenschaften von Sparlampen und Glühlampen:

	<b>Sparlampe</b>	<b>Glühlampe</b>
Lichtausbeute:	60 lm/W	10 bis 15 lm/W
Lebensdauer:	8'000 bis 15'000 h	1'000 h
Lichtfarbe:	2'700 K	2'700 K
Preis:	ca. Fr. 15.00	ca. Fr. 1.50
	dimmbar mit Vierstiftsockel und separatem Dimm-Vorschaltgerät	dimmbar
	Sonderabfall	problemlose Entsorgung
	eingeschränkter Einsatz wegen Platz	kompakte Abmessungen
	geringe Wärmeabgabe	starke Wärmeabgabe
	unempfindlich auf Erschütterung	empfindlich auf Erschütterung
	für Aussenleuchten z.T. ungeeignet	unempfindlich gegen Kälte
	geringer Wartungsaufwand	häufiges Auswechseln

#### **Weitere Gasentladungslampen (Quecksilberdampflampen, Natriumdampflampen)**

Für höhere Leistungen, unter anderem zum Beleuchten von Strassen, Fabrikhallen, Einkaufszentren und Sportplätzen, kommen Hochdruck-Metallampflampen zum Einsatz. Wegen der Lichtqualität (Farbwiedergabe) eignen sich nicht alle Typen für Innen-raumbeleuchtungen.



### **Tageslichtnutzung**

Die Architektur – also die Form und die Gestaltung eines Gebäudes – hat einen massgeblichen Einfluss auf den Energieverbrauch der Beleuchtung. Besonders bei Gebäuden, die vorwiegend tagsüber benutzt werden, kann der Spareffekt gross sein. Tageslicht reduziert nicht nur die Stromkosten, sondern erhöht auch den Komfort und das Wohlbefinden. Zudem beeinflusst es die Lichtqualität positiv. Die Tageslichtnutzung wird natürlich am besten schon bei der Neuerstellung eines Gebäudes berücksichtigt. Aber auch bei bestehenden Gebäuden lässt sich mit geeigneten Massnahmen der Anteil natürlichen Lichts vergrössern. Weil aber das Tageslicht naturgemäss sehr grossen Helligkeitsschwankungen unterworfen ist, sind Massnahmen notwendig, damit die Beleuchtungsstärke in den Innenräumen bzw. auf den Arbeitsflächen ausgeglichen ist und keine unangenehmen Blendungen und starken Kontraste entstehen. Unter Umständen muss auch verhindert werden, dass sich der Raum durch die Sonne zu sehr erwärmt.

### **Fenster**

Aus lichttechnischer Sicht versucht man die Fensterfläche so gross wie möglich zu machen, aber andererseits geht durch grosse Fensterflächen im Winter viel Wärme verloren. Folgende Gesichtspunkte sind bei der Planung zu beachten:

- Hoch liegende Fenster bzw. Fensterstürze vergrössern den Tageslichteinfall.
- Tiefe Brüstungen verbessern den Lichteinfall fast nur am Boden; sie sind also eher zu vermeiden.
- Aus wärmetechnischen Gründen sollen Fenster an der Nordseite nur so gross sein, wie es für eine genügende Tageslichtnutzung erforderlich ist.
- Dachflächenfenster bringen sehr viel Licht, aber durch Verschmutzung und liegen gebliebenen Schnee kann der Lichteintritt behindert werden.



### Sonnenschutz

Direkte Sonneneinstrahlung auf einen Arbeitsbereich muss vor allem aus drei Gründen vermieden werden:

- Starke Helligkeitsunterschiede (Kontraste) führen zur Ermüdung der Augen und verursachen, z.B. auf Computer-Bildschirmen, Spiegelungen.
- Auf helle oder glänzende Flächen auftreffendes Sonnenlicht verursacht Blendung.
- Sonneneinstrahlung durch die Fenster führt zu einer starken, im Sommer unerwünschten Erwärmung des Raumes (Treibhauseffekt).

**Lamellenstoren (ausssen)** sind besonders im Sommer geeignet und bei Bauten mit Klimaanlage fast Voraussetzung. Mit hellen und quer gestellten Lamellen bringen sie durch Reflexion Tageslicht in den Raum, ohne diesen aufzuwärmen.

**Stoffstoren (ausssen)** sind besonders im Sommer bei sehr starker Sonneneinstrahlung an der Südfassade geeignet. Der Stoff soll hell und lichtdurchlässig sein. Farbige Storen erschweren die Farberkennung. Ausstellbare Storen vermitteln ein Gefühl der Verbundenheit mit der Aussenwelt. Zwischen Stoff und Fenster soll die Luft zirkulieren können, damit im Sommer kein Wärmestau entstehen kann.

Im Winter soll von der tief stehenden Sonne möglichst viel Wärme und Licht in den Raum gelangen können, ohne dass Blendung entsteht. Dazu eignen sich helle, lichtdurchlässige **Vorhänge** oder senkrechte, im Winkel verstellbare Stoffbahnen.

**Rollos und Lamellenstoren (innen)** bestehen meist aus einem festen Stoff, Papier oder Aluminium und lassen das Licht schlecht durch, sodass zusätzlich Kunstlicht verwendet werden muss.

Da sie die Erwärmung des Raumes nicht zu vermeiden vermögen, sind sie bei Bauten mit Klimaanlage untauglich (und in einigen Kantonen auch unzulässig).

**Rollläden und Fensterläden (ausssen)** sind als Blendenschutz ungeeignet. Sie dunkeln den Raum stark ab und machen die Verwendung von Kunstlicht nötig.

### Decken, Wände und Böden

Nicht nur bei der Tageslichtnutzung, sondern auch für einen möglichst guten Beleuchtungswirkungsgrad bei Kunstlicht ist die Farbe der Wände und Decken von grosser Bedeutung. Helle Wände und Decken reflektieren das Tageslicht und bewirken, dass auch von Fenstern weiter entfernte Bereiche gleichmässig beleuchtet werden.

Auch Böden sollen nach Möglichkeit hell sein. Allerdings ist darauf zu achten, dass sie nicht glänzen und so schräg einfallendes Licht reflektieren und unangenehme Spiegelungen verursachen.

### Automatische Steuerungen

Dem guten Willen zum Energiesparen steht oft die Bequemlichkeit oder Vergesslichkeit entgegen. Die Bedienung einer Beleuchtungsanlage muss also möglichst einfach und benutzerfreundlich sein. Hier helfen verschiedene elektronische Lösungen.



### **Dämmerungsschalter**

Das Licht wird in Abhängigkeit der Helligkeit (innen oder aussen) automatisch ein- bzw. ausgeschaltet. Nachteil: Das Licht brennt auch dann, wenn es nicht benötigt wird.

### **Zeitschalter (Treppenlichtautomat)**

Auf Tastendruck brennt das Licht für kurze Zeit (z.B. 3 Min). Man erzielt auf diese Weise einen guten Spareffekt. Zeitschalter sind aber nur für Räume geeignet, in welchen man sich kurze Zeit aufhält. Zeitschalter, die bei einem erneuten Tastendruck wieder ausschalten, sparen noch mehr Energie.

### **Schaltuhren**

Schaltuhren schalten das Licht zu bestimmten Tageszeiten ein und aus. Nachteil: Das Licht brennt auch dann, wenn es nicht benötigt wird. Schaltuhren können auch mit Dämmerungsschaltern kombiniert oder mit einem astronomischen Programm ausgestattet werden. Diese Steuerungen eignen sich für die Strassenbeleuchtung oder viel benutzte Treppenhäuser mit Tageslicht.

### **Bewegungsmelder**

Sobald sich im Einflussbereich des Bewegungsmelders eine Person aufhält, schaltet ein Infrarotsensor die Beleuchtung ein. Meistens sind die Bewegungsmelder zusätzlich mit einem Zeitschalter und einem Dämmerungsschalter kombiniert. Bewegungsmelder sind nicht nur ausserordentlich komfortabel, sondern eine sehr wirkungsvolle Möglichkeit, elektrische Energie zu sparen. Der Standort des Bewegungsmelders muss sorgfältig gewählt und die Einstellung der Schalteempfindlichkeit, des Einflussbereiches und der Schaltzeit gut optimiert werden, damit nicht nutzlose Fehleinschaltungen erfolgen. Bewegungsmelder haben einen Eigenverbrauch von 0,3 bis 3W, was einem Energieverbrauch von ca. 3 bis 30 kWh pro Jahr entspricht.

### **Dimmer**

Sowohl Glühlampen als auch Leuchtstofflampen lassen sich mit elektronischen Mitteln stufenlos regulieren. Bei Glühlampen sind Dimmer als Energiesparmassnahme nicht geeignet, weil die Lichtausbeute bei geringerer Glühtemperatur des Wolframdrahtes massiv abnimmt. Bei Leuchtstofflampen lassen sich nur solche mit einem elektronischen Vorschaltgerät dimmen. Die Lichtausbeute ändert sich nur wenig beim Dimmen. Dies bedeutet, dass bei halber Beleuchtungsstärke sich der Stromverbrauch auch auf nahezu die Hälfte verkleinert.

### Regel- und Steuerungssysteme

Einen ausgezeichneten Spareffekt und ein hohes Mass an Komfort erhält man bei einer Beleuchtungsanlage durch die Kombination von Bewegungsmeldern, Lichtsensoren, Dimmer und Storensteuerung. Am Beispiel einer Schulzimmer- oder Bürobeleuchtung soll die Funktion einer solchen Anlage erläutert werden.

Die Beleuchtung soll gewährleisten, dass auf den Arbeitsflächen überall eine einheitliche Beleuchtungsstärke von mind. 750 Lux erreicht wird.

In der Nacht regeln die Lampen auf volle Helligkeit, sobald der Bewegungsmelder die Anwesenheit einer Person dedektiert oder wenn die Lampen mit dem Schalter eingeschaltet werden. Hält sich niemand mehr im Raum auf, schaltet das Licht verzögert selbstständig aus.

Kommt Tageslicht in den Raum und die Lichtsensoren messen mehr als die gewünschte Beleuchtungsstärke, reduzieren die Lampen individuell ihre Lichtleistung. Nimmt das Tageslicht wieder ab, so wird automatisch die künstliche Beleuchtung wieder verstärkt.

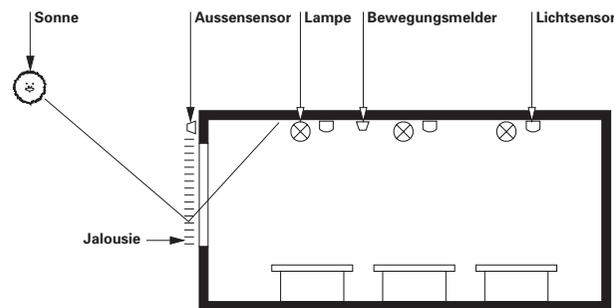


Abb. 11: Elemente einer Licht- und Sonneneinstrahlungsregelung

Ein Aussensensor misst die Intensität der Sonneneinstrahlung und den Sonnenstand. Würde die Sonne im Raum zu Blendung führen, fährt die Jalousie herunter, und die Lamellen werden so gestellt, dass möglichst viel Tageslicht in den Raum dringt, ohne dass die Sonne direkt hineinscheint. Die Jalousie fährt bei niedriger Aussentemperatur selbstständig herunter, damit die Fenster den Raum nicht abkühlen, aber bei starkem Wind fährt sie zu ihrem Schutz wieder hinauf.

Moderne Lichtsteuerungssysteme erlauben es, über ein Gebäudeleitsystem (mit Datenbus) für jeden Raum vorprogrammierte und/oder sensorgesteuerte «Licht-Szenen» ablaufen zu lassen. Raumbenutzer können natürlich nach ihren Bedürfnissen über ein Raumbediengerät eingreifen.

## 4.6 Gerätewahl

250'000 Kühlschränke, 120'000 Waschmaschinen und 110'000 Geschirrspüler werden z.B. jährlich in der Schweiz ersetzt oder neu gekauft. Oft orientieren sich Konsumentinnen und Konsumenten dabei einseitig am Verkaufspreis.

Der Vergleich der Energiekosten – von Modell zu Modell sehr unterschiedlich – zahlt sich jedoch aus. Bei einer Waschmaschine, die zwölf Jahre in Betrieb ist, sind die gesamten Strom- und Wasserkosten bis zu dreimal so hoch wie der Kaufpreis. Auch bei Kühlschränken und Geschirrspülern kann der Stromverbrauch von Gerät zu Gerät um den Faktor 2 variieren. Beim Kochen hängt dagegen der Energieverbrauch weniger vom vorhandenen Kochherd als von der Person, die kocht, ab. Sie spart, wenn sie frühzeitig abschaltet, dem Dampfkochtopf den Vorzug gibt und nur Pfannen mit ebenem Boden und gut passenden Deckeln verwendet.

### Energieetikette

Wie lassen sich energieeffiziente Geräte finden? Bei Kühlgeräten, Waschmaschinen, Geschirrspülern, Wäschetrocknern und neuerdings auch Lampen ist es jetzt einfach: Geräte mit der Energieetikette «A» sind am sparsamsten, mit der Energieetikette «B» noch recht gut, und von «C» bis «G» wird der Energieverbrauch immer höher. Die Energieverbrauchswerte werden aber auch in der Warendeckelung angegeben, welche den Verkaufsprospekten beiliegen soll.

Strom sparende Bürogeräte und TV-Geräte tragen zum Teil das «Energie-Star»-Label. Die Grenzwerte

zur Erreichung des Gütezeichens werden jährlich verschärft und der neuesten Technologie angepasst. Geräte mit Label sind meist nicht teurer als andere. Die Nachfrage energiebewusster Kunden zwingt die Produzenten zur vermehrten Beachtung dieses Kaufkriteriums. Das verbesserte Angebot wiederum beeinflusst Kunden und Anwender.

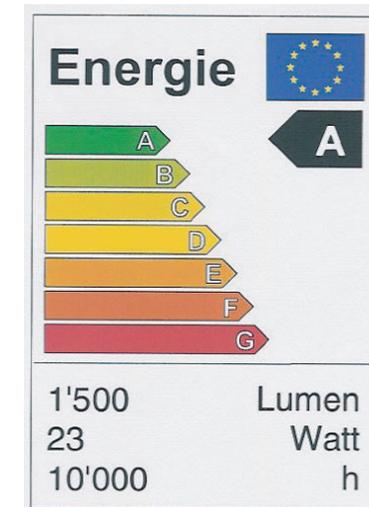


Abb. 12: Energieeffizienz von Lampen (Energieetikette)



Abb. 13: Energieeffizienz von Bürogeräten («Energie-Star»-Label)



## Stromverbrauch deklarieren (Pressenotiz)

### Energie-Etikette für Haushaltgeräte

Der Energieverbrauch von Haushaltgeräten muss künftig deklariert werden. Der Bundesrat hat beschlossen, die einschlägigen Richtlinien der EU auf den 1. Januar 2002 zu übernehmen. Mit der «Energie-Etikette» will der Bundesrat energiesparende Geräte fördern und vom Kauf von Energiefressern abraten. Der Stromverbrauch von Kühl- und Gefrierschränken, Waschmaschinen, Tumbler, Geschirrspülern und Haushaltslampen wird auf einer leicht lesbaren Farbskala von A (grün) bis G (rot) angezeigt. A-Geräte benötigen 50 Prozent weniger Strom als D-Geräte. Im Durchschnitt besitzt jeder Schweizer Haushalt 23 Elektrogeräte. Jährlich werden für 10 Milliarden Franken Elektrogeräte gekauft, die Stromkosten betragen 5 Milliarden Franken. Die neu zu deklarierenden Geräte machen 13 Prozent des Stromverbrauchs aus.

### Beifall der Energieagentur SAFE

Die Schweizerische Agentur für Energieeffizienz (SAFE) hat sich, wie der Agenturleiter Conrad U. Brunner auf Anfrage ausführte, seit langem für eine Deklarationspflicht beim Stromverbrauch eingesetzt. Es sei dies ein adäquates Mittel zur Herstellung von Markttransparenz. Die SAFE begrüsst dementsprechend in einer Medienmitteilung den Erlass des Bundesrates. In vielen Fällen seien A-Geräte nicht teurer und gleich gut ausgestattet wie die stromfressenden Geräte. Wer beim Kauf von Haushaltgeräten auf den Stromverbrauch achte, könne jedes Mal einige hundert Franken sparen.

Im nächsten Schritt müssten Zulassungsvorschriften für die nicht energieeffizienten Geräte und Lampen (Klassen C bis G) erlassen werden. Notwendig sei auch eine Warendeklaration für alle andern wichtigen elektrischen Geräte (Fernseher, Personalcomputer, Kopierer, Fax, Backöfen, Wasserwärmer, Umwälzpumpen, Rolltreppen usw.).

### Reparatur oder Neukauf?

Bei einem älteren Gerät stellt sich oft die Frage, ob sich eine Reparatur lohnt oder nicht. Dabei sind folgende Punkte zu beachten:

#### Reparaturkosten

Die Reparaturkosten und die Amortisation eines neuen Gerätes müssen gegeneinander abgewogen werden. Man rechnet mit folgender Lebensdauer:

Gerät	Lebensdauer
Kochherd	20 Jahre
Kühlgeräte, Waschmaschinen, Geschirrspüler	10 bis 15 Jahre
PC, Drucker, Fax	5 Jahre



Ist die halbe Lebensdauer überschritten, lohnt es sich bei Reparaturkosten, die mehr als 10 % des Neupreises ausmachen, meistens, das Gerät zu ersetzen. Dies vor allem, wenn das neue Gerät deutlich sparsamer ist, bzw. mehr bietet.

### **Leistungsfähigkeit und Komfort**

Die Entwicklung geht bei technischen Geräten schnell voran. Oft sind neue Geräte leistungsfähiger, sicherer und komfortabler, sodass die Reparatur des alten Gerätes nicht mehr sinnvoll ist.

### **Energieverbrauch**

Neue Geräte verbrauchen oft wesentlich weniger Strom oder haben ein gutes Energiemanagement.

### **Graue Energie**

Diejenige Energie, die nötig ist, um einen Apparat und das dazu erforderliche Material herzustellen, nennt man graue Energie. Diese Energie wurde verbraucht und hat die Umwelt belastet, ohne dass man sie dem Produkt spontan ansieht. Deshalb wird sie häufig vergessen. Zur grauen Energie gehört ebenfalls der Energieaufwand für Transport und Entsorgung.

Graue Energie ist zwar schwierig zu berechnen, doch gilt als ganz grobe Faustregel: Pro bezahlten Franken enthält das Produkt eine bis drei Kilowattstunden graue Energie. Durch bewusstes Konsumverhalten und gezieltes Einkaufen können wir aber auch mit grauer Energie sparsam umgehen. Beispielsweise sollte beim Ersatz eines alten, noch funk-

tionierenden Gerätes durch ein neues, Energie sparendes Gerät die graue Energie in die Bilanz miteinbezogen werden. Der Austausch eines noch gut funktionierenden Gerätes aus Energiespargründen ist dann meistens nicht sinnvoll. Beim Kauf somit stets auf Qualität, Langlebigkeit sowie guten Reparaturservice achten.



### Ausschalten!

Bei Bürogeräten sind vier Betriebszustände zu unterscheiden: Arbeitszustand, Stand-by (Bereitschaft), Energie sparender Ruhezustand (Sleep-mode, noch nicht bei allen Geräten) und AUS (ausgeschaltet). Das Abschalten der Geräte ist die einfachste und billigste Massnahme bei gleichzeitig grossem Stromspareffekt. Wer nicht jedesmal den Schalter betätigen will, etwa aufgrund häufiger Unterbrüche der PC-Arbeit, kann dies automatisieren: Bei Nichtgebrauch geht der PC auf OFF, bei Bedarf auf ON. Folgende Verbrauchswerte wurden an einem modernen PC mit 17"- Röhren-Monitor, Drucker, Scanner und Modem in den vier Betriebszuständen und beim Betrieb mit Bildschirmschoner gemessen:

Betriebszustand	Leistung	%
Arbeitszustand	130W	100 %
Bildschirmschoner		
(fast dunkler Bildschirm)	120W	92 %
Stand-by		
(Bildschirm ohne Anzeige)	65W	50 %
Ruhezustand		
(PC im Sleep-Modus)	32W	25 %
Aus	0	0 %

Entgegen weitverbreiteter Vorurteile wird die Lebensdauer von Bürogeräten aufgrund häufigen Ein- und Ausschaltens keineswegs verkürzt. Auch der Stromverbrauch in der Startphase weicht kaum vom regulären Betrieb ab.

Viele Geräte wie etwa Fotokopierer, Fax, Kaffeemaschine werden nur während einer kurzen Zeit gebraucht. In der restlichen Zeit sind sie in Bereitschaftsstellung und brauchen in diesem Zustand den grössten Teil ihres Gesamtbedarfs an Strom. Bildschirmschoner und Stand-By täuschen leider einen Sparbetrieb vor, was das Ausschalten als (noch) weniger dringlich erscheinen lässt.



## 4.7 Haustechnik

Eine der wichtigsten Haustechnik-Anwendungen, die Beleuchtung, ist im Kapitel 4.5 ausführlich behandelt. Ebenfalls gewichtige Stromverbraucher sind Hilfsaggregate der Heizungen (Umwälzpumpen) sowie Lüftungstechnische Anlagen (vor allem in Nicht-Wohnbauten). Aufzüge (Lifte) und andere Transporteinrichtungen fallen punkto Stromverbrauch weniger ins Gewicht.

Die folgenden Spar-Prinzipien lassen sich für alle Energieverbraucher anwenden:

1. Betriebszeiten reduzieren (den effektiven Bedürfnissen anpassen). Dies ist oft mit einfachsten Mitteln möglich wie Umprogrammierung, Schaltuhren, Präsenzmelder etc.
2. Überdimensionierte Leistungen reduzieren (und überflüssige abbauen). Auch dieser Schritt erfordert meist nur bescheidene Investitionen (Steuerung/Regelung anpassen oder einführen, Drehzahlregelung für Pumpen, Ventilatoren, etc.).
3. Wirkungsgrad erhöhen: Dazu sind meist neue Geräte und Einrichtungen nötig. Sehr wichtig ist, dass bei sowieso kommenden Erneuerungen und Anschaffungen auf Energieeffizienz geachtet wird (Problem der verpassten Gelegenheiten, vor allem bei Routine-Unterhalt und -Ersatz!).



## **4.8 Gewerbliche und industrielle Anwendungen**

Viele Elektrizitätsanwendungen in Gewerbe und Industrie sind ähnlich wie in Wohnbauten: Beleuchtung, diverse Geräte, Haustechnik. Zu den sehr vielfältigen Anlagen, abgestimmt auf die spezifischen Tätigkeiten der Betriebe, können kaum allgemeingültige Aussagen gemacht werden, ausser dem Hinweis auf die generellen Spar-Prinzipien wie in 4.7.



## 5 Aufgaben, Lösungsvorschläge

### Lernauftrag 1: Sparen mit der Sparlampe

Wie viel lässt sich tatsächlich mit der Sparlampe sparen? Dies soll in der folgenden Berechnung gezeigt werden. Für eine Zeit von 10'000 Stunden werden die Energiekosten und die Gestehungskosten von Glühlampe und Sparlampe mit gleichem Lichtstrom einander gegenübergestellt. Die Kosten für die Entsorgung und für das Auswechseln der Lampen werden in der Rechnung nicht berücksichtigt.

Zuerst müssen einige Randbedingungen festgehalten werden:

- Anschaffungskosten einer Glühlampe:  
..... Fr.
- Anschaffungskosten einer Sparlampe:  
..... Fr.
- Leistung der Glühlampe:  
..... kW
- Leistung der Sparlampe:  
..... kW
- Lebensdauer einer Glühlampe:  
..... h
- Lebensdauer einer Sparlampe:  
..... h
- Preis einer Kilowattstunde:  
..... Fr./kWh

### Glühlampe

#### Anschaffungskosten:

..... Glühlampen zu Fr. .... = Fr. ....

#### Energiekosten:

$K = P \cdot t \cdot k$  [Fr. = kW · h · Fr./kWh]

$K = \dots + \dots + \dots = Fr. \dots$

#### Total

**Fr. ....**

### Sparlampe

#### Anschaffungskosten:

..... Sparlampen zu Fr. .... = Fr. ....

#### Energiekosten:

$K = P \cdot t \cdot k$  [Fr. = kW · h · Fr./kWh]

$K = \dots + \dots + \dots = Fr. \dots$

#### Total

**Fr. ....**

#### Ersparnis

**Fr. ....**

#### Fazit:

Rechnet man mit einer durchschnittlichen, täglichen Einschaltdauer von 5 Stunden, so entsprechen 10'000 Stunden Betriebszeit (=Lebensdauer einer Sparlampe) einer Benützungsdauer von ca. 5 Jahren! Ersetzt man z.B. in einem Haushalt 8 Glühlampen durch Sparlampen, so ergibt dies eine Kostenersparnis pro Jahr von Fr. ....



### Lösung Lernauftrag 1: Sparen mit der Sparlampe

Wie viel lässt sich tatsächlich mit der Sparlampe sparen? Dies soll in der folgenden Berechnung gezeigt werden. Für eine Zeit von 10'000 Stunden werden die Energiekosten und die Gestehungskosten von Glühlampe und Sparlampe mit gleichem Lichtstrom einander gegen-übergestellt. Die Kosten für die Entsorgung und für das Auswechseln der Lampen werden in der Rechnung nicht berücksichtigt.

Zuerst müssen einige Randbedingungen festgehalten werden:

- Anschaffungskosten einer Glühlampe:  
.1.50 . . . . Fr.
- Anschaffungskosten einer Sparlampe:  
.15.00 . . . Fr.
- Leistung der Glühlampe:  
.0.100 . . . kW
- Leistung der Sparlampe:  
.0.020 . . . kW
- Lebensdauer einer Glühlampe:  
.1'000 . . . h
- Lebensdauer einer Sparlampe:  
.10'000 . . h
- Preis einer Kilowattstunde:  
.0.20 . . . . Fr./kWh

### Glühlampe

#### Anschaffungskosten:

10 Glühlampen zu Fr. 1.50 = Fr. 15.–

#### Energiekosten:

$K = P \cdot t \cdot k$  [Fr. = kW · h · Fr./kWh]

$K = 0.1 \cdot 10'000 \cdot 0.20 = Fr. 200.–$

#### Total

**Fr. 215.–**

### Sparlampe

#### Anschaffungskosten:

1 Sparlampen zu Fr. 15.– = Fr. 15.–

#### Energiekosten:

$K = P \cdot t \cdot k$  [Fr. = kW · h · Fr./kWh]

$K = 0.02 \cdot 10'000 \cdot 0.20 = Fr. 40.–$

#### Total

**Fr. 55.–**

#### Ersparnis

**Fr. 160.–**

#### Fazit:

Rechnet man mit einer durchschnittlichen, täglichen Einschaltdauer von 5 Stunden, so entsprechen 10'000 Stunden Betriebszeit (=Lebensdauer einer Sparlampe) einer Benützungsdauer von ca. 5 Jahren! Ersetzt man z.B. in einem Haushalt 8 Glühlampen durch Sparlampen, so ergibt dies eine Kostenersparnis pro Jahr von **Fr. 256.–**



## Lernauftrag 2: Leistungsbestimmung mit dem Zähler

a) Lesen Sie bei sich zu Hause beim Elektrizitätszähler den Energieverbrauch einer Woche ab und berechnen Sie daraus die durchschnittlich angeschlossene Leistung.

### 1. Ablesung:

Datum: ..... Zeit: .....  
Zählerstand Hochtarif: .....  
Niedertarif: .....

### 2. Ablesung:

Datum: ..... Zeit: .....  
Zählerstand Hochtarif: .....  
Niedertarif: .....

Zunahme Hochtarif: .....  
Niedertarif: .....

Summe Hoch und Niedertarif: ..... kWh

Zeit für die ganze Woche in Stunden: ..... h

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} = \text{..... kW}$$

b) Bestimmen Sie mit einer Zählerablesung die momentane Durchgangsleistung.

Zählerkonstante:

C = ..... 1/kWh

Gestoppte Zeit:

t = ..... s

Umdrehungen der Zählerscheibe:

n = .....

$$P = \frac{n \cdot 3600}{t \cdot C} = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} = \text{..... kW}$$



### Lernauftrag 3: Stromverbrauch einer vierköpfigen Familie

Für eine vierköpfige Familie soll der wöchentliche Verbrauch elektrischer Energie in einer Vierzimmer-Wohnung ermittelt werden. Der Verbrauch wird gemäss nachfolgender Tabelle in folgende Bereiche eingeteilt:

- Kochen
- Kühlen
- Abwaschen
- Hygiene
- Unterhaltung
- Beleuchtung

Als Grundlage soll eine Woche im Herbst mit veränderlichem Wetter dienen.

Gehen Sie bei Ihrer Untersuchung in vier Schritten vor:

#### a) Verbraucherleistungen

Aufgrund der Herstellerangaben, Datenschilder oder aus Fachbüchern wird die Leistung der einzelnen Verbraucher ermittelt. In vielen Fällen wird man auf Schätzungen angewiesen sein, weil z.B. Geräte mit Thermostat nicht immer die volle Leistung beziehen. Auch bei der Beleuchtung sind oft verschiedene Lampen unterschiedlich lang im Betrieb.

#### b) Einschaltdauer

Eine Woche lang soll zu Hause die Einschaltdauer der einzelnen Verbraucher oder die Häufigkeit der Benützung beobachtet und in die Tabelle eingetragen werden. Bei Geräten wie dem Kühlschrank hängt die Einschaltdauer des Aggregats wesentlich von der Benützung ab. Als Annahme kann man von einer Einschaltdauer von ca.  $\frac{1}{2}$  der Testdauer ausgehen.

#### c) Energieverbrauch

Aus den ermittelten Werten wird nun der tägliche und der wöchentliche Energieverbrauch berechnet und die Summe der einzelnen Bereiche ermittelt (gerundet auf 0,5 kWh).

$$W = P \cdot t \quad [ \text{kWh} = \text{kW} \cdot \text{h} ]$$

#### d) Prozentuale Verteilung

Das Gesamttotal wird als 100% angenommen und daraus der prozentuale Anteil der einzelnen Bereiche ermittelt. Das Ergebnis kann grafisch mit einem Kuchendiagramm dargestellt werden.



## Lernauftrag 3: Leere Tabelle

## Energieverbrauch einer vierköpfigen Familie in einer Vierzimmer-Wohnung

Verbraucher	Durchschnittliche Leistung [kW]	Einschaltdauer täglich [h]	Einschaltdauer wöchentlich [h]	Energie pro Waschgang [kWh]	Energieverbrauch wöchentlich [kWh]	In % vom gesamten Energieverbrauch
Kochh. je Platte:	*					
Backofen	*					
Kaffeemaschine						
<b>Total Kochen</b>						
Kühlschrank			*			
Tiefkühler			*			
<b>Total Kühlen</b>						
<b>Geschirrspüler</b>		X				
Waschmaschine			X			
Bügeln						
Föhn						
Staubsauger						
<b>Total Hygiene</b>						
TV -Video						
PC mit Monitor						
<b>Unterhaltung</b>						
Licht Küche						
Licht Wohnz.						
Licht Schlafz.						
Licht Kinderz. 1						
Licht Kinderz. 2						
Licht Bad / WC						
Licht Gang						
<b>Total Licht</b>						
<b>Gesamttotal</b>						

\* Bei Kochplatte und Backofen wird 50% der Maximalleistung gerechnet. Die Aggregate der Kühlgeräte sind 50% der Zeit eingeschaltet.



## Lernauftrag 3: Tabelle mit Vorgaben zu Leistungen und Verbrauch

## Energieverbrauch einer vierköpfigen Familie in einer Vierzimmer-Wohnung

Verbraucher	Durchschnittliche Leistung [kW]	Einschaltdauer täglich [h]	Einschaltdauer wöchentlich [h]	Energie pro Waschgang [kWh]	Energieverbrauch wöchentlich [kWh]	In % vom gesamten Energieverbrauch
Kochh. je Platte	1,2 *					
Backofen	2 *					
Kaffeemaschine	2					
<b>Total Kochen</b>						
Kühlschrank	0,1	*				
Tiefkühler	0,1	*				
<b>Total Kühlen</b>						
<b>Geschirrspüler</b>		x		1,5		
Waschmaschine			x	3		
Bügeln	1					
Föhn	1,2					
Staubsauger	0,8					
<b>Total Hygiene</b>						
TV -Video	0,25					
PC mit Monitor	0,2					
<b>Unterhaltung</b>						
Licht Küche	0,05					
Licht Wohnz.	0,15					
Licht Schlafz.	0,1					
Licht Kinderz. 1	0,1					
Licht Kinderz. 2	0,1					
Licht Bad / WC	0,05					
Licht Gang	0,06					
<b>Total Licht</b>						
<b>Gesamttotal</b>						

\* Bei Kochplatte und Backofen wird 50% der Maximalleistung gerechnet. Die Aggregate der Kühlgeräte sind 50% der Zeit eingeschaltet.



## Lernauftrag 3: Ausgefüllte Tabelle mit allen Berechnungen

## Energieverbrauch einer vierköpfigen Familie in einer Vierzimmer-Wohnung

Verbraucher	Durchschnittliche Leistung [kW]	Einschaltdauer täglich [h]	Einschaltdauer wöchentlich [h]	Energie pro Waschgang [kWh]	Energieverbrauch wöchentlich [kWh]	In % vom gesamten Energieverbrauch
Kochh. je Platte	1,2 *	1,5	10,5		12,5	
Backofen	2 *		1		2	
Kaffeemaschine	2	0,25	1,75		3,5	
<b>Total Kochen</b>					<b>18</b>	<b>22 %</b>
Kühlschrank	0,1	12 *	84		8,5	
Tiefkühler	0,1	12 *	84		8,5	
<b>Total Kühlen</b>					<b>17</b>	<b>21 %</b>
<b>Geschirrspüler</b>		1 x		1,5	<b>10,5</b>	<b>13 %</b>
Waschmaschine			3 x	3	9	
Bügeln	1		2		2	
Föhn	1,2	0,25	1,75		2	
Staubsauger	0,8		1		1	
<b>Total Hygiene</b>					<b>14</b>	<b>17,5 %</b>
TV -Video	0,2	3	21		4	
PC mit Monitor	0,15	2	14		2	
<b>Unterhaltung</b>					<b>6</b>	<b>7,5 %</b>
Licht Küche	0,05	3	21		1	
Licht Wohnz.	0,15	5	35		5,5	
Licht Schlafz.	0,1	2	14		1,5	
Licht Kinderz. 1	0,1	3	21		2	
Licht Kinderz. 2	0,1	3	21		2	
Licht Bad / WC	0,05	2	14		1,5	
Licht Gang	0,06	5	35		2	
<b>Total Licht</b>					<b>15.5</b>	<b>19 %</b>
<b>Gesamttotal</b>					<b>81</b>	<b>100 %</b>

\* Bei Kochplatte und Backofen wird 50% der Maximalleistung gerechnet. Die Aggregate der Kühlgeräte sind 50% der Zeit eingeschaltet.



## 6 Weiterführende Literatur

Broschüren der Zürcher Energieberatung, Beatenplatz 2, Postfach 6928, 8023 Zürich (einzeln gratis). Dazu sind auch zusammenfassende farbige Falblätter erhältlich:

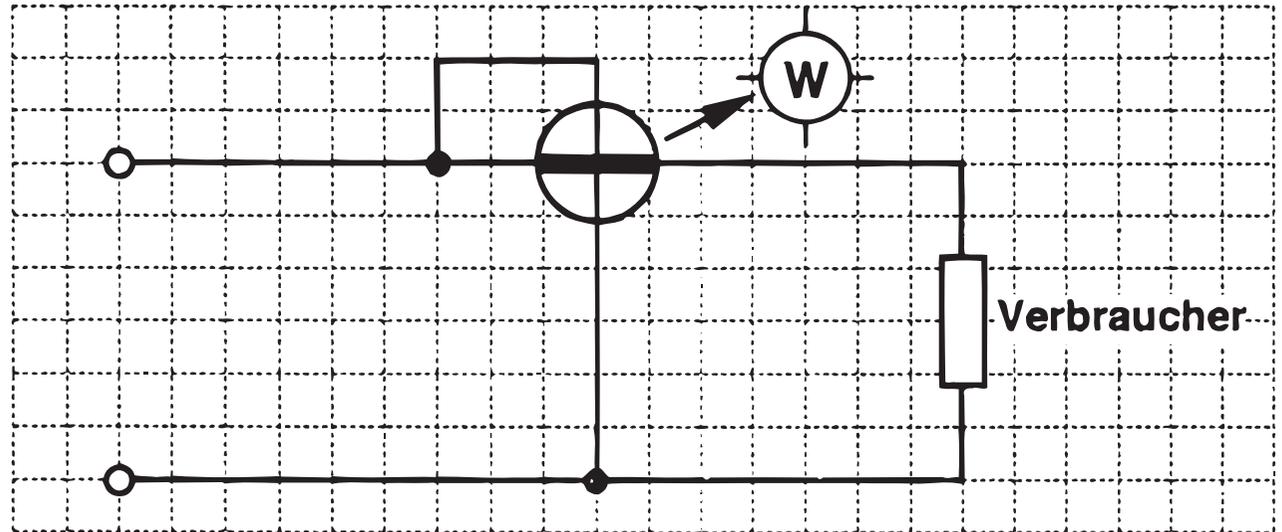
- Stromsparende Apparate und Einrichtungen für Wohngebäude
- Elektrizität rationell nutzen in Büro- und Geschäftshäusern
- Energie rationell nutzen beim Waschen und Trocknen im Mehrfamilienhaus
- Power Box, ein Energie-Workshop in 10 Lektionen  
vdf Verlag Zürich 1995
- Elektrische Installationen und Apparate  
ISBN 3-905214-23-7
- Hausgerätetechnik, Beleuchtungstechnik und Klimatechnik  
ISBN 3-8023-1580-4
- Energiesparen an Schulen  
ISBN 3 8962 2023 3
- Strom optimal nutzen  
ISBN 5 1761 2516 1
- Tageslichttechnik 2000  
ISBN 3-7905-0822-5
- Impulsprogramme (RAVEL, IP Bau, PACER), CD-ROM  
SIA, Zürich
- Haushaltgeräte, Leitfaden zur Gerätewahl (Dokumentation RAVEL)  
EDMZ, Bern  
Bst.-Nr.724.347 d
- Faktor Licht (Periodikum)  
Erscheint jährlich  
Schweiz. Agentur für Energieeffizienz  
[www.energieagentur.ch](http://www.energieagentur.ch)  
Bezug: Minergie Geschäftsstelle, 3000 Bern 16

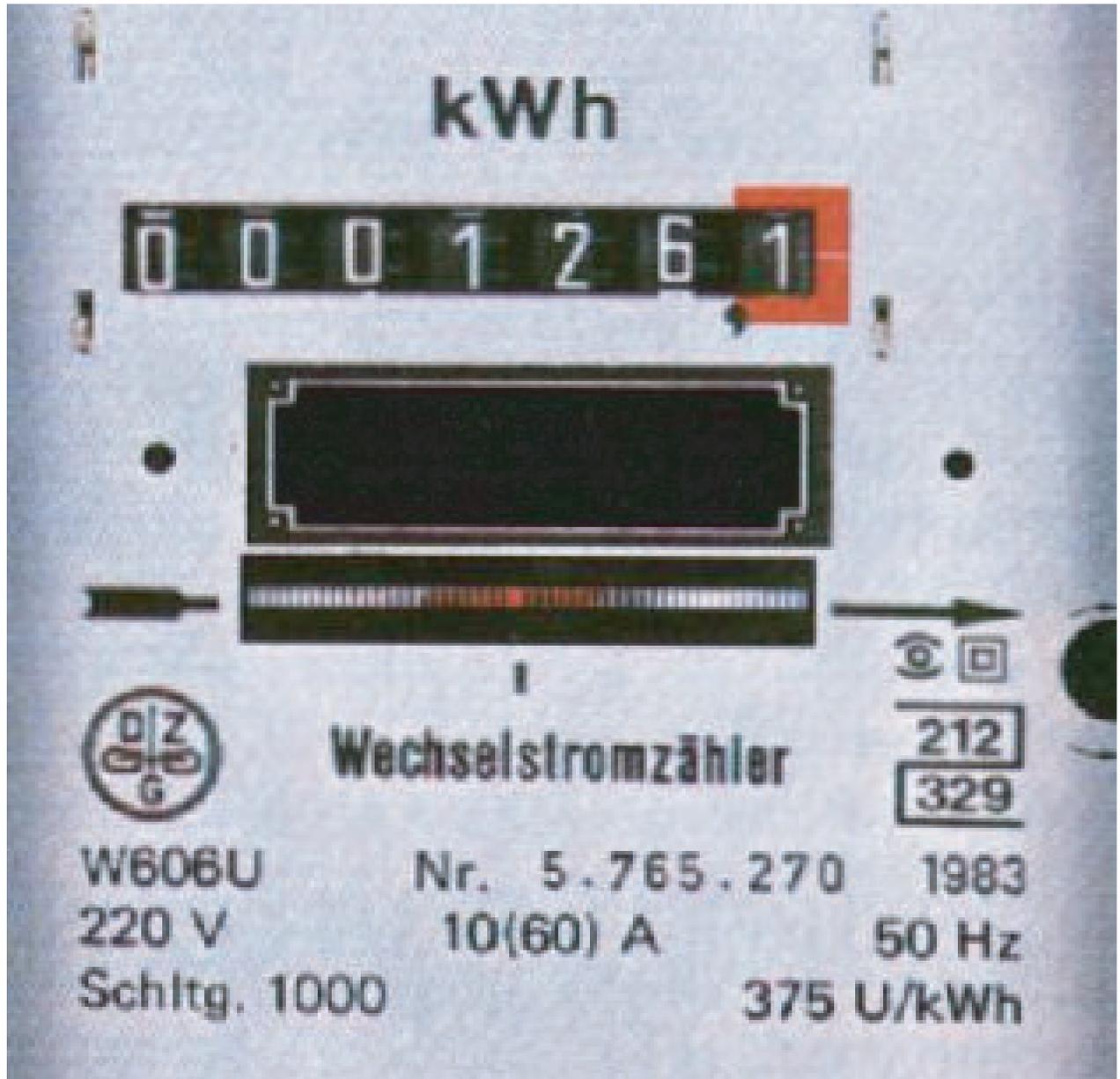


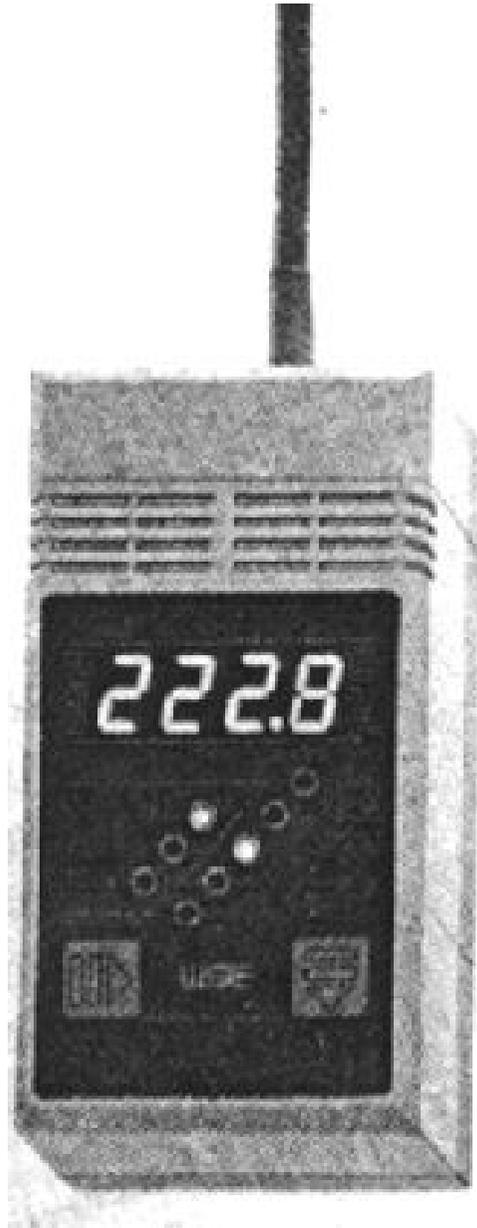
## 7 Bild- und Textnachweis

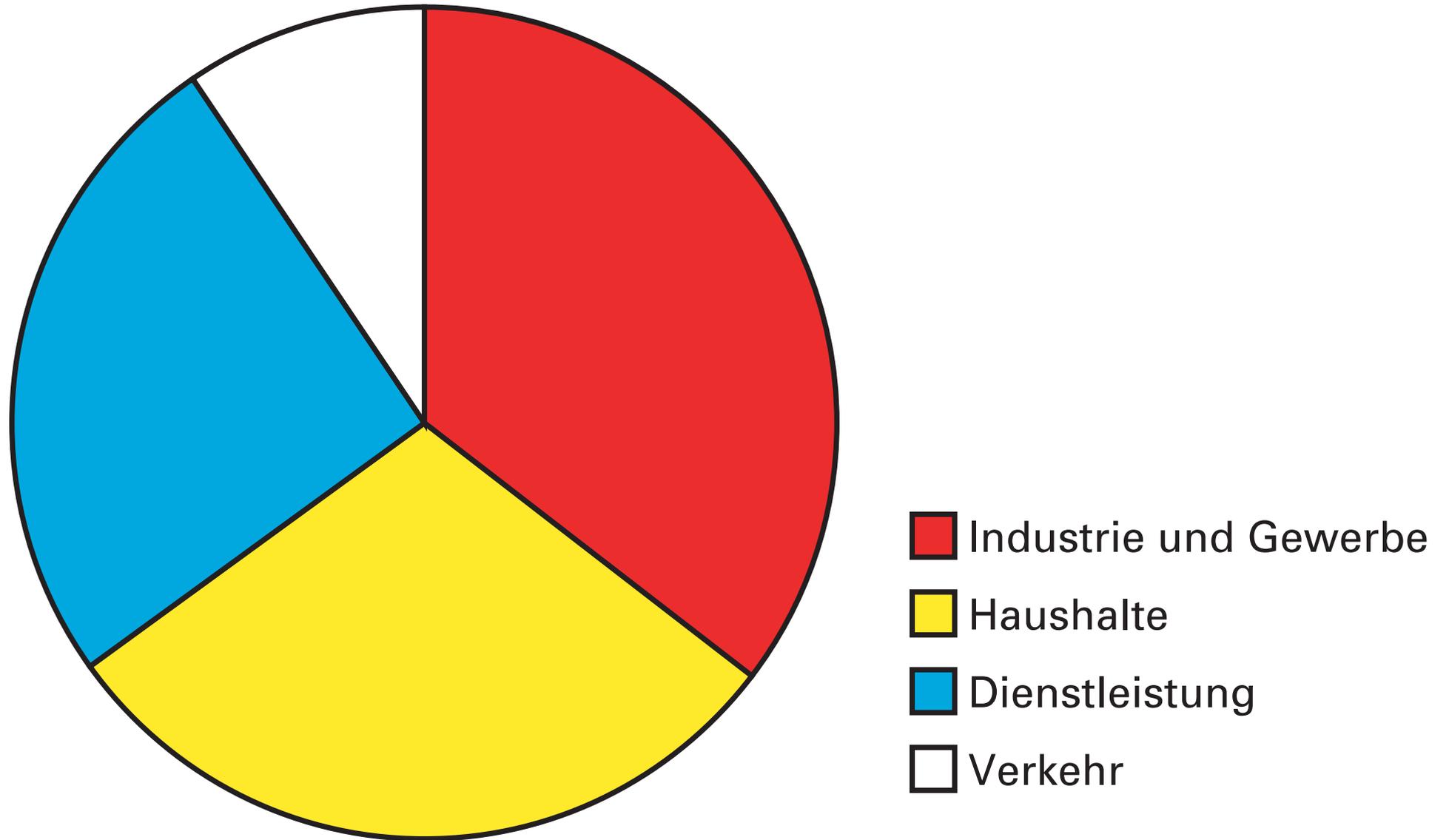
Abb. Nr.	Titel der Abb.	Buchtitel	Autor/Herausgeber
1	Messung mit dem Wattmeter	Elektrotechnik 2	Hans Roth /Sauerländer
2	Datenschild		VSEI
3	Energiemessgerät		EMU Elektronik AG
4	Elektrizitätsverbrauch		U. Marti
5	Die grössten Stromverbraucher	Power Box	Impulsprogramm Ravel
6	Energieetikette für Waschmaschine		BFE
7	Im Stand-by ...	Power Box	Impulsprogramm Ravel
8	Verbesserte Beleuchtungstechniken	Power Box	Impulsprogramm Ravel
9	Die Glühlampe ist ...	Power Box	Impulsprogramm Ravel
10	Formen von Spar- und Kompaktlampen		Osram AG
11	Lichtsteuerungssystem		U. Marti
12	Energieetikette für Lampen		BFE
13	«Energy-Star»-Label		EU

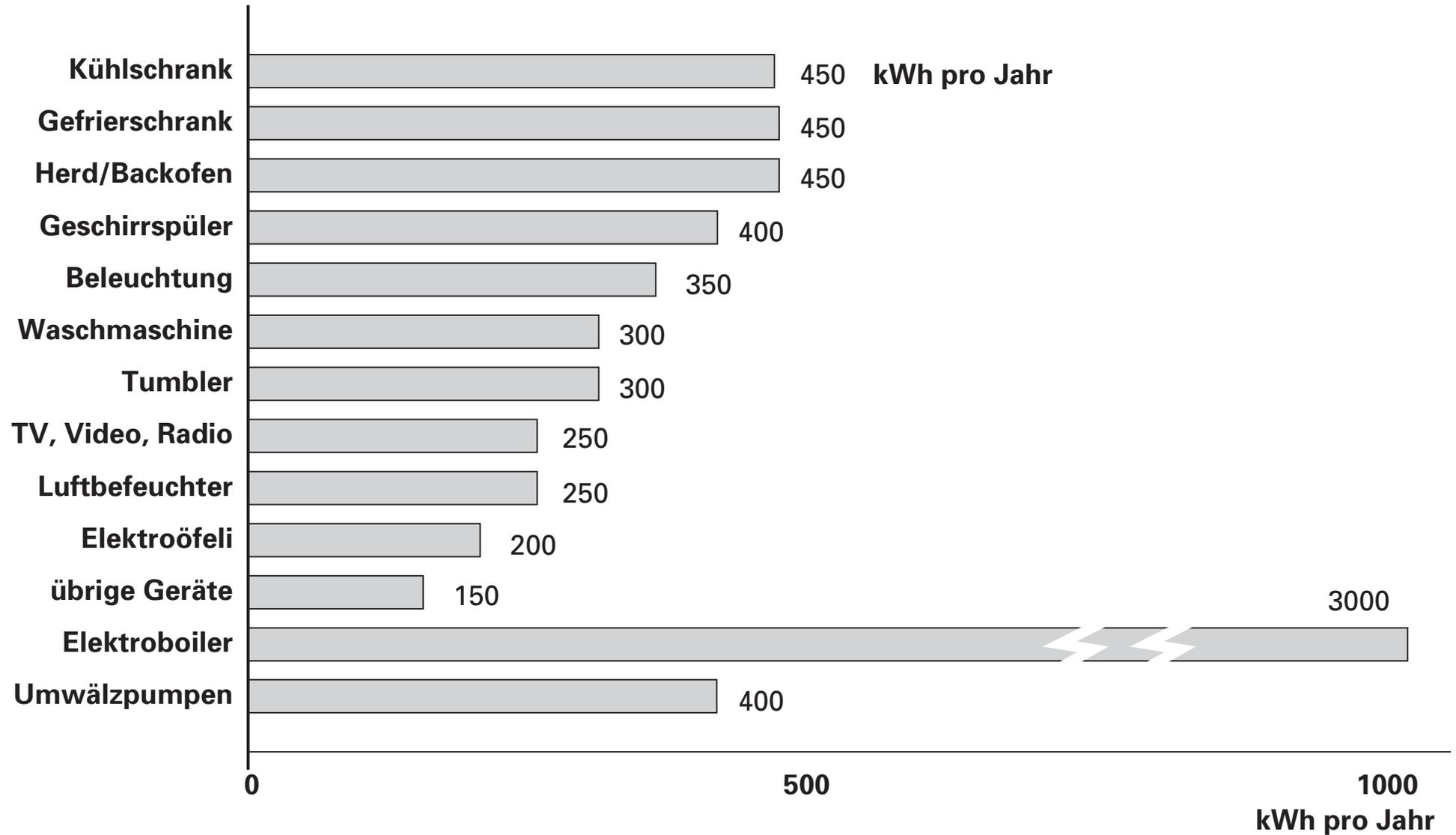
## 8 Vorlagen

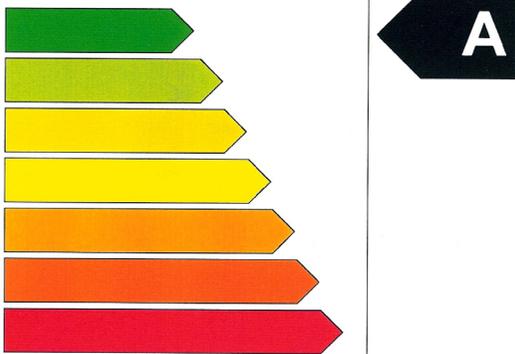


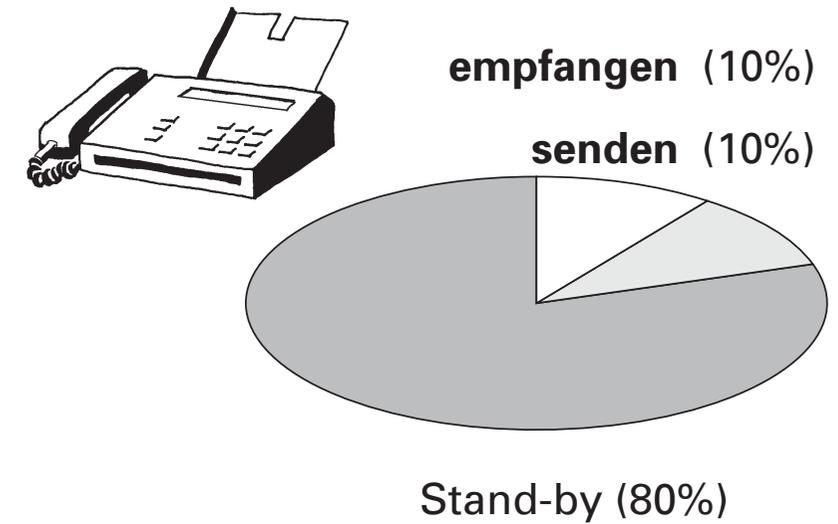
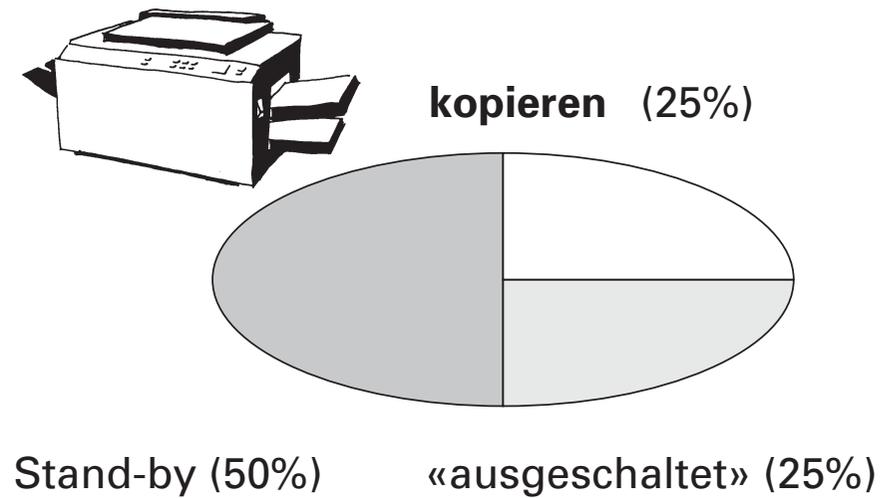
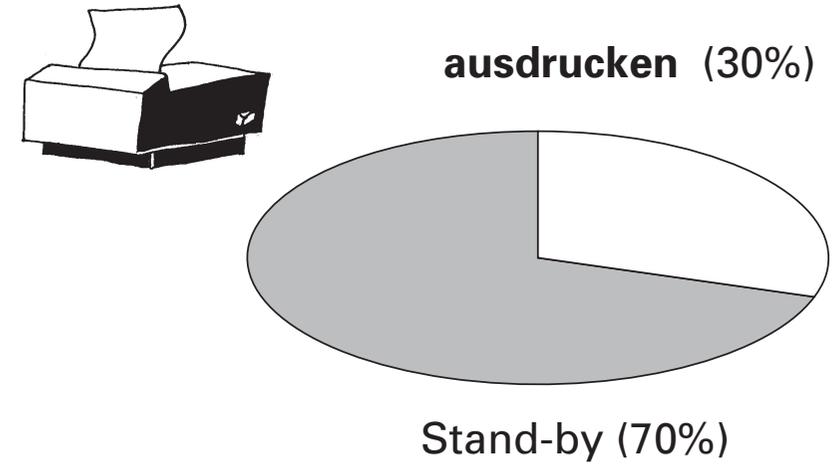
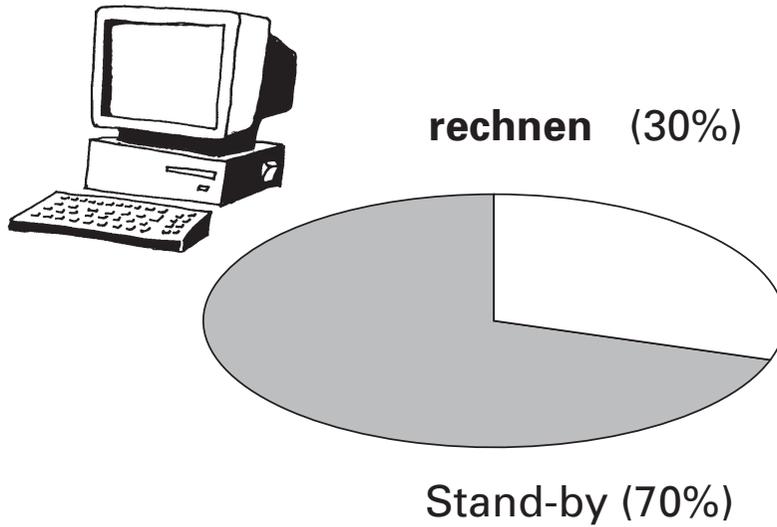


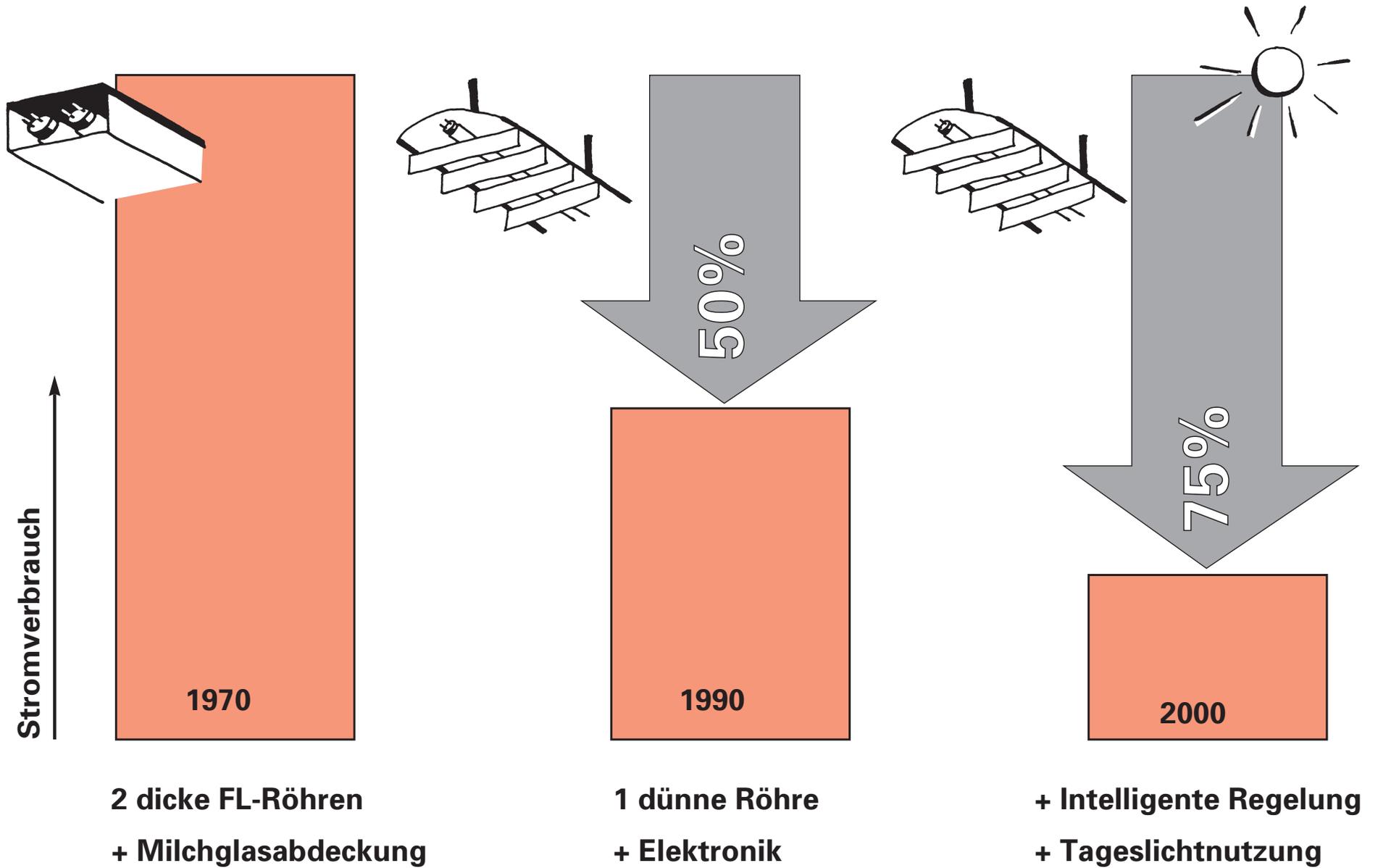




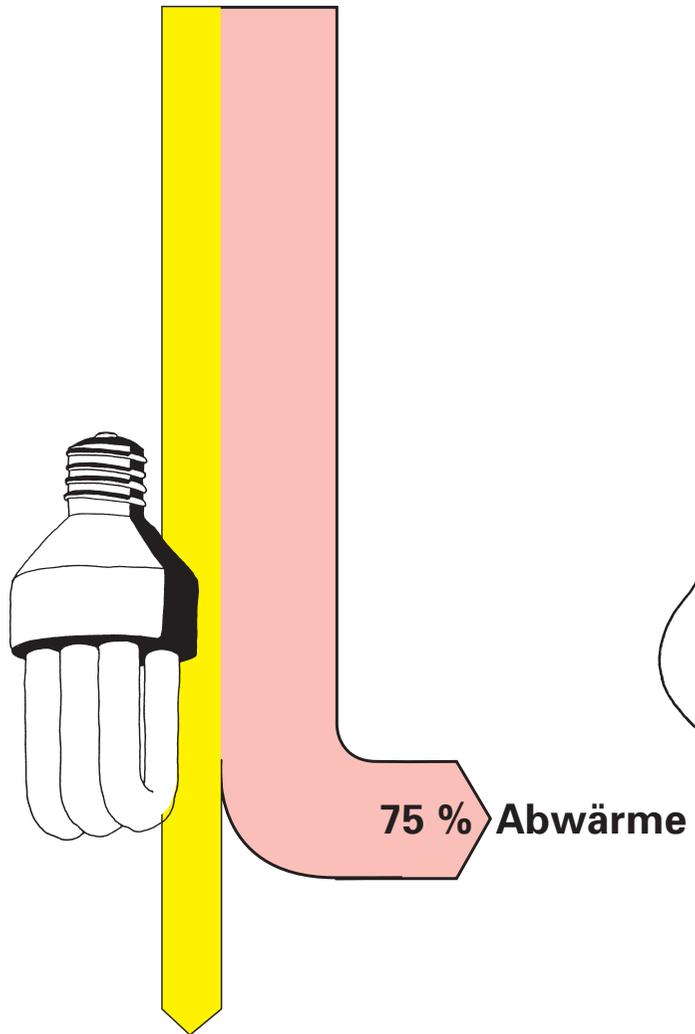


<h1>Energie</h1>		<b>Geschirrspüler</b>
Hersteller Modell		
<b>Niedriger Verbrauch</b> 		
<b>Hoher Verbrauch</b> Energieverbrauch kWh/Programm <i>(ausgehend von den Ergebnissen der Normprüfung für das vom Hersteller festgelegte Standardprogramm, bei Kaltwasserbefüllung)</i> Der tatsächliche Energieverbrauch hängt von der Art der Nutzung des Gerätes ab		<b>1.20</b>
<b>Reinigungswirkung</b> A: besser G: schlechter		<b>A B C D E F G</b>
<b>Trockenwirkung</b> A: besser G: schlechter		<b>A B C D E F G</b>
Standardbefüllung Wasserverbrauch l/Programm		YZ YX
Geräusch (db(A) re 1.pw)		XY
Ein Datenblatt mit weiteren Geräteangaben ist in Prospekten enthalten		
<small>Norm EN 50242                  Richtlinie 97/17/EG Geschirrspüleretikett</small>		

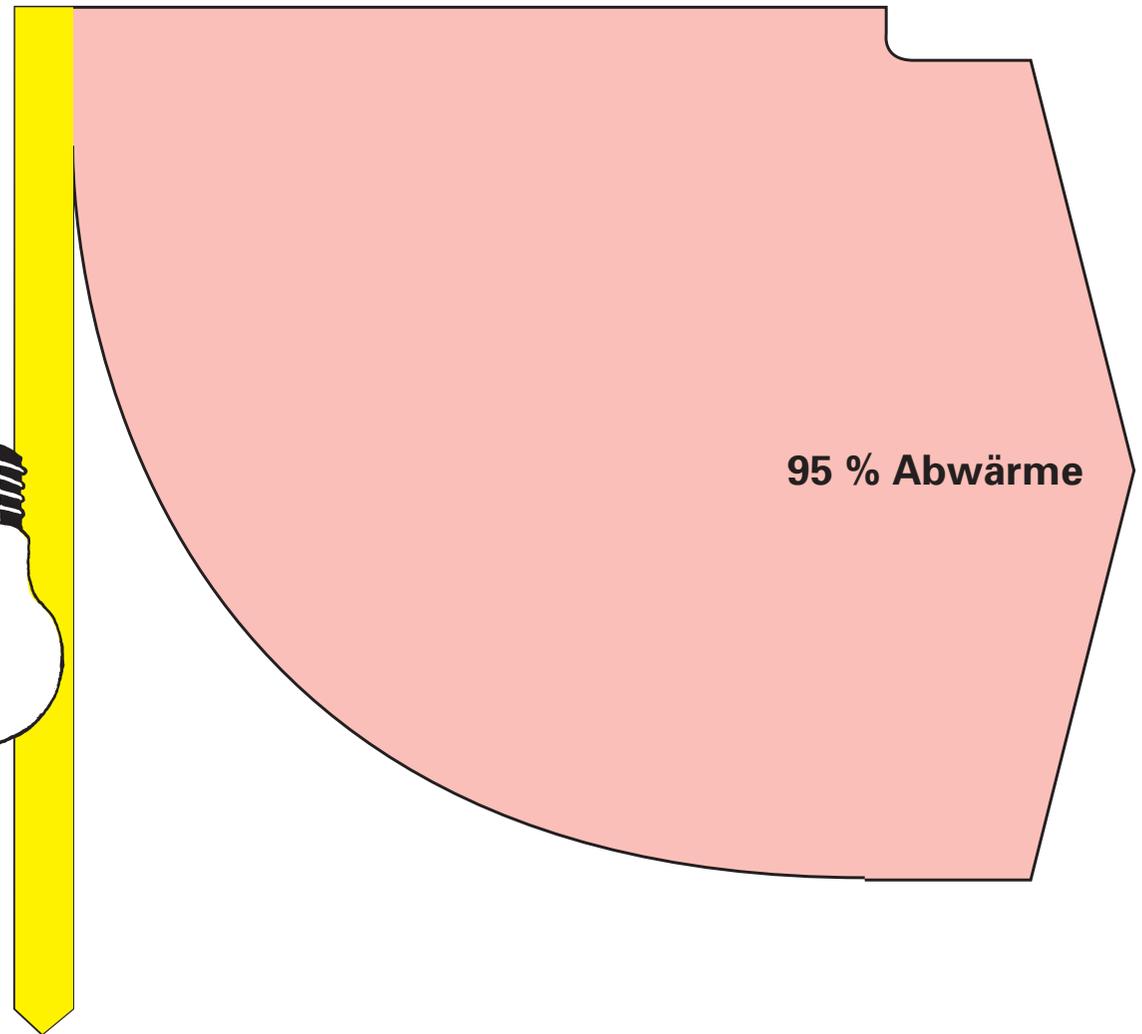




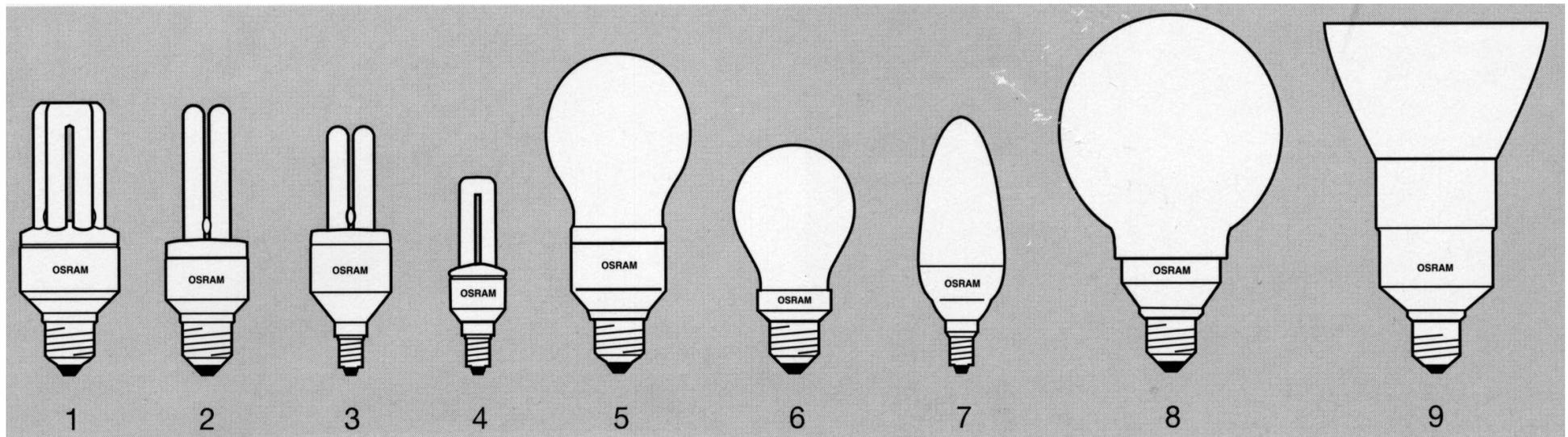
### Elektrische Energie



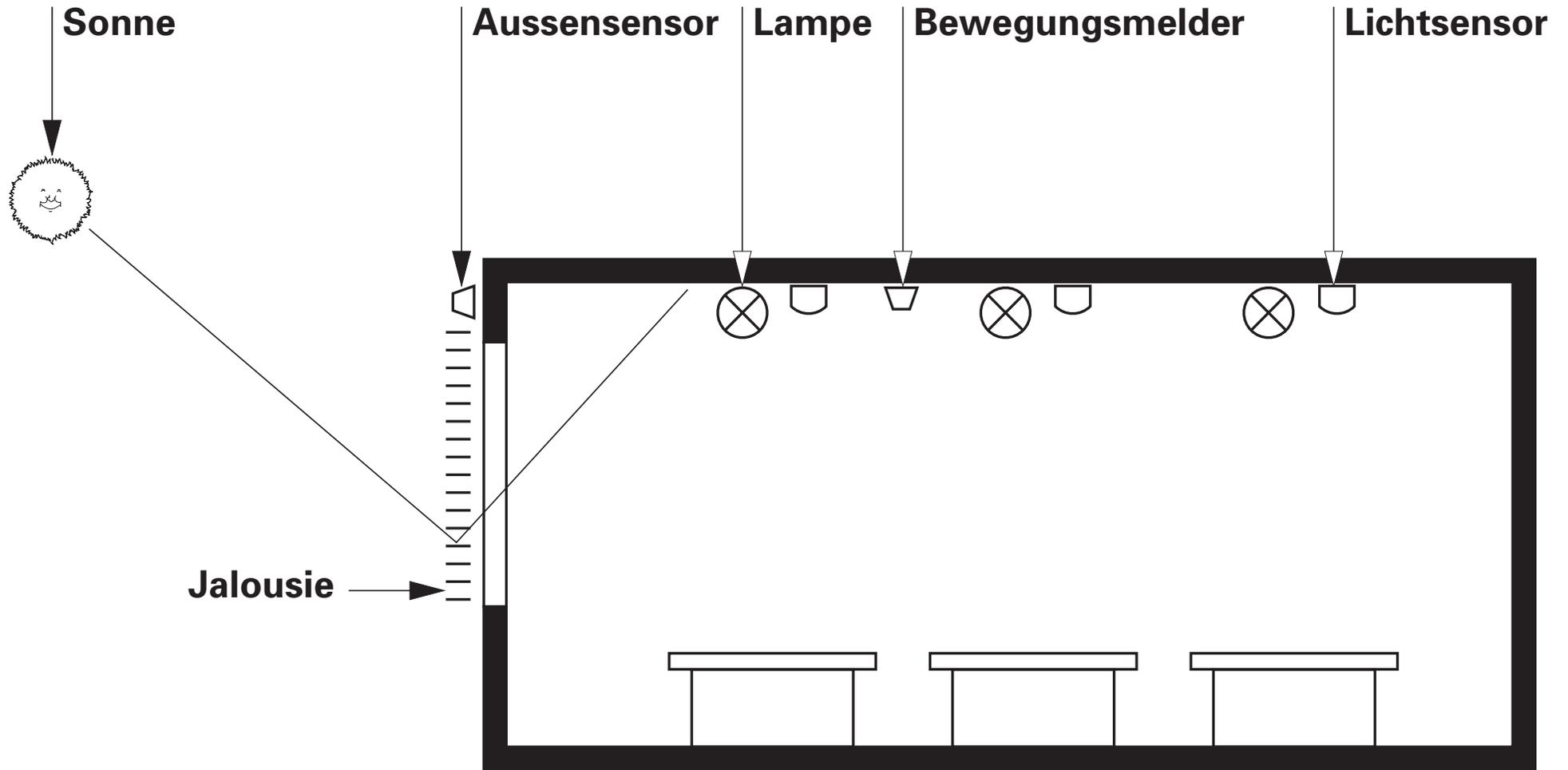
### Elektrische Energie

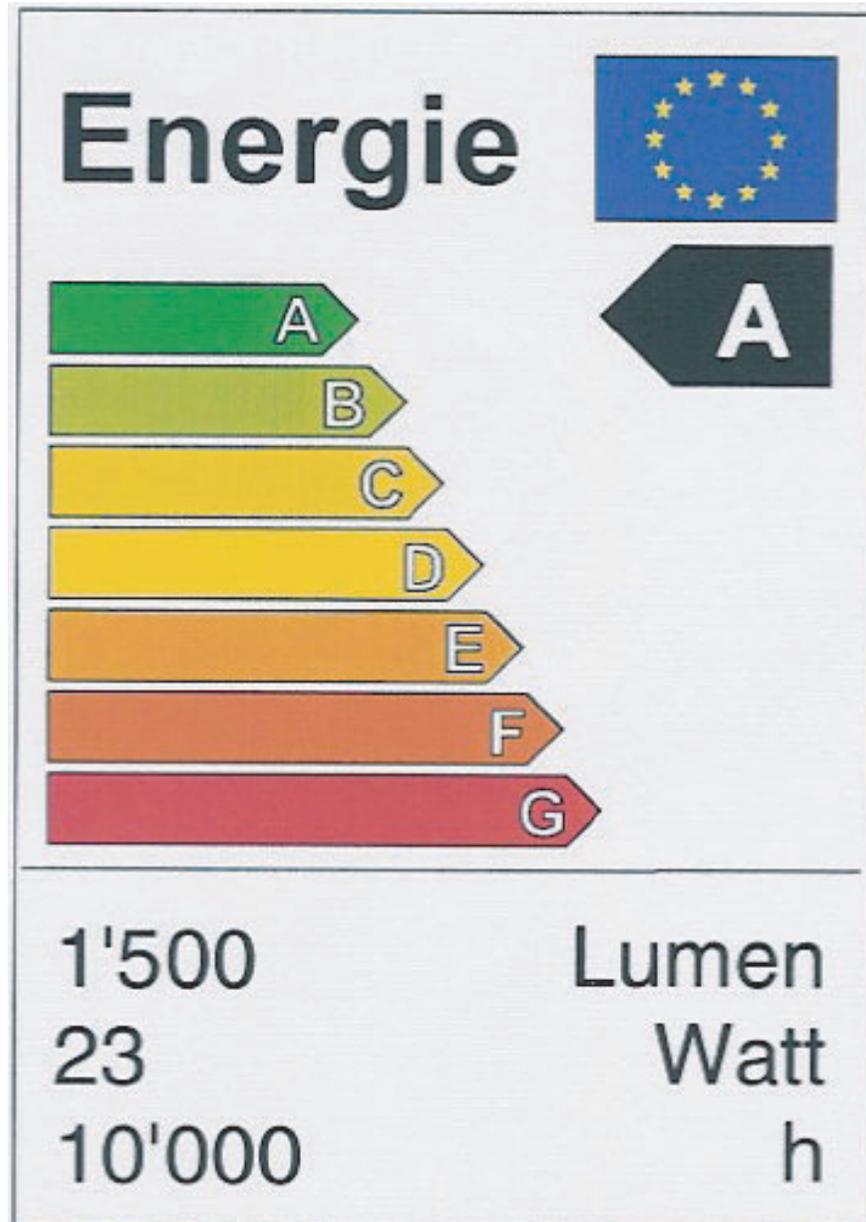


gleich helles Licht bei beiden Lampen



Position	Lampenform	Leistung	Gewinde
1	dreifach gebogene Röhren	15 bis 23 W	E27
2	zweifach gebogene Röhren	5 bis 12 W	E27
3	zweifach gebogene Röhren	5 bis 12 W	E14
4	einfach gebogene Röhre	3 W	E14
5	ähnlich wie Glühlampe	8 bis 16 W	E27
6	Glühlampe	5 bis 15 W	E27
7	Kerze	5 W	E14
8	Globe (Ballon)	15 bis 21 W	E27
9	Reflektor	15 bis 20 W	E27







Vorlage zu Tabelle, Seite 16

## Empfohlene Beleuchtungsstärke

Eine ausreichende Beleuchtungsstärke trägt zum Wohlbefinden des Menschen bei. Sie steigert das Leistungsvermögen, hilft Unfälle und Fehler zu vermindern und verhindert eine rasche Ermüdung der Augen.

Sehaufgaben	Beispiele	Beleuchtungsstärke [Lx]
Orientierung		
Leicht		
Normal		
Schwierig		
Sehr schwierig		
Sonderfälle		



Vorlage zu Tabelle, Seite 16

## Empfohlene Beleuchtungsstärke

Eine ausreichende Beleuchtungsstärke trägt zum Wohlbefinden des Menschen bei. Sie steigert das Leistungsvermögen, hilft Unfälle und Fehler zu vermindern und verhindert eine rasche Ermüdung der Augen.

Sehaufgaben	Beispiele	Beleuchtungsstärke [Lx]
Orientierung	Korridor, Schlafzimmer, Grosslager	
Leicht	Wohnzimmer, Restaurant, Maschinenhalle	
Normal	Küche, Montagehallen, Verkaufsräume, Räume mit Bildschirm- Arbeitsplätzen, Schulzimmer	
Schwierig	Fein-Apparatebau, Techn. Zeichnen	
Sehr schwierig	Goldschmied	
Sonderfälle	Operationstisch	