

Stromsparkonzept Heidelberg Bahnstadt

Sektor Wohnen



Stromsparkonzept Heidelberg Bahnstadt

Sektor Wohnen

Erstellt: Juli 2011

Ergänzt und aktualisiert: Juli 2017

im Auftrag von: Stadt Heidelberg,
Amt für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie

Projektleitung: Dipl.-Phys. Ursula Rath

Inhaltliche Bearbeitung: Dipl.-Phys. Rosemarie Hellmann (ebök)
Dipl.-Phys. Ursula Rath (CONSISTE)
Prof. Gernot Brose (ebök)
Dipl.-Phys. Matthias Laidig (ebök)
Dipl.-Phys. Joachim Zeller

Konzeptionelle Begleitung: Stadt Heidelberg, Umweltamt
M.Sc. Fabian Nagel
Dipl.-Ing. (FH) Robert Persch
Dipl.-Phys. Ralf Bermich

Inhaltsverzeichnis

Ziele im Neubaugebiet Bahnstadt	6
1 Kosteneinsparungen durch Optimierung – Wohngebäude –	7
Wohngebäude	9
2 Richtwerte	9
3 Allgemeinstrom	11
4 Aufzüge	12
5 Umwälzpumpen	12
6 Lüftung	13
6.1 Mindestanforderungen an Wohnungslüftungsanlagen	14
6.2 Regelung	15
6.3 Zusätzliche Lüftungsdienstleistungen	16
6.4 Kennwerte Wohnungslüftung	17
7 Beleuchtung im Haushalt	18
7.1 Kennwerte Haushaltsbeleuchtung	20
8 Unterhaltungselektronik, Informations- und Kommunikationsgeräte	21
8.1 Unterhaltungselektronik	21
8.2 Informations- und Kommunikationsgeräte	22
8.3 Kennwerte Unterhaltungselektronik, Informations- und Kommunikationsgeräte	22
9 Haushaltsgroßgeräte	23
9.1 Kennzeichnung von Haushaltsgroßgeräten	23
9.2 Einzelgeräte im Haushalt	24
9.3 Kennwerte Haushaltsgroßgeräte	28
10 „Best Practice“-Beispiel	29
11 Übersicht Kennwerte	30
12 Zusammenfassung und Empfehlungen	31
Literaturverzeichnis	34

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Stromrechnung im Vergleich: Die mit Altgeräten ausgestatteten Modellhaushalte verbrauchen rund doppelt soviel Energie wie Haushalte, die optimale Spargeräte nutzen (Quelle: ebök nach [test 2009])	7
Abb. 2 EU-Label (z. B. für Kältegeräte und für Fernsehgeräte)	8
Abb. 3 Stromverbrauch im 2-Personen-Haushalt, abhängig von der energietechnischen Qualität der eingesetzten Geräte [Grafik nach Energiesparen, 2015]	10

Abb. 4	Installationsschema und Zonierung einer Etagenwohnung mit Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung [Werner 2004]	13
Abb. 5	Schema einer zentralen Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung	13
Abb. 6	Raumluftfeuchte bei verschiedenen Außenlufttemperaturen als Funktion des Außenluft-Volumenstroms je Person (Feuchtequellstärke je Person 90 g/h) [Werner 2004]	16
Abb. 7	Klassifizierung der derzeit am Markt erhältlichen Haushaltsgroßgeräte nach EU-Label	23
Abb. 8	Altes und neues EU-Label für Haushaltsgroßgeräte	24

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Stromverbrauch in Haushalten, gestaffelt nach Haushaltsgröße [VZ NRW 2009]	9
Tab. 2	Stromverbrauch im 2-Personen-Haushalt, abhängig von der energietechnischen Qualität der eingesetzten Geräte [Energiesparen 2015]	11
Tab. 3	Vor- und Nachteile beim Einsatz von wohnungszentralen Lüftungsanlagen im Vergleich zu gebäudezentraler Technik in Mehrfamilienhäusern	14
Tab. 4	Grenz- und Zielwerte für die spezifische elektrische Leistungsaufnahme von Lüftungsgeräten	15
Tab. 5	Empfehlung für die spezifische elektrische Ventilatorleistung von Lüftungsgeräten	17
Tab. 6	Empfehlung für den Wärmebereitstellungsgrad von Lüftungsgeräten	17
Tab. 7	Lichtausbeute und übliche Standzeiten verschiedener Lampen [Stiftung Warentest, ecotopten, Herstellerangaben]	18
Tab. 8	Spezifische Lichtleistung bei unterschiedlicher Beleuchtungsstärke ($p_{B,e}$ Leistungswert Beleuchtung einfach, $p_{B,v}$ verbessert) [LEE 2000]	19
Tab. 9	Betriebskostenvergleich zwischen Leuchtstoffröhren und LED (eigene Berechnungen)	20
Tab. 10	Kennwert für die installierte Lichtleistung nach [LEE 2000] und Angaben von Lampenherstellern	20
Tab. 11	Spanne des Stromverbrauchs von Unterhaltungselektronik im Stand-by und im Betrieb [Herstellerangaben; Stiftung Warentest]	21
Tab. 12	Vergleich des Strombedarfs von Geräten der Informationstechnik [Herstellerangaben; Stiftung Warentest]	22
Tab. 13	Anforderungen an die Leistung von Geräten der Unterhaltungselektronik nach EuP-Richtlinie	23
Tab. 14	Stromverbrauch verschieden effizienter Tisch-Kühlschränke mit Gefrierfach [NEI-Liste 2015/2016, www.spargeraete.de, Januar 2016]	25
Tab. 15	Stromverbrauch verschieden effizienter Spülmaschinen, mit und ohne Warmwasseranschluss [NEI], (eigene Berechnungen)	25
Tab. 16	Betriebskostenvergleich für Waschmaschinen mit und ohne Warmwasseranschluss [NEI], (eigene Berechnungen)	26
Tab. 17	Vergleich für Waschprogramme unterschiedlicher Temperatur [ecotopten.de 2011]	27
Tab. 18	Energiebedarf und Stromkosten – Vergleich unterschiedlicher Trockner [NEI-Liste 2015/2016, www.spargeraete.de, Januar 2016]	27
Tab. 19	Neue Effizienzklassen als Entscheidungskriterium für den Kauf von Haushaltsgroßgeräten	28
Tab. 20	Anforderungen an die Leistung von Geräten der Unterhaltungselektronik nach EuP-Richtlinie	28

Ziele im Neubaugebiet Bahnstadt

Für das Baugebiet Bahnstadt ist der Passivhausstandard verbindlich und flächendeckend eingeführt worden. Um eine möglichst niedrige Primärenergiekennzahl und damit geringe CO₂-Emission zu erreichen, soll zudem der Stromeinsatz den technischen Möglichkeiten entsprechend minimiert werden. Daher werden, soweit dies technisch sinnvoll darstellbar ist, im Folgenden diesbezügliche Mindestanforderungen aufgestellt, die bei der Qualitätssicherung durch die Stadt Heidelberg überprüfbar sind.

Die Anforderungen werden für die Bereiche

- Büro,
- Wohnen,
- Einzelhandel/Fachmarkt und
- Labore

konkretisiert und dargestellt. Für die genannten Bereiche werden nur die jeweils hierfür relevanten Aussagen als separate Informationsblätter für die entsprechenden Adressatengruppen aufgeführt.

Wo dies sinnvoll möglich ist, werden Zielwerte für die spezifisch pro Quadratmeter zu installierende Leistung oder andere Kennwerte genannt, nach denen ein Gebäude Anforderungen nach einem effizienten Betrieb erfüllen kann. Dies gilt z. B. für die Beleuchtung und teilweise auch Lüftung und Klimatisierung. Wenig sinnvoll hingegen ist dies beispielsweise für Aufzüge oder für Haushaltsgeräte in Teeküchen von Bürogebäuden sowie in Haushalten. Hier gibt es andere Effizienzkriterien, die dann in den entsprechenden Kapiteln benannt und erläutert sind.

Haupt-Kriterium zur Erreichung des Passivhausstandards für Wohn- und Nichtwohngebäude ist die Einhaltung des Primärenergiekennwerts von 95 kWh/m²a. Dieser Kennwert darf in der Gesamtbilanz für Wärme und Strom nicht überschritten werden. Die Gesamtbilanz für Wohngebäude umfasst die Energieanwendungen für die Haustechnik mit Hilfsstrom und den Haushaltsstrom, die Gesamtbilanz für Nichtwohngebäude alle nutzungsbedingten Energieanwendungen für Heizung, Lüftung, Kühlung, Trinkwarmwasser, Hilfsstrom und nutzungsbedingte elektrische Anwendungen wie Beleuchtung, Arbeitshilfen und Küchen in Nichtwohngebäuden. Je besser die energetische Qualität der Gebäudehülle, desto bedeutender wird das Stromkonzept für die Gesamtbilanz.

Die Ausstattung von Gebäuden mit effizienten Geräten senkt nicht nur direkt den Anteil des Stromverbrauchs an der Gesamtbilanz eines Gebäudes. Sie bedeutet ebenso einen Beitrag zum sommerlichen Wärmeschutz durch die Begrenzung interner Wärmelasten.

Dieses Stromsparkonzept ist eine Anleitung dafür, mit welchen Komponenten inklusive ihrer jeweiligen Nutzung der Primärenergiekennwert für Passivhausgebäude erreicht werden kann.

Es wird eine möglichst einfache Darstellung von Kriterien gewählt, z. B. durch die Formulierung übergeordneter Kennwerte für einzelne Stromanwendungen.

Für die verschiedenen Nutzungsbereiche werden „Best Practice“-Beispiele vorgestellt.

1 Kosteneinsparung durch Optimierung – Wohngebäude –

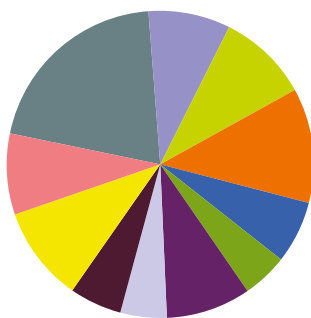
Der Haushaltssektor verursacht mit insgesamt 2.556 PJ 28 Prozent des Endenergieverbrauchs von insgesamt 9.179 PJ in Deutschland im Jahr 2013. Verkehrsbedingt war ein Verbrauch von 2.612 PJ, Bergbau und verarbeitendes Gewerbe benötigten 2.551 PJ, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen 1.440 PJ [BMWi 2016]. Aufgrund der Umwandlungsverluste betrug der Primärenergieeinsatz sogar 13.822 PJ. Umgerechnet pro Kopf ist der Primärenergieverbrauch pro EinwohnerIn von 1990 bis 2013 von 188 auf 159 GJ zurückgegangen, der Endenergieverbrauch von 119 auf 105 GJ. Verschiedene Maßnahmen der Stadt Heidelberg in den vergangenen 20 Jahren haben eine Abnahme der Emissionen, verursacht durch Heizung und Warmwasser, bewirkt, trotz einer kontinuierlichen Zunahme der Wohnfläche. Im selben Zeitraum haben jedoch die Emissionen durch einen steigenden Stromverbrauch in den Heidelberger Haushalten zugenommen [ifeu 2014]. Ursache hierfür sind vermutlich die steigende Wohnfläche sowie die bessere Ausstattung mit Geräten.

Die Ausstattung und der Umgang mit Geräten sind klimapolitisch schwierig anzusprechende Themenbereiche, da sie völlig in der Verantwortung des einzelnen Haushalts liegen. Wie die Abbildung zeigt, gibt es Verbrauchsunterschiede um den Faktor zwei (auch höher) zwischen Haushalten gleicher Größe, je nach Ausstattungsgrad, Gerätealter und Nutzung. Da den Menschen vielfach Informationen fehlen, wo und in welchem Umfang sie aktiv werden können, kann über den Weg der gut begründeten Informationen erreicht werden, dass Entscheidungen z. B. für den Warmwasseranschluss bei Spülmaschinen und für gezielte effiziente Beleuchtung fallen.

Abb. 1 Stromrechnung im Vergleich: Die mit Altgeräten ausgestatteten Modellhaushalte verbrauchen rund doppelt soviel Energie wie Haushalte, die optimale Spargeräte nutzen (Quelle: ebök nach [test 2009])

Die großen Sparpotenziale im 2-Personenhaushalt

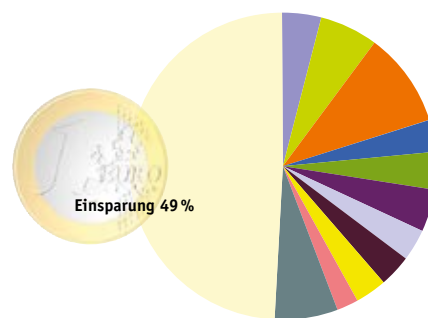
durchschnittliche Geräte



■ Kühlen 250 kWh
■ Gefrieren 280 kWh
■ Kochen und Backen 350 kWh
■ Spülen 200 kWh
■ Waschen 140 kWh
■ Trocknen 260 kWh
■ Informationstechnik 150 kWh
■ Unterhaltungselektronik 160 kWh
■ Beleuchtung 300 kWh
■ Umwälzpumpen 250 kWh
■ Diverses 610 kWh

Gesamt: 2.950 kWh

sparsame Neugeräte



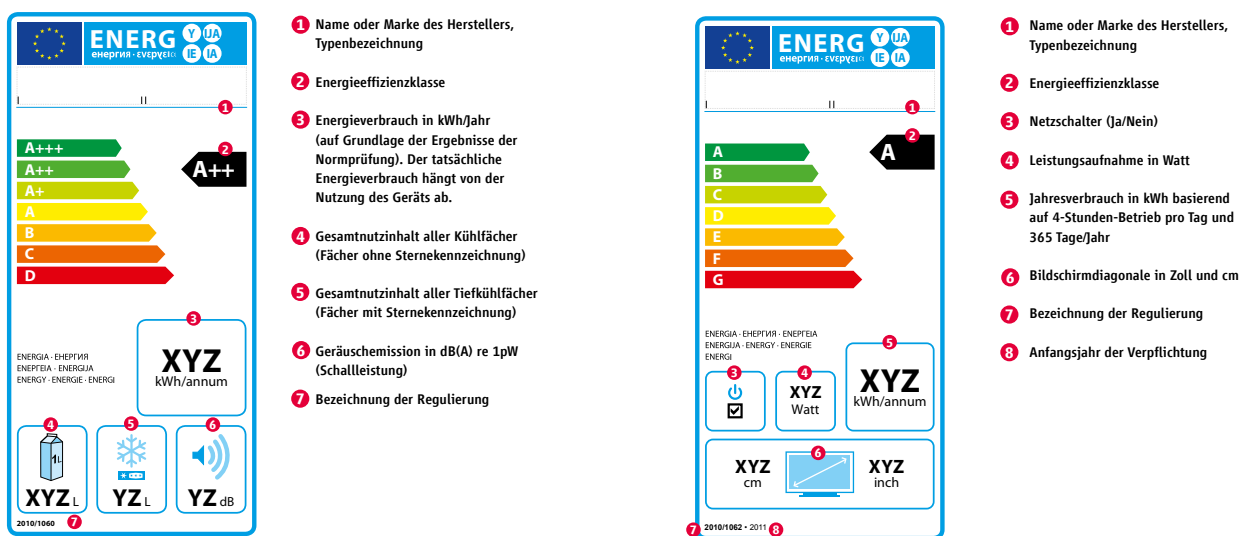
■ Kühlen 120 kWh
■ Gefrieren 180 kWh
■ Kochen und Backen 300 kWh
■ Spülen 100 kWh
■ Waschen 110 kWh
■ Trocknen 130 kWh
■ Informationstechnik 100 kWh
■ Unterhaltungselektronik 100 kWh
■ Beleuchtung 100 kWh
■ Umwälzpumpen 60 kWh
■ Diverses 200 kWh

Gesamt: 1.500 kWh

Energieeffiziente Stromanwendung beginnt bei der Installation entsprechender Umwälzpumpen, Lüftungsanlagen und Beleuchtungssysteme. Bei der Beschaffung von Geräten für den Haushalt, für die Information und Kommunikation sowie von Unterhaltungselektronik wird ebenso über künftige Betriebskosten entschieden wie bei ihrer Nutzung.

Für weitere Geräte wie Dunstabzugshaube oder Staubsauger gibt es mittlerweile ein Label, welches genau wie das von Haushaltsgroßgeräten bekannte EU-Label aufgebaut ist. Es unterstützt die Auswahl eines Gerätes mit niedrigem Verbrauch.

Abb. 2 EU-Label (z. B. für Kältegeräte und für Fernsehgeräte)



Energieeffiziente Stromanwendung bedeutet:

- weniger Energieverbrauch,
- geringere Kosten,
- durch reduzierte CO₂-Emissionen ein niedrigerer ökologischer Fußabdruck,
- mehr Unabhängigkeit von der zukünftigen Strompreisentwicklung, und dies alles
- ohne Komfortverzicht.

Strom wird in Deutschland zu 14 Prozent aus Atomkraftwerken, zu 42 Prozent in kohlebefeuerten Kraftwerken und zu 30 Prozent mittels Stromerzeugungsanlagen mit erneuerbaren Energien erzeugt; der Rest kommt aus Erdgas, Mineralöl sowie sonstigen Energieträgern [BMWi 2016].

Jede eingesparte Kilowattstunde Strom senkt die Stromrechnung um rund 28 Cent und verbessert die Umweltbilanz um 617 g Kohlendioxid. Im Vergleich dazu werden zum Beispiel pro Kilowattstunde Erdgas „nur“ rund 7 Cent und 250 g Kohlendioxid eingespart [ifeu 2015]. Stromsparen ist nach wie vor der effizienteste Beitrag zum Klimaschutz und zur Kostenreduktion.

Soweit im Folgenden Energie- oder Wasserpreise genannt sind, verstehen sich diese stets einschließlich aller Steuern und Abgaben. Für Strom wurden 28 ct/kWh angesetzt, für Gas 7 ct/kWh, für Nahwärme 12 ct/kWh und für Wasser 4 Euro pro Kubikmeter.

Wohngebäude

Im Folgenden werden Anforderungen an die Energieeffizienz von Stromverbrauchern im Bereich „Wohngebäude“ formuliert. Sie folgen aus den speziell zur Wohnnutzung zusammengestellten Informationen dieses Kapitels. Für Informationen zu nutzungsübergreifenden Themen wie z. B. zu Allgmeinstrom, Aufzüge oder Umwälzpumpen wird auf die entsprechenden Querschnittskapitel im Gesamtbericht verwiesen.

Auf das Thema Smart Metering bzw. Intelligent Home wird hier nicht eingegangen, da diese Technologien in der Regel unter dem Gesichtspunkt Tarifoptimierung bzw. Kostenersparnis oder aber aufgrund des Wunsches nach mehr Komfort und guter Objektüberwachung eingesetzt werden, nicht unter dem Aspekt des effizienten Stromeinsatzes. Liegen zeitvariable Tarifangebote des Versorgungsunternehmens vor, kann es sinnvoll sein, sich an Modellvorhaben zu beteiligen.

2 Richtwerte

Für den Sektor Wohnen sind in der Literatur ausreichend Vergleichswerte für den Stromverbrauch vorhanden. Bei einer Unterscheidung nach Haushaltsgröße finden sich die nachstehend aufgeführten Kennwerte für die Spanne zwischen sparsamem und verschwenderischem Stromeinsatz. Dabei wird unterschieden zwischen Haushalten mit und ohne elektrische Wassererwärmung. Der Stromverbrauch steigt nicht linear mit der Personenzahl, da bestimmte Verbräuche nur bedingt davon abhängen – so z. B. der Stromverbrauch des Kühlschranks oder der der Umwälzpumpe. Auch der Lichtstromverbrauch steigt nur bedingt mit höherer Personenzahl an, da zwei oder vier Menschen von den eingeschalteten Leuchten profitieren können.

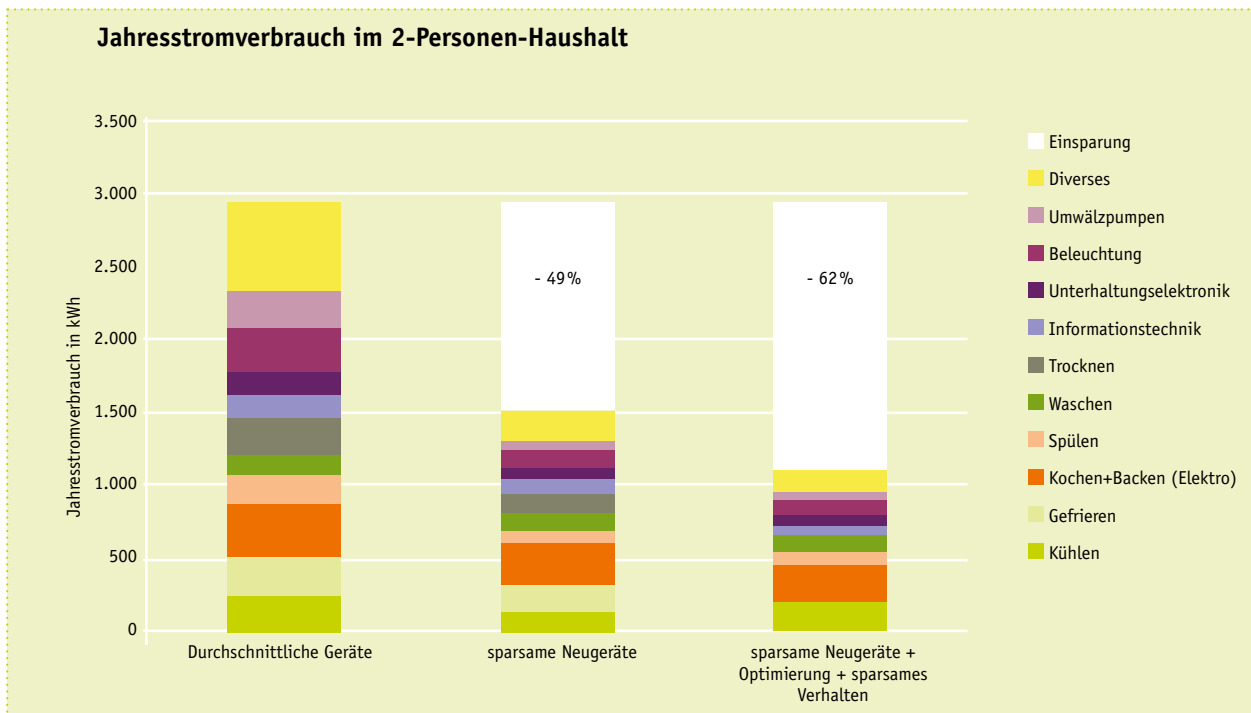
Tab. 1 Stromverbrauch in Haushalten, gestaffelt nach Haushaltsgröße [VZ NRW 2009]

Personen im Haushalt	Mit elektrischer Warmwasseraubereitung	Bewertung	Ohne elektrische Warmwasseraubereitung
1	unter 1.500	fantastisch	unter 900
	1.500 – 2.200	gut	900 – 1.500
	2.200 – 3.300	hoch	1.500 – 2.100
	über 3.300	viel zu hoch	über 2.100
2	unter 2.200	fantastisch	unter 1.600
	2.200 – 3.300	gut	1.600 – 2.600
	3.300 – 4.900	hoch	2.600 – 3.700
	über 4.900	viel zu hoch	über 3.700
3	unter 3.000	fantastisch	unter 2.200
	3.000 – 4.100	gut	2.200 – 2.900
	4.100 – 6.000	hoch	2.900 – 4.200
	über 6.000	viel zu hoch	über 4.200
4	unter 3.700	fantastisch	unter 2.600
	3.700 – 4.800	gut	2.600 – 3.400
	4.800 – 7.100	hoch	3.400 – 4.900
	über 7.100	viel zu hoch	über 4.900
5	unter 4.400	fantastisch	unter 3.100
	4.400 – 5.700	gut	3.100 – 4.000
	5.700 – 8.600	hoch	4.000 – 5.900
	über 8.600	viel zu hoch	über 5.900

Für einen durchschnittlich ausgestatteten 2-Personen-Haushalt mit heute üblichen Geräten ist ein Jahresstromverbrauch von 3.000 kWh nicht ungewöhnlich hoch. Dabei wird angenommen, dass das Wasser nicht-elektrisch erwärmt wird. Mit effizienten neuen Geräten lässt sich dieser Verbrauch etwa halbieren. Der Verzicht auf einen Wäschetrockner, Kühlen und Gefrieren in einer Kühl-Gefrier-Kombination statt in 2 Geräten sowie ein sehr sparsamer Umgang mit den Geräten reduzieren den Verbrauch eines sparsamen Haushalts nochmals deutlich, dies wird in der nachstehenden Abbildung gezeigt.

Wie in obiger Tabelle und ebenso im Nachfolgenden gezeigt, gibt es Verbrauchsunterschiede um den Faktor zwei oder auch höher zwischen Haushalten gleicher Größe, je nach Ausstattungsgrad, Gerätealter und Nutzung.

Abb. 3 Stromverbrauch im 2-Personen-Haushalt, abhängig von der energietechnischen Qualität der eingesetzten Geräte [Grafik nach Energiesparen, 2015]



Tab. 2 Stromverbrauch im 2-Personen-Haushalt, abhängig von der energietechnischen Qualität der eingesetzten Geräte [Energiesparen 2015]

Jahresstromverbrauch im 2-Personen-Haushalt für verschieden effiziente Geräte			
Zahlenangaben in Kilowattstunden (kWh) (gerundete Werte)	Durchschnittliche Geräte	sparsame Neugeräte	Sparsame Neugeräte + Optimierung + sparsames Verhalten
Kühlen	250	120	200 ^)
Gefrieren	280	180	
Kochen + Backen (Elektro)	350	300	250
Spülen	200	100°)	100°)
Waschen	140	110	100
Trocknen	260	130*)	
Informationstechnik	150	100	80
Unterhaltungselektronik	160	100	80
Beleuchtung	300	100	80
Umwälzpumpen	250	60	60
Diverses	610	200	160
Summe	2.950	1.500	1.110

°) mit Warmwasseranschluss *) Wärmepumpentrockner ^) Kühl-Gefrier-Kombination anstatt zweier getrennter Geräte

Viele Haushalte kennen ihren Stromverbrauch nicht und können auch nicht einschätzen, welche CO₂-Emissionen damit verbunden sind. Um hier Informationslücken zu schließen, können im Internet kostenfrei verfügbare CO₂-Rechner verwendet werden, die die Gesamtbilanz eines Haushalts, bestehend aus Verbrauch an Heizenergie, Strom, Nutzung von Verkehrsmitteln, Urlaubsgewohnheiten und unterschiedlichem Lebensstil anhand von in Formblätter eingegebenen Daten sowie Kennwerten ermitteln, wie beispielsweise gezeigt in: www.uba.klima-aktiv.de/

3 Allgemeinstrom

Auch in Wohngebäuden gibt es eine Reihe von Allgemeinstromverbrauchern, wie z. B. Beleuchtung auf allgemein zugänglichen Verkehrswegen, Klingelanlage, Brandschutzanlagen, gegebenenfalls Druckerhöhungsanlagen für die Wasserversorgung, technische Anlagen in einer Tiefgarage etc.

Im Wohnbereich sind Richtwerte dazu verfügbar, die von einem jährlichen Stromverbrauch von 4 bis 5 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche ausgehen [Allgemeinstrom 09]. Wesentliche Einsparungen können durch eine effiziente Beleuchtung der Verkehrswege sowie durch sparsame Netzteile z. B. für Überwachungseinrichtungen, Regeltechnik, Klingelanlage und ähnliches erreicht werden.

Nähere Informationen hierzu finden sich im Querschnittskapitel „Allgemeinstrom“ im Gesamtbericht.

4 Aufzüge

Aufzugsanlagen sind in allen neu erstellten größeren Baukörpern enthalten. Der Stromverbrauch der bestehenden Anlagen liegt insgesamt bei schätzungsweise 0,5 Prozent des Gesamtstromverbrauchs Deutschlands [nach Nipkow 06]. Interessant ist, dass er sich durch technische Optimierungen um etwa 40 Prozent verringern ließe. Dies gilt für vorhandene Aufzüge, bei Neuanlagen kann sofort optimiert geplant werden.

Wesentliche Sparpotenziale können realisiert werden, wenn im Objekt ein Aufzug angemessener Größe mit optimiertem Gegengewicht, ggf. mit Rückgewinnung der Energie bei Fahrten ohne Last, installiert wird und wenn zudem auf eine effiziente Beleuchtungsanlage sowie auf niedrige Stand-by-Verluste geachtet wird. Letzteres lässt sich durch eine sparsame Regeltechnik realisieren sowie durch technische Lösungen, die zum Geschlossen-Halten der Türen keine Energie benötigen.

Für Aufzüge gibt es mittlerweile ein Label, welches an das von Haushaltsgroßgeräten bekannte EU-Label angelehnt ist. Es unterstützt die Auswahl eines Aufzugs mit niedrigem Verbrauch, wenn Label-Klasse A oder B als Ausschreibungskriterium aufgeführt wird.

Ausführliche Informationen finden sich im Querschnittskapitel „Aufzüge“ im Gesamtbericht.

5 Umwälzpumpen

In Gebäuden in Passivhausbauweise kommen Umwälzpumpen vorrangig zur Bauteiltemperierung, gegebenenfalls für Erdreichwärmetauscher sowie für Kollektoranlagen vor, u. U. auch für die Warmwasserzirkulation.

Wesentlich für einen niedrigen Stromverbrauch in diesem Segment ist ein optimiertes Gesamtsystem, die Pumpe als einzelner Baustein hat allerdings wesentlichen Anteil am Verbrauch. Seit einigen Jahren sind Hocheffizienz-Pumpen am Markt erhältlich, die aufgrund ihrer Bauart (Permanentmagnetmotoren) und einer Drehzahlregelung sehr viel weniger Strom für die gleiche Menge an Medientransport benötigen als heute üblicherweise vorhandene Pumpen. Für Pumpen gilt als Kriterium für einen niedrigen Stromverbrauch der Energieeffizienzindex (EEI); er ist ein Maß, wieviel Strom aufgewendet werden muss, um eine bestimmte Menge Heizungswasser (oder Brauchwarmwasser) zu transportieren. Neue Pumpen müssen einen EEI von 0,23 oder darunter haben; einzelne erreichen 0,20 oder unterschreiten diesen Wert sogar. Wiederum empfiehlt es sich, eine hocheffiziente Pumpe zu wählen, obwohl sie etwas teurer als das vergleichbare konventionelle Modell ist. Die Stromkostensparnis macht dies bereits nach wenigen Jahren wett.

Auch durch eine verbesserte Regeltechnik für die Heizungsanlage kann der Pumpenstromverbrauch erheblich verringert werden.

Detailinformationen finden sich im Querschnittskapitel „Umwälzpumpen“ im Gesamtbericht.

6 Lüftung

Abb. 4 Installationsschema und Zonierung einer Etagenwohnung mit Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung [Werner 2004]

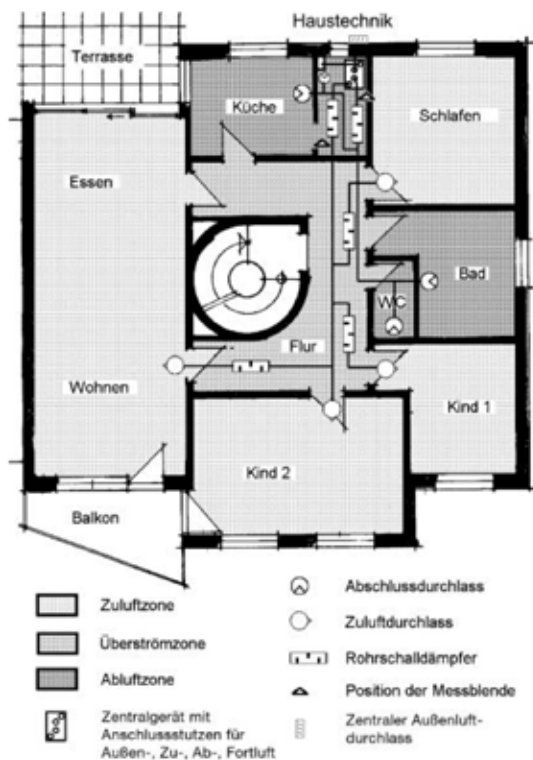
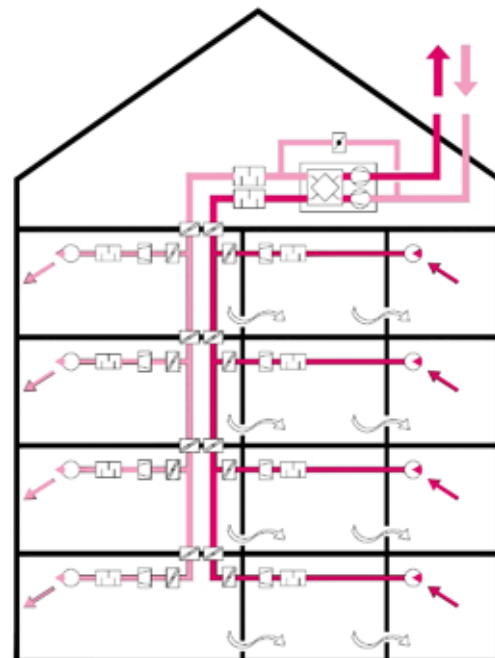


Abb. 5 Schema einer zentralen Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung



Wohnungslüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung haben sich, nicht zuletzt bei Gebäuden im Passivhausstandard, bewährt: sie sind energieeffizient, sichern die Innenraum-Luftqualität während der Heizperiode, verbessern den Nutzerkomfort und finden gute Akzeptanz bei den Bewohnern.

Die in Einfamilien- und Reiheneinheiten bewährte Technik der mechanischen Wohnungslüftung mit jeweils einem eigenen Zentralgerät je Wohneinheit kann auch in Geschosswohnungsbauten eingesetzt werden (Abb. 4); im Vergleich zu gebäudezentralen Anlagen vereinfacht sich der Aufwand für Schall- und Brandschutz (Tab. 3). Ungünstig ist jedoch der notwendige Wohnungszugang für Wartungsarbeiten, und auch die Investitionskosten liegen höher, insbesondere bei kleineren Wohneinheiten.

Alternativ zu wohnungsweisen Anlagen kann in einem Mehrfamilienhaus ein Zentralgerät mit Ventilatoren und Wärmeübertrager eingebaut werden, das für alle Wohnungen genutzt wird (Abb. 5).

Wartungsbedürftige Bauteile wie Zentralgerät mit Wärmetauscher, Sommerbypass und Ventilatoren sowie die Außen- und Abluftfilter samt zentralen Schalldämpfern können wartungsgünstig außerhalb der Nutzungseinheiten montiert werden. In den Nutzungseinheiten befinden sich noch die Regler und eventuell Brandschutzklappen bzw. Deckenschotts sowie Telefoneschalldämpfer und Raumluftdurchlässe.

Tab. 3 Vor- und Nachteile beim Einsatz von wohnungszentralen Lüftungsanlagen im Vergleich zu gebäudezentraler Technik in Mehrfamilienhäusern

	Vorteil +	Nachteil -
Brandschutz	Nur innerhalb eines BS-Abschnitts (Wohnung)	
Schallschutz zwischen Wohnungen	Schallschutz zwischen Nutzereinheiten problemlos, da keine verbindenden Kanäle	Hoher Schallpegel außen möglich, dadurch u. U. Schutz von Fenstern benachbarter Nutzereinheiten nötig
Wartung		Zugangsmöglichkeiten für Inspektion und Wartung innerhalb der Nutzereinheiten
Kanalführung	Keine zentralen Kanäle im Gebäude nötig	
Wohnungsweise Regelbarkeit	Einfache Regelbarkeit, keine besonderen zentralen Vorrichtungen	
Platzbedarf		Platzbedarf für Lüftungsgeräte innerhalb der Wohnungen

6.1 Mindestanforderungen an Wohnungslüftungsanlagen

Für Wohnungslüftungsgeräte gelten seit 2016 EU-weit Mindestanforderungen, die 2018 verschärft werden. Für die in Passivhäusern verwendeten Zu-/Abluft-Anlagen mit Wärmerückgewinnung bleiben die EU-Anforderungen aber hinter den im Folgenden beschriebenen Heidelberger Anforderungen zurück. Wohnungslüftungsgeräte müssen auch seit 2016 mit einem Energieeffizienz-Label versehen sein. Dessen Aussagekraft ist aber beschränkt, denn für die Klassifizierung werden nicht nur die spezifische elektrische Leistungsaufnahme und der Wärmebereitstellungsgrad berücksichtigt, sondern auch die Art der Regelung.

Der Vergleich von verschiedenen älteren Anforderungen an Wohnungslüftungsanlagen in der Normung und der Zertifizierung zeigt übereinstimmende Ergebnisse. Die DIN 1946-6 [DIN 1946-6] legt u. a. Anforderungen an die Planung, die Ausführung und den Betrieb von Lüftungs-Komponenten bzw. Geräten für ventilatorgestützte Lüftungssysteme zur Sicherstellung eines rationellen Energieeinsatzes fest. Für Anlagen in „Energie-Ausführung“ nach DIN 4719 [DIN 4719] („E“-Gerät) nennt die DIN als Gleichwertigkeitsnachweis für die „E“-Kennzeichnung eine Referenzanlage mit einem Wärmebereitstellungsgrad von 80 Prozent und einer spezifischen elektrischen Leistungsaufnahme von 0,45 W/(m³/h) für Zu-/Abluftsysteme mit Wärmeübertragung¹.

Folgende Kriterien werden u. a. für die Zuerkennung eines Zertifikats „Passivhaus geeignete Komponente“ für ein Wärmerückgewinnungsgerät durch das Passivhausinstitut geprüft [PHI Zertifizierung]:

- Effizienzkriterium Wärme:
Wärmebereitstellungsgrad \geq 75 Prozent
- Effizienzkriterium Strom:
gesamte spezifische elektrische Leistungsaufnahme (für zwei Ventilatoren)
bei Auslegungs-Massenstrom $<$ 0,45 W/(m³/h).

Nach LEE können für die volumenstromspezifische elektrische Leistungsaufnahme Grenz- und Zielwerte in Abhängigkeit des Anlagentyps festgelegt werden. Führt man die Tabellen mit Richtwerten für Ventilatoren-Wirkungsgrade und Kanalnetz-Druckverluste aus dem LEE zusammen, ergibt sich das in der folgenden Tabelle aufgeführte Ergeb-

¹ Weitere energetische Kenngrößen für „E“-gekennzeichnete Geräte: z.B. Zu-/Abluftsysteme mit Wärmerückgewinnung aus der Abluft mit Wärmeübertrager/Wärmepumpe oder mit Nutzung von regenerativen Energiequellen DIN 4719 Tabelle E.2

nis. Diese Vorschläge wurden von ebök in [Effizienzkriterien HD] für Lüftungsgeräte in kommunalen Gebäuden in Heidelberg gemacht.

Ein Vergleich der Ventilatorleistung der Kategorie SFP 2 mit dem Effizienzkriterium Strom für Ventilatoren bei Passivhäusern in Tab. 4 zeigt Übereinstimmung.

Tab. 4 Grenz- und Zielwerte für die spezifische elektrische Leistungsaufnahme von Lüftungsgeräten

Empfohlene Ventilatorleistung für Zu-/Abluftanlage (zwei Ventilatoren)				
Kategorie	spezifische elektrische Ventilatorleistung (pro Ventilator)		spezifische elektrische Ventilatorleistung (pro Lüftungsgerät)	
	von W/(m ³ /s)	bis W/(m ³ /s)	von W/(m ³ /h)	bis W/(m ³ /h)
Zu-/Abluftanlage mit WRG nach [Effizienzkriterien HD]			0,25	0,50
SFP 2 nach DIN EN 13779	500	750	0,28	0,42

6.2 Regelung

Die Grundanforderungen an eine Regelung für eine Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) sind

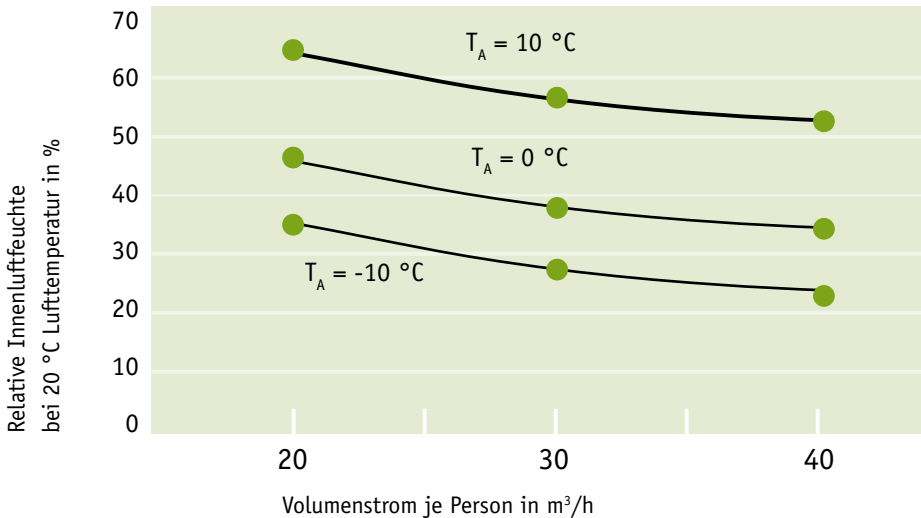
- Sicherung der Grundlüftung,
- Vermeidung zu geringer Raumluftfeuchte im Winter,
- Wohnungsweise balancierte Zu- und Abluftmenge bei Lüftungsanlagen mit WRG,
- Möglichkeit des Nutzereingriffs (EnEV),
- Optional 3-Stufenregelung (Grundlüftung/Belegung/Party).

Die Festlegung der notwendigen Gesamt-Außenluftvolumenströme nach DIN 1946-6 werden in Abhängigkeit von der Nutzung und von Grundrissen in vier Betriebsstufen der Lüftung unterteilt [DIN 1946-6 Tabelle 5].

- Lüftung zum Feuchteschutz (Minimallüftung),
- Reduzierte Lüftung unter üblichen Nutzungsbedingungen bei zeitweiliger Abwesenheit,
- Nennlüftung als notwendige Lüftung zur Gewährleistung des Bautenschutzes und der hygienischen und gesundheitlichen Erfordernisse (Normalbetrieb),
- Intensivlüftung als zeitweilig notwendige erhöhte Lüftung.

Die entsprechenden Luftwechselraten (Beispiel einer Wohnung mit 110 m² Wohnfläche) variieren zwischen 0,15 h⁻¹ (Lüftung zum Feuchteschutz) und 0,64 h⁻¹ (Intensivlüftung). Ein so großer Regelbereich ist von handelsüblichen Ventilatoren häufig nicht abzudecken. Es wird daher in [DIN 1946-6] akzeptiert, dass die Intensivlüftung über Öffnen der Fenster erfüllt werden kann. Für Passivhäuser wird ein Regelbereich von ± 30 Prozent bezogen auf die „Standardlüftung“ gefordert [PHI Reglement], dies entspricht der Regelbarkeit nach drei Lüftungsstufen: Grundlüftung, Standardlüftung und erhöhte Lüftung. Hierbei ist die reduzierte Lüftung nach [DIN 1946-6] als Standardlüftung häufig ausreichend. Zwischen Bauherr, Planer und Nutzer sollte vereinbart werden, nach welchen Planungsempfehlungen die Anlage ausgelegt wird, insbesondere wenn von DIN 1946-6 abgewichen werden soll.

Abb. 6 Raumluftfeuchte bei verschiedenen Außenlufttemperaturen als Funktion des Außenluft-Volumenstroms je Person (Feuchtequellstärke je Person 90 g/h) [Werner 2004]



Um bei wohnungsüblicher Nutzung den empfohlenen Luftfeuchtebereich zwischen 30 und 60 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit einzuhalten, genügen bei kaltem Wetter 20 m³/h Außenluft pro Person, zu starke Lüftung führt zu trockener Raumluft (Abb. 6). Oberhalb 0°C sollte der Volumenstrom auf mindestens 30 m³/h pro Person vergrößert werden. Nach [EnEV 2016] müssen die Volumenströme wohnungsweise regelbar sein.

CO₂-gesteuerte Lüftung

Die gängige Praxis zur Steuerung von Komfortlüftungen im Wohnbereich ist ein 3-Stufen-Schalter. Meist laufen derartige Lüftungen auf Stufe 1 oder 2.

Eine reine Regelung nach CO₂ ist in Wohngebäuden nicht sinnvoll. Ein Grundluftwechsel zur Abfuhr nicht personenbezogener Gerüche und Schadstoffe ist in Wohnungen notwendig. Auch haben CO₂-Sensoren häufig eine Drift die dazu führt, dass nach einiger Zeit der Messwert falsch ist und die Lüftungsanlage mit zu großem oder zu kleinem Volumenstrom betrieben wird.

6.3 Zusätzliche Lüftungsdienstleistungen

Bisher wurden Anforderungen an mechanische Lüftungskonzepte diskutiert, die den hygienischen Mindestluftwechsel während der Heizperiode abdecken sollten. Zentrale wie wohnungsweise Lüftungsanlagen können weitere Dienstleistungen erbringen.

Durch Integration weiterer Dienstleistungen in das Lüftungskonzept erhöhen sich zwar die Investitionskosten. Trotzdem verbessert sich in der Regel die Wirtschaftlichkeit des Gesamtgebäudes, weil an anderer Stelle Investitionen reduziert werden können (Beispiel Frischluftheizung) oder das Gebäude eine Steigerung des Nutzwerts erfährt (Beispiel sommerliches Raumklima).

In Passivhäusern hat sich die Frischluftheizung von Wohnungen bewährt. Hier wird die zugeführte Frischluft erwärmt und die Lüftungsanlage übernimmt die Wärmeverteilung in der Wohnung. Ein eigenständiges Wärmeverteilungssystem kann entfallen [Werner 2004].

Frischluftheizungen müssen sorgfältig geplant werden und sind nicht für jedes Passivhaus geeignet: Frischluftheizungen können die Wärmedämmung von Zuluftleitungen (Platzbedarf) erforderlich machen. Bei Frischluftheizungen ist in der Regel eine raumweise Regelung der Temperatur nicht möglich. Sie stellen in dieser Hinsicht ein Wärmeverteilsystem mit eingeschränktem Komfort dar.

Wohnungen mit Frischluftheizung können auch über Kompaktaggregate (Heizen, Lüftung, Warmwasser in einem Gerät) versorgt werden, die in der Wohnung aufgestellt werden. Vorteil: Es müssen lediglich Kaltwasser und Strom abgerechnet werden. Nachteil: Platzbedarf in der Wohnung und hoher baulicher Aufwand wegen Schallschutz.

Die Einbindung von Erdwärmetauschern zur direkten Nutzung von Umweltwärme erhöht die Funktionalität der Lüftungsanlage: Neben der Vorerwärmung der Zuluft im Winter und der dadurch bedingten Verbesserung der Wärmerückgewinnung wird die Zuluft im Sommer leicht abgekühlt und dann mittels Bypass am Wärmetauscher vorbei den Räumen zugeführt. Aufgrund der kleinen Luftmenge und der kleinen Temperaturdifferenz zwischen Außenluft und Zuluft darf der „Kühleffekt“ allerdings nicht überschätzt werden.

6.4 Kennwerte Wohnungslüftung

Aus den Ausführungen im Querschnittskapitel Lüftung folgt, dass in der Bahnstadt Heidelberg für Lüftungsanlagen eine spezifische Ventilatorleistung nach Kategorie SFP 2 oder besser gewählt werden sollte. Dies entspricht einer spezifischen elektrischen Ventilatorleistung von 0,14 W/(m³/h) bis 0,21 W/(m³/h) pro Ventilator.

Tab. 5 Empfehlung für die spezifische elektrische Ventilatorleistung von Lüftungsgeräten

Spezifische elektrische Ventilatorleistung
0,28 W/(m ³ /h) bis 0,42 W/(m ³ /h) pro Zu-/Abluftgerät (2 Ventilatoren)

Für Anlagen mit Wärmeübertrager sollte bei der oben empfohlenen spezifischen elektrischen Leistungsaufnahme für das Gesamtgebäude ein Wärmebereitstellungsgrad von mindestens 75 Prozent erreicht werden, die Energiekonzeption Heidelberg 2010 fordert 80 Prozent. Im Heidelberger Förderprogramm für energiesparendes Bauen und Sanieren werden Lüftungsanlagen mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von mindestens 80 Prozent gefördert.

Tab. 6 Empfehlung für den Wärmebereitstellungsgrad von Lüftungsgeräten

Wärmebereitstellungsgrad
80 % oder besser

7 Beleuchtung im Haushalt

Generelle Aussagen sind in diesem Sektor schwierig, da die Nutzung der Räume stark variiert. Analog wie im Bürobereich sollte es jedoch möglich sein, auf Tischhöhe eine Helligkeit von 500 Lux mit einer spezifischen Leistung für die Beleuchtung von 9 bis 12 W/m² bereitzustellen, bestenfalls sogar nur mit 6 bis 8 W/m²

In der Regel werden im Wohnbereich verschiedene Nutzungsbereiche auch jeweils unterschiedliche Anforderungen haben, so dass nur einige übergreifende Aussagen aufgeführt werden:

- Helle Oberflächen sind für einen effizienten Einsatz des Lichtstroms vorteilhaft.
- Gerichtetes Licht auf Arbeitsflächen mit höherer Sehanforderung ist sehr viel effizienter als eine sehr helle Allgemeinbeleuchtung.
- Deckenfluter sind nur bei hellen Decken eine geeignete Variante für eine Grundbeleuchtung. Sie sollten mit Energiesparlampen oder LED ausgestattet werden. Lampen mit mehreren hundert Watt Lichtleistung, wie sie eine Zeit lang im Handel vorzufinden waren, konterkarieren viele Sparmaßnahmen an anderer Stelle.
- Gelegentlich, je nach Nutzungsanforderungen, kann auch im Wohnbereich ein Bewegungsmelder eine wirtschaftliche Anschaffung sein.

Ein Maß für die Effizienz verschiedener Leuchtmittel ist der Lichtstrom (Lumen) pro Watt eingesetzter Leistung – die Lichtausbeute. Diese ist in der nachfolgenden Tabelle für verschiedene Lampen dargestellt. Außerdem werden die entsprechenden Betriebsstunden, die eine Lampe während ihrer Lebensdauer erreichen kann, aufgelistet. Beide Parameter zusammen bestimmen die jährlichen Kosten für Beleuchtung: neben der Effizienz, die für die Betriebskosten ausschlaggebend ist, ergeben sich aus den Betriebsstunden die Investitionskosten für Beleuchtung (Ersatzbeschaffung).

Tab. 7 Lichtausbeute und übliche Betriebsstunden verschiedener Lampen
[Stiftung Warentest, ecotopten, Herstellerangaben]

Typische Lichtausbeuten pro bezogener Energieeinheit sowie durchschnittliche Lebensdauern		
	Lumen pro Watt	Betriebsstunden
Glühlampe	12	1.000
Halogen-Lampe	25	2.000 bis 4.000
Standard-LED	60 bis 80	25.000 bis 100.000
Effiziente LED	100 bis 120	25.000 bis 100.000
LED im Entwicklungslabor	> 250	25.000 bis 100.000
Energiesparlampe	60 bis 80	5.000 bis 15.000
Leuchtstofflampe ohne elektronisches Vorschaltgerät (EVG)	70	10.000
Leuchtstofflampe mit EVG	100	20.000

Elektrische Beleuchtung bewirkt eine innere Wärmelast, die zu einer überhöhten Raumtemperatur beitragen kann. Daher ist eine energieeffiziente Beleuchtung von doppeltem Nutzen: neben der Energieeinsparung reduziert sie auch das Risiko der Überwärmung [LEE 2000].

Tab. 8 Spezifische Lichtleistung bei unterschiedlicher Beleuchtungsstärke
($p_{B,e}$ Leistungswert Beleuchtung einfach, $p_{B,v}$ verbessert) [LEE 2000]

Nennbeleuchtungsstärke	Flächenspezifische installierte Lampenleistung	
	einfacher Richtwert $p_{B,e}$	Verbesserter Richtwert $p_{B,v}$
50 lx	3.2 W/m ²	2.5 W/m ²
100 lx	4.5 W/m ²	3.5 W/m ²
300 lx	10.0 W/m ²	7.5 W/m ²
500 lx	15.0 W/m ²	11.0 W/m ²
750 lx	20.0 W/m ²	16.0 W/m ²
1000 lx	25.0 W/m ²	21.0 W/m ²

Die Stadt Heidelberg schreibt als Anforderungen an ihre eigenen Gebäude den „verbesserten Richtwert“ vor [Stadt Heidelberg 2010].

Bei Leuchtstoffröhren im Bestand sollten aufgrund des besseren Wirkungsgrads, der längeren Lebensdauer der Leuchtmittel, der besseren Schaltfestigkeit und der Abwesenheit von Flimmern grundsätzlich EVG (elektronische Vorschaltgeräte) eingesetzt werden. Bei neuen Beleuchtungssystemen wird heutzutage die Wahl in der Regel auf LED fallen.

Auch für Leuchtmittel gilt die Einstufung in die Effizienzklassen A++ bis E, wie es bereits von Haushaltsgrößgeräten gut bekannt ist. Es empfiehlt sich, beim Neukauf Lampen mit EU-Label A++ oder A+ zu wählen. Moderne Energiesparlampen mit elektronischem Vorschaltgerät haben eine hohe Schaltfestigkeit; manche Modelle (Treppenhauslampen) sind selbst bei Schaltvorgängen an der warmen Lampe stabil, wenn dies auch in der Regel eher zu vermeiden ist. Besonders LED sind sehr schaltfest. Die lange Lebensdauer machen LED trotz der etwas höheren Anfangsinvestition insbesondere dort wirtschaftlich interessant, wo eine lange Betriebsdauer der Lampen erforderlich ist, z. B. in innen liegenden Fluren. Dort amortisieren sich LED-Lampen oft nach 2 bis 3 Jahren, selbst im Vergleich mit Leuchtstofflampen.

Tab. 9 Betriebskostenvergleich zwischen Leuchtstoffröhren und LED (eigene Berechnungen)

Wirtschaftlichkeitsberechnung für Leuchtstoffröhren			
	ESL T8 mit VVG	ESL T5 mit EVG	LED
Leistung (W) bei gleicher Helligkeit	70	45	23
Betrachtete Brenndauer (h)	10.000		
Stromverbrauch (kWh)	700	450	230
Stromkosten (Euro), gerechnet mit 28 Cent/kWh	196	126	64
Anschaffungspreis (Euro), jew. anteilig auf 10.000 Stunden gerechnet	3	20 Euro incl. EVG	30 Euro
Betriebskosten (Euro)	196 + 3 = 199	126 + 8 = 134	64 + 6 = 70
Kostenvorteil ESL T5 ggü. ESL T8	65		
Kostenvorteil LED ggü. ESL T8	129		

Die in der Tabelle verwendete Bezugsgröße von 10.000 Stunden ergibt sich aus der erwarteten Lebensdauer einer Energiesparlampe (ESL) T8 mit verlustarmem Vorschaltgerät (VVG); am elektronischen Vorschaltgerät (EVG) halten die effizienteren ESL T5 im Schnitt 25.000 Betriebsstunden lang durch (daher Faktor 0,4 auf die Anschaffungskosten), LED 25.000 bis 100.000 Std. (gerechnet wurde im gezeigten Beispiel mit 50.000 Std., daher werden die Anschaffungskosten nur zu 20 Prozent angesetzt). Die gezeigte Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde mit einem Strompreis von 28 ct/kWh erstellt.

Eine ausreichende Größe der Fenster sorgt für einen hohen Anteil an natürlicher Belichtung. Dabei sind vor allem Fensterflächen im oberen Bereich für einen hohen Tageslichtanteil von Nutzen, die Fensterflächen unterhalb Brüstungshöhe tragen hingegen vergleichsweise wenig dazu bei. Aus diesem Grund wird bei Wohn- wie auch bei Bürogebäuden häufig auf einen Fenstersturz verzichtet, um mehr Tageslicht in der Raumentiefe zu erhalten. Für den sommerlichen Blendschutz sind Lamellenstores mit unterschiedlich ausgebildeten Lamellen hilfreich, die im oberen Bereich des Fensters einfallendes Licht gegen die (helle) Decke reflektieren, so dass auch in der Raumentiefe trotz Einsatz des Sonnenschutzes ausreichend Tageslicht vorhanden ist. Andernfalls kann die kontraproduktive Situation eintreten, dass an einem hellen Sonnentag Strom für die Beleuchtung erforderlich ist, weil Teile der Wohnfläche nicht ausreichend ausgeleuchtet werden.

7.1 Kennwerte Haushaltsbeleuchtung

Die Auslegung von Beleuchtungseinrichtungen sollte nach den Richtlinien des LEE erfolgen. Grenzwerte für verschiedene Nutzungsarten sind im Querschnittskapitel „Beleuchtung“ im Gesamtbericht aufgelistet.

Der genannte Kennwert für die installierte Lichtleistung sollte nicht überschritten werden (Lichtpunkthöhe 2,5 bis 2,8 m, helle Oberflächen vorausgesetzt). Es sollten Leuchtmittel mit einer Lichtausbeute von mindestens 80, besser 100 bis 120 Lumen pro Watt eingesetzt werden.

Tab. 10 Kennwert für die installierte Lichtleistung nach [LEE 2000] und Angaben von Lampenherstellern

Maximal installierte Lichtleistung
9 bis 12 W/m ² , besser 6 bis 8 W/m ²
Mindest-Lichtausbeute
mindestens 80, besser 100 oder 120 Lumen pro Watt
Leuchtenwirkungsgrad
80%

8 Unterhaltungselektronik, Informations- und Kommunikationsgeräte

8.1 Unterhaltungselektronik

Die Ausstattung der Haushalte mit Geräten der Unterhaltungselektronik (UE) und Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) ist in den letzten Jahren ständig gewachsen, die Nutzung speziell der IKT intensiviert sich laufend. Dies führte dazu, dass der Stromverbrauch in diesem Segment trotz effizienterer Geräte zugenommen hat – ein weiterer Anstieg wird erwartet. Dabei sind die Unterschiede in der Gerätetechnik gerade hier erheblich, die Möglichkeiten zur Einsparung hoch – dies zeigt die folgende Tabelle. Die Entscheidung beim Kauf legt den Stromverbrauch in diesem Segment für die nächsten 5 bis 10 Jahre fest, die übliche Standzeit für viele Geräte der Unterhaltungselektronik und Informations- und Kommunikationstechnik.

Tab. 11 Spanne des Stromverbrauchs von Unterhaltungselektronik im Stand-by und im Betrieb
[Herstellerangaben; Stiftung Warentest]

Unterhaltungselektronik Bandbreite der Stromkosten in Stand-by und im Betrieb									
Gerät	Stand-by				An				Summe (gerundet) (Euro/Jahr)
	Stand-by-Leistung (Watt)	Betriebszeit (Std. pro Tag)	Stromverbrauch (kWh pro Jahr)	Stromkosten (Euro pro Jahr)	Leistung im Betrieb (Watt)	Betriebszeit (Std. pro Tag)	Stromverbrauch (kWh pro Jahr)	Stromkosten (Euro pro Jahr)	
Fernsehgerät (Diagonale < 70 cm)	0,1 – 30*	19,5	1 – 214	0 – 60	17 – 35	4,5	25 – 50	7 – 14	7 – 74
Fernsehgerät (Diagonale 110 – 120 cm)	0,1 – 30*	19,5	1 – 214	0 – 60	37 – 115	4,5	55 – 171	15 – 48	15 – 108
Sat-Receiver	0,1 – 9*	19,5	1 – 64	0 – 18	7 – 12	4,5	10 – 18	3 – 5	3 – 23
DVD-Player	01 – 4	20,5	1 – 30	0 – 8,5	6 – 9	3,5	8 – 11	2 – 3	2 – 12
Video- projektoren	0 – 1	23	0 – 8,5	0 – 2,5	150 – 300	1	50 – 100	14 – 28	14 – 31
Digitale Fotorahmen	0 – 1	8	0 – 8,5	0 – 2,5	5 – 11	16	20 – 64	5,5 – 18	6 – 21

gerechnet mit 28 ct/kWh; Betriebsdauer 330 Tage pro Jahr, 35 Tage Urlaub; Stand Anfang 2016

* incl. Geräten im Schnellstart-Modus (Erläuterung s. Folgeseite)

Manche Fernseh-Geräte oder Sat-Receiver besitzen einen sogenannten Schnellstart-Modus mit einem Leistungsbezug von 10 bis zu 35 Watt. Daraus ist ein um wenige Sekunden schnellerer Betriebsbeginn als aus Stand-by-Stellung möglich – der resultierende Stromverbrauch ist allerdings extrem hoch. Erst ganz aktuell sind Fernseh-Geräte erhältlich, deren Schnellstart-Modus laut [test] unter 1 W Leistungsbezug aufweist. Zudem ist es meist nur schwer möglich, diesen Schnellstart-Modus gezielt zu deaktivieren, weder der Handel noch die Betriebsanleitungen geben hierzu Auskunft.

8.2 Informations- und Kommunikationsgeräte

Tab. 12 Vergleich des Strombedarfs von Geräten der Informationstechnik [Herstellerangaben; Stiftung Warentest]

Durchschnittlicher Strombedarf (Watt)		
Neue Geräte	niedrig	hoch
Standard-PC (8 GB RAM; Leistung in Betrieb, keine Rechenanforderung)	9	39
PC mit hoher Anforderung (64 GB RAM; Leistung in Betrieb, ohne Rechenanforderung)	22	45
Notebook	8	16
LCD-Monitore (23 Zoll)	13	24
DSL-Router (Bereitschaft)	3,5	12
DSL-Router (Betrieb)	4	13

Hilfreich ist, dass für neue Geräte aus dieser Gruppe sowie für alle elektrischen und elektronischen Geräte, die überwiegend in Haushalten zum Einsatz kommen, seit Anfang 2010 eine EU-Verordnung im Rahmen der Ökodesign-Richtlinie gilt. Danach darf der Stromverbrauch der Geräte im Stand-by 1 W nicht überschreiten, die Grenze liegt bei 0,5 W, wenn außer der Reaktivierungsfunktion und ggf. einer Anzeige über die Stellung im Stand-by keine weitere Funktion mehr erfüllt wird, wie es z. B. beim TV in der Regel der Fall ist.

Kontraproduktiv ist, wenn Geräte standardmäßig in den Stand-by-Modus wechseln, weil sie vom Hersteller nicht mehr mit einem echten Ausschalter versehen sind und sich auf diese Weise unnötige Stromverbräuche aufsummieren. Werden auch nur 10 Geräte pro Haushalt mit dem an sich niedrigen Stand-by-Leistungsbezug von 1 Watt nicht mehr abgeschaltet, summiert sich dies bereits auf etwa 80 kWh pro Jahr, umgerechnet ca. 5 Prozent des Stromverbrauchs eines 2-Personen-Haushalts oder 22 Euro pro Jahr. Viele Haushalte verfügen über erheblich mehr Geräte mit Stand-by-Funktion, daher ist trotz der o. g. Verordnung diesbezügliche Informationsvermittlung erforderlich. Über schaltbare Steckerleisten ist dieses Problem leicht lösbar.

Technisch lassen sich die Stand-by-Verluste mit optimierten Netzteilen auf unter 0,1 W reduzieren. Dennoch ist eine Schaltbarkeit durch die Fernbedienung gegeben.

Peripheriegeräte wie Drucker, Fax, Scanner und Kopierer sind seit einiger Zeit in Mehrfunktionsgeräten (MFC) zusammengefasst. Dies spart Produktionsenergie für die Geräte selbst und reduziert die Zahl der Netzteile. Zudem gibt es Geräte mit getrennten Farbkartuschen, so dass je nach Bedarf ersetzt werden kann.

8.3 Kennwerte Unterhaltungselektronik, Informations- und Kommunikationsgeräte

Für Geräte der Unterhaltungselektronik gilt wie für die Informations- und Kommunikationstechnik hinsichtlich des Leistungsbezugs in Stand-by-Stellung die EU-weit geltende EuP-Richtlinie² für neue Geräte.

Tab. 13 Anforderungen an die Leistung von Geräten der Unterhaltungselektronik nach EuP-Richtlinie

Leistung im Stand-by nach EU-Richtlinie		
für Geräte mit Anzeigefunktion, z. B. Zeit	für Geräte ohne weitere Funktion	Frist zur Einführung
1 Watt	0,5 Watt	seit 2013

9 Haushaltsgroßgeräte

9.1 Kennzeichnung von Haushaltsgroßgeräten

Für Haushaltsgroßgeräte wurde bereits Mitte der 90er Jahre das EU-Label als Kennzeichen für die energietechnische Qualität eingeführt. Mittlerweile war dessen Aussagekraft allerdings sehr schwach geworden, da in vielen Gerätegruppen (fast) alle Gerätetypen in Klasse A lagen. Daher wurde im Mai 2010 von der EU beschlossen, für Kühl- und Gefriergeräte, für Wasch- und Spülmaschinen, für Wäschetrockner und Elektro-Backöfen zu den bislang genutzten Labelklassen eine Klassifizierung mit A+++, A++ und A+ für die effizientesten Modelle dieser Gerätegruppen zuzulassen. Die Klassen E, F und G entfallen.

Ab 2012 müssen die Geräte verpflichtend mit dieser neuen Klassifizierung ausgezeichnet sein.

Für Wäschetrockner, Dunstabzugshauben, Staubsauger sowie auch für Fernsehgeräte etc., für die es ebenfalls ein Effizienzlabel gibt, bleibt die Einteilung vorerst bei den Klassen A bis G, soll aber in einiger Zeit ebenfalls in Richtung A+++ nachgeführt werden. Die folgende Abbildung zeigt für Haushaltsgroßgeräte die Verteilung der Geräte auf die verschiedenen Effizienzklassen.

Während der redaktionellen Überarbeitung des vorliegenden Stromsparkonzepts haben das Europäische Parlament und der Europäische Rat eine Neufassung der untenstehenden Klassifizierung beschlossen. Die wenig übersichtlichen Klassen, wie A+++, sollen dabei wieder in Klassen von A bis G zurückgeführt werden. Für diese Regelung gelten aber verschiedene lange Übergangsfristen, so dass in nächster Zeit beim Kauf von Haushaltsgeräten sehr genau hingeschaut werden muss, welches Klassifizierungssystem gültig ist. Die untenstehende Tabelle bietet dazu nach wie vor eine wertvolle Orientierungshilfe

Abb. 7 Klassifizierung der derzeit am Markt erhältlichen Haushaltsgroßgeräte nach EU-Label

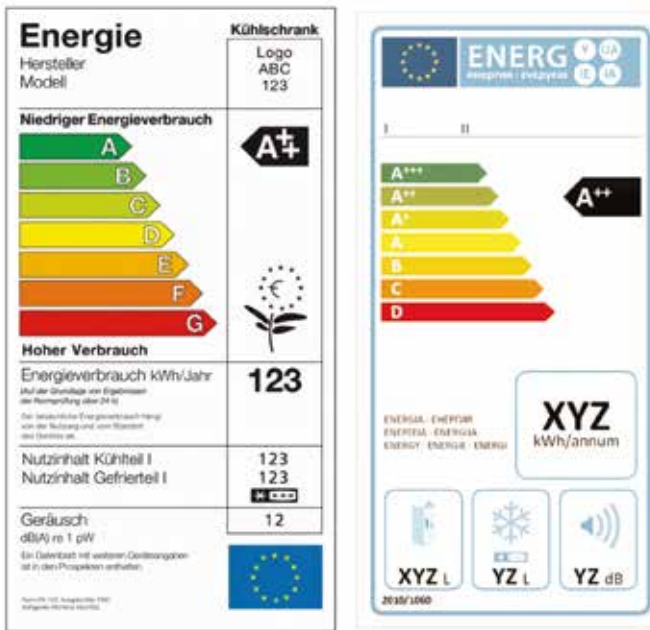
			Energieeffizienzklasse						
Kühl- und Gefriergeräte	Form/Größe	Anzahl	A+++	A++	A+	A	B	C	D
Kühlschränke ohne Sternefach	TG/TGU	52	9	24	19	---	---	---	---
Kühlschränke ohne Sternefach	SG -400 l	62	12	32	18	---	---	---	---
Kühlschränke mit (****)-Fach	TG/TGU	61	17	30	14	---	---	---	---
Kühlschränke mit (****)-Fach	SG -400 l	15	2	8	5	---	---	---	---
Kühlschränke mit (****)-Fach	EG, 89 cm	111	24	65	20	---	---	---	---
Kühl-Gefrier-Kombis / MZG	SG 200-400 l	433	170	218	45	---	---	---	---
Gefrierschränke	TG/TGU	46	5	26	15	---	---	---	---
Gefrierschränke	SG -400 l	165	41	97	27	---	---	---	---
Gefriertruhen	200-400 l	76	30	38	8	---	---	---	---
Waschmaschinen			A+++	A++	A+	A	B	C	D
Frontlader	5,0 - 7,0 kg	345	264	56	30	1	---	---	---
Frontlader	8,0 - 9,0 kg	307	306	---	---	---	---	---	---
Toplader	5,0 - 7,0 kg	105	68	21	16	---	---	---	---
Wäschetrockner						A	B	C	D
Front-/Toplader	5,0 - 7,0 kg	26	---	---	---	13	12	---	---
Front-/Toplader	8,0 - 9,0 kg	36	---	---	---	32	4	---	---
Trommel-Wäschetrockner			A+++	A++	A+	A	B	C	D
Ablufttrockner, solar- /gasbetrieben	7,0 kg	3	3	---	---	---	---	---	---
Ablufttrockner, elektrisch	6,0 - 9,0 kg	26	---	---	---	---	2	24	---
Kondenstrockner, konventionell	6,0 - 9,0 kg	76	---	---	---	---	74	2	---
Kondenstrockner mit Wärmepumpe	7,0 - 9,0 kg	257	80	150	24	4	---	---	---
Spülmaschinen			A+++	A++	A+	A	B	C	D
Frontlader ca. 60 cm breit	12-15 Ged.	1024	333	503	183	4	---	---	---
Frontlader ca. 45 cm breit	8-10 Ged.	253	37	68	132	16	---	---	---

TG=Tischgerät, TGU=Tischgerät unterbaufähig, SG=Standgerät, EG=Einbaugerät, Ged=Zahl Maßgedecke; (*) A-vergleichbar.

² Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte (EuP – Energy using Products)

Im Zusammenhang mit der Einführung der neuen Labelklassen wurde das EU-Label auch hinsichtlich seiner Gestaltung überarbeitet und sprachneutral gestaltet, einen Vergleich zwischen dem alten und dem neuen Label für Kältegeräte zeigt die nachfolgende Abbildung.

Abb. 8 Altes und neues EU-Label für Haushaltsgroßgeräte



Für eine unter Energieaspekten gute Auswahl ist es bei einem Neukauf erforderlich, den spezifischen Energieverbrauch für die sparsamsten Neugeräte zu kennen. Dies kann über die Geräteliste des Niedrigenergieinstituts in Detmold erfolgen, deren Druckversion jährlich aktualisiert wird, zuletzt im Oktober 2015, und die im Internet laufend auf aktuellem Stand gehalten wird (www.spargeräte.de), oder über die Datenbanken von www.ecotopten.de, von www.topten.ch oder über www.stromeffizienz.de/dienstleister-oeffentliche-hand.html.

9.2 Einzelgeräte im Haushalt

Kühl- und Gefriergeräte

Für Kühl- und Gefriergeräte kann eine einfache Empfehlung ausgesprochen werden: Bei einer Neuanschaffung sollte ein Gerät der Effizienzklasse A+++, mindestens jedoch A++ nach EU-Label gewählt werden. Den wirtschaftlichen Vorteil zeigt die nachfolgende Tabelle.

Tab. 14 Stromverbrauch verschieden effizienter Tisch-Kühlschränke mit Gefrierfach
 [NEI-Liste 2015/2016, www.spargerwaere.de, Januar 2016]

Betriebskostenvergleich für Tisch-Kühlschränke mit */***-Fach mit ca. 116 l Volumen Kühlraum und 16 l Gefrierfach				
	A+++ -Gerät	A++ -Gerät	A+ -Gerät	A-Gerät (alt)
Strombedarf pro Jahr [kWh]	93	138	182	220
Strombedarf in 15 Jahren [kWh]	1.395	2.070	2.730	3.300
Stromkosten in 15 Jahren (gerundet) [Euro]	391	580	764	924
Mehrkosten gegenüber A+++-Gerät in 15 Jahren [Euro]		189	365	533
gerechnet mit 28 Cent/kWh				

Spülmaschinen

Ein Warmwasseranschluss für Spülmaschinen ist nicht nur energieeffizient, sondern auch sehr kostengünstig, wie der nachstehende Vergleich verschiedener Geräte zeigt. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Wassererwärmung für das Gerät mit Warmwasseranschluss über einen Sonnenkollektor erfolgt.

Tab. 15 Stromverbrauch verschieden effizienter Spülmaschinen, mit und ohne Warmwasseranschluss
 [NEI], (eigene Berechnungen)

Strombedarf und -kosten für Spülmaschinen verschiedener Energieeffizienzklassen – Vergleich mit/ohne Warmwasseranschluss und Vergleich Sonnenkollektor/ Nahwärmenetz –				
	Neugerät Klasse A+++	Neugerät Klasse A+++	Altgerät Klasse B	Altgerät Klasse D
	mit Warmwasseranschluss	ohne Warmwasseranschluss		
Strombedarf pro Jahr [kWh]	73	100	200	260
Strombedarf in 15 Jahren [kWh] (gerundet)	1.100	1.500	3.000	3.900
Stromkosten in 15 Jahren in Euro (1)	308	420	840	1.092
Energiekosten in 15 Jahren in Euro (2)	356	420	840	1.092
Annahme: 140 Spülgänge pro Jahr, Gerät für 13 (12) Gedecke; Berechnung lt. EU-Label im Strom sparenden Standardprogramm bzw. Angabe lt. älteren Quellen; Strompreis 28 ct/kWh; (1) Annahme solare Warmwassererzeugung (keine Kosten für Wärmeerzeugung eingerechnet, da Kollektor nicht für Spülmaschine, sondern für Brauchwarmwasser allgemein installiert ist und mehr Warmwasserverbrauch vor allem im Sommer den Jahresnutzungsgrad des Kollektors verbessert); (2) Annahme Wassererwärmung für Gerät mit Warmwasseranschluss über Nahwärmenetz (12 ct/kWh); ein Teil des Stromverbrauches ist für Pumpen und Ventilator erforderlich.				

Ganz besonders effizient und auch wirtschaftlich vorteilhaft ist der Warmwasseranschluss dann, wenn das Wasser über einen Kollektor erwärmt wird.

Fast alle neuen sowie viele der vorhandenen Geräte lassen sich direkt an warmes Wasser anschließen. Nur für jene Geräte, die einen Wärmetauscher zur Nutzung der Abwärme des Abwassers haben, lohnt sich das nicht; diese sind z. B. bei elektrischer Wassererwärmung von Vorteil.

Bei jenen Gerätetypen, die bei Kaltwasseranschluss im Trockengang die Feuchtigkeit an einer wassergekühlten Gerätewand kondensieren, wird bei Warmwasseranschluss die Trocknung etwas schlechter.

Waschmaschinen

Auch bei Waschmaschinen differieren die Betriebskosten mit bzw. ohne Anschluss an eine effiziente Wassererwärmung; wie bei jedem Betriebskostenvergleich empfiehlt es sich, Kosten über die Standzeit eines Gerätes zu betrachten. Nachfolgend sind diese für ein Gerät mit und ein Gerät ohne Warmwasseranschluss aufgeführt. Auch ohne die Einrechnung einer Energiekostensteigerung ergibt sich eine nennenswerte Differenz. Gemäß dem gezeigten Rechenbeispiel dürfte ein Neugerät mit Warmwasseranschluss rund 300 Euro teurer in der Anschaffung sein, dann wäre die Bilanz für Anschaffungs- und Betriebskosten während einer (statistisch durchschnittlichen) Standzeit von 11 Jahren bei Plus/Minus Null. Wird eine Energiepreissteigerung eingerechnet, wie es zu erwarten ist, schneidet ein Gerät mit Warmwasseranschluss trotz der erheblichen Mehrinvestition insgesamt besser ab.

Tab. 16 Betriebskostenvergleich für Waschmaschinen mit und ohne Warmwasseranschluss [NEI], (eigene Berechnungen)

Betriebskostenvergleich bei Warmwasseranschluss					
jeweils 7-kg-Gerät	Waschmaschine mit Labelklasse A+++		Waschmaschine mit Labelklasse A+++ und Warmwasseranschluss		
	Strom	Wasser	Strom	Gas	Wasser
220 Waschgänge im Programm-Mix pro Jahr	139 kWh	9,2 m ³	17 kWh	100 kWh	9,2 m ³
Betriebskosten im Jahr	39 Euro	37 Euro	5 Euro	7 Euro	37 Euro
Betriebskosten für Strom (+ Gas) + Wasser in 11 Jahren	428 Euro	405 Euro	52 Euro	77 Euro	405 Euro
Gesamt	833 Euro		534 Euro		

Neben dem Warmwasseranschluss sind auch Vergleichswerte bei unterschiedlicher Waschtemperatur eine wichtige Größe. Durch die entsprechende Wahl von Waschprogrammen mit niedriger Temperatur ist eine Einsparung von etwa 25 Prozent erzielbar.

Tab. 17 Vergleich für Waschprogramme unterschiedlicher Temperatur [ecotopen.de 2011]

Verbrauchsdaten für sparsame Waschmaschinen – Neugeräte				
	Stromverbrauch bei 60°C (kWh)	Stromverbrauch bei 40°C (kWh)	Wasserverbrauch bei 60°C (kWh)	Wasserverbrauch bei 40°C (kWh)
5 kg-Geräte	0,85	0,6	45	45
6 kg-Geräte	1,02	0,7	45	58

Wäschetrockner

Wäschetrockner werden zunehmend in Haushalten eingesetzt. Generell ist natürlich das Trocknen auf der Wäscheleine die effizienteste Methode; wenn doch ein Trockner erforderlich ist, gilt es vorrangig, ein sparsames Modell auszuwählen. In der nachfolgenden Tabelle sind verschiedene Geräte verglichen; ein gasbetriebener Trockner schneidet hier am günstigsten ab, an zweiter Stelle folgt ein Wärmepumpentrockner.

Es gibt Trockner, die über Gas die erforderliche Wärme für den Trocknungsprozess bereit stellen, mit allerdings relativ hohen Anfangsinvestitionen. Diese Technik können nur Haushalte einsetzen, die ohnehin einen Gasanschluss haben. Trockner mit Wärmepumpe sind ebenfalls sparsam beim Energieverbrauch und in der Anschaffung mittlerweile nicht mehr übermäßig teuer, sodass diese Modelle heutzutage auch unter ökonomischen Aspekten empfehlenswert sind.

Wichtig ist in jedem Fall, dass die Wäsche gut entwässert, d.h. geschleudert wird. Bei 1.400 anstatt 1.000 Umdrehungen/min wird rund ein Viertel weniger Strom gebraucht. In der Regel sollte bei Trocknernutzung die zugehörige Waschmaschine eine Umdrehungszahl von mindestens 1200 U/min, besser 1400 U/min haben. Die Schleuderdrehzahl wird im EU-Label ebenfalls mit den Stufen A bis G bewertet, bei Trocknernutzung empfiehlt sich mindestens Stufe B.

Tab. 18 Energiebedarf und Stromkosten – Vergleich unterschiedlicher Trockner
[NEI-Liste 2015/2016, www.spargeraete.de, Januar 2016]

Energiebedarf und Stromkosten von Wäschetrocknern		
Energieeffizienzklasse und Art des Wäschetrockners (1)	Energiebedarf je Trockengang nach Schleudern mit 1.000 Umdrehungen/Minute (2)	Stromkosten pro Jahr bei 2 Trockengängen je Woche (3)
	kWh	Euro
A+++ -Gerät 8 kg (K, WP)	1,5	45
B-Gerät 6 kg (K)	4,3	124
C-Gerät 6 kg (A)	4,1	119
Gastrockner 7 kg		gesamt 42
Gas	4,2	30
Strom	0,4	12

(1) Angaben in Klammern: K: Kondensationstrockner, WP: Wärmepumpe, A: Ablufttrockner;
(2) für Baumwollwäsche;
(3) berechnet nach Schleudern mit 1.000 Umdreh./Minute; Strom 28 ct/kWh, Gas: 7 ct/kWh. Quelle: NEI-Liste Okt. 2015 sowie Datenbank www.spargeraete.de; Stand Jan. 2016

9.3 Kennwerte Haushaltsgeräte

Bei der Anschaffung von Kühl- und Gefriergeräten, von Wasch- und Spülmaschinen, bei Wäschetrocknern und Elektro-Backöfen ist das wohl bekannte EU-Label mit der Labelklasse A++ eine gute Wahl, vielfach stehen bereits Geräte mit Labelklasse A+++ zur Verfügung. Für andere Gerätegruppen, die noch nicht die Labelklassen A+++ bis A+ eingeführt haben, ist ein EU-Label mit Klasse A eine gute Wahl, dies gilt z.B. für Staubsauger, Dunstabzugshauben und Fernsehgeräte.

Tab. 19 Neue Effizienzklassen als Entscheidungskriterium für den Kauf von Haushaltsgroßgeräten

EU-Klassifizierung von Haushaltsgroßgeräten
Empfehlung A+++ oder A++ sofern vorhanden, ansonsten Label A (s. oben).

Für Geräte der Unterhaltungselektronik gilt wie für die Informations- und Kommunikationstechnik hinsichtlich des Leistungsbezugs in Stand-by-Stellung die EU-weit geltende EuP-Richtlinie³ für Geräte, die ab 2010 produziert werden.

Tab. 20 Anforderungen an die Leistung von Geräten der Unterhaltungselektronik nach EuP-Richtlinie

Leistung im Stand-by nach EU-Richtlinie		
für Geräte mit Anzeigefunktion, z. B. Zeit	für Geräte ohne weitere Funktion	Frist zur Einführung
1 Watt	0,5 Watt	seit 2013

³ Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte (EuP – Energy using Products)

10 „Best Practice“-Beispiel

Passivhäuser Burgholzhof – Stuttgart Burgholzhof



Quelle: ebök und www.passivhausprojekte.de

Beschreibung

3 Mehrfamilienhäuser mit je 12 Wohneinheiten auf 4.068 m², Baujahr 2003

Gebäudeenergiekonzept

Wärmeversorgung

Haus 1: Wärmepumpenkompaktgerät in jeder Wohnung

Haus 2: Zentrale im Keller, Brennstoffzelle, Gas-Brennwertkessel als Backup, zentraler Steigschacht im Treppenhaus, dezentrale Nacherwärmung der Zuluft in jeder Wohnung

Haus 3: Zentrale im Keller, solargestützte Nahwärmeübergabe, dezentrale Nacherwärmung der Zuluft in jeder Wohnung

Lüftung

Haus 1: Wärmepumpenkompaktgerät in jeder Wohnung

Haus 2 und 3: Lüftungszentrale im Dachgeschoss, Lüftung mit Wärmerückgewinnung, elektr. Außenluftvorerwärmung, DC-Ventilatoren, zentraler Steigschacht im Treppenhaus, Volumenstromregelung dezentral je Wohnung

Energiekennwerte

Heizwärmebedarf nach PHPP 14 kWh/m²a

Primärenergiebedarf Gesamt

110 kWh/(m²a) für Heizung, Warmwasser, Hilfs- und Haushaltsstrom nach PHPP

Literatur

www.passivhausprojekte.de und www.eboek.de

Weitere Beispiele sind aufzufinden unter www.enob.info/de/neubau/ und www.enob.info/de/sanierung/

11 Übersicht Kennwerte

Allgemeinstrom	
Kennwert Allgemeinstrom in Wohngebäuden	
3,7 bis 5 kWh pro m ² und Jahr	

Umwälzpumpen		
ab	Pumpentyp	Anforderungen
1.1.2013	externe Umwälzpumpen	EEI ≤ 0,27; Produktinformation
	Trinkwasser-Zirkulationspumpen	nur Produktinformation
1.8.2015	externe Umwälzpumpen und in neue Produkte integrierte Umwälzpumpen	EEI ≤ 0,23; Produktinformation
1.1.2020	in bestehende Produkte integrierte Umwälzpumpen	Ende der Möglichkeit, integrierte Heizungsumwälzpumpen, die vor dem 1.8.2015 in Verkehr gebracht wurden, zu ersetzen

Lüftung	
Spezifische elektrische Ventilatorleistung	
0,28 W/(m ³ /h) bis 0,42 W/(m ³ /h) pro Zu-/Abluftgerät	
Wärmebereitstellungsgrad bei Anlagen mit Luft-Luft-Wärmeübertrager	
80 % oder besser	
Die Energiekonzeption Heidelberg 2010 fordert 80%.	

Beleuchtung	
Maximal installierte Lichtleistung	
9 bis 12 W/m ² , besser 6 bis 8 W/m ²	
Mindest-Lichtausbeute	
80, besser 100 oder 120 Lumen pro Watt	
Leuchtenwirkungsgrad (nach Möglichkeit, abhängig von Wohnanforderung)	
80%	

Informations- und Kommunikationstechnik		
Leistung im Stand-by nach EU-Richtlinie		
für Geräte mit Anzeigefunktion, z. B. Zeit	für Geräte ohne weitere Funktion	Frist zur Einführung
1 Watt	0,5 Watt	seit 2013

Haushaltsgeräte		
EU-Klassifizierung von Haushaltsgroßgeräten		
Empfehlung A+++ oder A++ sofern vorhanden, sonst A		
Leistung im Stand-by nach EU-Richtlinie		
für Geräte mit Anzeigefunktion, z. B. Zeit	für Geräte ohne weitere Funktion	Frist zur Einführung
1 Watt	0,5 Watt	seit 2013

12 Zusammenfassung und Empfehlung

Aus den aufgeführten Beispielen lassen sich für den Bereich Wohnen die nachfolgenden Empfehlungen ableiten.

Lüftungsgeräte

Für die Installation einer Lüftungsanlage mit WRG im Wohnbereich als integraler Bestandteil des Passivhauses sind folgende Anforderungen an das Gebäude und die Funktion der Anlage zu erfüllen:

- Luftdichtheit der Gebäudehülle nach PHPP (damit sind die Anforderungen der EnEV übererfüllt),
- spezifische elektrische Leistungsaufnahme des Zu-/Abluftsystems mit Wärmerückgewinnung $\leq 0,42 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$,
- Wärmebereitstellungsgrad ≥ 75 Prozent und besser,
- Regelbarkeit in mindestens drei Lüftungsstufen: Feuchteschutz / Reduzierte Lüftung/ Nennlüftung,
- wohnungsweise Regelung,
- Installation Passivhaus-geeigneter Komponenten,
- periodische Wartung und Instandhaltung der Anlagen,
- Fenster offenbar (für Intensivlüftung und sommerliche Nachtlüftung bei Hitzeperioden).

Belichtung und Beleuchtung

Aufgrund verschiedener Nutzungsbereiche im Wohnsektor gibt es jeweils unterschiedliche Anforderungen an die Beleuchtung. Einige übergreifende Aussagen können jedoch aufgeführt werden.

- Geeignete Fenstergrößen für die Tageslichtnutzung wählen.
- Für eine ausreichende Belichtung mit Tageslicht ist Sorge zu tragen.
- Auf helle Oberflächen für einen effizienten Einsatz von Beleuchtung achten.
- Den Haushalten ist Informationsmaterial zur Verfügung zu stellen, so dass sie ihre Einflussmöglichkeiten auf den Stromverbrauch ihrer Geräte einschätzen und ihr Verhalten geeignet modifizieren können.

Informations- und Kommunikationstechnik (IKT), Unterhaltungselektronik (UE)

Der Stromverbrauch der zahlreichen und ständig zunehmenden installierten IKT- und UE-Geräte wird einerseits durch die Gerätebeschaffung und andererseits durch eine bewusste Gerätenutzung beeinflusst. Deshalb sollten

- Informationen über Stand-by-Verluste eingeholt werden und
- Stiftung Warentest gibt Informationen zum Stromverbrauch.
- Der Stand-by-Stromverbrauch kann über www.no-e.de/html/un glaublich.html gecheckt werden.
- Geräte mit sogenanntem Schnellstart-Modus sollten nicht gekauft werden.

Haushaltsgroßgeräte

Der Stromverbrauch der Haushaltsgroßgeräte wird in erster Linie durch die Gerätebeschaffung beeinflusst.

- Gerätelisten des Niedrigenergieinstituts Detmold sollten als Einkaufshilfe bei Neuanschaffungen zu Rate gezogen werden www.spargeräte.de.
- Spülmaschinen sollen an eine nicht-elektrische zentrale Wassererwärmung angeschlossen werden.
- Für Waschmaschinen ist eine Anschlussmöglichkeit an warmes Wasser unter dem mittelfristigen Aspekt einer optimierten Wärmeversorgung des Wohngebietes sinnvoll, wenn auch zu Beginn nur wenige Geräte dieses Typs installiert sein werden.
- Es sollten Geräte passender Größe gewählt werden, also z. B. eine Waschmaschine mit 6 kg Fassungsvermögen eher für einen 4-Personen-Haushalt und nicht für einen kleinen.
- Installation passivhaustauglicher Komponenten und wohnungsweiser Regelung bei Lüftungsanlagen.
- Auf im Internet verfügbare CO₂-Rechner sollte hingewiesen werden, um den eigenen CO₂-Verbrauch einschätzen zu können: www.heidelberg.de/co2spiegel.
- Weitere nützliche Websites sind z. B. www.um.baden-wuerttemberg.de, www.kea-bw.de, www.ecotopten.de, www.topten.ch, www.ea-nrw.de, www.stromeffizienz.de, www.verbraucherzentrale.de.

Literaturverzeichnis

- [Allgemeinstrom 09] Allgemeinstrom in Wohngebäuden, Dr.-Ing. Klaus-Dieter Clausnitzer, Bremer Energieinstitut BEI, Febr. 2009
- [BMWi 2016] Energiedaten: Gesamtausgabe, Text + Tabellen, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Jan. 2016
- [DIN 1946-6] Raumlufttechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung DIN 1946-6:2009-05
- [DIN 4719] Lüftung von Wohnungen - Anforderungen, Leistungsprüfungen und Kennzeichnung von Lüftungsgeräten DIN 4719-2:2009-07
- [DIN EN 12464-1] Licht und Beleuchtung – Teil 1: Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen
- [DIN EN 13779] Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme; Deutsche Fassung EN 13779:2007
- [DIN EN 15240] Lüftung von Gebäuden – Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen; Deutsche Fassung DIN EN 15240:2007
- [DIN EN 15251] Eingangsparemeter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik; Deutsche Fassung EN 15251:2012-12
- [Ecoman] www.ecoman.org
- [ecotopten] www.ecotopten.de
- [Effizienzriterien HD] Effizienzriterien für kommunale Gebäude in Heidelberg, Stadt Heidelberg, Amt für Umweltschutz, Energie und Gesundheitsförderung, 2003
- [Energiesparen 2015] Energiesparen im Haushalt, Praktische Tipps für den Alltag, UM Baden-Württemberg, 2015
- [EnEV 2016] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2013, Teil I, Nr. 67, Bonn, 21. November 2013, verschärfte Anforderungen in Kraft seit 1. Januar 2016
- [ifeu 2014] Konzept für den Masterplan 100% Klimaschutz für die Stadt Heidelberg, ifeu 2014
- [ifeu 2015] Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland, ifeu, Heidelberg 2015
- [LEE 2000] Elektrische Energie im Hochbau: Leitfaden Elektrische Energie. Hrsg. Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten; 2. überarbeitete Fassung. Wiesbaden: 2000.
- [NEI] Besonders sparsame Haushaltsgeräte, jährlich aktualisierte Geräteliste des Niedrigenergie-Instituts Detmold, Klaus Michael, Oktober 2011, laufend aktualisierte Online-Version unter www.spargeraete.de
- [no-e Stand-by] www.no-e.de/html/unglaublich.html
- [PHI Reglement] Prüfreglement von Lüftungsgeräten, zentral, für die Zertifizierung als „Passivhaus geeignete Komponente“; Stand 24.9.2009, Passivhausinstitut, Darmstadt
- [PHI Zertifizierung] Kriterien für den Passivhaus-, EnerPHit-und PHI-Energiesparhaus-Standard, Version 9b, Stand 30.06.2015
- [Stadt Heidelberg 2010] Energiekonzeption 2010 der Stadt Heidelberg, Fotschreibung der Konzeption 2001, Amt für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie, 2010
- [test] Geräte-Tests der Stiftung Warentest, Hefte der letzten Jahre
- [VZ NRW 2009] Verbraucherzentrale Nordrheinwestfalen, 99 Wege Strom zu sparen, 2009
- [Werner 2004] Lüftungskonzept für Mehrzonen-Gebäude – Wärmerückgewinnung mit sehr niedrigem Stromverbrauch, Johannes Werner, ebök, 2004

Nützliche Websites sind z. B. www.um.baden-wuerttemberg.de, www.kea-bw.de, www.ecotopten.de, www.topten.ch, www.ea-nrw.de, www.spargeraete.de, www.leds.de, www.stromeffizienz.de, www.verbraucherzentrale.de

Herausgeber: Stadt Heidelberg
Amt für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie
Verwaltungsgebäude Prinz Carl
Kornmarkt 1
69117 Heidelberg

Ansprechpartner: Fabian Nagel
Tel.: 06221 58-18161
fabian.nagel@heidelberg.de

Robert Persch
Tel.: 06221 58-45321
robert.persch@heidelberg.de

Projektbearbeitung: ebök
Planung und Entwicklung GmbH
Schellingstraße 4/2
72072 Tübingen

In Kooperation mit:
CONSISTE
Consulting für intelligenten Stromeinsatz
Dorfstraße 42
72074 Tübingen

Bildquellen: fotolia, ebök