

# Stromsparkonzept Heidelberg Bahnstadt

Sektor Einzelhandel/Fachmarkt



 HEIDELBERG  
BAHNSTADT



# Stromsparkonzept Heidelberg Bahnstadt

Sektor Einzelhandel/Fachmarkt

Erstellt: Juli 2011  
Ergänzt und aktualisiert: März 2012

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

Projektleitung: Dipl.-Phys. Rosemarie Hellmann (ebök)

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

Konzeptionelle Begleitung: Dipl.-Ing. Alexander Krohn  
Dipl.-Ing. (FH) Robert Persch  
Dipl.-Phys. Ralf Bermich  
Dr. Hans-Wolf Zirkwitz

# Inhaltsverzeichnis

<b>Ziele im Neubaugebiet Bahnstadt</b>	<b>6</b>
1 Kosteneinsparung durch Optimierung – Einzelhandel/Fachmarkt –	7
<b>Einzelhandel/Fachmarkt</b>	<b>8</b>
2 Verbrauchsanteile verschiedener Anwendungen	8
3 Allgemeinstrom	9
4 Aufzüge	9
5 Umwälzpumpen	9
6 Lüftung und Klimatisierung	10
6.1 Kennwerte Lüftung und Klimatisierung	11
7 Beleuchtung	12
7.1 Allgemeinbeleuchtung	12
7.2 Dekorationsbeleuchtung im Verkauf	15
7.3 Kennwerte Beleuchtung	15
8 Informations- und Kommunikationstechnik	16
8.1 Serverräume	16
8.2 Informations- und Kommunikationstechnik dezentral	17
8.3 Kennwerte Informations- und Kommunikationstechnik	18
9 Kältegeräte	19
9.1 Kühlmöbel und Kühlräume	19
9.2 Kaltgetränke- und gekühlte Warenautomaten	22
9.3 Empfehlungen Kältegeräte	22
9.4 Verbundkälte	23
10 „Best Practice“-Beispiel	24
11 Übersicht Kennwerte	25
12 Empfehlung und Zusammenfassung	26
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>27</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Anteil der Stromverbraucher in einem durchschnittlichen Lebensmittelgeschäft Der Stromverbrauch v.a. von Kältemöbeln dominiert: je größer die Verkaufsfläche, desto geringer der Anteil der Kältemöbel und des spezifischen Stromverbrauchs (Quelle: ebök nach Schätzung [Gloor])	7
Abb. 2	Produktkühlung (Quelle: REWE Green Building)	7
Abb. 3	REWE Green Building – Primärenergieeinsparung [REWE 2009]	8
Abb. 4	Spezifischer Stromverbrauch, Quelle [WKO 2003]	10
Abb. 5	Verteilung des Stromverbrauchs am Arbeitsplatz auf die typischerweise vorkommenden Geräte [PC-Arbeitsplatz]	17

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Spezifischer Stromverbrauch, Quelle [WKO 2003]	10
Tab. 2	Spezifischer Elektrizitätsbedarf für Lüftung/Klimatisierung nach Anwendungen [SIA 380/4]	11
Tab. 3	Empfehlung für die spezifische elektrische Ventilatorleistung von Lüftungsgeräten	11
Tab. 4	Empfehlung für den Wärmebereitstellungsgrad von Lüftungsgeräten	12
Tab. 5	Empfehlung für die Arbeitszahl von Kältemaschinen nach [SIA 380/4]	12
Tab. 6	Kenndaten verschiedener Leuchtmittel [Allgemeinstrom 09]	13
Tab. 7	Betriebskostenvergleich zwischen Leuchtstoffröhren und LED [eigene Berechnungen]	14
Tab. 8	Erforderliche Beleuchtungsstärke bei verschiedenen Sehaufgaben [DIN EN 12464-1]	15
Tab. 9	Kennwerte nach [LEE 2000] und Angaben der Lampenhersteller	15
Tab. 10	Vergleich des Strombedarfs von Geräten der Informationstechnik [Herstellerangaben; Stiftung Warentest; 2008]	18
Tab. 11	Anforderungen an die Leistung von Geräten der Unterhaltungselektronik nach EuP-Richtlinie	18
Tab. 12	Anteil der Stromverbraucher in einem durchschnittlichen Lebensmittelgeschäft (Quelle: Schätzung Gloor 2000) aus <a href="http://www.energie.ch/daten/branchen">www.energie.ch/daten/branchen</a>	19
Tab. 13	Anforderung an Kühl- und Gefriergeräte [ProCool]	20
Tab. 14	Einsparpotenzial bei Kühlmöbeln nach WKO [WKO 2003]	21

# Ziele im Neubaugebiet Bahnstadt

Für das Baugebiet Bahnstadt ist der Passivhausstandard verbindlich und flächendeckend eingeführt worden. Um eine möglichst niedrige Primärenergiekennzahl und damit geringe CO<sub>2</sub>-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 oder in Sozialräumen 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 120 kWh/m<sup>2</sup>a. 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 soll eine Anleitung dafür sein, mit welchen Komponenten inklusive ihrer jeweiligen Nutzung der Primärenergiekennwert für Passivhausgebäude erreicht werden kann.

Es soll versucht werden, eine möglichst einfache Darstellung von Kriterien zu finden, z. B. durch die Formulierung übergeordneter Kennwerte für einzelne Stromanwendungen.

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

## 1 Kosteneinsparung durch Optimierung – Einzelhandel/Fachmarkt –

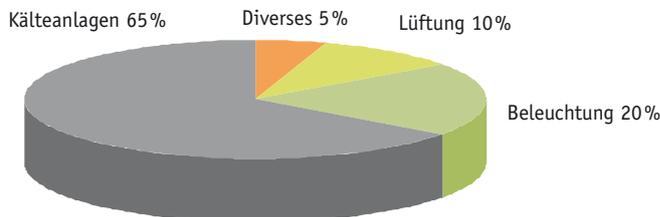
Ein wesentliches Potenzial zur Energieeinsparung liegt auch im gewerblichen Sektor in einer energieoptimierten Neubautätigkeit. Versäumnisse beim energieorientierten Planen und Bauen lassen sich später nicht mehr oder nur mit hohem Aufwand korrigieren und können jahrzehntelang zu unverhältnismäßig hohen Betriebskosten führen.

Energetisch optimierte Gebäudekonzepte eröffnen Investoren und Entscheidern attraktive Chancen für eine nachhaltige und kostengünstige Objektbewirtschaftung. Neben der Reduzierung des Heizenergieverbrauchs muss vor allem eine Optimierung hinsichtlich des Stromverbrauchs und der inneren Wärmelasten (Kühlung/ Klimatisierung) angestrebt werden. Notwendig ist daher ein Bauplanungsprozess, der mit den Methoden der integralen Planung ein energieeffizientes Gebäudekonzept entwickelt und damit auch den Strombedarf minimiert.

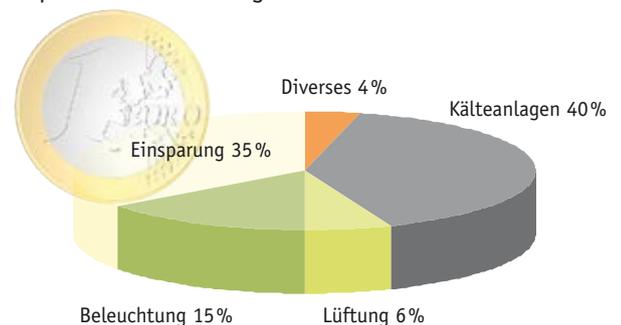
**Abb. 1 Anteil der Stromverbraucher in einem durchschnittlichen Lebensmittelgeschäft. Der Stromverbrauch v.a. von Kältemöbeln dominiert: je größer die Verkaufsfläche, desto geringer der Anteil der Kältemöbel und des spezifischen Stromverbrauchs (Quelle: ebök nach Schätzung [Gloor])**

### Energieeffizienz im Lebensmittelmarkt

durchschnittliche Ausstattung



sparsame Ausstattung



Eine Veröffentlichung der Wirtschaftskammer Oberösterreich [WKO 2003] gibt als durchschnittlichen spezifischen Stromverbrauch eines Lebensmittelmarktes 220 bis 320 kWh/m<sup>2</sup>a an und nennt einen Zielwert von 100 bis 140 kWh/m<sup>2</sup>a (in Abhängigkeit von der Verkaufsfläche). Der effiziente Einsatz von Strom erfordert die Bereitschaft zu wirtschaftlichen Investitionen in moderne, effiziente Technik.

**Abb. 2 Produktkühlung (Quelle: REWE Green Building)**



Zum Beispiel Produktkühlung: Großer Energieverbraucher in einem Lebensmittelmarkt ist mit einem Anteil von ca. 40 bis 60 Prozent am gesamten elektrischen Energieverbrauch die Kühlung, ein Energieverbrauchssegment, wo bei guter Planung hohe Sparpotenziale erreichbar sind und das daher die besondere Aufmerksamkeit der Betreiber verdient. Die Effizienz der Kühlung hängt ab von den verwendeten Geräten, von der Planung und nicht zuletzt von der Wartung der kältetechnischen Ausrüstung. Letztere wiederum ist schon wegen der Einhaltung der geforderten Sollprodukttemperaturen von großer Bedeutung.

# Einzelhandel/Fachmarkt

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

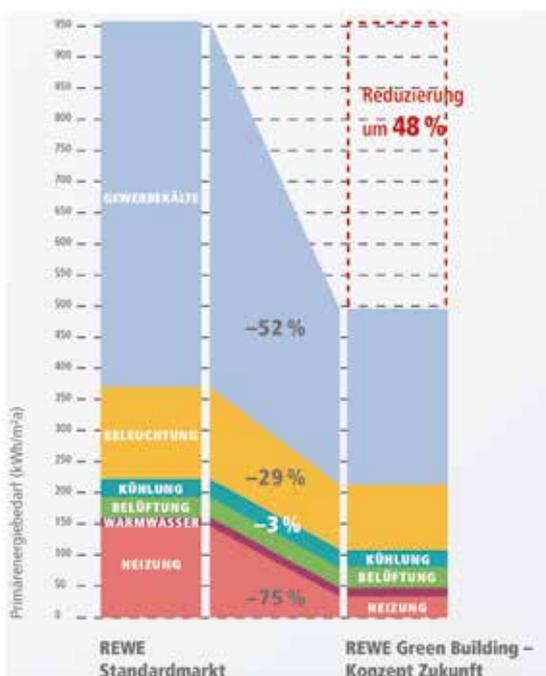
## 2 Verbrauchsanteile verschiedener Anwendungen

Im Durchschnitt wird etwa die Hälfte des Stromverbrauchs im Sektor Fach-/Lebensmittelmarkt durch die Kühlung verursacht, rund ein Viertel durch die Beleuchtung, etwa ein Zehntel durch Bürogeräte, elektrische Kleingeräte in ähnlicher Höhe und rund ein Zwanzigstel durch Kraftstrom.

Der Stromeinsatz für die Kälteerzeugung ist im Lebensmittelhandel die mit Abstand größte Einzelposition und liegt bei 40 bis 60 Prozent des Gesamtstromverbrauchs. Dabei ist die Spanne zwischen verschiedenen Betrieben erheblich, bei gleicher Größe kann der Unterschied für die Kälteerzeugung den Faktor 4 betragen. Allerdings ist diese enorme Spanne nicht nur durch unterschiedlich effiziente Kältetechnik bedingt, sondern auch durch unterschiedliche Ausstattung. Aber auch hier besteht eine Entscheidungsmöglichkeit, wieviel angeboten werden soll, und wie die technische Ausstattung sein soll [Bay LfU].

Durch energietechnische Optimierung ist es dem REWE-Konzern gelungen, effizientere Filialen aufzubauen. Den Unterschied im Primärenergiebedarf zwischen einem konventionellen und einem optimierten Markt zeigt die nachfolgende Abbildung.

Abb. 3 REWE Green Building – Primärenergieeinsparung [REWE 2009]



### 3 Allgemeinstrom

Auch in Fachmärkten gibt es eine Reihe von Allgemeinstromverbrauchern, wie z. B. Überwachungsanlagen für sicherheitstechnische Belange oder zum Brandschutz, Beleuchtung auf allgemein zugänglichen Verkehrswegen, gegebenenfalls Druckerhöhungsanlagen für die Wasserversorgung, technische Anlagen in einer Tiefgarage etc. Wesentliche Einsparungen können durch eine effiziente Beleuchtung der Verkehrswege sowie durch sparsame Netzteile z. B. für Überwachungseinrichtungen, 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.

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

### 5 Umwälzpumpen

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

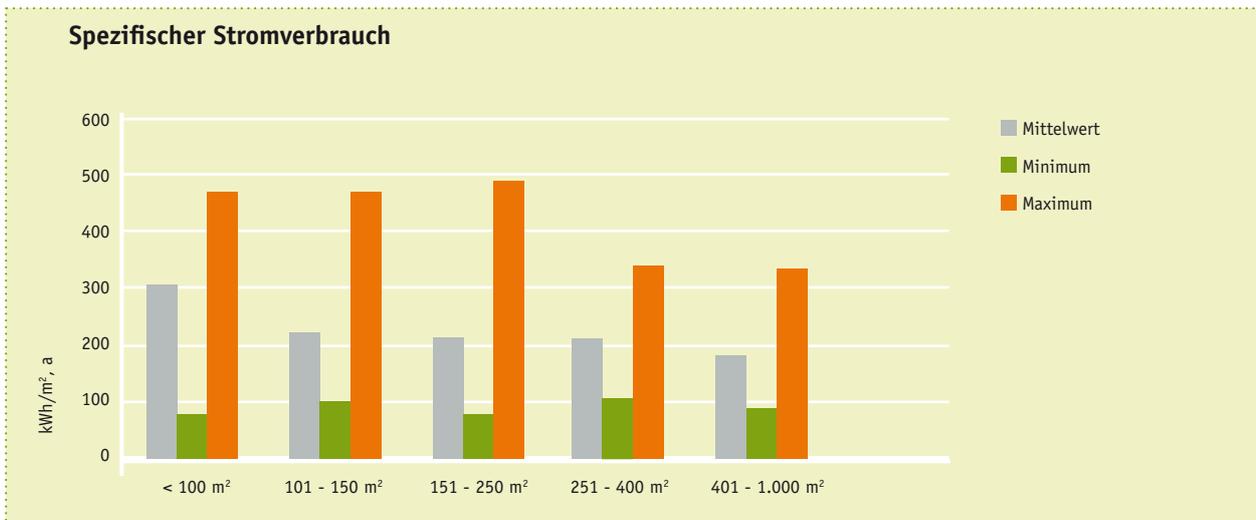
Wesentlich für einen niedrigen Stromverbrauch in diesem Segment ist ein optimiertes Gesamtsystem, die Pumpe als einzelner Baustein hat allerdings wesentlichen Anteil am Verbrauch. Seit wenigen Jahren sind Hocheffizienz-Pumpen am Markt erhältlich, die aufgrund ihrer Bauart (Permanentmagnetmotoren) sehr viel weniger Strom für die gleiche Menge an Medientransport benötigen als heute üblicherweise vorhandene Pumpen. Auch für Pumpen existiert ein an das EU-Label für Haushaltsgroßgeräte angelehntes Label, welches von Herstellerseite freiwillig eingeführt worden ist. Wiederum empfiehlt es sich, eine Pumpe der Labelklasse A zu wählen, obwohl sie nennenswert teurer als das vergleichbare konventionelle Modell ist. Die Stromkostensparnis macht dies bereits nach wenigen Jahren wett. Auch durch eine verbesserte Regeltechnik kann der Pumpenstromverbrauch erheblich verringert werden.

Detailinformationen finden sich im Querschnittskapitel „Umwälzpumpen“ im Gesamtbericht.

## 6 Lüftung und Klimatisierung

In der folgenden Grafik wird der spezifische Stromverbrauch eines Lebensmittelmarktes in Abhängigkeit von der Verkaufsfläche dargestellt. Da der Stromverbrauch vor allem durch Kälteanlagen verursacht wird, sinkt mit der Größe der Verkaufsfläche der Anteil dieser Anlagen und damit der spezifische Stromverbrauch.

Abb. 4 Spezifischer Stromverbrauch, Quelle [WKO 2003]



Tab. 1 Spezifischer Stromverbrauch, Quelle [WKO 2003]

Spezifischer Stromverbrauch		
Durchschnitt	Zielwert	
320 kWh/m²a	140 kWh/m²a	bis 100 m² Verkaufsfläche
220 kWh/m²a	100 kWh/m²a	ab 100 m² Verkaufsfläche

Die Schweizer SIA [SIA 380/4] gibt die folgenden typischen Grenz- und Zielwerte für den jährlichen Elektrizitätsbedarf in Fach-, Super- und Lebensmittelmärkten für Lüftung, Kühlung und Klimatisierung an.

Tab. 2 Spezifischer Elektrizitätsbedarf für Lüftung/Klimatisierung nach Anwendungen [SIA 380/4]

Spezifischer Elektrizitätsbedarf nach SIA		
	Grenzwert <sup>1</sup>	Zielwert <sup>2</sup>
Fachmärkte, Warenhäuser		
Lüftung	20,5 kWh/m <sup>2</sup> a	8,3 kWh/m <sup>2</sup> a
Kühlung/Entfeuchtung	21,7 kWh/m <sup>2</sup> a	17,4 kWh/m <sup>2</sup> a
Lüftung/Klimatisierung	42,2 kWh/m <sup>2</sup> a	25,7 kWh/m <sup>2</sup> a
Supermarkt (Food/Nonfood)		
Lüftung	34,2 kWh/m <sup>2</sup> a	13,9 kWh/m <sup>2</sup> a
Kühlung/Entfeuchtung	7,2 kWh/m <sup>2</sup> a	7,4 kWh/m <sup>2</sup> a
Lüftung/Klimatisierung	41,4 kWh/m <sup>2</sup> a	21,3 kWh/m <sup>2</sup> a
Lebensmittelverkauf		
Lüftung	20,7 kWh/m <sup>2</sup> a	8,6 kWh/m <sup>2</sup> a
Kühlung/Entfeuchtung	2,2 kWh/m <sup>2</sup> a	1,9 kWh/m <sup>2</sup> a
Lüftung/Klimatisierung	22,9 kWh/m <sup>2</sup> a	10,5 kWh/m <sup>2</sup> a

Die Lüftung dient in den Märkten einerseits der Raumkühlung wegen der auftretenden hohen internen Lasten (Licht, Personen, Geräte), andererseits der Lufthygiene (Geruchsbeseitigung). Durch eine geschickte Zonenaufteilung lässt sich die Luftmenge optimieren. Im Sommerbetrieb ist eine Nachtauskühlung zu prüfen, im Winterbetrieb kann mit einem Wärmetauscher bis zu 60 Prozent der anfallenden Wärme zurückgewonnen werden. Insbesondere die an den Kühlanlagen anfallende Abwärme kann für die Vorerwärmung von Warmwasser und Raumheizung genutzt werden. Die Wärmerückgewinnung aus Kältegeräten erreicht einen Wärmebereitstellungsgrad von rund 10 Prozent.

### 6.1 Kennwerte Lüftung und Klimatisierung

In der Sektorenbrochure Bürogebäude werden Anforderungen an Lüftungsanlagen definiert. Daraus folgt die Empfehlung, dass in der Bahnstadt Heidelberg für Lüftungsanlagen in Bürogebäuden eine spezifische Ventilatorleistung nach Kategorie SFP 2 oder besser gewählt werden sollte. Dies entspricht einer spezifischen elektrischen Ventilatorleistung von 0,14 W/(m<sup>3</sup>/h) bis 0,21 W/(m<sup>3</sup>/h) pro Ventilator. Die Empfehlung kann auch für andere Sektoren ausgesprochen werden.

Tab. 3 Empfehlung für die spezifische elektrische Ventilatorleistung von Lüftungsgeräten

Spezifische elektrische Ventilatorleistung
0,28 W/(m <sup>3</sup> /h) bis 0,42 W/(m <sup>3</sup> /h) pro Zu-Abbluftgerät (zwei 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.

<sup>1</sup> Grenzwerte sind mit dem heutigen Stand der Technik unter Einhaltung angemessener Komfort- und Arbeitsbedingungen gut erreichbar und wirtschaftlich vertretbar. Sie sind anzustreben.

<sup>2</sup> Zielwerte können mit der richtigen Kombination von energetisch guten Komponenten und Systemen unter Einhaltung angemessener Komfort- und Arbeitsbedingungen erreicht werden. Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit sind von Fall zu Fall zu prüfen.

**Tab. 4 Empfehlung für den Wärmebereitstellungsgrad von Lüftungsgeräten**

Wärmebereitstellungsgrad
75% oder besser

Die SIA 380/4 setzt für die Berechnung des Zielwerts für Systemanforderungen eine Leistungs-/Arbeitszahl für Kältemaschinen von 3,5 an.

**Tab. 5 Empfehlung für die Arbeitszahl von Kältemaschinen nach [SIA 380/4]**

Arbeitszahl für Kältemaschinen – sofern notwendig -
3,5 und besser

## 7 Beleuchtung

Neben der Gewerbekälte besitzt Beleuchtung den größten Anteil am Gesamtstromverbrauch von Supermärkten. Mit der intelligenten Einbeziehung des Tageslichts in die Architektur lässt sich eine erhebliche Einsparung bei der Beleuchtung umsetzen. Fensterbänder und Lichtkuppeln sorgen für ausreichendes Tageslicht, Sonnenschutzeinrichtungen verhindern unnötige Aufheizung über solare Einträge. Helligkeitssensoren regeln die effiziente Beleuchtungseinrichtung [REWE 2009].

### 7.1 Allgemeinbeleuchtung

Für Büros und gewerbliche Flächen sind schon seit vielen Jahren Leuchtstofflampen übliche Lichtquellen. Durch die Optimierung der Lichtfarben sowie die zahlreichen in den letzten Jahren entwickelten Bauformen hat sich das Anwendungsfeld für Energiesparlampen respektive Kompaktleuchtstofflampen sehr verbreitert. In den letzten Jahren sind LED (Light Emitting Diode) hinzugekommen, ein Leuchtmittel auf Halbleiterbasis, das aufgrund seiner Bauform besonders langlebig ist.

Ein Maß für die Effizienz verschiedener Leuchtmittel ist der Lichtstrom pro Watt eingesetzter Leistung – die Lichtausbeute. Wichtige Kenndaten für die Auswahl von Leuchtmitteln sind in der nachfolgenden Tabelle für verschiedene Lampen dargestellt.

Tab. 6 Kenndaten verschiedener Leuchtmittel [Allgemeinstrom 09]

Leuchtmittel im Vergleich						
		Elektrische Leistung (W)	Lichtstrom (Lumen)	Lichtausbeute (lm/W)	Mittlere Lebensdauer (h)	Gebrauch
Temperaturstrahler	Glühlampen (Standard)	15 - 200	90 - 3.150	5 - 16	1.000	Allgemeinbeleuchtung
	Hochvolt-Halogenlampen 230V	60 - 250	280 - 4.350	5 - 17	2.000	Allgemeinbeleuchtung
	Xenon Halogenlampen 230V	33 - 400	460 - 9.200	13 - 23	2.000	Allgemeinbeleuchtung, Akzentbeleuchtung, Bildbeleuchtung
	Niedervolt-Halogenlampen 12V	5 - 100	60 - 2.300	12 - 21	2.000	Allgemeinbeleuchtung, Akzentbeleuchtung, Bildbeleuchtung
	IRC Niedervolt-Halogenlampen 12V	25 - 65	500 - 1.700	20 - 26	5.000	Allgemeinbeleuchtung, Akzentbeleuchtung, Bildbeleuchtung
LED	LED (weiß, 1 Stück)	0,7 - 1,5	ca. 20	30 - 60	50.000	Anzeigen, Effekt-, Akzent-, Orientierungsbeleuchtung
Gasentladungslampen	Energiesparlampen – Kompaktleuchtstofflampen mit integriertem EVG	5 - 23	100 - 1.500	33 - 65	10.000 - 15.000	Allgemeinbeleuchtung
	Kompaktleuchtstofflampen ohne integriertes EVG	5 - 55	250 - 4.800	50 - 88	k. A.	Gewerbliche Beleuchtung, Keller, Flure
	Halogen-Metaldampflampen	35 - 400	3.300 - 36.000	60 - 100	6.000	Anstrahlungen, Sportstätten, Industriehallen
	Induktionslampen	55 - 165	3.500 - 12.000	65 - 80	60.000	Innen- und Außenbeleuchtung mit schwierigem Zugang: Tunnel, Industriehallen, Straßenbeleuchtung
	Leuchtstofflampe	14 - 80	1.350 - 7.000	52 - 104	9.000 - 16.000	Allgemein-, Arbeitsgewerbliche Beleuchtung, Möbel-, Bildbeleuchtung
	Natriumdampf-Hochdrucklampen	35 - 600	1.300 - 90.000	39 - 150	8.000	Straßen, Trainingsbeleuchtung, Industriebeleuchtung, bes. Ausführungen auch für Akzent- und Verkaufsbeleuchtungen
	Natriumdampf-Niederdrucklampen (gelbes Licht)	18 - 180	1.770 - 32.500	98 - 181	8.000	Häfen, Tunnel, Fußgängerüberwegen, Objektschutz, Überwachungskameras

Die Angaben in der Tabelle beziehen sich auf im Jahr 2010 marktgängige Modelle; einzelne LED-Lampen sind bereits mit 60 oder 80 lm/W erhältlich, allerdings im hochpreisigen Segment. Im Labor sind bereits LED mit 150 lm/W und mehr gemessen worden, diese werden in kurzer Zeit marktverfügbar sein – daher lohnt es sich hier, regelmäßig auf das Angebot zu schauen.

EVG (elektronische Vorschaltgeräte) sollten aufgrund des besseren Wirkungsgrads, der längeren Lebensdauer der Leuchtmittel, der besseren Schaltfestigkeit und der Abwesenheit von Flackern grundsätzlich eingesetzt werden.

Auch für Leuchtmittel gilt die Einstufung in die Effizienzklassen A bis G, wie es bereits von Haushaltsgroßgeräten gut bekannt ist. Es empfiehlt sich, beim Neukauf Lampen mit EU-Label 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 noch hohen Anfangsinvestition insbesondere dort wirtschaftlich interessant, wo eine lange Betriebsdauer der Lampen erforderlich ist, z. B. in innen liegenden Fluren oder für lange Zeit beleuchtete Verkaufsflächen. Dort amortisieren sich LED-Lampen oft nach 2 bis 3 Jahren, selbst im Vergleich mit Leuchtstofflampen.

**Tab. 7 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 25 Cent/kWh	175	113	58
Anschaffungspreis (Euro), jew. anteilig auf 10.000 Stunden gerechnet	3	(50 Euro inkl. EVG) 0,4*50 = 20	(90 Euro) 0,2*90 = 18
Betriebskosten (Euro)	178	133	76
Kostenvorteil ESL T5 ggü. ESL T8		45	
Kostenvorteil LED ggü. ESL T8		102	

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% angesetzt). Die gezeigte Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde mit einem Strompreis von 25 ct/kWh erstellt. Gegebenenfalls muss hier ein tieferer Preis angesetzt werden, falls mit dem Versorgungsunternehmen andere Konditionen ausgehandelt werden konnten. An der Tendenz der Aussage ändert sich jedoch nichts, auch bei 20 ct/kWh sind die beiden effizienteren Varianten der Installation von T8-Lampen vorzuziehen.

Herkömmliche Glühlampen werden aufgrund einer EU-Richtlinie aus der Produktion genommen, für die 100 W-, die 75 W- sowie die 60 W-Klarglasglühlampen, für alle Mattglaslampen sowie für besonders ineffiziente Glühlampen niedriger Leistung ist dies bereits in Kraft. Weitere Lampengruppen werden folgen [UBA 09].

Neben der Effizienz der eingesetzten Lampe ist auch der Leuchtenwirkungsgrad, der das Verhältnis des von der Leuchte abgegebenen Lichtstroms zum Lichtstrom der in der Leuchte eingesetzten Lampen wiedergibt, ein wichtiger Faktor für einen guten Energienutzungsgrad einer Beleuchtungsanlage. Ein guter Wert ist ein Leuchtenwirkungsgrad von 80 Prozent.

Je nach Sehaufgabe ist eine angemessene Beleuchtungsstärke vorzusehen, die DIN EN 12464-1 gibt hierzu umfangreiche Vorgaben, nachstehend ein Auszug. Neben dem erforderlichen Lichtstrom ist auch eine geeignete Farbwiedergabe notwendig, gemessen durch den Farbwiedergabeindex  $R_a$ . Üblicherweise ist ein Index von 80 ausreichend, für Nebenflächen auch von 60, er sollte bei anspruchsvollen Sehaufgaben und vor allem dort, wo Farbunterscheidungen wichtig sind, 90 betragen.

Tab. 8 Erforderliche Beleuchtungsstärke bei verschiedenen Sehaufgaben [DIN EN 12464-1]

Tätigkeit	Beleuchtungsstärke (Lux)	Farbwiedergabeindex (R <sub>a</sub> )
<b>Bereiche für das Personal</b>		
Eingangshallen	100	80
Garderoben	200	80
Umkleieräume	300	80
Verkehrsflächen, Flure	100	80
Treppen, Rolltreppen, Fahrbander	150	40
<b>Sektor Verkauf</b>		
Verkaufsbereich	300	80
Kassenbereich	500	80
Packtisch	500	80
Versand- und Verpackungsbereiche	300	60
Vorrats- und Lagerräume	100	60

Generell wird empfohlen, helle Oberflächen in den Räumen vorzusehen, um den Stromverbrauch für Beleuchtung niedrig halten zu können.

## 7.2 Dekorationsbeleuchtung im Verkauf

Beleuchtung ist ein wichtiges Element der Produktpräsentation und kann nicht einfach reduziert werden, sondern bedarf einer sorgfältigen lichttechnischen Optimierung. Für gerichtete Beleuchtung im Verkauf werden meist Halogen-Spots verwendet. Zunehmend kommen auch LED-Lampen auf den Markt, die ähnlich gut gerichtetes Licht und neutralweiße Lichtfarbe liefern und zudem sehr viel effizienter sind. Bei nicht zu großem Abstand zwischen dem beleuchteten Gegenstand und der Lichtquelle bieten auch die heute am Markt erhältlichen LED gute Lösungen an, für größere Abstände ist in Kürze mit geeigneten Modellen zu rechnen. Derzeit sind LED noch vergleichsweise teuer, dennoch wirtschaftlich, es ist zudem mit einem weiteren Sinken des Anschaffungspreises zu rechnen. Wenn keine andere Lösung verfügbar ist, sollten mindestens Halogenlampen mit IRC-Beschichtung (Infrared Coated) gewählt werden. Sie sind um etwa ein Viertel effizienter als die herkömmlichen Modelle. Die Beschichtung bewirkt, dass ein geringerer Anteil des erzeugten Lichts als Wärmestrahlung durch die Verspiegelung nach hinten verloren geht. Häufig kann dann z. B. statt einer 50 W-Lampe eine mit 35 W gewählt werden.

Weitere Details zum Thema Beleuchtung finden sich im Querschnittskapitel „Beleuchtung“ im Gesamtbericht.

## 7.3 Kennwerte Beleuchtung

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 60 Lumen pro Watt eingesetzt werden.

Tab. 9 Kennwerte nach [LEE 2000] und Angaben der Lampenhersteller

<b>Maximal installierte Lichtleistung</b>
8 bis 12 W/m <sup>2</sup>
<b>Mindest-Lichtausbeute</b>
60 Lumen pro Watt
<b>Leuchtenwirkungsgrad</b>
80%

## 8 Informations- und Kommunikationstechnik

### 8.1 Serverräume

Auch im gewerblichen Sektor ist zunehmend Rechnerkapazität erforderlich, ein Server oder auch Serverraum wird in jeder Nutzungseinheit vorhanden sein. Auch dieses Segment benötigt nicht unerheblich Energie:

Eine EU-geförderte Studie eines Konsortiums von deutschen, österreichischen und französischen Instituten und Firmen kam 2008 zu dem Ergebnis, dass in der EU-27 im Jahr 2006 knapp 40 TWh für Speicher, Netzwerkkomponenten und Infrastruktur in Rechenzentren verbraucht wurden, zudem etwa 17 TWh für die Server [Efficient Servers 08].

Die Studie unterscheidet drei Szenarien für die Verbrauchsentwicklung:

- der Verbrauch verdoppelt sich binnen 5 Jahren (Szenario „Business as usual“) – falls keine steuernden Maßnahmen unternommen würden,
- er steigt um etwa ein Drittel an (Szenario „Moderate“) – falls politische Aktivitäten erfolgen, oder
- er nimmt um gut 10 Prozent ab (Szenario „Forced“) – falls umfangreiche politische Aktivitäten unternommen werden.

Dies zeigt die Breite der technischen Möglichkeiten auf, die erst recht auf der lokalen Ebene gilt.

Die Kosten für die Energie im Betrieb und die Kühlung summieren sich über die Standzeit von Rechenzentren mittlerweile auf gleich hohe oder höhere Beträge wie die Anschaffungskosten [Energy2.0 Kompendium 2008].

Eine Verbrauchsreduktion um etwa ein Drittel ist erreichbar durch stromeffiziente Komponenten (Speicher, CPU, Lüfter und Stromversorgung). Mehrkosten der Baueile können durch reduzierte Betriebskosten an der Rechneinheit sowie der TGA-Peripherie (Lüftung und Klimatisierung) binnen eines Jahres amortisiert werden.

Multi-Core-Prozessoren bieten mehr Rechenleistung pro installiertem Watt elektrischer Leistung. Mit gleichem Leistungsbezug und gleichen Betriebskosten können diese mehr Klienten versorgen als die herkömmliche Bauart.

Werden Rechner jeweils nur für bestimmte Aufgaben vorgehalten, wie heute vielfach üblich, sind sie in der Regel relativ schlecht ausgelastet. Auch bei Teillast ziehen sie immer noch elektrische Leistungswerte in Höhe von etwa 85 % bis 90% gegenüber dem Normalbetrieb. Die Virtualisierung von Servern kann hier sowohl Investitionsvolumen wie auch Betriebskosten verringern, indem weniger Anlagen benötigt und diese besser ausgelastet werden.

Effizientere Server benötigen geringere Kühlleistung bei gleicher Rechenleistung, dies reduziert die Investitionen in die technische Gebäudeausrüstung (TGA) wie auch die erforderliche Betriebsenergie. In hoch verdichteten Rechneinheiten kann es sinnvoll sein, statt Luftkühlung auf wassergekühlte Racks zu setzen. Bei guter und konsequenter Planung können auch die herkömmlichen Luftkühlungssysteme deutlich optimiert werden, indem Fehlluftstraten reduziert, Kalt- und Warmluftgang sorgfältig getrennt geführt und Hochtemperaturnester vermieden werden.

Wesentlich ist, auf welche Solltemperatur abgezielt wird. Veröffentlichungen aus der Schweiz gehen davon aus, dass in der Regel eine Raumtemperatur von 26°C für die Rechner unschädlich ist [26°C]. Ersparnisse am Kühlenergieeinsatz von bis zu 40 Prozent gegenüber einer Zieltemperatur von 22°C sind realisierbar. Wie erwähnt müssen allerdings Hot Spots durch das Design der Rechnerschränke sowie eine geeignete Luftführung vermieden werden. Zudem gibt es Planungsansätze, die Abwärme aus den Rechnerräumen anderweitig in die Versorgungsstruktur einzubauen, z.B. über Wärmetauscher in die Warmwasserbereitung.

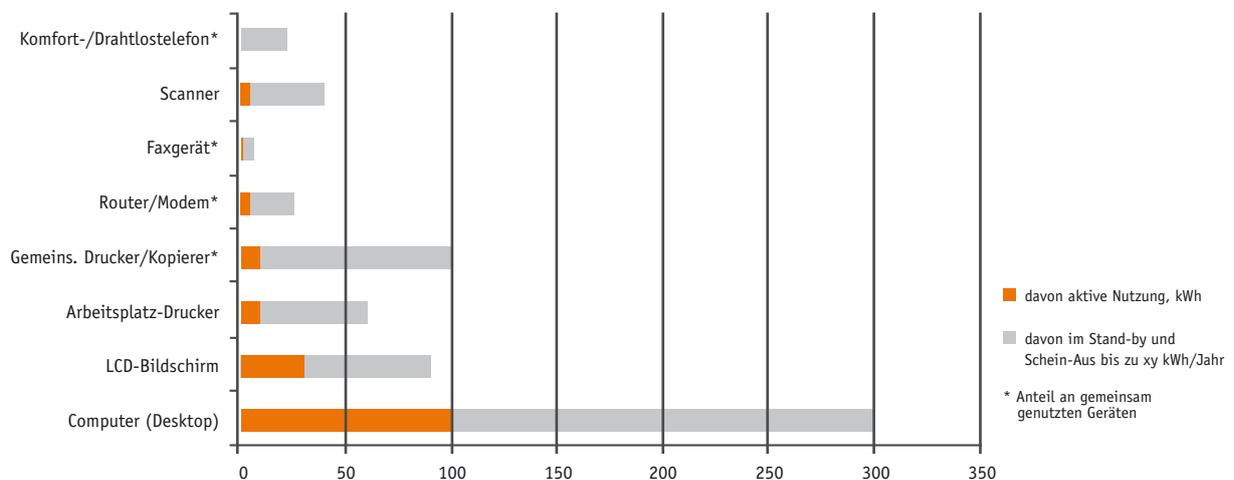
## 8.2 Informations- und Kommunikationstechnik dezentral

Das Spektrum an Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik sowie deren Effizienz verändert sich mit hoher Geschwindigkeit, gleichzeitig werden die Geräte schon nach wenigen Jahren durch die neue Generation ersetzt. Daher ist eine aktuell nachgeführte internetbasierte Datenbank hier das Mittel der Wahl, um jederzeit ein effizientes Gerät auffinden zu können. Genannt seien hier vorrangig [www.topten.ch](http://www.topten.ch), [www.ecotopten.de](http://www.ecotopten.de), [www.stromeffizienz.de/dienstleister-oeffentliche-hand.html](http://www.stromeffizienz.de/dienstleister-oeffentliche-hand.html).

Eine ungefähre Einschätzung, in welcher Größenordnung der Stromverbrauch von Bürogeräten liegt und welche Geräte dominant im Verbrauch sind, vermittelt die nachfolgende Grafik (bezogen auf 240 Arbeitstage pro Jahr). Insbesondere ist auch interessant, wie hoch der Anteil des Stromverbrauchs im ungenutzten Zustand ist; dies können bis zu 90 Prozent sein [PC-Arbeitsplatz]. Viele Geräte verbleiben lange im Stand-by-Zustand oder im Schein-Aus (vermeintlich abgeschaltet, jedoch noch Leistungsbezug, kommt häufig bei PC vor), dies lässt sich bei energiebewusster Nutzung vermeiden. Der PC dominiert den Stromverbrauch am Arbeitsplatz und hat gleichzeitig hohe Anteile ungenutzter Laufzeit. Daher ist dies ein Angriffspunkt, an dem schnell und ohne bzw. mit geringen Investitionen eine Verbrauchsverringerung erzielt werden kann.

**Abb. 5 Verteilung des Stromverbrauchs am Arbeitsplatz auf die typischerweise vorkommenden Geräte [PC-Arbeitsplatz]**

### Typischer Stromverbrauch am PC-Arbeitsplatz



Effiziente Netzteile sind bei dezentralen Anwendungen ein wichtiger Schritt zu effizienterem Stromeinsatz. Aufgrund der EU-weit geltenden EuP-Richtlinie dürfen Geräte, die seit 2010 produziert werden, im Stand-by nicht über 2 W verbrauchen; die Grenze liegt bei 1 W, wenn außer der Reaktivierungsfunktion und gegebenenfalls einer Anzeige über die Stellung im Stand-by keine weitere Funktion (Uhr, Regelung) mehr erfüllt wird. Ab Anfang 2013 sinken diese Grenzwerte auf 1 respektive 0,5 Watt [EuP 2009].

Peripheriegeräte wie Drucker, Fax, Scanner und Kopierer sind seit einiger Zeit in Multifunktionsgeräten (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. Für mehrere Arbeitsplätze kann jeweils ein solches MFC eine günstige Lösung sein.

Selbstlernende Vorschaltgeräte können verbrauchsreduzierend wirken, indem sie iterativ speichern, zu welchen Zeiten üblicherweise intensive Nutzung, wann seltene Nutzung erfolgt. Entsprechend werden die hiermit geschalteten Geräte in Ruhezustand oder Stand-by gesetzt. Solche Vorschaltgeräte gibt es z. B. für Kopierer, aber auch für Kaffeemaschinen. Es gibt auch Modelle, die mit Bewegungssensoren ausgestattet sind und die Geräte einschalten, sobald sich jemand nähert [emt CH], [Power Safer], [Ecoman].

**Tab. 10 Vergleich des Strombedarfs von Geräten der Informationstechnik [Herstellerangaben; Stiftung Warentest; 2008]**

Durchschnittlicher Strombedarf (Watt)		
Gerät	niedrig	hoch
Standard-PC (normal)	50	150
PC mit hoher Anforderung	150	500
Notebook (normal)	10	50
Notebook (für Spiele)	30	100
Röhrenmonitor 21 Zoll	70	120
TFT-Display (beste Geräte)	22	60
Laserdrucker (Stand-by)	2	20
Laserdrucker (Druck)	250	400
Tintenstrahldrucker (Stand-By)	1	20
Tintenstrahldrucker (Druck)	15	80
DSL-Router	4	7

### 8.3 Kennwerte Informations- und Kommunikationstechnik

Für Geräte der Unterhaltungselektronik gilt wie für die Informations- und Kommunikationstechnik hinsichtlich des Leistungsbezugs in Stand-by-Stellung die EU-weit geltende EuP-Richtlinie<sup>3</sup> für Geräte, die ab 2010 produziert werden.

**Tab. 11 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
2 Watt	1 Watt	derzeit geltend
1 Watt	0,5 Watt	ab 2013

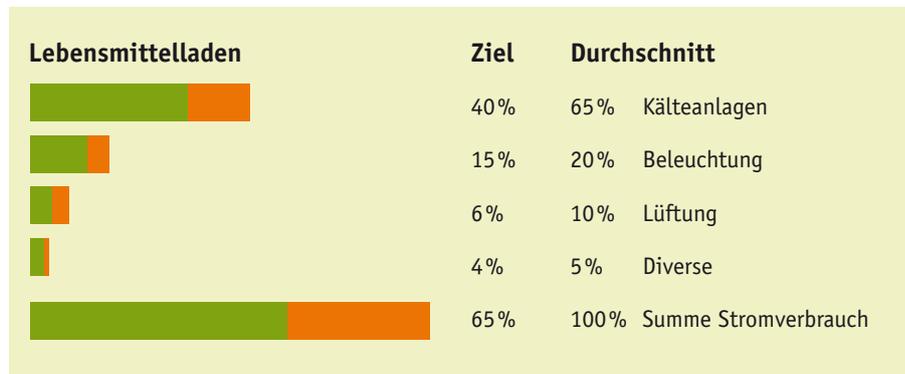
## 9 Kältegeräte

Im Lebensmittelhandel werden heutzutage zwischen 80 und 350 kWh Strom pro Jahr und Quadratmeter Ladenfläche für Kühlmöbel und -räume eingesetzt. Die Verbrauchshöhe ist abhängig von der Ausstattung und den Nutzungsparametern [Energie-Konsens].

### 9.1 Kühlmöbel und Kühlräume

Die Grafik zeigt die Aufteilung der Stromverbraucher in einem durchschnittlichen Lebensmittelgeschäft auf die einzelnen Anwendungen [Gloor].

**Tab. 12 Anteil der Stromverbraucher in einem durchschnittlichen Lebensmittelgeschäft**  
(Quelle: Schätzung Gloor 2000) aus [www.energie.ch/daten/branchen](http://www.energie.ch/daten/branchen)



Ein großer Energieverbraucher in einem Lebensmittelmarkt ist, mit einem Anteil von bis zu 60 Prozent am gesamten elektrischen Energieverbrauch, die Kühlung, ein Energieverbrauchssegment, worin bei guter Planung hohe Sparpotenziale erreichbar sind und das daher die besondere Aufmerksamkeit der Betreiber verdient. Eine ineffiziente Kühlung kann sowohl auf die verwendeten Geräte zurückgeführt werden, im großen Maße aber auch auf die mangelhafte Planung und die unzureichende Wartung der kältetechnischen Ausrüstung. Dies führt nicht nur zu einem erhöhten Energieverbrauch und zu höheren Energiekosten, sondern oft auch zur Nichteinhaltung der geforderten Sollprodukttemperaturen.

Wesentlich Einfluss auf den Stromverbrauch haben verschiedene Parameter:

- Die Umgebungstemperatur ist relevant, in großen Märkten werden die Kühlmöbel konzentriert in einem Bereich mit abgesenkter Temperatur aufgestellt und diese Fläche z. T. räumlich von der sonstigen Verkaufsfläche abgetrennt.
- Die an den Möbeln eingestellte Temperatur beeinflusst zudem den Wirkungsgrad der Kompressoren, je höher diese ist, desto höher und damit besser wird die Arbeitszahl.
- Kann am Kondensator die Wärme gut abgegeben werden, verbessert dies ebenfalls die Arbeitszahl.
- Je größer der Temperaturunterschied zwischen kalter und warmer Seite sein muss, desto schlechter wird die Arbeitszahl; dies trifft im Sommer zu.

Für Kühlmöbel mit bis zu 300 Litern Nutzinhalt gibt es im Rahmen des EU-Programms Energy+ Kriterien für effiziente Geräte [ProCool]. In einem Wettbewerb wurden einige steckerfertige Geräte prämiert, die im Verbrauch deutlich unter den marktüblichen Werten liegen. Die Geräte, die am Wettbewerb teilnehmen wollten, mussten folgende Energieverbrauchswerte unterschreiten:

**Tab. 13 Anforderung an Kühl- und Gefriergeräte [ProCool]**

Gerätetyp	Anforderung	Bezugstemperatur
Getränkekühlschränke mit Glastür	0,45 kWh/100l*24Std.	+ 5°C
Offene Kühlregale	7 kWh/m <sup>2</sup> TDA*24Std.	+ 5°C
Offene Kühltruhen	4,5 kWh/m <sup>2</sup> TDA*24Std.	+ 3°C
Tiefkühltruhen mit Glasdeckel (150- 350 l)	0,55 kWh/100l*24Std.	- 18°C
Tiefkühltruhen mit Glasdeckel (350- 850 l)	0,45 kWh/100l*24Std.	- 18°C
TDA - Total Display Area		

Weitere Anforderungen betrafen das Kältemittel (halogenfrei), die Effizienz der Beleuchtung, Geräuschemissionen (unter 50 dB(A)), eine gut sichtbare Temperaturanzeige.

ProCool war ein von der EU unterstütztes Projekt Österreichs und Deutschlands, welches zum Ziel hatte, gerade bei diesen Geräten effiziente Modelle in den Markt zu bringen [ProCool].

Grundsätzlich gilt für Kälteanlagen und Kühlgeräte [Migros] und [Bay LfU]:

- Beleuchtung der Kühlmöbel reduzieren, entweder in der Lichtleistung oder in der Anzahl der Lichtquellen. Nur so hell wie erforderlich. Wo möglich Lichtquellen außerhalb der Kühlmöbel anordnen.
- Bei Neuanschaffung sollten möglichst Tiefkühlinseln mit Schiebeabdeckung ausgewählt werden, Altgeräte sind nach Möglichkeit entsprechend nachzurüsten. Dies reduziert nicht nur den Energieverbrauch, sondern vermittelt der Kundschaft auch die Botschaft, dass die tiefgekühlte Ware tatsächlich auf dem erforderlichen Temperaturniveau gelagert wird.
- Außerhalb der Ladenöffnungszeiten sollen Kühlmöbel unbedingt abgedeckt werden. Sind fest schließende Deckel oder Türen bautechnisch nicht möglich, sollten zumindest Rollos den Austausch mit der umgebenden Luft verringern. Ggf. ist stichprobenartig zu überprüfen, ob dies auch durchgeführt wird.
- Generell muss beachtet werden, dass bei offenen Geräten die Ladezonen eingehalten werden, da ansonsten der Kaltluftschleier abreißt und vermehrt der umgebende Raum anstatt der Ware gekühlt wird.
- Belüftungsschlitze dürfen nicht zugestellt oder gar zugesteckt werden.
- Soweit räumlich machbar ist es von Vorteil, wenn eine „Kühlzone“ geschaffen werden kann, also Kühl- und Gefriergeräte so angeordnet werden, dass ein kühlerer Bereich innerhalb des Geschäfts entsteht.

Mancher große Handelsbetrieb hat mit einer Betriebsoptimierung bei bestehenden Anlagen gute Erfahrungen gemacht [Migros]:

- Die Betriebsstundenerfassung und das laufende Controlling des Energieverbrauchs bietet die Basis für eine Optimierung der Betriebskosten. Lastgangmessungen während typischen Nutzungszeiten ermöglichen Aussagen über die Verbrauchsstruktur, Nachfragen zu auffälligen Verläufen im Verbrauch, und zeigen gegebenenfalls Ansatzpunkte auf, wo vorrangig einzugreifen ist. Aus der Analyse der Messdaten kann ein Vorschlag für ein Maßnahmenpaket erarbeitet werden.
- Eine Umsetzung der Optimierungsvorschläge und die kontinuierliche Erfolgskontrolle führen zur Reduzierung der Energiekosten bei gleichzeitig höherer Betriebssicherheit; rechtzeitiges Erkennen von Fehlfunktionen ermöglicht eine vorbeugende Sanierung; fortlaufende Kontrolle bietet Anhaltswerte für neue Anlagen bzw. die Vergleichsmöglichkeit zu Anlagen in anderen Filialen.
- Eine kontinuierliche Überwachung sollte bei bestehenden Anlagen standardmäßig betrieben werden, bei Neuanlagen in die Ausschreibung integriert werden. Regelmäßige Wartung verbessert die Anlagenfunktion und erhöht die Betriebssicherheit. Eine regelmäßige Reinigung der Wärmetauscherflächen sowie der Verflüssiger verbessert den Wirkungsgrad.
- Der Wärmetauscher sollte gut belüftet sein, die Wärme direkt an die Luft abgegeben werden können; es sollte keine zusätzliche Wärmelast durch Abwärme anderer Geräte und Anlagen vorhanden sein.

Effizienteste Maßnahme bei der Kühlung von Lebensmitteln ist es, wenn Split-Anlagen mit externem Verflüssiger (gut belüftet, im Schatten aufgestellt) betrieben werden können. Steckerfertige Geräte geben ihre Abwärme direkt an den Verkaufsraum ab und erhöhen so zusätzlich die für die Raumkonditionierung erforderliche Kühllast. Bei Split-Anlagen ist die Abgabe der Abwärme z. B. an eine Wassererwärmungsanlage leicht realisierbar.

Eine beträchtliche Reduzierung des Stromverbrauchs von Kühlanlagen kann allein mit organisatorischen Maßnahmen erreicht werden:

- Kompakte Warenstapelung in den Kühlmöbeln und Beachtung der Füllmarken,
- Geringe Luftgeschwindigkeit in der Nähe der Möbelöffnungen,
- Vermeidung von Strahlungswärmeeintrag (Lichtstrahler, Sonne),
- konsequente Verwendung der Nachtabdeckung für die Kühlmöbel,
- Wartung: Reinigung der Verdampfer und Kondensatoren, Kontrolle der Kühlraumdichtheit,
- Optimierung und regelmäßige Kontrolle der Einstellung (Kühltemperatur nur so tief wie nötig).

**Tab. 14 Einsparpotenzial bei Kühlmöbeln nach WKO [WKO 2003]**

Maßnahmenbereich	Einsparpotenzial
Optimale Kühlmöbeltechnik	15% bis 30%
Optimale Regelung	5% bis 10%
Verbesserte Kälteanlagen	15% bis 20%
Verbesserte Wartung	10% bis 15%
Gesamteinsparungen	35% bis 55%

## 9.2 Kaltgetränke- und gekühlte Warenautomaten

Kaltgetränkeautomaten zum Verkauf von gekühlten Getränken in Aludosen oder PET-Flaschen haben typischerweise einen Jahresstromverbrauch von 2000 bis 4500 kWh, davon ca. die Hälfte bis zwei Drittel für die Kühlung, ein Drittel für Beleuchtung, der Rest für Steuerungselemente und Netzteil [Energie Schweiz].

- Bei einer Neuanschaffung sind gut isolierte Geräte mit Wärmeschutzverglasung zu bevorzugen, in jedem Fall muss der Stromverbrauch verschiedener Modelle nachgefragt und verglichen werden.
- Nach Möglichkeit ist die innere Beleuchtung, sofern überhaupt erforderlich, in Abhängigkeit von der Umgebungshelligkeit abschaltbar zu gestalten.
- Um die Kühlung aller Artikel sicherzustellen, muss die Luft im Gerät auch bei voller Beladung zirkulieren können.
- Die Temperatur soll nicht tiefer eingestellt werden als nötig; bei Getränken sind dies 8-12°C, bei Snacks 18°C, bei verderblichen Waren 3-5°C.
- Falls dies möglich ist, sollte die Beleuchtung nachts und am Wochenende z. B. per Zeitschaltuhr ausgeschaltet werden; Getränkeautomaten können über eine Schaltuhr auch nachts bzw. zu Zeiten ohne Besucherfrequenz ausgeschaltet und etwa eine Stunde vor Kaufbeginn wieder eingeschaltet werden.
- Bei einer Nutzungsfrequenz mit langen Pausen, aber regelmäßigen Nutzungsintervallen kann eine selbstlernende Zeitschaltuhr mit Bewegungsmelder die richtige Wahl sein. Das Programm merkt sich, wann viel Nachfrage ist, wann wenig, und gestaltet die Schaltintervalle entsprechend [emt CH].
- Der Aufstellplatz soll auf jeden Fall im Schatten liegen, Besonnung treibt die Betriebskosten stark nach oben. Sonneneinstrahlung auf die Ware mindert zudem deren Qualität. Bei einem Stromausfall bleibt die Ware bei einem schattigen Aufstellort länger frisch und das Kältesystem hat eine längere Standzeit.
- Der Verdampfer muss turnusmäßig gereinigt und ggf. enteist werden [Energie Schweiz].

## 9.3 Empfehlungen Kältegeräte

Von Seiten der Bundesregierung gibt es ein Förderprogramm zur Energieeinsparung bei Kühlmöbeln und Kälteanlagen für den Einsatz innovativer Kältemittel oder für die Verwendung besonders effizienter Anlagenkomponenten. Hierfür kann ein Investitionskostenzuschuss von 25 Prozent beantragt werden. Wenn die Kälteerzeugung nicht-elektrisch erfolgt oder wenn Abwärme genutzt wird, gibt es zusätzliche Fördermöglichkeiten: [www.bafa.de/bafa/de/energie/kaelteanlagen/index.html](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/kaelteanlagen/index.html).

Als technischer Ausblick sei auf folgendes hingewiesen: Die Vakuumisolierung ist in manchen Geräten bereits vorhanden; bei gutem Wärmeschutz erlaubt sie eine sehr geringe Bauteildicke. Diese Technik wird zunehmend Verwendung finden und kann ggf. den Energieverbrauch von Kältegeräten noch weiter senken. Wichtigste Komponente wird ein effizientes Kühlsystem und hierin der Kompressor sein. Bereits heute sind die Kompressoren für effiziente Kältegeräte überdimensioniert und laufen ineffizient, da sie ständig in Teillastbetrieb sind. Je weniger Kälteleistung benötigt wird, desto weniger Prozent der elektrischen Arbeit werden in Kompressionsarbeit umgesetzt.

Daher ist zu erwarten, dass künftig auch in diesem Sektor zunehmend neue Techniken zum Einsatz kommen, seien es Permanentmagnetmotoren, magnetische Kühlung oder eventuell Stirlingmotoren.

#### **9.4 Verbundkälte**

Anstelle von getrennter Kälteerzeugung ist der Einsatz von Verbundkälteanlagen eine Alternative: Die Vielzahl der Kompressionskältemaschinen entfällt zugunsten der zentralen Kälteerzeugung. Verbundkühlanlagen haben gegenüber Einzelmaschinen eine größere Betriebssicherheit durch die Parallelschaltung mehrerer Verdichter. Auch der Energieverbrauch sinkt, da Verbundanlagen im Teillastbetrieb mit höheren Verdampfungs- und niedrigeren Verflüssigungstemperaturen betrieben werden können. Bei Teillast ist nur ein Teil der Verdichter in Betrieb, aber die für die gesamte Leistung bemessenen Wärmeübertragungsflächen der Verdampfer und Verflüssiger können genutzt werden.

Abhängig von der Systemwahl kann ein Mehrbedarf an Kältemitteln in Verbundkälteanlagen entstehen, der sich ökologisch nachteilig auswirken könnte. Im Einzelfall sollte der Einsatz von Systemen mit Direktverdampfer kaltwasserführenden Systemen gegenübergestellt und ökologisch bewertet werden. In diesem Zusammenhang wäre auch der Einsatz und die Verfügbarkeit von Systemen mit natürlichen Kältemitteln wie z. B. Kohlendioxid (Sicherheitsgruppe A1: geringere Giftigkeit, keine Flammenausbreitung) zu prüfen.

Letztendlich entscheidet eine energetische und ökologische Gesamtbilanz (über Raum- und Geräte Kühlung) unter Berücksichtigung der speziellen Anforderungen, welche Anlage installiert wird.

## 10 „Best Practice“-Beispiel

„Green Building“ - REWE Markthalle Berlin-Rudow – Groß-Ziethener Chaussee 37



Beschreibung	Supermarkt mit 1.830 m <sup>2</sup> Verkaufsfläche auf einem Geschoss, Bj. 2009
Gebäudeenergiekonzept	
Sommerlicher Wärmeschutz	innenliegende automatische Rollos, Vordächer
Wärmeversorgung	Erdwärme mit Sole-Wasser-Wärmepumpe, Umluftheizung, Abwärmenutzung der CO <sub>2</sub> -Kältemaschine
Belichtung/Beleuchtung	Tageslichtnutzung über Fensterbänder und Lichtkuppeln Beleuchtungsregelung: Helligkeitssensoren
Lüftung	zentrale Zu-Abluftanlage mit WRG (71 Prozent), CO <sub>2</sub> -Regelung
Kühlung	Verbundkälteanlage mit zwei zusätzlichen Kompressoren (Winterfall: Wärmepumpe, Sommerfall: Kältemaschine), Kältemittel CO <sub>2</sub>
Kühlgeräte	Kühlmöbel mit Glastüren, steckerfertige Tiefkühltruhen mit drehzahlregulierten Kompressoren
IT-Geräte	Green IT – energiesparende Kassensysteme
Energiekennwerte	Heizung 36/Warmwasser 13/Beleuchtung 106/Lüftung 31/Kühlung 29/ Gewerbekälte 275 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf Gesamt	490 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Literatur	Gebäudeenergieberater 03/2010/ <a href="http://www.rewe-group.com/fileadmin/content/Downloads/Nachhaltigkeit/REWE_Green_Building_Broschuere_2010_final.pdf">www.rewe-group.com/fileadmin/content/Downloads/Nachhaltigkeit/REWE_Green_Building_Broschuere_2010_final.pdf</a>

## 11 Übersicht Kennwerte

<b>Umwälzpumpen</b>				
Elektrische Leistungsaufnahme der Pumpe (Watt)	10	50	100	500
Wirkungsgrad Grenzwert (%)	8	23	28	44
Wirkungsgrad Zielwert (%)	20	36	39	55
<b>Lüftung und Kühlung</b>				
Spezifische elektrische Ventilatorleistung				
0,28 W/(m <sup>3</sup> /h) bis 0,42 W/(m <sup>3</sup> /h) pro Zu-/Abluftgerät				
Wärmebereitstellungsgrad bei Anlagen mit Wärmeübertrager				
75% oder besser				
Arbeitszahl für Kältemaschinen				
3,5 und besser				
<b>Beleuchtung</b>				
Maximal installierte Lichtleistung				
8 bis 12 W/m <sup>2</sup>				
Mindest-Lichtausbeute				
60 Lumen pro Watt				
Leuchtenwirkungsgrad (nach Möglichkeit, abhängig von Wohnanforderung)				
80%				
<b>Informations- und Kommunikationstechnik</b>				
<b>Leistung im Stand-by nach EU-Richtlinie</b>				
für Geräte mit Anzeigefunktion, z. B. Zeit	für Geräte ohne weitere Funktion	Frist zur Einführung		
2 Watt	1 Watt	derzeit geltend		
1 Watt	0,5 Watt	ab 2013		



## 12 Zusammenfassung und Empfehlungen

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

### Belichtung und Beleuchtung

Im Sektor Märkte handelt es sich einerseits um Allgemeinbeleuchtung, überwiegend jedoch um Dekorationsbeleuchtung. In beiden Fällen gibt es Optimierungsmöglichkeiten:

- Tageslichtnutzung zur Einsparung von Beleuchtungsstrom nutzen,
- für helle Oberflächen, effiziente Leuchten und Leuchtmittel sorgen,
- Helligkeitssensoren zur Regelung der Beleuchtung installieren,
- LED oder Halogenlampen mit IRC-Beschichtung einsetzen.

### Lüftung und Klimatisierung

Eine Optimierung der energierelevanten Komponenten von Lüftungsgeräten umfasst

- Sonnenschutzeinrichtungen zur Reduktion von Aufheizung über solare Einträge,
- Zonenaufteilung,
- passive Nachtkühlung über Lüftungsklappen oder aktive Nachtauskühlung durch erhöhten Luftwechsel,
- Wärmerückgewinnung aus der Abluft und der Geräteabwärme,
- vor der Installation von Kältegeräten Maßnahmen zur Minimierung des Kältebedarfs treffen,
- Systemvergleich für Restkühlbedarf und Sonderanwendungen.

### Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)

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

- Informationen über Stand-by-Verluste eingeholt werden,
- Stiftung Warentest gibt Informationen zum Stromverbrauch,
- der Stand-by-Stromverbrauch über [www.no-e.de/html/unglaublich.html](http://www.no-e.de/html/unglaublich.html) gecheckt werden,
- bei Neuanschaffungen von Bürogeräten in entsprechenden Datenbanken sparsame Modelle ausgewählt werden,
- Server energetisch optimiert werden.

### Kältegeräte

Durch organisatorische Maßnahmen und eine konsequente Vermeidung von Abwärme lässt sich eine großflächige Raumkühlung vermeiden. Dies geschieht vor allem durch

- kompakte Warenstapelung in den Kühlmöbeln und Beachtung der Füllmarken,
- geringe Luftgeschwindigkeit in der Nähe der Möbelöffnungen,
- Vermeidung von Strahlungswärmeeintrag (Lichtstrahler, Sonne),
- konsequente Verwendung der Nachtabdeckung für die Kühlmöbel,
- regelmäßige Wartung mit Reinigung der Verdampfer und Kondensatoren und Kontrolle der Kühlraumdichtheit,
- Optimierung und regelmäßige Kontrolle der Einstellung (Kühltemperatur nur so tief wie nötig),
- Beschaffung effizienter Kühlmöbel (Einflussnahme auf Kühlgerätehersteller).

## Literaturverzeichnis

- [Allgemeinstrom 09]      Allgemeinstrom in Wohngebäuden, Dr.-Ing. Klaus-Dieter Clausnitzer, Bremer Energieinstitut BEI, Febr. 2009
- [Bay LfU]                Klima schützen – Kosten senken, Energie sparen bei Kälteanlagen im Lebensmittelhandel, Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2006
- [DIN EN 12464-1]      Licht und Beleuchtung – Teil 1: Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen
- [Ecoman]                <http://www.ecoman.org/>
- [Energie Schweiz]      [www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch)
- [Gloor]                 GLOOR ENGINEERING, CH-7434 SUFERS in [www.energie.ch](http://www.energie.ch)
- [LEE 2000]             Elektrische Energie im Hochbau: Leitfaden Elektrische Energie. Hrsg. Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten; 2. überarbeitete Fassung. Wiesbaden: 2000.
- [Migros]                Potenzialabschätzung – Effizienzklassen für Kühlmöbel im Detailhandel, Migros für BfE – Bundesamt für Energie Bern Juni 2006, über [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)
- [Nipkow 06]            Energieverbrauch und Einsparpotenziale bei Aufzügen, Jürg Nipkow, ARENA Zürich, in Bulletin SEV/VSE 9/06
- [PC-Arbeitsplatz]      Stromsparen am PC-Arbeitsplatz, energieSchweiz 2007
- [ProCool]              Effiziente Kühlgeräte für Handel und Gewerbe, Ergebnisse des europaweiten Wettbewerbs ProCool, EU, ca. 2008
- [REWE 2009]          REWE GreenBuilding – Konzept der Zukunft – Der nachhaltige Supermarkt einer neuen Generation, 2010 <http://www.rewe.de>
- [SIA 380/4]            Schweizer Norm SIA 380/4:2006 Bauwesen, Elektrische Energie im Hochbau
- [WKO 2003]            Energiekennzahlen und Energiesparpotentiale im Lebensmittel-Einzelhandel, Wirtschaftskammer Oberösterreich, 2003 <http://www.wko.at/ooe/energie/Branchen>

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

Ansprechpartner: Alexander Krohn  
Tel.: 06221 58-18161  
alexander.krohn@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