

Stromsparkonzept Heidelberg Bahnstadt

Sektor Büro



Stromsparkonzept Heidelberg Bahnstadt

Sektor Büro

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	7
1 Kosteneinsparungen durch Optimierung – Bürogebäude –	8
Bürogebäude	10
2 Stromverbrauch von Bürogebäuden	10
3 Allgemiestrom	11
4 Aufzüge	12
5 Umwälzpumpen	12
6 Lüftung und Klimatisierung	13
6.1 Schlanke Bürogebäude	14
6.2 Erhöhte Anforderungen an Lüftung	15
6.3 Erhöhte Anforderungen an Kühlung	17
6.4 Kennwerte Lüftung und Klimatisierung in Bürogebäuden	18
7 Beleuchtung	18
7.1 Allgemeinbeleuchtung	18
7.2 Beleuchtung am Arbeitsplatz	21
7.3 Kennwerte Bürobeleuchtung	22
8 Informations- und Kommunikationstechnik	22
8.1 Rechenzentren und Serverräume	22
8.2 Informations- und Kommunikationstechnik dezentral	23
8.3 Kennwerte Informations- und Kommunikationstechnik	25
9 Sonstige Geräte	25
10 „Best Practice“-Beispiel	26
11 Übersicht Kennwerte	27
12 Zusammenfassung und Empfehlungen	28
Literaturverzeichnis	33

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Bürogebäude (Quelle: ebök)	8
Abb. 2	Anteil der Stromverbraucher in einem Büroraum ohne Klimaanlage (Quelle: ebök nach Schätzung [Gloor])	9
Abb. 3	Beispiel einer internetbasierten Datenbank	9
Abb. 4	Typische Primärenergiekennwerte für bestehende, neue und primärenergetisch optimierte Bürogebäude (aus EnOB Forschungsbereich EnBau) – [BINE I/2007]	13
Abb. 5	Label Energieeffizienzklasse A+, A und B des Herstellerverbands Raumluftechnische Geräte e.V.	16
Abb. 6	Verteilung des Stromverbrauchs am Arbeitsplatz auf die typischerweise vorkommenden Geräte [PC-Arbeitsplatz]	24
Abb. 7	„Checkliste Haushaltsgeräte im Büro – das können Sie tun“	32

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Spezifischer Stromverbrauch für ein Bürogebäude (bezogen auf NGF beheizt), (Aachen 2002 nach [BINE projektinfo 13/07])	10
Tab. 2	Spezifischer Stromverbrauch für ein Bürogebäude (bezogen auf NGF beheizt) (Verwaltungszentrum Eberswalde nach [BINE 16/09])	10
Tab. 3	Behaglichkeitsfeld für Büroräume	13
Tab. 4	Tabelle A.11 nach DIN EN 13779 – Außenluftvolumenströme je Person	15
Tab. 5	Tabelle 9 nach DIN EN 13779 Klassifizierung der spezifischen Ventilatorleistung	16
Tab. 6	Grenz- und Zielwerte für die spezifische elektrische Leistungsaufnahme von Lüftungsgeräten	16
Tab. 7	Richtwerte für die Kühlleistung nach [LEE 2000]	17
Tab. 8	Kennwerte Lüftung und Klimatisierung	18
Tab. 9	Kenndaten verschiedener Leuchtmittel [Allgemeinstrom 09; leds], (eigene Recherche)	18
Tab. 10	Betriebskostenvergleich zwischen Leuchtstoffröhren und LED (eigene Berechnungen)	20
Tab. 11	Erforderliche Beleuchtungsstärke bei verschiedenen Sehaufgaben [DIN EN 12464-1]	20
Tab. 12	Kennwerte nach [LEE 2000] und Herstellerangaben	22
Tab. 13	Vergleich des Strombedarfs von Geräten der Informationstechnik [Herstellerangaben; Stiftung Warentest]	25
Tab. 14	Anforderungen an die Leistung von Geräten der Unterhaltungselektronik nach EuP-Richtlinie	25
Tab. 15	Einsparmöglichkeiten beim Lichtstromverbrauch; nach [Allgemeinstrom 09]	31

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 Effizienzkriterien gewählt, z. B. durch die Formulierung übergeordneter Kennwerte für einzelne Stromanwendungen.

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

1 Kosteneinsparung durch Optimierung – Bürogebäude –

Abb. 1 Bürogebäude (Quelle: ebök)



Die Energiekosten nehmen schon heute einen wichtigen Teil der Betriebskosten eines Gebäudes ein – mit steigender Tendenz. Beim Bau eines Bürogebäudes stehen in erster Linie Architektur, Ausstattung und Arbeitsplatzqualität, verbunden mit der Überlegung, das Gebäude zu kühlen, im Vordergrund. Bauherr oder Investor haben in der Regel das Investitionsvolumen im Blick ohne Berücksichtigung der Betriebskosten über die Lebensdauer eines Gebäudes.

Aber gerade hier lohnt sich langfristiges Denken: schließlich wird ein Gebäude 30 bis 40 Jahre oder länger genutzt, die haustechnische Ausstattung etwa 20 Jahre, die Ausstattung an elektrischen und elektronischen Geräten 5 bis 15 Jahre, in denen die Preise für Gas, Öl und Strom steigen.

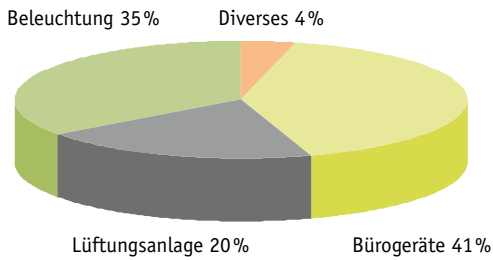
Eine energetische Optimierung führt nicht nur zu geringen Betriebskosten, sondern bietet auch hohen Innenraumkomfort und sorgt für zufriedene Nutzerinnen und Nutzer [BINE Okt. 2015].

Energieeffizientes Bauen und Betreiben bedeuten für den Bauherrn eines Gebäudes:

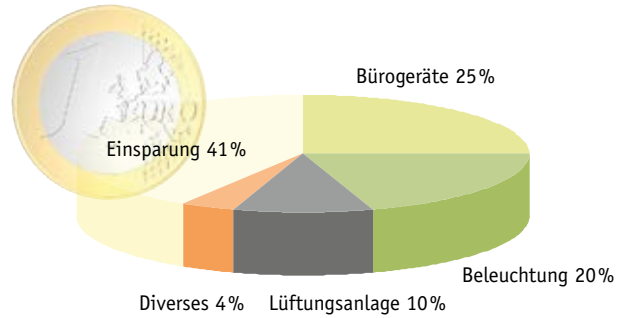
- Die Offenlegung der späteren Energiekosten liefert von Anfang an eine Information zu den im laufenden Betrieb zu erwartenden Betriebskosten und ist zugleich eine wichtige Grundlage für Investitionsentscheidungen bei der Planung des Gebäudes.
- Durch niedrige Betriebskosten kann auf lange Sicht eine höhere Sicherheit hinsichtlich der Vermietbarkeit gewährleistet werden, da niedrigere Betriebskosten auch dauerhaft konkurrenzfähige Mieten bedeuten.
- Aufeinander abgestimmte technische Systeme sorgen für hohen Komfort im Bereich der Ausstattung und Nutzung.
- Mit diesem Zeichen von Verantwortungsbewusstsein gegenüber der Umwelt ergibt sich auch ein Imagegewinn gegenüber der Kundschaft.

Abb. 2 Anteil der Stromverbraucher in einem Büroraum ohne Klimaanlage (Quelle: ebök nach Schätzung [Gloor])

**Energieeffizienz im Büro
durchschnittliche Ausstattung**



sparsame Ausstattung



In [proKlima 2013] wird von einer ähnlichen Verteilung des Verbrauchs ausgegangen: Demnach benötigt die Beleuchtung im Büro 50 Prozent des Stroms, der Kopierer 17 Prozent, der Monitor 11 Prozent und der PC 8 Prozent; der Drucker benötigt 6 Prozent, Notebook, Fax und sonstige Geräte zusammen 8 Prozent. Auf die Lüftung wird dort nicht eingegangen.

Ein energieeffizienter Betrieb bedeutet u. a.:

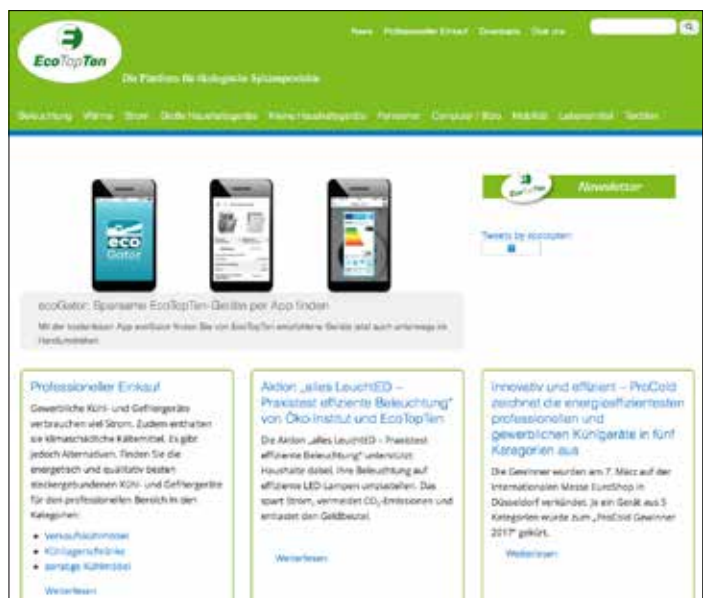
- Durch die Beschaffung effizienter Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik reduzieren sich Strom- und Betriebskosten.

Zum Beispiel Bürogeräte:

Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik sind in Bürogebäuden für etwa 40 Prozent des Stromverbrauchs verantwortlich. An erster Stelle ist der PC zu nennen, der den größten Anteil am Stromverbrauch pro Arbeitsplatz besitzt und bis zu 90 Prozent seines Stromverbrauchs im ungenutzten Zustand hat. Hier kann bereits mit geringen Investitionen sowie mit Nutzung des geräteeigenen Energiemanagementprogramms eine Verbrauchsverringerung erzielt werden.

Das Spektrum an Geräten sowie deren Effizienz verändert sich mit hoher Geschwindigkeit, gleichzeitig werden die Geräte schon nach wenigen Jahren durch eine neue Generation ersetzt. Beschaffungsstellen können mit Hilfe aktuell nachgeführter internetbasierter Datenbanken jederzeit effiziente Geräte identifizieren (z. B. www.topten.ch, www.ecotopten.de und www.stromeffizienz.de/dienstleister-oeffentliche-hand.html.) Eine davon ist hier gezeigt:

Abb. 3 Beispiel einer internetbasierten Datenbank



Bürogebäude

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

2 Stromverbrauch von Bürogebäuden

Elektrische Kennzahlen neuerer Dienstleistungsgebäude in Standard-Ausführung liegen bei rund 28 bis 100 kWh/m²*a, bezogen auf die Bruttogeschossfläche (nach Schweizer Quelle, daher BGF [Jakob/Jochem]); bezogen auf die NGF (Nettogeschossfläche) entspricht dies etwa 35 bis 120 kWh/m²*a. Effiziente Gebäude liegen bei rund 25 bis 45 kWh/m²*a bezogen auf die NGF.

**Tab. 1 Spezifischer Stromverbrauch für ein Bürogebäude (bezogen auf NGF beheizt)
(Aachen 2002 nach [BINE 13/07])**

	Planung (nach WSV0 95) [kWh/m ² a]	Betriebsjahr 2004 [kWh/m ² a]	Betriebsjahr 2005 [kWh/m ² a]	Betriebsjahr 2006 [kWh/m ² a]
Kühlung	3,3	3,6	3,5	3,0
Luftförderung	2,0	3,9	4,3	4,3
Beleuchtung	10,0	12,5	10,8	10,8
Hilfsenergien	3,3	3,5	2,7	2,8

Tabelle 1 zeigt, dass durch ein Monitoring eines Gebäudes weitere Einsparpotenziale realisierbar sind.

**Tab. 2 Spezifischer Stromverbrauch für ein Bürogebäude (bezogen auf NGF beheizt)
(Verwaltungszentrum Eberswalde nach [BINE 16/09])**

	Planung nach EnEV (Ausführungsplanung) [kWh/m ² a]	Betriebsjahr 2008 (Messung) [kWh/m ² a]
Beleuchtung	37	33,5
Kühlung	9	6,1
Hilfsenergien und Pumpen (HKS-Antriebe und Lüfter)	29	29,9

Neuere bestehende Büro- und Verwaltungsgebäude erreichen für die Beleuchtung einen Energiekennwert von etwa 35 kWh/m²*a (bezogen auf die beheizte Nettogrundfläche), für die Hilfsenergie-Heizung und die Pumpen etwa 30 kWh/m²*a [BINE 16/09].

Wird der Energieverbrauch von heutigen Bürogebäuden primärenergetisch betrachtet, dann macht der Stromverbrauch für Lüftung (15 Prozent), Beleuchtung (27 Prozent) und für aktive Kühlung (11 Prozent) einen hohen Anteil am Gesamtenergieverbrauch aus. Die zunehmende energetische Verbesserung der Gebäudehülle im Zuge der Energie-Einsparverordnung verstärkt die Bedeutung des Stromverbrauchs in der Gesamtbilanz [BINE I/2007].

In einer Studie für das BMWi [GHD 2015] wird als Stromverbrauch pro erwerbstätiger Person (EW) im Sektor „Büroähnliche Betriebe“ ein Wert von 2.177 kWh für das Jahr 2013 genannt, ein leichter Rückgang ggü. dem Wert von 2.431 kWh/EW*a im Jahr 2006. In einer Schweizer Studie zu Verwaltungsgebäuden und zum Sektor Kredit und Versicherungen [BoN] werden die Betriebszeiten von Geräten und Anlagen zu Zeiten ohne Nutzung (BoN – Betrieb ohne Nutzung) analysiert. In bestehenden Schweizer Gebäuden aus dem Dienstleistungssektor wird demnach typischerweise die Hälfte des eingesetzten Nachtstroms als BoN verbraucht. Mit regeltechnischen Maßnahmen und verbesserter Technik ließe sich der Nachtstromverbrauch durch Minimierung des BoN auf etwa 2/3 des heutigen Wertes verringern. Über den gesamten Tagesverlauf betrachtet ließe sich durch die Reduktion des BoN etwa ein Sechstel des Stromverbrauchs in der Schweiz einsparen. Diese letztgenannte Aussage der Autoren bezieht sich nicht nur auf den detaillierter dargestellten Dienstleistungssektor, sondern auf den gesamten Stromverbrauch der Schweiz. Energiespezifische Daten aus diesem Nachbarland lassen sich mit einer gewissen Schwankungsbreite auf deutsche Verhältnisse übertragen.

Das Beispiel zeigt, dass es sich lohnt, das Augenmerk auch auf dieses Verbrauchssegment zu legen und

- Präsenz-/Bewegungsmelder an geeigneten Anlagen zu installieren (Beispiel Beleuchtung),
- Geräte zu verwenden, die sich nach längeren Nutzungspausen selbst abschalten (Beispiel Arbeitsplatzgeräte),
- eine Regeltechnik einzubauen, die gute Überwachungs- und Steuerungsmöglichkeiten für die tatsächlichen Nutzungszeiten bietet (Beispiel Lüftungsanlagen, Kältetechnik, Aufzüge),
- generell auf niedrige Stand-by-Verluste zu achten.

3 Allgemeinstrom

Auch in Bürogebäuden gibt es eine Reihe von Allgemeinstromverbrauchern, wie z. B. Überwachungsanlagen für sicherheitstechnische Belange oder zum Brandschutz, Beleuchtung auf allgemein zugänglichen Verkehrswegen, ggf. 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], im Bürosektor ist keine vergleichbare Angabe bekannt. Als Arbeitshypothese kann von einem Wert in ähnlicher Höhe ausgegangen werden; damit ergibt sich umgerechnet durch den Allgemeinstrom ein (marginaler) Kostenaufschlag auf den Mietpreis von 1 bis 1,4 Euro pro Quadratmeter und Jahr, also etwa 10 Cent pro Quadratmeter und Monat.

Wesentliche Einsparungen in diesem Verbrauchssegment 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 einigen Jahren sind Hocheffizienz-Pumpen am Markt erhältlich, die aufgrund ihrer Bauart (Permanentmagnetmotor) und einer Drehzahlregelung sehr viel weniger Strom für die gleiche Menge an Medientransport benötigen als heute üblicherweise vorhandene Pumpen. Eine effiziente Nutzung von Strom wird bei Umwälzpumpen durch den Energieeffizienzindex (EEI) angezeigt. Je niedriger dieser ist, desto besser. Derzeit müssen Pumpen mindestens einen EEI von 0,23 erreichen; sehr effiziente Modelle kommen bereits auf 0,20, in Einzelfällen auf 0,15. Wiederum empfiehlt es sich, eine Pumpe mit sehr gutem EEI 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 kann der Pumpenstromverbrauch erheblich verringert werden.

Detailinformationen finden sich im Querschnittskapitel „Umwälzpumpen“ im Gesamtbericht.

6 Lüftung und Klimatisierung

Anforderungen und Gestaltungshinweise hinsichtlich des Raumklimas am Arbeitsplatz finden sich in der DIN EN 13779 „Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage“ (betrifft die Anlagentechnik) und in den technischen Regeln für Arbeitsstätten [ASR A3.5] „Raumtemperatur“ und [ASR A3.6] „Lüftung“.

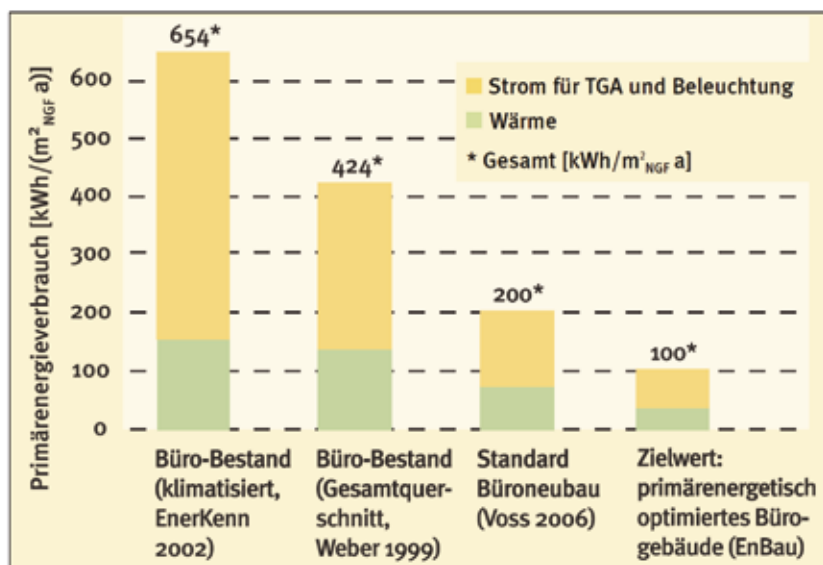
[DIN EN ISO 7730] enthält Angaben zu Parametern für ein thermisch behagliches Innenraumklima. Es werden Toleranzfenster für Parameter zu Raumtemperaturen, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit angegeben und dadurch ein Behaglichkeitsfeld und damit der Innenraumkomfort für Büroräume definiert.

Tab. 3 Behaglichkeitsfeld für Büroräume

Raumtemperatur	Rel. Feuchte	Luftwechsel	Luftgeschwindigkeit (kein Zugluftempfinden Winterfall-Sommerfall)
20°C bis 26°C	30% bis 60%	0,5 h ⁻¹ bis 4 h ⁻¹	0,1 m/s bis 0,25 m/s

Ein Vergleich des Primärenergieverbrauchs für Bürogebäude aus dem Bestand und für Neubauten zeigt das Verhältnis von Strom und Wärme in der Gesamtbilanz [BINE I/2007]. Die Energieeinsparpotenziale liegen ganz eindeutig in den Bereichen Lüftungs-, Klima- und Beleuchtungstechnik. Ein hoher Innenraumkomfort kann auch bei energetisch optimierten Bürogebäuden erreicht werden [BINE 13/07].

Abb. 4 Typische Primärenergiekennwerte für bestehende, neue und primärenergetisch optimierte Bürogebäude (aus EnOB Forschungsbereich EnBau) – [BINE I/2007]



Büro- und Verwaltungsbauten kennzeichnen häufig ein hoher Flächen- und Volumenverbrauch für die technische Gebäudeausrüstung, insbesondere für die raumluftechnischen Anlagen bei vollklimatisierten Gebäuden. Hohe Kosten für Anschaffung, Unterhalt und Energie stellen die Frage nach einer Alternative.

EU-Ökodesign-Richtlinie

Seit 2016 gelten aufgrund einer EU-Verordnung zur Umsetzung der EU-Ökodesign-Richtlinie Anforderungen an die Energieeffizienz von Lüftungsgeräten. Ab dem 01.01.2018 gelten verschärfte Anforderungen, ab 2020 sollen die Anforderungen überprüft und ggf. überarbeitet werden [EU 2014]. Die Mindestanforderungen für Nicht-Wohnungslüftungsgeräte sind im Prinzip zielführend und nach Einschätzung von Fachleuten auch wirtschaftlich. Es ist sinnvoll, auch vor 2018 schon Geräte zu wählen, die den Anforderungen ab 2018 genügen.

Die Anforderungen an die Lüftungsgeräte reichen aber allein nicht aus, um energieeffiziente Lüftungsanlagen zu erreichen, denn die Energieeffizienz der Gesamtanlage hängt nicht nur von der energetischen Qualität des Zentralgeräts ab, sondern auch von den anderen Komponenten und von der Auslegung der Anlage.

6.1 Schlanke Bürogebäude

Der Begriff „schlanke Gebäude“ bezeichnet solche Bauten, die bereits auf Basis eines durchdachten Entwurfs und bauphysikalischer Qualitäten die Voraussetzung dafür mitbringen, hohen thermischen Komfort mit einer schlanke Gebäudetechnik zu erreichen. Architektur, Bausystem, Baukonstruktion und Gebäudetechnik werden dabei so aufeinander abgestimmt, dass ein möglichst geringer Energiebedarf für Heizung, Kühlung und Beleuchtung erreicht wird [BINE I/03].

Für die Lüftung in schlanken Bürogebäuden gelten folgende Kriterien:

- geringe Druckverluste, da sonst ein hoher Energieaufwand für den Betrieb der Lüftungsanlage notwendig ist,
- eventuell Kanäle größer auslegen, um Wärme über Nachtlüftung bei erhöhtem Volumenstrom abführen zu können,
- Kanalquerschnitt für Strömungsgeschwindigkeiten unter 3 m/s (unter 1000 m³/h) auslegen,
- möglichst kurze Leitungswege,
- Luftmengenregelung über die Ventilatorzahl (einfach, z.B. Tag, Nacht, Sommer, Winter); Verzicht auf Volumenstromregler, wo einheitliche Nutzung gegeben ist (hohe Druckverluste),
- besonders energieeffiziente Ventilatoren für den Gesamtvolumenstrom – SFP 21 oder besser (Leistungsaufnahme unter 0,25 W/(m²/h) pro Ventilator),
- eine bedarfsgerechte Lüftung (Drehzahlregelung) in einzelnen Gebäudeteilen und Räumen.

Herausragendes Merkmal schlanker Bürogebäude ist der mögliche Verzicht auf den Einsatz von Kältemaschinen zugunsten der so genannten „passiven“ Kühlung. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass die Aufgaben der Klimatisierung durch Tag- und Nachtlüftung von der (aktiven) Gebäudetechnik in die (passive) Baukonstruktion verschoben werden. Damit dies möglich ist, müssen interne und solare Wärmelasten am Tag begrenzt, die Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes genutzt und eine ausreichende Wärmeabfuhr in der Nacht gewährleistet werden. Eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist im hocheffizienten Bürogebäude sowieso installiert.

Randbedingungen für eine passive Kühlung sind [s.a. PHI 31]

- thermisch schwere Gebäude, bei denen die Raumluft an ausreichend große Oberflächen schwerer Bauteile angrenzt,
- wirksame Belüftung der Gebäude bei Tag, u. U. Ergänzung durch einen Luft- oder Sole-Erdwärmetauscher für passive Zuluftkühlung im Sommer,

¹ Spezifische Ventilatorleistung nach DIN EN 13779

- Außentemperatur an mindestens 5 Stunden pro Nacht unter 21°C (Mikroklima beachten),
- Konzept für den sommerlichen Wärmeschutz (Fensterflächen, außen liegender Sonnenschutz, erhöhte Nachtlüftung).

6.2 Erhöhte Anforderungen an Lüftung

Die allgemeine Klassifizierung der Raumluftqualität im Aufenthaltsbereich erfolgt in [DIN EN 13779] nach hoher (IDA 1), mittlerer (IDA 2), mäßiger (IDA 3) und niedriger (IDA 4) Raumluftqualität. Entsprechend dieser Klassifizierung werden Mindestwerte für den Außenluftvolumenstrom empfohlen. Während im Wohnbereich die Kategorie IDA 3 oder 4 ausreichend ist, sollte im Bürobereich IDA 2 eingehalten werden. Es ist auch möglich, IDA 3 zu vereinbaren.

Tab. 4 Tabelle A.11 nach DIN EN 13779 – Außenluftvolumenströme je Person

Kategorie	Einheit	Üblicher Bereich	Standardwert
IDA 1	l/(s Pers.)	> 15	20
IDA 2	l/(s Pers.)	10 - 15	12,5
IDA 3	l/(s Pers.)	6 - 10	8
IDA 4	l/(s Pers.)	< 6	5

Die durch die Lüftungsanlage sicherzustellende Raumluftqualität ist zwischen den Baubeteiligten und Nutzern zu vereinbaren.

Bei allgemeiner Büronutzung sollte der Regelbereich für den Außenluftvolumenstrom einen Maximalwert in der Größenordnung 45 m³/h/P nicht überschreiten (Umrechnung des Standardwerts von 12,5 l/s pro Person ergibt einen Außenluftvolumenstrom von 45 m³/h.)

Um eine allzu trockene Raumluft zu verhindern, empfiehlt sich im Winter ein Luftwechsel unter 0,3 pro Stunde.

Räume mit einer hohen Personendichte, z. B. Besprechungsräume, werden besser mit einer CO₂-Regelung für den Luftvolumenstrom ausgestattet.

Die Leistungsaufnahme P_{SFP} von Ventilatoren wird durch die Kategorie SFP (Specific Fan Power) der Tabelle 9 aus [DIN EN 13779] beschrieben. Die spezifische Ventilatorleistung kann durch zusätzliche Druckverluste im Fall von Sonderanwendungen erweitert werden (Tabelle 10 Erweiterte P_{SFP} für zusätzliche Bauteile wie z. B. Filter).

Tab. 5 Tabelle 9 nach DIN EN 13779 Klassifizierung der spezifischen Ventilatorleistung

Kategorie	P_{SFP} in $W \cdot m^{-3} \cdot s$
SFP 1	< 500
SFP 2	500 – 750
SFP 3	750 – 1250
SFP 4	1250 – 2000
SFP 5	2000 – 3000
SFP 6	3000 – 4500
SFP 7	> 4500

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 Ergebnis. 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 und den Kriterien für schlanke Bürogebäude zeigt annähernd übereinstimmende Anforderungen.

Tab. 6 Grenz- und Zielwerte für die spezifische elektrische Leistungsaufnahme von Lüftungsgeräten

Empfohlene Ventilatorleistung für Zu-/Abluftanlagen				
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

Hersteller, die Mitglied im Verband Raumluftechnische Geräte e.V. sind, können ihre Nicht-Wohnungslüftungsgeräte mit einem Label auszeichnen [RLT 2015]. Klasse A entspricht den Anforderungen ab 2016, Klasse A+ den Anforderungen ab 2018. Das Label kennzeichnet nur das Gerät, nicht das Kanalnetz. Das Einhalten der Werte nach Tab. 6 muss deshalb gesondert beachtet werden.

Abb. 5 Label Energieeffizienzklasse A+, A und B des Herstellerverbands Raumluftechnische Geräte e.V.



Energieeffizienzklasse B ist seit 2016 nicht zulässig, Klasse A ab 2018.

6.3 Erhöhte Anforderungen an Kühlung

Für bestimmte Nutzungszonen wie Konferenz- oder Besprechungsräume kann räumlich und zeitlich begrenzt erhöhter Kühlbedarf anfallen. Dezentrale außenwandintegrierte flinke Lüftungstechnik (Fassaden- oder Unterflur-Lüftungsgeräte) bzw. Kühltechnik (z. B. in Form von Kompaktanlagen als Einzel- oder Multisplitgeräte) ermöglicht die gezielte, bedarfsabhängige Lüftung und Kühlung dieser Räume. Die Versorgung mit konditionierter Außenluft erfolgt dann nur, solange der entsprechende Raum genutzt wird.

Bei vorhandener zentraler Kühlung über Betonkerntemperierung (BKT) besteht die Möglichkeit, einzelne Räume zur notwendigen Erhöhung der Wärmelast-Abfuhr zusätzlich mit Kühldecken oder Kühlseglern auszustatten.

Aus Serverräumen bzw. Räumen mit Geräten, die hohe innere Lasten produzieren, sollte anfallende Wärme direkt abgeführt und damit eine flächendeckende Kühlung des Gebäudes vermieden werden. Um zusätzliche solare Wärmelasten zu vermeiden, empfiehlt es sich, solche Räume nach Norden zu orientieren oder in fensterlosen Bereichen/ im UG einzuplanen.

Lüftungsanlagen in Bürogebäuden sind in der Regel auf einen Luftwechsel von 2 h^{-1} und mehr ausgelegt. Bei vorhandenen Überströmöffnungen kann damit für das gesamte Gebäude eine aktive Nachtkühlung im Abluftbetrieb realisiert werden.

Effizienzkriterien

Bei nachgewiesenem Bedarf ergeben sich Richtwerte für die spezifische Kühlleistung aus nachfolgender Tabelle in Abhängigkeit von den internen Lasten verursacht durch Personen, Beleuchtung und Arbeitshilfen im Durchschnitt über die tägliche Nutzungsdauer (= mittlere interne Wärmelast) [LEE 2000]. Diese mittlere interne Wärmelast dient hierbei lediglich zur Berechnung der Grenz-, Ziel- und Richtwerte und nicht als Auslegungsgröße für die Anlagen.

Tab. 7 Richtwerte für die Kühlleistung nach [LEE 2000]

mittlere interne Wärmelast	mittlere flächenspezifische elektrische Leistung Kühlung	
	einfacher Richtwert	verbesserter Richtwert
W/m ²	W/m ²	W/m ²
30	12	10
40	16	13
Annahmen:		
durchschnittliche Anwesenheit pro Person pro Betriebstag	6-11 Stunden	
Belegungsdichte pro Person	10 m ²	
=> mittlere Wärmelast über einen 11-stündigen Betriebstag für		
Wärmeleistung pro Person	70 W (über Arbeitstag gemittelt) => ca. 4-7 W/m ²	
Wärmelast für Beleuchtung (bei aktiviertem Sonnenschutz)	=> 8-12 W/m ²	
Wärmelast durch Arbeitshilfen		
bei 100 W pro Person (mittlerer Technisierungsgrad)	=> ca. 10 W/m ²	
bei 150 W pro Person (hoher Technisierungsgrad)	=> ca. 15 W/m ²	
Die spezifische Leistung Kühlung ergibt sich durch Division mit der mittleren Leistungszahl (Verhältnis von Kälteleistung zum Gesamtstrombedarf) der Kühlanlage: 2,5 für einfachen Richtwert / 3,0 für verbesserten Richtwert		

6.4 Kennwerte Lüftung und Klimatisierung in Bürogebäuden

Für Lüftungs- und Kältegeräte in Bürogebäuden sollten die folgenden Kennwerte eingehalten werden.

Tab. 8 Kennwerte Lüftung und Klimatisierung

Spezifische elektrische Ventilatorleistung	
Ventilatorleistung nach Kategorie SFP 2 (0,28 W/(m³/h) bis 0,42 W/(m³/h) pro Zu-/Abluftgerät	
Wärmebereitstellungsgrad bei Anlagen mit Luft-Luft-Wärmeübertrager	
80% oder besser	
Die Energiekonzeption Heidelberg 2010 fordert ebenso 80%	
Kältegeräte	
Arbeitszahl 3,5 und besser	

7 Beleuchtung

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 sehr effizientes Leuchtmittel auf Halbleiterbasis, das aufgrund seines Funktionsprinzips besonders langlebig ist. Inzwischen sind vielerlei Modelle in verschiedenen Lichtfarben am Markt erhältlich, sodass für die allermeisten Anwendungsfälle eine geeignete LED-Lampe verfügbar sein dürfte.

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. 9 Kenndaten verschiedener Leuchtmittel [Allgemeinstrom 09; leds], (eigene Recherche)

Leuchtmittel im Vergleich						
Temperaturstrahler (überwiegend durch EU-Verordnung vom Markt genommen)		Elektrische Leistung (W)	Lichtstrom (Lumen)	Lichtausbeute (lm/W)	Mittlere Lebensdauer (h)	Gebrauch
	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

		Elektrische Leistung (W)	Lichtstrom (Lumen)	Lichtausbeute (lm/W)	Mittlere Lebensdauer (h)	Gebrauch
LED	LED (weiß, 1 Stück)	3 - 10	90 - 1.000	30 - 100	50.000	Anzeigen, Effekt-, Akzent-, Orientierungsbeleuchtung
	LED Standard			60 - 80	50.000	Allgemein-, Akzent-, Orientierungsbeleuchtung
	LED effizient			100 - 120	50.000	Allgemein-, Akzent-, Orientierungsbeleuchtung
	LED Forschung			250 und mehr	50.000	Allgemein-, Akzent-, Orientierungsbeleuchtung
Gasentladungslampen	Energiesparlampen – Kompaktleuchtstofflampen mit integrierem 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-Metall dampflampen	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 2015 marktgängige Modelle; LED-Lampen sind bereits mit 100 bis 120 lm/W erhältlich. Im Labor sind bereits LED mit 250 lm/W und mehr gemessen worden, diese werden in kurzer Zeit marktverfügbar sein – daher lohnt es sich hier, regelmäßig auf das Angebot zu schauen.

Auch für Leuchtmittel gilt die Einstufung in die Effizienzklassen A++ bis E, wie es bereits von Haushaltsgroßgeräten gut bekannt ist. Es empfiehlt sich, beim Neukauf Lampen mit EU-Label A++ oder A+ zu wählen.

Sofern noch ein Leuchtensystem mit Leuchtstoffröhren vorhanden ist, sollten aufgrund des besseren Wirkungsgrads, der längeren Lebensdauer der Leuchtmittel, der besseren Schaltfestigkeit und der Abwesenheit von Flackern grundsätzlich EVG (elektronische Vorschaltgeräte) eingesetzt werden.

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, sie sind bei häufigen Schaltvorgängen das Leuchtmittel der Wahl.

Die lange Lebensdauer macht LEDs 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 nach 2 bis 3 Jahren, selbst im Vergleich mit Leuchtstofflampen.

Tab. 10 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% angesetzt). Die gezeigte Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde mit einem Strompreis von 28 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 stark überlegen.

Der wirtschaftliche Vorteil von LEDs wird noch größer, wenn berücksichtigt wird, dass jeder Lampentausch Arbeitszeit und damit Geld kostet. Eine lange Lebensdauer der Leuchtmittel hilft, Betriebskosten von Gebäuden niedrig zu halten. Herkömmliche Glühlampen sind aufgrund einer EU-Richtlinie aus der Produktion genommen worden, für ineffiziente Glühlampen sowie einen Teil der Halogenlampen ist dies bereits in Kraft. Weitere Lampengruppen werden folgen [UBA 09]. Näheres hierzu findet sich im Querschnittskapitel zu Beleuchtung im Gesamtbericht.

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 und –qualität 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. 11 Erforderliche Beleuchtungsstärke bei verschiedenen Sehaufgaben [DIN EN 12464-1]

Tätigkeit	Beleuchtungsstärke (Lux)	Farbwiedergabeindex (Ra)
Sektor Büro		
Schreiben, Schreibmaschine schreiben, Lesen, Datenverarbeitung	500	80
Ablegen, Kopieren, Verkehrszonen	300	80
Technisches Zeichnen	750	80
CAD-Arbeitsplätze	500	80
Besprechungsräume	500	80
Empfangstheke	300	80
Kantinen, Teeküchen	200	80

Tätigkeit	Beleuchtungsstärke (Lux)	Farbwiedergabeindex (Ra)
Öffentliche Bereiche		
Eingangshallen	100	80
Garderoben	200	80
Umkleieräume	300	80
Verkehrsflächen, Flure	100	80
Treppen, Rolltreppen, Fahrbänder	150	40

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

Die Beleuchtung soll, um unnötige Ermüdung des Auges zu vermeiden, so ausgelegt sein, dass der Helligkeitskontrast zwischen Flächen, die gleichzeitig im Blickfeld sind, nicht zu groß wird. In der Praxis bedeutet das, dass in der Regel die Umgebung im Umkreis von 1/2m rund um die eigentliche Sehaufgabe eine Helligkeitsstufe niedriger ausgeleuchtet sein kann, also bei 500 Lux auf der Arbeitsfläche 300 Lux im Umfeld [Lichtklima].

Gut ausgewählte und genutzte Regeltechnik kann zur Einsparung beitragen, wie dieses Beispiel zeigt: In einer Studie aus Bremen [HB-BEI 07] wurde gemessen, dass in Bildungseinrichtungen (Seminarräumen) durch den Einsatz von Gebäudebustechnik eine Einsparung am Lichtstromverbrauch von etwa einem Viertel erreicht werden kann. Es wurde über Präsenzmelder, Helligkeitssensoren und Dimm-Aktoren eine bedarfs- und nutzungsabhängige Beleuchtung realisiert. Das Bus-System diente gleichzeitig zur Heizungsregelung.

7.2 Beleuchtung am Arbeitsplatz

Hocheffiziente Beleuchtungssysteme können mit einer installierten Leistung von 9 W/m² bis 12 W/m², besser noch mit 6 bis 8 W/m² auf Tischhöhe eine Beleuchtungsstärke von 500 Lux erzielen. Vorteilhaft ist die Kombination von Präsenzmelder und Helligkeitssensor. Direkt- und Indirektanteile von Leuchten können je nach Abstand vom Fenster variiert und damit kann den Anforderungen optimal nachgefahren werden [BINE 16/09].

Im Vergleich zu einer konventionellen Lichtschaltung mit Wandschalter kann im Bürobereich ein Abwesenheitssensor etwa 30 Prozent einsparen. Wird zusätzlich tageslichtabhängig gedimmt, kann der Stromverbrauch für die Beleuchtung um etwa 2/3 verringert werden [Bay LA Umwelt 2008].

Energietechnisch optimal ist es, wenn Licht als bewusste Nutzerentscheidung eingeschaltet wird, das Ausschalten bzw. Dimmen jedoch automatisch erfolgt, geregelt durch Tageslichtsensor sowie Präsenzmelder. Automatisches Einschalten kann den Stromverbrauch erhöhen, wenn subjektiv von Seiten der Anwesenden noch keine Beleuchtung erforderlich scheint.

Wichtig für eine gute Nutzung des Tageslichts ist eine ausreichende Fensterfläche und nach Möglichkeit der Verzicht auf einen Fenstersturz. Gerade das durch den oberen Fensterteil einfallende Licht sorgt für Helligkeit in der Raumtiefe. Kaum einen Einfluss auf den nutzbaren Tageslichtanteil hat hingegen die unterhalb der Tischebene befindliche Fensterfläche [Bay LA Umwelt 2008].

Für den 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 Raumtiefe 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 Bürofläche nicht ausreichend ausgeleuchtet werden.

Leuchten sollten turnusmäßig gereinigt werden. Durch Verschmutzung nimmt der Leuchtenwirkungsgrad kontinuierlich ab. Daher sollte dieser Arbeitsschritt in einen Wartungsplan für Hausmeister aufgenommen werden.

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

7.3 Kennwerte Bürobeleuchtung

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. 12 Kennwerte nach [LEE 2000] und Herstellerangaben

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 Informations- und Kommunikationstechnik

8.1 Rechenzentren und Serverräume

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].

Eine aktuelle Studie zeigt, dass der Stromverbrauch für Server und Rechenzentren allein in Deutschland von 2010 bis 2015 von 10,5 auf 12 TWh angestiegen ist [BMWi 2015].

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

Eine Verbrauchsreduktion um etwa ein Drittel ist erreichbar durch stromeffiziente Komponenten (Speicher, CPU, Lüfter und Stromversorgung). Mehrkosten der Bauteile 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 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 Prozent gegenüber dem Normalbetrieb. Die Virtualisierung von Servern kann hier sowohl Investitionsvolumen

wie auch Betriebskosten verringern, indem weniger Anlagen benötigt und diese besser ausgelastet werden. Dabei wird statt mehrerer Server für verschiedene Aufgaben nur einer mit höherer Leistungsfähigkeit verwendet; dieser wird in mehrere virtuelle Arbeitsplatten aufgeteilt, denen jeweils bestimmte Aufgaben zugeordnet werden.

Effizientere Server benötigen geringere Kühlleistung bei gleicher Rechenleistung, dies reduziert die TGA-Investitionen wie auch die erforderliche Betriebsenergie. In hoch verdichteten Rechereinheiten 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 besteht die Option, die Abwärme aus den Rechnerräumen anderweitig in die Versorgungsstruktur einzubauen, z. B. über Wärmetauscher in die Warmwasserbereitung.

8.2 Informations- und Kommunikationstechnik dezentral

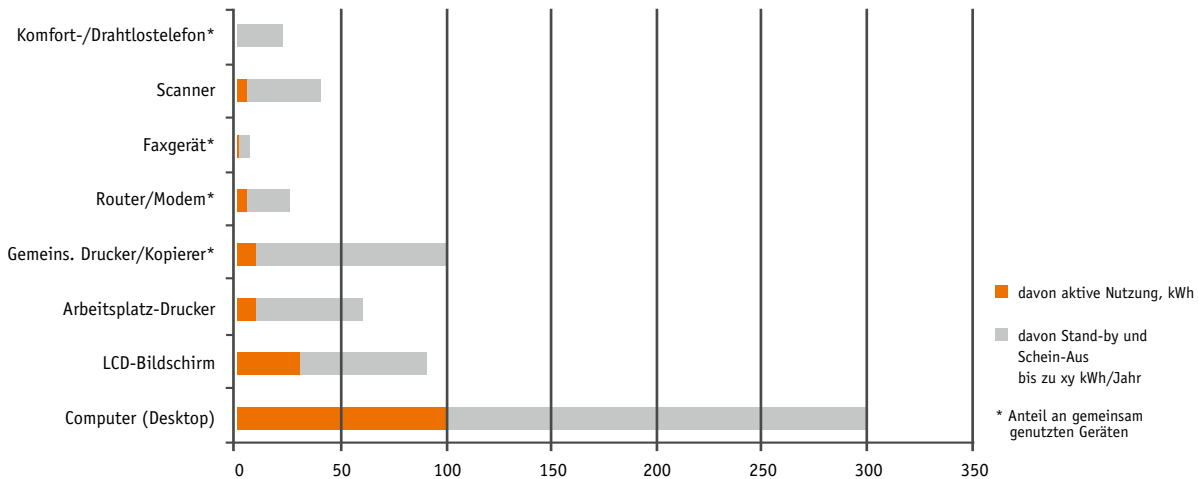
Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik sind in Bürogebäuden für knapp 40 Prozent des Stromverbrauchs verantwortlich, 2013 waren es laut [BMWi 2015] ca. 37 Prozent. Das Spektrum an Geräten sowie deren Effizienz verändert sich mit hoher Geschwindigkeit, gleichzeitig werden die Geräte schon 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, www.ecotopten.de und www.stromeffizienz.de/dienstleister-oeffentliche-hand.html.

In der Datenbank www.no-e.de/html/unglaublich.html sind Werte zum Stand-by-Verbrauch vieler Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik aufzufinden [no-e Stand-by].

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 bei älteren Geräten auch einmal bis zu 90 Prozent sein [PC-Arbeitsplatz]. Viele Geräte verbleiben lange im Stand-by-Zustand oder im Schein-Aus (vermeintlich abgeschaltet, jedoch noch Leistungsbezug, häufig aufzufinden bei PC), 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. 6 Verteilung des Stromverbrauchs am Arbeitsplatz auf die typischerweise vorkommenden Geräte [PC-Arbeitsplatz]

Typischer Stromverbrauch am PC-Arbeitsplatz



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. Für mehrere Arbeitsplätze kann jeweils ein solches MFC eine günstige Lösung sein.

Effiziente Netzteile sind gerade bei dezentralen Anwendungen ein wichtiger Schritt zu effizienterem Stromeinsatz. Aufgrund der EU-weit geltenden EuP-Richtlinie dürfen Geräte, die seit 2013 in den Handel kommen, im Stand-by nicht über 1 W verbrauchen; die Grenze liegt bei 0,5 W, wenn außer der Reaktivierungsfunktion und gegebenenfalls einer Anzeige über die Stellung im Stand-by keine weitere Funktion (Uhr, Regelung) mehr erfüllt wird [EuP 2009].

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. Neuere Kopierer haben diese Funktion bereits integriert. Es gibt auch Modelle, die mit Bewegungssensoren ausgestattet sind und die Geräte einschalten, sobald sich jemand nähert [Ecoman].

Peripheriegeräte eines PC wie Monitor, Drucker, Scanner etc. können über eine schaltbare Steckerleiste gemeinsam mit dem PC komplett vom Netz genommen werden. Eine Master-Slave-Steckerleiste schaltet mehrere Geräte aus, wenn das Hauptgerät (Master) in Stand-by oder aus geschaltet wird.

Tab. 13 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

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-Richtlinie⁵ für Geräte, die seit 2013 in den Handel gekommen sind.

Tab. 14 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 Sonstige Geräte

Im Bürosektor werden in Stockwerks- oder Abteilungsküchen häufig übliche Haushaltsgroßgeräte genutzt. Hier gelten dieselben Aussagen wie für die Haushalte:

- Prüfen, inwieweit die Anforderung notwendig ist.
- Geräte nur in einer der Nutzung entsprechenden Größe wählen (Kühlschränke, Spülmaschinen).
- Sparsame Geräte wählen, dazu beispielsweise die Datenbanken über www.spargeraete.de oder www.ecotopten.de zu Rate ziehen.
- Nutzungsregeln für die MitarbeiterInnen erstellen, an den Geräten aushängen.

⁵ Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte (EuP – Energy using Products)

10 „Best Practice“-Beispiel

Bürogebäude nach Passivhauskonzept – Energon in Ulm, Liese-Meitner-Straße 14



Quelle: BINE projektinfo 05/06, BINE themeninfo I/2007

Beschreibung Fünfgeschossiges Bürogebäude für bis zu 420 Personen, dreieckiger Grundriss, Atrium innerhalb der thermischen Hülle mit Überkopfverglasung, Bj. 2006

Gebäudeenergiekonzept

Sommerlicher Wärmeschutz Zweigeteilte, lichtlenkende Außenjalousien, semitransparente Sonnenschutz-Folienrollos zwischen Doppelverglasung im Atrium

Wärmeversorgung Erdwärme mit Sole-Wasser-Wärmepumpe, Betonkerntemperierung/ gebäudeinterne Abwärme/Fernwärme
Fernwärme aus KWK (40 Prozent Biomasse)

Belichtung/Beleuchtung Tageslichtnutzung über Fenster und Atrium
Beleuchtung: elektronisch geregelte T5-Leuchtstoff-Lampen
Beleuchtungsregelung: tageslicht- und präsenzabhängig

Lüftung zentrale Zu-/Abluftanlage mit WRG (65 Prozent) über Kreislaufverbundsystem/
Temperierung der Zuluft durch Kreislaufverbundsystem, Erdwärmetauscher,
Erdwärmesonden, Fernwärme/Fensterlüftung

Kühlung BKT-System, Kompressionskälteaggregate für EDV-Zentrale und
Lebensmittelkühlräume

Energiekennwerte Heizung, Lüftung, Kälte, Licht 2005: 46,8 kWh/m²a,
davon Strom: 23,4 kWh/m²a, Wärme: 23,4 kWh/m²a

Primärenergiebedarf Gesamt 81 kWh/(m²a)

Literatur www.enob.info und www.bine.info BINE projektinfo 05/2006

Weitere Beispiele für effiziente Gebäude finden sich unter www.enob.info/de/neubau oder www.enob.info/de/sanierung

11 Übersicht Kennwerte

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 und Klimatisierung	
Spezifische elektrische Ventilatorleistung	
Ventilatorleistung nach Kategorie SFP 2 (0,28 W/(m³/h) bis 0,42 W/(m³/h) pro Zu-/Abluftgerät	
Wärmebereitstellungsgrad bei Anlagen mit Luft-Luft-Wärmeübertrager	
80% oder besser	
Die Energiekonzeption Heidelberg 2010 fordert ebenso 80%	
Kältegeräte	
Arbeitszahl 3,5 und besser	

Beleuchtung	
Maximal installierte Lichtleistung	
9 bis 12 W/m², besser 6 bis 8 W/m²	
Mindest-Lichtausbeute	
80, besser 100 oder 120 Lumen pro Watt	
Leuchtenwirkungsgrad	
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

12 Zusammenfassung und Empfehlungen

Schlanke Gebäudekonzepte setzen auf energieeffiziente und nachhaltige Systemlösungen, die sich durch ein geringes Maß an Gebäudetechnik und niedrige Betriebskosten für Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Wartung auszeichnen. Auch bei Veränderung der Randbedingungen können sie den thermischen, hygienischen und visuellen Raumkomfort sicherstellen [BINE I/2007].

Allgemeinstrom

Die Liste von Verbrauchern im Bereich Allgemeinstrom - also von Strom, dessen Verbrauch auf die Nutzer bzw. Mieter eines Gebäudes aufgeteilt wird - ist beträchtlich und variiert je nach Gebäudenutzung (z. B. Wohn-, Büro-, Gewerbenutzung) stark.

Einsparungen ergeben sich vor allem

- in der Verwendung von effizienten Netzteilen mit niedrigen Stand-by-Verlusten, z. B. für Klingeltrafos, Brandmeldeanlagen, Antennenverstärker ...,
- durch das in Kraft-Treten der EuP-Richtlinie zur Begrenzung von Stand-by-Verlusten,
- durch eine knappe, jeweils der Anwendung angepasste Dimensionierung von Allgemeinbeleuchtung in Kombination mit Bewegungsmeldern und/oder Zeitschaltuhren (zu Details siehe das Querschnittskapitel zu Beleuchtung),
- soweit nicht unter Betriebskosten Heizung erfasst: durch hocheffiziente Umwälzpumpen mit Energieeffizienzindex EEI von mind. 0,23, besser 0,20 oder darunter (zu Details siehe das Querschnittskapitel Pumpen),
- für die jeweilige Anwendung optimierte intelligente Regeltechnik,
- durch Planungen, die ohne elektrische Begleitheizungen zum Frostschutz von Wasserleitungen oder Abwasserrohren auskommen,
- durch Planungen, die den Verzicht auf Flächenheizungen im Außenbereich ermöglichen, z. B. bei Tiefgaragen.

Aufzüge

Das Einsparpotenzial bei Aufzügen hängt sehr stark vom Aufzugstyp (technische Ausstattung) und der Nutzung (Gebäudenutzung und -größe) ab. Eine Optimierung des Aufzugsbetriebs kann durch die folgenden Maßnahmen erreicht werden.

- Wahl eines Aufzugs mit an die Anforderung angepasster Leistung,
- Aufzugstyp mit Energieeffizienzklasse A (oder mindestens B) wählen,
- Stand-by-Stromverbrauch gering halten durch Abschaltung des Kabinenlichts und des Displays, durch effiziente Spannungsversorgung (Schaltnetzteile) und durch die Wahl eines Modells, das keine Energie zum Geschlossenhalten der Kabinentür benötigt,
- Verwendung von LED-Lampen,

- Wahl einer entsprechend der Gebäudenutzung vertretbar niedrigen Geschwindigkeit, da höhere Beschleunigung größere Motoren verlangt, die aufgrund großer Dimensionierung höhere Verlustanteile aufweisen,
- in größeren Objekten mit vielen Aufzugfahrten sollte geprüft werden, ob ein rückspeisefähiger Umrichter zur Energierückgewinnung (Rekuperation) eine wirtschaftliche Investition darstellt,
- Optimierung des Gegengewichts entsprechend realistischer Nutzungsannahmen,
- bei Aufzuggruppen (in größeren Gebäuden) Abschalten einzelner Aufzüge in Zeiten geringer Nutzung.

Umwälzpumpen

Umwälzpumpen sind im Einsatz als Heizungsumwälzpumpen, als Trinkwasser-Zirkulationspumpen, als Umwälzpumpen im Solarkreislauf, in Systemen mit Erdwärmekollektoren sowie in Klimaanlageanlagen. Ihr Einfluss auf den Stromverbrauch bleibt in der Regel unbeachtet. Dabei ist neben der Effizienz der Pumpe auch die Auslegung des Wärmeverteilnetzes für den Betriebsstromverbrauch verantwortlich, weshalb für neue Netze ein hydraulischer Abgleich vorgeschrieben ist (DIN 4701-10, VOB/C DIN 18380, EnEV).

Durch drehzahlgeregelte Pumpen mit Permanentmagnetmotor sind hohe Einsparpotenziale realisierbar.

- Hocheffiziente Pumpen mit Energieeffizienzindex von 0,23, besser 0,20 oder darunter sollten installiert werden.
- Heizungspumpen müssen korrekt dimensioniert werden, zu große Pumpen sind teurer in der Anschaffung und ineffizient im Betrieb. Als Faustregel gilt: Pumpenleistung entspricht 1/1.000 der Heizleistung.
- Eine Dokumentation des hydraulischen Abgleichs sollte angefordert werden.
- Die Regelung von Pumpen sollte sich am Bedarf orientieren (bedarfsgerechte Regelung). Im Zusammenhang mit Betonkerntemperierung hat sich eine Taktung der Umwälzpumpen bewährt.
- Bei sehr gut wärmedämmten Gebäuden kann die Verteilung des verbleibenden geringen Restwärmebedarfs ggf. über die Lüftungsanlage erfolgen, in diesen Fällen ist u.U. kein herkömmliches Heizsystem mehr erforderlich. In diesen Fällen sind analoge Effizienzanforderungen an die Lüftungssysteme zu richten (siehe eigenes Kapitel).
- Auch für Sonnenkollektor- sowie für Klimaanlageanlagen und Erdwärmetauscher sollten effiziente Pumpen eingesetzt werden.

Lüftung und Klimatisierung

Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sind integraler Bestandteil von Passivhäusern, um hygienische Raumluftverhältnisse bei minimalen Lüftungswärmeverlusten zu sichern. Um den projektierten Stromverbrauch zu minimieren, sind zunächst die planerischen Voraussetzungen zu erfüllen.

- Sorgfältige Dimensionierung durch Abklärung des genauen Bedarfs, Optimierung der Luftwechselraten,

- Minimierung der Druckverluste in Lüftungskanälen und Anlagenkomponenten,
- Wahl eines auf die Anlage abgestimmten Ventilators mit gutem Wirkungsgrad und geringem Stromverbrauch ($\leq 0,21 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ pro Ventilator),
- sorgfältige Filterdimensionierung und regelmäßige Filterwartung/-austausch
- Installation einer bedarfsangepassten Ventilator- und Raumvolumenstromregelung,
- Prüfung der Effizienzverbesserung durch die Nutzung regenerativer Energiequellen (z. B. Erdwärmetauscher, Solarwärme),
- Einsatz eines Lüftungssystems mit Wärmerückgewinnung mit hohem Rückgewinnungsgrad (≥ 80 Prozent bei Anlagen mit Luft-Luft-Wärmeübertrager),
- regelmäßige Wartung und regelmäßiger Filterwechsel,
- Nutzereinweisung,
- Bereitstellung von Dokumentationsunterlagen.

Kühlung und Befeuchtung sollten auf Sondernutzungszonen beschränkt bleiben. Vor der Installation von Kältegeräten müssen zunächst Maßnahmen zur Minimierung des Kältebedarfs getroffen werden. Hierfür sind bereits in einer frühen Planungsphase die Voraussetzungen zu schaffen.

- Die Verwirklichung eines integralen Gesamtkonzepts schafft die Voraussetzungen für einen möglichen Verzicht auf Kühlung.
- Zu einem funktionierenden Gesamtkonzept mit notwendiger Kühlung gehören auch organisatorische Maßnahmen wie die Orientierung von zu kühlenden Räumen gegen Norden und die Kopplung des Kühlbetriebs an einen aktiven Sonnenschutz und geschlossene Fenster.
- Die Temperatur in Serverräumen sollte nicht tiefer gewählt werden als erforderlich, 26°C ist in aller Regel vertretbar/solare Einträge sind zu vermeiden/u.U. Kühlung direkt am Rack.
- Für Kühlung und Befeuchtung muss die Systemauswahl vom Planer aufgrund des Nutzungsprofils und der Randbedingungen begründet werden.
- Solare und andere regenerative Kühlsysteme (z. B. Absorptionskälte aus Fernwärme) sollten stets untersucht werden.
- Die Anlagenaufwandszahl und der flächenspezifische Energieeinsatz sollten für alle Planungen nachgewiesen werden.
- Bei einer Notwendigkeit von RLT-Klimaanlagen sollte die Auslegung auf Mindestaußenluftstraten nach [DIN EN 13779] und [ASR A3.6] erfolgen. Falls die Kühllast höher ist, als mit der Mindestluftstrate abgeführt werden kann, sollte die Klimatisierung vorrangig mit wasserführenden Kühlsystemen ergänzt werden.
- Regelmäßige (jährliche) Messungen, besser noch kontinuierliche Messungen, zur Optimierung des Anlagenbetriebs sollten vorgesehen werden.
- Der Betrieb der aktiven Kühlung sollte immer in Kombination mit freier Kühlung erfolgen.

Belichtung und Beleuchtung

Für die Beleuchtung eines Bürogebäudes spielt die optimale Tageslichtnutzung eine große Rolle. Dadurch werden nicht nur erhöhte Stromkosten für Beleuchtung sondern auch unnötige thermische Lasten vermieden.

Eine sehr umfangreiche Zusammenstellung von Einsparmöglichkeiten an der Beleuchtung wird in der nachstehenden Tabelle gezeigt. Bei der erwähnten Öko-Aus-Funktion kann z. B. ein zeitgesteuertes Treppenhauslicht durch ein zweites Drücken des Lichtschalters vorzeitig wieder ausgeschaltet werden. Der Wirkungsgrad von Leuchten sollte bei 80 Prozent liegen. Leuchten sollten turnusmäßig gereinigt werden, da der Leuchtenwirkungsgrad durch Verschmutzung kontinuierlich abnimmt.

Tab. 15 Einsparmöglichkeiten beim Lichtstromverbrauch; nach [Allgemeinstrom 09]

Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> - Leuchtmittel mit sehr guter Lichtausbeute (oberhalb 80, besser 100 oder 120 Lumen pro Watt), insbesondere bei langer Brenndauer - Leuchtmittel mit langer Standzeit (LED), speziell an schwer erreichbaren Orten und dort, wo Personalkosten beim Austausch entstehen - Schaltfeste Leuchtmittel - Leuchten mit guter Lichtlenkung - Einsatz von Leuchtstofflampen an EVGs, wenn keine LED möglich sind - optimierte Zeitautomatik - Einsatz von Helligkeitssensoren und Bewegungsmeldern - helle Gestaltung von Oberflächen - größtmögliche Ausnutzung des Tageslichts (in Abstimmung mit thermischen Erfordernissen)
Treppenhaus und Flure	<ul style="list-style-type: none"> - Energieeffiziente Leuchtmittel mit hoher Schaltfestigkeit und kurzer Startzeit - Verzicht auf Orientierungsbeleuchtung - Zeitautomatik mit möglichst kurzer Brenndauer - Öko-Aus-Funktion: Einbezug des Bewohners in Stromsparprozess - Bei vielen Wohneinheiten: Helligkeitssensor und Bewegungsmelder, ggf. Etagen- bzw. Zonenverbund
Wenig frequentierte Räume (z. B. Heizungsraum, Hausanschlussraum ...)	<ul style="list-style-type: none"> - Individuelle Ein-/Ausschaltung - ggf. Zeitautomatik
Viel frequentierte Räume (z. B. Fahrradkeller, Waschmaschinenraum ...)	<ul style="list-style-type: none"> - Zeitautomatik - Öko-Aus-Funktion: Einbezug des Nutzers in Stromsparprozess - ggf. Bewegungsmelder
Gemeinschaftsräume z. B. Festräume	<ul style="list-style-type: none"> - Individuelle Ein-/Ausschaltung - ggf. Lichtszenen- gesteuerte Beleuchtung als Kombination von Allgemein- und Stimmungsbeleuchtung
Eingänge	<ul style="list-style-type: none"> - Zeitautomatik - ggf. Bewegungsmelder - alternativ: Orientierungsbeleuchtung, volle Leuchtkraft bei Bewegungsvermerk
Wege	<p>System 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tageslichtgesteuerte dauerhafte Orientierungsbeleuchtung - evtl. Einsatz solargespeister Beleuchtung <p>System 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tageslichtgesteuerte Beleuchtung, Bewegungsmelder <p>System 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tageslichtgesteuerte, dauerhafte gedimmte Beleuchtung, volle Leuchtkraft bei Bewegungsvermerk <p>System 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bewegungsbegleitende Beleuchtung (Zonenverbund)
Architektonische Akzentbeleuchtung	<ul style="list-style-type: none"> - Einsatz energieeffizienter Leuchtmittel (z. B. LED's) - Tageslichtgesteuert, mehrere Stunden Nacht-Aus
Parkplätze	<ul style="list-style-type: none"> - Einsatz energieeffizienter Leuchtmittel - evtl. Betrieb auf geminderter Leistung - Bewegungs- und Zeitautomatik (Carports/Garagen)
Müllsammelstelle	<ul style="list-style-type: none"> - Zeitautomatik (kurze Beleuchtungszeit) - ggf. Bewegungsmelder - evtl. energieautarkes System mit Solarzelle
Durchgänge	<ul style="list-style-type: none"> - Einsatz von besonders effizienten Leuchtmitteln mit langer Lebensdauer

Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)

Das vorhandene Einsparpotenzial im Bereich der IKT liegt vor allem in der Geräteanschaffung und im Nutzerverhalten, worauf sich die folgenden Empfehlungen beziehen.

- Temperatur in Serverräumen nicht tiefer wählen als erforderlich, 26°C ist in aller Regel vertretbar,
- solare Einträge vermeiden,
- effiziente Komponenten verwenden,
- Server gut ausnutzen, ehe weitere Kapazität installiert wird (Virtualisierung),
- Abluftführung optimieren,
- gegebenenfalls mit Wasser kühlen, auch direkt am Geräte-Rack,
- gegebenenfalls Abwärme nutzen (Brauchwarmwassererwärmung über Wärmetauscher),
- Es sollten Informationen über Höhe und Kosten der Stand-by Verluste zur Verfügung gestellt werden.
- Der Einkauf von Geräten sollte kritisch erfolgen: wird das gewünschte Gerät tatsächlich benötigt; entspricht die technische Leistungsfähigkeit den gegebenen Anforderungen?
- Bei Neuanschaffungen sollten entsprechende Datenbanken mit Werten sparsamerer Geräte herangezogen werden, beispielsweise www.topten.ch, www.ecotopten.de und www.stromeffizienz.de/dienstleister-oeffentliche-hand.html.
- Es sollten nur Geräte mit effizienten Netzteilen gemäß neuer EU-Richtlinie ausgewählt werden: Stand-by-Verbrauch weniger als 1 respektive 0,5 Watt.
- NutzerInnen sollten auf ihren Einfluss auf den Geräteverbrauch aufmerksam gemacht werden, z. B. mit Hinweisschildern.
- Schaltbare Steckdosen/Steckerleisten verwenden.
- Gemeinsam genutzte Geräte über Zeitschaltuhr oder über selbstlernende Vorschaltgeräte ausschalten.

Sonstige Geräte

Für Haushaltsgroßgeräte in Teeküchen von Bürogebäuden können die selben Empfehlungen ausgesprochen werden wie für den Sektor Haushalte. Zusätzliche Energiespartipps für Haushaltsgeräte im Büro zeigt die folgende Abbildung.

Abb. 7 „Checkliste Haushaltsgeräte im Büro – das können Sie tun“

- Stellen Sie Kühlgeräte an einen möglichst kühlen Platz, denn der Stromverbrauch steigt um ca. drei Prozent bei einem Anstieg der Umgebungstemperatur von gerade einmal 1°C.
- Stellen Sie die Temperatur des Kühlschranks auf 7°C ein. Die optimale Temperatur eines eventuell vorhandenen Gefriergerätes oder Gefrierfachs beträgt -18°C.
- Stellen Sie keine heißen Lebensmittel oder Getränke in den Kühlschrank.
- Nutzen Sie das Energiesparprogramm des Geschirrspülers und stellen Sie nur voll beladene Geschirrspüler an. Die Programmfunktion „1/2“ reduziert den Stromverbrauch nicht um die Hälfte.
- Erhitzen Sie kleine Mengen Wasser am besten im Wasserkocher. Am meisten spart, wer nur so viel Wasser in den Kocher füllt, wie tatsächlich benötigt wird.
- Halten Sie heiße Getränke in Thermoskannen warm, statt auf der Warmhalteplatte der Kaffeemaschine.
- Kaffeeautomaten sollten über eine automatische Abschaltfunktion verfügen, die das Gerät nach einer einstellbaren Zeit in den Stand-by-Zustand versetzt.
- Nutzen Sie die Mikrowelle für das Aufwärmen kleiner Speisen. Sie benötigt hierzu wesentlich weniger Strom als ein Elektroherd.

Literaturverzeichnis

- [26°C] 26°C in EDV-Räumen – eine Temperatur ohne Risiko, Bundesamt für Energie, Bern, energieSchweiz 2004
- [Allgemeinstrom 09] Allgmeinestrom in Wohngebäuden, Dr.-Ing. Klaus-Dieter Clausnitzer, Bremer Energieinstitut BEI, Febr. 2009
- [ASR A3.5] Technische Regeln für Arbeitsstätten. ASR A3.5 Raumtemperatur. Bundesministerium für Arbeit und Soziales 2010, zuletzt geändert 2014
- [ASR A3.6] Technische Regeln für Arbeitsstätten. ASR A3.6 Lüftung. Bundesministerium für Arbeit und Soziales 2012, geändert 2013
- [Bay LA Umwelt 2008] Effiziente Energienutzung in Bürogebäuden – Planungsleitfaden, Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2008
- [BINE 13/09] Bürogebäude dezentral lüften und klimatisieren, BINE Informationsdienst, Projektinfo 13/2009
- [BINE 16/09] Verwaltungsgebäude als energieeffizientes Ensemble, BINE Informationsdienst, Projektinfo 16/2009
- [BINE Okt. 2015] Nutzerzufriedenheit spielt eine große Rolle; BINE-Interview mit Prof. Dr. Andreas Wagner, KIT Karlsruhe, 14.10.2015
- [BINE I/03] BINE Themeninfo I/2003 Passive Kühlung mit Nachtlüftung, BINE Informationsdienst 2003
- [BINE I/2007] BINE Themeninfo I/2007 Thermoaktive Bauteilsysteme, BINE Informationsdienst 2007
- [BMWi 2015] Studie zur Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland, Fraunhofer IZM und Borderstep-Institut, BMWi 2015
- [BoN] Betrieb ohne Nutzen – BoN im Dienstleistungssektor, Brunner et al, BfE Bern, 2009
- [DIN 4701-10] Energetische Bewertung von heiz- und raumlufttechnischen Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung
- [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
- [EIN EN ISO 7730] Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit; Deutsche Fassung EN ISO 7730:2005. Ausgabe 2006-05
- [Ecoman] www.ecoman.org
- [EEG2004] Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich (Erneuerbare Energien Gesetz vom 21. Juli 2004). Bundesgesetzblatt 2004 Teil1 Nr. 40.
- [Efficient Servers 08] Energy efficient Servers in Europe, Bernd Schäppi, Österreichische Energieagentur und andere; Intelligent Energy Europe 2008
- [Effizienzkriterien HD] Effizienzkriterien für kommunale Gebäude in Heidelberg, Stadt Heidelberg, Amt für Umweltschutz, Energie und Gesundheitsförderung, 2003
- [Energy 2.0 Kompendium 2008] Energieeffizienz im Rechenzentrum – Hardware und Infrastruktur optimieren -, in Energy 2.0 Kompendium 2008 erschienen unter www.Energy20.net
- [EU 2014] Amtsblatt der Europäischen Union: Delegierte Verordnung (EU) Nr. 1253/2014 der Kommission vom 7. Juli 2014 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates hinsichtlich der Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Lüftungsanlagen
- [GHD 2015] Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013, Schlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), IREES, GfK, Fraunhofer ISI, IfE, Febr. 2015
- [Gloor] GLOOR ENGINEERING, CH-7434 SUFERS in www.energie.ch
- [HB-BEI 07] Energieeinsparung in Bildungseinrichtungen durch Gebäudebustechnik, Hochschule Bremen, Bremer Energie-Konsens 2007
- [IBM 2008] IBM Global Business services, Tickt der Norden grün, Klimaschutz, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit im Mittelstand, Befragung von mittelständischen Unternehmen in Norddeutschland im März/April 2008 www-05.ibm.com/de/ibm/green/pdf/IBM_Mittelstandsstudie_Gruener_Norden.pdf
- [Jakob/Jochem] Energieeffizienz, Kosten und Komfort in Gebäuden des Dienstleistungssektors, M. Jakob, E. Jochem, CEPE Zürich 2006

[leds]	www.leds.de
[LEE 2000]	Elektrische Energie im Hochbau: Leitfaden Elektrische Energie. Hrsg. Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten; 2. überarbeitete Fassung. Wiesbaden: 2000.
[Lichtklima]	Gutes Lichtklima, Ratgeber zur energieeffizienten Beleuchtungsmodernisierung, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, Wiesbaden 2005
[Nipkow 06]	Energieverbrauch und Einsparpotenziale bei Aufzügen, Jürg Nipkow, ARENA Zürich, in Bulletin SEV/VSE 9/06
[no-e Stand-by]	www.no-e.de/html/unglaublich.html
[PC-Arbeitsplatz]	Stromsparen am PC-Arbeitsplatz, energieSchweiz 2007
[PHI 31]	Protokollband Nr. 31, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III, Energieeffiziente Raumkühlung, Passivhausinstitut Juli 2005
[PHI Reglement]	Prüfreglement von Lüftungsgeräten, zentral, für die Zertifizierung als „Passivhaus geeignete Komponente“; Stand 24.9.2009, Passivhausinstitut, Darmstadt
[PHI Zertifizierung]	Zertifizierung als „Qualitätsgeprüftes Passivhaus“ – Kriterien für Passivhäuser mit Wohnnutzung bzw. für Passivhäuser mit Nicht-Wohnnutzung, Stand 6.8.2009, Passivhausinstitut, Darmstadt
[proKlima 2013]	Ihre Energie effizient eingesetzt – Informationen für Büros und Verwaltungen, Hannover 2013
[RLT 2015]	RLT-Richtlinie Zertifizierung, Herstellerverband Raumluftechnische Geräte e.v., August 2015
[test]	Geräte-Tests der Stiftung Warentest, Hefte der letzten Jahre
[UBA 09]	Beleuchtungstechnik mit geringerer Umweltbelastung, Umweltbundesamt 2009

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