

3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden	2
3.1 Bestimmung der Abnahmestruktur.....	2
3.1.1 Auswertung der Zählerinformationen	2
3.1.2 Beauftragung und Auswertung von Lastgangmessungen	4
3.1.3 Durchführung eigener Messungen	5
3.2 Grundlagen zur Bestimmung des Strombedarfs.....	5
3.2.1 Aufteilung auf verschiedene Energiedienstleistungen	5
3.2.2 Abgrenzung unterschiedlicher Nutzungsbereiche	7
3.2.3 Überschlägige Berechnung des Verbrauchs	8
3.3 Einsparpotential bei Beleuchtungsanlagen.....	9
3.3.1 Anforderungen an die Beleuchtungsstärke.....	9
3.3.2 Durchführung von Beleuchtungsmessungen mit dem Luxmeter.....	11
3.3.3 Möglichkeiten zur Reduktion der Beleuchtungsstärke	12
3.3.4 Möglichkeit zur Reduzierung der Benutzungsdauer von Beleuchtungsanlagen.....	12
3.3.5 Effizienz verschiedener Lampen- und Leuchtensysteme.....	14
3.4 Einsparpotential bei Lüftungs- und Klimaanlage.....	17
3.4.1 Anforderungen an den Lüftungs- und Kältebedarf.....	17
3.4.2 Möglichkeiten zur Reduzierung der Leistung bei Lüftungs- und Klimaanlage	17
3.4.3 Möglichkeiten zur Reduzierung der Laufzeit.....	19
3.5 Einsparpotential bei der Hilfsenergie Heizung.....	20
3.5.1 Kennwerte für den Strombedarf von Pumpen und Gebläsen	20
3.5.2 Möglichkeiten zur Reduzierung der Laufzeit.....	22
3.6 Einsparpotential bei Steckergeräten.....	22
3.6.1 Optimaler Betrieb von PC und Monitoren	22
3.6.2 Optimaler Betrieb von Druckern, Kopierern und Faxgeräten	24
3.6.3 Problematik bei Kühlschränken und Kaffeemaschinen.....	25
3.6.4 Auswahlkriterien für die Beschaffung energiesparender Geräte.....	25
3.7 Wirtschaftlichkeit von investiven Maßnahmen	27
3.7.1 Austausch von Lampen bzw. Leuchten (Arbeitsblatt 3)	27
3.7.2 Einbau eines neuen Lüftungsmotors (Arbeitsblatt 4)	28
3.7.3 Einbau einer Schaltuhr (Arbeitsblatt 5).....	28
Arbeitsblatt 1: Messungen mit dem Steckermeßgerät	29
Arbeitsblatt 2: Beleuchtungsmessung.....	30
Arbeitsblatt 3: Austausch von Leuchten.....	31
Arbeitsblatt 4: Austausch eines Lüftungsmotors	32
Arbeitsblatt 5: Nachrüstung einer Schaltuhr.....	33

3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

Wie hoch die Stromkosten für den Betrieb einer Liegenschaft sind, hängt stark von der technischen Ausstattung ab. Selbst bei Liegenschaften mit vergleichsweise geringer technischer Ausstattung gibt es häufig große Potentiale zur Reduzierung dieser Kosten.

Dieses dritte Seminar soll Ihnen helfen, die Stromanwendungen Ihrer Liegenschaft möglichst energie- und kostenbewusst zu betreiben. Sie werden typische Werte zur Effizienz von Stromanwendungen kennen lernen und Möglichkeiten, vorhandene Anlagen zu optimieren. Außerdem erfahren Sie, wie Sie den Strombedarf und die Stromkosten Ihrer Liegenschaft mit kostenlosen oder gering-investiven Maßnahmen verringern können.

Zum Abschluss werden Maßnahmen vorgestellt, die mit Investitionen verbunden sind. Für diese sollen Sie abschätzen können, ob sie wirtschaftlich sind oder nicht.

3.1 Bestimmung der Abnahmestruktur

Natürlich werden die Stromkosten durch den Stromverbrauch bestimmt. Neben diesen absoluten Verbrauchswerten ist aber auch die **Abnahmestruktur** ein wesentlicher Faktor für die Höhe der Stromkosten.

Zur Bestimmung der Abnahmestruktur benötigt man mindestens folgende Werte:

- Gesamtstromverbrauch Hochtarif (HT)
- Gesamtstromverbrauch Niedrigtarif (NT)
- bezogene Leistungsspitze

3.1.1 Auswertung der Zählerinformationen

Liegen Ihnen die Stromrechnungen für Ihre Liegenschaft vor, so können Sie die Verbrauchswerte für Hoch- und Niedrigtarif

direkt daraus ablesen. Bei **Sonderverträgen** ist jeden Monat die **bezogene Leistungsspitze** ebenfalls auf der Rechnung ausgewiesen. Der Leistungspreis bezieht sich auf die höchste durchschnittliche Leistung einer Viertelstunde im Abrechnungszeitraum. Diese **Spitzenleistung muss ein Jahr lang monatlich bezahlt werden!** (siehe auch Kapitel 1.4.1).

Haben Sie keine Kopie der Stromrechnungen erhalten, müssen Sie die entsprechenden Werte selbst berechnen. Die Verbrauchswerte ermitteln Sie aus der Differenz von neuem und altem Zählerstand. Diese Differenz muss noch mit dem **Faktor**, der auf dem Stromzähler vermerkt ist, multipliziert werden. In den Formularen "Berechnung der Referenzverbräuche" und "Ablesung der Zählerstände" (Kapitel 1 Anlagen F und G) wird dieser Faktor als Multiplikator bezeichnet.

Der Verbrauch berechnet sich also nach der unten stehenden Formel.

Diese Berechnung müssen Sie getrennt für den Stromverbrauch HT und NT durchführen. Die Leistungsspitze im Abrechnungszeitraum können Sie nur dann ermitteln, wenn in Ihrem Gebäude ein entsprechender Zähler installiert ist (Indexzahlen siehe Kap. 1.3.2.). Sollte dies nicht der Fall sein, benötigen Sie auf jeden Fall eine Rechnungskopie, um daraus den Wert zu entnehmen.

Tip:

Aus diesem Grund empfiehlt es sich, in jedem Falle eine Rechnungskopie anzufordern.

Die Berechnung der Werte für den Blindstrom erfolgt nach demselben Prinzip wie beim Hoch- und Niedrigtarif-Stromverbrauch. Blindstrom wird von der Mainova nur dann berechnet, wenn der Blindstromverbrauch 50 % des HT-Verbrauchs überschreitet (bei älteren Verträgen 62 %).

$$\text{Stromverbrauch} = (\text{Zählerstand neu} - \text{Zählerstand alt}) \times \text{Multiplikator}$$

Formel: Berechnung des Stromverbrauchs



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

Tipp:

Sollte in Ihrem Gebäude mehr als 250 €/a für Blindstrom abgerechnet werden, ist dies ein sicherer Hinweis darauf, dass Anlagen defekt oder zumindest nicht optimal ausgelegt sind. In diesem Fall sollten Sie mit der Abteilung Energiemanagement des Hochbauamts geeignete Maßnahmen überlegen, um den Blindstrombezug zu reduzieren.

Der Einbau einer **Kompensationsanlage** ist in den meisten Fällen wirtschaftlich.

Aus den Werten für Stromverbrauch und Leistungsspitzen können Sie einige Kennzahlen ermitteln, die als Hinweise auf normale oder zu hohe Energieverbräuche dienen.

Zuerst betrachten wir das Verhältnis von HT- zu NT-Verbrauch. Beträgt in einem normalen Bürogebäude beispielsweise der NT-Verbrauch mehr als ein Drittel des HT-Verbrauchs, werden während der Nacht

wahrscheinlich Anlagen betrieben, deren Betrieb zu dieser Zeit nicht nötig ist.

Ein weiterer interessanter Kennwert ist die Zahl der **Vollbenutzungsstunden**. Dazu wird der Gesamtverbrauch durch die maximal bezogene Spitze geteilt.

Eine hohe Zahl von Vollbenutzungsstunden führt zu einem geringeren durchschnittlichen Strompreis, da die Kosten für den Leistungsbezug auf eine große Zahl von kWh umgelegt werden (siehe Abb. 3.1).

Eine hohe Zahl von Vollbenutzungsstunden kann aber auch ein Hinweis auf einen zu hohen Stromverbrauch sein. Zum Vergleich können die Werte des Arbeitskreises Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV) herangezogen werden (siehe Tab. 3.1).

$$\text{Vollbenutzungsstunden} = (\text{Verbrauch HT} + \text{Verbrauch NT}) / \text{Leistungsspitze}$$
$$[\text{h/a}] = \quad [\text{kWh/a}] \quad / \quad [\text{kW}]$$

Formel: Berechnung der Vollbenutzungsstunden

Durchschnittlicher Strompreis bei unterschiedlichen Energieverbräuchen

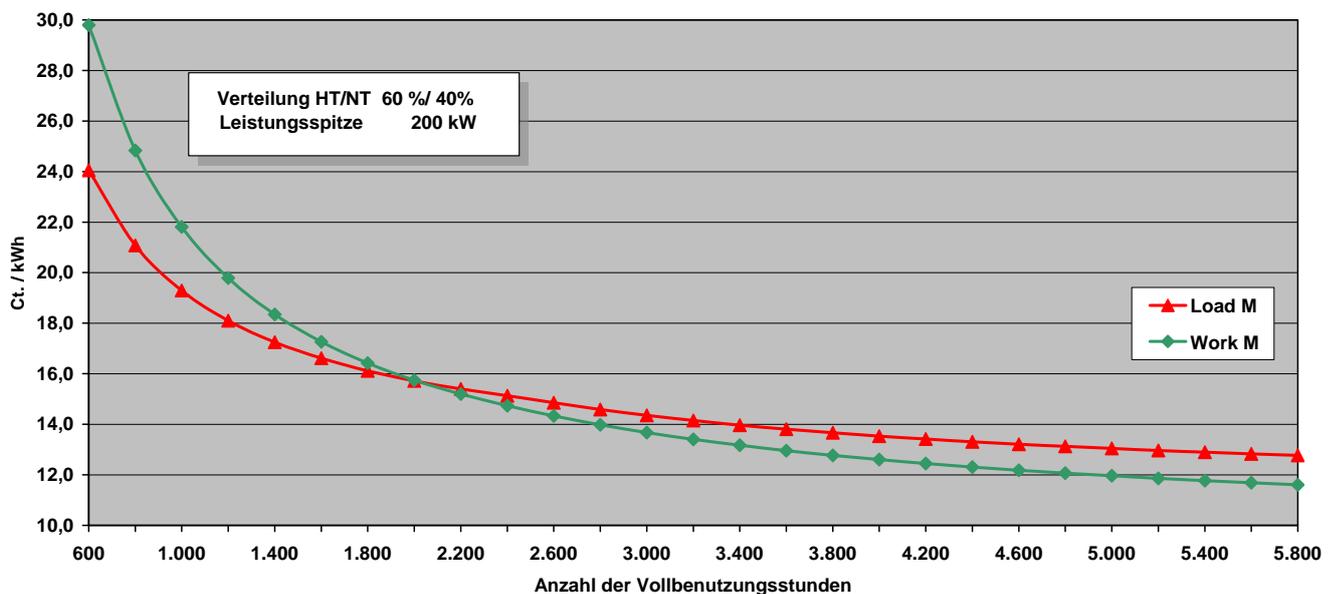


Abb. 3.1: Auswirkung der Vollbenutzungsstunden auf den durchschnittlichen Strompreis



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

Gebäudenutzung	Vollbenutzungsstunden [h/a]
Verwaltungsgebäude	1.000
Verwaltungsgebäude mit höherer technischer Ausstattung	1.800
Rechenzentrum	4.000 - 5.000
Krankenhäuser / Unikliniken	2.000 - 4.000
Schulen (zweischichtig)	1.000
Sportbauten	1.000
Schwimmhallen	3.000 – 5.000

Tab. 3.1: Anhaltspunkt für Vollbenutzungsstunden bei verschiedenen Gebäude-
nutzungen für Strom [Quelle: AMEV]

3.1.2 Beauftragung und Auswertung von Lastgangmessungen

Bei den meisten Liegenschaften ist es interessant, einen genaueren Überblick über den Tagesverlauf des Strombezugs zu erhalten. Dieser Verlauf wird als **Lastgang** bezeichnet.

Die Abteilung Energiemanagement im Hochbauamt Frankfurt führt Online ein Energiemonitoring von etwa 350 städtischen Liegenschaften durch (www.energiemonitoring.stadt-frankfurt.de). Darüber hinaus werden Lastgangmessungen zur Überprüfung des gewählten Tarifs von der Mainova auf Anfrage kostenlos durchgeführt. In der Regel reicht eine telefonische Anfrage bei der Mainova aus, um eine entsprechende Messung zu beantragen.

Die Messung wird in der Regel an der **Haupteinspeisung** vorgenommen. Der Strombezug sollte mindestens 14 Tage aufgezeichnet werden.

Anhand des Lastgangs können Sie z.B. feststellen, zu welcher Tageszeit der Stromverbrauch besonders hoch ist. Interessant ist auch die Höhe des Strombezugs während der Nacht oder an Wochenenden, vor allem im Vergleich zum Tag (siehe: Abb. 3.2).

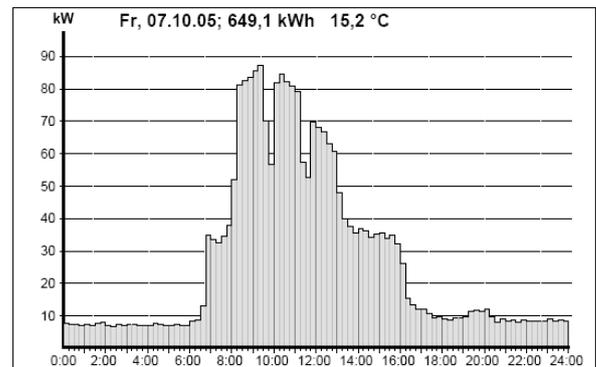


Abb. 3.2: Ergebnis einer Lastgangmessung

Tipp:

Auf den Zeitpunkt der Lastgangmessung kommt es an. Wenn in Ihrem Gebäude keine Klimatisierung installiert ist, lassen Sie die Messungen am Besten während des Winterhalbjahres durchführen. Wegen der Stromaufnahme von Pumpen und Beleuchtung wird die Lastspitze wahrscheinlich im Winter auftreten. Bei klimatisierten Gebäuden ist eine zusätzliche Messung während der Hitzeperiode sinnvoll.

Treten einzelne Lastspitzen auf, so ist es wichtig, die dazugehörigen Verbraucher (Geräte, Anlagen) zu ermitteln.

Tipp:

Sind mehrere Verbraucher gemeinsam für eine Lastspitze verantwortlich, überprüfen Sie zunächst, ob der gleichzeitige Betrieb entzerrt werden kann oder diese Geräte sogar gegeneinander verriegelt werden können.

Tipp:

Zeigt die Lastgangmessung einen hohen Stromverbrauch in der Nacht oder an Wochenenden, dann hilft nur eine Kontrolle zu den entsprechenden Zeiten. Sollten Verbraucher oder Anlagen unnötig in Betrieb sein, schalten Sie diese ab. Informieren Sie unbedingt auch die zuständigen Kolleg(inn)en und geben Ihnen den Hinweis, darauf zu achten, dass die Anlagen nachts und an Wochenenden ausgeschaltet werden.



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

3.1.3 Durchführung eigener Messungen

Neben der Messung des gesamten Strombezugs sind auch Messungen an einzelnen Verbrauchern zu empfehlen.

Wichtig: Ohne entsprechende Berufsausbildung dürfen Messungen nur mit Steckermessgeräten durchgeführt werden!

Solche Messungen können bei den meisten Verbrauchern mit **Energiekosten-Messgeräten** einfach durchgeführt werden. Die Messgeräte werden in die Steckdose, die Geräte dann in die Messgerätsteckdose gesteckt.



Abb. 3.3: Steckermessgerät

Die Energiekosten-Messgeräte können Sie für einen Zeitraum von drei Monaten bei der Abteilung Energiemanagement (Tel.: 212-40742 / 40743) ausleihen.

Wenn Sie eine entsprechende fachbezogene Berufsausbildung haben, können Sie auch Messungen mit dem Amperemeter durchführen. Ein Zangenamperemeter können Sie bei der Abteilung Energiemanagement ausleihen.

Mit dem Energiekosten-Messgerät, das im Rahmen des Seminarprogramms eingesetzt wird, lassen sich folgende Werte ermitteln:

- momentane Leistungsaufnahme
- Stromverbrauch während einer Messperiode
- Stromkosten während der Messperiode

In der Betriebsanleitung, die jedem Messgerät beiliegt, ist detailliert beschrieben, wie

die einzelnen Funktionen eingeschaltet werden.

Wichtig: Messungen mit dem Energiekosten-Messgerät dürfen nur an Geräten mit einer **Leistungsaufnahme bis max. 3.000 W** durchgeführt werden.

Mit Hilfe von Energiekosten-Messgeräten lassen sich so mit relativ kurzen Messzeiträumen der **Jahresenergieverbrauch** und die **jährlichen Energiekosten** einzelner Verbraucher verhältnismäßig leicht bestimmen. Zur Unterstützung Ihrer Messungen finden Sie in der Anlage das Arbeitsblatt 1.

Tipp:

Bei Geräten, die nicht ununterbrochen in Betrieb sind (z.B. Kühlschränke), ist es empfehlenswert, die Messung mindestens einen Tag lang durchzuführen, um genauere Aussagen über den Stromverbrauch zu erhalten.

Tipp:

Wollen Sie die Leistungsabnahme eines Geräts nur für einen bestimmten Betriebsmodus bestimmen (z.B. Stand-by-Betrieb), reicht etwa eine Minute zur Messung der entsprechenden Betriebsart aus.

3.2 Grundlagen zur Bestimmung des Strombedarfs

Um zu beurteilen, ob Ihr Gebäude energieeffizient betrieben wird, wollen wir ein paar Grundlagen zur Bestimmung des Strombedarfs erläutern.

3.2.1 Aufteilung auf verschiedene Energiedienstleistungen

Strom wird in Gebäuden zu unterschiedlichsten Zwecken benötigt. Bei der Beleuchtung, beim Betrieb von Arbeitsmitteln und Aufzügen - überall wird Strom als Energieträger eingesetzt.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten liegen in der Förderung von Wasser und Luft, in



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

Heizungs- und Klimaanlage sowie bei der Kälteerzeugung.

Einen Überblick über **spezifische Energieverbräuche** für verschiedene **Energiedienstleistungen** gibt die Tabelle 3.2.

Die Grenzwerte werden bei der Neu- und Sanierungsplanung angewendet. Sie bieten aber auch einen guten Ansatzpunkt, um die eigenen Energieverbräuche zu beurteilen.

Die Verteilung der Stromverbräuche auf einzelne Anwendungen ist dabei sehr unterschiedlich. Sind im Gebäude Klima- und Lüftungsanlagen installiert, so haben sie

häufig einen großen Anteil am Stromverbrauch.

Die Verteilung der Stromkosten auf die einzelnen Anwendungen ist ebenfalls sehr unterschiedlich. Da sich Gebäude mit und ohne Klimatisierung deutlich hinsichtlich der Zahl ihrer Vollbenutzungsstunden unterscheiden, teilen sich die Anteile an den Stromkosten anders auf als die Anteile am Stromverbrauch. Besonders bei Anlagen mit geringen Laufzeiten, wie beispielsweise Kältemaschinen, ergeben sich wesentlich größere Anteile an den Stromkosten als an den Stromverbräuchen.

Zone und Nutzungsstunden	Beispiele und Anforderungen	spezifischer Elektrizitätsbedarf kWh/(m ² ,a)]	
		Grenzwert	Zielwert
Beleuchtung			
Büro 2.750 h/a	Einzelbüro, 300 lx	10	6
	Büro mit erhöhten Anforderungen, 500 lx	16	10
Schulraum 2.000 h/a	Klassenraum überwiegend mit Tageslicht, 300 lx	7,5	5
	Hörsaal ohne Tageslicht, 500 lx	25	20
Verkehrswege	Treppenhaus 150 lx, Flure 100 lx, überwiegend mit Tageslicht	2,5	2
	Treppenhaus, Flure ohne Tageslicht	7,5	6
Lüftung			
Büro	Normale technische Ausstattung, Raucher, Wärmelast < 20 W/m ²	7,5	3,0
	Höhere technische Ausstattung, Raucher, Wärmelast < 30 W/m ²	15,0	7,5
Schulraum	7 m ² /Person, normaler Schulraum, Wärmelast < 20 W/m ²	4,6	1,5
Hilfsenergie Heizung (nur Grenzwerte)			
Gesamtes Gebäude	Bei Sanierung mit Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes und Neubauten	0,8	
Gesamtes Gebäude	Bestand	Max. 1% des Jahresenergiebedarfs für Raumheizung und Warmwasserbereitung	

Tab. 3.2: Grenz- und Zielwerte für bestimmte Energiedienstleistungen
[nach Leitfadens Elektrische Energie des Landes Hessen]



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

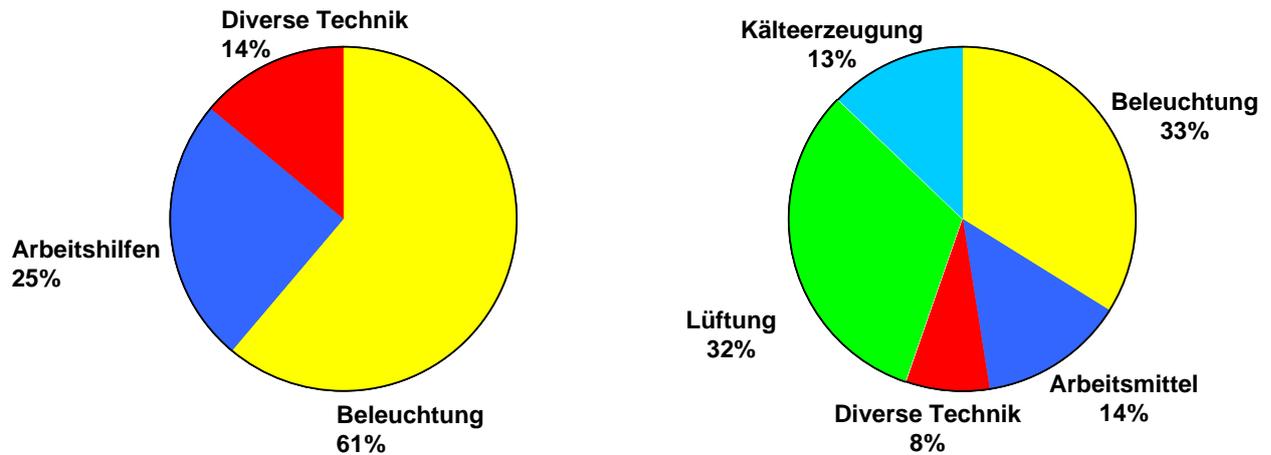


Abb. 3.4: Anteile am Stromverbrauch bei einem Verwaltungsgebäude ohne und mit Klimatisierung

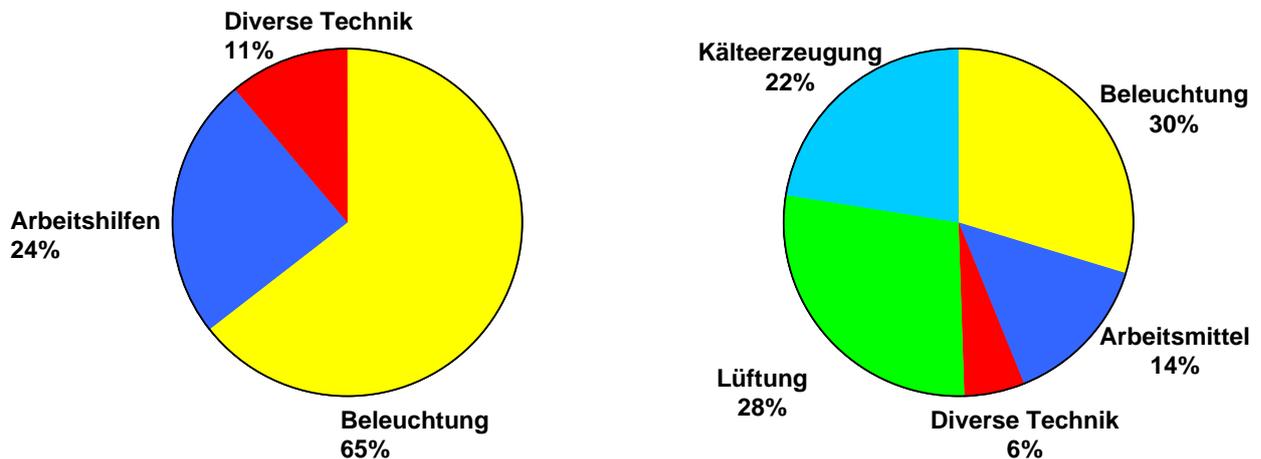


Abb. 3.5: Anteile an den Stromkosten bei einem Verwaltungsgebäude ohne und mit Klimatisierung

3.2.2 Abgrenzung unterschiedlicher Nutzungsbereiche

Um genauere Aussagen über den Stromverbrauch oder die Stromkosten zu machen, kann es sinnvoll sein, unterschiedliche Teile der Liegenschaft getrennt zu betrachten.

Bei Verwaltungsgebäuden, in denen ausschließlich Büros untergebracht sind, ist eine Unterteilung in der Regel nicht notwendig. Anders sieht es bei Gebäuden aus, die Bereiche mit unterschiedlicher Nutzung aufweisen. Ist im Gebäude beispielsweise eine Kantine untergebracht, sollte diese getrennt von den anderen Nutzungsbereichen betrachtet werden. Auch bei Schulen mit angeschlossener Sporthalle

sollten getrennte Berechnungen durchgeführt werden, da sowohl die Art der Nutzung als auch die Nutzungszeiten deutlich voneinander abweichen.

Tipp:

Das Formular "Festlegung der mittleren Nutzungsbedingungen" (siehe Kapitel 1, Anhang F) fragt nach diesen Bereichen unterschiedlicher Nutzung. Wenn Sie dieses Formular schon ausgefüllt haben, liegt die Einteilung dieser verschiedenen Nutzungsbereiche bereits fest, und Sie können die Werte für die Berechnungen der Stromverbräuche übernehmen.



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

3.2.3 Überschlägige Berechnung des Verbrauchs

Für den Stromverbrauch ist neben der Leistung, die elektrisch betriebene Geräte aufnehmen, die **Betriebsdauer** der Geräte ausschlaggebend. Wenn Sie die Leistungsaufnahme eines Geräts kennen, müssen Sie diesen Wert mit der Zahl der Stunden pro Jahr multiplizieren, die das Gerät voll in Betrieb ist, um den Jahresstromverbrauch zu erhalten.

Bei Geräten und Anlagen, die durchgängig die gleiche Leistungsaufnahme haben, während sie eingeschaltet sind, ist dies relativ einfach, wenn man die Einschaltzeiten genau genug abschätzen kann. Als Beispiel dafür können Beleuchtungsanlagen ohne Dimmer genannt werden.

Für unterschiedliche Nutzungen und Anlagen gibt es Erfahrungswerte, wie groß die Benutzungsdauer während eines Jahres ist.

Tipp:

Wenn Sie die Leistungsaufnahme einzelner Geräte oder Anlagen in Ihrer Liegenschaft kennen, können Sie mit den Tabellenwerten den Jahresstromverbrauch relativ einfach berechnen.

Schwieriger ist diese Berechnung bei Anlagen, die unterschiedliche Betriebszustände haben oder deren Benutzungsdauern nicht bestimmt werden können. Das gilt zum Beispiel für Kühlschränke. Deren Leistungsaufnahme hängt stark

Jahresstromverbrauch	=	Leistungsaufnahme	x	Vollbenutzungsdauern
[kWh/a]		[kW]		[h/a]

Formel: Berechnung des Jahresstromverbrauchs

Zone und Nutzungsdauern	Beispiel	Vollbenutzungsdauern	
		Allgemeine Richtwerte	Verschärfte Richtwerte
Beleuchtung			
Büro 2.750 h/a	Überwiegend mit Tageslicht, 300 lx	1.000	500
	Zum Teil mit Tageslicht, 500 lx	1.500	1.100
Schulraum 2.000 h/a	Überwiegend mit Tageslicht, 300 lx	750	400
	Zum Teil mit Tageslicht, 500 lx	1.000	750
Verkehrsflächen 2.750 h/a	Überwiegend mit Tageslicht, 100 lx	1.000	500
	Ohne Tageslicht, 100 lx	2.750	2.400
Lüftung			
Büro 2.750 h/a	Mechanische Belüftung	2.750	2000
Schulraum 2.000 h/a	Mechanische Belüftung	2.000	1.200
Kälteerzeugung			
Büro 2.750 h/a	Innere Wärmelasten 30 W/m ²	550	400
	Innere Wärmelasten 40 W/m ²	800	600

Tab. 3.3: Typische Vollbenutzungsdauern von Anlagen und Geräten



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

davon ab welche Solltemperatur eingestellt ist, wie oft sie geöffnet werden oder wie hoch die Umgebungstemperatur ist.

Ein weiteres Beispiel sind Computer, die während des Betriebs im **Stand-by-Modus** und während der Nutzung unterschiedliche Leistungsaufnahmen haben.

Tipp:

Wenn Sie den Jahresstromverbrauch von Steckergeräten mit variabler Leistungsaufnahme oder nicht bekannten Benutzungsstunden bestimmen wollen, nutzen Sie das Energiekosten-Messgerät. Messen Sie den Stromverbrauch über einen Tag - oder besser noch über eine Woche - und rechnen Sie dann entsprechend hoch.

Aus den Werten für den Jahresstromverbrauch können Sie auch die Jahresenergiekosten für den Betrieb der Anlage oder des Geräts berechnen. Dazu benötigen Sie den **durchschnittlichen Strompreis**. Sie ermitteln ihn aus den Rechnungsdaten des Energieversorgers.

Die Jahresstromkosten für den Betrieb einer Anlage oder eines Geräts ergeben sich dann aus der Multiplikation des berechneten Strompreises mit dem berechneten Jahresstromverbrauch des Geräts.

Bei der Berechnung des durchschnittlichen Strompreises für eine Liegenschaft legt man eine gemeinsame Zahl an Vollbenutzungsstunden für alle Stromverbraucher zugrunde.

Da jede Anlage und jedes Gerät zu unterschiedlichen Zeiten und unterschiedlich lang genutzt wird, ließe sich theoretisch für jeden einzelnen Verbraucher ein eigener durchschnittlicher Strompreis ermitteln. Für eine erste Betrachtung, wie hoch die Stromkosten für den Betrieb eines Geräts oder einer Anlage sind, ist die beschriebene Vorgehensweise jedoch ausreichend.

3.3 Einsparpotential bei Beleuchtungsanlagen

Besonders bei Gebäuden ohne Klimatisierung machen die Stromverbräuche durch die **Beleuchtungsanlagen** einen wesentlichen Anteil an den Stromkosten aus. Unabhängig von der sonstigen technischen Ausstattung der Liegenschaft liegen die größten Potentiale zur Senkung der Energiekosten oft bei den Beleuchtungsanlagen. Dies gilt sowohl für die Chancen eines verbesserten **Nutzerverhaltens** als auch für Maßnahmen, die mit einem geringen investiven Aufwand verbunden sind.

3.3.1 Anforderungen an die Beleuchtungsstärke

Bevor Sie Potentiale zur Reduzierung des Stromverbrauchs von Beleuchtungsanlagen kennen lernen, wollen wir uns mit der Notwendigkeit von Beleuchtung und den zugehörigen Rahmenbedingungen beschäftigen.

Wir brauchen an vielen Stellen Licht, zum

$$\begin{array}{l} \text{Jahresstromverbrauch} = \text{Verbrauchsanzeige Messgerät} \times 8.760 / \text{Dauer der Messung} \\ \text{[kWh/a]} \quad \quad \quad = \quad \quad \quad \text{[kWh]} \quad \quad \quad \times \text{ [h/a]} / \quad \quad \quad \text{[h]} \end{array}$$

Formel: Berechnung des Jahresstromverbrauchs bei Messung mit dem Energiekostenmessgerät

$$\begin{array}{l} \text{Durchschnittlicher Strompreis} = \text{Jahreskosten für Strom} / \text{Jahresstromverbrauch} \\ \text{[€/kWh]} \quad \quad \quad = \quad \quad \quad \text{[€/a]} \quad \quad \quad / \quad \quad \quad \text{[kWh/a]} \end{array}$$

Formel: Berechnung des durchschnittlichen Strompreises

$$\begin{array}{l} \text{Jahresstromkosten Gerät} = \text{Stromverbrauch Gerät} \times \text{durchschnittlicher Strompreis} \\ \text{[€/a]} \quad \quad \quad = \quad \quad \quad \text{[kWh/a]} \quad \quad \quad \times \quad \quad \quad \text{[€/kWh]} \end{array}$$

Formel: Berechnung der Jahresstromkosten



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

Beispiel, um gefahrlos Verkehrswege benutzen zu können. Auch an Arbeitsplätzen benötigen wir Licht, um die von uns geforderten Aufgaben lösen zu können. Dabei ist es ganz erheblich, um welche Aufgaben es sich handelt. Für unterschiedliche Tätigkeiten und Situationen sind daher verschiedene **Beleuchtungsstärken**.

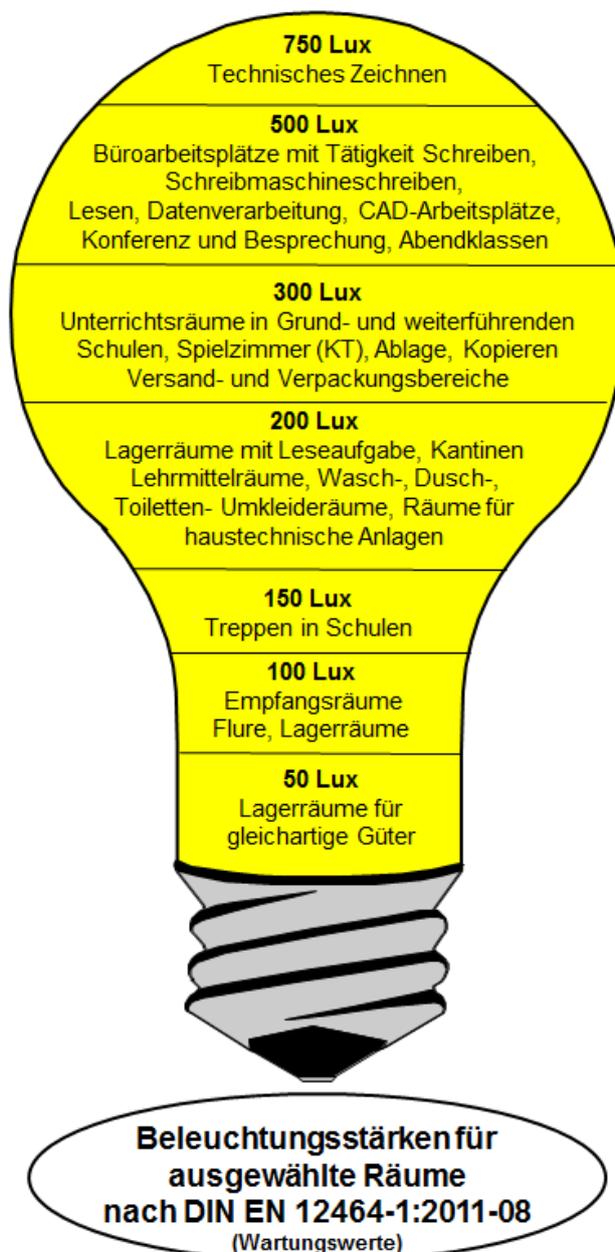


Abb. 3.6: Anforderung an die Beleuchtungsstärke nach DIN EN 12464

In der **DIN EN 12464** sind einzelne Werte für Beleuchtungsstärken verschiedener Arbeitsanforderungen festgehalten. Die Zahlen basieren auf Erfahrungen und Messreihen von Medizinern, Arbeitsergonomen und Sicherheitsfachleuten. Die in der DIN festgelegten Werte ermöglichen ein ermüdungsfreies Arbeiten bzw. erhöhte Sicherheit auf Verkehrswegen und sollten deswegen nicht unterschritten werden. Die Beleuchtungsstärke wird in **Lux** (Abkürzung: lx) gemessen.

Da Leuchtmittel in ihrer Leistung nachlassen und Leuchtkörper verschmutzen, verringert sich mit der Zeit die Beleuchtungsstärke der Anlage. Die neue DIN EN 12464 sieht vor, dass die Werte während der ganzen Nutzungszeit eingehalten werden müssen. Es wird daher nicht wie früher von einer Nennbeleuchtungsstärke sondern von einem so genannten **Wartungswert** ausgegangen. Unterschreitet die Beleuchtungsstärke den vorgegebenen Wert, ist eine **Wartung** (Reinigung der Leuchtenkörper, Austausch des Leuchtmittels oder Reinigung/ Renovierung der reflektierenden Umgebungsflächen) vorzunehmen.

Um nicht in kurzen Abständen Wartungen durchführen zu müssen, werden die Beleuchtungsanlagen in der Regel stärker ausgelegt, so dass auch bei gut ausgelegten Anlagen die Beleuchtungsstärke am Anfang die Richtwerte der DIN EN 12464 überschreitet.

Ein wichtiger Punkt bei der Messung von Beleuchtungsstärken ist die Berücksichtigung der **Messhöhe**. Die in der DIN EN geforderten Beleuchtungsstärken beziehen sich auf die Höhe im Raum, an der die entsprechende Helligkeit benötigt wird. Bei Arbeitsplätzen ist dies in der Regel die Arbeitsebene, bei Büroarbeitsplätzen z.B. der Schreibtisch. Bei Verkehrswegen wird in einer Höhe von 20 cm über dem Boden gemessen.

3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden



3.3.2 Durchführung von Beleuchtungsmessungen mit dem Luxmeter

Um die Beleuchtungsanlagen in Ihren Gebäuden zu beurteilen, benötigen Sie Werte, ob die geforderten Beleuchtungsstärken eingehalten werden. Entsprechende Messungen können mit dem **Luxmeter** durchgeführt werden.

Im Rahmen des Seminarprogramms wurden Luxmeter beschafft. Diese können Sie für einen Zeitraum von drei Monaten bei der Abteilung Energiemanagement (Tel.: 212-40742 / 40743) ausleihen.

Das Luxmeter hat einen beweglichen **Lichtsensor**, damit Sie die Messungen bequem in der jeweiligen Nutzebene durchführen können. Am Luxmeter lässt sich die Lichtfarbe auswählen. Die ausgewählte **Lichtfarbe** wird im Display angezeigt.

Vor der Messung muss die entsprechende Lichtfarbe eingestellt werden. Während einer Messreihe sollten Sie die Lichtfarbe nicht umstellen, da das Luxmeter bei unterschiedlichen Lichtfarben mit gleicher Beleuchtungsstärke voneinander abweichende Werte anzeigt.

Sie erhalten ein korrektes Messergebnis, wenn Sie am Schalter "LIGHT SOURCE" folgende Einstellungen wählen:

1. Messung bei Tageslicht und Glühlampen
Einstellung 1 = 2856°
2. Messung von Beleuchtungsanlagen mit Leuchtstoff-Lampen
Einstellung 2 = Fluorescent
3. Messung von Beleuchtungsanlagen mit Natriumdampf-Lampen
Einstellung 3 = Natrium
4. Messung von Beleuchtungsanlagen mit Quecksilberdampf-Lampen
Einstellung 4 = Mercury

Tipp:

Nachdem Sie die Lichtfarbe gewählt haben, können Sie den Lichtsensor einfach waagrecht in die Messebene halten und am Display die Beleuchtungsstärke ablesen.

Meßaufgabe	Höhe der Meßebene
Allgemeinbeleuchtung	0,85 m
Verkehrsflächen, Treppen, Flure	0,20 m
Turn-, Sport-, Gymnastikhallen	1,00 m
Einzelplätze	jeweilige Nutzebene

Tab. 3.4: Höhe der Messebene bei Beleuchtungsmessungen

Tipp:

Es ist empfehlenswert, Messungen an mehreren Stellen vorzunehmen. Bei Büroarbeitsplätzen sind mindestens vier Messpunkte auf der Schreibtischoberfläche zu empfehlen.

Tipp:

Denken Sie daran, dass es in einem Raum unterschiedliche Sehaufgaben gibt. Unterscheiden Sie bei Messungen, dass direkt am Arbeitsplatz andere Werte für Beleuchtungsstärken einzuhalten sind, als z.B. an den Regalen im selben Raum.

Für Messungen der Beleuchtungsanlagen müssen Sie den Raum abdunkeln, damit durch den Tageslichteinfluss keine Messfehler entstehen.

Tipp:

Manche Räume kann man nicht abdunkeln. Wenn Sie in einem solchen Raum messen, führen Sie an einem Messpunkt unmittelbar nacheinander zwei Messungen durch: einmal bei eingeschalteter und einmal bei ausgeschalteter Beleuchtung. Die tatsächliche Beleuchtungsstärke erhalten Sie dann aus der Differenz zwischen den beiden Werten.

Für Messungen der Beleuchtungsanlagen finden Sie als Anhang das Arbeitsblatt 2, in welches Sie die wichtigsten Angaben und Messwerte eintragen können.



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

Tipp:

Kopieren Sie sich das Arbeitsblatt vor der ersten Messung, damit Sie in mehreren Räumen Messergebnisse notieren können.

3.3.3 Möglichkeiten zur Reduktion der Beleuchtungsstärke

Die Anschlussleistung der Beleuchtung sollte zwischen 2 und 2,5 W pro m² und 100 lux liegen. Stellen Sie bei Ihren Messungen fest, dass die Beleuchtungsstärken höher als gefordert sind, dann haben Sie einen ersten Ansatzpunkt, Strom zu sparen.

Tipp:

Am einfachsten ist das natürlich bei Leuchten mit mehreren Leuchtmitteln. Hier bietet es sich an, einzelne Leuchtmittel zu entfernen. Danach kontrollieren Sie aber auf jeden Fall noch einmal, ob die geforderten Werte mit der reduzierten Beleuchtung noch eingehalten werden.

Tipp:

Sind die geforderten Werte nach dem Entfernen von Leuchtmitteln unterschritten, kontrollieren Sie zunächst einmal die Leuchte, bevor Sie Ihre Maßnahme wieder rückgängig machen. Viele Leuchten sind einfach verschmutzt. Schon eine Reinigung des Leuchtgehäuses kann zur ausreichenden Beleuchtungsstärke führen.

Es gibt aber noch weitere Möglichkeiten, die Helligkeit von Räumen zu verbessern. Dazu gehört beispielsweise eine möglichst helle Farbe von Decken und Wänden.

Tipp:

Wenn in Ihrem Gebäude Renovierungen anstehen, geben Sie den entscheidenden Stellen den Hinweis, möglichst helle Farben zu verwenden.

In vielen Räumen sind die Leuchten nicht optimal angeordnet, oder es werden Leuchtentypen mit schlechter **Effizienz** verwendet. Hier kann eine Sanierung der Beleuchtungsanlage die Situation deutlich verbessern. Solche Beleuchtungssanierun-

gen sind in vielen Fällen wirtschaftlich durchzuführen.

Bei richtig positionierten Leuchten lässt sich die Beleuchtungsstärke beispielsweise dadurch steigern, dass die Leuchten näher an die Nutzebene herangebracht werden (**Abpendeln**). Bei Leuchten mit mehreren Lampen kann dann unter Umständen ein Leuchtmittel entfernt werden.

Tipp:

Prüfen Sie ob Anbauleuchten zum Abpendeln geeignet sind. Ist dies der Fall und die Leuchten haben mehr als eine Lampe, lassen Sie probeweise die Leuchte abpendeln und eine Lampe entfernen.

Dabei ist aber auf die **Gleichmäßigkeit** der Beleuchtung zu achten. In der unmittelbaren Arbeitsumgebung sollte der Unterschied zwischen mittlerer und minimaler Beleuchtungsstärke nicht größer als **50 %** sein.

Wesentlich größere Erfolge werden meist bei einer kompletten Sanierung der Beleuchtungsanlage erzielt. In diesem Fall lassen sich die Leuchten optimal platzieren und neue Leuchtentypen mit höherer Effizienz einsetzen.

Die Leistungsaufnahme für die Beleuchtung der Räume sinkt gegenüber dem vorhergehenden Zustand deutlich ab, wobei zum Teil die Qualität der Beleuchtung trotzdem deutlich gesteigert werden kann. Auf die Effizienz von Lampen- und Leuchtensystemen und deren Bedeutung gehen wir im Kapitel 3.3.5 noch genauer ein.

3.3.4 Möglichkeit zur Reduzierung der Benutzungsdauer von Beleuchtungsanlagen

Der Energieverbrauch von Beleuchtungsanlagen ist nicht nur von der Effizienz und Zahl der Leuchtmittel, sondern auch stark von ihrer Einschaltdauer abhängig. Je länger die Beleuchtung in Betrieb ist, desto höher sind Energieverbrauch und daraus resultierende Stromkosten. Deswegen ist es wichtig, die Beleuchtung nur dann

3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden



einzuschalten, wenn sie auch wirklich benötigt wird.

Benötigt wird eine Beleuchtung, wenn das Tageslicht, das in den Raum einfällt, nicht für die geforderte Beleuchtungsstärke ausreicht und Personen im Raum anwesend sind. Da in den wenigsten Gebäuden Beleuchtungssteuerungen oder -regelungen installiert sind, liegt hier eine wesentliche Aufgabe für Sie als Energiebeauftragte(r) im Zusammenspiel mit den Gebäudenutzern.

Weil das Ein- und Ausschalten meist nur von denjenigen beeinflusst werden kann, die den Raum nutzen, ist eine ständige **Kommunikation** mit Ihren Kolleg(inn)en an dieser Stelle wünschenswert.

Tipp:

Sprechen Sie Ihre Kolleg(inn)en darauf an, dass Sie die Beleuchtung ruhig ausschalten können, wenn Sie den Raum verlassen. Die Lebensdauer der Lampen wird dadurch nicht wesentlich beeinflusst, obwohl das allgemein noch immer angenommen wird. Der Einspareffekt ist aber enorm. Es bietet sich an, die Aufkleber "Licht ausgeschaltet?" einzusetzen und sie an Türen oder Türrahmen anzubringen.

Typische Beispiele sind Klassenräume während der Pausen und Büroräume während der Mittagspause und bei Besprechungen.

Oft brennt die Beleuchtung auch dann, wenn das Tageslicht eigentlich ausreicht. Meist wird die Beleuchtung morgens eingeschaltet, wenn es kein oder kein ausreichendes Tageslicht gibt. Wird es später heller, vergisst man leicht, die Beleuchtung wieder auszuschalten. Die Lichtstärke des Tageslichts ist an den meisten Tagen wesentlich höher als die der Beleuchtung, so dass man die Helligkeit der Beleuchtungsanlage einfach nicht wahrnimmt.

Tipp:

Wenn Sie erkennen, dass die Beleuchtung trotz ausreichendem Tageslicht eingeschaltet ist, sprechen Sie Ihre Kolleg(inn)en freundlich darauf an. Machen Sie klar, dass Ihnen die Schwierigkeit, eine eingeschaltete Beleuchtung bei Tageslicht überhaupt zu bemerken, bewusst ist. Genauso wie nahezu jeder die Beleuchtung fast automatisch einschaltet, wenn er morgens sein Büro betritt, muss der Automatismus für das Ausschalten erst noch erlernt werden. Es kann daher schon einige Zeit dauern, bis Ihre Bemühungen von Erfolg gekrönt werden.

Beispiel: Büro mit 4 Leuchtstofflampen a 58 W mit KVG = 4 x 71 W = 284 W

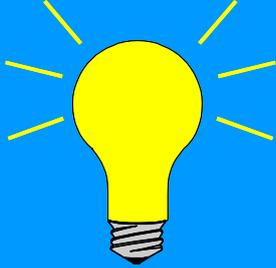
	100%	75%	50%
			
Brenndauer [h/Tag]	6	4,2	3,5
Brenndauer [h/Jahr]	1440	1000	840
Stromverbrauch [kWh/Jahr]	409	284	239
Einsparung		30,5 %	41,7 %
		125 kWh / Jahr	170 kWh / Jahr
		17,90 € / Jahr	24,30 € / Jahr

Abb. 3.7: Jährliche Einsparung bei reduzierter Benutzungsdauer der Beleuchtung



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

Die effizienteste Art, die Benutzungsdauer zu reduzieren, ist eine **Beleuchtungssteuerung**. Diese schaltet die Beleuchtung erst dann ein, wenn Personen im Raum sind und schaltet auch wieder aus, wenn die Personen den Raum verlassen haben. Über einen **Lichtsensord** wird die Beleuchtungsstärke gemessen, und die Beleuchtung so weit gedimmt, dass die geforderten Werte eingehalten werden.

Mit solchen Systemen lässt sich der Energieverbrauch von Beleuchtungsanlagen auf 50 % reduzieren. Nachteilig ist, dass Lichtsteuerungen sehr aufwendig und in der Regel nur im Rahmen einer Gesamt-sanierung der Beleuchtungsanlage wirtschaftlich sind.

Einfacher sind Beleuchtungssteuerungen mit **Bewegungsmeldern**. Bei Nutzungsbereichen mit geringer Nutzungsdauer bietet sich unter Umständen eine entsprechende Nachrüstung an. In Gebäudebereichen, in denen aus Sicherheitsgründen während der Nachtstunden das Licht brennen muss, ist eine solche Nachrüstung fast immer wirtschaftlich.

Noch einfacher ist eine zentrale Steuerung in Schulen, die in den Pausen nach 5 Minuten das Licht ausschaltet (selbst in den Wintermonaten ist es dann ausreichend hell). Bei Bedarf kann der Nutzer dann wieder individuell einschalten.

Tipp:

Wenn zu Ihrer Liegenschaft Bereiche mit Außenbeleuchtungen oder Tiefgaragen gehören, lässt sich mit Bewegungsmeldern die Benutzungsdauer deutlich reduzieren. Bei Außenbeleuchtungen sind kombinierte Systeme mit Lichtsensoren sinnvoll, welche die Beleuchtung erst dann freigeben, wenn das Tageslicht nicht mehr ausreicht.

Auch bei relativ selten genutzten Räumen mit schlecht zugänglichen Schaltern oder bei Räumen, deren Aufteilung nicht unbedingt erkennen lässt, ob noch jemand anwesend ist, bietet sich der Einsatz von Bewegungsmeldern (evtl. mit zusätzlichem Geräuschsensor) an. Bei diesen Räumen fühlt sich oft niemand dafür zuständig, die Beleuchtung

auszuschalten. Überprüfen Sie, ob der Raum mit einer geringen Zahl von Bewegungsmeldern überwacht werden kann, da ansonsten die Wirtschaftlichkeit gefährdet ist.

3.3.5 Effizienz verschiedener Lampen- und Leuchtensysteme

Im Kapitel 3.3.3, Möglichkeiten zur Reduktion der Beleuchtungsstärke, wurde es bereits kurz angesprochen: Einsparpotentiale bei den Beleuchtungsanlagen liegen einerseits darin, die Beleuchtungsstärke im Raum zu reduzieren, wenn sie bei aktueller Ausstattung die Werte der DIN 12464 überschreitet. Andererseits lohnt es sich, über die Effizienz der eingesetzten Beleuchtung nachzudenken. Verschiedene **Lampen- und Leuchtensysteme** weisen ganz unterschiedliche Leistungsaufnahmen bei gleicher Beleuchtungsstärke auf.

Um eine bestimmte Beleuchtungsstärke zu erreichen, kann daher mit anderen Lampen eine erhebliche Einsparung erreicht werden. Die Effizienz einer Lampe wird als **Lichtausbeute** bezeichnet und beschreibt, welcher Lichtstrom bei einer bestimmten elektrischen Leistung erzielt wird. Die Einheit für den Lichtstrom ist **Lumen (lm)**. Die Lichtausbeute lässt sich dann in lm/W angeben. Je höher dieser Wert ist, umso größer ist die Effizienz der Lampe. Die Beleuchtungsstärke wird in $\text{Lux} = \text{Lumen/m}^2$ gemessen; mit diesem Wert wird also keine Aussage über die Effizienz der Beleuchtungsanlage getroffen.

Setzen Sie möglichst die Lampen mit der größten Effizienz ein. Zu verschiedenen Leuchten passen aufgrund ihrer Bauform nur bestimmte Lampen. Diese können deswegen nicht beliebig ausgetauscht werden.

Energiesparend ist ein Lampentausch vor allem dann, wenn Sie einfach eine Lampe mit einer geringeren Leistung einsetzen können. Ein gutes Beispiel ist der Austausch einer Glühlampe gegen eine **Kompaktleuchtstofflampe**. Die aufgenommene Leistung verringert sich dabei um etwa 75 - 80 % bei gleicher Beleuchtungsstärke.

3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

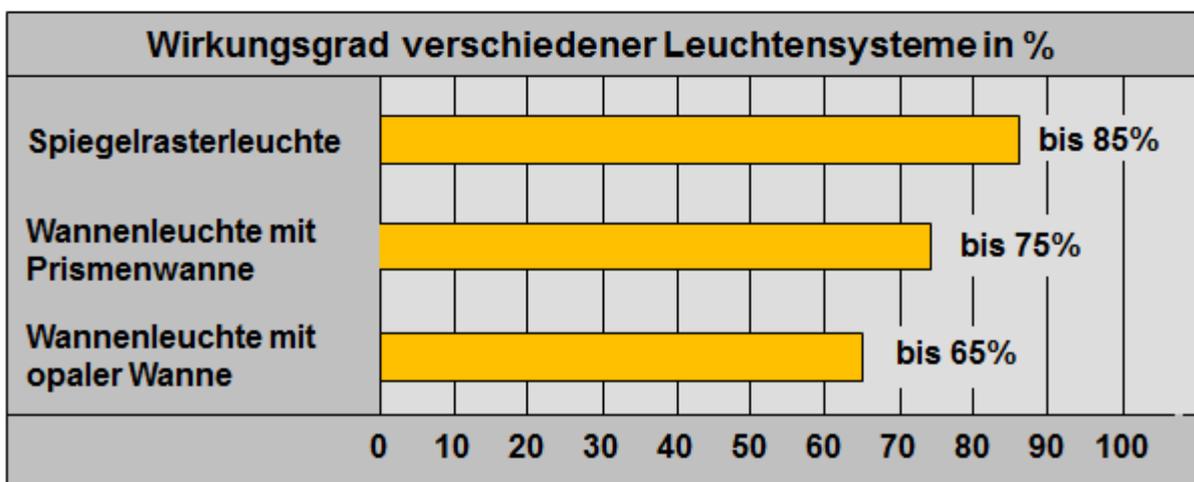
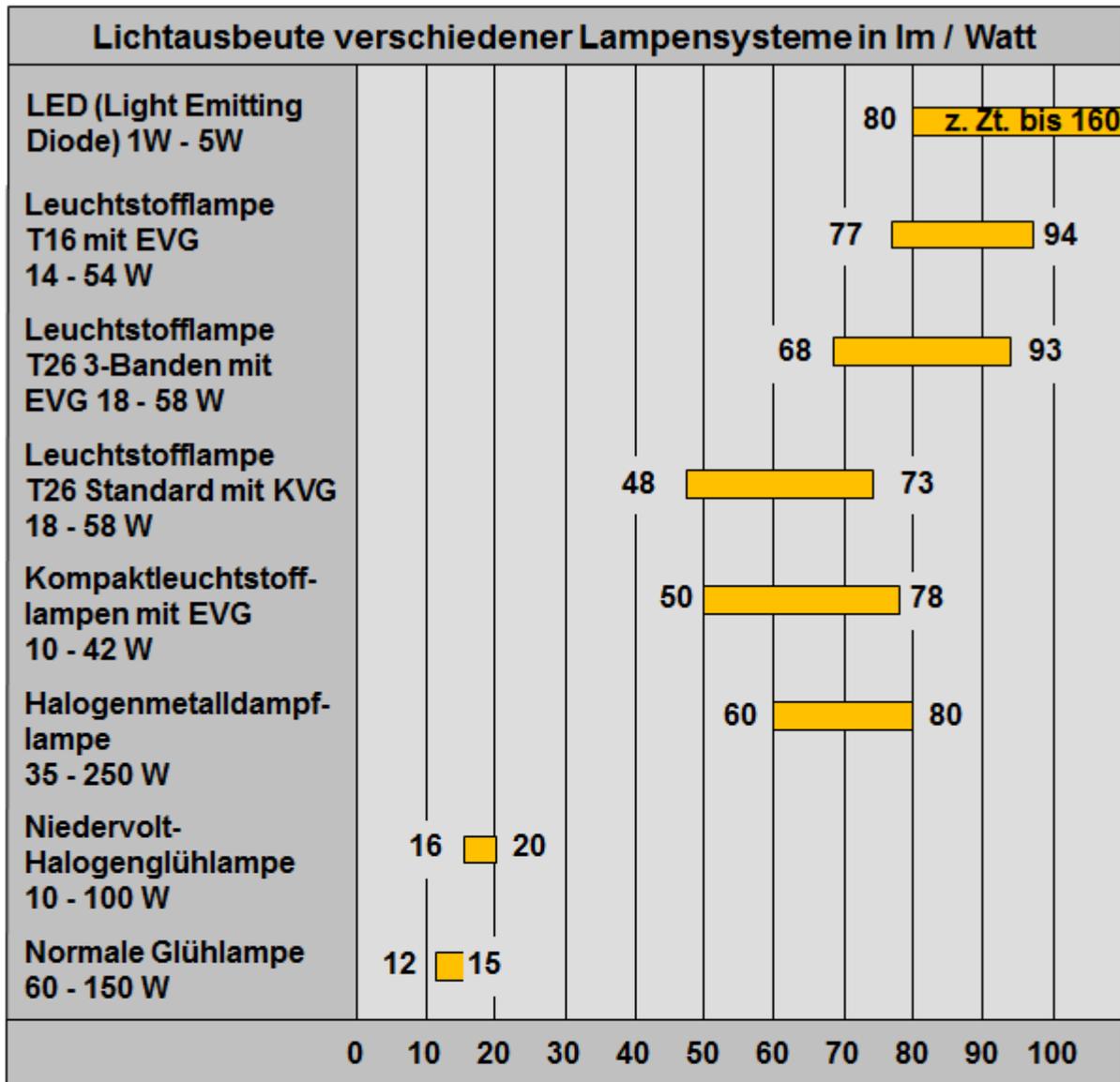


Abb. 3.8: Lichtausbeute verschiedener Lampen- und Leuchtensysteme



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

Tipp:

Tauschen Sie Glühlampen bei Allgemeinbeleuchtung und in Leuchten, die häufig genutzt werden, immer gegen Kompaktleuchtstofflampen aus. Der Wechsel wird schon bei einer Benutzungsdauer von 500 Stunden pro Jahr wirtschaftlich. 500 h/a entsprechen einer durchschnittlichen Brenndauer von zwei Stunden am Tag. Besser ist ein Austausch gegen LED-Leuchtmittel, dabei aber die Wirtschaftlichkeit berücksichtigen, da diese noch höhere Preise haben.

Tipp:

Eine der wirtschaftlichsten Maßnahmen ist dabei der Einsatz von LED-Lampen bei Fluchtwegkennzeichen, da diese ständig beleuchtet sind. Lassen

Bei einem Austausch von Standard-Leuchtstofflampen **gegen Dreiband-Leuchtstofflampen** bleibt dagegen die Stromaufnahme gleich. Dafür erhöht sich der Lichtstrom um bis zu 30 %. Theoretisch könnte eine Lampe mit kleinerer Leistung eingesetzt werden. Leuchtstofflampen unterschiedlicher Leistung sind aber verschieden lang, in bestehenden Beleuchtungsanlagen können daher Standard-Leuchtstofflampen nur gegen Dreiband-Leuchtstofflampen gleicher Wattzahl ausgetauscht werden. Ein energiesparender Effekt tritt nur dann auf, wenn mit dem Austausch der Lampen deren Anzahl reduziert werden kann.

Tipp:

Auch wenn kein energiesparender Effekt eintritt, sollten Sie dem Einsatz von Dreiband-Lampen den Vorzug geben da sie bei gleichem Energieverbrauch 30 % mehr Lichtausbeute liefern.

Darüber hinaus ist die wirtschaftliche Nutzungsdauer von Dreiband-Leuchtstofflampen wesentlich höher (s. Tab 3.5).

Leuchtstofflampen benötigen zum Betrieb **Vorschaltgeräte**. Auch bei Vorschaltgeräten gibt es verschiedene Typen. In den meisten

älteren Leuchten sind noch konventionelle Vorschaltgeräte (**KVG**) eingesetzt.

Lampentyp	Nutzungsdauer in h
LED-Lampen	ca. 50.000
3-Banden-Leuchtstofflampe am EVG longlife	bis 43.000
3-Banden-Leuchtstofflampe am EVG	ca. 17.000
Standard - Leuchtstofflampe am KVG	ca. 4.000
Kompaktleuchtstofflampe	ca. 8.000
Kompaktleuchtstofflampe longlife	ca. 12.000
Glühlampe	ca. 1.000

Tab. 3.5: Nutzungsdauer verschiedener Lampentypen

Diese haben z.B. für 58 W-Leuchtstofflampen eine Verlustleistung von rund 13 W. Das System aus Leuchtstofflampe und Vorschaltgerät hat somit eine Gesamtleistungsaufnahme von 71 W.

Bei verlustarmen Vorschaltgeräten (**VVG**) ist diese Verlustleistung auf etwa 8 W reduziert. Das vergleichbare System hat dann nur noch eine Leistungsaufnahme von 66 W. Werden elektronische Vorschaltgeräte (**EVG**) eingesetzt, sinkt die Leistungsaufnahme des Systems aus Leuchtstofflampe und Vorschaltgerät auf 55 W bei gleichem Lichtstrom wie im oben genannten Beispiel.

Die Nachrüstung von EVG bei alten Leuchten scheidet meist aus wirtschaftlichen Gründen aus. Bei einer Erneuerung der Beleuchtungsanlage sollte ihr Einsatz unbedingt geprüft werden. Bei einer Benutzungsdauer von mehr als 1.000 Stunden pro Jahr (entspricht ca. 4 h/Tag) sollten EVG in jedem Fall zum Einsatz kommen. Neue Leuchten mit T8- und T5-Lampen sind generell mit EVG ausgerüstet und haben gegenüber den älteren T16- und T26-Lampen eine noch höhere Lichtausbeute, längere Lebensdauer und geringere Verschmutzungsneigung.

Nicht nur die Lampen selbst, auch die eingesetzten Leuchtentypen haben einen



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

entscheidenden Einfluss auf den Wirkungsgrad einer Beleuchtungsanlage. Einfache Einbauleuchten mit opaken Abdeckungen haben einen geringen Transmissionsgrad und lassen daher vergleichsweise wenig Licht durch. Die Betriebswirkungsgrade liegen bei etwa 50 %. Besser sind Prismen-Abdeckungen deren Wirkungsgrad ca. 60 % beträgt.

Tipp:

Wenn an Leuchten Abdeckungen getauscht werden müssen, achten Sie darauf, dass opale durch Prismen-Abdeckungen ersetzt werden.

In vielen Leuchten werden aus Kostengründen keine **Spiegelreflektoren** verwendet. Dabei verbessert sich der Betriebswirkungsgrad der Leuchten bei Verwendung dieser Reflektoren um bis zu 40 %.

Tipp:

Für einige Leuchtentypen bieten die Hersteller Reflektoren zum Nachrüsten an. Bei zweilampigen Leuchten kann durch den Einbau der Reflektoren eventuell eine der beiden Leuchtstofflampen entfernt werden. Fragen Sie im Fachhandel nach entsprechenden Nachrüstmöglichkeiten.

3.4 Einsparpotential bei Lüftungs- und Klimaanlage

Sind in Ihrer Liegenschaft Lüftungs- und Klimaanlage installiert, verursachen diese, wie schon erwähnt, neben den Beleuchtungsanlagen in der Regel den größten Stromverbrauch. Dies liegt zum einen an den hohen spezifischen elektrischen Leistungen, die zur Förderung von Luft benötigt werden. Zum anderen bedingt die hohe Zahl der Benutzungsstunden von Lüftungsanlagen deren großen Energieverbrauch.

3.4.1 Anforderungen an den Lüftungs- und Kältebedarf

Die Notwendigkeit der Lüftung von Räumen haben wir bereits im Kapitel 2.2.3 Lüftungs-

wärmebedarf behandelt. Dabei stand der Heizenergiebedarf der Anlagen im Vordergrund, während es in diesem Kapitel um den Stromverbrauch geht, der zur Förderung der Luft notwendig ist.

Die nach **DIN 1946** notwendigen **Außenluftvolumenströme** finden Sie in Kapitel 2, Seite 12. Neben dem notwendigen Außenluftvolumenstrom können noch andere Kriterien die Luftmenge bestimmen, die in einer Lüftungsanlage gefördert werden muss (z.B. Raumluftqualität IDA nach DIN 13779).

In Räumen, in denen schädliche Abgase entstehen, richtet sich die Auslegung der Lüftungsanlage nach der maximalen Arbeitsplatzkonzentration (MAK) für diese Gase.

Bei Küchen und anderen Räumen mit hohen inneren Wärmelasten bestimmen die maximale Raumtemperatur und -feuchte den notwendigen Luftvolumenstrom.

Werden Räume klimatisiert, steht neben dem notwendigen Außenluftvolumenstrom die **Kühllast** des Raumes im Vordergrund. Bei Klimaanlage, welche die Räume ausschließlich mit Luft kühlen, können bis zu zehnfache Luftwechsel notwendig sein.

Für einen Raum mit 12 m² Grundfläche und einer Raumhöhe von 2,5 m bedeutet dies, dass eine Zuluft von 300 m³/h benötigt wird. Arbeitet nur eine Person in diesem Raum, wäre bei einem unklimatisierten Raum nur ein Außenluftvolumenstrom von 20 m³/h erforderlich.

Entscheidend für den Kältebedarf ist die Einhaltung der geforderten Raumtemperaturen. Die Temperatur in klimatisierten Räumen sollte nur so weit gesenkt werden, wie nach den Richtlinien erforderlich (siehe Abb. 3.9).

3.4.2 Möglichkeiten zur Reduzierung der Leistung bei Lüftungs- und Klimaanlage

Wie bei der Förderung von Wasser in Rohrleitungen entstehen auch beim Lufttransport **Druckverluste**. Vergleichbar zum Rohrnetz steigen diese Druckverluste im Luftkanalnetz quadratisch zum Volumenstrom an.

3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

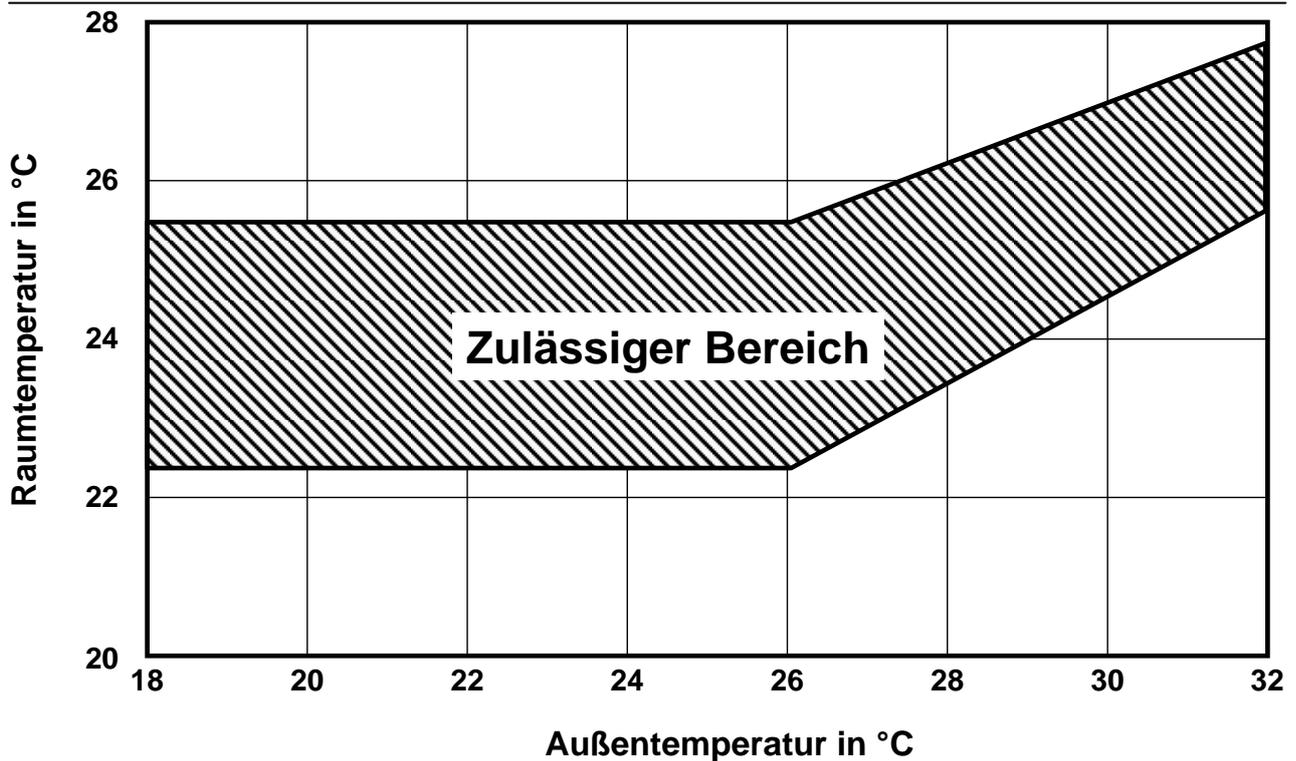


Abb. 3.9: Temperatur-Richtwerte für klimatisierte Räume im Kühlfall [Quelle: DIN 1946 Teil 2]

Beispiel: Bei einer vorhandenen Lüftungsanlage wird der Volumenstrom um 25 % von 4.000 m³/h auf 3.000 m³/h reduziert. Der Druckverlust, der vorher 1.000 Pascal (Pa) betragen hat, reduziert sich jetzt auf rd. 562 Pa. Dies entspricht einer Reduzierung um fast 44 %. Die Leistungsaufnahme des Lüftermotors (Systemwirkungsgrad 70 %) verringert sich von 1,6 kW auf theoretisch 0,6 kW. Bei einer Nutzungsdauer von 3.000 Stunden pro Jahr können - bei einem durchschnittlichen Strompreis von 20 Ct./kWh - mit dieser einfachen Maßnahme ca. 600 € jährlich eingespart werden.

Während Wasser mit Pumpen gefördert wird, sind für Lüftungsanlagen Ventilatoren erforderlich. Die Förderung von Luft erfordert wesentlich höhere Leistungen als die von Wasser. Daher benötigen Ventilatoren relativ hohe Antriebsleistungen. Aufgrund dieser hohen Leistungsaufnahme der Ventilatoren ist es also besonders wichtig, dass nur soviel Luft gefördert wird, wie unbedingt notwendig.

Tipp:

Werden Räume nur belüftet – nicht klimatisiert - multiplizieren Sie die maximale Personenzahl in den Räumen mit der notwendigen Außenluft rate (siehe Tabelle 2.3, Kapitel 2, Seite 12). Sollte dieser Wert kleiner sein als der angegebene Wert in den technischen Unterlagen oder auf dem Typenschild Ihrer Anlage, können Sie gemeinsam mit der Abteilung Energiemanagement des Hochbauamtes prüfen, ob die Leistung der Anlage reduziert werden kann.

Sind in diesen Räumen weniger Personen anwesend als berechnet oder geplant, reicht ein kleinerer Volumenstrom aus.

Tipp:

Bei vielen Lüftungsanlagen gibt es die Möglichkeit, sie auf kleinerer Stufe zu betreiben. Sind in belüfteten Räumen weniger Personen anwesend, nutzen Sie diese Möglichkeit aus.

Zudem führt ein kleinerer Volumenstrom zu einer Verringerung der Beschwerden über trockene Luft im Winter.

3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden



Ist Ihr Gebäude klimatisiert, lohnt es sich, alle Möglichkeiten auszuschöpfen, den Kältebedarf zu verringern.

Ein wichtiger Schritt ist der optimale Betrieb von Beleuchtungsanlagen. Sind Beleuchtungsanlagen ausgeschaltet, wenn sie nicht benötigt werden, verbrauchen sie erstens keinen Strom und erzeugen zweitens auch keine Wärme, die von der Klimaanlage abgeführt werden muss. Der optimale Betrieb von Beleuchtungsanlagen hat also bei klimatisierten Gebäuden einen doppelten Nutzen.

Tipp:

In klimatisierten Gebäuden sollten Sie mit den Nutzern die Wirkung von Sonnenschutzeinrichtungen besprechen. Nur wenigen Personen ist bewusst, dass die Nutzung von Rollos oder Vorhängen bei starker Sonneneinstrahlung nicht nur die Helligkeit im Raum beeinflusst. Zusätzlich tritt der Effekt auf, dass die Kühllast und damit der Energieverbrauch zur Kälteerzeugung erheblich reduziert werden kann.

Dabei sollten Sie aber darauf achten, dass der **Sonnenschutz** so eingestellt ist, dass nicht sofort die Beleuchtung eingeschaltet werden muss und den Einspareffekt wieder aufhebt. Dazu ist die Kippfunktion der Außenjalousien zu nutzen. Die Jalousien sind so einzustellen, dass der Schatten der höher gelegenen Lamelle gerade noch auf die darunter liegende fällt.

Für den Betrieb von Kältemaschinen gibt es weitere Tipps, die einen effizienten Betrieb ermöglichen.

Tipp:

Schalten Sie Kältemaschinen erst dann ein, wenn die Außentemperaturen einen Kühlbetrieb rechtfertigen. Müssen in Ihrem Gebäude keine technischen Anlagen gekühlt werden, so ist das erst ab Außentemperaturen von ca. 15°C der Fall. Sollten Probleme auftreten, muss die Freigabe auch bei geringeren Temperaturen erfolgen. Tasten Sie sich langsam an die untere Temperaturgrenze heran, bei der die Kältemaschine eingeschaltet werden muss.

Kältemaschinen laufen umso effizienter, je geringer der Unterschied zwischen der Kaltwassertemperatur und der Temperatur der Rückkühlung ist. Bei einer Standardauslegung hat die Erhöhung der Kaltwasser-Vorlauftemperatur um 1 K eine Reduzierung der Leistungsaufnahme von rund 7 % zur Folge.

Tipp:

Wenn in Ihrem Gebäude eine Kältemaschine installiert ist, erhöhen Sie an einem heißen Tag die Kaltwasser-Vorlauftemperatur um 1°C. Beobachten Sie, ob die Leistung der versorgten Anlagen noch ausreicht, um die Räume auf die gewünschte Temperatur zu kühlen. Ist dies der Fall, können Sie die Vorlauftemperatur so lange weiter erhöhen, bis Sie den Punkt erreicht haben, an dem die gewünschten Temperaturen gerade noch erreicht werden. Kennen Sie einmal diese Vorlauftemperatur, können Sie an kühleren Tagen die Temperatur etwas anheben.

3.4.3 Möglichkeiten zur Reduzierung der Laufzeit

Aufgrund der hohen elektrischen Leistung von Klima- und Lüftungsanlagen ist es besonders wichtig, dass diese nur dann betrieben werden, wenn sie tatsächlich benötigt werden.

Tipp:

Außerhalb der Gebäudenutzungszeiten sollten Lüftungsanlagen grundsätzlich ausgeschaltet werden. Ausnahmen sind nur dann nötig, wenn technische Anlagen (z.B. EDV-Räume) gekühlt oder schädliche Dämpfe abgeführt werden müssen.

Wenn ein Gebäude ausschließlich über die Klimaanlage beheizt wird, kann es an sehr kalten Tagen notwendig sein, die Anlage auch während der Nacht laufen zu lassen.

Tipp:

Stellen Sie fest, ab welchen Temperaturen der Betrieb der Klimaanlage in den Nachtstunden erforderlich ist, damit das



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

Gebäude nicht zu stark auskühlt. Wie Sie experimentell ermitteln, wann die Anlage morgens wieder in Betrieb genommen werden muss, wurde schon im Kapitel 2.4.3 für die Optimierung der Aufheiz- und Absenkezeitpunkte beschrieben.

In manchen Gebäuden kann es zur Vermeidung von Geruchsbelästigungen notwendig sein, kurz vor Betriebsbeginn das Gebäude zu durchspülen. Der Betrieb vor der eigentlichen Nutzungszeit sollte so weit eingeschränkt werden, wie dies ohne Belästigung der Nutzer möglich ist.

Die einfachste Methode, die Laufzeiten an den tatsächlichen Bedarf anzupassen, ist die Verwendung von **Schaltuhren**. Schaltuhren mit Wochenprogramm bieten dabei den Vorteil, die Anlagen nicht nur in den Nachtstunden, sondern auch am Wochenende abschalten zu können.

Tipp:

Rüsten Sie in Ihrer Liegenschaft die Lüftungsanlagen mit Schaltuhren nach, wenn dies bisher noch nicht geschehen ist.

Haben einzelne Räume stark unterschiedliche Belegungszeiten, kann eine Schaltung installiert werden, die das Schaltuhrenprogramm für einen frei wählbaren Zeitraum überbrückt. Die Schaltuhr kann dann auf die Betriebszeiten eingestellt werden, die für den normalen Betrieb ausreichend ist. Falls ein Raum dann länger genutzt wird, kann die Anlage von den Nutzern mit einem im Raum angebrachten Schalter für diese Zeit wieder in Betrieb gesetzt werden.

Eine weitere Möglichkeit, die Laufzeit der Lüftungsanlagen an die tatsächliche Nutzung anzupassen, ist die Verwendung von **CO₂-Fühlern** mit entsprechender Ansteuerung der Lüftungsanlage. Die vom Fühler gemessene CO₂-Konzentration in der Abluft ist ein Maß dafür, wie stark der Raum belegt ist.

Unterschreitet die CO₂-Konzentration den eingestellten **Grenzwert**, wird die

Lüftungsanlage auf eine kleinere Stufe gefahren. Wird der Grenzwert überschritten, schaltet die Anlage in die nächst höhere Stufe. Bei Antrieben mit **Frequenzumformer** kann der Betrieb stufenlos geregelt werden.

Bei derart gesteuerten Anlagen muss gewährleistet sein, dass die Luft auch bei geringen Volumenströmen noch in den Aufenthaltsbereich gelangt und der Raum ausreichend durchspült wird. Es gibt für diesen Anwendungsfall auch spezielle Luftauslässe, die sich den veränderten Bedingungen automatisch anpassen. Diese sind allerdings recht teuer und daher nur selten wirtschaftlich einsetzbar.

Tipp:

Wenn in Ihrer Liegenschaft Räume belüftet werden, die sehr unterschiedlich genutzt werden, sprechen Sie die Mitarbeiter der Abteilung Energiemanagement an, um die Möglichkeiten einer CO₂-Steuerung zu prüfen.

Tipp:

Ist aus anlagentechnischen Gründen eine entsprechende Schaltung nicht möglich, kann vielleicht die Mischluftklappe über die CO₂-Konzentration angesteuert werden. Dann wird zwar kein Strom gespart, aber der Heizenergieverbrauch gesenkt.

3.5 Einsparpotential bei der Hilfsenergie Heizung

Heizungsanlagen werden oft nur nach dem Heizenergieverbrauch beurteilt. Um die Heizungsanlage überhaupt betreiben zu können, sind jedoch Aggregate wie **Pumpen** und **Gebälse** erforderlich, die elektrische Energie verbrauchen. Da Pumpen eine sehr hohe Zahl von Benutzungsstunden aufweisen, sind die daraus resultierenden Energieverbräuche von wesentlicher Bedeutung.



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

3.5.1 Kennwerte für den Strombedarf von Pumpen und Gebläsen

Wie groß der Stromverbrauch von Heizungspumpen ist, hängt von unterschiedlichen Kriterien ab. Der Zusammenhang zwischen umgewälzter Wassermenge, Druckverlusten im Rohrnetz und Pumpenleistung wurde schon in Kapitel 2.4.4 erörtert.

Daraus lässt sich ableiten, dass nur soviel Wasser gefördert werden soll, wie zum Betrieb der Heizungsanlage erforderlich ist. Wird mehr Wasser gefördert, erhöhen sich lediglich die Strömungsverluste, ohne dass Sie davon einen Nutzen haben.

Tipp:

Reduzieren Sie die Pumpendrehzahl so weit, dass die Funktion der Heizungsanlage noch gewährleistet ist. Reduzieren Sie die Drehzahl in Schritten, bis die Grenzen der Heizungsanlage erreicht sind.

Bei richtig dimensionierten Heizungspumpen und Rohrnetzen gibt es Faustregeln, wie groß die elektrische Leistungsaufnahme der Heizungspumpe sein sollte.

In einer Heizgruppe mit Heizkörpern kann man davon ausgehen, dass die spezifische **Pumpenleistung** etwa 1 W je 1 kW maximale Heizleistung in dem versorgten Kreis nicht überschreiten sollte. Beträgt die maximale Heizleistung in einem Heizkreis Ihrer Liegenschaft 50 kW, sollte sich die Leistungsaufnahme der Pumpe auf etwa 50 W belaufen.

Tipp:

Ermitteln Sie aus den technischen Unterlagen die Heizleistung in einem bestimmten Strang. Auf der Pumpe ist in der Regel die maximale Leistungsaufnahme der einzelnen Stufen verzeichnet. Die tatsächliche Leistungsaufnahme ist kleiner als die angegebene maximale Leistung. Wenn aber die aufgeführte Leistung deutlich mehr als 2 W pro 1 kW Heizleistung beträgt, ist es auf jeden Fall lohnend, sich mit dem Thema Drehzahlreduzierung zu beschäftigen.

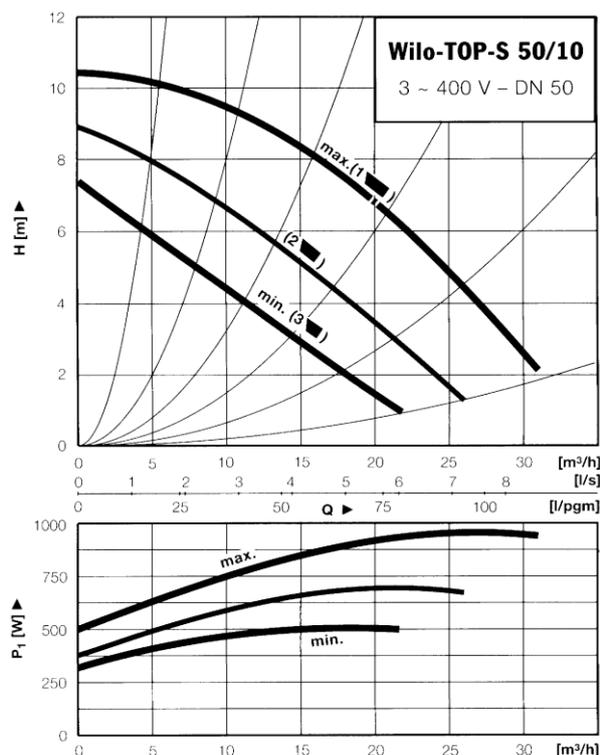


Abb. 3.10: Auswirkung der Drehzahlreduzierung der Heizungspumpe auf den Stromverbrauch

Außerdem sind nach der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009 §14) in Gebäuden mit mehr als 25 kW Nennwärmeleistung nur Pumpen einzubauen die sich in mindestens drei Stufen selbsttätig dem Förderbedarf anpassen

Auch bei **Zirkulationspumpen** sollte die Einstellung der Drehzahl geprüft werden. Dies betrifft in erster Linie große Gebäude mit weit verzweigten Zirkulationsnetzen. Bei einer kleinen Zirkulation sind in der Regel nur einstufige Pumpen eingesetzt.

Tipp:

Sollte in Ihrem Gebäude eine drehzahlregelbare Zirkulationspumpe installiert sein, können Sie auch hier die Drehzahl schrittweise senken, bis gerade noch an allen Zapfstellen warmes Wasser zur Verfügung steht.

3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden



Bei **Gebälsebreunern** haben Sie wenige Möglichkeiten, den Stromverbrauch zu beeinflussen. Wenn Sie aber die Hinweise aus dem Heizungsseminar zur Abschaltung von Heizkesseln beachten, verringern Sie gleichzeitig auch den Stromverbrauch des Gebläses.

3.5.2 Möglichkeiten zur Reduzierung der Laufzeit

Sind Ihre Heizungspumpen optimal auf die Förderleistung abgestimmt, haben Sie noch immer eine Möglichkeit, den Energieverbrauch zu senken. Zu jedem Zeitpunkt, zu dem die Pumpe nicht benötigt wird, sollte sie ausgeschaltet werden.

Für die Warmwasserzirkulation ist eine solche selbsttätige Einrichtung nach der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009 §14) Pflicht.

Tipp:

Wird zum Beispiel im Sommer die Heizung außer Betrieb genommen, sollten Sie darauf achten, dass auch die Heizungspumpen abgeschaltet sind.

Tipp:

Zum Schutz der Pumpe gegen Festsitzen sollte sie während dieser Zeit etwa einmal in der Woche für 1-2 Minuten in Betrieb genommen werden – allerdings keinesfalls während der Spitzenlastzeit.

Auch in der **Übergangszeit** können die Heizungspumpen während des Absenkbetriebs der Heizungsanlage außer Betrieb genommen werden, ohne dass es zu Engpässen bei der Heizungsversorgung kommt.

Damit die Pumpen wieder rechtzeitig in Betrieb gehen, bietet sich eine Einschaltung über **Schaltuhren** an. Diese lassen sich relativ einfach in Schaltschränken nachrüsten. Davon ausgenommen sind die Kesselpumpen, die nach den Kriterien der Kesselhersteller ein- und ausgeschaltet werden.

Besonderes Augenmerk sollte den Zirkulationspumpen gewidmet werden. Im Heizungsseminar ist dieses Thema unter

dem Aspekt der Heizenergieeinsparung schon einmal behandelt worden.

Auch zur Senkung der Stromkosten sollten Zirkulationspumpen mit Schaltuhren betrieben werden. Damit die Zirkulationspumpe stets außerhalb der Nutzungszeit abgestellt werden kann, ist es notwendig, Schaltuhren mit Wochenprogramm zu verwenden.

Der Betrieb lässt sich noch weiter optimieren, wenn zusätzlich ein Anlegethermostat an der Zirkulationsleitung angebracht wird. Die Zirkulationspumpe wird dann abgeschaltet, wenn am Ende des Zirkulationsnetzes die eingestellte Temperatur überschritten wird. Der Schaltthermostat gibt die Pumpe erst dann wieder frei, wenn die untere Temperaturgrenze unterschritten wird.

3.6 Einsparpotential bei Steckergeräten

Nicht jedes Gebäude wird belüftet oder klimatisiert; so genannte **Steckergeräte** finden sich jedoch überall. Diese Geräte, die direkt in Steckdosen gesteckt werden und vergleichsweise kleine Leistungen haben, verursachen in der Summe oft einen hohen Energieverbrauch.

3.6.1 Optimaler Betrieb von PC und Monitoren

An den meisten Arbeitsplätzen gehört der Computer inzwischen zur Standardausstattung. Der Betrieb von **PC** und dazugehöriger **Peripherie** (Tastatur, Monitor, Drucker, Plotter, Scanner und mehr) macht daher einen erheblichen Anteil am Stromverbrauch öffentlicher Liegenschaften aus. Eine Erhebung des Energiemanagements im Jahre 2011 ergab, dass über 25 % des städtischen Stromverbrauchs Geräten der Elektronischen Datenverarbeitung (EDV) zu zuschlagen ist.

Durch den optimalen Betrieb von PC und Monitor lassen sich demzufolge erhebliche Stromsparpotentiale erschließen.

Der wichtigste Punkt diesbezüglich ist – wie so oft – die Nutzungszeit. Der PC sollte nur dann eingeschaltet sein, wenn er wirklich gebraucht wird.



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

Tipp:

Viele PCs werden morgens automatisch eingeschaltet, wie die Beleuchtung. Dies ist für viele Menschen sozusagen ein psychologischer Beweis des sofortigen Tätigkeitseinsatzes. Energetisch deutlich günstiger ist es jedoch, wenn der Rechner erst dann eingeschaltet wird, wenn er zum ersten Mal benötigt wird.

Tipp:

Wenn Sie gerade mit etwas anderem beschäftigt sind, sollten Sie den Monitor sofort abschalten. Bei einer Unterbrechung der PC-Arbeit von mehr als einer Stunde kann der Rechner auch komplett ausgeschaltet werden.

Viele PC-Nutzer sind davon überzeugt, dass der **Bildschirmschoner** nicht nur den Bildschirm, sondern auch den Geldbeutel schont. Dabei verbraucht ein eingeschalteter Monitor bei Bildschirmschoner-Betrieb fast genauso viel Strom wie im Normalbetrieb.

Tipp:

Statt der Nutzung des Bildschirmschoners ist es energetisch und finanziell viel sinnvoller in der Systemsteuerung eine

kurze Zeit für die automatische Abschaltung des Monitors einzustellen.

Tipp:

Auch wenn die automatische Abschaltung eingestellt ist, sollte der Monitor in Arbeitspausen zusätzlich von Hand abgeschaltet werden. Dadurch lässt sich der Stromverbrauch je nach Gerät noch weiter verringern.

Wie groß die Unterschiede in den einzelnen Betriebszuständen sind, zeigt die Abb. 3.11. Wie Sie in der Abbildung erkennen können, verbraucht der Rechner selbst dann noch Strom, wenn Sie PC und Monitor ausgeschaltet haben.

Tipp:

Nach Feierabend und vor dem Wochenende sollten die Geräte vom Netz getrennt werden. Dazu eignen sich schaltbare Steckerleisten. Allerdings vorab mit dem Administrator klären, ob auch die PCs vom Stromnetz getrennt werden dürfen. Mit dem Einsatz einer Steckerleiste steigt im Allgemeinen die Bereitschaft, die Geräte nach Betriebsschluss vom Netz zu trennen.

Leistungsaufnahme von Computern bei verschiedenen Betriebszuständen
(Betriebssystem Windows XP)

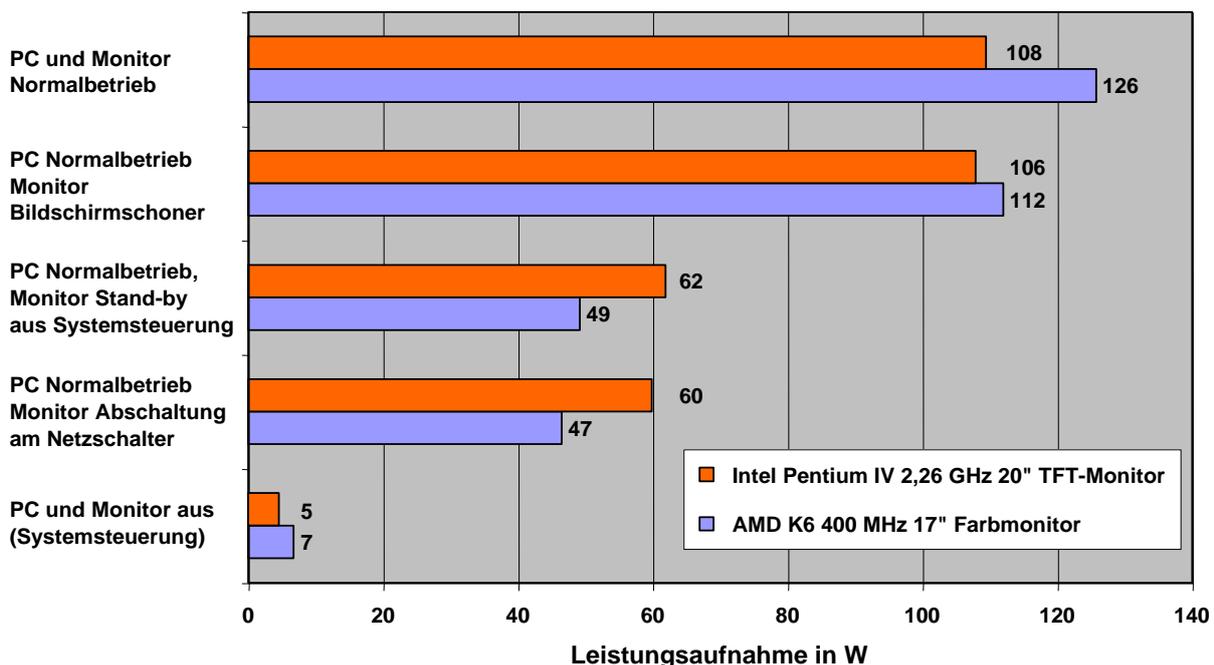


Abb. 3.11: Leistungsaufnahme eines PCs bei verschiedenen Betriebszuständen
Seminarprogramm für die Energiebeauftragten der Stadt Frankfurt am Main – Stand 10/2015

3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden



Die **Leistungen eines PC-Arbeitsplatzes** mit Windows 7, einer 2,5 GHz CPU und einem 22" TFT-Bildschirm betragen etwa 40 Watt, wobei davon ca. 20 Watt jeweils auf den Bildschirm und den PC entfallen. Im **3D-Bildschirmschoner-Modus** hat allein der PC eine Leistungsaufnahme von über **30 W**. Bei hoher Rechenleistung hat der o. g. Rechner eine Anschlussleistung von ca. 40 W. Der abgeschaltete, aber mit dem Stromnetz verbundene PC verbraucht etwa 0,7 W und im Energiesparmodus ca. 1,5 W (Messungen von 2015).

3.6.2 Optimaler Betrieb von Druckern, Kopierern und Faxgeräten

Noch entscheidender ist das **Ausschalten** der Geräte bei Nichtbenutzung. Hier sind insbesondere Kopierer, Drucker und Faxgeräte zu nennen. Bei Kombi- bzw. Netzwerkgeräten ebenfalls vorab mit dem **Administrator** die Möglichkeiten einer Abschaltung klären.

Auch ihr Betrieb kann mit einfachen Maßnahmen optimiert werden, ohne dass der Komfort des Benutzers leidet.

Tipp:

Drucker sollten erst dann eingeschaltet werden, wenn der erste Druckauftrag des Tages ansteht, nicht schon beim Einschalten des Rechners. Nach dem letzten Druckvorgang sollte der Drucker abgeschaltet und der Netzstecker gezogen werden. Wenn Sie eine schaltbare Steckerleiste verwenden, können Sie PC, Monitor und Drucker gleichzeitig ausschalten.

Tipp:

Dokumente müssen meist nicht sofort ausgedruckt werden. Sammeln Sie Ihre Druckaufträge. Schalten Sie den Drucker ein, wenn Sie ihre gesammelten Dokumente ausdrucken wollen, und drucken sie diese direkt nacheinander. Danach können Sie den Drucker wieder ausschalten.

Tipp:

Grundsätzlich können Sie den Drucker nach jedem Druckauftrag abschalten. Da erfahrungsgemäß die wirkliche Benutzungszeit eines Druckers relativ kurz ist, können Sie so erhebliche Einsparungen erzielen.

Bei **Faxgeräten** verhält es sich mit dem Ausschalten schon etwas schwieriger. Die meisten Faxgeräte sollen jederzeit empfangsbereit sein.

Tipp:

Prüfen Sie mit den anderen Nutzern des Gebäudes, wie oft Sie wirklich Faxe in den Nachtstunden oder an Wochenenden erhalten. Sollte diese Zahl klein sein, oder Sie erhalten während dieser Zeit überhaupt kein Fax, könnten Sie das Faxgerät über eine Schaltuhr ein- und ausschalten. Bei einem Laserfax können Sie so Einsparungen von etwa 50 € pro Jahr erzielen.

Es gibt auch so genannte Power-Manager auf dem Markt, die das Faxgerät erst dann einschalten, wenn ein Fax empfangen wird.

Der Einsatz von **Kopierern** ist sehr energieaufwändig, da diese Geräte sehr hohe Stand-by-Leistungen aufweisen.

Tipp:

Kopierer sollten wie Drucker grundsätzlich erst dann in Betrieb genommen werden, wenn zum ersten Mal kopiert werden soll.

Auch bei ausgeschaltetem Gerät benötigen Kopierer Strom zum Beheizen der lichtempfindlichen Rolle, damit diese keine Feuchtigkeit aufnimmt.

Tipp:

Diesen Stromverbrauch können Sie durch eine schaltbare Steckdose oder die Verwendung einer Zeitschaltuhr mit Wochenprogramm vermeiden. Die Maßnahme ist in der Regel problemlos durchführbar. Wenn Ihr Kopierer in einem feuchten Raum steht, sollten Sie vorher den Hersteller des Kopierers befragen.

3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden



3.6.3 Problematik bei Kühlschränken und Kaffeemaschinen

Kühlschränke und Kaffeemaschinen sind zwar meist keine Arbeitsgeräte, dennoch zählen sie zu den normalen Begleitern im Berufsalltag.

Bei **Kühlschränken** sollte grundsätzlich geprüft werden, ob sie überhaupt benötigt werden. Oft ruhen in ihnen nur alte Lebensmittel, deren Besitzer nicht ausfindig gemacht werden können.

Tipp:

Prüfen Sie einmal die Zahl der Kühlschränke und deren Ausnutzung. Wenn Sie viele Geräte mit wenig Inhalt finden, regen Sie bei den Nutzern an, wenige Kühlschränke gemeinsam zu nutzen. Die Geräte, die nicht mehr benötigt werden, können dann abgeschaltet und entsorgt werden.

In vielen Fällen ist der Kühlschrank nicht für das Büro angeschafft worden, sondern wurde von Kolleg(inn)en zur Verfügung gestellt. Meist handelt es sich dabei um zu Hause ausrangierte Geräte mit entsprechendem Lebensalter und schlechter Energieeffizienz.

Tipp:

Fallen Ihnen solche Geräte auf, dann sollten diese als erste außer Betrieb genommen werden. Vielleicht hat jemand von den Nutzern auch ein Gerät zu Hause, das noch nicht ganz so alt ist.

Kühlschränke zur Nutzung am Arbeitsplatz sollten kein Gefrierfach enthalten. Gefrierfächer benötigen viel Energie und werden nur in den seltensten Fällen wirklich gebraucht.

Wichtig für den sparsamen Betrieb von Kühlschränken ist auch der Aufstellungsort.

Tipp:

Der Kühlschrank sollte in einem möglichst kühlen Raum aufgestellt werden. Die

Aufstellung neben Geräten, die Wärme abgeben, ist zu vermeiden.

Ist der Kondensator des Kühlschranks verschmutzt, oder sind die Lüftungsgitter abgedeckt, steigt der Stromverbrauch deutlich an.

Tipp:

Reinigen Sie den Kondensator einmal im Jahr, und achten Sie auf eine freie Luftzufuhr.

Eine allgegenwärtige Möglichkeit, den Arbeitsalltag angenehmer zu gestalten, sind Kaffeemaschinen. Beim Kaffeekochen selbst lässt sich der Energieeinsatz relativ schlecht optimieren. Den größten Anteil am Stromverbrauch hat aber nicht der eigentliche Kochvorgang, sondern das anschließende **Warmhalten** des Kaffees auf der Warmhalteplatte der Maschine. Während der Kaffee in wenigen Minuten fertig gebrüht ist, steht er danach unter Umständen mehrere Stunden auf der Warmhalteplatte.

Tipp:

Zu jeder Kaffeemaschine sollte eine Thermoskanne gehören. Dabei ist es nicht notwendig, eine Kaffeemaschine mit integrierter Thermoskanne zu beschaffen. Eine separate Kanne reicht aus, damit der Kaffee ohne zusätzlichen Energieverbrauch lange warm bleibt. Außerdem schmeckt der Kaffee so besser, als nach stundenlangem Köcheln auf der Warmhalteplatte.

3.6.4 Auswahlkriterien für die Beschaffung energiesparender Geräte

Die vorangegangenen Kapitel haben sich mit der optimierten Nutzung von Geräten im Arbeitsalltag beschäftigt. Aber auch durch die richtige Geräteauswahl bei Neuanschaffungen kann eine Menge Energie gespart werden.

Dabei gibt es einige grundsätzliche Überlegungen zur Systemauswahl.



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

Drucker: Bei Druckern ist der Einsatz von Tintenstrahldruckern zu bevorzugen. Tintenstrahldrucker haben heute eine Darstellungsqualität, die für die meisten Anwendungsfälle völlig ausreicht. Der Stromverbrauch von Tintenstrahldruckern ist sowohl beim Druck als auch im Stand-by-Betrieb geringer als der eines Laserdruckers.

Faxgeräte: Bei Faxgeräten sollten Sie aus den gleichen Gründen Thermo- oder Tintenstrahlfaxgeräten der Vorzug vor Laserfaxen geben.

Kopierer: Die Leistungsfähigkeit des Kopierers sollte dem tatsächlichen Bedarf angepasst sein. Je höher die Kapazität eines Kopierers desto größer ist auch der Stromverbrauch im Stand-by-Betrieb und im "abgeschalteten Zustand".

Grundsätzlich sollten Ihnen Geräte suspekt sein, die keinen richtigen **Netzschalter** mehr haben. Geräte bei denen nach dem "Abschalten" noch Lampen brennen, sollten von der Einkaufsliste gestrichen werden.

Die normale Nutzungsdauer von Geräten wird heutzutage immer kürzer. Dies liegt nicht unbedingt daran, dass die "Lebensdauer" der Geräte so kurz ist. Vielmehr werden in immer kürzeren Abständen neue, bessere, schnellere und eventuell auch energiesparendere Modelle auf den Markt gebracht. Dies hat zur Folge, dass es sehr schwierig ist, sinnvolle Übersichten von energiesparenden Geräten zusammenzustellen.

Wir möchten dementsprechend hier keine Liste mit Geräten veröffentlichen, da sie relativ schnell veraltet. Es gibt aber verschiedene Online-Datenbanken, die ständig aktualisierte Listen über energiesparende Geräte anbieten.

Initiative Energieeffizienz der Dena

www.stromeffizienz.de

Sparsame Haushaltsgeräte Online

www.spargeraete.de/frankfurt

Energieeffiziente Informations- und Kommunikationstechnik

www.stromeffizienz.de/index.php?id=798

Geräte	Maximale Leistung [W]	
	sleep/stand-by	Aus
PC	10	3
Bildschirm mit USB	3	1
Bildschirm ohne USB	2	1
Drucker 0 - 10 Seiten / Minute	5	1
Drucker 10 - 20 Seiten / Minute	10	1
Kopierer > 20 Seiten / Minute	5 x Anzahl Seiten / Minute	1
Faxgeräte	siehe Drucker	
Fernseher stand-by passiv	1	
Fernseher stand-by aktiv mit integriertem Dekoder und Receiver	3	
Videogeräte	2,5	

Tab. 3.7: Kriterienkatalog für die Beschaffung energetisch günstiger Bürogeräte 2005
[Gemeinschaft Energielabel Deutschland]



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

Tab. 3.6: Adressen für Übersichten

Vorgehensweisen vorstellen, wie eine

Gerät	Stromverbrauch	Wasserverbrauch
Kühlschrank ohne Gefrierfach, Standgerät 85 cm hoch, Breite 55 cm	< 65 kWh / (a*100 l Nutzinhalt)	-
Kühlschrank ohne Gefrierfach, Standgerät 85 cm hoch, Breite 60 cm	< 45 kWh / (a*100 l Nutzinhalt)	-
Geschirrspülmaschine, 12 Maßgedecke	< 0,92 kWh / Spülvorgang	< 2800 Liter pro Jahr
Waschmaschine 5 kg *)	< 160 kWh pro Jahr	< 9000 Liter pro Jahr
*) Angaben beziehen sich auf Produkte mit 1200 U/min Schleuderdrehzahl		

Tab. 3.8: [Quelle: Spargeräte online <http://www.spargeräte.de/frankfurt>]

energiesparender Geräte

Generell sollten bei der Beschaffung von Geräten die Kriterien der Gemeinschaft Energielabel Deutschland eingehalten werden. Dies ist auch im Einkaufshandbuch der Stadtkämmerei so vorgegeben.

Bei Haushaltsgeräten muss inzwischen die **Energieeffizienz-Klasse** angegeben werden. Die Einteilung von A++ (sehr sparsam) bis G (ineffizient, sprich verschwenderisch) stellt aber nur eine relative Klasseneinteilung dar, und gibt nicht den tatsächlichen Energieverbrauch an.

Achten Sie beim Neukauf daher zusätzlich auf den absoluten Energieverbrauch pro Jahr, wenn Sie Geräte miteinander vergleichen.

3.7 Wirtschaftlichkeit von investiven Maßnahmen

Nach den Einsparpotentialen, die mit einer optimierten Betriebsführung oder geringen Investitionen zu erreichen sind, wollen wir uns denen zuwenden, die größere Investitionen erfordern.

Wir werden keine komplexen Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchführen, sondern nur abschätzen, ob eine Investition lohnend sein kann. Dabei werden wir verschiedene

Abschätzung vorgenommen werden kann.

3.7.1 Austausch von Lampen bzw. Leuchten (Arbeitsblatt 3)

Bei diesem Beispiel wollen wir uns mit dem Austausch von Leuchten in einem Büroraum beschäftigen.

In dem Raum sind heute vier Leuchten mit je 2 x 58 W und KVG installiert. Nach der ersten Messung wurde festgestellt, dass die Beleuchtungsstärke etwas zu hoch ist.

Nach einer neuen Berechnung würden vier Leuchten mit 1 x 58 W ausreichen. In Zukunft sollen die Leuchten in zwei Gruppen geschaltet und EVG eingesetzt werden.

Um den Energieverbrauch der Altanlage zu bestimmen, benötigen wir den Gesamtanschlusswert incl. Vorschaltgerät und die Benutzungsdauer.

Für die neue Anlage berechnen wir ebenfalls den Anschlusswert. Die Benutzungsdauer kann jetzt aber in 1. und 2. Reihe unterschieden werden.

Der Energieverbrauch ergibt sich dann für jede Reihe aus der Anschlussleistung multipliziert mit der Benutzungsdauer.



3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden

Die Energiekostensparnis ergibt sich aus der Differenz der Energieverbräuche, multipliziert mit dem durchschnittlichen Strompreis.

Danach muss noch die notwendige Investition ermittelt werden. Für diese überschlägige Berechnung reicht es aus, mit spezifischen Preisen in €/Lampe zu rechnen.

Anschließend bestimmen wir den Annuitätsfaktor (siehe Kapitel 1.6.1). Mit diesem multiplizieren wir die notwendige Investition. Jetzt haben wir die jährlichen Kosten für das eingesetzte Kapital ermittelt.

Ist die Investition, multipliziert mit dem Annuitätsfaktor, kleiner als die berechnete Energiekosteneinsparung, kann die Maßnahme unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten durchgeführt werden.

3.7.2 Einbau eines neuen Lüftungsmotors (Arbeitsblatt 4)

In alten Anlagen sind die Motoren von Lüftungsanlagen oft zu groß dimensioniert. Hier kann der Austausch gegen einen richtig dimensionierten Motor mit hohem Wirkungsgrad wirtschaftlich sein.

Für den alten Motor muss die Leistungsaufnahme gemessen und der Wirkungsgrad bestimmt werden.

Die jährlichen Energiekosten ergeben sich aus der gemessenen Leistungsaufnahme multipliziert mit Benutzungsstunden und dem durchschnittlichen Strompreis.

Mit dem neuen Wirkungsgrad und dem durchschnittlichen Strompreis lässt sich dann die jährliche Energiekosteneinsparung berechnen.

Danach bestimmen wir die notwendigen Investitionen für den neuen Motor incl. Einbau und den notwendigen Nebenarbeiten.

Anschließend bestimmen wir den Annuitätsfaktor (siehe Kapitel 1.6.2). Mit

diesem multiplizieren wir die notwendige Investition. Jetzt haben wir die jährlichen Kosten für das eingesetzte Kapital ermittelt. Wenn nun die jährlichen Kosten für das eingesetzte Kapital kleiner als die jährliche Energiekosteneinsparung sind, sollte die Maßnahme unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten durchgeführt werden.

3.7.3 Einbau einer Schaltuhr (Arbeitsblatt 5)

Dieses Beispiel behandelt den Einbau einer Schaltuhr zur Abschaltung einer Heizpumpe.

Mit der Leistungsaufnahme der Pumpe, den jährlichen Nutzungsstunden und dem durchschnittlichen Strompreis können wir die jährlichen Stromkosten für den Betrieb der Pumpe berechnen.

Zur Abschätzung der möglichen Einsparung bestimmen wir die Zeit, in der die Pumpe abgeschaltet werden kann.

Die mögliche Einsparung ergibt sich dann aus dem Verhältnis von Abschaltzeit und bisheriger Laufzeit, multipliziert mit den bisherigen jährlichen Stromkosten für den Betrieb der Pumpe.

Danach bestimmen wir die notwendigen Investitionen für die Schaltuhr incl. Einbau. Anschließend multiplizieren wir die notwendige Investition mit dem Annuitätsfaktor (siehe Kapitel 1.6.1).

Die Maßnahme ist dann wirtschaftlich, wenn die mögliche Einsparung größer als der oben ausgerechnete Betrag für das eingesetzte Kapital ist.

3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden



Arbeitsblatt 1: Messungen mit dem Steckermessgerät

Raum: Datum:..... Uhrzeit:.....
 gemessenes Gerät:
 Betriebsart: (z.B. Normalbetrieb, Stand-by)
 gemessene Leistung: W
 Bei Messungen über einen längeren Zeitraum
 Messzeit:Tage Stunden
 entspricht: Stunden
 Anzeige Energiekostenmessgerät: kWh



Jahresenergieverbrauch:

Anzeige Energiekostenmessgerät x = $\frac{8.760}{\text{Messdauer in h}}$ kWh/a

Jahresstromkosten:

Jahresenergieverbrauch x durchschnittlicher Strompreis = €/a

Raum: Datum:..... Uhrzeit:.....
 gemessenes Gerät:
 Betriebsart: (z.B. Normalbetrieb, Stand-by)
 gemessene Leistung: W
 Bei Messungen über einen längeren Zeitraum
 Meßzeit:Tage Stunden
 entspricht: Stunden
 Anzeige Energiekostenmessgerät: kWh



Jahresenergieverbrauch:

Anzeige Energiekostenmessgerät x = $\frac{8.760}{\text{Messdauer in h}}$ kWh/a

Jahresstromkosten:

Jahresenergieverbrauch x durchschnittlicher Strompreis = €/a

3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden



Arbeitsblatt 2: Beleuchtungsmessung

Raum: Datum:..... Uhrzeit:.....
 Raumzustand: (hell, dunkel, stark verschmutzt)
 Leuchtenart: (z.B. Spiegelraster, Wannenleuchte)
 Leuchtenzustand: (Alter , Verschmutzung)
 k1: Korrekturfaktor für Leuchtenzustand:.....
 (1,0 für gut bis 1,2 für schlecht, z.B. stark verschmutzt)
 Lampenart: (z.B. Leuchtstofflampe, Glühlampe)
 Lampenzustand: (Alter)
 k2: Korrekturfaktor für Lampenzustand:
 (1,0 für relativ neue Leuchten, bis 1,2 für relativ alte Leuchten)
 Meßhöhe: m

Raumskizze mit Meßpunkten

Meßpunkt Nr.	Beleuchtungsstärke		
	ohne Beleuchtung	mit Beleuchtung	Differenz
Summe			

Mittlere Beleuchtungsstärke E_m : $\frac{\text{Summe}}{\text{Anzahl der Messungen}}$ = lx

Korrigierte Beleuchtungsstärke E_{mk} : $E_m \times k1 \times k2$ = lx

Gleichmäßigkeit g : $\frac{E_{min}}{E_{mk}}$ =

Geforderte Beleuchtungsstärke: = lx

Maßnahmen:

.....

.....

.....

3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden



Arbeitsblatt 3: Austausch von Leuchten

Vorhandene Beleuchtungsanlage:

Anzahl der Lampen: Stück
Leistung der Lampe incl. Vorschaltgerät: W
Gesamtleistung der alten Beleuchtungsanlage: W

Neue Beleuchtungsanlage:

Anzahl der Lampen: Stück
Leistung der Lampe incl. Vorschaltgerät: W
Gesamtleistung der neuen Beleuchtungsanlage: W

Einsparpotential:

Benutzungsstunden alte Beleuchtungsanlage: h/a
Benutzungsstunden neue Beleuchtungsanlage: h/a

Jahresverbrauch alt = (Gesamtleistung alt x Benutzungsstunden alt) = kWh/a
Jahresverbrauch neu = (Gesamtleistung neu x Benutzungsstunden neu) = kWh/a

Jährliche Energiekosteneinsparung:

Strompreis: €/kWh
(Jahresverbrauch alt - Jahresverbrauch neu) x Strompreis: €/a

Investition:

Investitionen: €/Leuchte (z.B. aus Angebot vom Installateur, incl. Montage)

Jährliche Kapitalkosten:

Investition / Lebensdauer = €/a
Lebensdauer: 15 Jahre

Wirtschaftlichkeit:

$$\frac{\text{Jährliche Energiekosteneinsparung}}{\text{Jährliche Kapitalkosten}} = \dots\dots\dots$$

Bei einem Ergebnis > 1, ist der Leuchtenaustausch wirtschaftlich.

3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden



Arbeitsblatt 4: Austausch eines Lüftungsmotors

Vorhandener Lüftungsmotor:

gemessene Leistungsaufnahme: kW

Wirkungsgrad: %

Neuer Lüftungsmotor:

Wirkungsgrad: %

Leistungsaufnahme = Leistungsaufnahme alt x $\frac{\text{Wirkungsgrad alt}}{\text{Wirkungsgrad neu}}$ = kW

Einsparpotential:

Benutzungsstunden der Lüftungsanlage: h/a

Jahresverbrauch alt = (Leistungsaufnahme alt x Benutzungsstunden) = kWh/a

Jahresverbrauch neu = (Leistungsaufnahme neu x Benutzungsstunden) = kWh/a

Jährliche Energiekosteneinsparung:

Strompreis: €/kWh

(Jahresverbrauch alt - Jahresverbrauch neu) x Strompreis: €/a

Investition:

Investitionen:€ (z.B. aus Angebot vom Installateur, incl. Montage und Peripherie)

Jährliche Kapitalkosten:

Investition / Lebensdauer = €/a

Lebensdauer: 15 Jahre

Wirtschaftlichkeit:

$\frac{\text{Jährliche Energiekosteneinsparung}}{\text{Jährliche Kapitalkosten}} = \dots\dots\dots$

Bei einem Ergebnis > 1, ist der Austausch des Lüftungsmotors wirtschaftlich.

3 Senkung der Stromkosten in öffentlichen Gebäuden



Arbeitsblatt 5: Nachrüstung einer Schaltuhr

Einsparpotential:

Leistungsaufnahme der zu schaltenden Anlage: kW

Benutzungsstunden der Anlage bisher: h/a

Abschaltzeit der Anlage über Schaltuhr: h/a

Energieeinsparung = (Leistungsaufnahme x Abschaltzeit über Schaltuhr) = kWh/a

Jährliche Energiekosteneinsparung:

Strompreis: €/kWh

Energieeinsparung x Strompreis: €/a

Investition:

Investitionen:€ (z.B. aus Angebot vom Installateur, incl. Montage)

Jährliche Kapitalkosten:

Investition / Lebensdauer = €/a

Lebensdauer: 15 Jahre

Wirtschaftlichkeit:

$$\frac{\text{Jährliche Energiekosteneinsparung}}{\text{Jährliche Kapitalkosten}} = \dots\dots\dots$$

Bei einem Ergebnis > 1, ist der Einbau einer Schaltuhr wirtschaftlich.