

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.....	6
3.2.1 Aufteilung auf verschiedene Energiedienstleistungen	6
3.2.2 Abgrenzung unterschiedlicher Nutzungsbereiche	8
3.2.3 Einschätzung des Verbrauchs einer Liegenschaft.....	8
3.2.4 Überschlägige Berechnung des Verbrauchs	8
3.3 Einsparpotential bei Beleuchtungsanlagen.....	10
3.3.1 Anforderungen an die Beleuchtungsstärke.....	10
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.....	13
3.3.5 Effizienz verschiedener Lampen- und Leuchtensysteme.....	15
3.4 Einsparpotential bei Lüftungs- und Klimaanlage.....	18
3.4.1 Anforderungen an den Lüftungs- und Kältebedarf.....	18
3.4.2 Möglichkeiten zur Reduzierung der Leistung bei Lüftungs- und Klimaanlage	19
3.4.3 Möglichkeiten zur Reduzierung der Laufzeit.....	21
3.5 Einsparpotential bei der Hilfsenergie Heizung.....	22
3.5.1 Kennwerte für den Strombedarf von Pumpen und Gebläsen	22
3.5.2 Möglichkeiten zur Reduzierung der Laufzeit.....	23
3.5.3 Hocheffizienzpumpen	24
3.6 Einsparpotential bei Steckergeräten.....	25
3.6.1 Optimaler Betrieb von PC und Monitoren	25
3.6.2 Optimaler Betrieb von Bürogeräten	26
3.6.3 Kühlschränke und Kaffeemaschinen	27
3.6.4 Auswahlkriterien für die Beschaffung energiesparender Geräte	28
3.7 Wirtschaftlichkeit von investiven Maßnahmen	30
3.7.1 Austausch von Leuchten (Arbeitsblatt 3).....	31
3.7.2 Austausch eines Kühlschranks (Arbeitsblatt 4)	32
3.7.3 Nachrüstung einer Regelung für Stromheizung im Container (Arbeitsblatt 5).....	32
Arbeitsblatt 1: Messungen mit dem Energiekosten-Messgerät	33
Arbeitsblatt 2: Beleuchtungsmessung.....	34
Arbeitsblatt 3: Austausch von Leuchten.....	35
Arbeitsblatt 4: Austausch eines Kühlschranks	36
Arbeitsblatt 5: Nachrüstung einer Regelung für Stromheizungen in Containern.....	37

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 hauptsächlich durch den Stromverbrauch (kWh) bestimmt. Neben dem Verbrauch ist für die Abnahmestruktur aber auch die bezogene **Leistungsspitze (kW)** wichtig, sie ist bei größeren Abnehmern ein wesentlicher Faktor für die Höhe der Stromkosten. Der Gesamtstromverbrauch im Hochtarif (HT) bzw. Niedrigtarif (NT) wird zwar von vielen Stromzählern getrennt erfasst und die Verbräuche werden in den Abrechnungen auch getrennt ausgewiesen, aber zurzeit mit dem gleichen Arbeitspreis abgerechnet. Der **Verbrauch zu HT- und NT-Zeiten** kann aber wertvolle Informationen zu **Energie-**

sparpotentialen liefern. So kann zum Beispiel ein Ansteigen des NT-Verbrauchs auf eine im Dauerbetrieb laufende Lüftungsanlage, die nicht wieder in den Automatikbetrieb zurückgestellt wurde, hinweisen. Für gewöhnlich wird der NT-Verbrauch von 22:00 Uhr bis um 6:00 Uhr des darauffolgenden Tages sowie am gesamten Samstag und Sonntag gezählt (siehe dazu auch die Hinweise im folgenden Kapitel).

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 einmalige Spitzenleistung muss über das gesamte Abrechnungsjahr (entspricht normalerweise dem Kalenderjahr) monatlich bezahlt werden und wird ggf. bis zum Jahresbeginn zurückgerechnet (siehe dazu auch Kapitel 1.4.1, Stromrechnung).

Haben Sie keine Kopie der Stromrechnungen erhalten, können 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" (siehe 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.

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

Formel: Berechnung des Stromverbrauchs

An dieser Stelle ein Hinweis zur Zusammensetzung der Einheit Kilowattstunden (kWh): Die verbrauchte Arbeit (kWh) errechnet sich aus der Leistung (W oder kW), die über eine bestimmte Zeit verbraucht wird. Daraus ergibt sich die Einheit Watt (W) mal Stunden (h), also Wattstunden (Wh). Dazu ein Beispiel: Betreibt man eine Lampe mit einer Anschlussleistung von 100 Watt über eine Zeit von 10 Stunden ergibt sich daraus ein Verbrauch von 1000 Wh, dies entspricht einer Kilowattstunde, also 1 kWh. Diese Betrachtung bezieht sich auf die Wirkarbeit.

Auf den Rechnungen wird aber häufig auch die **Blindarbeit** mit aufgeführt (Einheit: kvarh). Diese entsteht beim Bezug von Blindstrom. Hierbei handelt es sich eine Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung. Der Blindstrom verrichtet keine Wirkarbeit, belastet aber das Stromnetz und

erzeugt dort Verluste. Daher stellen die Netzbetreiber die Blindarbeit ab einer gewissen Größenordnung in Rechnung.

Sollte für Ihre Liegenschaft auch die Leistungsspitze abgerechnet werden, können Sie den aktuellen Monatswert am Zähler ablesen (Indexzahlen siehe Kap. 1.3.2, Zählerablesung). Die tatsächlich abgerechnete Leistungsspitze können Sie der Schlussrechnung am Ende des Abrechnungsjahres entnehmen. Hier finden Sie auch den Preis für die Leistungsspitze. Nach dem Preisblatt der Mainova für das Jahr 2017 sind das 51,40 €/kW im Jahr. Bei Liegenschaften mit einer Benutzungsdauer größer 2.500 Stunden im Jahr sind es 115,55 €/kW im Jahr.

In der Abbildung 3.1 finden Sie einen Lastgang aus der Automatischen Verbrauchserfassung. Die einmalige Lastspitze

Viertelstunden-Verbrauchswerte aus der Automatischen Verbrauchserfassung



Abb. 3.1: Auswirkung einer 1/4h Lastspitze auf die Jahreskosten

von 130 kW mit einer Leistungserhöhung von 12 kW gegenüber der zweithöchsten Lastspitze im Abrechnungsjahr erzeugt in diesem Beispiel Kosten von über 600 € in diesem Jahr.

Tipp:

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 die Blindarbeit 48,4 % der gesamten bezogenen Wirkarbeit überschreitet.

Tipp:

Sollte in Ihrem Gebäude vom Energieversorger 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 geeignete Maßnahmen überlegen, um den Blindstrombezug zu reduzieren. Der Einbau einer **Kompensationsanlage** ist in den meisten Fällen wirtschaftlich.

Aus den Werten für Stromverbrauch und Leistungsspitze 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 kann 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).

Gebäudenutzung	Vollbenutzungs- stunden [h/a]
Verwaltungsgebäude	1.500 – 3.000
Krankenhäuser	4.000 - 5.000
Schulen	800 – 2.400
Sportbauten	1.500 – 2.500
Schwimmhallen	3.000 – 5.000

Tab. 3.1: Anhaltspunkt für Vollbenutzungsstunden bei verschiedenen Gebäude-nutzungen für Strom [Quelle: AMEV, Energie 2010]

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.

Mittlerweile stehen die Lastgänge (für Strom, Heizenergie und Wasser) von ca. 350 städtischen Liegenschaften in der Automatischen Verbrauchserfassung (AVE) online unter dem folgenden Link zur Verfügung:

www.energiemonitoring.stadt-frankfurt.de

Nähere Informationen darüber sowie eine ausführliche Bedienungsanleitung finden Sie auf der Website der Abteilung Energiemanagement:

www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de.

$$\text{Vollbenutzungsstunden} = (\text{Verbrauch HT} + \text{Verbrauch NT}) / \text{Leistungsspitze}$$

$$[\text{h/a}] = [\text{kWh/a}] / [\text{kW}]$$

Formel: Berechnung der Vollbenutzungsstunden

Falls in einer Liegenschaft die Tarifeinstufung überprüft werden soll, von der weder über die Automatische Verbrauchserfassung noch über den Energieversorger Daten erhältlich sind, kann über den jeweiligen Netzbetreiber (NRM oder Syna) eine ein- bis zweiwöchige Messung beauftragt werden, die in der Regel an der Haupteinspeisung vorgenommen wird. Anhand des Lastgangs können Sie z.B. auch feststellen, zu welcher Tageszeit der Stromverbrauch besonders hoch ist und ob ggf. Maßnahmen ergriffen werden können, die Lastspitze und damit die Kosten zu reduzieren. Darüber hinaus ist solch ein Lastgang auch für das Aufspüren von Energieeinsparpotentialen sehr hilfreich. Interessant ist auch die Höhe des Strombezugs während der Nacht oder an Wochenenden, also außerhalb der Nutzungszeiten. Hier müsste der Verbrauch deutlich geringer als am Tag sein. Unerklärliche Verbräuche in dieser Zeit sollten aufgespürt werden (siehe Abb. 3.2).

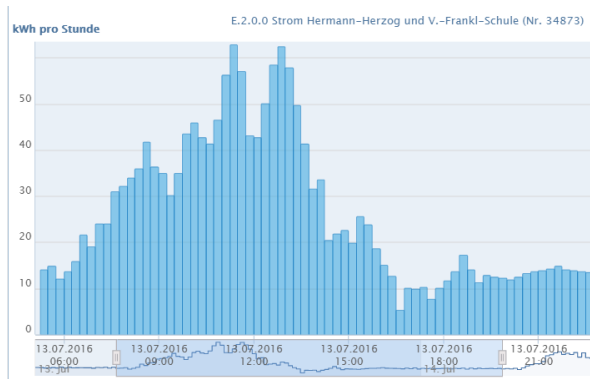


Abb. 3.2: Online-Lastgang

Tipp:

Sollten Lastgangmessungen durchgeführt werden, kommt es auf den Zeitpunkt der Lastgangmessung 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.

3.1.3 Durchführung eigener Messungen

Neben der Messung des gesamten Strombezugs sind auch Messungen an einzelnen Verbrauchern zu empfehlen. Solche Messungen können bei einigen Verbrauchern mit **Energiekosten-Messgeräten** einfach durchgeführt werden.



Abb. 3.3: Beispiel für ein Energiekosten-Messgerät

Die Messgeräte werden in die Steckdose, die Geräte dann in die Messgerätsteckdose gesteckt. Dies ist zum Beispiel sinnvoll um den Stand-by-Verbrauch von PCs zu bestimmen oder bei wenig genutzten

Kühlschränken die Jahreskosten für den Strombezug zu ermitteln.

Energiekosten-Messgeräte können Sie für einen Zeitraum von bis zu drei Monaten bei der Abteilung Energiemanagement (Tel.: 212-31223 oder 30590) ausleihen. Es besteht zudem auch die Möglichkeit, Energiekosten-Messgeräte mit eingebautem Datenlogger zu leihen.

Wichtig: Ohne entsprechende Berufsausbildung dürfen Messungen nur mit dem Energiekosten-Messgerät durchgeführt werden!

Wenn Sie eine entsprechende fachbezogene Berufsausbildung haben, können Sie auch Messungen mit dem Amperemeter oder einem 3-Phasen-Leistungsmessgerät durchführen. Die Geräte können Sie sich ebenfalls bei der Abteilung Energiemanagement ausleihen.

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

- momentane Leistungsaufnahme
- Energieverbrauch während einer Messperiode
- Energiekosten während der Messperiode

In der Betriebsanleitung, die jedem Messgerät beiliegt, ist detailliert beschrieben, wie die einzelnen Funktionen eingeschaltet werden. Zudem kann bei der Betriebsoptimierung auch eine Kurzanleitung angefordert werden.

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

Mit Hilfe von Energiekosten-Messgeräten lassen sich 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, besser aber eine Woche 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. Dabei ist der **Strombedarf** ein berechneter Wert, wobei im Gegensatz dazu der **Stromverbrauch** dem gemessenen, also tatsächlichen Energieverbrauch entspricht.

3.2.1 Aufteilung auf verschiedene Energiedienstleistungen

Strom wird in Gebäuden zu unterschiedlichsten Zwecken benötigt. Bei der Beleuchtung, beim Betrieb von Computern, interaktiven Whiteboards und Aufzügen - überall wird Strom als Energieträger eingesetzt. In Abbildung 3.4 ist beispielhaft die Aufteilung des elektrischen Verbrauchs in Schulen mit und ohne Küchen dargestellt.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten liegen in der Förderung von Wasser und Luft, in Heizungs- und Klimaanlage sowie bei der Kälteerzeugung. In der Tabelle 3.2. werden die spezifischen Jahresverbräuche für Beleuchtung und Luftförderung für verschiedene Nutzungsbereiche dargestellt.

Die Bewertungen 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

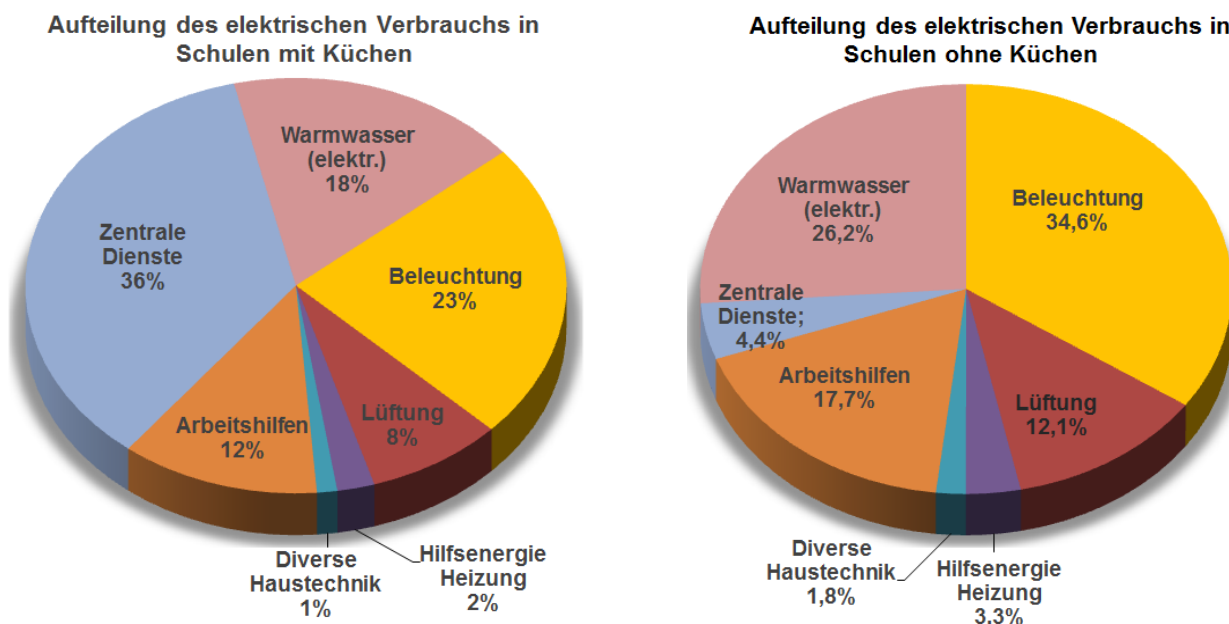


Abb 3.4: Aufteilung der elektrischen Verbrauchsgruppen in Schulen mit und ohne Küche

einzelne Anwendungen ist dabei sehr unterschiedlich. Sind im Gebäude Klimaanlagen 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 unter-

scheiden, 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 durch den oben beschriebenen Leistungspreis wesentlich größere Anteile an den Stromkosten als an den Stromverbräuchen.

Bewertung	Einzelbüro	Gruppenbüro	Klassenzimmer	Verkehrsfläche	Sporthalle
Beleuchtung - Teilenergiekennwerte (kWh/m²EBFa)					
Sehr hoch	84	76,6	27,1	23,7	103,2
Hoch	58,4	46,6	14,6	17,2	55,5
Mittel	28,3	25,5	7,6	7,9	32,8
Gering	19,1	17,2	5,2	2,6	23
Sehr gering	9,8	8,8	2,5	1,5	14,1
Luftförderung - Teilenergiekennwerte LF (kWh/m²EBFa)					
Sehr hoch	41,9	41,9	58	0	85
Hoch	24,9	24,9	34,5	0	47,8
Mittel	16,3	16,3	22,5	0	10,5
Gering	9	9	12,5	0	5,8
Sehr gering	5	5	6,4	0	4,9

Tab. 3.2: Bewertung von spezifischen Energiekennwerten von Beleuchtung und Luftförderung
[Quelle: Institut Wohnen und Umwelt – Teilenergiekennwerte-Tool]

Bauwerkszuordnung	Untergrenzen der Klassen (kWh/m²a)						
	A	B	C	D	E	F	G
Grundschulen	0	11,4	12,9	14,6	16,6	18,9	22,8
Grund- u. Hauptschulen mit Turnhalle	0	11,9	14,3	16,2	18,1	20	23,8
Gesamtschulen	0	12,6	15,7	19,6	22,6	26,4	33,4
Gymnasien	0	12,4	14,6	16,8	19,1	21,4	26,3
Berufliche Schulen	0	14	16,7	19,6	23,2	27,3	36,1
Kindertagesstätten	0	15,8	19,7	23	26,8	31,1	37,9
Turn- und Sporthallen	0	15	18,4	22,5	27,1	32	42,1
Verwaltungsgebäude	0	16,3	21,5	26,7	33,2	41,4	61,1

Abb. 3.5: Klassengrenzen von Gebäuden mit verschiedenen Nutzungsarten

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.

3.2.3 Einschätzung des Verbrauchs einer Liegenschaft

Für eine erste Einschätzung, in welchem Bereich der Verbrauch einer Liegenschaft liegt, bietet es sich an, einen spezifischen Kennwert zu bilden (siehe dazu auch Kapitel 1.2.3 Spezifische Verbräuche des ersten Seminars). In unserem Falle wird der Jahresstromverbrauch durch die beheizte Netto-Raumfläche geteilt. Der daraus erhaltene spezifische Wert kann mit den Angaben in Abbildung 3.5 verglichen werden. Gebäude mit einem mittleren Energieverbrauch liegen bei den Werten zwischen Spalte D und E. Dabei sind natürlich immer der bauliche Zustand des Gebäudes sowie der Zustand der technischen Ausstattung zu berücksichtigen.

3.2.4 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,

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

Formel: Berechnung des Jahresstromverbrauchs

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

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 Benutzungsdauern 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

Zone und Nutzungsstunden	Beispiel	Vollbenutzungsstunden	
		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	1.300
Schulraum 2.000 h/a	Mechanische Belüftung	2.000	1.000
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 Vollbenutzungsstunden von Anlagen und Geräten

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

Formel: Berechnung des durchschnittlichen Strompreises

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

Formel: Berechnung der Jahresstromkosten

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

Formel: Berechnung des Jahresstromverbrauchs bei Messung mit dem Energiekosten-Messgerät

benötigen Sie den **durchschnittlichen Strompreis**. Sie ermitteln ihn aus den Rechnungsdaten des Energieversorgers oder entnehmen ihn dem Kapitel 1.2.4.1 Ihrer Seminarunterlagen.

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.

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 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** erforderlich.

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 (siehe Abb. 3.6).

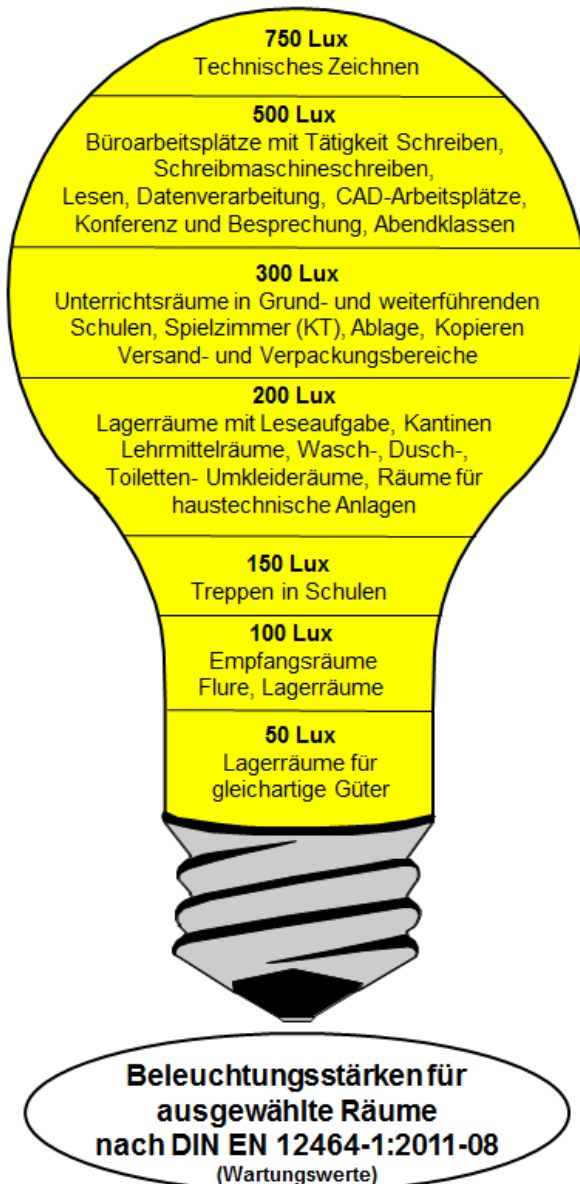


Abb. 3.6: Anforderung an die Beleuchtungsstärke nach DIN EN 12464

Da Leuchtmittel (andere Bezeichnung für Lampen) in ihrer Leistung nachlassen und Leuchtkörper verschmutzen, verringert sich mit der Zeit die Beleuchtungsstärke der Anlage. Die DIN EN 12464 sieht vor, dass die Werte während der ganzen Nutzungszeit eingehalten werden müssen.

Die Beleuchtungsanlagen sollten danach mit einem alle Einflüsse berücksichtigenden Wartungsfaktor geplant werden, der für die vorgesehene Beleuchtungseinrichtung, die Umgebung und den festgelegten

Wartungsplan errechnet wurde. Unterschreitet die Beleuchtungsstärke den vorgegebenen Wert, ist eine Wartung (Reinigung der Leuchtkörper, 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 etwas überschreitet.

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 Beleuchtungsstärke-Messgerät (**Luxmeter**) durchgeführt werden.

Im Rahmen des Seminarprogramms wurden Beleuchtungsstärkemessgeräte (Luxmeter) beschafft. Diese können Sie für einen Zeitraum von bis zu drei Monaten bei der Abteilung Energiemanagement (Tel.: 212-31223 oder 30590) ausleihen. Bei der Beleuchtungsstärkemessung von **LED-Beleuchtungsanlagen** müssen speziell dafür geeignete Messgeräte verwendet werden, die das gesamte sichtbare Lichtspektrum erfassen können.

Das Luxmeter hat einen beweglichen **Lichtsensor**, damit Sie die Messungen in der jeweiligen Nutzebene durchführen können. Bevor die Messung erfolgen kann, ist die Sensorschutzkappe zu entfernen. Es ist darauf zu achten, dass nicht der Körper der Person, die die Messungen durchführt, das Messergebnis verfälscht (z. B. durch Reflektion von heller Kleidung oder die Abschattung von Lampen).

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. In Fluren wird nach der DIN EN 12464-1 die Beleuchtungsstärke auf dem Boden gemessen.

Messaufgabe	Höhe der Messebene
Allgemeinbeleuchtung	0,00 m
Verkehrsflächen, Treppen, Flure	0,00 m
Turn-, Sport-, Gymnastikhallen	1,00 m
Einzelplätze	jeweilige Nutzenebene

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.

Hinweis: Die DIN EN 12464-1:2011-08 schlägt dazu Rasterpunktabstände vor, die nicht mit den Leuchtenabständen übereinstimmen sollten.

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.

Dabei ist allerdings auf eine konstante externe Einstrahlung zu achten. Somit eignen sich z. B. Tage mit schnell wechselnden Wolkenbildern nicht für die Messungen.

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

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

Stellen Sie bei der Messung 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 Leuchtengehäuses 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 Beleuchtungssanierungen sind in vielen Fällen wirtschaftlich durchzuführen (s. dazu auch Kapitel 3.3.5).

Bei richtig positionierten Leuchten lässt sich die Beleuchtungsstärke beispielsweise dadurch steigern, dass die Leuchten näher an die Nutzebene herangebracht werden. Dabei ist aber, gerade in Schulen, immer möglicher Vandalismus zu beachten.

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 in der unmittelbaren Arbeitsumgebung zu achten. Das Verhältnis zwischen minimaler und mittlerer Beleuchtungsstärke sollte den Wert von 0,4 nicht unterschreiten.

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 einzuschalten, wenn sie auch wirklich benötigt wird.

Wenn mehrere Lichtschalter an einem Ort installiert sind, sollten diese leicht verständlich beschriftet werden (z.B. mit Flurseite, Mitte, Fensterseite). Damit hat der Nutzer die Möglichkeit genau die Leuchtengruppe einzuschalten, die er auch wirklich benötigt.

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.

Die weit verbreitete Aussage, dass das Einschalten von Leuchtstofflampen einer Betriebszeit der Lampe von 10 Minuten entspricht oder ähnliche Aussagen, sind grundlegend falsch! Tatsächlich ist der

Einschaltstrom deutlich höher als der normale Betriebsstrom, allerdings ist dies nur im Bereich von wenigen Millisekunden der Fall und damit für den Energieverbrauch nicht relevant. Bei Leuchtstofflampen mit konventionellen Vorschaltgeräten sollte allerdings generell eine Mindesteinschaltdauer von 15 Minuten beachtet werden, um die Lampenlebensdauer nicht zu reduzieren.

Tipp:

Sprechen Sie Ihre Kolleg(inn)en darauf an, dass Sie die Beleuchtung ruhig ausschalten können, wenn Sie den Raum verlassen. Es bietet sich an, die Aufkleber "Licht ausgeschaltet?" einzusetzen und sie z.B. an Türen oder Türrahmen anzubringen.

Typische Beispiele für das Abschalten der Beleuchtung sind Klassenräume während der Pausen und Büroräume während der Mittagspause und bei Besprechungen.

Oft ist die Beleuchtung auch dann noch in Betrieb, 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.

Bei neueren Gebäuden werden mittlerweile manchmal **Jalousien mit Tageslichtsystemen** eingebaut. Bei diesen stellen sich beim Schließen der Jalousien die oberen Elemente waagrecht und reflektieren somit einfallendes Sonnenlicht auf die Decken-

Beispiel: Büro mit 8 Leuchtstofflampen T26 a 36 W mit VVG = 8 x 42 W = 336 W

			
Brenndauer [h/Tag]	6	4,2	3,5
Brenndauer [h/Jahr]	1440	1000	840
Stromverbrauch [kWh/Jahr]	484	336	282
Einsparung		30,5 %	41,7 %
		148 kWh / Jahr	202 kWh / Jahr
		31,20 € / Jahr	42,60 € / Jahr

Abb. 3.7: Jährliche Einsparung bei reduzierter Benutzungsdauer der Beleuchtung

fläche des Raumes hinter den Jalousien. Dadurch kann auch bei aktiviertem Sonnenschutz der Raum über die indirekt einfallende Sonneneinstrahlung beleuchtet werden. Die Nutzer sollten in den Umgang mit dem Tageslichtsystem **eingewiesen** werden!

Gegebenenfalls eignen sich 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 Klassenräumen 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.

Hinweis: Die Beleuchtung der Rettungszeichen darf in Schulen nicht abgeschaltet werden!

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 aktuellen DIN 12464 überschreitet. Andererseits lohnt es sich, über die Effizienz der eingesetzten Beleuchtung nachzudenken. Verschiedene **Lampen- und Leuchtensysteme** weisen ganz unterschiedliche Leistungsaufnahmen bei gleicher erzeugter Beleuchtungsstärke auf (siehe Abb. 3.8).

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. Dabei kann die Lichtausbeute in lm/W je nach Lampen-Vorschaltgerät-Kombination sehr unterschiedlich ausfallen. Teilweise geben Hersteller auf ihren Webseiten über diese technischen Daten genau Auskunft (z. B. www.osram.de). Die Tabelle 3.8 im Kapitel 3.7.1 kann dazu Anhaltspunkte geben.

Die **Beleuchtungsstärke** wird in **Lux** = Lumen/m² 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.

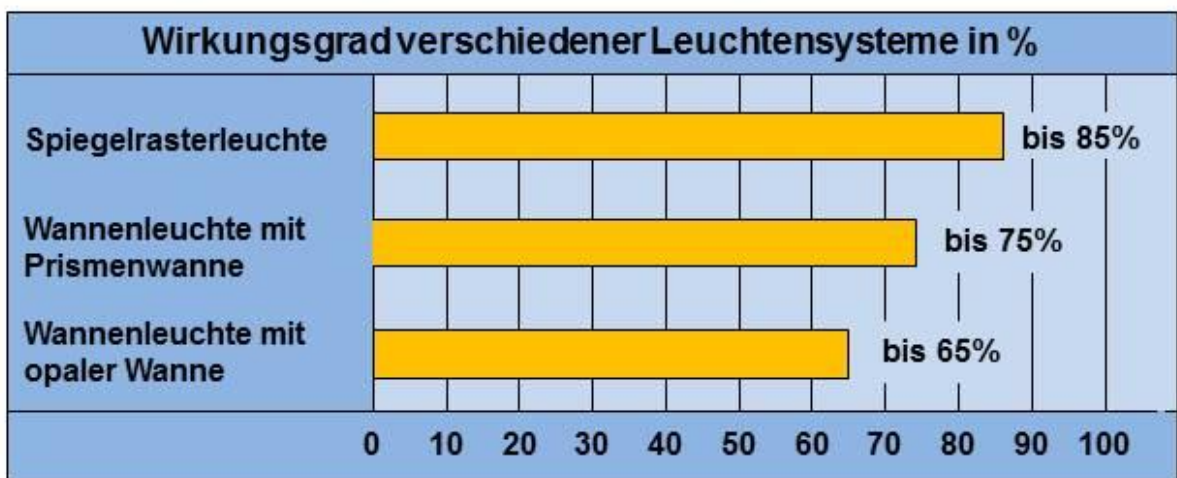
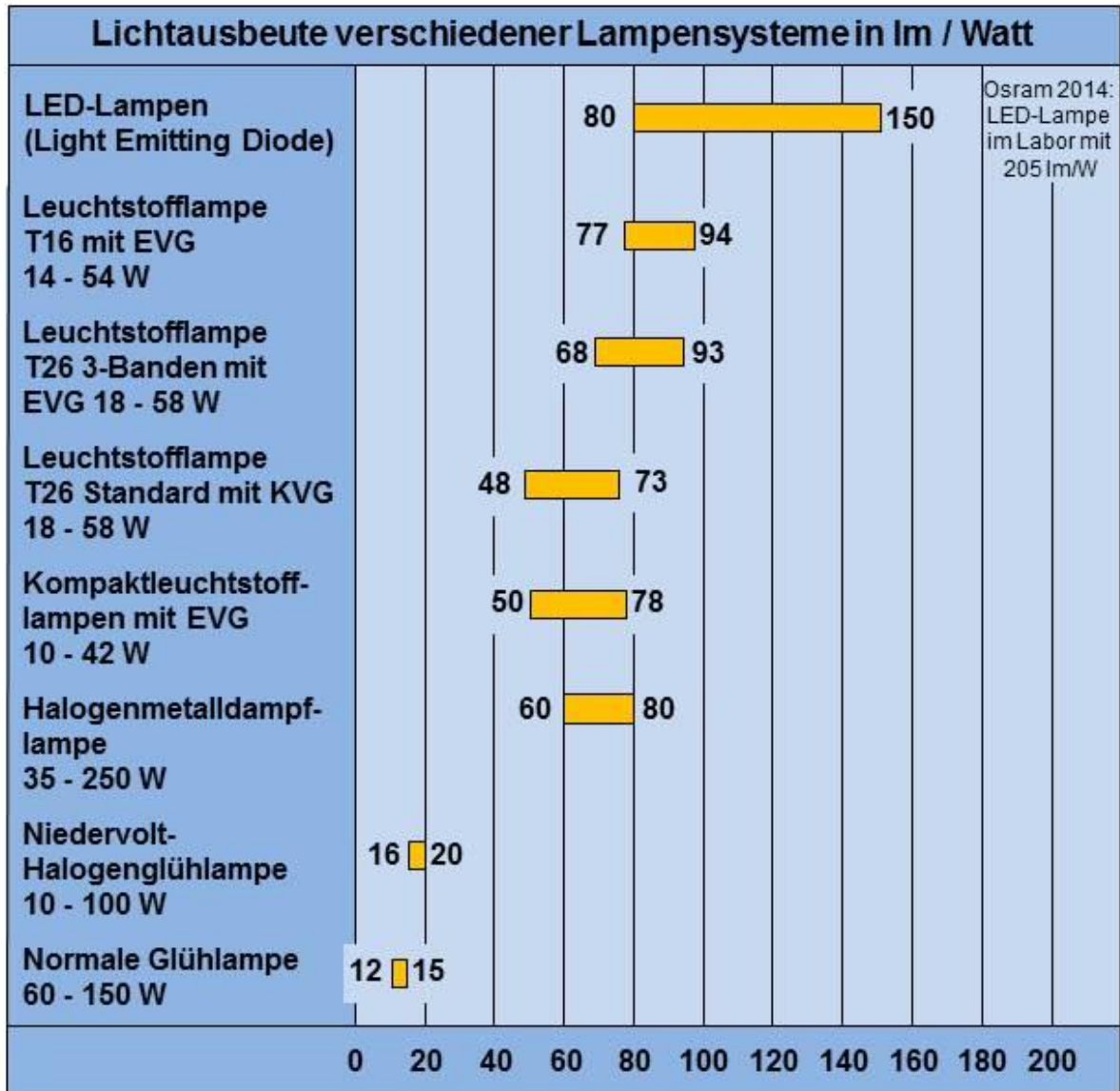


Abb. 3.8: Lichtausbeute verschiedener Lampen- und Leuchtensysteme

Wird zum Beispiel eine **LED-Lampe** eingesetzt, verringert sich die aufgenommene Leistung deutlich. Als Ersatz für Glühlampen, Halogenlampen oder Kompaktleuchtstofflampen können grundsätzlich energiesparende LED-Lampen eingesetzt werden. Bei sogenannten Retrofit-Lampen (LED-Ersatz für T26-Lampen) wird von Seiten der **AMEV** allerdings gewarnt, Zitat: "Es ergeben sich rechtliche Probleme. Da die Leuchten seitens des Herstellers nur für den Betrieb mit T26-Lampen vorgesehen sind, erlischt seine Produkthaftung und das CE-Zeichen auf der Leuchte verliert seine Gültigkeit. Der für den Umbau Verantwortliche übernimmt die volle Betriebsverantwortung und zwar für Sach- als auch Personenschäden." (AMEV-Beleuchtung-2016, S. 74).

Werden allerdings komplette Leuchten ausgetauscht bzw. Schulgebäude neu gebaut oder saniert, sollten nach einer Empfehlung des AMEV nur noch Leuchten mit LED-Lampen eingesetzt werden, da sich diese durch einen energiesparenden Betrieb, höhere Schaltfestigkeit und eine sehr hohe Nennlebensdauer von zum Beispiel 50.000 Stunden auszeichnen.

Lampentyp	Nutzungsdauer in h
LED-Lampen	ca. 50.000
3- Banden-Leuchtstofflampe longlife mit Warmstart-EVG	bis 42.000
3- Banden-Leuchtstofflampe mit EVG	ca. 17.000
Standard - Leuchtstofflampe am KVG	ca. 4.000
Kompaktleuchtstofflampe longlife	ca. 12.000
Kompaktleuchtstofflampe	ca. 8.000
Glühlampe	ca. 1.000

Tab. 3.5: Nutzungsdauer verschiedener Lampentypen

Tipp:

Eine der wirtschaftlichsten Maßnahmen ist dabei der Einsatz von LED-Lampen bei Rettungszeichen da diese permanent in Betrieb sind und damit eine sehr hohe Betriebszeit haben.

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 **Dreibanden-Leuchtstofflampen** gleicher Anschlussleistung 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 gegenüber konventionellen Leuchtstoff-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 ganz alten Leuchten sind noch konventionelle Vorschaltgeräte (**KVG**) eingesetzt. Diese haben z.B. für 58 W-Leuchtstofflampen eine Verlustleistung von rund 13 W. Das System aus Leuchtstofflampe und Vorschaltgerät hat somit eine Gesamt-Leistungsaufnahme von 71 W.

Seit den 80er Jahren werden verlustarme Vorschaltgeräte (**VVG**) eingesetzt, bei diesen wurde 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 die deutlich effizientere LED-Technik eingesetzt werden.

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

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.

Tipp:

Die Anschlussleistung einer effizienten Beleuchtungsanlage liegt heute zwischen **1,5 und 2,0 W pro m² und 100 Lux**. Mit dieser Angabe können Sie schnell die **Effizienz einer Beleuchtungsanlage** in einem Raum feststellen, indem Sie die einzelnen Anschlussleistungen der Leuchten in einem Raum zusammenzählen und durch die Grundfläche des Raumes teilen. Die Tabelle 3.8 kann zu den zu verwendeten Anschlussleistungen Anhaltspunkte geben. Liegt die spezifische Anschlussleistung deutlich über den oben genannten Werten, sollte eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, wie im Kapitel 3.7.1 beschrieben, angestellt werden.

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 Lüftungswärmeverluste 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.

Den nach DIN EN 15251 notwendigen **Außenluftvolumenstrom** finden Sie in den Unterlagen zur Senkung der Heizenergiekosten, im Kapitel 2.2.3.

Neben dem personenbezogenen Außenluftvolumenstrom können noch andere Kriterien die Luftmenge bestimmen, die in einer Lüftungsanlage gefördert werden muss.

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 unklimateisierten 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).

Auch die **Beheizung von Räumen** über Lüftungsanlagen (z.B. in Turnhallen) ist energetisch betrachtet ineffizient, da zur Einbringung der Wärme ein wesentlich höherer Luftvolumenstrom notwendig ist, als er für den hygienischen Luftwechsel notwendig wäre. Eine Ausnahme sind hier Gebäude im Passivhaus-Standard.

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.

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 22 Cent je kWh - mit dieser einfachen Maßnahme ca. 650 € jährlich eingespart werden.

Während Wasser mit Pumpen gefördert wird, sind für Lüftungsanlagen Ventilatoren erforderlich. Die Förderung von Luft erfordert bezogen auf die Energiemenge 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 so viel Luft gefördert wird, wie unbedingt notwendig.

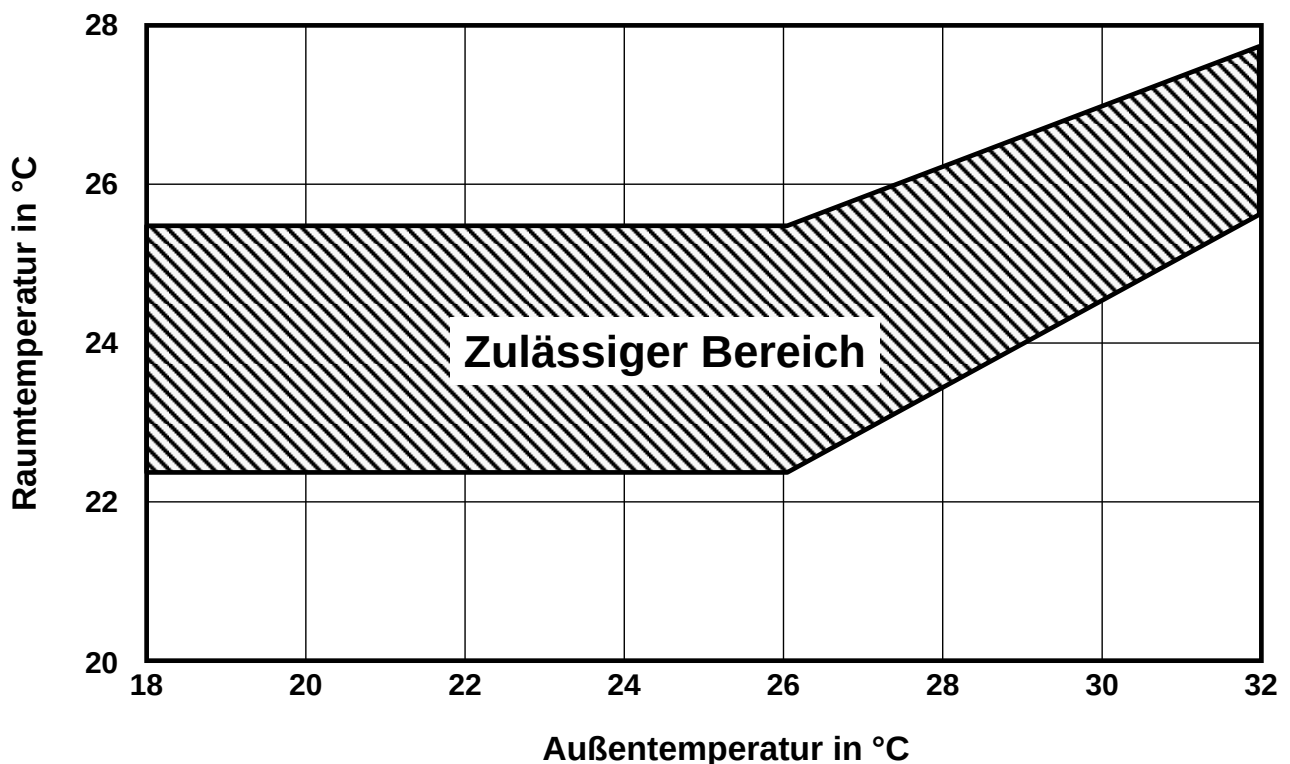


Abb. 3.9: Temperatur-Richtwerte für klimatisierte Räume im Kühlfall [Quelle: DIN 1946 Teil 2]

Tipp:

Werden Räume nur belüftet – nicht klimatisiert - multiplizieren Sie die maximale Personenzahl in den Räumen mit der notwendigen Außenlufttrate (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 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.

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. Bei neueren Gebäuden werden **Jalousieanlagen** (Raffstore) mit **Tageslichtfunktion** eingebaut. Hierbei kippt der obere Bereich der Lamellen nicht gemeinsam mit dem unteren Bereich. Die waagrecht stehenden Lamellen ermöglichen eine Reflektion des Sonnenlichts an die Raumdecke, ohne dass im unteren Nutzungsbereich Blendwirkungen auftreten.

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. IT-Räume) gekühlt oder schädliche Dämpfe abgeführt werden müssen.

Oft befinden sich in zentralen **IT-Räumen** Klima-Splitgeräte. Hier ist darauf zu achten, dass die Soll-Raumtemperaturen nicht zu niedrig eingestellt worden sind!

Umfangreiche Untersuchungen und Feldtests haben gezeigt, dass in IT-Räumen ohne feste Arbeitsplätze **Solltemperaturen von 27 °C** (Toleranz +/- 1°C) keine negative Auswirkungen auf die IT-Komponenten haben. Voraussetzung ist allerdings eine gute Durchströmung des Raumes.

Der Raumtemperaturfühler zur Regelung des Klimagerätes kann sich am Gerät selbst oder aber in der Fernbedienung befinden. Prinzipiell sollten zentrale IT-Räume vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt werden. Falls die Raumsolltemperatur am Klimagerät bzw. der Fernbedienung zu niedrig eingestellt ist, sprechen Sie mit dem zuständigen Technikpersonal über eine Erhöhung auf den zuvor genannten Raumtemperaturwert.

Zur Vermeidung von Geruchsbelästigungen ist es sinnvoll, kurz vor Betriebsbeginn das Gebäude mit Luft zu durchspülen. Der Betrieb außerhalb der eigentlichen

Nutzungszeit sollte auf das notwendige Maß beschränkt werden.

Die einfachste Methode, die Laufzeiten an den tatsächlichen Bedarf anzupassen, ist die Verwendung von Zeitschaltuhren mit Wochenprogramm. Diese bieten dabei den Vorteil, die Anlagen nicht nur in den Nachtstunden, sondern auch am Wochenende abschalten zu können. Bei neueren Anlagen ist das Wochenzeitschaltprogramm in der Regelung hinterlegt. Hier sollten die Schaltzeiten überprüft und gegebenenfalls an die tatsächliche Nutzung angepasst werden. Dabei können geringe Vor- und Nachlaufzeiten sinnvoll sein. Die Auslegung der Luftvolumenströme für Klassenräume liegen bei einem 2-3-fachen Luftwechsel in der Stunde. Hier reicht also eine Laufzeit der Lüftungsanlage von etwa 30 Minuten aus, um das Raumluftvolumen auszutauschen.

Bei Räumen in denen es vorrangig um die Abfuhr von Feuchte geht (wie z.B. Duschräume in Turnhallen) sollte die Lüftungsanlage über **Feuchtefühler** (sogenannte **Hygrostaten**) geschaltet werden. Damit können die Laufzeiten unter Berücksichtigung des notwendigen Luftwechsels reduziert werden.

Haben einzelne Räume stark unterschiedliche Belegungszeiten, kann eine Schaltung installiert werden, die das Zeitprogramm für einen frei wählbaren Zeitraum übersteuert. Das Zeitprogramm kann dann auf die Nutzungszeiten eingestellt werden, die für den normalen Betrieb ausreichend sind. Falls ein Raum dann länger genutzt wird, kann die Anlage von den Nutzern mit einem im Raum angebrachten Schalter eine gewisse Zeit wieder in Betrieb gesetzt werden. Nach einer sinnvoll festgelegten Zeit muss die Regelung dann wieder auf das normale Zeitprogramm zurückschalten, um damit ein Durchlaufen der Lüftungsanlage zu verhindern. Auch bei neueren Regelungen sollte eine zeitweise Übersteuerung der normalen Betriebszeiten möglich sein. Der Einsatz von **CO₂-Sensoren** kann auch für die Regelung von Lüftungsanlagen

eingesetzt werden, allerdings sind die Investition und der Aufwand für die Wartung der Regelung hoch. Für spezielle Anwendungsfälle wie Versammlungsstätten mit stark schwankenden Nutzerzahlen (z.B. Aulen in Schulen) kann allerdings die Verwendung von CO₂-Sensoren mit entsprechender Ansteuerung der Lüftungsanlage sinnvoll sein. Die vom Sensor gemessene CO₂-Konzentration ist dann 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 große Räume belüftet werden, die sehr unterschiedlich genutzt werden, sprechen Sie die Mitarbeiter der Abteilung Energiemanagement an, um die Möglichkeiten einer CO₂-Steuerung zu prüfen.

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 **Gebläse** erforderlich, die elektrische Energie verbrauchen. Da Pumpen eine sehr hohe Zahl von Benutzungsstunden aufweisen, sind die daraus resultierenden Energieverbräuche von wesentlicher Bedeutung.

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 so viel 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.

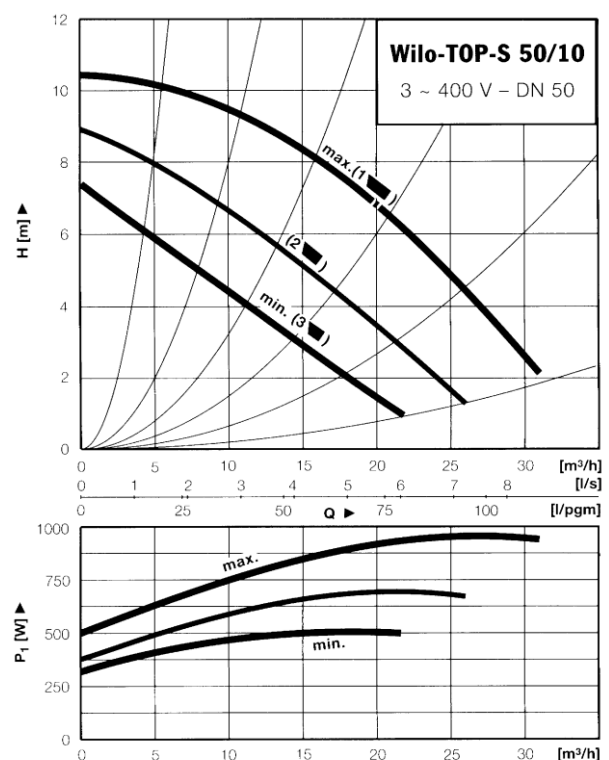


Abb. 3.10: Auswirkung der Drehzahlreduzierung der Heizungspumpe auf den Stromverbrauch

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. Neue Hocheffizienzpumpen sind in der Lage mit einer Leistungsaufnahme von etwa 7 W ein durchschnittliches Einfamilienhaus zu versorgen (siehe dazu auch Kapitel 3.5.3).

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.

Außerdem sind nach der Energieeinsparverordnung in Gebäuden mit mehr als 25 kW Nennwärmeleistung nur Pumpen einzubauen die sich in mindestens drei Stufen selbsttätig dem Förderbedarf anpassen (EnEV 2014 § 14).

Bei **Gebläsebrennern** 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. Dabei ist allerdings der Pumpenblockierschutz zu beachten (siehe unten).

Für **Zirkulationspumpen** ist eine selbsttätige Einrichtung zur Ein- und Ausschaltung nach der Energieeinsparverordnung Pflicht (EnEV 2014 §14). Dabei sind allerdings immer auch die trinkwasserhygienischen Aspekte zu berücksichtigen. Die Zirkulationspumpen in Warmwassersystemen dürfen nach Vorgabe des ABI grundsätzlich nicht abgeschaltet werden obwohl es im DVGW Arbeitsblatt W 551 im Kapitel 6.4 Zirkulationssysteme heißt:

„Bei hygienisch einwandfreien Verhältnissen können Zirkulationssysteme zur Energieeinsparung für max. 8 Stunden in 24 Stunden, z.B. durch Abschalten der Zirkulationspumpe mit abgesenkten Temperaturen betrieben werden.“

Tipp:

Wird zum Beispiel im Sommer die Heizung (ohne Trinkwarmwasserbereitung) 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 elektrischen Spitzenlastzeit.

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

Falls für die Pumpen keine zentrale Steuerung existiert, bieten sich **Schaltuhren** an, damit diese wieder rechtzeitig in Betrieb gehen. Schaltuhren lassen sich relativ einfach in Schaltschränken nachrüsten. Bei Frostgefahr müssen die Pumpen aber wieder in den Dauerbetrieb gehen.

Kesselpumpen müssen nach den Kriterien der Kesselhersteller ein- und ausgeschaltet werden.

3.5.3 Hocheffizienzpumpen

Mittlerweile werden in den Gebäuden der Stadt Frankfurt a. M. zunehmend Hocheffizienzpumpen eingesetzt. Diese sind mit sehr effizienten Motoren und einer Mikroprozessor-Regelung ausgestattet. Auf dem Display ist für gewöhnlich der **Differenzdruck-Sollwert**, mit der Maßeinheit Meter (zehn Meter entsprechen einem bar) abzulesen. Für eine Grundschule mit einer Grundfläche von 4.000 m² reicht ein Differenzdruck von etwa 3 Metern aus. Die genauen Einstellwerte der Pumpen müssen allerdings grundsätzlich Bestandteil der **hydraulischen Berechnung** der gesamten Heizungsanlage sein.

Hocheffizienzpumpen haben häufig verschiedene **Differenzdruck-Regelungsarten**:

Für die Versorgung von Heizkörpern wird der Differenzdruck variabel ($\Delta p-v$) geregelt, der Differenzdruck-Sollwert H nimmt in dieser Regelungsart mit der Fördermenge ab bzw. zu. Schließen sich also in einem Heizkreis durch die ausreichende Raumtemperatur bedingt die Thermostatventile, nehmen auch der Differenzdruck und damit der Energieverbrauch der Pumpe ab. Hierdurch wird eine hohe Ausnutzung des Stromsparerpotentials erreicht. Bei konventionellen Pumpen kann die Erhöhung des Druckabfalls in den Heizkreisen bewirken, dass der Energieverbrauch steigt, wenn die Pumpe nicht von einer externen Regelung angesteuert wird. Bei der Versorgung von Flächenheizungen (z.B. Fußbodenheizungen) wird die Pumpe auf Differenzdruck konstant ($\Delta p-c$) geregelt gestellt. Ein konstanter Differenzdruck ist bei relativ konstant bleibenden Druckabfällen im Heizkreis sinnvoll.

Manche Hocheffizienzpumpen sind in der Lage, aus einem langanhaltenden Absinken der Temperatur im Heizkreis die **Nachtabsenkung** der Heizungsanlage zu **erkennen** und reduzieren in diesem Falle automatisch die Durchflussmenge auf ein Minimum. Mit ansteigender Temperatur geht

die Pumpe dann wieder in den Regelbetrieb. Ungeregelte, konventionelle Pumpen bewegen im Absenkbetrieb unter Umständen trotz fehlendem Wärmebedarf weiter große Mengen Wasser durch die Heizkreise.

In den Abbildung 3.11 und 3.12 sind Einsparpotentiale von Hocheffizienzpumpen am Beispiel eines Einfamilienhauses aufgeführt.



Abb. 3.11: Beispiel für eine Hocheffizienzpumpe

Kostenvergleich pro Jahr			
Vergleich verschiedener Heizungspumpen in einem Einfamilienhaus bei gleicher Pumpenlaufzeit:			
Heizungspumpe	Hoch-effizienz-pumpe	Pumpe (geregelt)	Alte Pumpe* (ungeregelt)
Leistung	13 W	45 W	80 W
Betriebsdauer	5000 h	5000 h	5000 h
Stromverbrauch pro Jahr	65 kWh	225 kWh	400 kWh
Stromkosten** pro Jahr	18,20 €	63 €	112 €
Stromkosten** über 10 Jahre	182,20 €	630 €	1.120 €

* ca. 10 Jahre alt ** bei Strompreis 28 Ct. /kWh

Abb. 3.12: Einsparpotentiale durch Effizienzpumpen, Quelle: www.verbraucherzentrale-rlp.de

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 Standardausrüstung. Der Betrieb von **PC** und dazugehöriger **Peripherie** (Tastatur, Monitor, Drucker, und mehr) macht daher einen erheblichen Anteil am Stromverbrauch öffentlicher Liegenschaften aus.

Eine Erhebung des Energiemanagements im Jahre 2011 ergab, dass mittlerweile über

25 % des gesamten städtischen Stromverbrauchs auf Geräte der Informationstechnik (IT) entfällt.

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.

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.

Leistungsaufnahme von Computern bei verschiedenen Betriebszuständen (Betriebssystem Windows 7)

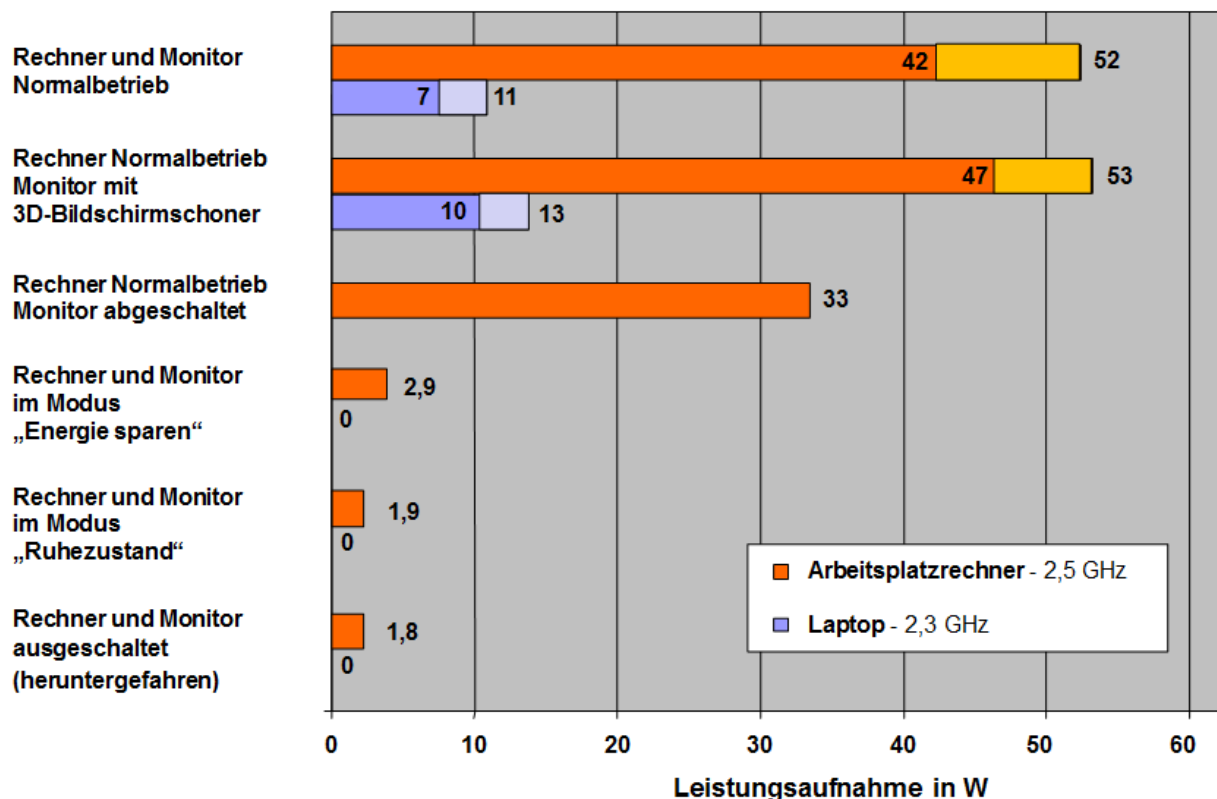


Abb. 3.13: Leistungsaufnahme eines PCs bei verschiedenen Betriebszuständen

Tipp:

Wenn Sie gerade mit etwas anderem beschäftigt sind, sollten Sie den Monitor sofort abschalten.

Tipp:

Bei einer längeren Unterbrechung der Arbeit am PC sollte er in den Modus „Energie sparen“ bzw. „Ruhezustand“ versetzt werden. Er ist anschließend innerhalb von einigen Sekunden wieder einsatzbereit (weiteres dazu siehe unten).

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. Bei aufwändigen 3D-Bildschirmschonern verbraucht der Rechner aufgrund der hohen Rechenleistungen sogar mehr Energie als im Regelbetrieb.

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. Unter Umständen kann dies nur vom Administrator eingestellt werden, dann müsste er mit einbezogen werden.

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.

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 die PCs auch vom Stromnetz getrennt werden dürfen. Mit dem Einsatz einer Steckerleiste steigt im Allgemeinen die Bereitschaft, die Geräte nach Betriebsschluss vom Netz zu trennen.

Wie groß die Unterschiede in den einzelnen Betriebszuständen sind, zeigt die Abb. 3.13. Wie Sie in der Abbildung erkennen können, verbrauchen auch energiesparende Rechner selbst dann noch Strom, wenn Sie PC und Monitor ausgeschaltet haben.

Die **Leistungen eines PC-Arbeitsplatzes** mit Windows 7, einer 2,5 GHz CPU und einem 22" TFT-Bildschirm betragen etwa 40 bis 55 Watt, wobei davon ca. 20 Watt auf den Bildschirm entfallen. Im **3D-Bildschirmschoner-Modus** hat allein der PC eine Leistungsaufnahme von über **30 W**. Bei hoher Rechenleistung hat der oben genannte Rechner eine Anschlussleistung von ca. 40 W.

Der abgeschaltete, aber noch mit dem Stromnetz verbundene PC verbraucht etwa 1,8 W und im Energiesparmodus ca. 2,9 W bzw. im Modus „Ruhezustand“ 1,9 W (Messungen Energiemanagement von 2016).

Da in dem Modus „Energie sparen“ bzw. „Ruhezustand“ die Netzwerkverbindungen getrennt werden, ist darauf zu achten, dass alle editierbaren Dateien vorher geschlossen werden (Word-, Excel-, Outlook-Dateien, etc.). Die zwei genannten Modi werden in Windows 7 über einen linken Mausklick auf das Windows-Startsymbol unten links, dann auf den Pfeil rechts neben dem roten Kästchen „Herunterfahren“, dort auf „Energie sparen“ bzw. „Ruhezustand“ klicken, aktiviert.

3.6.2 Optimaler Betrieb von Bürogeräten

Auch bei den Bürogeräten hat die digitale Welt Einzug gehalten. Die Geräte sind mittlerweile oft **Multifunktionsgeräte**, die als Drucker, Scanner, Kopierer und Fax-Gerät in einem dienen. Die Möglichkeiten von Energiesparfunktionen und deren Art der Aktivierung sind sehr vielfältig, so dass hier keine konkreten Empfehlungen ausgesprochen werden können. Im Internet werden über diese Funktionen in der Regel umfangreiche Informationen bereitgestellt. Daher empfiehlt es sich über die verwendeten Geräte Internetrecherchen anzustellen. Als Suchwörter dienen dabei: Energiespareinstellungen, Energiesparmo-

dus, Energiesparfunktion. Besonders sparsame Multifunktionsgeräte haben nach Angabe der Top-Geräte-Datenbank der Deutschen Energie-Agentur (dena) **im Ruhezustand** nur noch ein **Verbrauch von einem Watt**, das entspricht Jahreskosten von deutlich weniger als zwei Euro. Sollen diese Geräte abgeschaltet bzw. vom Netz getrennt werden, muss dies vorher mit dem zuständigen Administrator abgesprochen werden, da in der Regel auch für diese Geräte Software-Updates gefahren werden müssen.

Falls Bürogeräte mit einzelnen Funktionalitäten genutzt werden, kommt das **Ausschalten** der Geräte bei Nichtbenutzung in Frage. Hier sind insbesondere Kopierer und Drucker zu nennen. Auch ihr Betrieb kann mit einfachen Maßnahmen optimiert werden, ohne dass der Komfort des Benutzers leidet.

Tipp:

Drucker bei denen keine Softwareupdates notwendig sind, 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. Wenn Sie eine schaltbare Steckerleiste verwenden, können Sie Monitor und Drucker gleichzeitig ausschalten.

Tipp:

Dokumente müssen meist nicht sofort ausgedruckt werden. Sammeln Sie Ihre Druckaufträge. Schalten Sie den Arbeitsplatzdrucker 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 Arbeitsplatzdrucker nach jedem Druckauftrag abschalten. Da erfahrungsgemäß die wirkliche Benutzungszeit eines Druckers relativ kurz ist, können Sie so erhebliche Einsparungen erzielen.

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

Es gibt so genannte Power-Manager auf dem Markt, die das Faxgerät erst dann einschalten, wenn ein Fax empfangen wird. Mit Hilfe eines Energiekosten-Messgerätes können die Kosten des Gerätes während der Nichtnutzung, z.B. über ein Wochenende gemessen werden und damit die Wirtschaftlichkeit eines solchen Powermanagers errechnet werden. Moderne energiesparende Faxgeräte haben im Ruhezustand eine Leistungsaufnahme von etwa 1,5 Watt.

Tipp:

Werden bei Ihnen noch Kopierer ohne Netzwerkanschluss verwendet, sollten diese wie Drucker grundsätzlich erst dann in Betrieb genommen werden, wenn zum ersten Mal kopiert werden soll.

Auch bei ausgeschaltetem Gerät verbrauchen 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 trockenen Räumen in der Regel problemlos durchführbar. In Zweifelsfällen sollten Sie vorher den Hersteller des Kopierers befragen.

3.6.3 Kühlschränke 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 befinden sich in den Kühlschränken nur sehr wenige Nahrungsmittel, die oft nicht zwingend gekühlt werden

müssen oder es gibt dort 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 die Arbeitsstätte 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.

Diese alten, ineffizienten Geräte können schon schnell mal Stromkosten von über 70 € pro Jahr verursachen. In solchen Fällen bietet sich auch hier der Einsatz von Energiekosten-Messgeräten an, um nach einer Ermittlung der Stromkosten über das weitere Vorgehen entscheiden zu können (siehe dazu auch Kapitel 3.1.3 Durchführung eigener Messungen).

Tipp:

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

Kühlschränke zur Nutzung am Arbeitsplatz sollten grundsätzlich kein Gefrierfach enthalten. Gefrierfächer benötigen viel Energie und werden nur in den seltensten Fällen wirklich gebraucht. Sollten dennoch Geräte mit Gefrierfach vorhanden sein, sollten diese regelmäßig **abgetaut** werden, da vereiste Wärmetauscher im Kühlschrank in der Kälteabgabe behindert werden.

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 an der Rückseite 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 Warmhalten.

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.

Geräte	Maximale Leistung [W]	
	Sleep/Stand-by	Aus
PC	1	0,5
Bildschirm	0,3	0,1
Laptop	0,4	0,2
Multifunktionsgerät (Drucker, Kopierer, Scanner, Fax-Gerät, MFD - Multifunctional Devices)	0,7	0,2
Laserdrucker	1	0,2
Fernseher Stand-by passiv	0,5	0

Tab. 3.6: Quelle: www.eu-energystar.org und TopGeräte-Datenbank der www.dena.de
 Dezember 2016

Dabei gibt es einige grundsätzliche Überlegungen zur Systemauswahl.

Faxgeräte: Bei alleinstehenden Faxgeräten sollte ein besonderes Augenmerk auf die Stand-by Leistung geworfen werden. Diese sollte 1,5 Watt nicht überschreiten.

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".

Es sollten möglichst Geräte mit einem richtigen **Netzschalter** beschafft werden, die also nach einer Abschaltung auch tatsächlich keinen Strom mehr verbrauchen, falls diese nicht über einen Netzwerkzugang administriert werden.

Führen Sie gegebenenfalls bei alten Geräten Messungen mit einem Energiekosten-Messgerät durch und berechnen Sie daraus die Jahreskosten. Mit dem Vergleich der Kosten von effizienten Geräten lässt sich die **Wirtschaftlichkeit von Neuan-schaffungen** darstellen.

Sparsame Geräte finden Sie in den hier erwähnten Online-Datenbanken oder in der Broschüre „Besonders sparsame Haushaltsgeräte“, die mit dem jeweils aktuellsten Stand online verfügbar ist.

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, angeblich 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, sowie Energiespartipps in diesem Bereich aufführen. Im Folgenden eine Auswahl davon.

Besonders sparsame Haushaltsgeräte

des Büros Ö-quadrat GmbH

www.spargeraete.de

Produkttempfehlungen des Öko-Instituts für elektronische und Haushaltsgeräte

www.ecotopten.de

Energierreferat der Stadt Frankfurt a. Main

www.frankfurt-spart-strom.de

Tipps zum Stromsparen von co2online

gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH

www.co2online.de

Besonders sparsame Geräte	Stromverbrauch	Wasserverbrauch
Kühlschrank ohne Gefrierfach, Unterbaugerät 85 cm hoch, Breite 60 cm	< 43 kWh / (a*100 l Nutzinhalt)	-
Kühlschrank ohne Gefrierfach, Standgerät 180 cm hoch, Breite 65 cm	< 24 kWh / (a*100 l Nutzinhalt)	-
Kühlschrank mit Gefrierfach (-18 °C), Unterbaugerät 85 cm hoch, Breite 55 cm	< 80 kWh / (a*100 l Nutzinhalt)	-
Kühlschrank mit Gefrierfach (-18 °C), Standgerät 185 cm hoch, Breite 60 cm	< 50 kWh / (a*100 l Nutzinhalt)	-
Geschirrspülmaschine, Standgerät, 13 Maßgedecke	< 200 kWh pro Jahr	< 2500 Liter pro Jahr
Waschmaschine 8 kg *)	< 100 kWh pro Jahr	< 9000 Liter pro Jahr
*) Angaben beziehen sich auf Produkte mit 1200 U/min Schleuderdrehzahl		

Tab. 3.7: Quelle: Besonders sparsame Haushaltsgeräte 2017/18
www.energiereferat.stadt-frankfurt.de

Bei Haushaltsgeräten muss 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. Anhaltspunkte für die Jahresstromverbräuche besonders sparsamer Geräte finden Sie in der Tabelle 3.7.

3.7 Wirtschaftlichkeit von investiven Maßnahmen

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

Wir werden keine komplexen Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchführen, sondern nur abschätzen, ob eine Investition lohnend sein kann. Dabei gibt es verschiedene Vorgehensweisen, wie eine Abschätzung vorgenommen werden kann.

Eine Methode ist die Berechnung der Wirtschaftlichkeit über den **Annuitätsfaktor**, die im Kapitel 1.6.1. näher beschrieben wird. Dabei werden auch die Kapitalkosten in der Berechnung berücksichtigt.

Eine einfachere Methode ist die Betrachtung der **Amortisation**, also wie lange es dauert bis sich eine Investition durch die Einsparungen gerechnet hat (Kapitalrückflussrechnung). Dazu teilt man die gesamte Investition (mit Planung und Durchführung) durch die Einsparungen pro Jahr und bekommt daraus die Anzahl der Jahre, bis die Investition sich amortisiert hat. Diese vereinfachte statische Betrachtung, also ohne Berücksichtigung von Kapitalzins und Energiepreissteigerungen (diese Einflüsse können sich auch gegenseitig aufheben) wollen wir bei den Beispielen auf den folgenden Seiten anwenden.

Die **Energieeinsparungen** errechnen sich aus der Differenz zwischen dem ursprünglichen und dem neuen Jahresverbrauch unter Berücksichtigung der Leistungsreduzierung und/oder der Reduzierung der Betriebsstunden. Diese Energieeinsparung wird mit einem mittleren Strompreis multipliziert. Der aktuelle, durchschnittliche Strompreis beträgt etwa 22 Cent je kWh.

3.7.1 Austausch von Leuchten (Arbeitsblatt 3)

In einem Klassenraum in Ihrer Schule befindet sich noch eine alte Beleuchtungsanlage. Sie würden gerne wissen, ob ein Austausch der Beleuchtungsanlage rentabel ist.

Folgende Daten wurden ermittelt:

Der Raum hat eine Grundfläche von etwa 10 mal 6 Metern, mit hohem Tageslichtanteil und ohne regelmäßige Abendnutzungen.

Die Beleuchtungsanlage im Raum besteht aus neun Leuchten mit je einer T26-Lampe à 58 W und VVG.

Die Messungen mit einem Beleuchtungsstärkemessgerät ergaben, dass die Beleuchtungsstärke etwas über dem Anforderungswert von 300 Lux liegt.

Mögliche neue Anlage:

Berechnungen ergaben, dass für den Raum sechs Siegelraster-Leuchten in LED-Technologie à 45 W ausreichen.

Die Kosten für eine Leuchte, mit Abbau und Entsorgung der alten Leuchte und Installation betragen 550 Euro.

Um die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme zu ermitteln, benötigen wir den Energieverbrauch der Altanlage. Dieser ermittelt

sich aus dem Gesamtanschlusswert von Lampe inklusive Vorschaltgerät (siehe dazu Tabelle 3.8 unten) und der Benutzungsdauer. Die Benutzungsdauer ist stark von der Nutzung aber auch vom Nutzerverhalten abhängig, für unsere Betrachtung nehmen wir deshalb die Vollbenutzungsstunden aus der Tabelle 3.3. Zudem benötigen wir, um die Energieeinsparung ermitteln zu können, den Verbrauch der angedachten Anlage und den aktuellen, durchschnittlichen Strompreis (siehe Kapitel 3.7).

Der Energieverbrauch ergibt sich dann für jede Anlage aus der Anschlussleistung multipliziert mit der Benutzungsdauer. 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 €/Leuchte zu rechnen.

In unserer vereinfachten Betrachtung wird die Investition durch die jährlichen Einsparungen geteilt und damit die Amortisation ermittelt, also in etwa wieviel Jahren sich die Investition rechnet.

Lichttechnische Daten von Lampen			KVG Konventionelles Vorschaltgerät			VVG Verlustarmes Vorschaltgerät			EVG Elektronisches Vorschaltgerät		
Lampe	Lampendurchmesser in mm	Lampenleistung in W	Licht-Strom in lm	System-Leistung in W	Lichtausbeute in lm/W	Licht-Strom in lm	System-Leistung in W	Lichtausbeute in lm/W	Licht-Strom in lm	System-Leistung in W	Lichtausbeute in lm/W
T26	26	18	1350	29	47	1350	26	52	1300	19	68
T26	26	36	3350	46	73	3350	43	78	3200	37	86
T26	26	58	5200	71	73	5200	67	78	5000	56	89
T16	16	28	-	-	-	-	-	-	2600	33	79
T16	16	35	-	-	-	-	-	-	3300	40	83
T16	16	39	-	-	-	-	-	-	3100	45,5	68
T16	16	49	-	-	-	-	-	-	4300	56	77
T16	16	54	-	-	-	-	-	-	4450	61	73

Tab. 3.8: Beleuchtungstechnische Daten von Lampen entnommen aus Beleuchtungspraxis Innenbeleuchtung, Trilux 2007

3.7.2 Austausch eines Kühlschranks (Arbeitsblatt 4)

In einem Lehrerzimmer befindet sich ein alter Kühlschrank, der vom Kollegium noch regelmäßig genutzt wird. Eine Zusammenlegung von Kühlgeräten ist aus organisatorischen Gründen nicht möglich.

Mit einem Energiekosten-Messgerät wurde von Montag um 7 Uhr bis zum darauffolgenden Montag um 7 Uhr, genau eine Woche lang der Energieverbrauch unter normalen Bedingungen und bei normaler Nutzung gemessen. Aus der Broschüre „Besonders sparsame Haushaltsgeräte“ in ihrer jeweilig aktuellen Fassung kann zur Gegenüberstellung der Verbrauch sparsamer Geräte entnommen werden.

Aus der Wochenmessung wird der Jahresverbrauch ermittelt und von diesem der Jahresverbrauch eines sparsamen Gerätes aus der Broschüre abgezogen. Diese Differenz mit dem Strompreis multipliziert ergibt die jährliche Kosteneinsparung des neuen Gerätes. Die Beschaffungskosten des neuen Kühlschranks durch die jährliche Kosteneinsparung geteilt ergibt die Amortisation in Jahren.

3.7.3 Nachrüstung einer Regelung für Stromheizung im Container (Arbeitsblatt 5)

Um den fehlenden Raumbedarf an einer Schule auszugleichen, werden Ersatzbauten in Form von Containern aufgestellt. Diese verfügen über Strom-Direktheizungen, dem Typenschild ist eine Anschlussleistung von 2,0 kW zu entnehmen. Je Klassenraum befinden sich vier Heizkörper. Jeder der Heizkörper verfügt über einen Ein- und Ausschalter und einen Temperatur-Wählknopf von 1 - 6. In der aus dem Internet bezogenen Bedienungsanleitung sind den Zahlen keine Temperaturen zugeordnet. Der Raum ist teilweise zu warm, dann werden „als Regelung“ die Fenster geöffnet. Die Container entsprechen keinem bestimmten energetischen Standard.

Messungen bei elektrisch beheizten Containern haben ergeben, dass beim Einsatz einer Funkregelung mit Zeitprogramm

und Temperaturmessung ca. 50 % Energie eingespart werden kann. Allerdings haben einige Randbedingungen, wie das Nutzerverhalten, der energetische Standard oder auch die Lage der Container (z.B. freistehend oder im Containerverbund) Einfluss auf den Energieverbrauch. In der Heizperiode kann bei Elektro-Direktheizgeräten in Containern von etwa 500 Volllaststunden pro Heizperiode ausgegangen werden.

Über die gesamte Anschlussleistung der geregelten Heizkörper mit den genannten Volllaststunden multipliziert wird der Jahresenergieverbrauch abgeschätzt. Etwa 50 % davon können eingespart werden, diese mit dem Strompreis multipliziert ergibt das geschätzte jährliche Einsparpotential. Die Amortisation in Jahren wird wiederum durch das Teilen der Investitionssumme durch den jährlichen Einsparungsbetrag errechnet.

Die Arbeitsblätter zu den Beispielen befinden sich auf den folgenden Seiten.

Arbeitsblatt 1: Messungen mit dem Energiekosten-Messgerät

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 Energiekosten-Messgerät: kWh



Jahresenergieverbrauch:

Anzeige Energiekosten-Messgerät 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 Energiekosten-Messgerät: kWh



Jahresenergieverbrauch:

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

Jahresstromkosten:

Jahresenergieverbrauch x durchschnittlicher Strompreis =
..... €/a

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

Case No.	Case Name	Case Address	Case City	Case State	Case Zip	Case Phone	Case Email	Case Date	Case Time	Case Status	Case Notes
1	John Doe	123 Main St	New York	NY	10001	212-555-1234	john.doe@example.com	2023-10-27	14:30	Completed	Initial assessment and data collection.
2	Jane Smith	456 Elm St	Los Angeles	CA	90001	310-555-5678	jane.smith@example.com	2023-10-28	10:00	In Progress	Interview with subject and review of records.
3	Robert Johnson	789 Oak St	Chicago	IL	60601	312-555-9012	robert.johnson@example.com	2023-10-29	09:00	Pending	Awaiting further information from the client.
4	Maria Garcia	101 Pine St	San Francisco	CA	94101	415-555-3456	maria.garcia@example.com	2023-10-30	11:00	Completed	Final report and recommendations provided.
5	David Lee	202 Birch St	Seattle	WA	98101	206-555-7890	david.lee@example.com	2023-10-31	13:00	In Progress	Conducting follow-up interviews and analysis.
6	Emily White	303 Cedar St	Portland	OR	97201	503-555-2345	emily.white@example.com	2023-11-01	15:00	Pending	Waiting for data from external sources.
7	Michael Brown	404 Maple St	Denver	CO	80201	303-555-6789	michael.brown@example.com	2023-11-02	10:30	Completed	Analysis complete, report drafted.
8	Sarah Davis	505 Spruce St	Phoenix	AZ	85001	602-555-0123	sarah.davis@example.com	2023-11-03	12:00	In Progress	Reviewing findings and preparing conclusions.
9	James Wilson	606 Ash St	San Diego	CA	92101	619-555-4567	james.wilson@example.com	2023-11-04	14:00	Pending	Final review and approval process.
10	Lisa Anderson	707 Hickory St	San Jose	CA	95101	408-555-8901	lisa.anderson@example.com	2023-11-05	16:00	Completed	Project closed, all data archived.

Meßpunkt Nr.	Beleuchtungsstärke		
	ohne Be- leuchtung	mit Be- leuchtung	Differenz
Summe			

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

Korrigierte Beleuchtungsstärke E_{mk} : $E_m \times k_1 \times k_2$ = lx

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

Geforderte Beleuchtungsstärke: lx

Maßnahmen:

.....

.....

.....

Arbeitsblatt 3: Austausch von Leuchten

Vorhandene Beleuchtungsanlage:

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

Neue Beleuchtungsanlage:

Anzahl der Lampen: Stück
Anschlussleistung einer Lampe: 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. Demontage, Entsorgung, Montage)

Gesamtinvestition: €

Wirtschaftlichkeit:

Statische Amortisation oder Kapitalrückfluss in Jahren

Gesamtinvestition in € / Jährliche Energiekosteneinsparung in € =

Arbeitsblatt 4: Austausch eines Kühlschranks

Vorhandener Kühlschrank:

gemessener Wochenverbrauch: kWh/Woche

Jahresverbrauch: kWh/a

(Messung über eine Woche auf das Jahr hochgerechnet)

Neuer Kühlschrank:

Angegebener Jahresverbrauch kWh/a

(aus Broschüre „Besonders sparsame Haushaltsgeräte“ oder www.spargeraete.de):

Jährliche Energiekosteneinsparung:

Strompreis: €/kWh

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

Investition:

Investitionen:€ (z.B. aus Angebot Lieferant oder Internetrecherche)

Wirtschaftlichkeit:

Statische Amortisation oder Kapitalrückfluss in Jahren

Investition in € / Jährliche Energiekosteneinsparung in € =

Arbeitsblatt 5: Nachrüstung einer Regelung für Stromheizungen in Containern

Einsparpotential:

Leistungsaufnahme eines Heizkörpers: kW

Anzahl der Heizkörper je Raum: St.

Leistungsaufnahme je Raum: kW

Vollbenutzungsstunden (=Volllaststunden) der Anlage: h/a

(Elektro-Direktheizgeräte in Containern weisen etwa 500 Volllaststunden pro Heizperiode auf)

Energieverbrauch = (Leistungsaufnahme x Vollbenutzungsstunden) = kWh/a

Energieeinsparung kWh/a

(Energieeinsparung aus Messungen ca. 50 %)

Jährliche Energiekosteneinsparung:

Strompreis: €/kWh

Energieeinsparung x Strompreis: €/a

Investition:

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

Wirtschaftlichkeit:

Statische Amortisation oder Kapitalrückfluss in Jahren

Investition in € / Jährliche Energiekosteneinsparung in € =