

### 5. Beleuchten

Licht bzw. die richtige Beleuchtung von Räumen und Arbeitsplätzen hat entscheidenden Einfluss auf das Wohlbefinden und die Konzentrationsfähigkeit von Menschen. Da wir immer mehr Zeit in Gebäuden verbringen, kommt dem Tageslicht dabei aufgrund seiner vielfältigen positiven Wirkung auf den Organismus eine besondere Rolle zu. Seine große Dynamik im Tages- und Jahresgang darf andererseits nicht zur Beeinträchtigung von Tätigkeiten an (fensternahen) Arbeitsplätzen führen – heute zum größten Teil Computerarbeit in Bürogebäuden. Das „Nicht-Nutzen“ von Tageslicht, also der Einsatz künstlicher Beleuchtung aufgrund unzulänglicher Tageslichtplanung, kann in Bürogebäuden bis zu 30 % des Primärenergieverbrauchs für die Gebäudetechnik ausmachen. Hinzu kommt die sekundäre Wirkung als Kühllast - die Lichtausbeute künstlicher Lichtquellen ist im Vergleich zum Tageslicht um mindestens 30 % geringer!

#### Definition Lichtausbeute:

Verhältnis des Lichtstroms einer Lichtquelle zur aufgewendeten elektrischen Leistung

#### Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsplätzen

Die Anforderungskriterien an die Qualität der Beleuchtung an Arbeitsplätzen sind vielfältig. In den entsprechenden Normen werden dazu verschiedene Größen definiert und über diese Anforderungen an die Beleuchtung von Innenräumen durch Tageslicht und künstliche Beleuchtung formuliert. Die wichtigsten Größen und Merkmale, die momentan zur Bewertung herangezogen werden, sind die Beleuchtungsstärke, der Tageslichtquotient, die Leuchtdichte von Flächen im Bereich des Sichtfeldes sowie die Qualität der Farbwiedergabe.

In der Regel sind in Normen und Richtlinien nur Mindestwerte vorgegeben, so dass die Einhaltung der Vorschriften noch nicht automatisch zu einer optimalen Beleuchtungssituation führt.

#### Normen und Richtlinien zur Lichtplanung:

- ▶ DIN EN 12464-1 „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen“
- ▶ DIN 5034 „Tageslicht in Innenräumen“, Teile 1-6
- ▶ DIN EN ISO 9241-6 „Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 6: Leitsätze für die Arbeitsumgebung (ISO 9241)“
- ▶ DIN EN ISO 9241-7 „Ergonomische Anforderungen an Bürotätigkeiten an Bildschirmgeräten – Teil 7: Anforderungen an visuelle Anzeigen bezüglich Reflexionen“
- ▶ VDI 6011-Blatt 1:2002-08 „Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung – Grundlagen“
- ▶ Sonnenschutz im Büro, Broschüre der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft, Schriftenreihe Prävention SP 2.5 (BGI 827)

#### Tageslicht

Tageslichtplanung ist eng mit dem architektonischen Entwurf verknüpft, d. h. bereits in einer sehr frühen Planungsphase werden – bewusst oder unbewusst – wesentliche Entscheidungen bzgl. der Verfügbarkeit von Tageslicht getroffen. Tageslichtplanung bezieht sich auf die Geometrie eines Gebäudes, seine Raumstrukturen einschließlich der Materialisierung und die Fassade. Letztere steht in engem Zusammenhang mit der Vermeidung zu hoher solarer Einträge in das Gebäude.

Geht man von Büroräumen aus, die an einer Außenfassade liegen, so ist ein wichtiges Anliegen ein möglichst hoher Tageslichtquotient in der Raumtiefe. Zur Bewertung wird dabei ein bedeckter Himmel angesetzt, der die Himmelslichtsituation über weite Teile des Winterhalbjahres in Mittel- und Nordeuropa widerspiegelt und somit den kritischsten Auslegungsfall für die Tageslichtversorgung darstellt.

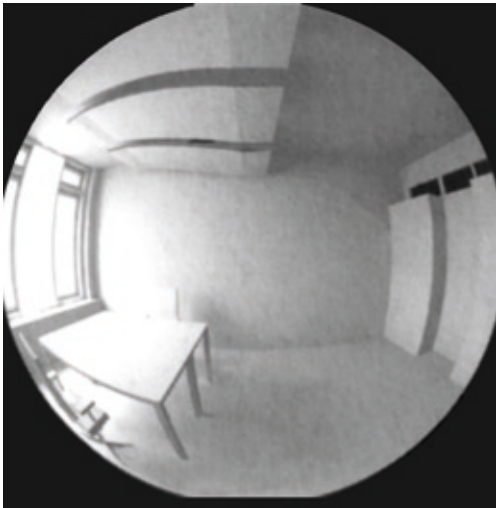


Abb. 05\_01:  
Eine auf hohe Tageslichtnutzung ausgerichtete Raumplanung gewährleistet niedrigen Energieverbrauch für Beleuchtung und Kühlung (aufgrund der Wärmelasten durch Leuchten). Das linke Beispiel weist eine sturzfreie Fensterfront und helle Raumboflächen auf; der mittlere Tageslichtquotient ist mehr als doppelt so hoch (3,8 %) wie im rechten Beispiel (1,6 %).  
[Quelle: fbta, Universität Karlsruhe]

#### Definition Tageslichtquotient:

Die Helligkeit in Innenräumen wird über den Tageslichtquotienten bestimmt. Er ist als Verhältnis der Beleuchtungsstärke auf einer horizontalen Fläche des Innenraums zur gleichzeitig vorhandenen Beleuchtungsstärke auf einer horizontalen Fläche im Freien unter unverbautem Himmel definiert. Der Tageslichtquotient wird für einen vollkommen bedeckten Himmel bestimmt.

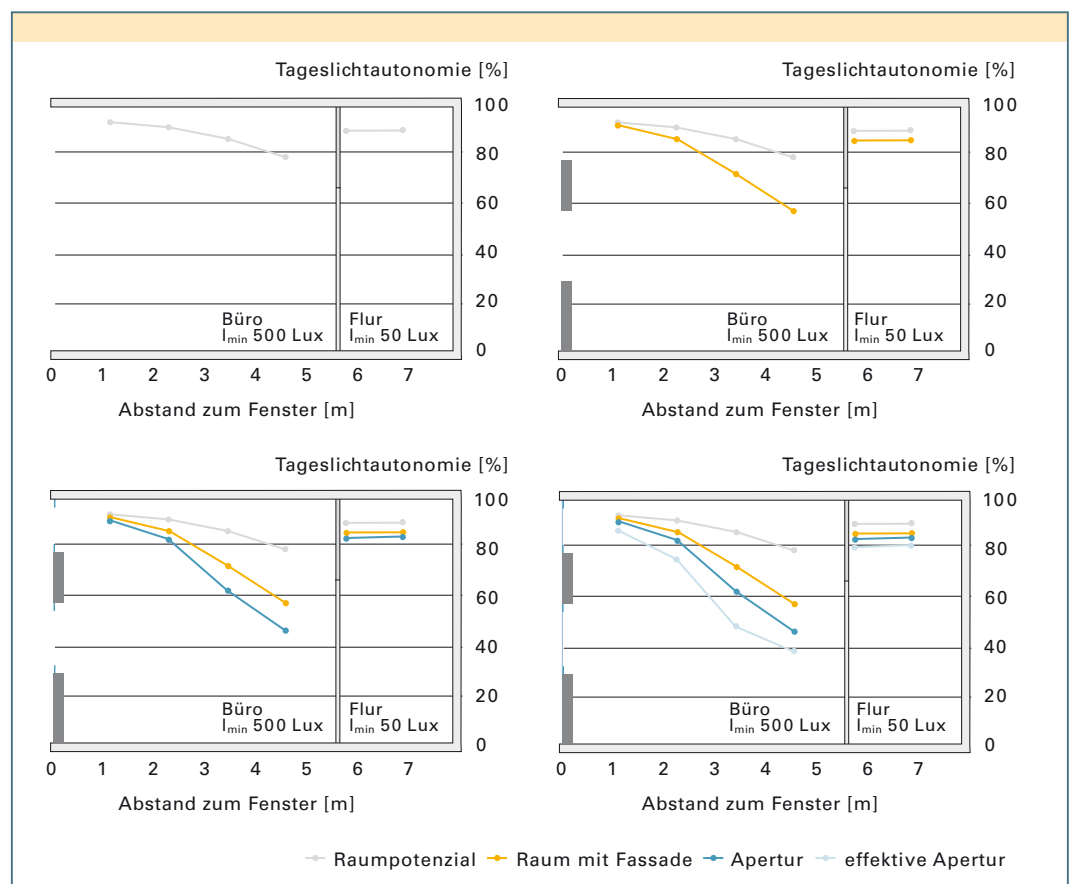


Abb. 05\_02:  
Innenansicht eines Büroraums im Gebäude KfW-Ostarkade in Frankfurt (Projektsteckbrief: siehe Kapitel 9). Sturzfreie Fenster, eine geringe Raumtiefe, eine helle Deckenoberfläche und speziell geformte Deckensegel zur Lichtumlenkung tragen zu einer sehr guten Tageslichtausleuchtung des gesamten Raumes bei.  
[Quelle: Architekten RKW Rhode Kellermann Wawrowsky]

**Planerische Maßnahmen zur Optimierung der Tageslichtausleuchtung von Räumen:**

- Abstände zu benachbarten Gebäuden beachten (soweit möglich).
- Orientierung der Büroräume in Abstimmung mit Anforderungen an Blendung und Überhitzung auswählen (soweit unter den Randbedingungen des Standortes und der Nutzung möglich). Dabei ist der Sonnenstand in Bezug auf die Fassade in den verschiedenen Jahreszeiten zu beachten. Nach Norden orientierte Räume kombinieren die geringsten polaren Lasten mit einer hohen Tageslichtverfügbarkeit und (fast) dauerhaftem Ausblick!
- Bei kompakten Gebäuden darauf achten, dass auch bei innen liegenden Räumen (z. B. an Atrien grenzende Büros) viel Himmelslicht die Fassaden erreicht. Die Raumtiefe bei einseitiger Beleuchtung durch Fenster sollte nicht größer als 5 m sein.
- Lage und Größe der Fenster:  
Der Oberlichtbereich eines Fensters ist für die Tageslichtversorgung besonders wichtig. Sturzfremde Fassaden sorgen für die Tageslichtversorgung von raumtiefen Arbeitsplätzen. Der Bereich von etwa Schreibtischhöhe bis 2 m Höhe ist wichtig für die Sichtbeziehung nach außen, die in der Arbeitsstättenverordnung auch explizit vorgeschrieben ist. Der Brüstungsbereich hat für die Nutzung des Tageslichts so gut wie keine Bedeutung. Eine Verglasung in diesem Bereich würde zwar den Sichtbezug nach außen vergrößern, führt aber in hohen Gebäuden oft zu Unbehagen bei den Nutzern. Gravierender Nachteil ist die Erhöhung der solaren Lasten durch diesen zusätzlichen Verglasungsanteil.
- Hinsichtlich der optischen Qualität der Verglasung ist auf einen hohen Transmissionsgrad für das sichtbare Licht zu achten.
- Helle Innenraumflächen – insbesondere Decken – unterstützen die Ausleuchtung der Raumtiefe mit Tageslicht.
- Oberlichte in Trennwänden zwischen Büro- und Flurzone reduzieren den erforderlichen Kunstlicheinsatz im Flur.

Abb. 05\_03:  
Tageslichtautonomie (Anteil der Nutzungszeit ohne zusätzlichen Kunstlichtbedarf bei vorgegebener Beleuchtungsstärke) auf einer Arbeitsebene in Abhängigkeit der Distanz zur Fassade am Beispiel des Gebäudes Fraunhofer ISE in Freiburg. Deutlich zu erkennen ist der starke Einfluss der Fassadengestaltung (offene/geschlossene Bereiche, Rahmenanteile, Leibungen) und der Glasqualität.  
[Quelle: nach EnBau: MONITOR]



## Blendschutz

Zur Vermeidung von Blendung durch die Sonne oder durch hohe Leuchtdichten in der Fensterebene bzw. an Oberflächen benachbarter Gebäude wird ein Blendschutz benötigt. Aus wirtschaftlichen Gründen wird dieser meist in Kombination mit dem Sonnenschutz ausgeführt.

### Wichtige Anforderungen an diese Systeme sind:

- geringe Leuchtdichte im Sichtfeld, z. B. auch keine Reflexblendung an (halb) geöffneten Lamellen. Weiterhin muss darauf geachtet werden, dass die Systeme seitlich lichtdicht an den Fensterrahmen anschließen.
- bei gleichzeitigem Blend-/Sonnenschutz über einen weiten Zeitraum möglichst gute Sicht nach draußen.
- bei gleichzeitigem Blend-/Sonnenschutz möglichst gute Tageslichtnutzung.
- möglichst geringe Veränderung in der Farbwiedergabe.

Auf dem Markt stehen dafür unterschiedliche Produkte zur Verfügung. Der wirksamste gleichzeitige Sonnenschutz wird mit außen liegenden Systemen erzielt. Leistungsmerkmale für die Auswahl von Sonnen- und Blendschutzsystemen sind in der prEN 14501 gegeben (vgl. Kapitel 4 Kühlen).

Abb. 05\_04:

Unterschiedliche Sonnen-/Blendschutzsysteme  
links: Horizontaljalousien – links oben der außen liegende Edelstahlbehang „s\_enn“ der Firma Claussen, der durch sein Profil selektiv bestimmte Bereiche des Himmels ausblendet und dadurch eine gute Durchsicht erlaubt. Die Profilierung vermeidet Reflexblendung an den Lamellenoberflächen. Links unten die innen liegende „Genius-Lamelle“ der Firma Warema, deren Geometrie speziell auf die diffus reflektierenden Oberflächen abgestimmt ist. Dadurch wird eine gute Kombination von Sonnen-/Blendschutz und Durchsicht erreicht. [Quellen: Fa. Claussen Markisen, Fa. Warema]  
Rechts: Im Scheibenzwischenraum liegendes Rollosystem der Firma Agero am Gebäude der Firma Solvis in Braunschweig. Das beschichtete Rollo wird von unten nach oben zugefahren und gewährleistet somit bei aktiviertem Blendschutz noch Tageslichteintrag in den Raum im Überkopfbereich. [Quelle: Ortsmeyer, Braunschweig]



### **Einfluss des Blendschutzes auf den Energieverbrauch der Beleuchtung**

Vorteilhaft auf den Energieverbrauch wirkt sich aus, wenn je einem Arbeitsplatz ein Blendschutzsystem zugeordnet werden kann. Wird ein Blendschutz mehreren Arbeitsplätzen zugeordnet, und liegt einer der Arbeitsplätze auch noch in einem weiteren Abstand zur Fassade, so sind Tageslichteintrag und Blendung derart unterschiedlich, dass niemals beide Büronutzer den gleichen Nutzen an dem Blendschutz bzw. am Tageslicht haben werden. Während der Fensterplatz verhältnismäßig früh den Blendschutz verwendet, kommt es an dem vom Fenster abgelegenen Arbeitsplatz häufig zu einer nicht mehr ausreichenden Lichtsituation. Elektrische Beleuchtung muss zum Einsatz kommen. Ganz besonders ist dies der Fall bei Blendschutzsystemen, die auf die gesamte Fassade gleichzeitig wirken.

### **Lichtumlenkung**

Tageslichtlenkende Systeme innerhalb einer Verglasung bringen über Reflexion der direkten Solarstrahlung an die Decke Licht in die hintere Zone eines Raumes. Die außen zur Verfügung stehende Lichtmenge bleibt jedoch grundsätzlich dieselbe; die im Raum zur Verfügung stehende Tageslichtmenge verringert sich deshalb eher durch Verluste am Tageslichtsystem selbst und an der Decke. Zur Beurteilung eines Tageslicht lenkenden Systems ist unbedingt dessen Wirksamkeit bei bedeckten Himmelszuständen zu untersuchen. Hierzu sind Transmissionswerte für diffuse Strahlung bei den Herstellern anzufordern. Außerdem sind störende Einflüsse in Form von Farbänderungen durch spektrale Veränderungen in der Zusammensetzung des Tageslichtes zu prüfen.

Tageslichtlenkende Verglasungen sind sehr kostenaufwändig und ihre Wirksamkeit ist im Wesentlichen auf sonnige Tage begrenzt. Bei einer guten Tageslichtplanung kann auf sie verzichtet werden. Dagegen ermöglichen Sonnen-/Blendschutzsysteme mit Licht lenkenden Eigenschaften Tageslichtnutzung bei deutlich reduzierten solaren Lasten (s. o.); sie sollten wetterabhängig verfahrbar sein.

### **Das Atrium – ein Sonderfall**

Atrien als „lichtdurchflutete Räume“ zu bezeichnen, kann nur für die Atrien selbst gelten, nicht aber für die Räume, die an die Atrien angrenzen. Besonders gilt dies für Büroarbeitsplätze, die mit Tageslicht versorgt werden sollen. Während die oberen Etagen zeitweise vielleicht noch ausreichend mit Tageslicht versorgt werden können, nimmt das Tageslichtangebot mit zunehmender Entfernung von der Lichteintrittsfläche rapide ab. Wesentliche Einflussfaktoren sind die Geometrie des Atriums, die Dachkonstruktion des Atriums, die Art des horizontalen Sonnenschutzes und die Oberflächenbeschaffenheit der Innenfassaden im Atrium.

## Künstliche Beleuchtung

Um sowohl die Nutzeransprüche zu befriedigen als auch den Energieverbrauch gering zu halten, muss die Planung der künstlichen Beleuchtung mit großer Sorgfalt durchgeführt werden. Eine Abstimmung der Lichtanlage auf das Tageslichtkonzept ist entscheidend für das Einsparpotential an elektrischer Energie.

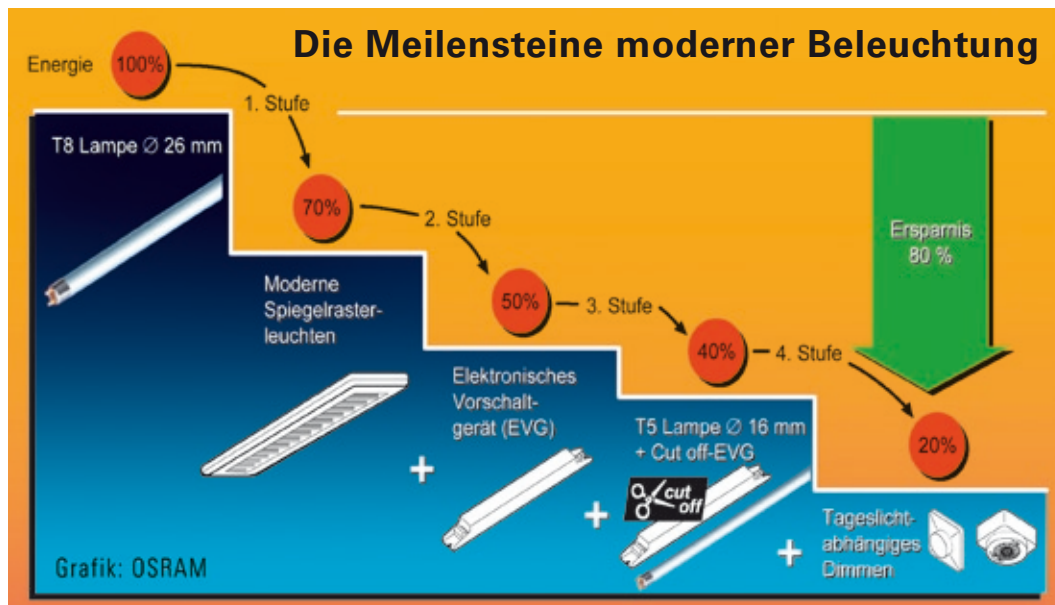


Abb. 05\_05:  
Meilensteine moderner  
Beleuchtung.

Zukünftig werden als  
Leuchtmittel vermehrt auch  
Leuchtdioden zum Einsatz  
kommen, die in vielen  
Bereichen zu deutlich ge-  
ringerem Energieverbrauch  
führen werden.

[Quelle: Fa. Osram]

### Planerische Maßnahmen zur Optimierung der künstlichen Beleuchtung:

- Auswahl von Leuchtmitteln mit hoher Lichtausbeute, z. B. T5 Leuchtstoffröhre mit ca. 100 lm/W.
- Leuchtenbetriebswirkungsgrad von mindestens 70, besser 80 % einhalten.
- Das Verhältnis von spezifischer installierter Leistung zur Beleuchtungsstärke auf der Arbeitsebene sollte etwa 2 Watt pro m<sup>2</sup> und pro 100 Lux betragen (Annahme für Wartungsfaktor 0,8).

Der Leuchtenbetriebswirkungsgrad fasst die optische Qualität einer Leuchte (Lichtverteilung, Qualität des Reflektors, Lichtauskopplung) und die des Vorschaltgerätes zusammen.

### weitergehende Informationen zu den Begriffen:

- ▶ DIN EN 12464-1 „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen“

### Steuerung/Regelung

Die einfachste Maßnahme zur Optimierung des elektrischen Energieverbrauchs besteht in der Trennung der Stromkreise für fensternahe und fensterferne Beleuchtung. Dies ermöglicht einen bedarfsabhängigen Betrieb, der von den sehr unterschiedlichen Randbedingungen unabhängig ist. Die Steuerung/Regelung kann manuell oder automatisch erfolgen. Für die automatisierte Kontrolle gibt es zwei grundsätzliche Strategien, die auch miteinander kombiniert werden können: die präsenzabhängige und die tageslichtabhängige Regelung.

Grundsätzlich erfahren automatisierte Systeme weniger Nutzerakzeptanz. Daher sollten am Arbeitsplatz immer Eingriffsmöglichkeiten für den Nutzer zur Verfügung stehen. In öffentlichen Bereichen eines Gebäudes wird die Automatisierung der Lichtsteuerung akzeptiert, zum Teil sogar erwartet.

Das tatsächlich erzielbare energetische Einsparpotenzial hängt sehr stark vom Nutzerverhalten ab.

Besonderes Augenmerk muss Konferenz- oder Vortragsräumen geschenkt werden. Hier sollte die Beleuchtung über ein Zeitprogramm gesteuert werden, damit nach Ende der Nutzungszeit die Beleuchtung nicht weiter in Betrieb bleibt. Wenn möglich, sollten auch solche Räume mit Tageslicht versorgt werden können und eine Verdunklung nur bei Bedarf aktiviert werden.

Automatisierungsstrategien:

- manuelles Einschalten der Raumbeleuchtung
- automatische Abschaltung bei Abwesenheit
- automatisches Dimmen bei entsprechendem Tageslichtangebot, um Nennbeleuchtungsstärke (als Summe aus Tageslicht und künstlicher Beleuchtung) zu erreichen
- für fensternahe und -ferne Arbeitsplätze ist eine tageslichtabhängige Regelung aufgrund der relativ konstanten Beleuchtungsverhältnisse in der Regel unwirtschaftlich!

- ▶ Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau LEE, [www.iwu.de](http://www.iwu.de)
- ▶ Voss, K. et al.: Bürogebäude mit Zukunft. 2. Aufl. 2006; TÜV-Verlag.

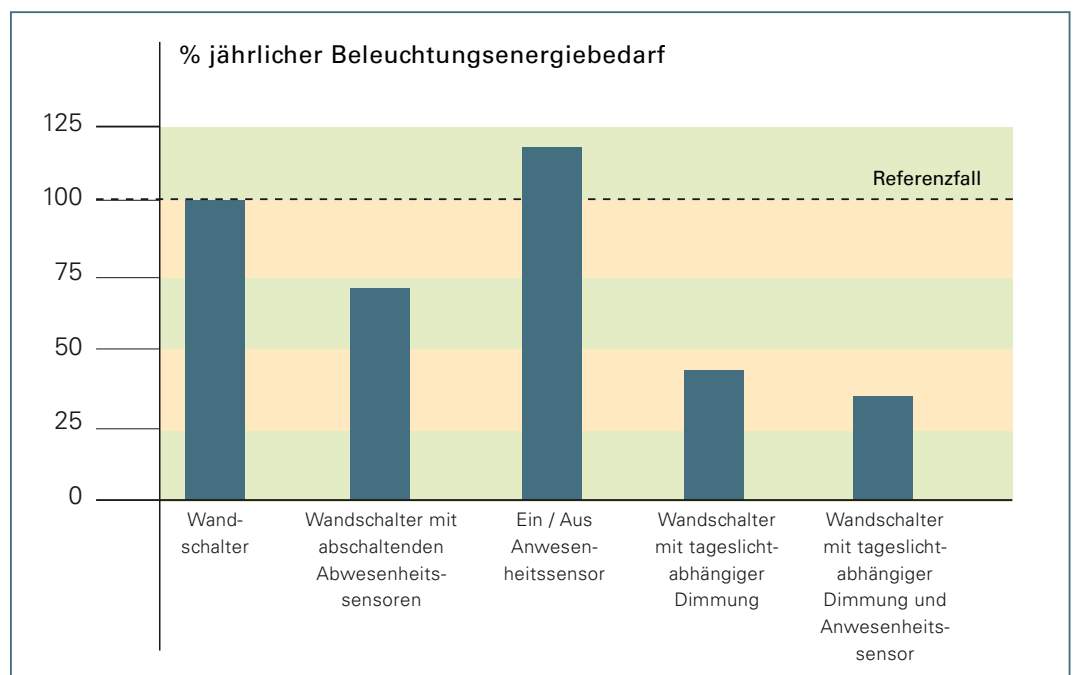


Abb. 05\_06:  
 Simulierter Energieverbrauch für ein Einzelbüro mit manuell bedienbarer Jalousie bei verschiedenen Kontrollstrategien für die künstliche Beleuchtung. Aufgrund der hohen Tageslichtautonomie zeigt das tageslichtabhängige Dimmen die höchsten Einsparpotenziale.  
 [Quelle: nach EnBau: MONITOR]

## Berechnung des Jahresenergiebedarfes für Beleuchtung

Der Energiebedarf für die Beleuchtung ergibt sich aus der installierten Leistung, der Betriebszeit (in Abhängigkeit des Tageslichtangebotes im Raum über das gesamte Jahr) und des Nutzerverhaltens. Eine genaue Berechnung ist sehr komplex und kann nur mit entsprechenden Simulationsprogrammen durchgeführt werden. Für eine überschlägige Berechnung steht in der DIN V 18599 (vgl. Kapitel 1) ein vereinfachtes Berechnungsverfahren zur Verfügung, mit dem sich der Aufwand an elektrischer Energie für Beleuchtungszwecke unter Berücksichtigung des Tageslichtes sowie von Beleuchtungskontrollsystemen (Präsenzdetektion und tageslichtabhängige Beleuchtungskontrolle) ermitteln lässt.

Planungswerkzeuge für die Beurteilung der Nutzungsmöglichkeiten von Tages- und Kunstlicht:

- ▶ Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau LEE – vereinfachtes Berechnungsverfahren, [www.iwu.de](http://www.iwu.de)
- ▶ DIN V 18599 Teil 4 „Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung“
- ▶ DL\_frac – Rechenmodul, berechnet die Tages- und Kunstlichtanteile mit einem einfachen für frühe Planungsphasen geeigneten Modell, [www.eclim.de](http://www.eclim.de)
- ▶ Relux – Radiosity-Software für Licht und Beleuchtung, [www.relux.biz](http://www.relux.biz)
- ▶ Radiance – Raytracing-Software für Licht und Beleuchtung, <http://radsite.lbl.gov>
- ▶ DaySim – zur Berechnung der Tageslichtautonomie, [www.daysim.com](http://www.daysim.com)



### 6. Zukunftsfähige Energieversorgung

Neben der Ausschöpfung aller Maßnahmen zur Minimierung des Energiebedarfs sowie der effizienten Energieverwendung kommt der Bereitstellung von Energie eine wesentliche Rolle im Zusammenhang mit Energieeffizienz in Gebäuden zu. Entscheidungskriterien für die Auswahl von Energieträgern sind u.a. die Wirtschaftlichkeit (Investitions- und langfristige Betriebskosten), die Versorgungssicherheit und die Umweltbelastung.

Im Rahmen dieses Leitfadens werden nur Systeme zur Wärme- und Stromerzeugung vorgestellt, da die konventionelle Kühlung in richtig geplanten Bürogebäuden auf (kleinere) Sonderbereiche beschränkt ist und ansonsten mit den in Kapitel 4 vorgestellten Maßnahmen zur passiven Kühlung ein hoher Komfort an Arbeitsplätzen erzielt werden kann.

#### Vorgehensweise zur Verminderung des Energieverbrauchs:

1. Minimierung des Energiebedarfs für Heizen, Lüften, Kühlen und Beleuchten im Rahmen des Gebäudeentwurfs
2. Maximierung der Nutzungseffizienz in der Gebäudetechnik (energetische Betriebsoptimierung) und von nutzungsbedingten Geräten
3. bestmögliche Ausnutzung von Energieträgern – z. B. Brennwerttechnik oder Kraft-Wärme-Kopplung im Verbund (Fern- und Nahwärme)
4. Einsatz regenerativer Energieträger zur Wärme- und Stromerzeugung bzw. Nutzung natürlicher Wärmesenken zur Gebäudekühlung

#### Brennwerttechnik

Als Mindest-Standard für die Versorgung mit Heizwärme muss laut Energieeinsparverordnung die Brennwert- oder die Niedertemperatur-Technik zum Einsatz kommen. Mit Brennwerttechnik ist die effizienteste Ausnutzung konventioneller Energieträger (im Neubau in der Regel Gas) gewährleistet. Bei Altbauanierungen ist zu beachten, dass eine Brennwertnutzung nur dann stattfindet, wenn die Heizkreistemperatur entsprechend niedrig ist. Brennwertkessel bzw. -thermen sind fast über den gesamten Leistungsbereich modulierbar und somit als alleinige Wärmeerzeuger einsetzbar.

#### Heizen mit Biomasse

Beim Einsatz von Biomasse weist Holz in Form von Pellets oder Hackschnitzeln zur Zeit den größten Anteil auf. Die Versorgung mit dem Brennstoff Holz sollte über möglichst geringe Versorgungswege erfolgen (< 100 km), damit der ökologische Vorteil des Systems nicht durch hohen Treibstoffverbrauch beim Transport zunichte gemacht wird. Holzkessel weisen ein schlechteres Teillastverhalten auf; für den Sommerbetrieb (und Spitzenlasten) sollte ein ergänzendes System (Gasbrennwertkessel) und/oder ein großer Pufferspeicher eingeplant werden.

#### Erdwärme-/Grundwasserwärmenutzung mit Wärmepumpe

Mit Wärmepumpen lässt sich Wärme aus dem Untergrund effizient nutzen. Voraussetzung ist, dass aufgrund eines hohen Wärmeschutzes die Betriebstemperaturen des Heizsystems nicht über 55 °C, möglichst aber deutlich darunter liegen, da die Jahresarbeitszahl von Wärmepumpen umso höher ist, je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke (Heizkreis) ist.

Für die Grundwassernutzung ist die ganzjährige Verfügbarkeit notwendige Voraussetzung; je nach Grundwasserstand sind u. U. aufwändige Brunnenbauwerke erforderlich. Das Erdreich wird als Wärmequelle über Erdsonden erschlossen, die bis zu 200 m in die Tiefe reichen können. Synergieeffekte ergeben sich bei einer Pfahlgründung des Gebäudes, da die Sonden dann in die Pfähle eingegossen werden können.

In Verbindung mit Betonkernaktivierung in Gebäuden können das Erdreich und das Grundwasser im Sommer auch direkt als Wärmesenken zur Kühlung eingesetzt werden. Damit ergibt sich für Heizen und Kühlen ein sehr niedriger Primärenergiebedarf, obwohl als Energieträger elektrischer Strom eingesetzt wird. Gute Beispiele dafür sind die Gebäude Handwerkskammer-Akademie in Augsburg und Bürogebäude BOB in Aachen (siehe Kapitel 9).

Die Arbeitszahl einer Wärmepumpe beschreibt das Verhältnis von Nutzenergie zu aufgewendeter Endenergie. Die Jahresarbeitszahl berücksichtigt dabei den tatsächlichen Betrieb einer Wärmepumpe über ein ganzes Jahr – auch unter Teillast –, während die auf dem Prüfstand ermittelten Arbeitszahlen (Herstellerangaben) über kurze Zeiten mit normierten konstanten Randbedingungen gemessen werden.



Abb. 06\_01:  
Einbringen einer Erdsonde in das Bohrloch beim Neubau des Bürogebäudes BOB in Aachen. Die Erdsonden reichen bis in eine Tiefe von 45 m und sorgen in Verbindung mit einer Wärmepumpe und einer Betonkernaktivierung in den Geschossdecken für die Wärme- und Kältebereitstellung.  
[Quelle: VIKA Ingenieure]

Auch zur Bewertung von Wärmepumpen werden Primärenergiefaktoren herangezogen. Für eine Elektro-Wärmepumpe, die ihren Strom aus einem Kraftwerk mit durchschnittlich 35 % Wirkungsgrad bezieht, ergibt sich bei einer Jahresarbeitszahl von 3 ein Primärenergiefaktor von nur knapp über 1. Aus diesem Grund sollten Wärmepumpen eine Jahresarbeitszahl von mindestens 4 bis 5 aufweisen, um gegenüber fossilen Energieträgern zur Wärmeerzeugung einen wirklichen Vorteil zu besitzen.

Voraussetzungen für hohe Jahresnutzungsgrade/-arbeitszahlen von Heizsystemen:

- Heizkreistemperaturen möglichst niedrig halten (Flächenheizungen) maximale Heizleistungen nicht über  $40 \text{ W/m}^2$  bei reiner Heizwärmeversorgung
- Wärmeerzeuger nicht überdimensionieren
- Wärmeverteilverluste so gering wie möglich halten (gut gedämmte Leitungen, kurze Verteilwege, Leitungsführung innerhalb der gedämmten Gebäudehülle, Abschaltzeiten)



Abb. 06\_02:  
Wärmepumpe in der Handwerkskammer-Akademie in Augsburg (Projektsteckbrief siehe Kapitel 9). Das Aggregat hat eine Wärmeleistung von 47 kW und nutzt das Grundwasser als Wärmequelle.  
[Quelle: Handwerkskammer-Akademie in Augsburg]

### Solarenergie

Solare Wärmeerzeugung für Brauchwasser in Bürogebäuden ist auf zentrale Abnehmer wie z. B. Kantinen beschränkt. Die Dimensionierung von Kollektoranlagen sollte auf den sommerlichen Bedarf abgestimmt werden. Mit dezentralen solaren Systemen ist ein autarker Sommerbetrieb möglich. Während dieser Zeit können zentrale Versorgungssysteme (mit hohen Verteilverlusten) vollständig außer Betrieb gehen.

Photovoltaik ist aufgrund des Erneuerbare-Energie-Gesetzes (EEG) eine zur Zeit wirtschaftlich interessante Variante der Solarenergienutzung. Durch die Einspeisung von Solarstrom in das öffentliche Stromnetz kann mit einer Photovoltaikanlage auch ein nennenswerter Anteil des Primärenergiebezugs ausgeglichen werden. Beim Bürogebäude Lamparter (siehe Kapitel 9) werden z. B. durch die Photovoltaikanlage etwa 37 % des gesamten Primärenergiebezugs gedeckt. Im Sinne eines zukunftsfähigen Gesamtkonzepts sollten jedoch andere Maßnahmen zur Minimierung des Primärenergiebedarfs bzw. des elektrischen Energiebedarfs an erster Stelle stehen, die ein deutlich besseres Kosten-/Nutzenverhältnis im Sinne der  $\text{CO}_2$ -Vermeidung aufweisen.

## Kraft-Wärme-Kopplung

Die zeitgleiche Erzeugung von elektrischem Strom und Wärme sichert die beste Ausnutzung von Energieträgern; je nach System werden Gesamtwirkungsgrade bis zu 85 % erreicht. Neben der Nutzung von Fern- oder Nahwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung können kleinere motorisch angetriebene Blockheizkraftwerke (BHKW) direkt in Gebäuden zur Wärmeerzeugung aufgestellt werden. Voraussetzung dafür ist jedoch ein ausreichend hoher und über das Jahr einigermaßen gleichförmig anfallender Wärmebedarf, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu gewährleisten. Zukünftig sollen Brennstoffzellen als BHKW zum Einsatz kommen, die einen höheren Stromwirkungsgrad aufweisen. Vision ist eine emissionsfreie Wärme- und Stromerzeugung auf Basis regenerativ erzeugten Wasserstoffs.

Aufgrund der bei hoch gedämmten Bürogebäuden deutlich verkürzten Heizperiode und dem oft nur sehr geringen Trinkwarmwasserbedarf lässt sich ein BHKW nur selten wirtschaftlich darstellen, da die erforderlichen Betriebsstunden (> 4500 h/Jahr) nicht erreicht werden. Sondernutzungen im Gebäude mit kontinuierlichem Wärmebedarf, z. B. eine große Kantine, können die Situation verbessern. Wird ein regenerativer Brennstoff wie z. B. Biogas oder Rapsöl zum Betrieb eines BHKW eingesetzt, kann über das EEG (siehe Solaranlagen) ein erhöhter Erlös für die Stromeinspeisung erzielt werden. In der Planung muss auf alle Fälle projektspezifisch eine detaillierte Gesamtkostenrechnung durchgeführt werden.

- ▶ K. Voss, et al.: Bürogebäude mit Zukunft
- ▶ BINE-Info: F.-M. Baumann, et al.: Heizen mit Wärmepumpen
- ▶ BINE-Info: Wolfgang Suttor: Blockheizkraftwerke
- ▶ BINE-Info: Ralf Haselhuhn: Photovoltaik - Gebäude liefern Strom

## 7. Monitoring

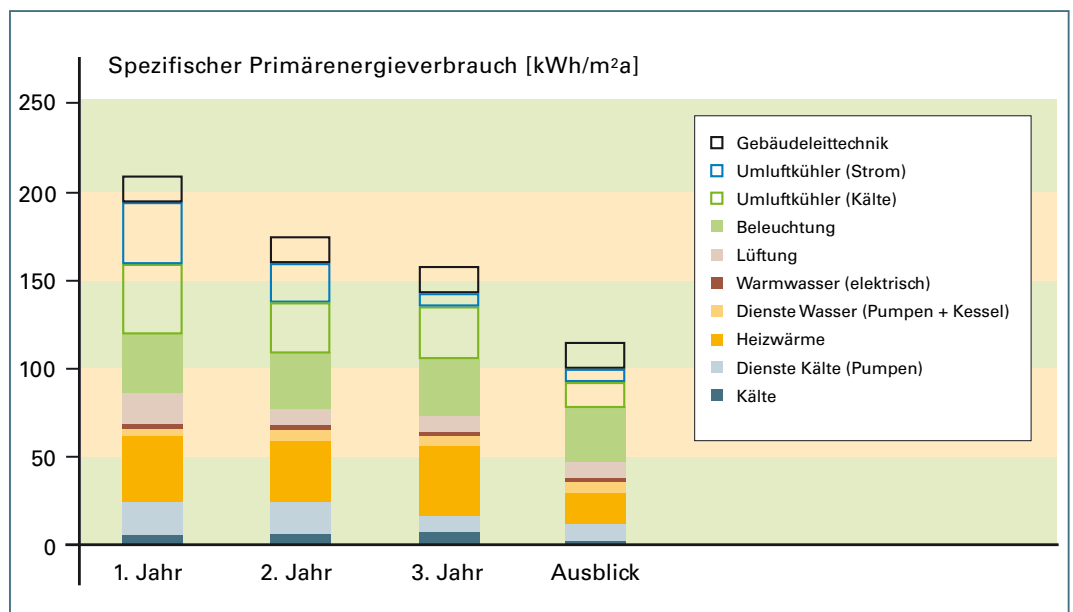
Zu Beginn der Planung werden, wie eingangs im Leitfaden erwähnt, Zielwerte für den Energiebedarf vereinbart, die den energetischen Standard eines Gebäudes verbindlich festlegen. Diese Vorgaben bilden den Rahmen für sämtliche weitere planerische Maßnahmen in Bezug auf die bauliche und technische Umsetzung. Ist die Planung abgeschlossen, liegen für das Gebäude Daten vor, welche den voraussichtlichen Energieverbrauch unter standardisierten Randbedingungen (= Energiebedarf) dokumentieren.

Unter Monitoring versteht man die systematische und kontinuierliche Erfassung, Auswertung und Dokumentation des tatsächlichen Gesamtenergieverbrauchs bzw. einzelner Teilverbräuche eines Gebäudes während seiner Nutzungsphase. Hinzu können weitere systemspezifische Größen einzelner Anlagen kommen.

Durch Monitoring kann geprüft werden, ob der in der Planung dokumentierte Energiestandard auch unter realen Bedingungen tatsächlich erreicht wird. Weiterhin erhält man eine verlässliche Datengrundlage für die energetische Betriebsoptimierung einzelner technischer Anlagen. Eine solche Dienstleistung wird bislang im Rahmen des üblichen Facility Managements in der Regel nicht erbracht. Messergebnisse und Erfahrungen aus vielen Gebäuden belegen jedoch, dass das Potenzial für Energieeinsparungen sowie die Erhöhung der Nutzerzufriedenheit erheblich ist und oft mit geringem Aufwand erschlossen werden kann.

Für ein zielführendes Monitoring bzw. die energetische Betriebsoptimierung müssen schon während der Planungsphase Entscheidungen getroffen werden, in welchem Umfang die Datenerfassung zur Ermittlung von Energieverbräuchen durchgeführt werden soll. Wesentliches Kriterium ist dabei die Zählerstruktur für die Auflösung in einzelne Teilverbräuche. Ein entsprechendes Monitoring-Konzept ist im Rahmen der MSR-Planung (Messen, Steuern, Regeln) zu erstellen und in der Ausschreibung zu dokumentieren.

Abb. 07\_01:  
Gemessene Energieverbrauchs-  
werte des Büro-  
gebäudes KfW-Ostarkade  
in Frankfurt über mehrere  
Jahre. Die Differenz zwi-  
schen dem ersten und  
dritten Jahr zeigt das große  
Potenzial auf, das mit einem  
systematischen Monitoring  
erschlossen werden kann.  
Der Ausblick berücksichtigt  
weitere Optimierungsmaß-  
nahmen, die auf Basis der  
Bewertung der Performance  
einzelner technischer Anla-  
gen vorgeschlagen wurden.  
[Quelle: fbta, Universität  
Karlsruhe]



Zweckmäßig für die Darstellung der Energieverbräuche ist die Orientierung an der Systematik der DIN V EN 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“: Heizen - Lüften - Kühlen – Beleuchten (vgl. Kapitel 1). Hilfsstrom fließt dabei in die Primärenergiekennzahl der einzelnen Energiedienstleistungen mit ein. Eine entsprechende Zählerstruktur muss demnach sämtliche Energiewandler (Kessel, Kältemaschinen) sowie Antriebsaggregate (Pumpen, Ventilatoren) erfassen.

Eine weitere Auflösung von einzelnen Systemen (z. B. einzelne Heizkreise) ist insbesondere bei größeren Gebäuden notwendig, da hier oft unterschiedliche Regelungsanforderungen bestehen. Außerdem besteht dann die Möglichkeit einer auf einzelne Nutzungseinheiten bezogenen Datenerfassung und -auswertung oder der Zuordnung von Verbräuchen zu Zonen der Hauptnutzfläche (HNF) und Nebennutzfläche (NNF).

Datenpunkte für das Monitoring sind in der Planung und Ausschreibung genau zu spezifizieren. Synergien mit der Sensorik der Gebäudeleittechnik sind zu nutzen. Ergänzend müssen teilweise temporäre Messungen in einzelnen Räumen oder an technischen Anlagen durchgeführt werden.

- ▶ Forschungsförderprogramm „Energie optimiertes Bauen ENOB: „Leitfaden für das Monitoring der Demonstrationsbauten im Förderkonzept EnBau und EnSan“

#### Anforderungen an ein Gebäude-Leittechnik (GLT)-System für Gebäude-Monitoring:

- Genauigkeit der Sensoren
- frei wählbare Zeitintervalle bei der Datenerfassung
- automatische Plausibilitätsprüfung der Daten vor der automatischen Ablage in eine Datenbank
- Möglichkeit des Exports der Daten in spezifiziertem Datei-Format oder sichere Langzeit-Datenhaltung auf dem GLT-Rechner
- Weiterverarbeitung/Visualisierung der Daten gemäß individuellen Nutzeranforderungen

#### Interessante Berichte zum Gebäude-Monitoring von Büro- und Verwaltungsgebäuden:

- ▶ [www.enob.info](http://www.enob.info)
- ▶ [www.enerkenn.de](http://www.enerkenn.de)
- ▶ [www.ages-gmbh.de](http://www.ages-gmbh.de)
- ▶ [www.buildingeq-online.net](http://www.buildingeq-online.net)

### 8. Besonderheiten der Sanierung

Die Anzahl der bestehenden Büro- und Verwaltungsgebäude in Deutschland, die sanierungsbedürftig sind, ist immens. Heutige Ansprüche an Komfort und Energieverbrauch werden bei weitem nicht mehr erfüllt und je nach Baulter und -ausführung kommen unter Umständen Bauschäden oder -mängel hinzu. Über anstehende Sanierungen sollten unbedingt Synergieeffekte genutzt werden, indem energetische Verbesserungen gleichzeitig mit bautechnischen Ertüchtigungen durchgeführt werden. Daneben müssen auch veränderte funktionale Anforderungen und ggf. notwendige Neuorganisationen von Räumlichkeiten in die Planung einbezogen werden, um zu einer möglichst wirtschaftlichen Gesamtlösung zu gelangen.

**Tipp:** Bei anstehenden Sanierungen oder Umbaumaßnahmen sind energetische Verbesserungen unbedingt frühzeitig einzuplanen. Das spart zusätzliche Kosten durch nutzbare Synergieeffekte (z. B. Gerüstkosten).

Die grundsätzlichen Anforderungen an den Komfort sind die gleichen wie die in einem Neubau. Die jeweiligen Randbedingungen bestimmen die notwendige bzw. mögliche Eingriffstiefe und das erzielbare Ergebnis hinsichtlich der Energiekennzahlen.

Wichtige Aspekte sind:

- die existierende Fassadenkonstruktion (auch Denkmalschutz),
- die Raumhöhen (abgehängte Decken),
- die Zonierung und Organisation des Gebäudes,
- die Aktivierbarkeit der Speichermasse und
- der Brandschutz.

Oft schafft das Entfernen der alten – meist überdimensionierten – Gebäudetechnik Potenziale hinsichtlich besserer Raumausleuchtung und passiver Kühlung (Gewinn an Raumhöhe, Ankopplung der Speichermasse).

Im Sinne eines in den bisherigen Kapiteln beschriebenen Gesamtenergiekonzeptes für Gebäude sollten Erneuerungen im Bereich der Gebäudetechnik eng mit den baulichen Erneuerungen einhergehen. Dies betrifft zum einen Anpassungen bei den Leistungen der einzelnen Systeme und der Regelung, aber je nach Eingriffstiefe auch funktionale und strukturelle Veränderungen, z. B. Dezentralisierung von Anlagen oder einzelnen Komponenten bei einer Umnutzung des Gebäudes. Die Ertüchtigung der Gebäudehülle steht dabei an erster Stelle, um eine Überdimensionierung von technischen Systemen zu vermeiden.

Im Folgenden sind die unter energetischen Gesichtspunkten betrachteten Mängel an Bürogebäuden, die bei einer Sanierung beseitigt werden können, stichwortartig beschrieben. Viele Beispiele zeigen, dass mit geeigneten Maßnahmen (paketen) Energiekennwerte erreicht werden können, die deutlich unter den nach EnEV geltenden Vorgaben für Sanierungen liegen.

► [www.enob.info](http://www.enob.info) – Dokumentationen über sanierte Bürogebäude im Förderprogramm EnSan

**Sachlage 01: Wärmeschutz im Winter**

Unzureichender Wärmeschutz der Gebäudehülle – Zegerscheinungen im Winter, hoher Heizenergieverbrauch.

Mögliche Maßnahmen:

Verbesserung des Dämmstandards, Austausch der Fenster (U-Werte, g-Werte, Lichtdurchlassgrade der Scheibe beachten!), Minimierung der Undichtheiten und Wärmebrücken. Dabei muss für die jeweilige Fassadenkonstruktion eine stimmige Gesamtlösung unter Einbezug aller Bauteile erarbeitet werden. Ambitionierte Beispielprojekte zeigen, dass auch im Rahmen einer energetischen Sanierung der Passivhaus-Standard erreicht werden kann.

Im Zuge der thermischen Optimierung der Gebäudehülle kommt neben der Verbesserung von Einzelbauteilen der Fügung und der Ausbildung der Übergänge zwischen den Bauteilen erhöhte Bedeutung zu. Für den Fenstereinbau betrifft dies den Übergang vom Fensterrahmen zur Außenwand. Intakte Einfachfenster können im Einzelfall zu Doppelfenstern aufgerüstet werden, die einen guten Kompromiss zwischen den technischen Möglichkeiten und den heutigen Anforderungen an Wärmeschutz und Komfort darstellen.

► Wagner, A.: Energieeffiziente Fenster und Verglasungen, BINE-Infopaket

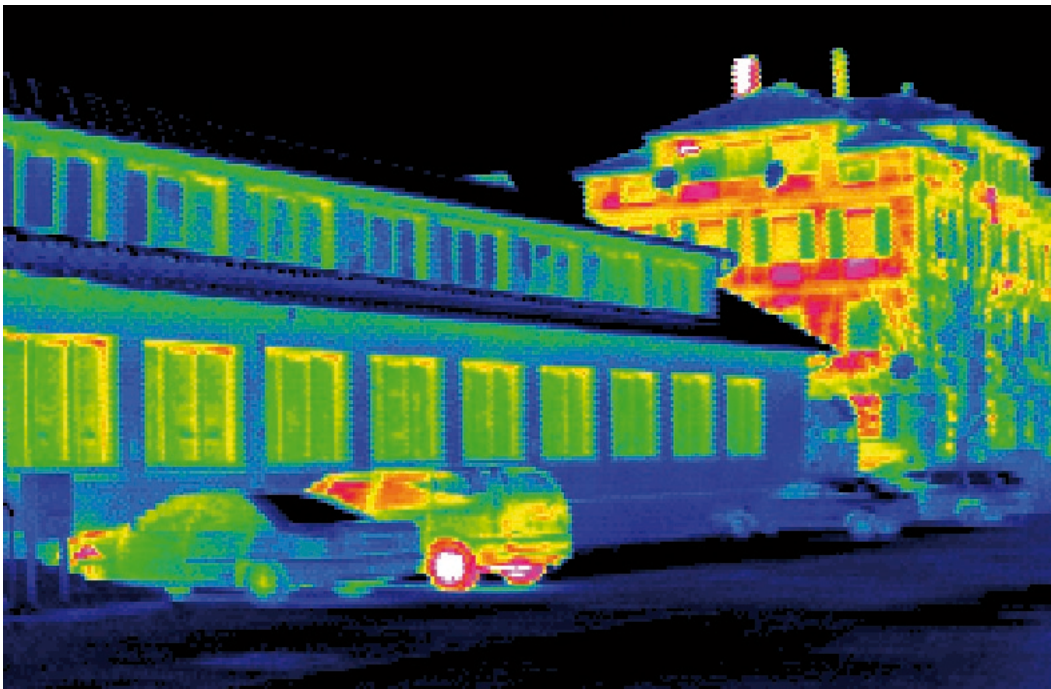


Abb. 08\_01:  
Thermografie des sanierten Bürogebäudes von ebök in Tübingen (Projektsteckbrief: siehe Kapitel 9). Die Aufnahme zeigt, dass die Gebäudehülle nahezu wärmebrückenfrei ist und deutlich geringere Transmissionswärmeverluste aufweist als das unsanierte Nachbargebäude. [Quelle: ebök Ingenieurbüro]



### Sachlage 02: Wärmeschutz im Sommer

Zu hohe Innenraumtemperaturen in Gebäuden ohne aktive Kühlung.

Mögliche Maßnahmen:

- Verglasungen anpassen (niedriger g-Wert bei hoher Lichttransmission)
- (außen liegende) Sonnenschutzsysteme einsetzen oder verbessern
- Nächtliche Lüftung in Verbindung mit Wärmespeicherfähigkeit der Gebäudemasse einsetzen
- Nachrüsten von Leichtbauteilen mit Phasenwechselmaterialien zur Erhöhung der Wärmespeicherfähigkeit (Putzsysteme, Leichtbauplatten)
- Wärmedämmung der Außenwände
- Interne Wärmelasten niedrig halten

### Sachlage 03: Bestehende Klimaanlage

Unzulängliche und unregelmäßige Wartung als Ursache für gesundheitliche Beeinträchtigungen der Nutzer. Nutzer können Raumklimaregelung nicht selbst beeinflussen, hoher Energieverbrauch.

Mögliche Maßnahmen:

- Umbau zu einer reinen Lüftungsanlage, wenn möglich mit Wärmerückgewinnung; in Verbindung mit Maßnahmen der passiven Kühlung kann ein angenehmes Raumklima bei wesentlich niedrigeren Betriebskosten erreicht werden.

Die hier aufgeführten Maßnahmen sind in den vorhergehenden Kapiteln näher beschrieben und sind grundsätzlich auch für die Gebäudesanierung gültig.

### Außendämmung – Innendämmung

Mit einer Außendämmung kann auch nachträglich eine weitgehend ununterbrochene und damit wärmebrückenfreie Dämnhülle und damit ein sehr guter Wärmeschutz erzielt werden. Oft darf in der Praxis die Baugrenze jedoch nicht überschritten werden oder Gebäude unterliegen dem Denkmalschutz, was den Einsatz einer Außendämmung weitestgehend ausschließt. Wenngleich die Innendämmung mehrere Nachteile aufweist – höherer Flächenverlust, Abkopplung von der Speichermasse der Außenwand, vermehrt unvermeidbare oder nur teilweise entschärfte konstruktive Wärmebrücken –, kann auch auf diesem Weg der Wärmeschutz deutlich verbessert werden.

Bei der Ausführung muss dem sorgfältigen Einbau der raumseitigen Dampfbremse/-sperre große Beachtung geschenkt werden. Ansonsten kann durch Undichtheiten beim Wandabschluss zum Raum hin eine große Menge feuchter Raumluft konvektiv in die Dämmebene gelangen und dort zu Kondensatproblemen größeren Ausmaßes führen.

Alternativ zu einem Wandaufbau mit Innendämmung und Dampfbremse/-sperre können Kalziumsilikat-Platten eingesetzt werden. Sie adsorbieren Wasserdampf in der Winterperiode und geben im Sommer die gespeicherte Feuchte wieder (an die Raumluft) ab. Ihre Dämmwirkung ist aufgrund der geringeren Schichtdicke kleiner als bei einer konventionellen Innendämmung, der Einsatz sollte deshalb auf baukonstruktiv schwierige Wandaufbauten und Baukonstruktionen beschränkt werden. Eine weitere Alternative stellen Innendämmsysteme mit feuchteadaptiven Dampfsperren dar.

Sind in der Gebäudehülle unzugängliche Hohlräume vorhanden, kommt auch das Einblasen von losem Dämmmaterial in Frage.

Neuartige Vakuum-Dämmpaneele mit einer zehnfach geringeren Wärmeleitfähigkeit im Vergleich zu herkömmlichen Dämmstoffen können sowohl Flächenverluste verringern als auch problematische Anschlussdetails (z. B. mit Höhenversprüngen) entschärfen. Die heute in der Regel noch mit Folien verschweißten hochporösen Materialien müssen beim Einbau durch konstruktive Maßnahmen (meist weitere Schichten) entsprechend geschützt werden, um ihre Dämmwirkung auf lange Zeit zu erhalten. Integrierte Bauteillösungen sind momentan in der Entwicklung.



Abb. 08\_02:  
Innendämmung des Fußbodens eines denkmalgeschützten Gebäudes mit Vakuum-Dämmpaneelen  
[Quelle: [http://www.vip-bau.de/demoobjekte/schaffhausen\\_d.htm](http://www.vip-bau.de/demoobjekte/schaffhausen_d.htm)]

Bei einer Gebäudesanierung müssen, im Vergleich zu einem Neubau, teilweise gewisse Kompromisse hinsichtlich des Komforts und erzielbarer Energiekennzahlen in Kauf genommen werden. Allerdings ist der Erhalt bestehender Substanz oftmals aus weitreichenderen Gesichtspunkten erstrebenswert. Allein aus Sicht des kumulierten Energieaufwandes für die Erstellung von Gebäuden bzw. der Gesamtbelastung für die Umwelt ergeben sich für Sanierungen in den meisten Fällen Vorteile gegenüber einem Neubau nach vorangegangenem Abriss.

Viele Beispiele zeigen, dass eine hohe Energieeffizienz auch im Denkmalschutz erreicht werden kann – wichtig ist auch hier die Betrachtung des Gesamtenergiebedarfs, der neben dem Heizwärmebedarf auch das Einsparpotenzial in den Bereichen Lüften, Kühlen und Beleuchten adressiert. BOB (Balanced Office Building), Aachen Bezug: 2001



Abb. 08\_03a und  
Abb. 08\_03b:  
Energetische Sanierung  
und Umbau der städtischen  
Entsorgungsbetriebe in  
Remscheid. Durch die neue  
Fassade konnten Wärme-  
schutz und Gestaltung nach-  
haltig verbessert werden.  
[Quelle: Architektur Contor  
Müller Schlüter]

## 9. Beispielgebäude

BOB (Balanced Office Building), Aachen

Bezug: 2001



### Planungsteam

**Bauherr:** Bauherrngemeinschaft Schurzelterstraße

**Architektur:** Hahn Helten Architekten

**Energiekonzept:** VIKA Ingenieure GmbH

**Techn. Gebäudeausrüstung:** VIKA Ingenieure GmbH

[Quelle: Jörg Hempel, Aachen]

### Kennwerte

NGF	2.151 m <sup>2</sup>
BRI	7.675 m <sup>3</sup>
A/V	0,37 m <sup>-1</sup>
U-Wert (Mittel)	0,48 W/(m <sup>2</sup> K)
Kosten:	KG 300: 770 €/m <sup>2</sup> NGF
	KG 400: 355 €/m <sup>2</sup> NGF
Gesamt-Primär- energieverbrauch TGA:	73 kWh/(m <sup>2</sup> a)

Gebäudekonzept/Technologien:

Hoher Dämmstandard, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, passive Kühlung (Bauteiltemperierung), Erdsonden, Wärmepumpe, Tageslichtoptimierung, Gebäudeautomation

### ebök – Bürogebäude, Tübingen

Sanierter Verwaltungsbau aus den 50er Jahren

Bezug: September 2003



#### Planungsteam:

**Bauherr:** ebök Planung und Entwicklung GmbH

**Architektur:** AB Cramer (Entwurf), AB Maier-Linden (Bauleitung)

**Energiekonzept:** Ingenieurbüro ebök GbR

**Techn. Gebäudeausrüstung:** Ingenieurbüro ebök, GbR

[Quelle: ebök Ingenieurbüro]

#### Kennwerte

NGF	839 m <sup>2</sup>
BRI	3.724 m <sup>3</sup>
A/V	0,49 m <sup>-1</sup>
U-Wert (Mittel)	0,2 W/(m <sup>2</sup> K)
Kosten:	KG 300: 799 €/m <sup>2</sup> NGF
	KG 400: 183 €/m <sup>2</sup> NGF
Gesamt-Primär- energieverbrauch TGA:	43 kWh/(m <sup>2</sup> a)

#### Gebäudekonzept/Technologien:

Standard nach der Sanierung: Passivhaus (zertifiziert), Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, Möglichkeit zur sommerlichen Nachtkühlung mit Phasenwechselmaterial, Brennwerttherme mit NT-Heizkörpern, Beleuchtungsregelung mit Tageslicht- und Anwesenheitssensoren

**Bürogebäude Energon, Ulm**

Fertigstellung: 2002

**Planungsteam:****Bauherr:** Software AG - Stiftung**Architektur:** oehler & archkom**Energiekonzept:** ebök Ingenieurbüro**Techn. Gebäudeausrüstung:** ebök Ingenieurbüro

[Quelle: Oehler Architekten archkom]

**Kennwerte**

NGF	6.911 m <sup>2</sup>
BRI	32.223 m <sup>3</sup>
A/V	0,22 m <sup>-1</sup>
U-Wert (Mittel)	keine Daten verfügbar
Kosten:	KG 300: 1.054 €/m <sup>2</sup> NGF
	KG 400: 345 €/m <sup>2</sup> NGF
Gesamt-Primär- energieverbrauch TGA:	76 kWh/(m <sup>2</sup> a) bei Teilbelegung

**Gebäudekonzept/Technologie:**

Passivhaus (zertifiziert), Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Erdreich-Wärmetauscher, Passive Kühlung (Bauteiltemperierung), Erdsonden, Tageslichtoptimierung, Gebäudeautomation, Solarstrom

### Ostarkade Frankfurt/Main

Fertigstellung: 2002



#### Planungsteam:

Bauherr: KfW Bankengruppe

Architektur: Architekten RKW Rhode Kellermann Wawrowsky

Energiekonzept: ip5 Ingenieurpartnerschaft

Techn. Gebäudeausrüstung: Reuter & Rührgarten/ZWP

[Quelle: Architekten RKW Rhode Kellermann Wawrowsky]

#### Kennwerte

NGF	8.762 m <sup>2</sup> (ohne Wohnungen und Tiefgarage)
BRI	67.052 m <sup>3</sup> (inkl. Tiefgaragen, davon 6.750 m <sup>3</sup> Wohnungen)
A/V	0,25 m <sup>-1</sup>
U-Wert (Mittel)	0,54 W/m <sup>2</sup> K
Kosten:	KG 300: 1.290 €/m <sup>2</sup> NGF KG 400: 572 €/m <sup>2</sup> NGF
Gesamt-Primär- energieverbrauch TGA:	155 kWh/(m <sup>2</sup> a)

#### Gebäudekonzept/Technologie:

Guter Dämmstandard, Fensterlüftung in Standardbüros, Passive Kühlung (Nachtlüftung), Tageslichtoptimierung, tageslicht- und präsenzabhängige Kunstlichtregelung, Gebäudeautomation, Holzpellet-Kessel

**Bürogebäude Lamparter, Weilheim**

Fertigstellung: 1999

**Planungsteam:****Bauherr:** Frau Rotfuß**Architektur:** weinbrenner.single, ArchitektenWerkgemeinschaft**Energiekonzept:** Fraunhofer ISE

Techn. Gebäudeausrüstung: Laux, Kaiser + Partner

[Quelle: Lamparter]

**Kennwerte**

NGF	1.488 m <sup>2</sup>
BRI	5.540 m <sup>3</sup>
A/V	0,40 m <sup>-1</sup>
U-Wert (Mittel)	0,30 W/m <sup>2</sup> K
Kosten:	KG 300: 842 €/m <sup>2</sup> NGF
	KG 400: 141 €/m <sup>2</sup> NGF
Gesamt-Primär- energieverbrauch TGA:	50 kWh/(m <sup>2</sup> a)

**Gebäudekonzept/Technologie:**

Passivhaus, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Erdreich-Wärmetauscher, Passive Kühlung (Nachtlüftung, Erdkanal), Tageslichtoptimierung, Solarstrom



### Akademie der Handwerkskammer Schwaben, Augsburg Bezug: 2003



#### Planungsteam:

**Bauherr:** Handwerkskammer Schwaben

**Architektur:** Eberle, Augsburg

**Energiekonzept:** Büro Bauer, München

**Techn. Gebäudeausrüstung:** Büro Seibold, Kempten

[Quelle: Handwerkskammer Schwaben]

Gebäudekonzept/Technologie:

#### Kennwerte

NGF	3.599 m <sup>2</sup>
BRI	15.529 m <sup>3</sup>
A/V	0,33 m <sup>-1</sup>
U-Wert (Mittel)	0,44 W/m <sup>2</sup> K
Kosten:	KG 300: 539 €/m <sup>2</sup> NGF KG 400: 946 €/m <sup>2</sup> NGF
Gesamt-Primär- energieverbrauch TGA:	50 kWh/(m <sup>2</sup> a)

Betonkernaktivierung; Wärmepumpe (Grundwasser) in der Grundlast,  
Spitzenlastabdeckung über Nahwärmenetz (Holz-Hackschnitzel);  
Zentrale Be- und Entlüftung mit CO<sub>2</sub>-Sensor und Wärmerückgewinnung;  
Kühlung mit Grundwasser über Betonkernaktivierung

## Deutsche Normen und Vornormen

- DIN 4108-2 (07-2003) Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- DIN 4108, Beiblatt 2 (03-2006) – Wärmebrücken, Planungs- und Ausführungsbeispiele
- DIN V 4108, Teil 4 (07-2004) – Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte.
- DIN 4108, Teil 6 (06-2003) - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs
- DIN 4108-7 (08-2001) - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele
- DIN 5034 Tageslicht in Innenräumen, Teile 1-6
- DIN V 18599 (07-2005) – Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 4: Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung
- DIN V 4701 (08-2003) – Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung

## Europäische Normen und Vornormen

- DIN EN 12464 (03-2003) – Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen
- DIN EN 13779 (Entwurf 07-2005) – Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage
- DIN EN 13829 (02-2001) – Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren
- DIN EN 14501 (02-2006) – Abschlüsse – Thermischer und visueller Komfort – Leistungsanforderungen und Klassifizierung
- prEN 15251 (Entwurf 07-2005) - Bewertungskriterien für den Innenraum einschließlich Temperatur, Raumluftqualität, Licht und Lärm

## Europäische ISO-Normen

- DIN EN ISO 7730 (03-2006) – Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit
- DIN EN ISO 13786 (Entwurf 04-2005) – Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen – Dynamisch-thermische Kenngrößen – Berechnungsverfahren
- prEN ISO 13790 (2005) – Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung
- DIN EN ISO 9241 (02-2002) – Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 6: Leitsätze für die Arbeitsumgebung (ISO 9241)
- DIN EN ISO 9241(02-2002) – Ergonomische Anforderungen an Bürotätigkeiten an Bildschirmgeräten – Teil 7: Anforderungen an visuelle Anzeigen bezüglich Reflexionen

## VDI-Richtlinien

- VDI 2078 (07-1996) – Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln)
- VDI 6011 – Blatt 1 (08-2002) – Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung – Grundlagen
- VDI Richtlinie 6022 – Blatt 1 (04-2006) – Hygienische Anforderungen an raumluftechnische Anlagen

### Weitere Vorschriften und Richtlinien

- Arbeitsstättenrichtlinie ASR – Staatliches Gewerbeaufsichtsamt
- SIA (Schweiz) 382/2 Steinemann, U. et al: SIA Empfehlung V 382/2 „Kühlleistungsbedarf von Gebäuden“
- Sonnenschutz im Büro, Broschüre der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft, Schriftenreihe Prävention SP 2.5 (BGI 827)

### Bücher, Veröffentlichungen, Dokumentationen

- David, de Boer, Erhorn, Reiß, Rouvel, Schiller, Weiß, Wenning: Heizen, Kühlen, Belüften & Beleuchten – Bilanzierungsgrundlagen zur DIN V 18599 – Fraunhofer IRB Verlag – 2006 ISBN: 3-8167-7024-X
- Haselhuhn, Ralf: Photovoltaik: Gebäude liefern Strom – Hrsg. Fachinformationszentrum Karlsruhe, BINE-Bürgerinformation Neue Energietechniken. - 5., völlig überarb. Aufl. - Köln: TÜV-Verlag, 2005. (BINE - Informationspaket) – ISBN: 3-8249-0854-9
- Kruse, Horst; Rudolf Heidelck: Heizen mit Wärmepumpen: Ein Informationspaket – Hrsg. Fachinformationszentrum, Karlsruhe, Gesellschaft für Wissenschaftlich-Technische Information mbH. - 3., erw. und völlig überarb. Aufl. - Köln: TÜV-Verlag, 2002. (BINE - Informationspaket) – ISBN: 3-8249-0641-4
- Suttor, Wolfgang: Blockheizkraftwerke: ein Leitfaden für den Anwender - 6., aktualisierte. Aufl. - Köln: TÜV-Verlag, 2005. (BINE - Informationspaket) – ISBN: 3-8249-0939-1
- Voss, K.; Löhnert, G.; Herkel, S.; Wagner, A.; M. Wambsganß (Hrsg.): Bürogebäude mit Zukunft: Konzepte, Analysen, Erfahrungen [BINE-Informationssdienst, FIZ-Büro Bonn]. - 2. überarb. Aufl. - Köln: TÜV-Verlag, 2007 – ISBN: 3-934595-59-6
- Wagner, Andreas: Energieeffiziente Fenster und Verglasungen: ein Informationspaket - Hrsg. Fachinformationszentrum Karlsruhe. 3. Aufl. - Köln: TÜV-Verlag, 2007 – ISBN: 3-8249-0608-2
- Zimmermann, Mark: Handbuch der passiven Kühlung, Hrsg. M. Zimmermann, EMPA Zürich 1999, Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verlag, 2003 – ISBN: 3-8167-6267-0

### Infobroschüren

Forschungsförderprogramm „Energie optimiertes Bauen ENOB“: Leitfaden für das Monitoring der Demonstrationsbauten im Förderkonzept EnBau und EnSan. Zu beziehen über den Projektträger Jülich.

### Planungswerkzeuge

- DaySim – zur Berechnung der Tageslichtautonomie. [www.daysim.com](http://www.daysim.com)
- DL\_frac – Rechenmodul, berechnet die Tages- und Kunstlichtanteile mit einem einfachen für frühe Planungsphasen geeigneten Modell. [www.eclim.de](http://www.eclim.de)
- ESP-r – dynamisches Mehrzonen-Gebäudesimulationsprogramm zur Optimierung der Energieperformance von Gebäuden. [www.esru.strath.ac.uk](http://www.esru.strath.ac.uk)
- Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau LEE – vereinfachtes Berechnungsverfahren. [www.iwu.de](http://www.iwu.de)
- Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau LEE, [www.iwu.de](http://www.iwu.de) (im Downloadbereich)
- Parasol – dynamisches Einzonen-Gebäudesimulationsprogramm zur thermischen Optimierung von Fassaden. [www.parasol.se](http://www.parasol.se)
- Radiance – Raytracing-Software für Licht und Beleuchtung. <http://radsite.lbl.gov>
- Relux – Radiosity-Software für Licht und Beleuchtung. [www.relux.biz](http://www.relux.biz)
- Therm – zur Berechnung von 2-dimensionalen Wärmebrückeneffekten. <http://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html>
- Window 5 – zur Berechnung von U- und g-Werten von Fenstern. <http://windows.lbl.gov/software/window/window.html>

Weitere nützliche Informationen über Planungswerkzeuge und Simulationsprogramme zur energetischen Gebäudeoptimierung findet man unter [www.eere.energy.gov/buildings/tools\\_directory/alpha\\_list.cfm](http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/alpha_list.cfm)

### **Datenquellen für Klimadaten**

MeteoNorm – Bezug: MeteoTest, CH-Bern – [www.meteotest.ch](http://www.meteotest.ch)  
Müller, J.; Hennings, D.: Global Climate Data Atlas – Bezug: [www.climate1.com](http://www.climate1.com)  
TRY – Testreferenzjahre für Deutschland und extreme Klimaverhältnisse, Deutscher Wetterdienst, Offenbach 2004 – [www.dwd.de/TRY](http://www.dwd.de/TRY)

### **Adressen im Internet**

[www.ages-gmbh.de](http://www.ages-gmbh.de)  
[www.enob.info](http://www.enob.info) - Forschungsförderprogramm „Energie optimiertes Bauen“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie  
[www.enerkenn.de](http://www.enerkenn.de)

### **Energieeffiziente Bürogeräte:**

[www.energieeffizienz-im-service.de](http://www.energieeffizienz-im-service.de)  
[www.office-topten.de](http://www.office-topten.de)  
[www.energystar.at](http://www.energystar.at)  
[www.energyagency.at/projekte/eebuero.htm](http://www.energyagency.at/projekte/eebuero.htm)

