

ENERGIEregion



ENERGIEKOSTEN SPAREN - IN DIE ZUKUNFT INVESTIEREN DURCH ENERGIEEFFIZIENTE BAUWEISE BEI BÜRO-, DIENSTLEISTUNGS-, LABOR- UND INDUSTRIEGEBÄUDEN

Dieser Leitfaden richtet sich an Bauherren, Investoren, Architekten und Planer von Nichtwohngebäuden und enthält wesentliche Gesichtspunkte einer energieeffizienten Bauweise. Er konzentriert sich dabei auf Anwendungsbeispiele, die in Büro- und Dienstleistungsgebäuden dominieren bzw. branchenübergreifend zur Anwendung kommen. Grundsätzliche Empfehlungen sind in der Regel auf den Produktionsbereich und andere Bereiche wie Lehrstätten oder Gesundheitswesen übertragbar.

Ein wesentliches Potenzial zur Energieeinsparung liegt in der Metropolregion Nürnberg im Neubau und der umfassenden Sanierung von Gewerbebimmobilien und öffentlichen Gebäuden.

Versäumnisse beim energieorientierten Planen und Bauen lassen sich später nicht mehr oder nur mit hohem Aufwand korrigieren und können über die jahrzehntelange Nutzung des Gebäudes zu hohen Betriebskosten führen.

In Nichtwohngebäuden dominiert sehr oft der Stromverbrauch die Energiebilanz sowohl von der primärenergetischen Seite, als auch von der Seite der Kosten. Neben der Minimierung des Heizenergiebedarfs sollte vor allem eine Optimierung hinsichtlich der inneren Wärmelasten (Kühlung/Klimatisierung) und des Stromverbrauchs angestrebt werden.



Bürogebäude FORUM* in Erlangen,
optimale energetische Generalsanierung,
Fa. MAUSS-BAU ERLANGEN

ZIELORIENTIERTE UND INTEGRALE PLANUNG

Die Anfangsentscheidungen, wie z. B. Form und Orientierung des zu planenden Gebäudes, sind bereits maßgebend für den Energiebedarf. Nur wenn schon in dieser Phase eine integrale Planung erfolgt, sind echte Synergieeffekte möglich und somit später nutzbar. Ein zeitgleicher Zusammenschluss von Architekten, Tragwerksplanern/Bauphysikern, Ingenieuren der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA), Nutzern und den ausführenden Firmen liegt daher im ureigensten Interesse des Investors und sollte von ihm realisiert werden. Bei größeren Objekten sollte ein „Energieplaner“ beim gesamten Planungsablauf beteiligt werden.

Wichtige Elemente des Planungsablaufs sind:

- ❖ möglichst frühe **Definition von energetischen Anforderungen**.
- ❖ Anschließend ist es die Aufgabe des Planers, diese Ziele in der Planung und Bauausführung unter frühzeitiger Beteiligung aller Fachingenieure und Betreiber, einschließlich der Nutzer, konsequent umzusetzen.
- ❖ **Konsequentes Controlling:** Energetische Optimierung in den verschiedenen Planungsphasen sowie Überprüfung der Ergebnisse und die Einhaltung der Energiekennwerte anhand der Anforderungen auf jeder Planungsstufe.
- ❖ **Konsequentes Monitoring und Energiecontrolling** nach Fertigstellung der Baumaßnahme. Qualitätssicherung bei der Betriebsführung: Nach Inbetriebnahme der Gebäude-

technik und bei Nutzungsbeginn ist eine energieoptimierte Einstellung von Gebäude- und Regelungstechnik und die Abstimmung mit dem Nutzerverhalten unerlässlich.

Die Ausbildung der Gebäudeform, der Fensterflächen, sowie die Gebäudeausrichtung und -konstruktion nach Energieeffizienz-Gesichtspunkten sind grundlegende Schritte, die entscheidend sind für die zukünftigen laufenden Kosten und für die Effektivität der Nutzung. Im frühen Vorplanungsstadium können mit Computerprogrammen (DIN V 18599) bereits wichtige energetische Kenndaten vorausberechnet werden. Während des späteren Verlaufs der Planung kann eine rechnergestützte Simulation des Gebäudes im Jahreszeitenverlauf ein sehr hilfreiches Werkzeug zur Orientierung sein.

Der Investor sollte neben qualitativen Kriterien klare quantitative Richtwerte als Kennwerte für die zukünftige Energie-Nutzung des Gebäudes in einer Zielliste (Pflichtenheft) vorgeben. Der Energiebedarf von Nichtwohngebäuden wird mit Hilfe von flächenbezogenen Energiebedarfs-Kennwerten (Primär- und Endenergiebedarfs-Kennwerte für Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, Lüftung, Kühlung) beurteilt (s. a. EnEV / Lit. (7), Lit. (1), (2), (8)). Die Energiekennwerte ermöglichen dem Planer eine rasche und sichere Einschätzung seines Gebäudeentwurfs; dem Investor dienen sie als Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung und Abschätzung der späteren Betriebskosten.

In vielen Fällen sind energieoptimierende Maßnahmen mit vertretbaren Mehrkosten möglich bzw. amortisieren sich in kurzer Zeit. Konkrete Aussagen zur Wirtschaftlichkeit sind jedoch nur im Einzelfall möglich.

Integrale Planung

Wärmeschutz
Sonnenschutz
Tageslicht
Wärmerückgewinnung
Erdwärme
Erdkühlung
Wärmepumpe
Solarenergie



Kraft-Wärme-Kälte Kopplung
Wärme- und Kälteverbund
Gebäudeautomatisierung
Biomassenutzung

Simulationsberechnungen

ENERGIESPARVERORDNUNG (ENEV) 2007

Die neue EnergieEinsparVerordnung ist seit dem 1. Oktober 2007 gültig. **Eine Novellierung ist zum 1.01.2009 geplant** (Lit. (7)).

NEUBAU / UMFASSENDE GEBÄUDEÄNDERUNGEN

Für die **Errichtung von dauernd beheizten Nichtwohngebäuden und bei umfassenden Sanierungen** ist grundsätzlich immer ein Energieausweis zu erstellen.

Dabei ist der Nachweis für die Einhaltung eines Höchstwertes des Jahres-Primärenergiebedarfs (Heizung, Kühlung/Befeuchtung, Dampf, Warmwasser, Beleuchtung und Hilfsenergie für Heizung, Warmwasser, Kühlung/Befeuchtung, Lüftung) zu erbringen. Der einzuhaltende Anforderungswert ist der auf die Nettogrundfläche bezogene Jahres-Primärenergiebedarf eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie und Nutzung. Als Nebenanforderungen werden die energetische Qualität der Gebäudehülle (Transmissionsverlust für die wärmeübertragende Gebäudehülle) und die Begrenzung des Sonneneintragskennwertes vorgegeben.

Die Rechenmethode für die Ermittlung des End- und Primärenergiebedarfs erfolgt nach der DIN V 18599. Dies beinhaltet die Chance, dass schon früh der Entwurf eine energetische Beurteilung erhält und somit insbesondere bezüglich des Strombedarfs eine Optimierung möglich ist. Die EnEV ist mit der DIN V 18599 primär ein Nachweisverfahren und nur eingeschränkt ein Planungsmittel.

Bei komplexen Planungen sind weiterhin Simulationsrechnungen (z. B. Tageslichtsimulation, Sommertemperatursimulation) erforderlich. Ebenso gelten die Planungsnormen, z. B. für Beleuchtung (Arbeitsstättenrichtlinien), Lüftung (EN 13779) und Heizung (DIN 12831).

Der EnEV-Anforderungswert für den Primärenergiebedarf kann heute nach dem Stand Technik deutlich unterschritten werden. **Eine Unterschreitung von mindestens 30 % ist möglich, welche in der EnEV-Novellierung für 2009 vorgesehen ist.**

GEBÄUDEBESTAND

Der **Energieausweis ist für bestehende Nichtwohngebäude ab dem 1. Juli 2009 Pflicht**. Bei Verkauf oder Vermietung eines Gebäudes bzw. von Gebäudeteilen (z. B. Büroräume, Fabrikationsbereiche, Verkaufsflächen) hat dann der Kauf-/Mietinteressent Anspruch auf Vorlage des Energieausweises. Dieser Energieausweis kann auf Basis des Energiebedarfs (s. Neubauten) oder auf Basis des Energieverbrauchs (jährlicher Endenergie- und Stromverbrauch bezogen auf die Netto-Grundfläche) erstellt werden.

Für den Heiz- und Stromverbrauch sind für bestimmte Gebäudekategorien (Büros, Schulen, Laborgebäude etc.) Vergleichswerte in der EnEV (Lit. (7)) herausgegeben.

Bei Planung einer konkreten Sanierung wird empfohlen, einen Bedarfsausweis, mit Abstimmung auf die Verbrauchswerte, zu erstellen.

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß dem § 16 ff. EnergieEinsparverordnung (EnEV)

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes 2

Primärenergiebedarf „Gesamtennergieeffizienz“

Dieses Gebäude: CO₂-Emissionen ¹⁾ kg/(m²a)

kWh/(m²a)

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 >1000

EnEV-Anforderungswert (Neubau (Vergleichswert)) EnEV-Anforderungswert (Modernisierter Altbau (Vergleichswert))

Nachweis der Einhaltung des § 4 oder § 9 Abs. 1 EnEV ²⁾

Transmissionskoeffizient		Wärmehaushalt des Gebäudes	
Gebäudekoeffizient	kWh/(m ² a)	Gebäudekoeffizient	kWh/(m ² a)
EnEV-Anforderungswert	kWh/(m ² a)	EnEV-Anforderungswert	kWh/(m ² a)

Endenergiebedarf

Energieart	Heizung	Warmwasser	Jährliche Endenergiebedarf (in kWh/(m ² a)) für			Gebäude insgesamt
			Erwärmung	Lüftung	Kühlung einsch. Befeuchtung	

Aufteilung Energiebedarf

Energieart	Heizung	Warmwasser	Kühlung	Lüftung	Kühlung einsch. Befeuchtung	Gebäude insgesamt

Sonstige Angaben

Beheiztes oberirdisches Energieerzeugungsgerät

- nein / ja (einschließlich in Gebäud)

Abschaltbare Energieerzeugungsanlagen werden getrennt für:

- Heizung Warmwasser eingebaute Beleuchtung
- Lüftung Kühlung

Lüftungsanlage

Die Lüftungsanlage ist:

- Fensterlüftung Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung
- Schächtlüftung Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Gebäudezonen

Nr.	Zone	Fläche (m ²)	Anzahl (St.)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

Andere Zonen in Anlage

Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Dieser vereinfachte Berechnungswert ist durch die Energieeffizienzverordnung vorgegeben. Nebenbei sind die Standardwerte für die Berechnung des Energiebedarfs angegeben. Diese sind in der EnEV-Verordnung festgelegt. Die Angaben sind nur für die Berechnung des Energiebedarfs und nicht für die Ermittlung des Energieverbrauchs. Die Angaben sind nur für die Berechnung des Energiebedarfs und nicht für die Ermittlung des Energieverbrauchs. Die Angaben sind nur für die Berechnung des Energiebedarfs und nicht für die Ermittlung des Energieverbrauchs.

1) Spaltweite Angabe 2) nur in Fällen des Neubaus und der Modernisierung auszufüllen

3

ENERGETISCH OPTIMIERTES GEBÄUDEKONZEPT

Der Primärenergiebedarf für Heizung und die gesamte Gebäudetechnik eignet sich als Kriterium, um die energetische Qualität eines Gebäudes zu bewerten. Als Zielwert hat sich innerhalb der letzten Jahre z. B. ein Primärenergiebedarfs-Kennwert von 100 kWh/(m²a) für energieoptimierte Dienstleistungs- und Bürogebäude etabliert (Lit.(2)).

An erster Stelle des energetisch optimierten Gebäudeentwurfs steht die Reduzierung der Kühl- und Heizlasten, wodurch der Strom- und Heizenergiebedarf reduziert und der thermische Komfort erhöht wird.

REDUZIERUNG DER WÄRMELASTEN IM SOMMER

Bei Nichtwohngebäuden ist wegen der hohen inneren Wärmelasten das sommerliche Verhalten kritischer zu betrachten als der Winter-Heizfall. Die internen Wärmegewinne (z. B. durch Bürogeräte, Beleuchtung oder Laborgeräte) fließen auch an kühlen Sommernächten nur langsam ab. Grundsätzlich sollten zuerst die Gebäudehülle und die Betriebseinrichtungen im Hinblick auf geringe Kühllasten optimiert werden, bevor eine Klimaanlage für das gesamte Gebäude vorgesehen wird.

So sind z. B. nach der EnEV die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz, d. h. die „Einhaltung des Sonneneintragskennwertes S“ gemäß DIN 4108 einzuhalten.

Zur Minimierung von inneren Wärmelasten ist die Realisierung nachfolgender Konzepte erforderlich:

- ❖ Ziel der Fassadenkonzeption muss es sein, für den jeweiligen Standort einen optimalen **Kompromiss aus Tageslichtanforderungen und Strahlungseintrags-Begrenzung** zu finden.

- ❖ **Kein überhöhter Glasfassadenanteil** u.ä., d.h. ein Fensterflächenanteil von 40 % (verglaste Fassadenfläche bezogen auf die gesamte Fassadenfläche) ist ausreichend.

- ❖ **Variable und steuerbare Sonnenschutzmaßnahmen** durch außenliegenden Sonnenschutz mit Hinterlüftung (automatische Sonnenschutzsteuerung) oder Sonnenschutzlamellen zwischen den Scheiben bei Dreifachverglasung.

- ❖ **Zugänglich hohe Speichermassen** im Gebäudeinnern, d. h. massive Wände und wenn möglich keine abgehängte Decken (nur die ersten 10 cm von Massivbauteilen auf der Raumseite sind für die Wärmepufferung wirksam).

- ❖ **Reduzierung der Beleuchtungswärmelasten** durch energieeffiziente Beleuchtungs- und Tageslichtkonzepte sowie Minimierung interner Wärmequellen wie zum Beispiel hocheffiziente DV-Geräte; dabei ist auch die zukünftige Entwicklung der eingesetzten Geräte zu beachten.

- ❖ **Atriumbauweise** für Lüftungskonzepte (freie Lüftung).

Klarheit zur Beurteilung der genannten Maßnahmen hinsichtlich der zu erwartenden Raumtemperaturen bringen bei größeren Wärmelasten nur rechnergestützte thermische Simulationsrechnungen im frühen Planungsstadium. Hierdurch kann erst eine sachgerechte Entscheidung getroffen werden, ob und in welchem Maße Lüftungs- und Kühlmaßnahmen erforderlich sind. Ideal ist ein bauliches Konzept, das ohne den Einsatz von Kühltechniken die Innentemperatur an der Mehrzahl der Sommertage unter 26° C einhält. Nach DIN 4108-2 sollte angestrebt werden, dass die Grenzwerte an nicht mehr als 10 % der Arbeitszeit überschritten werden.



Atrium des Bürogebäudes EnerGon in Ulm
- Zentrale Luftverteilung
(Quelle: Software AG Stiftung)

REDUZIERUNG DES HEIZWÄRMEBEDARFS

durch Wärmeschutzmaßnahmen

Das Konzept des thermisch stabilen Gebäudes schließt einen sehr guten winterlichen Wärmeschutz ein. Als Zielwert lässt sich für Nichtwohngebäude ein Heizwärmebedarf von 30 kWh/(m²a) bzw. 40 kWh/(m²a) Endenergiebedarf für die Heizung angeben. Dabei sollte ein Transmissions-Wärmeverlust der gesamten Gebäudehülle von 0,2 – 0,4 W/(m²K) und damit deutlich unter den Anforderungen der EnEV angestrebt werden.

Werden die Wärmeverluste bei niedriger Außentemperatur gering gehalten, so bewirkt das nicht nur einen minimalen Heizenergiebedarf, es gewährleistet zugleich einen hohen thermischen Komfort. Um dies zu erreichen, können mehrere Mittel eingesetzt werden:

Bauteil	EnEV (EnEV 2009)	Richtwert	verbesserter Richtwert
Außenwände	<0,35 (0,25)	<0,25	0,10-0,15
Fenster	<1,70	<1,20	<0,80
Dachflächen	<0,25	<0,20	0,10 - 0,15
Bodenbauteil, Kellerdecke	<0,40 (0,30)	<0,25	0,15 - 0,20
Gesamte Gebäudehülle	0,60-1,0 (0,5-0,85)	0,30-0,40	0,20

Richtwerte (Transmissions-Wärmeverluste/U-Werte) für den verbesserten Wärmeschutzstandard in W/(m²K)

❖ Aufbau der **Außenbauteile** mit sehr gutem Wärmedämmstandard.

❖ **Kompakte Bauweise**, d.h. geringes A/V-Verhältnis: 0,15 – 0,35, sofern eine gute Tageslichtversorgung gegeben ist; „gemäßigt“ kompakt bauen, um eine gute Tageslichtnutzung zu erreichen.

❖ **„Maßvolle“ Dimensionierung der Fensterflächen** nach tageslichttechnischen Gesichtspunkten (ein hoher Wärmeschutz von Wand, Dach- und Bodenbauteilen sorgt dafür, dass trotz hoch dämmender Verglasungen die Transmissionsverluste vor allem auf die Fensterflächen entfallen).

❖ **Wärmebrücken-Minimierung**, insbesondere an Anschlüssen zwischen Bauteilen.

❖ **Hohe Luftdichtheit** der Gebäudehülle; $n_{50} = 0,20 - 1,50 \text{ h}^{-1}$.

Grundsätzlich sollte schon für die ersten Gebäudeentwürfe eine Wärmebilanzierung unter Berücksichtigung der externen und internen Wärmegewinne erstellt werden, um so eine Optimierung des Gebäudekonzeptes zu erreichen.



Saniertes Verwaltungsgebäude der Stadt Nürnberg -
Betriebshof des Tiefbauamtes (Quelle: KEM-Stadt Nürnberg)



Neubau Dreifachturnhalle in Passivbauweise in Herrieden / Landkreis Ansbach
(Quelle: ING + ARCH, Ehingen)

RATIONELLER EINSATZ VON ELEKTRIZITÄT

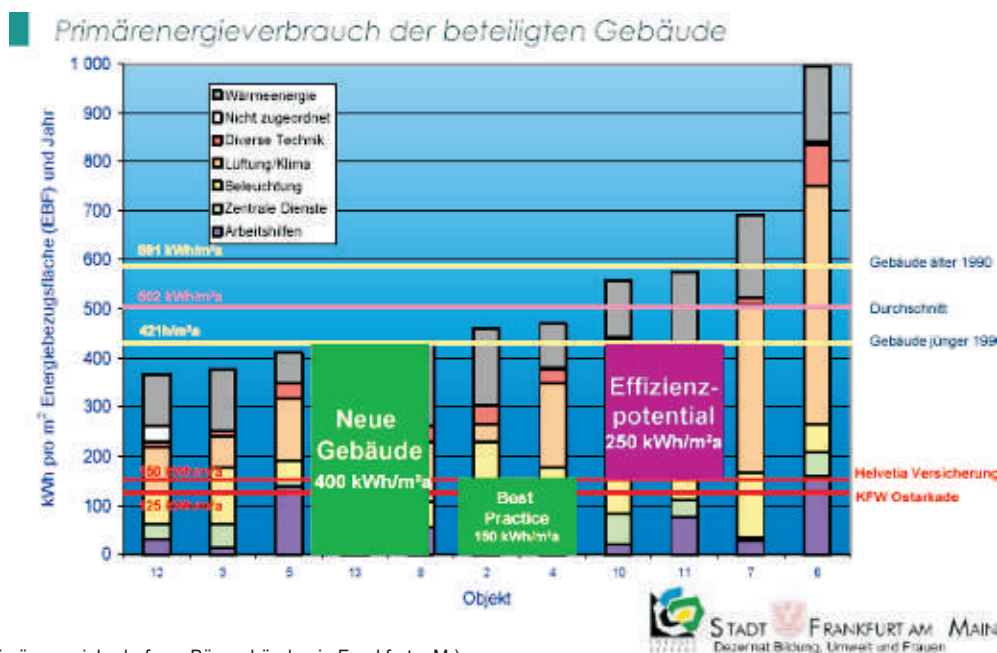
Die Stromkosten haben bei Nichtwohngebäuden sehr häufig den entscheidenden Anteil bei den Energie- und Wasserkosten. Die Optimierung von Anlagen und Komponenten und ihres Elektrizitätsbedarfs stützt sich auf Vergleiche der Wirtschaftlichkeit sowie der Betriebs- und Umweltfreundlichkeit von verschiedenen Varianten für Beleuchtung, Lüftung /Klima und diverse Technik. Dies ist ein iterativer Prozess, bei dem Projektwerte über verschiedene Projektphasen (Vorentwurf, Entwurf, Werkpläne) wiederholt modifiziert werden, bis das Optimum hinsichtlich

Elektrizitätsbedarf, Investitions- und Betriebskosten erreicht wird.

Der Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung, Belüftung, Klimatisierung und diverse Technik ist auch von der jährlichen Betriebsdauer abhängig. Daher ist auch eine Optimierung der Betriebsdauer erforderlich.

Bereits bei der Planung und beim Bau, wie auch beim Betrieb entsprechender Anlagen sind deshalb Voraussetzungen zu treffen, damit ein wirtschaftlich optimierter Betrieb möglich ist und aufrechterhalten werden kann. Planungsvorgaben sind in Form von anzustrebenden Richtwerten für den spezifischen Strombedarf bei repräsentativen Nutzungsanforderungen verfügbar.

Im Bereich z.B. von Büro- und Dienstleistungsgebäuden ist heute ein spezifischer Strombedarf von 25–50 kWh/(m²a) erreichbar.



Primärenergiebedarf von Bürogebäuden in Frankfurt a.M.)

Zone	einfacher / verbesserter Richtwert (kWh/m²a)			
	Beleuchtung	Lüftung, Klima	zentrale Dienste	diverse Technik
Büro		Nichtraucher		
überwiegend Tageslicht	9/4	3,0/1,5	3/1	7/4
500 Lux, z.T. Tageslicht, hoher Anteil Klima / Lüftung	20/10	12,0/6,0	8/4	7/4
750 Lux, Großraumbüro mit hoher Technisierung	50/30	12,0/6,0	k.A.	k.A.
Verkehrsflächen (Korridor, Treppenh., Sanitärräume)				
50 Lux, überw. mit Tageslicht	3/1	9/3	k.A.	k.A.
50 Lux, ohne Tageslicht	8/5	9/3	k.A.	k.A.
Werkstätten		spez. Außenluftstrom 15 m³/h* m²		
300 Lux, überwiegend mit Tageslicht	9/3	18/6	k.A.	k.A.
300 Lux, teilweise mit Tageslicht	15/7	18/6	k.A.	k.A.
Lager				
100 Lux, ohne Tageslicht	2/1	1,5/0,7 bis 15/6	k.A.	k.A.
200 Lux, ohne Tageslicht	6/4	1,5/0,7 bis 15/6	k.A.	k.A.
Verkaufsräume				
Mittlerer Laden	30/20	18/7	6/4	8/6
Warenhaus	50/35	36/15	39/28	8/6

Richtwerte für den spezifischen Stromverbrauch (s. a. in (1), (2), (8) Lit.)

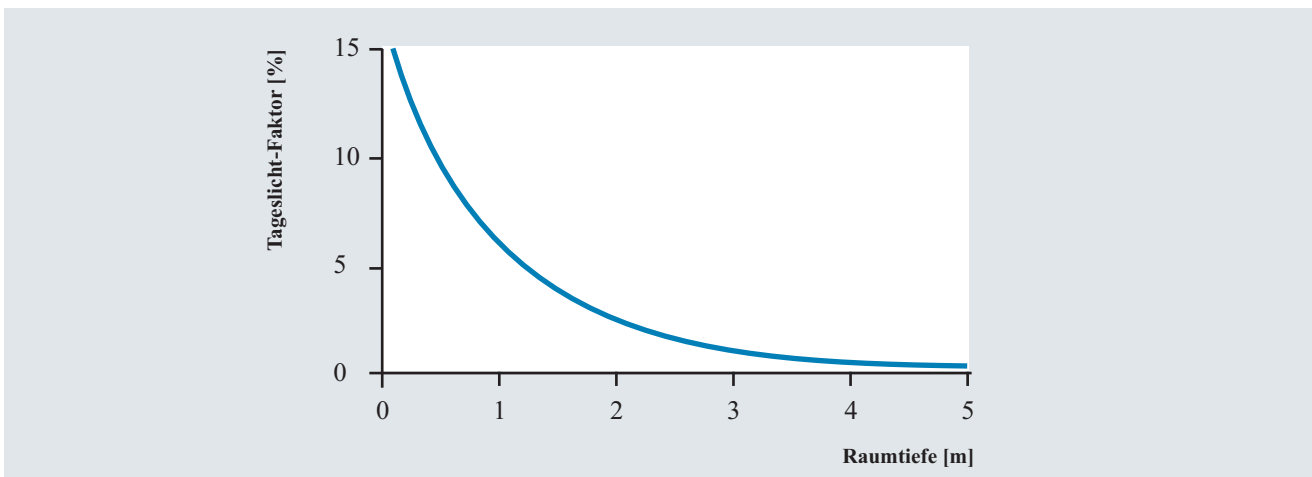
BESSERES LICHT MIT WENIGER STROM

Tageslicht als Planungsstrategie

Der Elektrizitätsbedarf für die Beleuchtung wird durch eine gute Tageslichtnutzung, insbesondere durch die Form der Räume und der Fassaden, sowie Lage und Größe der Fenster, entscheidend bestimmt (Lit. (10)). Die Optimierung der Fassade in Bezug auf Größe und Anordnung der Fenster hat somit höchste Planungspriorität. Die entsprechende Planungshilfe ist die Tageslichtsimulation des Entwurfs.

Eine verbesserte Tageslichtbeleuchtung wird erreicht durch

- ✦ möglichst geringe Raumtiefe (kleiner als 5 m), Arbeitsplätze möglichst in der Tageslichtzone,
- ✦ entsprechende Fenstergestaltung und -größen, z.B. Fenster möglichst sturzfrei bis unter die Decke, Fensterflächen unterhalb der Schreibtischebene vermeiden,
- ✦ Verglasung mit hoher Licht-Transmission,
- ✦ tageslichtlenkende Maßnahmen, verbesserte Tageslichtversorgung durch Lichtlenkung bei den Lamellen, tageslichteffiziente Blendschutzsysteme,
- ✦ guten Tageslichteinfall und Tageslichtverteilung bei genügendem Sonnenschutz und Blendungsfreiheit, sehr helle Oberflächen in den Räumen, glatte und helle Decken im nahen Fensterbereich.



Verlauf des Tageslichtfaktors mit der Entfernung vom Fenster in einem Büroraum

Beleuchtungstechnik

Bei der Planung der Beleuchtungsanlagen kann durch geschickte Wahl der Leuchten und Leuchtmittel, sowie eine bedarfsgerechte Regelung der Beleuchtung ein bedeutendes Einsparpotential ausgenutzt werden:

- ✦ **Hoher Leuchtenwirkungsgrad**, z.B. weitgehender Einsatz von Spiegelrasterleuchten, Mikroprismenraster oder Hallenbeleuchtung mit Reflektoren,
- ✦ **hoher Lampenwirkungsgrad**, z.B. T16-, T5-Leuchtstofflampen und EVGs für die Leuchten,
- ✦ **Beleuchtungsregelung**: zonen-, tageslicht- und bewegungsabhängige Schaltungen,
- ✦ bei Büros ggf. **zonierte Beleuchtung**: Grundausleuchtung mit 100-150 Lux und Arbeitsplatzleuchten (z.B. Stehleuchten).

Im Durchschnitt wird in der Literatur (1), (2) in Lit.) ein Richtwert von 0,8 bis 3,5 W/m² installierte Leistung pro 100 Lux Beleuchtung angegeben.

Für die spezifische Beleuchtungs-Anschlussleistung bezogen auf die Nettogrundfläche lassen sich in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke nachfolgende Richtwerte nennen.

Erforderliche Nenn-Beleuchtungsstärke (Lux)	spezifische Beleuchtungs-Anschlussleistung (W/m ²)	
	einfacher Richtwert	verbesserter Richtwert
50	3,20	2,50
100	4,50	3,50
200	7,00	5,30
300	10,00	7,00
400	12,50	9,00
500	15,00	11,00

Richtwerte für die installierte Beleuchtungs-Leistung

ELEKTRISCHER HILFSENERGIEBEDARF FÜR DIE WÄRMEABGABE

Die Auswahl eines Wärmeabgabesystems hat entscheidenden Einfluss auf den Hilfsenergieaufwand. Da Luft auf Grund ihrer geringen Dichte eine deutliche kleinere Wärmekapazität als Wasser hat, benötigt man bei gleicher erforderlicher Wärmeleistung eine höhere elektrische Leistung zur Förderung.

Die besten Werte ergeben sich für das **konventionelle System mit Heizkörpern** ($1-2 W_{el}/kW_{th}$) und für **außentemperaturgeführte Flächenheizungen** ($6 W_{el}/kW_{th}$).

Bei der **Heizung mit der Lüftungsanlage** ist der Anteil des elektrischen Energiebedarfs am Primärenergiebedarf zum Heizen erheblich und beträgt bis zu 50%.

RAUMLUFTTECHNISCHE ANLAGEN

Raumlufttechnische Anlagen mit Lüftungsfunktion werden als reine Lüftungsanlagen oder komplexe Klimaanlage betrieben.

Durch eine optimale Abstimmung von Anlage, Ventilator und Regelungsart auf den Bedarf kann bei der Anlagenauslegung wesentlich zur Minimierung der Jahreskosten und des elektrischen Energieeinsatzes beigetragen werden. Bei der Planung der RLT-Anlagen sollte von Anfang an auf eine Optimierung der energierelevanten Elemente geachtet werden.

½ Luftvolumen → ¼ der Kosten
Energieeinsparung durch bedarfsgerechten Betrieb

Dies beinhaltet:

- ❖ **Bedarfsanpassung des Außenluftvolumenstroms**; Abklärung des genauen Bedarfs bezogen auf die Nutzung (z.B. CO₂-Sensoren); Optimierung der Luftwechselraten je nach Bedarf an Frischluftzufuhr für die jeweilige Nutzung; Vermeidung unnötiger Sicherheitszuschläge,
- ❖ Installation einer **bedarfsangepassten Ventilator- und Raumvolumenstromregelung**, d.h. bedarfsabhängige Volumenströme zu den einzelnen Räumen und Bereichen. Die vollständige Abschaltung der Anlage in den Zeiten, in denen sie nicht benötigt wird, muss möglich sein,

- ❖ **Minimierung der Druckverluste in Lüftungskanälen** und Anlagenkomponenten durch Wahl strömungsgünstiger Komponenten,

- ❖ Wahl einer **niedrigen Strömungsgeschwindigkeit** (ausreichend dimensionierte Kanalquerschnitte). Der energetisch günstige Bereich in RLT-Geräten liegt bei 2 m/s. Für die Kanäle werden in der Schweiz max. Geschwindigkeiten von 3-7 m/s angegeben.

- ❖ Wahl eines auf die Anlage abgestimmten **Ventilators** mit gutem Wirkungsgrad (Größe, Kennlinie, Regelverhalten) und Erzielung eines hohen Gesamtwirkungsgrades. Die DIN EN 13779 gibt **spezifische Ventilatorleistungen** (SFP) für die einzelnen Kategorien SFP 1 bis SFP 5 vor. In der Schweiz muss der SFP-Wert für Neuanlagen $< 2000 W/(m^3/s)$ sein.

Die VDI 3803 gibt **eine maximale elektrische Leistungsaufnahme zur Luftförderung in RLT-Anlagen** vor.

Volumenstrom (m ³ /h)	Geräteklasse 1 SFP in W/(m ³ /s)	Geräteklasse 2 SFP in W/(m ³ /s)
2.000-5.000	2.700	3.300
5.000-10.000	2.500	3.000
10.000-25.000	2.300	2.700
25.000-50.000	2.000	2.500
ab 50.000	1.900	2.300

Maximale elektr. Leistungsaufnahme zur Luftförderung in RLT-Anlagen – VDI 3803. Bei kombinierten Zu-/Abluftgeräten gelten die Grenzwerte für jeden Teilvolumenstrom.

Diese VDI-Richtwerte erscheinen für „normale“ RLT-Anlagen sehr großzügig. Gemäß der Schweizer SIA 380/4 lassen sich Richtwerte in nachfolgender Tabelle angeben.

	Grenzwert		Zielwert	
	Zuluft	Abluft	Zuluft	Abluft
SPF (W/(m ³ /s))	1.700	1000	1000	800
Gesamtdruckverlust (Pa)	995	625	650	520
Gesamtwirkungsgrad (%)	60	60	65	65

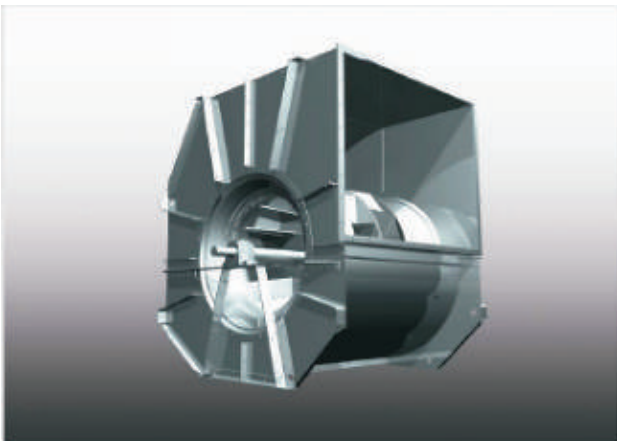
Richtwerte für die SFP-Werte von RLT-Anlagen gemäß SIA 380/4 (Lit. (8))

Lüftungsanlagen

Die Luftqualität ist von entscheidender Bedeutung für die Nutzung von Nichtwohngebäuden. Die Einhaltung der erforderlichen Luftqualität kann oft nur noch durch den Einsatz von Lüftungsanlagen erreicht werden.

Bereits die einfachen, preiswerten Abluftsysteme können unabhängig vom Nutzerverhalten einen wesentlichen Beitrag zum Gewinn an Luftqualität leisten. Bei Abluftanlagen sollte die spezifische Leistung für den Antrieb unter $550 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ bleiben. Zu- und Abluftanlagen werden in der Regel mit einem Luft-Luft-Wärmetauscher realisiert. Diese Anlagen sind für einen Heizenergiekennwert deutlich unter $40 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ obligatorisch. Systeme zur Wärmerückgewinnung müssen, unter Berücksichtigung der notwendigen Antriebsenergie und der jeweiligen Betriebsstunden, primärenergetisch bewertet werden.

Nur ein sehr gute Wärmerückgewinnung spart auch wirklich Energie. Der Rückgewinnungsgrad sollte 75 % überschreiten und die spezifische Leistung für den Antrieb bei maximal $1.450 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ liegen.



Aktive Kühlung - Klimaanlage

Bei Nichtwohngebäuden gibt es in vielen Fällen Nutzungen, die auf Grund sehr hoher interner Wärmelasten oder sehr restriktiver Anforderungen an Raumlufttemperaturschwankungen nicht ohne aktive Kühlung, d. h. Klimaanlage, auskommen. Beispiele sind:

- EDV-Serverräume
- Labore
- Verkaufsräume

Klimaanlagen heizen oder kühlen, be- oder entfeuchten die Luft und regeln den Luftvolumenstrom. Durch die Funktion „**Kühlung**“, „**Be- und Entfeuchtung**“ ist der technische Aufwand für Klimaanlagen gegenüber reinen Lüftungsanlagen deutlich überhöht. Dies schlägt sich in erheblich höhe-

ren Betriebskosten nieder, die durch den erhöhten Stromverbrauch (hoher Strombedarf für den Lufttransport) und die intensive Wartung notwendig werden. Weiterhin erhöhen sich die Anfangsinvestitionen durch den Einsatz einer Klimaanlage deutlich.

Häufig wird die Wärmeabgabe von Betriebseinrichtungen und damit der Kälteenergiebedarf überschätzt. Zur Vermeidung von Überdimensionierungen ist eine möglichst exakte Ermittlung der realen Betriebszeiten und Betriebsleistungen der Arbeitshilfen erforderlich. Um die verschiedenen Einflussfaktoren, wie z. B. Gebäudelasten, thermische Speichervorgänge und solare Einstrahlung, zu kennen, sollte der Energiebedarf einer Klimaanlage in einer dynamischen Simulation anhand des jeweiligen Gebäude-Nutzenergiebedarfs, der klimatischen Verhältnisse und der Anlagentechnologie berechnet werden.

Für eine Minimierung des Klimatisierungsbedarfs müssen alle Komponenten optimiert und aufeinander abgestimmt werden. Folgende Möglichkeiten bestehen zur Minimierung des Energiebedarfs für die Klimatisierung:

- ✦ Reduzierung der **sommerlichen Wärmelasten**.
- ✦ Minimierung des Energiebedarfs für den **Lufttransport** (s. unter Lüftungsanlagen).
- ✦ Nutzung freier Energiequellen/**freie Kühlung**: freie Kühlung mittels Außenluft; Kühlung von Kaltwasserkreisläufen direkt über das Rückkühlwerk; freie Kühlung über Grundwasser.
- ✦ **Optimierung der Luftbehandlungsprozesse** (Be- und Entfeuchten, Kühlen, Heizen).



Lüftungszentrale für ein Bürogebäude mit über 5.000 m^2 Nutzfläche
(Foto: Schulze Darup)

PASSIVE KÜHLUNG

„Normale Gebäude“ können in der Regel auch ohne aktive Kühlung auskommen. Interne und solare Wärmelasten müssen am Tag begrenzt, die Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes genutzt und eine ausreichende Wärmeabfuhr in der Nacht gewährleistet werden.

Simulationsrechnungen im frühen Planungsstadium sollten klären, ob die mit einer Simulation ermittelten auftretenden Raumlufttemperaturen ohne Klimaanlage, d. h. mit passiver Kühlung, akzeptabel sind.

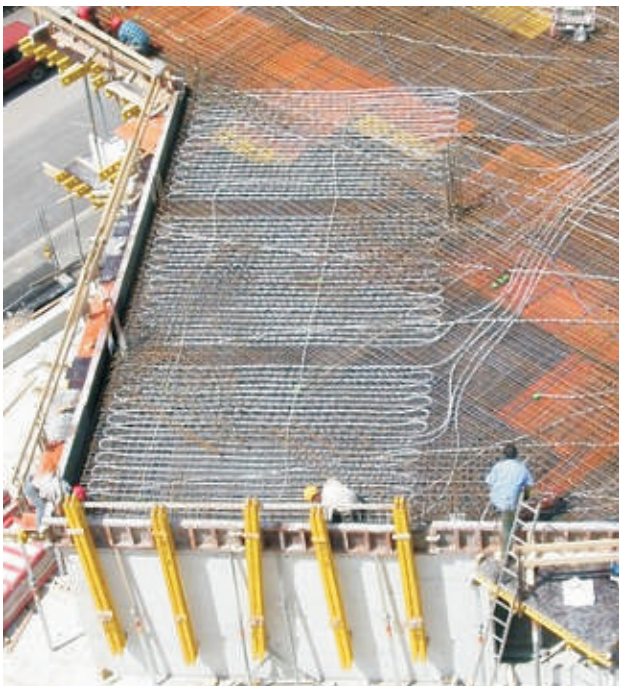
FREIE UND MECHANISCHE NACHTLÜFTUNG

Gebäude ohne Klimaablage, bei denen die internen Wärmelasten (Kühllast $< 150 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{d})$) deutlich reduziert werden, können über die Lüftung durch den Austausch von warmer Raumluft durch Außenluft auf angenehme sommerliche Raumtemperaturen gehalten werden.

Als freie Nachtlüftung wird die Lüftung über motorisch angetriebene Klappen oder Fenster bezeichnet.

Die mechanische Nachtlüftung wird über eine ohnehin vorhandene Lüftungsanlage realisiert, indem die Außenluft per Ventilator durch das Gebäude transportiert wird. Ein geringer Druckverlust bedeutet in diesem Fall ein geringer elektrischer Energiebedarf für die Lüftungsanlage.

Für eine wirksame Nachtlüftung sollte die Außentemperatur an mindestens 5 Stunden pro Tag unter 21°C liegen. Der Luftwechsel sollte 3 bis 4 h^{-1} betragen.



LUFT-ERDREGISTER

Eine der zur Zeit favorisierten Maßnahmen zur passiven Kühlung stellen Erdwärmetauscher als Luft-Erdregister dar, welche die von der Lüftungsanlage angesaugte Außenluft im Sommer vorkühlen.

Luft-Erdregister bieten sich in den Gebäuden an, in denen die Zuluft gekühlt werden soll und eine Fläche zur Verlegung des Erdregisters zur Verfügung steht. Der Komfortgewinn wird im Rahmen der bei großen Baumaßnahmen üblichen Raumklimasimulation festgestellt.

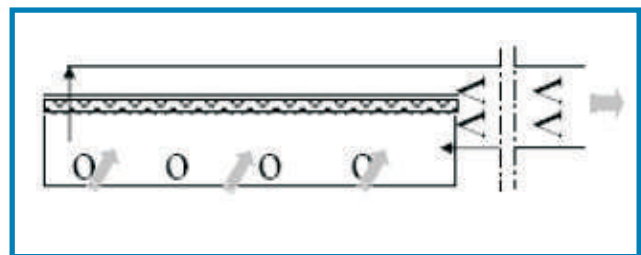
BAUTEILTEMPERIERUNG

Flächenkühlsysteme entkoppeln die Wärmeabfuhr von der Lüftungsfunktion und sind in einer Vielzahl von Varianten realisierbar.

Bei der Betonkernaktivierung (Lit. (12)), auch Bauteilaktivierung genannt, werden Rohrschlangen in der Betondecke von Kühlwasser durchströmt, welches die Wärme aus der Decke abführt. Aufgrund der großen Kühlflächen sind relativ geringe Untertemperaturen ausreichend, um Wärmeleistungen bis zu $20 \text{ W}/\text{m}^2$ abzuführen.

Durch diese Tatsache sind Betonkernaktivierungen besonders für die Kombination mit Erdsonden geeignet. Energie wird nur für die Förderung des Kühlwassers benötigt; durch den Einsatz effizienter Pumpen lässt sich der jährliche Energiebedarf im Bereich von $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ halten.

Diese Erdsonden sind in Kombination mit Wärmepumpen auch zur Raumheizung geeignet.



Betonkernaktivierung

Rohrmatten beim Solar Info Center Freiburg
(Quelle: solares bauen GmbH, Freiburg)

HEIZUNGSKONZEPTE / WÄRMEABGABESYSTEME

Gebäude mit hohem Wärmeschutz weisen auch an kalten Wintertagen nur noch geringe Heizlasten auf.

Deshalb eröffnen sich neben der konventionellen Wärmeübertragung mit Heizkörpern der Verteilung der Heizwärme neue Möglichkeiten:

- ✦ Wärmeabgabe über **Flächenheizsysteme**,
- ✦ **Warmluftheizungen**.

FLÄCHENHEIZSYSTEME

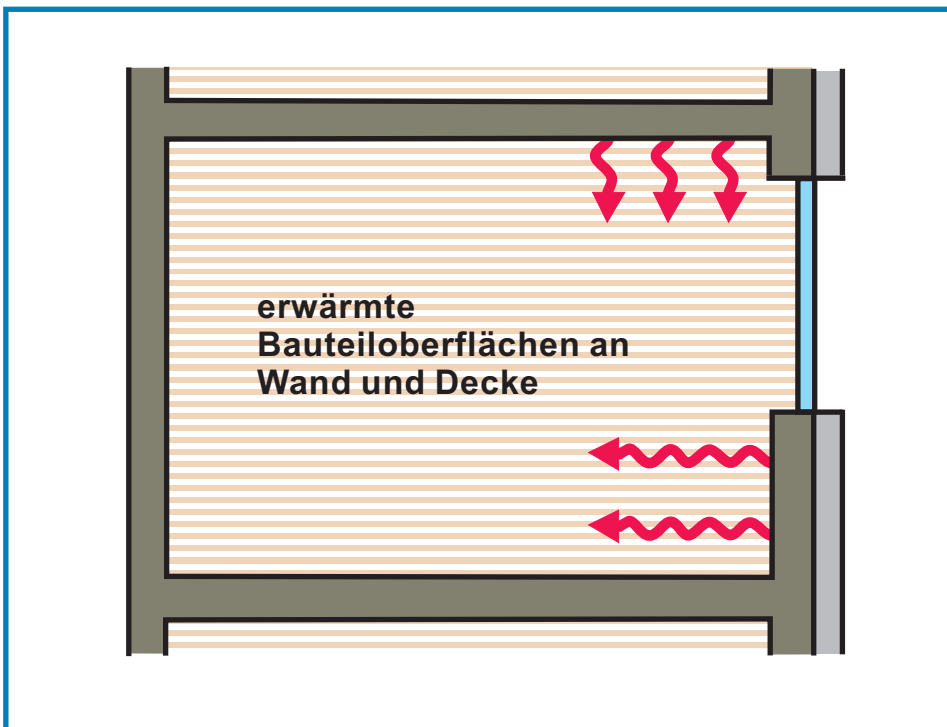
Auf Grund der geringen Heizlasten werden größere thermisch aktive Oberflächen wie Geschossdecke oder Fußboden attraktiv, die dem Raum bei kleinen Temperaturdifferenzen Wärme zuführen.

Es besteht beispielsweise die Möglichkeit, in den Bauteilen angeordnete Rohre nicht nur zur sommerlichen Wärmeabfuhr, sondern auch zum Beheizen zu verwenden.

Dies ist von besonderem Interesse, wenn das Erdreich über Wärmetauscher als Wärmequelle im Winter und als Wärmesenke im Sommer verwendet wird. Zum Beheizen ist dann eine Wärmepumpe erforderlich. Dabei ist die Betonkerntemperatur besonders gut geeignet, um in Kombination mit Wärmequellen aus der Gebäudeumgebung zu betrieben werden.

WARMLUFTHEIZUNGEN

Warmluftheizungen mit ausschließlich auf Konvektion beruhender Wärmeabgabe verlieren ihre Nachteile in Bezug auf Behaglichkeit und Energieverbrauch bei hohem Wärmeschutz der Gebäudehülle. In Gebäuden mit Lüftungsanlage bei geringem Wärmebedarf kann der ohnehin zum Lüften erforderliche Luftaustausch genutzt werden, um die Heizwärme im Raum zu verteilen. Es ist kein separates Heizsystem erforderlich. Der Aufwand für die elektrische Energie (Ventilator etc.) ist dabei nicht unerheblich. Die spezifischen Ventilatorleistungen (SFP-Werte) sind auch hier auf ein Minimum zu begrenzen.



Wärmeabgabe über
Flächenheizsysteme
(Quelle:
Architekturbüro
Werner Haase)

ENERGIEVERSORGUNGSKONZEPTE

Für die Bereitstellung von Heizenergie bzw. Kälte existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Lösungen. Grundsätzlich sollte versucht werden, unter einem vorgegebenen Kostenrahmen eine möglichst CO₂-arme Technologie anzuwenden.

Dabei ist Folgendes zu raten:

- ✦ Bei Vorhandensein von **Gas-, Fern- oder Nahwärme** ist diese Versorgung der Heizenergieversorgung mit Heizöl auf Grund der geringeren CO₂-Emissionen vorzuziehen.
- ✦ Grundsätzlich Überlegungen zur Energieeffizienz berücksichtigen:
 - Einsatz von **innovativen Kälteerzeugern**
 - Einbau von **Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung**
 - Einbindung vorhandener **Abwärmepotenziale**
 - Nutzung **erneuerbarer Energieträger**
 - Einsatz von **Wärmepumpen**.



Absorptionskälteanlage (2 x 300 kW Kälteleistung),
Neubau Medizin, Universitätsklinikum Erlangen

EE-WÄRMEGESETZ

Das **Erneuerbare-Energien-Wärmegegesetz**, welches ab 1.01.2009 in Kraft treten soll, verpflichtet Bauherren von Neubauten, den Wärme- und Kältebedarf neuer Gebäude anteilig mit erneuerbaren Energien zu decken.

Die Nutzungspflicht kann durch den Einsatz von Biomasse, Solarthermie, Umweltwärme oder durch Kraft-Wärme-Kopplung erfüllt werden.

KÄLTEERZEUGUNG

In Fällen, wo eine aktive Kühlung unerlässlich ist, ist der Einsatz von Kälteerzeugern erforderlich. Entscheidend für die energetische Effizienz der Kälteerzeugung ist das Temperaturniveau der verschiedenen Wasserkreisläufe eines Kältesystems:

- Kaltwassertemperatur: hoch
- Kühlwassertemperatur: tief
- Zulufttemperatur: hoch.

Bei Kältemaschinen wird zwischen solchen mit elektrischem (Kompressionskälte-Anlagen) und solchen mit thermischen Antrieb (Absorptions- und Adsorptionskältemaschinen) unterschieden.

Im Winter sollte die Zuluftkühlung durch die direkte Zufuhr von Außenluft oder die Kühlung von Kaltwasserkreisläufen bei geringen Außentemperaturen direkt über das Rückkühlwerk ohne Einschaltung der Kältemaschinen, d.h. über freie Kühlung erfolgen.

Kompressionskältemaschinen (KKM)

Kompressionskältemaschinen sind bis jetzt die verbreitetste Technologie. Die KKM sollte dabei eine **Leistungsziffer von 3,5-5 kW/kW** aufweisen. Bei größeren Anlagen bieten **Turbokältemaschinen** mit Leistungskennziffern von **4-6 kW/kW** energetische Vorteile (vor allem im Teillastverhalten hohe Leistungsziffern).

Absorptionskältemaschinen (AKM)

Absorptionskälteanlagen (typisch: Klima-Kälteproduktion mit dem Lithiumbromid-Wasser-Arbeitsmittel und Antriebstemperaturen von 90-110 °C Heißwasser) ermöglichen Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung einzusetzen. Dadurch kann gegenüber Kompressions-Kältemaschinen signifikant Primärenergie eingespart werden.

Adiabate Kühlung

Sofern lediglich Zuluft gekühlt werden muss und keine sonstigen Kaltwasserkreisläufe erforderlich sind, kann Kälte auch über Verdunstungsprozesse bereitgestellt werden: Adsorptionskälteprozess – Desiccant Cooling. Als Wärmequelle kann Wärme auf einem vergleichsweise niedrigen Temperaturniveau (Temperaturen ab 60 °C) genutzt werden. Dies erlaubt die Abwärmenutzung oder die Einspeisung von Solarwärme.

WÄRMEVERSORGUNG

Ein deutlich verbesserter Wärmeschutzstandard bietet neue Perspektiven in der Art der Wärmeversorgung. Solange die Wärmeerzeuger lediglich zur Heizenergieversorgung von energiesparenden Gebäuden dienen, sollte die installierte Heizleistung 40 W/m^2 nicht überschreiten.

Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung KW(K)K

Gerade in größeren öffentlichen Liegenschaften oder Gewerbegebäuden mit oftmals stetiger Wärmelast kann die Einbindung der Kraft-Wärme-Kopplung (KW(K)K) wirtschaftlich sein.

Ist im Sommer eine aktive Kühlung erforderlich, so ist durch die Bereitstellung der Kälte mittels Absorptionskältemaschine zusätzlich eine lange Laufzeit der KW(K)K-Anlage sichergestellt.

Das KW(K)K-Aggregat kann daher bei richtiger Dimensionierung einen erheblichen Anteil des Wärme-, (Kälte-) und Strombedarfs eines Nichtwohngebäudes decken.



KWK-Anlage (2 BHKW-Module, je 320 kW_{el} und je 463 kW_{th}),
Neubau Medizin des Universitätsklinikums Erlangen

Wärmepumpen

Wärmepumpen, z.B. erdgekoppelte Wärmepumpen mit einer Arbeitszahl bis zu 4, können die Wärme über Flächenheizungen bereitstellen.

Ein Heizbetrieb mit der Bauteiltemperierung gelingt durch Erhöhung des Temperaturniveaus der Erdsonden durch eine Wärmepumpe.

Abluftwärmepumpen erreichen Arbeitszahlen von 3,5 bis 5,0. Eingebunden in die Lüftungssysteme sind diese Anlagen nur dann sinnvoll, wenn Arbeitszahlen über 4,0 erreicht werden.



Reversible Wärmepumpe mit 60 kW zum Heizen und Kühlen bei der REHAU AG + Co in Erlangen Eltersdorf (Quelle: Fa. REHAU AG + Co)

Nutzung von Biomasse

Die Biomasse-Nutzung (z. B. mittels Hackschnitzel oder Pellets) stellt zuverlässig und mit einem hohen Komfort Wärme bereit. Die Anlagentechnik ist ausgereift und in einem weiten Leistungsspektrum verfügbar. Die Ressource ist nachwachsend, CO_2 -neutral und kommt aus der Region. Durch die bestehenden Förderprogramme sind diese insbesondere bei großen Anlagen auch wirtschaftlich interessant.



Biomasseheizwerk (rd. 4 MW thermisch),
Erlangen - Klinikum am Europakanal

Solarthermie

Solarkollektoren können Energie vorwiegend – falls ein Bedarf vorhanden ist – für die Brauchwassererwärmung und daneben für die Heizungsunterstützung bereitstellen.

Weiterhin kann Kollektorwärme zur solaren Kühlung in Absorptions- oder Adsorptionskälteanlagen genutzt werden. Luftkollektoren eignen sich bei Lüftungsanlagen zum Einsatz als vorge-schaltete Heizregister.

GEBÄUDELEITTECHNIK

In großen Liegenschaften mit komplexen technischen Einrichtungen werden Steuerungs- und Regelungsanlagen als digitale Systeme eingesetzt, um die Funktionen der technischen Anlagen optimal zu steuern. Die Gebäudeleittechnik ermöglicht es, im Gebäude verteilte haustechnische Anlagen von einer zentralen Stelle aus zu überwachen, zu steuern und zu regeln. Durch entsprechende Programme zur Betriebs-, Störungsüberwachung, Zeitschaltung und Energieoptimierung lassen sich in Verbindung mit einer direkten digitalen Regelung (DDC) der angeschlossenen Anlagen erhebliche Energieeinsparungen erzielen.

Beispiele für den Einsatz der zentralen Leittechnik sind:

- ❖ Realisierung von Zeitschaltplänen, bedarfsgerechte Raumregelung, gleitendes Einschalten und zyklisches Schalten von Heizungs-/ RLT-Anlagen, Energiemanagement durch differenzierte Verbrauchsüberwachung,
- ❖ energieoptimaler Betrieb von Anlagen zur Wärme- und Kälteerzeugung,
- ❖ Steuerung von Beleuchtung und Sonnenschutz.

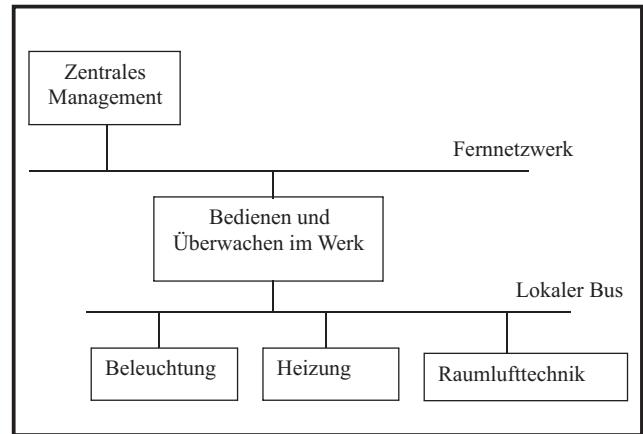


Photovoltaische Abschattungselemente, Nikolaus-Fiebiger-Zentrum, Universität Erlangen

SOLARE STROMERZEUGUNG

Photovoltaik ist im Rahmen des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes gerade im Nichtwohngebäudebereich interessant. Private Investoren suchen häufig geeignete größere Dachflächen zur Aufstellung von Großanlagen, die über Anlage-Fonds oder Beteiligungsmodelle finanziert werden.

Eine Integration der Photovoltaik in die Fassaden ist ebenso möglich.



Zentrale Gebäudeleittechnik mit Fernüberwachung

BEST-PRACTICE-BEISPIELE

Die Zahl erfolgreich umgesetzter Projekte mit einem minimierten Energiebedarf wächst auch im Nichtwohngebäude-Bereich. Der Einsatz der Passivhaus-Bauweise setzt sich allmählich nicht nur bei Wohngebäude, sondern bei Büro- und Bildungsgebäuden durch. Erste Beispiele liegen auch aus dem produzierendem Gewerbe vor. Auch bei innovativen Lüftungs- und Klimakonzepten oder der Nutzung regenerativer Energien belegen zahlreiche Projekte das damit zu erreichende Energiesparpotential.

Neubau-Beispiele, neue Technologien und Sanierungsbeispiele sind unter

www.enob.info,
www.energie-projekte.de,
www.green-building.de,
www.innenministerium.bayern.de/bauen/themen/gebaeude-energie/16747/ und
www.regierung.mittelfranken.bayern.de/aufg_abt/abt4/abt4sg356.htm

gut dokumentiert.



Bürogebäude der KfW in Frankfurt a. M. (Quelle: projektteam kfW)

LITERATURHINWEISE

- (1) Jens Knissel: Energieeffiziente Bürogebäude (2002); IWU, Annastr. 15, 64285 Darmstadt; www.iwu.de
- (2) TÜV-Verlag GmbH : Bürogebäude mit Zukunft (März 2006), 2. Auflage
- (3) Bundesverband Kalksandsteinindustrie e. V.: Büro- und Verwaltungsgebäude (2006), Hannover; www.kalksandstein.de
- (4) LEG Stadtentwicklung GmbH & Co, KG: Zukunftsstandort PHOENIX West / Energiehandbuch (Juni 2005), Dortmund
- (5) Forschung für energieoptimiertes Bauen; www.enob.info
- (6) Fachinformationszentrum Karlsruhe; Mechenstr. 57, 53129 Bonn, bine@fiz-karlsruhe.de; www.bine.info
- (7) EnergieEinsparverordnung 2007 und 2009 (Entwurf); Normenreihe DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“; www.enev-online.de; www.bmvbs.de; www.dena-energieausweis.de
- (8) SIA 380/4 – Elektrische Energie im Hochbau (2006); www.energycodes.ch
- (9) Passivhaus Institut, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, u.a. „Energieeffiziente Raumkühlung“ (2005), Darmstadt; www.passiv.de
- (10) D. Hass-Arndt, F. Ranft: Tageslichttechnik in Gebäuden (2006), C.F.Müller-Verlag
- (11) Energieeffizienz in Nichtwohngebäuden; www.green-bulding.de; www.energieeffizienz-im-service.de; www.system-energieeffizienz.de
- (12) BINE-Informationssdienst: Thermoaktive Bauteilsysteme (2007); www.bine.info

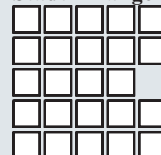
WEITERE INFORMATION UND BERATUNG

- ◇ ENERGIEregion GmbH, Landgrabenstr. 94, 90443 Nürnberg, Tel.: 0911 /99 43 96-0, e-mail: info@etz-nuernberg.de; Ansprechpartner: Dipl.-Wirt.-Ing. Erich Maurer
- ◇ Institut für Energie und Gebäude/Georg-Simon-Ohm-Hochschule Nürnberg, Kesslerplatz 12, 90489 Nürnberg, Tel.: 09 11/5 88 10 18 40, e-mail: ieg@ohm-hochschule.de, www.ohm-hochschule.de; Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. Wolfram Stephan
- ◇ EnergieAgentur Mittelfranken e. V., Landgrabenstraße 94, 90443 Nürnberg, Tel.: 09 11/ 80 11 70, e-mail: info@eamfr.de, www.eamfr.de; Ansprechpartner: Dipl.-Ing.(FH), Dipl.-Kfm.(Univ.) Martin Reuter
- ◇ DIFMA Deutsches Institut für Facility Management GmbH, Landgrabenstr. 94, 90443 Nürnberg, Tel.: 0911/8 01 78 21, e-mail: info@difma.de, www.difma.de, Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schneider
- ◇ Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken, Geschäftsbereich Innovation | Umwelt, Hauptmarkt 25/27, 90403 Nürnberg, Tel.: 09 11/13 35-0; e-Mail: iu@nuernberg.ihk.de, www.ihk-nuernberg.de; Ansprechpartner: Dr.-Ing. Robert Schmidt (Tel. -299), Dr. rer. nat. Ronald Künneth (-297)
- ◇ Regierung Mittelfranken, Arbeitsgruppe Energieeffizientes Bauen, Promenade 27, 91522 Ansbach, Tel.: 09 81/ 53-12 54, e-Mail: gerhard.binner@reg-mfr.bayern.de, www.regierung.mittelfranken.bayern.de Ansprechpartner: Gerhard Binner
- ◇ Stadt Erlangen, Amt für Umweltschutz und Energiefragen, Schuhstr. 40, 91051 Erlangen, Tel.: 0 91 31/86 29 35, e-Mail: hans-juergen.seeberger@stadt.erlangen.de, www.erlangen.de Ansprechpartner: Dr. Hans-Jürgen Seeberger
- ◇ Stadt Nürnberg, Umweltamt Nürnberg, Lina-Ammon-Str. 28, 90471 Nürnberg, Tel.: 09 11/2 31-38 43, e-mail: uwa@stadt.nuernberg.de; Ansprechpartnerin: Dipl.-Geoökologin Franziska Weinzierl
- ◇ Gemeinnütziges Solarenergie Informations- und Demonstrationszentrum solid GmbH, Heinrich-Stranka-Str. 3-5, 90765 Fürth, Tel.: 09 11/81 02 70, e-Mail: info@solid.de, www.solid.de; Ansprechpartner: Dipl.-Kfm. Michael Vogtmann

Herausgeber: ENERGIEregion GmbH
EnergieAgentur Mittelfranken e. V.
Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken
Stadt Erlangen
Stadt Nürnberg

Redaktion: Dr. Jürgen Seeberger, Stadt Erlangen

Stadt Erlangen



März 2008

Layout: Kreativ DTP-Agentur, B. Ebert, Fürth