

Richtlinien und Planungsanweisungen zum energieeffizienten, wirtschaftlichen und nachhaltigen Bauen und Sanieren (Energieeffizienzstandards)

1. Motivation

Den Kommunen kommt aufgrund von Gesetzen des Bundes und der Länder sowie aufgrund europäischer Richtlinien eine Vorbildfunktion im Klimaschutz zu.

Die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen schöpfen derzeit das wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll Umsetzbare nicht aus. Ziel muss es sein, mit Neubau- und Sanierungsmaßnahmen, den möglichen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzverpflichtungen, auch im geplanten zeitlichen Rahmen, zu leisten.

Die Integration anspruchsvoller energetischer Maßnahmen muss bereits vor Planungsbeginn im Rahmen von energetischen Zielvorgaben in der Projektentwicklung und auch in Architektenwettbewerben erfolgen.

Ein maßgebliches Instrument, um energieeffiziente Neubau- und Sanierungsergebnisse zu erzielen, ist die kommunale Festsetzung von energetischen Leitlinien oder Standards für die Planung, die über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinausgehen. Es kann dabei zwischen wesentlichen Zielvorgaben und Strukturen für Energieeffizienz und Energieversorgung (Richtlinien) und detaillierten baulichen und energetischen Planungsanweisungen und Verfahrensabläufen für die kommunalen Dienststellen und externe Auftragnehmer unterschieden werden.

2. Einleitung

Die wesentlichen Zielvorgaben und Strukturen für Energieeffizienz und Energieversorgung sollten als **Richtlinien** vom zuständigen kommunalpolitischen Gremium (Stadt-, Gemeinderat, o.ä.) beschlossen werden. So wird ein hohes Maß an Verbindlichkeit innerhalb der Verwaltung und für externe Auftragnehmer erreicht. Die Herstellung einer direkten Verbindung zu den Klimaschutzzielen der Kommune stärkt die Wirkung und Akzeptanz.

Die detaillierten baulichen und energetischen **Planungsanweisungen** und Verfahrensabläufe können demgegenüber wahlweise als Teil der Richtlinie politisch beschlossen, oder durch die für das Energiemanagement zuständige kommunale Dienststelle festgelegt werden. Eine politische Beschlussfassung erhöht prinzipiell die Verbindlichkeit für alle Beteiligten, während die Festlegung durch eine Dienststelle eine flexiblere Anpassung an technische Entwicklungen ermöglicht.

Die Festlegung von kommunalen energetischen Richtlinien und Planungsanweisungen bewirkt bei konsequenter Anwendung eine gute energetische Qualität und trägt damit auch zu einem reibungsfreien Ablauf der Planung bei. Fast immer führt die Anwendung ambitionierter Energiestandards bei einer Lebenszyklusbetrachtung der Gebäude zur Verringerung der Gesamtkosten aus Investitions- und Betriebskosten. Eine regelmäßige Berichterstattung zu den Erfahrungen mit den Richtlinien und Planungsanweisungen ist empfehlenswert.

Zielvorgaben sind für Neubauten und für Sanierungen sowie für den Einsatz von erneuerbaren Energien festzulegen.

Ausnahmen von diesen Zielvorgaben sollten nur in begründeten Fällen (z.B. bei sehr kurzfristigen Gebäudenutzungszeiten bis fünf Jahre und denkmalgeschützten Gebäuden) gemacht werden.

Der Geltungsbereich muss sich auf alle städtischen Bauprojekte erstrecken. Die Richtlinien und Planungsanweisungen müssen von allen MitarbeiterInnen der Stadtverwaltung verbindlich eingehalten werden. Externe PlanerInnen müssen jeweils im Vertrag zur Anwendung und Einhaltung verpflichtet werden.

2.1 Richtlinien für Neubau und Sanierung

Die Festlegung eines Energieeffizienzstandards für Gebäude, der über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinausgeht, ist möglich durch:

- a) die Festsetzung von Unterschreitungen der Grenzwerte der aktuellen gesetzlichen Regelungen,
- b) die Festsetzung eingeführter Standards, wie dem Passivhaus- Null-oder Plusenergiestandard oder
- c) die Festlegung bestimmter zu erreichender Zielwerte

a) Unterschreitungen der Grenzwerte der aktuellen gesetzlichen Regelungen

Diese Variante stellt eine sehr einfache Form dar. Der Nachweis ist leicht erbringbar, die Qualität des Zieles und die Vorbildwirkung sind gut ablesbar.

Nachteilig sind gegebenenfalls erforderliche Anpassungen bei Novellierungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) und der spezielle Flächenbezug der EnEV, der nicht mit den beheizten Nutzflächen übereinstimmt. Wichtig ist, dass sich die Unterschreitung sowohl auf den Primärenergiegrenzwert als auch auf den baulichen Wärmeschutz (U-Werte) bezieht, sonst besteht die Gefahr, dass der bauliche Wärmeschutz bei sehr kleinem Primärenergiefaktor nicht den nötigen Stellenwert erhält. In

vielen Kommunen beschlossen sind EnEV-Unterschreitungsziele für Neubauten um 20 bis 30% (Primärenergie und Wärmeschutz), bei umfassender Sanierung um 15 bis 30%.

Denkbar ist auch die Festsetzung von Zielwerten in Anlehnung an die Anforderungen der KfW-Effizienzhausprogramme, z.B. KfW-Effizienzhaus 40 oder 55 bei Neubauten. Für Bauteilsanierungen gelten Unterschreitungsziele der U-Werte um 10 bis 30%.

b) Passivhaus-, Null- oder Plusenergiestandard

In einer Reihe von Kommunen gibt es Beschlüsse, Neubauten im **Passivhausstandard** zu errichten. Vielfältige Erfahrungen liegen dazu bereits vor. Mit dem Passivhausprojektierungspaket (PHPP) steht ein sehr gutes Planungs- und Optimierungsinstrument zur Verfügung, das den Heizwärme-/Heizenergiebedarf und die solaren Gewinne realitätsnah abbildet und die Möglichkeit bietet, auch elektrische Energieverbraucher detailliert zu berücksichtigen. Als Excel-Tool gewährleistet das PHPP vollständige Transparenz und Prüfbarkeit der Berechnungen. Zudem werden wichtige Komfortkriterien berücksichtigt und Variantenplanungen können einfach betrachtet werden.

Auch für Sanierungen erweist sich die Forderung nach dem Einsatz von Passivhauskomponenten beim Wärmeschutz und in der Anlagentechnik als geeignet.

Durch Kombination hoher baulicher Energiestandards und einer energieeffizienten Technikausstattung mit regenerativen Erzeugungsanlagen, in der Regel Solarenergiegewinnung auf Dächern und Fassaden, können Gebäude auch im **Plusenergiestandard** realisiert werden. Diese erzeugen im Jahresverlauf mehr Energie als sie verbrauchen und stellen damit den Bau eines bilanziell klimaneutralen Gebäudes sicher. Eine Variante des Plusenergiestandards ist das **Passivhaus-Plus**. Für den Nachweis ist auch hier das PHPP gut geeignet.

c) Energetische Zielwerte

Die individuelle Festsetzung von **Grenzwerten für den Primärenergiebedarf bzw. den Endenergiebedarf** und/oder die energiebedingten CO₂-Emissionen (Heizenergie- und Strom) ist ebenfalls eine gängige Methode. In verschiedenen Kommunen sind für Neubauten Maximalwerte für den Heizenergiebedarf von 20 kWh/m²a oder für den Primärenergiebedarf von 90 kWh/m² beschlossene Zielstellungen. Für umfassende Sanierungen eignen sich Obergrenzen für Heizenergie von 30 bis 50 kWh/m²a. Für Strombedarf für Gebäudetechnik (feste Beleuchtung, Lüftung, Klimatisierung, Hilfsenergie Heizung, Aufzüge, gebäudebezogene IT) empfiehlt sich ein Zielwert von 15 kWh/(m²a).

2.2 Einsatz erneuerbarer Energien und KWK

Eine Energiewende beim Strom ist bundesweit auf den Weg gebracht. 2050 soll der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung bei mindestens 90% liegen. Eine Wärmewende ist derzeit noch nicht abzusehen. Klar ist, dass die wichtigsten erneuerbaren Potenziale Sonnen- und Windenergie sind. Da das Minimum des Solarenergieangebots im Winter auf das Maximum des Heizenergiebedarfs trifft, sind erneuerbare Energien und Energieeffizienz von Gebäuden unbedingt gemeinsam zu forcieren.

In vielen Kommunen liegen die erreichten Anteile bei Strom und Wärme noch weit von den bundesdeutschen Zielvorstellungen entfernt. Erneuerbare Energien, müssen deshalb, sowohl bei Strom, als auch für Wärme bei Neubau- und Sanierungsprojekten bedacht und vorrangig realisiert werden. Dort, wo derzeit noch fossile Energieversorgungssysteme eingebaut werden, müssen bei der Planung die Optionen der Umstellung auf erneuerbare Energien untersucht werden. Die kommunalen Ausbauziele müssen sich mindestens an den Zielstellungen von EU und Bundesregierung orientieren.

Generell sinnvoll ist der Bau von Photovoltaikanlagen zur Eigenstromnutzung bei allen Neubau- und größeren Sanierungsprojekten sowie bei der Erneuerung von Dachabdichtungen oder Dachsanierungsmaßnahmen, wenn geeignete Randbedingungen, wie Tragsystem, Verschattungssituation, Vandalismussicherheit, etc. gegeben sind. Stromspeichersysteme können ergänzt werden, um den Anteil der solaren Eigenversorgung weiter zu erhöhen.



Fassaden-Photovoltaikanlage Labenwolf-Gymnasium Stadt Nürnberg

Im Wärmebereich sind Fern- oder Nahwärmesysteme auf der Grundlage der Kraft-Wärme-Kopplung, der Auskopplung von Abwärme und dem Einsatz regenerativer Anteile eine geeignete Lösung. Voraussetzung ist die Versorgung eines ausreichend großen und strukturell geeigneten Gebietes einerseits sowie ein effizientes Wärmenetz andererseits. Fernwärmenetze (mit möglichst niedrigen Temperaturen) bieten dann eine ideale Infrastruktur, auch für die dezentrale Einspeisung von Wärme aus erneuerbaren Energien sowie für die Einbindung von kostengünstigen Speichern und damit die schrittweise Transformation der Energiesysteme.

Damit eine Bewertung der Fernwärme hinsichtlich ihrer Wirksamkeit im Klimaschutz möglich ist, muss vom Versorger neben dem Primärenergiefaktor auch die Bilanzierung der Brennstoffbilanz zur Bestimmung der spezifischen CO₂-Emissionen vorgelegt werden. Wirtschaftlich einsetzbare

Wärmeversorgungssysteme, die auch die Mindestanforderungen des EEWärmeG einhalten, sind u.a.: BHKWs, Wärmepumpensysteme auf Strom- oder Gasbasis, Solarthermie oder Biomasse, beispielsweise Pellet- oder Holzhackschnitzelanlagen. In eher begrenztem Umfang ist auch Gas-Brennwerttechnik mit Biomethan-Anteilen möglich, wobei dies ohne Nachweis aus ökologischer Ressource kaum empfehlenswert ist.



Holzheizung zur Wärmezeugung in einer Schule Landeshauptstadt Stuttgart

3. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Grundsätzlich erfordern Klimaschutzmaßnahmen bzgl. ihrer Notwendigkeit, wie alle anderen Umweltschutzmaßnahmen, keinen Nachweis der Wirtschaftlichkeit. Kläranlagen, Rauchgasreinigungen, Katalysatoren, oder Lärmschutzfenster erwirtschaften weder Gewinn noch Einsparungen. Sie sind prinzipiell unwirtschaftlich und doch sinnvoll und akzeptiert.

Im Unterschied zu anderen Umweltschutzmaßnahmen erwirtschaften Energieeffizienz und erneuerbare Energien jedoch zusätzlich finanzielle Einsparungen und sind in vielen Fällen auch betriebswirtschaftlich rentierlich. Dies sollte genutzt werden, um Entscheidungsträger aus Politik und Verwaltung mit ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeitsaspekten von der Sinnhaftigkeit von Investitionen zu überzeugen.

Damit eine Entscheidung getroffen werden kann, ob eine Investition in einer Maßnahme oder auch im Vergleich mehrerer Varianten sinnvoll ist, empfiehlt es sich, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter Beachtung der Lebenszyklen von Gebäuden und Anlagen in den Leistungsphasen 2 oder 3 der HOAI (Vorentwurf oder Entwurf) durchzuführen. Als Berechnungsmöglichkeiten bieten sich die Annuitätenmethode gemäß VDI 2067 oder die Kapitalwertmethode an.

Die Annuitätenmethode erlaubt es, Anlagen und Gebäude mit unterschiedlicher Lebensdauer miteinander zu vergleichen. Das Ergebnis liefert einen Vergleich der jährlichen Kosten für unterschiedliche Varianten. Die Kapitalwertmethode liefert eine betriebswirtschaftliche Kennzahl und damit ebenfalls eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Maßnahme. Durch Abzinsung auf den Beginn einer Investition werden bei dieser Berechnung Varianten vergleichbar gemacht.

In die Betrachtungen fließen Investitions-, Finanzierungs-, Betriebs- und Instandhaltungskosten sowie mögliche Ersatzinvestitionen ein. Zudem können die eingesparten Tonnen CO₂ finanziell (z.B. 50 bis 100 Euro/tCO₂) berücksichtigt werden. Da für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen verschiedene Annahmen zu treffen sind, wird empfohlen, die Methode sowie die Randbedingungen vorzugeben. Ein gutes Beispiel ist das excelbasierte Gesamtkostenberechnungstool der Stadt Frankfurt.

<https://energiemanagement.stadt-frankfurt.de/>

a) Lebenszyklus

Bei Gebäuden ist von einem Lebenszyklus von 50 Jahren auszugehen. Die technische Lebensdauer von Gebäudeteilen und Anlagen können der VDI 2067 oder den BNB-Nutzungsdauern von Bauteilen

(www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html) entnommen werden.

b) Energiebedarfe Wärme und Strom

Eine wesentliche Grundlage für die Berechnungen sind stimmige Prognosen der Energiebedarfe für Neubauten bzw. nach Sanierung. Diese können i.d.R. nicht mit den EnEV-Berechnungsverfahren ermittelt werden (DIN 18599). Plausible Werte können mit dem PHPP (vgl. 2.1) oder dem Gesamtkostenberechnungstool der Stadt Frankfurt berechnet werden. Auch qualifizierte Schätzungen aufgrund bekannter Verbrauchswerte unterschiedlicher Gebäudetypen und –standards sind möglich.

c) Kapitalzins

Verwaltungsintern wird eine Abstimmung des realen jährlichen Kapitalzinses mit der Kämmerei empfohlen. Alternativ sind die aktuellen KfW-Kreditkonditionen einzusetzen (www.kfw.de/208-Zinsen).

d) Mittlerer Energiepreis

Über einen längerfristigen Betrachtungszeitraum sind Energiepreissteigerungen von 3 bis 5 % im Jahr nachweisbar und auch zukünftig realistisch.

e) Förderungen

Verschiedene Förderprogramme stehen zur Verfügung, um Maßnahmen für Energieeffizienz und Klimaschutz zu unterstützen und etwaige Mehrkosten abzufedern.

4. Planungsanweisungen

Planungsanweisungen, die detaillierte Vorgaben zu Dämmdicken, Kennwerten technischer Anlagen, etc. machen, müssen mit den Gremien der zuständigen Verwaltung und im Dialog mit den beteiligten Fachkollegen der Planungs- und Betriebsbereiche erarbeitet und abgestimmt werden und sind

damit hauptsächlich ein Werkzeug auf der Arbeitsebene.

Die Darstellung in Checklisten ist sinnvoll und kann die Anwendung und Überprüfung erleichtern. Gewerkeübergreifende Themen, wie sommerlicher Wärmeschutz, Erstellung von Lüftungskonzepten und Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen bedürfen besonderer Beachtung.

In folgenden Städten existieren u.a. ausführliche Planungsanweisungen für einzelne Gewerke: Aachen, Chemnitz, Frankfurt, Freiburg, Heidelberg, Karlsruhe, Kiel, Köln, Leipzig, Mainz, Münster, Nürnberg, Stuttgart, Wiesbaden.

4.1 Winterlicher Wärmeschutz

Für Neubauten und Bauteilsanierungen empfehlen sich als Vorgaben Maximalwerte für die Wärmedurchgangskoeffizienten wie folgt (U-Werte in $W/(m^2K)$):

Außenwand	0,15 - 0,20	etwa 16 bis 20 cm (WLS* 035)
oberste Geschossdecke, Flachdach	0,12-0,15	etwa 24 bis 28 cm (WLS 035)
Steildach	0,15-0,20	etwa 20 bis 26 cm (WLS 035)
Decken, Wände gegen unbeheizt	0,25	etwa 14 cm (WLS 035)
Bodenplatte, Wände gegen Erdreich	0,25	etwa 16 cm (WLS 040)
Fenster	0,80-1,00	3-Scheiben-Verglasung mit wärmeschutztechnisch verbessertem Randverbund
Festverglasung, Pfosten-Riegel-Fassaden	0,70 – 0,90	
Dachflächenfenster	1,00 – 1,20	
Lichtkuppeln, Außentüren	1,30	

WLS* - Wärmeleitfähigkeitsstufe

Ausnahmen können u.U. für denkmalgeschützte Gebäude und stadtbildprägende Fassaden zugelassen werden. Ist eine umfassende Sanierung geplant, kann der förderbegünstigte KfW Standard 100 für denkmalgeschützte Gebäude angestrebt werden.

Aufgrund unzureichender Lüftung und durch die höhere Dichtheit von neuen

Fenstern ab den 90er Jahren, ist der Sicherstellung eines ausreichenden Luftwechsels sowie den bauphysikalischen Aspekten größte planerische Aufmerksamkeit zu widmen. Die Entwicklung eines Lüftungskonzeptes ist deshalb grundsätzlich erforderlich.

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/flyer-besser-lernen-in-guter-luft>

4.2 Sommerlicher Wärmeschutz

Bei allen Neubau- oder umfassenden Sanierungsmaßnahmen sollte ein Konzept für einen umfassenden sommerlichen Wärmeschutz auf der Grundlage passiver Maßnahmen erarbeitet werden. Gebäude sollten hinsichtlich Orientierung, Zonierung, Anteil der Glasflächen (z.B. max. 35% Fassadenfläche), Sonnenschutz, Nachtlüftung und Speichermassen so konzipiert werden, dass keine aktive Kühlung erforderlich wird.

Ein außenliegender Sonnenschutz sollte bei allen sonnenexponierten Fensterflächen die Regel sein. Jalousien mit kippbaren Lamellen ermöglichen eine individuelle Anpassung von Sonnenschutz und Tageslichtlenkung. Innenliegender Sonnenschutz ist nur bei sehr kleinen Fensterflächenanteilen oder starker Verschattung der Fassaden sinnvoll. Sonnenschutzverglasung kann eine ergänzende Option darstellen, muss aber sehr sensibel verwendet werden, da die Tageslichtnutzung und winterlichen Wärmegewinne eingeschränkt werden. Der Sonneneintragskennwert nach DIN 4108-2 sollte auf 0,03 begrenzt werden.

Transparente Elemente im Sturzbereich ermöglichen eine bessere Ausleuchtung der tieferen Raumbereiche und erhöhen somit die Tageslichtnutzung erheblich. Verglasungen im Bereich der Brüstung haben hingegen hinsichtlich des Tageslichts eine vernachlässigbare Wirkung, erhöhen jedoch die Wärmeverluste im Winter und die Wärmebelastung im Sommer.

Es sind vorzugsweise manuelle Nachtlüftungsmöglichkeiten, z.B. über kippbare Fenster und/oder Lüftungsklappen, etc., möglichst als Querlüftung oder vertikale, geschossübergreifende Lüftung über Fassade-Dach mit thermischem Auftrieb zu planen. Wetter-, Einbruch- und Insekenschutz muss gewährleistet sein. Für eine Variante ohne Querlüftungsmöglichkeit soll der freie Lüftungsquerschnitt z.B. je Unterrichtsraum/Gruppenraum etwa 5 % der Raumgrundfläche betragen. Bei Querlüftungsmöglichkeit oder mit thermischem Auftrieb ist ein freier Lüftungsquerschnitt, alle Öffnungen addiert, von etwa 4 % der Raumgrundfläche ausreichend. Alternativ ist eine Nachtlüftung mit mechanischer Abluftunterstützung möglich. Bei dieser Variante ist ein freier Lüftungsquerschnitt von etwa 2% ausreichend. Die Nachtlüftungsfügel sind bei der Fassadengestaltung zu berücksichtigen. Sie können bei entsprechender Planung und unter Einbezug der Nutzer auch mit zur Taglüftung eingesetzt werden. Ggf. ist eine Nachtauskühlung auch über die Abluft der mechanischen Lüftungsanlage, z.B. bei dezentralen Geräten, möglich.

Planungsziel ist, dass die Anforderungen der Kategorie II (normales Maß an Erwartungen, empfohlen für neue und renovierte Gebäude) nach DIN EN 15251 eingehalten werden. Bei einer längeren sommerlichen Hitzeperiode soll während der üblichen Nutzungszeit die Raumtemperatur möglichst jeweils etwa drei Grad unter der Außenlufttemperatur liegen.

4.3 Klimaanpassungsmaßnahmen

Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel sollten, in Abhängigkeit von den makro- und mikroörtlichen klimatischen Bedingungen bedacht und eingeplant werden, z.B. Dach- und Fassadenbegrünungen, Minimierung der Versiegelungsflächen sowie Entsiegelung und Rückhaltung/Versickerung von Regenwasser, albedogerechte Farbwahl, Angebot an verschatteten Außenbereichen, Beachtung von Sturm- und

Starkregenereignissen. Der zunehmende Anstieg der Außentemperaturen macht sich allerdings bereits auch in erhöhten Innenraumtemperaturen bemerkbar, sodass, abhängig von der Nutzung, Gebäudelage, Rahmenbedingungen, etc., eine effiziente Kühlung erforderlich sein kann. Hierfür können beispielsweise Grundwassernutzung, reversible Wärmepumpen, adiabatische Verdunstungskühlung, hocheffiziente Kaltwassererzeuger mit hohem Anteil an freier Verdunstungskühlung eingesetzt werden.

4.4 Weitere Planungsgrundsätze

Es sollten Baustoffe und Systeme eingesetzt werden, die langlebig, robust sowie wartungs- und instandhaltungsarm sind. Der Aufwand für Inspektionen, Wartungen und Unterhaltungen sollte minimiert sein.

Die Einsetzbarkeit von anorganischen oder natürlichen Materialien sollte unter den Kriterien Wirtschaftlichkeit, Substitution von organisch-synthetischen Materialien (z.B. Polystyrol, Polyurethan) aus fossilen Rohstoffen und Amortisationszeiten der Materialien geprüft werden. Dabei kann für die zu vergleichenden Dämmmaterialien der Energieeinsatz für die Herstellung mit der Energieeinsparung über eine entsprechende Differenzbetrachtung berücksichtigt werden. Einzubeziehen sind dabei auch Umweltaspekte von Zusatzstoffen für den Brand-, Feuchte-, Schimmel- und Fraßschutz.

4.5 Heizung

Die Planung von Heizungsanlagen für öffentliche Gebäude befindet sich im Spannungsfeld zwischen Versorgungssicherheit, Ökonomie und Ökologie. Die Auswahl des Energieträgers wird von den ökologischen Zielen der Kommune sowie von gesetzlichen Vorgaben (EnEV, EEWärmeG) beeinflusst. Kombinationen von unterschiedlichen Energieträgern führen bei Nahwärmeinseln und großen Objekten in vielen Fällen zu optimalen zukunftsfähigen Wärmeherzeugungsstrategien.

Die Heizungsanlage, insbesondere die Wärmeverteilung im Gebäude, sollte dem, durch die Klimaschutzziele erforderlichen, Wechsel auf erneuerbare Energieträger gewachsen sein. Niedrige Temperaturen und hohe Temperaturspreizung im Heizsystem erhöhen die Flexibilität und Effizienz. Da auch erneuerbare Energieträger nur begrenzt vorhanden, mit Nutzungskonflikten verbunden und ihre Speicherung mit Verlusten und Ressourcenaufwand verbunden sind, ist Wärmeherzeugung mit höchster Energieeffizienz auch künftig ein Schlüssel zu Ökologie und Wirtschaftlichkeit.

Empfohlenes Ranking zum Energieträgereinsatz und möglichen Erzeugersystemen:

- Nutzung von Abwärme, Umweltwärme, Energierückgewinnungssystemen, Solarthermie
- Fernwärme aus KWK (vorrangig aus Biomasse oder Geothermie), BHKW (möglichst mit biogenen Energieträgern), Geothermie oder anderen erneuerbaren Quellen
- Nutzung von Biomasse/Biogas (Holzpellets, Hackschnitzel, etc.) vorrangig in KWK und im Nahwärmeverbund
- Wärmepumpensysteme mit hoher Effizienz (Ziel Jahresarbeitszahlen > 5)
- Brennwertanlagen für fossile Brennstoffe in Kombination mit regenerativen Erzeugern, i.d.R. Solarthermie oder PV
- sowie künftig - abhängig von Technik - und Marktentwicklung - die Brennstoffzelle.

Kriterien, die bei der Auswahl Beachtung finden müssen, sind Lagermöglichkeiten, Transport- und Lieferwege, Verfügbarkeit, Anschlussbedingungen, Nutztemperaturen, Immissionsschutz, Nutzungszeiten, Kombinationsmöglichkeit, Pufferung, usw.

Verteil- und Abnehmeranlagen für Warmwasserheizungen: In Schulen, Kindertagesstätten und Verwaltungsgebäuden haben sich dynamische, schnell reagierende Systeme (Radiatoren) bewährt. Diese er-

möglichen eine schnelle Reaktion auf Wärmeeintrag durch Sonne, Personen oder Geräte. Niedrige Vorlauftemperaturen sind anzustreben. Flächenheizsysteme (Fußbodenheizung, Betonkernaktivierung) sind dann sinnvoll einsetzbar, wenn die Wärmeerzeugung nur geringe Vorlauftemperaturen generiert, der Wirkungsgrad des Wärmeerzeugers mit höherer Vorlauftemperatur stark abfällt (Wärmepumpen, Solarthermie) oder die Heizwärme als Niedertemperatur-Abwärme kostenfrei zur Verfügung steht.

Die Trennung der Abnehmeranlage vom Erzeuger durch Puffersysteme sollte geprüft werden. Bei sehr unterschiedlichen Nutzungszeiten, Nutzttemperaturen oder Wärmelasten von Gebäudeteilen müssen Heizkreise, Heizzonen oder Einzelraumregelungen errichtet werden. Hier gilt die Regel, dass gut gedämmte Gebäude eine längere Zeitkonstante aufweisen und weniger Aufwand für differenzierte Regelung erforderlich ist.

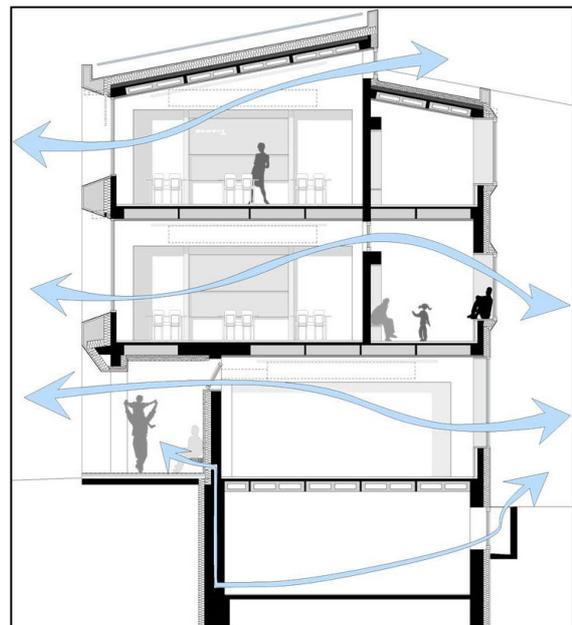
Heizungspumpen haben durch ihre langen Laufzeiten großen Einfluss auf den Energieverbrauch der Gesamtanlage: eine Hocheffizienzpumpe ist Pflicht. Der hydraulische Abgleich der Anlage ist ein Schlüssel zum effizienten Betrieb. Heizkörperventile in Behördenausführung sind Standard. Sie sollten immer nach oben begrenzt werden.

4.6 Lüftung und Kühlung

Generell sollte für Neubauten sowie bei grundlegenden Sanierungen/Renovierungen oder Fensteraustausch ein energieeffizientes Lüftungskonzept für Winter und Sommer erarbeitet werden. Bei jedem Neubau oder jeder Sanierung ist darauf zu achten, dass das Gebäude auch nachts natürlich mit Luft durchströmt werden kann (freie Nachtlüftung).

Ein ausreichender Luftwechsel ist erforderlich, um hygienische Raumluftverhältnisse sicher zu stellen. Der CO₂-Gehalt der Raumluft soll den Wert von 1.500 ppm nicht dauerhaft überschreiten. Schadstoffe, wie flüchtige organische Kohlenwasserstoffe

(VOC) etc., müssen abgeführt werden. Zu hohe Luftfeuchten müssen wegen Tauwasser- und Schimmelgefahr im Winter vermieden werden; ebenso aus Behaglichkeitsgründen zu niedrige Luftfeuchten. Um Luftbefeuchtung zu vermeiden, sollte die Luftwechselrate angepasst werden. Die relative Luftfeuchte solle vorzugsweise im Behaglichkeitsbereich zwischen 30 und 60 % liegen; im Winter sind kurzzeitige Unterschreitungen bis auf etwa 20 möglich – und auch bei angemessener Fensterlüftung unvermeidbar. Dauerhafte Unterschreitungen können zu Reizerscheinungen führen, dauerhaft erhöhte Werte steigern im Winter und vor allem bei schlechter Wärmedämmung, das Schimmelrisiko.



Prinzip der Luftdurchströmung in einer Schule Landeshauptstadt Stuttgart

Auch beim Einsatz einer mechanischen Lüftungsanlage sollte für Aufenthaltsbereiche ein ausreichender Luftwechsel über zu öffnende Fenster möglich sein, die auch beim Ausfall der Anlage hygienische Raumluftverhältnisse gewährleisten. Die Nachweise sind entsprechend zu führen.

Zur Vereinfachung des Verfahrens werden folgende Richtwerte für den freien Lüftungsquerschnitt empfohlen: 0,2 bis 0,3 m²

zu öffnende Fensterfläche pro Person bzw. 10 bis 15 % der Raumgrundfläche.

Kriterien der Entscheidung für oder gegen eine mechanische Lüftungsanlage sind Investitions- und Betriebskosten, Funktionalität, Nutzungsanforderungen, Energiebilanz aus Stromverbrauch und Wärmerückgewinnung, ggf. Kälterückgewinnung, Leistungseinsparungen des Heizsystems durch Lüftungswärmerückgewinnung, Innenraum-Luftqualität und Schutz vor Umwelteinflüssen, z.B. Lärm.

Der Einsatz von RLT-Anlagen ist in zahlreichen Fällen z.B. beim Passivhausstandard, bei lärmbelasteten oder innenliegenden Räumen notwendig, jedoch durch zielgerichtete Planung auch auf angemessene Investitions- und Betriebskosten reduzierbar. Entscheidend hierfür ist eine schlanke Auslegung der Luftmengen auf den Normalbetrieb, insbesondere dort, wo ein zeitweise erhöhter Luftbedarf durch Fensterlüftung gedeckt werden kann.

Interessante Optionen bieten kombinierte Lüftungskonzepte aus maschineller und Fensterlüftung. Eine Variante sind sehr klein ausgelegte Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (ohne Anschluss an die Heizung) zur Grundlüftung kombiniert mit bedarfsweiser Fensterlüftung. Eine weitere Variante ist die Unterstützung der Fensterlüftung mit einer maschinellen Abluftanlage mit Luftqualitätsregelung zur Verbesserung der hygienischen Luftqualität oder mit Temperaturregelung zur Nachtkühlung im Sommer. Eine reine Luftheizung mit RLT-Anlagen ist kritisch zu prüfen.

Grundsätzlich sollten RLT-Anlagen bedarfsgerecht betrieben werden können, d.h. drehzahlgeregelte Hochleistungsventilatoren, Zeitprogramme, Präsenzmelder und/oder CO₂-Sensoren sind zu vorzusehen. Bei Laufzeiten von mehr als 1.000 Stunden pro Jahr ist eine energieeffiziente Wärme- und ggf. Feuchterückgewinnung vorzusehen und der Wärmerückgewinnungsgrad größer als 85% sein..

Entscheidend für stromeffiziente Lüftungssysteme sind möglichst kurze Rohrnetze mit ausreichenden Querschnitten, für die Rohrnetzberechnung, die vorzulegen ist. Zur thermischen Optimierung sollten die Leitungslängen von Außen- und Fortluft im beheizten Volumen geringgehalten werden. Als Zielkennwert des Stromverbrauchs für effiziente Lüftungsanlagen, als Summe aus Zu- und Abluft, sind max. 0,45 Wh/m³ empfehlenswert.

Für das Kanalsystem werden folgende Dämmdicken empfohlen:

- Außen-/Fortluft 100 mm
- Zuluft 30 mm ohne Luftheizung, 50 mm bei vorhandenem Luftheizregister
- Abluft 30 mm.

Kühlung und Befeuchtung sind grundsätzlich nur aus konservatorischen oder medizinischen Gründen vorzusehen. Wenn sich in Sonderfällen dennoch Kühlbedarf ergibt, dann ist ein energieeffizientes und wirtschaftliches Kühlkonzept, ggf. auch unter Einsatz erneuerbarer Energien, zu erarbeiten.

Innere Lasten – vor allem Abwärme elektrischer Geräte und Warmwasserleitungen – müssen weitestgehend reduziert werden. Ein umfassender außenliegender Sonnenschutz ist verpflichtend und sollte in der Regel aktiv steuerbar sein. Eine freie Nachtlüftung bietet die energiesparendste Möglichkeit der Wärmeabfuhr. Sollten im Einzelfall doch Räume aktiv gekühlt werden müssen, muss die Notwendigkeit der Kühlung mittels eines qualifizierten Verfahren, wie z.B. durch eine dynamische Gebäudesimulation nachgewiesen werden, das sowohl Aussagen zur Kühlarbeit wie auch zum Ausmaß der Komforteinschränkungen macht.

Zur Kühlung sollten vorrangig natürliche Kältequellen (Grundwasser, Erdsonden, Außenluft) genutzt werden. Weitere Optionen sind adiabate Kühlung unter Beachtung hygienischer Aspekte und – bei Nutzung von Fernwärme oder einem BHKW –

der Einsatz von Adsorptions- oder Absorptionskälte. Wegen der zeitlichen Übereinstimmung von Kühlbedarf und Solarenergieertrag ist der Betrieb von Kälteanlagen in Kombination mit PV-Anlagen sinnvoll.

4.7 Elektro

Städtische Gebäude mussten in den letzten Jahren zunehmend mehr Dienstleistungen erbringen und moderne Infrastruktur bereitstellen. Beispiele sind die Einrichtung von Ganztageseschulbereichen mit Mensen, Computerausstattung, Beamer und interaktive Tafeln in den Schulen.



LED-Beleuchtung Bürgerzentrum Stadt Freiburg

Ein effizienter Stromeinsatz ist mehr denn je geboten. Zu unterscheiden sind gebäude- und nutzerbedingte Stromverbräuche.

Zu den gebäudebedingten Stromverbräuchen zählen alle fest installierten technischen Anlagen zur Versorgung und zum Betrieb des Gebäudes. Dies sind z.B. Beleuchtungs-, Lüftungs- und Heizanlagen (z.B. Heizkreispumpen), Gebäudeautomation, Multimediaausstattung, elektronische Türschließeinrichtungen, Brandmeldeanlagen sowie Kommunikationsanlagen usw.

Darüber hinaus bringen auch Nutzer bewegliche technische Geräte in die Gebäude ein, z.B. PCs für den Unterricht.

Zusammengefasst wird bei der gebäudebedingten Ausstattung auf folgende Punkte hingewiesen:

- Grundsätzlich sollen für die Beleuchtung LED-Lampen eingesetzt werden. (Ausnahmen Spezialanwendungen). Neben einem hohen Wirkungsgrad (Lumen/Watt) und der Lichtfarbe ist die Standardisierung der Anschlüsse ein wichtiges Kriterium der Auswahl.
- Ziel- und Grenzwerte die angestrebt werden sollten: installierte Leistung maximal 1,5 W/m² pro 100 lx. Der Nachweis ist zu führen.
- Die Lichtausbeute sollte bei Standardbeleuchtung z.B. in Klassenräumen aktuell mind. 120 lm/W betragen (kombinierter Lampen-/Leuchtenwirkungsgrad).
- Grundsätzlich sollte Beleuchtung in Räumen von Hand zu- und ausgeschaltet werden können.
- Präsenzmelder/Bewegungsmelder sind bei Räumen mit längeren Zeiten ohne Nutzung und geringer Identifikation der Nutzer, z. B. Toiletten oder Flure, sinnvoll. In anderen Räumen mit Tageslicht, wie Büros und Klassenräume, sollten Präsenzmelder nicht zum Einschalten der Beleuchtung genutzt werden.
- Die erreichte Beleuchtungsstärke sollte bei der Abnahme gemessen und protokolliert werden.
- Für Elektrogeräte mit Energie-Label-Klassifizierung wird empfohlen, die jeweils höchste Effizienzklasse für kommunale Ausstattung zu wählen.

4.8 Sanitär

Die Sanitärplanung sollte zukunftsweisend und wegen der globalen Bedeutung in jedem Falle ressourcenschonend vorgenommen werden, auch wenn flächendeckend derzeit ausreichend Trinkwasser in weitgehend hervorragender Qualität vorhanden ist.

- Die Planung von Kalt- und Warmwassernetzen sollte unter dem Grundsatz erfolgen, möglichst wenige Zapfstellen und kompakte Leitungsnetze mit mög-

lichst geringen Wasservolumina zu erstellen. Eine geringe Verweildauer des Trinkwassers ist eine Voraussetzung für Hygiene.

- Kompakte Auslegung des Leitungsnetzes und sehr gute Dämmung der Warmwasserleitungen tragen zur Reduzierung von Bereitschaftsverlusten von sommerlicher Überhitzung bei.
- Verzicht auf Waschbecken in Unterrichtsräumen oder Büroräumen.
- Aus hygienischer Sicht ist z.B. in Toilettenräumen kein Warmwasser notwendig (Ausnahme: Behinderten-WC).
- Aus Gründen der Hygiene (Legionellen) und Energieeffizienz sollten nur Zapfstellen mit hoher, regelmäßiger Nutzung eine zentrale Warmwasserversorgung erhalten. Es wird empfohlen auf Trinkwarmwasserspeicher zu verzichten und ausschließlich Frischwasserstationen einzubauen. Wärmespeicherung und -transport sollen in der Regel mittels Heizungswasser erfolgen. Die Trinkwassererwärmung soll möglichst nah an den Verbrauchsstellen erfolgen.
- Für entfernte oder nur gelegentlich genutzte Zapfstellen (z.B. Lehrerduschen, Sozialbereiche, Teeküchen) werden Klein-Durchlauferhitzer (4-5 kW) empfohlen.
- Legionellschaltungen sind wenig zielführend, da der Nutzen angezweifelt wird (Temperaturresistenz von Legionellen) und die hohen Temperaturen Rohrleitungs- und Dichtungsmaterial angreifen können. Wichtiger ist die Einhaltung des Grundsatzes: Reduzierung auf ein Minimum und die regelmäßige intensive Nutzung der verbliebenen Zapfstellen in Kombination mit Frischwasserstationen.

4.9 Gebäudeautomation

Die Planung der Gebäudeautomation (GA) soll einen wirtschaftlichen, nachhaltigen und funktionellen Betrieb ermöglichen. Dabei ist eine frühzeitige, enge Zusammenarbeit aller Planungsbeteiligten unabdingbar.

Die Gebäudeautomation soll sämtliche Anlagen in ihrer Funktionalität übersichtlich darstellen.

Die Funktionen der GA sollten möglichst einfach und transparent geplant werden. Einfache Bedienbarkeit geht vor Komplexität. Einfache Nutzerschnittstellen sind entscheidend. In vielen Fällen sind Regelungskonzepte sinnvoll, die nach Einstellungsänderungen (z.B. großen Veranstaltungen) automatisch in einen energieeffizienten Grundbetrieb zurückschalten.

4.10 Aufzüge

Bei ständiger Nutzung sind im Neubau oder Bestandssanierung getriebelose Seilaufzüge mit Frequenzumrichter (incl. Standby) einzusetzen. Eine Energierückgewinnung beim Bremsvorgang ist sehr empfehlenswert. Die Kabinenbeleuchtung (LEDs) und Kabinenlüftung sollte bei längeren Nutzungspausen automatisch ausgeschaltet werden und die Regelungs- und Leistungselektronik in einen Energiesparmodus umschalten.

Die Planung von Aufzugsschächten mit ständig offenen Be- und Entlüftungen zum Druckausgleich und zur Entrauchung muss zur Vermeidung von Wärmeverlusten vermieden werden. Bei der Anordnung von Aufzug und Treppenhaus in einem Brandabschnitt kann meist auf eine separate Entrauchung des Aufzugs verzichtet werden (Entlüftung dann im Raum/ Brandabschnitt möglich).

4.11 Qualitätssicherung, Inbetriebnahmemanagement und Monitoring

Zur Sicherstellung der anvisierten niedrigen Verbräuche nach Sanierung oder im Neubau, empfiehlt sich, den Planungs-, Bau- und Inbetriebnahmeprozess im Hinblick auf die Energieeffizienz zu begleiten. Diese Funktion kann dabei von einem spezialisierten Ingenieurbüro, von einem kompetenten Architekten, einem TGA-Planer oder von der Bauverwaltung selbst, z.B. von

einer Energiemanagementeinheit, übernommen werden.

Wichtig ist, dass die konsequente Begleitung der energetisch relevanten Gesichtspunkte über den Gesamtprozess Planung – Bau – Betrieb wahrgenommen wird. Teile davon herauszulösen bzw. nicht zu realisieren, stellt das Gesamtergebnis in Frage bzw. führt nicht zu dem erreichbaren Optimum. Diese Aufgabe kann in fünf Schritte eingeteilt werden und auch als „energetische Projektsteuerung“ bezeichnet werden:

- Zieldefinition/Konzeptentwicklung
- Planungsphase
- Bauphase
- Inbetriebnahme
- Energiemonitoring/Optimierung

Während in der Planungsphase die Planunterlagen und Leistungsbeschreibungen, incl. Funktionsbeschreibungen, GA-Pflichtenheft und Regelkonzepte mit –beschreibungen die angestrebten Qualitäten garantieren müssen, steht zum Abschluss der Baumaßnahme besonders das Inbetriebnahmemanagement im Vordergrund.

Hierbei muss sichergestellt werden, dass Funktion und Parametrierung der Anlagen den Planungen entsprechen, funktional und nutzungsgerecht sowie energieeffizient sind.

Bei größeren Baumaßnahmen sind zusätzliche Vor-Ort-Termine zur Qualitätssicherung zu empfehlen.

Im Anschluss daran sollte ein Energiemonitoring erfolgen, um die Übereinstimmung des Verbrauchs mit den Prognosewerten zu prüfen und weitere Einsparpotenziale, durch Mängelbeseitigung, und durch geeignete Optimierungsmaßnahmen zu erzielen. Diese häufig als „Leistungsphase 10“ bezeichnete Arbeitsphase, sollte zum Ende der Ausführung, spätestens mit der Inbetriebnahme beginnen und so lange in der Nutzungsphase durchgeführt werden, bis die geplanten Sollwerte erreicht werden.

Danach ist ein dauerhaftes Energiecontrolling Pflichtprogramm.

Zum Abschluss einer Baumaßnahme müssen folgende Nachweise von den Planungsverantwortlichen vorgelegt werden:

- Fachunternehmererklärungen nach EnEV / PHPP-Nachweis
- Nachweis Sommerlicher Wärmeschutz
- Protokolle von Inbetriebnahmen und Funktionsprüfungen
- Funktions- und Regelungsbeschreibungen der technischen Anlagen
- Funktionsbeschreibungen der Regelungsfunktionen und Dokumentation der Regelparameter
- Protokolle hydraulischer Abgleich
- Druckverlustberechnung
- Ergebnisse 1:1-Tests
- Abnahmeprotokolle, etc.
- Luftdichtheitsmessungen mit Leckageortung, qualifiziertem Bericht und durchgeführter Nacharbeiten
- Lüftungskonzept mit Luftmengenmessungen einzelner Räume
- Thermografieuntersuchungen.

Erarbeitet von

Eva Anlauff, Nürnberg
Ralf Bermich, Heidelberg
Gerhard Fürbaß, Chemnitz
Jürgen Görres, Stuttgart
Christian Tausch, München
Bernd Wiese, Freiburg

Weitere Exemplare und Hinweise sind erhältlich bei:

Deutscher Städtetag, Gereonstraße 18-32,
50670 Köln, Telefax: +49 221 3771-7268,
E-Mail: post@staedtetag.de oder unter
<http://www.staedtetag.de/fachinformationen/energie/061541/index.html>