



# Leitlinie

## Für nachhaltiges Bauen und Sanieren kommunaler Gebäude der Stadt Radolfzell

Datum: 11.6.2015  
Version: 1.2.3  
Inhaltliche Bearbeitung: Dipl.-Phys. Gerhard Lude, (ebök Planung und  
Entwicklung Gesellschaft mbH)  
Stadt Radolfzell, AK „Leitlinie“

# 1 Präambel

Ziel ist es die städtischen Gebäude und Liegenschaften der Stadt Radolfzell möglichst sparsam und energieeffizient, nachhaltig, adäquat der Nutzung und wirtschaftlich zu betreiben. So optimierte Gebäude sollen weitgehend CO<sub>2</sub>-neutral mit Energie versorgt werden

Auch und gerade in Bezug auf eigene Liegenschaften lässt sich dieses Ziel in den übergeordneten Aktivitäten der Stadt Radolfzell wiederfinden:

Das „**Leitbild der kommunalen Energiepolitik der Stadt Radolfzell**“ nennt als quantifizierte Zielsetzungen der kommunalen Energiepolitik u.a.:

- die Vorsorge zur Deckung des Energiebedarfs aus regenerativen Quellen,
- die Umsetzung der Ziele der EU „20-20 bis 2020“ auf kommunaler Ebene (Reduktion der Treibhausgase um 20%, Steigerung der Energieeffizienz um 20%).
- Bei Neubauten ist Passivhausstandard anzustreben, bei Sanierungen der gesamten Gebäudehülle ist ein Werte für den Wärmebedarf von 40 kWh/(m<sup>2</sup>a) anzustreben.

Radolfzell wurde im Jahr 2010 als erste Kommune im Landkreis Konstanz für ihre überdurchschnittlichen Aktivitäten in der kommunalen Energiepolitik mit dem **European Energy Award** ausgezeichnet und strebt die höchste Zertifizierungsstufe „European Energy Award Gold“ an. Wichtiger Baustein im Zertifizierungsprozess sind die Aktivitäten in eigenen Liegenschaften.

Im Jahre 2011 wurde ein **integriertes Klimaschutzkonzept (IKK)** aufgestellt. Hier wird im Kapitel der Maßnahmen für Kommunale Gebäude und Anlagen die Erstellung und Umsetzung einer Energierichtlinie für Neubau und Sanierung von Verwaltungsgebäude, die betriebliche Optimierung sowie die Weiterentwicklung des Sanierungskonzepts als Maßnahme genannt.

Der **Statusbericht des Gebäudemanagements** („Statusbericht Gebäudemanagement Stadt Radolfzell am Bodensee für die Jahre 2002 bis 2013“ ist für Bewertung und Dokumentation ebenfalls ein wichtiger fortzuführender und auszubauender Baustein.

Die vorliegende Energieleitlinie fügt sich folglich als ein wichtiger Baustein in die bereits umfassenden Klimaschutzaktivitäten der Stadt Radolfzell ein, greift die Aktivitäten in Bezug auf die eigenen Liegenschaften auf und konkretisiert deren Umsetzung.

Der erste Teil (Kap. 2 Grundsätze der Leitlinie) entspricht der Beschlussfassung des Gemeinderats. Der zweite Teil (Kap. 3 und Kap. 4) enthält Planungs-, Umsetzungs-,

Management- und Nutzungshinweise, in denen die Grundsätze vertieft und angewendet werden.

## 2 Grundsätze der Leitlinie

### 1. Gültigkeit

Die Leitlinie ist verbindlich bei allen Neubau- und Sanierungsvorhaben anzuwenden auf

- alle Gebäude und Liegenschaften im Besitz der Stadt Radolfzell,
- alle Gebäude von Eigenbetrieben der Stadt Radolfzell,
- alle Gebäude von Gesellschaften mit Mehrheitsbeteiligung der Stadt Radolfzell,
- alle Gebäude im Rahmen von PPP-Modellen (Public-Private-Partnership) mit der Stadt Radolfzell.

Sie bezieht sich auf den Energieverbrauch für die Beheizung, Warmwasserbereitung, den Wasserverbrauch und den Stromverbrauch in Zusammenhang mit der Nutzung der Gebäude.

Es besteht keine Nachrüstpflicht, vielmehr sollen die Maßnahmen zur energetischen Verbesserung im Rahmen von baulichen Maßnahmen im Sinne der Energieeinsparverordnung durchgeführt werden.

### 2. Verbindlichkeit

Beide Teile der Leitlinie (Grundsätze und Umsetzung) sind verbindlich für alle in der Planung und Ausführung Beteiligten, insbesondere

- alle Planer der Stadt Radolfzell,
- alle beauftragten Planer,
- alle beauftragte Handwerker.

Die Leitlinie ist verbindlich bei allen baulichen, strategischen und planerische Maßnahmen oder Tätigkeiten an oder in Zusammenhang mit Gebäuden, bei Neubau und Sanierungen, anzuwenden.

### 3. Energetische Standards

Die unten angegebenen Grenzwerte sind als Mindeststandards einzuhalten, der Zielwert sollte erreicht werden. Die energetische Standards müssen unter

Beachtung der technisch/wirtschaftlichen Randbedingungen (s. a. Grundsatz 4) verglichen und geprüft werden. Die Details der Berechnung enthält Kap. 4.

Ausnahmen von diesen Regelungen werden im Grundsatz 9 behandelt.

## Neubauten

Bei Neubauten gelten folgenden energetischen Standards:

Zielwert: Passivhausstandard nach Passivhausinstitut Darmstadt

Grenzwert: Primärenergiebedarf 70% des Werts nach der zum Zeitpunkt der Baueingabe gültigen Energieeinsparverordnung. Der mittlere Wärmedurchgangswert der Hüllenbauteile des Gebäudes darf 85% des Werts nach Energieeinsparverordnung nicht überschreiten. (Festlegung entsprechend dem Förderstandard Effizienzhaus 70 der KfW).

## Sanierungen

Bei Sanierungen gelten folgende energetischen Standards:

Zielwert: Bauen mit Passivhauskomponenten (EnerPHit des Passivhausinstituts Darmstadt).

Grenzwert: Primärenergiebedarf 100% des Werts nach der zum Zeitpunkt der Baueingabe gültigen Energieeinsparverordnung. Der mittlere Wärmedurchgangswert der Hüllenbauteile des Gebäudes darf 115% des Werts nach Energieeinsparverordnung nicht überschreiten. (Festlegung entsprechend dem Förderstandard Effizienzhaus 100 der KfW – EnEV Neubaustandard)

## 4. Wirtschaftlichkeitsgebot

Jede Investition im Gebäudebereich sollte auf die Grundsätze des sparsamen Umgangs mit Energie hin überprüft werden. Die diesbezüglich effizienteste und wirtschaftlichste Umsetzung ist auszuwählen. Da neben dem sparsamen Umgang mit Energie auch der sparsame Umgang mit finanziellen Mitteln notwendig ist, können die energetischen Ziele nicht „um jeden Preis“ erreicht werden. Wirtschaftliche Nachhaltigkeit kann nur durch eine Gesamtbetrachtung von Investition und Betriebskosten erreicht werden.

Der Nachweis der Wirtschaftlichkeit erfolgt unter Anwendung einer dynamischen (annuitätischen) Wirtschaftlichkeitsberechnung welche die Investitions-Kapitalbeschaffungs- und Verbrauchskosten für sowie deren Preissteigerung berücksichtigt (s. Kap. 4.4).

Bei gleichwertiger Wirtschaftlichkeit ist die energetisch und ökologisch günstigere Variante zu bevorzugen. In die Entscheidung sind Kriterien der Nachhaltigkeit und der Nutzbarkeit einzubeziehen.

## **5. Nachhaltigkeitsgebot**

Bei Neubauvorhaben und grundlegenden Sanierungen von Gebäuden gelten die Nachhaltigkeitskriterien des Landes Baden-Württemberg (Nachhaltiges Bauen in Baden-Württemberg). (s.a. Kap. 3.3)

## **6. Integrale Planung**

Die Integrale Planung von Gebäuden und Sanierungsmaßnahmen ist ein wichtiger Schlüssel zum Erfolg nachhaltigen Bauens und Sanierens. Dazu sind alle beteiligten Planer, Ingenieure, Architekten und ggf. Handwerker sowie für den Betrieb Zuständigen frühzeitig zu informieren und mit in den Planungsablauf einzubeziehen. Eine Gewerke übergreifende Vorgehensweise ist notwendig und muss in die Projektabläufe integriert werden.

Planungskonzepte sollten dem Gebäudemanagement / Hochbau vorgestellt werden.

## **7. Nutzung und Erzeugung regenerativer Energien**

Die Energieeffizienz von Gebäude wird durch einen hohen Anteil von regenerativen Energien unterstützt, daher sind bei allen Projekten vorrangig Techniken zur Minderung des fossilen Anteils der Energie- und Stromversorgung anzuwenden.

## **8. Akteursbeteiligung**

Die Nutzer sowie die Gebäudeverantwortlichen (z.B. Schulleiter, Hausmeister) der städtischen Gebäude sind – auch im Falle eines angemieteten Gebäudes – intensiv und direkt zu informieren und in die Maßnahmen einzubeziehen.

## **9. Ausnahmeregelung**

Ausnahmen von den getroffenen Grundsätzen, insbesondere den energetischen Standards, sind z.B. aus technischen, wirtschaftlichen oder denkmalpflegerischen Gründen möglich. Eine Ausnahme von den Grundsätzen und Richtlinien muss schriftlich begründet und durch das zuständige Gremium genehmigt werden.

## **10. Fortschreibung der Leitlinie**

Aus technischen und gesetzgeberischen Gründen ist die Leitlinie regelmäßig fortzuschreiben. Sie ist mindestens alle fünf Jahre durch das Klimaschutzmanage-

ment in Zusammenarbeit mit dem Gebäudemanagement / Hochbau zu überprüfen und durch das zuständige Gremium zu bestätigen.

### 3 Richtlinien und Hinweise zur Umsetzung

Die in diesem Teil genannten Richtlinien und Hinweise sind zur praktischen Umsetzung der oben genannten Ziele gedacht. Sie ist durch alle Beteiligten verbindliche anzuwenden. Dem Gebäudemanagement / Hochbau, den Gebäudeverantwortlichen sowie den Betreibern und Nutzern, Architekten und Planern sollten sie als Richtschnur einer energieeffizienten Planung dienen.

Keine Richtlinie kann jedoch auf jeden erdenklichen Einzelfall passende Antworten liefern, daher sind das technische Geschick und die Erfahrung der Beteiligten gefragt. Alle Beteiligten sind aufgefordert bei Entscheidungen im Sinne und Geist der Grundsätze zu agieren. Planungskonzepte sind zu begründet und dem Gebäudemanagement vorzustellen. Abweichende oder weitergehende Planungen müssen nachvollziehbar begründet werden.

Das Ziel der nachhaltigen und rationellen Energieverwendung muss ursächlich angegangen werden. Zunächst sind nicht-investive und gering investive Maßnahmen umzusetzen. Anschließend folgen technische Maßnahmen der Gebäudehülle und der Anlagentechnik. Ein niedriger Primärenergiebedarf und CO<sub>2</sub> Ausstoß wird durch den Einsatz von regenerativen Energien erreicht. Aber auch regenerative Energien (mit niedrigem CO<sub>2</sub> Ausstoß) müssen erzeugt und bereitgestellt werden; sie sind sparsam zu verwenden. Es im letzten Schritt folgt daher die Frage der Beschaffung. Abb. 1 zeigt die grundsätzliche Reihenfolge der Maßnahmen.

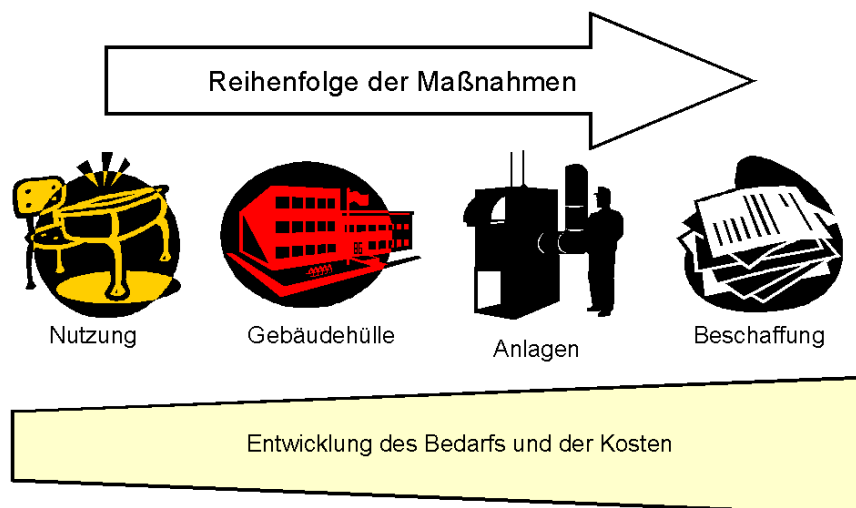


Abb. 1 Reihenfolge der Maßnahmen im Energiemanagement.

## 3.1 Aufgaben, Zuständigkeiten und Akteure

### 3.1.1 Zuständigkeiten

Für die Schulen-, Verwaltungs- und Wohngebäude der Stadt Radolfzell ist das Gebäudemanagement (Dezernat I, Zentrale Dienste) bzw. Hochbau und Vermessung (Dezernat III) zuständig.

Für die Gebäude der Eigenbetriebe der Stadt Radolfzell ist der jeweilige Betreiber zuständig.

**Hinweis:** Zur leichteren Lesbarkeit der Leitlinie werden im Folgenden das oben beschriebene Gebäudemanagement der Stadt Radolfzell sowie das Management der jeweiligen Eigenbetriebe zu dem Begriff **Betreiber** zusammengefasst.

Die Zuständigkeit betrifft alle Belange die im Zusammenhang mit dem Energieverbrauch in Gebäuden an Strom und Heizenergie stehen, insbesondere der Betrieb, die Nutzung, die Beschaffung (Geräte und Energie), die Sanierung und der Neubau.

### 3.1.2 Aufgaben des Gebäude-Betreibers

Der für das betreffende Gebäude zuständige Betreiber stellt den ressourcenschonenden und nachhaltigen Betrieb der Gebäude sicher. Dazu gehören insbesondere

- die Gebäudeüberwachung und Betriebsüberwachung,
- das Verbrauchs-Controlling und Monitoring Strom, Wärme,
- Benchmarks Verbrauch,
- Dokumentation,
- Schadensmanagement,
- (Vorausschauende) Planung Reparaturen, Sanierung, Verbesserung der energetischen Quantitäten.

Für alle Gebäude wird durch den Betreiber ein jährlicher Energie- Nutzungs- und Zustandsbericht (auch im Rahmen der eea – Zertifizierung) erstellt. Er dokumentiert den Stand der Entwicklung sowie die Fortschritte.



Der Betreiber ist auch für den regelrechten Betrieb der Anlagen zuständig. Insbesondere müssen automatische Steuer- und Regelanlagen nutzergerecht eingestellt, betrieben und betriebsfähig gehalten werden.

## 3.2 Nutzerbeteiligung, Weiterbildung

Bei den Maßnahmen zur Energieeinsparung sollten die Nutzer möglichst intensiv beteiligt werden um organisatorische (nicht-investive) Maßnahmen und technische Maßnahmen abzustimmen und auf eine breite Umsetzungsbasis zu stellen. Dazu sollten einmal jährlich alle für ein Gebäude Verantwortlichen in einem gemeinsamen Gespräch Optimierungen und Handlungsbedarf klären und Maßnahmen verbindlich vereinbaren. In Schulen sind dies z.B.

- der oder die Hausmeister,
- die Nutzer (Schulleitung, Lehrerschaft usw.),
- Gebäudewirtschaft.

Schulungen sind, soweit notwendig, intern wie extern regelmäßig durchzuführen.

Die Hausmeister müssen in Ihre Anlagentechnik eingewiesen sein. Sie melden notwendigen Weiterbildungsbedarf beim Betreiber an.

Mit Informationen und Schulungen werden die Gebäudenutzer über die Auswirkungen auf die Umwelt aufgeklärt und zu umweltbewusstem Handeln angeleitet.

## 3.3 Nachhaltigkeit

Die Nachhaltigkeitskriterien des Landes Baden-Württemberg sind, auch in Fällen in denen keine Landesförderung in Anspruch genommen wird, Grundlage der Planung und Bauausführung (s. Kompendium Nachhaltigkeit im Bauwesen Baden-Württemberg [NBBW14]). Unverzichtbar ist die frühzeitige Einbeziehung der Kriterien in den Zielfindungs- und Planungsprozess.

Gebäude, die für eine wirtschaftliche Effizienz und einen langfristigen Werterhalt stehen und durch niedrige Betriebs- und Unterhaltskosten überzeugen, sind ökonomisch gesehen erfolgreich. Sind sie zudem gesundheits- und umweltverträglich, ressourcensparend und nutzerfreundlich, so werden sie ihrer Bedeutung als nachhaltiges Gebäude gerecht. Sie stehen damit beispielhaft für eine vorausschauende und nachhaltige Entwicklung.

Tab. 1 Nachhaltigkeitskriterien und Anwendungsphasen der Nachhaltigkeitskriterien (Quelle [NBBW14]).

	Nachhaltigkeitskriterium	Planungsphasen							
		Vorphasen und Wettbewerb Grundlagenermittlung	Vorplanung	Entwurfsplanung	Genehmigungsplanung	Ausführungsplanung	Vorbereitung der Vergabe	Mitwirkung bei der Vergabe	Objektüberwachung Objektbetreuung und Dokumentation
1	Umweltwirkungen im Lebenszyklus – Ökobilanzierung								
2	Ressourcenschonung im Hinblick auf nicht erneuerbare Energie								
3	Nachhaltige Ressourcenverwendung bei Holz- und Betonbauteilen								
4	Gesundheits- und umweltverträgliche Baustoffe								
5	Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus								
6	Thermische und akustische Behaglichkeit in Innenräumen								
7	Qualität der Innenraumluft								
8	Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit								
9	Qualität der Projektvorbereitung								
10	Qualität der Bauausführung								

Die Kriterien beziehen sich nicht nur auf die Materialität des Gebäudes, dessen Lebenszyklus und den Ressourcenverbrauch bei Herstellung und Betrieb, sondern auch auf qualitätsvolle Nutzung. Zu folgenden Nachhaltigkeits-Kriterien finden sich bereits an anderer Stelle der Leitlinie ausführliche Planungshinweise:

NAKR 2 Ressourcenschonung im Hinblick auf nicht erneuerbare Energie

*Siehe Kap. 2, 3.6.11 bis 3.6.15, 3.6.17, 3.6.18, 4*

NAKR 5 Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus

*Siehe Kap. 3.4 (Teilaspekte)*

NAKR 6 Thermische und akustische Behaglichkeit in Innenräumen

*Siehe Kap. 3.6.5, 3.6.10, 3.6.21*

NAKR 7 Qualität der Innenraumluft

*Siehe Kap. 3.6.12*

NAKR 9 Qualität der Projektvorbereitung;

NAKR 10 Qualität der Bauausführung

*Siehe Kap. 3.6.2, 3.6.3, 3.6.4*

Über die Planungshinweise der vorliegenden Leitlinie sind folgende Nachhaltigkeitskriterien zu beachten:

NAKR 1 Umweltwirkungen im Lebenszyklus – Ökobilanzierung

NAKR 3 Nachhaltige Ressourcenverwendung bei Holz- und Betonbauteilen

NAKR 4 Gesundheits- und umweltverträgliche Baustoffe

NAKR 8 Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit

### **3.4 Wirtschaftlichkeit**

Eine Maßnahme ist dann als wirtschaftlich anzusehen, wenn sie innerhalb der rechnerischen Lebens- oder Nutzungsdauer geringere Gesamtkosten als eine alternative Maßnahme zeigt. Die Gesamtkosten setzen sich aus der Summe der anuitätischen Investitionskosten und den jährlichen Betriebskosten (inclusive Energiepreisssteigerung) zusammen. Bei Investitionskosten müssen die Kosten der Kapitalbeschaffung berücksichtigt werden. Unter der Maßgabe, dass es sich in der Regel um prognostizierte Kosten (Kostenschätzung) handelt, sind bei ähnlicher Wirtschaftlichkeit stets die ökologischeren Varianten zu wählen. Weiterhin empfiehlt es sich eine Sensitivitätsanalyse mit z.B. halbiertes Energiepreisssteigerung durchzuführen.

S.a. Kap. 4.

### **3.5 Betrieb der Gebäude**

#### **3.5.1 Angepasste Nutzung der Gebäude**

Die Bereitstellung von Energie muss der Nutzung angemessen sein. Dies kann durch Anpassung der Dienstleistung aber auch durch Anpassung der Nutzung geschehen. Einige Beispiele:

- Beheizung eines gesamten Schulgebäudes wg. eines Elternabends vermeiden. Besser: Elternabende bündeln, Teilbeheizung des Gebäudes.
- Bereitstellung von Warmwasser für Putzzwecke: Bedarf an Warmwasser überprüfen.
- Zusammenlegung von Klassen in teilbeheizte Bereiche bei Teilauslastung einer Schule.

Die Nutzungszeiten (Zeitpläne) werden regelmäßig mit dem Amt für Gebäudewirtschaft und dem Nutzer und Hausmeister abgestimmt.

### 3.5.2 Verhalten der Nutzer

Die Gebäudenutzer sind durch Ihr Verhalten maßgeblich am Energieverbrauch beteiligt. Daher ist deren Mitwirken im Sinne einer rationellen Energieverwendung unerlässlich. Es ist notwendig die Nutzer über die Zusammenhänge zu informieren und die Möglichkeiten einer rationellen Energieverwendung bei gleichzeitigem angepasstem Komfort und Nutzung aufzuzeigen. Die wichtigsten Stichpunkte zur Energieeinsparung betreffen

- die Verwendung von Raumthermostaten,
- die Verwendung von Zusatzheizern: elektrische Heizlüfter sind nicht erlaubt, s.a. Kap. 3.5.7,
- das Lüftungsverhalten; Stoßlüftung statt Dauerlüftung,
- den Umgang mit Geräten wie Computer, Licht, Wasserkocher usw. insbesondere im Stand-By und bei Nichtgebrauch.

### 3.5.3 Beschaffung Elektrogeräte

Bei der Beschaffung von Elektrogeräten ist die energieeffizienteste bzw. umweltverträglichste Variante zu wählen, soweit sie wirtschaftlich vertretbar ist.

Die Empfehlungen der Initiative EnergieEffizienz (z.B. Leitfaden Beschaffung von Bürogeräten) der dena (Deutsche Energie Agentur) sollten berücksichtigt werden. Eine Auswahl stromeffizienter Bürogeräten ist z.B. über die Internetplattform [www.stromeffizienz.de](http://www.stromeffizienz.de) erhältlich. Außerdem sind die Leitfäden Beschaffung ([www.itk-beschaffung.de](http://www.itk-beschaffung.de)) hilfreich.

### 3.5.4 Beschaffung Energie

Bei der Beschaffung von Energie muss ebenfalls den Zielen der Energieleitlinie Rechnung getragen werden. Bei vertretbarem wirtschaftlichem Mehraufwand sind regenerative Energieträger wie Bio-Erdgas (Biomethan), Holz oder Ökostrom einzusetzen.

### 3.5.5 Solltemperaturen in Innenräumen

#### Winterliche Innentemperaturen - Heizfall

In Arbeits-, Pausen-, Bereitschafts-, Sanitär-, Kantinen- und Erste-Hilfe-Räumen, in denen aus betriebstechnischer Sicht keine spezifischen Anforderungen an die Raumtemperatur gestellt werden, muss während der Arbeitszeit unter Berücksichtigung der Arbeitsverfahren, der körperlichen Beanspruchung der Beschäftigten und des spezifischen Nutzungszwecks des Raumes eine gesundheitlich zuträgliche Raumtemperatur bestehen [ArbStättV 2004].

Empfohlen werden die Solltemperaturen des Deutschen Städtetages (Auszug siehe Tab. 2) analog zu den Technischen Regeln Arbeitsstätten ([ASR A3.05 2010]).

Als Raumtemperatur gilt die in einer Höhe von 0,6 m über dem Fußboden gemessene Lufttemperatur. Die Toleranz beträgt +/- 1K.

Tab. 2 Solltemperaturen (Auszug für die wichtigsten Nutzungen). Quelle Dt. Städtetag [StädteTag AKE 4.2]

Nutzung	Außerhalb der Nutzung <sup>1</sup>	Bei Nutzungsbeginn	Während der Nutzung
Allgemeine Unterrichtsräume	16 °C	19°C	20°C
Büros	16°C	19°C	20°C
Sport- und Turnhallen (Schulnutzung)	13 °C	16°C	17°C

**Hinweis:** Wenn die inneren Oberflächentemperaturen der Wände und Fenster durch Energiesparmaßnahmen entsprechend angehoben werden, sind auch niedrigere Raum-Innentemperaturen komfortabel.

Raumthermostate sollte so ausgeführt werden, dass sie bei geöffnetem Fenster schließen.

#### Sommerliche Innentemperaturen – zu kühlende Räume

Nach [DIN EN 15251] ist der empfohlene Raumtemperaturbereich in Abhängigkeit von Bekleidung und Tätigkeit angegeben. So ist z.B. für sitzende Tätigkeit (geringe körperliche Aktivitäten) bei normaler (legerer) Bekleidung ein gleitender

<sup>1</sup> Eine Absenkung auf 10°C ist möglich, wenn keine Feuchteprobleme zu erwarten sind und bei Nutzungsbeginn die Temperaturen den Sollwerten bei Nutzungsbeginn entsprechen.

Temperaturbereich genannt: So ist z.B. bei 32°C Außentemperatur ein Innentemperaturbereich von 24 bis 28 °C möglich.

Die Arbeitsstättenrichtlinien ([ASR A3.05 2010]) nennen einen Bereich von 26°C bis 35°C Raumlufttemperatur bei dem organisatorische oder technische Maßnahmen getroffen werden müssen.

Zunächst müssen alle passiven Maßnahmen zur Senkung der sommerlichen Innentemperaturen getroffen werden S.a. Kap. 3.6.10.

Für abweichende Tätigkeiten und Bekleidung sollten individuelle Vereinbarungen durch den Betreiber getroffen werden.

### **3.5.6 Zähler für Wärmemenge, Strom usw.**

Um effektiv Energiemanagement betreiben zu können, muss der Verbrauch jedes Gebäudes über geeignete eigene Zähleinrichtungen für Wärme und Strom erfasst werden können.

Eine optimale Überwachung kann nur über kontinuierliche Erfassung erfolgen. Neben der regelmäßigen Kontrolle durch den Betreiber sollen die abrechnungsrelevanten Zähler wenn möglich über Ferne ausgelesen werden können.

### **3.5.7 Heizung und Wärmeverteilung**

Heizkörper dürfen nicht zugestellt werden.

Zusatzheizungen z.B. elektrische Heizlüfter dürfen nicht betrieben werden.

Sofern es keine Einzelraumregelung gibt, sollen in den Räumen ca. 50% der Thermostate als fest eingestellter Thermostat betrieben werden, damit der Nutzer keine Auskühlung von Hand einstellen kann. Diese Thermostate werden auch generell in Fluren eingesetzt.

Auch in Bestandsgebäuden sind eine Rohrnetzberechnung und ein Rohrnetzabgleich vorzusehen, damit eine wirksame Temperaturregelung der Räume gewährleistet werden kann.

Heizungspumpen sind grundsätzlich automatisch bedarfsabhängig drehzahl-geregelt vorzusehen. Es sind ausschließlich Pumpen der höchsten Effizienzklasse zu verwenden. Ungeregelte Pumpen sind zeitnah auszutauschen.

### 3.5.8 Warmwasser-Bereitung

Grundsätzlich ist der Bedarf an Warmwasser zu überprüfen und ggf. an die Nutzung anzupassen. Toiletten und WC-Räume erhalten grundsätzlich nur Kaltwasser.

Die Vorhaltung von Warmwasser (Warmwasserspeicher) insbesondere bei geringem Verbrauch ist aus Gründen der Hygiene (Legionellen Gefahr) sowie der Energieeinsparung zu vermeiden. Bei geringem Warmwasserbedarf sind dezentrale, ggf. elektrisch betriebene Warmwasserbereiter (z.B. elektronisch geregelte Durchlauferhitzer) vorzuziehen. Altanlagen sollen ersetzt werden.

Sofern zentrale Warmwasser-Bereiter eingesetzt werden, sind effiziente Speicher mit geringem Inhalt und großer Leistung vorzusehen.

### 3.5.9 Sanitäre Anlagen, Effizienter Umgang mit Wasser

Wasser ist sparsam zu verwenden. So sind alle Maßnahmen zu ergreifen, die eine Nutzung bei minimiertem Wasserverbrauch ermöglichen, z.B.

- Zapfstellen regelmäßig auf Dichtheit prüfen, Stichwort „tropfende Wasserhähne“.
- Zapfstellen auf notwendige Durchflussmenge begrenzen, z.B. 5 l/min an Handwaschbecken, 10 l/min an Duschen. Wo möglich sollten Selbstschlussarmaturen verwendet werden.
- WC-Spülkästen sollten auf eine Spülmenge von 6 l begrenzt werden und mit einer Stopptaste / reduzierter Durchfluss ausgeführt werden.
- Urinale sollten nutzerbetätigt oder automatisch bei Gebrauch, nicht zeitgesteuert gespült werden. Die Durchflussmenge ist auf das notwendige Maß zu begrenzen.
- Bei Hygienespüleinrichtungen in Trinkwassernetzen zur Vermeidung von Legionellen ist die längste zulässige Zeitvorgabe zur Durchspülung gemäß Trinkwasserverordnung einstellen.

### 3.5.10 Betrieb von Lüftungs-Anlagen

Bestehende Anlagen zur Gebäudelüftung sind entsprechend der Nutzung zu betreiben.

Alle Anlagen sind aus hygienischen und energetischen Gründen und aus Gründen des Brandschutzes in einem betriebsbereit guten Zustand zu halten. Zwingend ist der Brandschutz der jeweiligen Anlage aufrecht zu erhalten.

Sie sind nach den Anforderungen regelmäßig zu inspizieren bzw. zu warten z.B.

- sind alle System- und Anlagenkomponenten der ventilatorgestützten Lüftung, wie z. B. Wärmeübertrager, Ventilatoren und deren Zubehör auf Verschmutzung, Korrosion und Beschädigungen zu überprüfen,
- müssen Luftfilter über ihre gesamte Einsatzdauer die der Filterklasse entsprechende Abscheideleistung haben. Sie sind deshalb in Abhängigkeit von der Verschmutzung und von eventuellen Leckagen sowie bei Überschreitung des zulässigen Differenzdruckes oder bei Erreichen eines vorgegebenen Zeit-Intervalls auszutauschen bzw. zu reinigen. Beim Einsetzen neuer Filter bzw. Filtereinsätze ist auf deren luftdichten Abschluss zwischen Filterrahmen/-einsatz und Gehäusewand zu achten.

Folgenden Richtlinien enthalten relevante Hinweise: [DIN 1946-6 2009] (Wohnungslüftung) sowie [VDI 6022 1 2006], [DIN EN 15239], [VDI 2052] (Küchenlüftung) und [VDMA 24186-1].

VDI 6022 enthält in Tabelle 6 eine Checkliste für Hygienekontrollen.

Brandschutzklappen sind regelmäßig nach den Erfordernissen der [DIN EN 13306] in Verbindung mit [DIN 31051] mindestens in halbjährlichen Abstand zu überprüfen. Ergeben zwei im Abstand von 6 Monaten aufeinander folgende Prüfungen keine Funktionsmängel, so braucht die Brandschutzklappe nur in jährlichem Abstand überprüft werden (entsprechend den deutschen Zulassungen von Brandschutzklappen).

**Hinweis:** Es ist sinnvoll die Arbeiten in einem Wartungsvertrag zu vergeben. Einen guten Überblick über die Wartung und Instandhaltung von RLT-Anlagen zeigen [Trogisch 2010] und die VDMA Richtlinie [VDMA 24186-1].

### 3.5.11 Betrieb von Kühl- und Klimaanlage

Kühlgeräte dürfen nicht außerhalb des in Kap 3.5.5 Abschnitt „Sommerliche Innentemperaturen – zu kühlende Räume“ genannten Bereichs betrieben werden.

Alle Anlagen sind aus hygienischen und energetischen Gründen in einem betriebsbereit guten Zustand zu halten. Zwingend ist der Brandschutz der jeweiligen Anlage aufrecht zu erhalten.



Sie sind nach den Anforderungen regelmäßig zu inspizieren bzw. zu warten (s.a. Kap. 3.5.10). Folgenden Richtlinien sind zu beachten: [VDI 6022 1 2006], [DIN EN 15240] und [VDMA 24186-3].

VDI 6022 enthält in Tabelle 6 eine Checkliste für Hygienekontrollen.

Brandschutzklappen sind regelmäßig nach den Erfordernissen der [DIN EN 13306] in Verbindung mit [DIN 31051] mindestens in halbjährlichen Abstand zu überprüfen. Ergeben zwei im Abstand von 6 Monaten aufeinander folgende Prüfungen keine Funktionsmängel, so braucht die Brandschutzklappe nur in jährlichem Abstand überprüft werden (entsprechend den deutschen Zulassungen von Brandschutzklappen).

**Hinweis:** Es ist sinnvoll die Arbeiten in einem Wartungsvertrag zu vergeben. Einen guten Überblick über die Wartung und Instandhaltung von RLT-Anlagen zeigt [Trogisch 2010] und die VDMA-Richtlinie [VDMA 24186-3].

Vorhandene Kühl- und Klimageräte sollten über eigene Erfassung der Betriebsparameter (Laststunden, Energieverbrauch) verfügen. Es ist eine monatliche Erfassung ist vorzusehen.

### 3.5.12 Belichtung und Beleuchtung

s.a. Kap. 3.6.16

## 3.6 Planungshinweise

### 3.6.1 Vor der Planung

Vor jeder Neubaumaßnahme sollte eine intensive Bedarfsermittlung erfolgen. Es sollte überprüft werden, ob sich der Bedarf an Nutzflächen im Bestand umsetzen lässt. Die Entscheidung für einen Neubau sollte nur getroffen werden, wenn eine Umsetzung im Bestand nicht oder nicht wirtschaftliche erfolgen kann.

Bei Sanierungen sollten Sanierungspakete insbesondere bei zusammenhängenden Gewerken der Gebäudehülle angegangen werden. Teilsanierungen, Beispielsweise nur die Sanierung einzelner Fassaden sollten vermieden werden. Ebenso sollte z.B.

Fenstertausch und Fassade gleichermaßen geplant werden, da nur so die Anschlüsse der Bauteile dauerhaft und in guter wärmetechnischer Qualität gewährleistet werden kann.

### 3.6.2 Planungsprozess

Wirtschaftliches Bauen wird durch eine sorgfältig abgestimmte Planung erreicht. Die Leistungsphasen der HOAI definieren hierzu einen Ablauf mit einem durchgängigen Planungs- und Ausführungsprozess, welcher Voraussetzung für eine hohe Ausführungsqualität nach dem Stand der Technik ist. Daher sollten alle Leistungsphasen unter Beteiligung der relevanten Fachplaner beauftragt werden.

Bereits zur Vorplanung sollte das vollständige Planungsteam bestehend aus Bauherrenvertretung, (nach Möglichkeit) Vertreter der späteren Gebäudenutzung, Architekt und Fachplaner sowie Vertretern der beteiligten Ämter, Fachstellen und Gebäudebetreiber in einem gemeinsamen Auftaktermin zusammentreten.

Durch regelmäßige Treffen, intensiven Austausch zwischen den Gewerken und dem Grundsatz „Planen vor Bauen“ soll ein möglichst linearer Planungsprozess erreicht werden. Die Schritte sind im Einzelnen:

- Ermittlung der Planungsziele, Anforderungen, Raumbuch ggf. Durchführung eines Architektenwettbewerbs,
- Aufstellung Planungsteam,
- Gemeinsame Jour-Fix, Abstimmung der Planung,
- Dokumentation und Fortschreibung des Planungsstandes,
- Gemeinsame Planungs- und Austauschplattformen (z.B. über Internet),
- Bauüberwachung,
- Weitgehende Dokumentation (Revisionsunterlagen). Abnahme nur bei vollständiger Leistung,
- Review im Betrieb (s.u.).

### 3.6.3 Bauabnahme, Dokumentation, Einweisung,

Zur Bauabnahme der Gebäudehülle inkl. durchdringender Medien ist bei Neubau- maßnahmen ein Drucktest erforderlich. Der Zeitpunkt des Drucktests sollte so gewählt werden, dass Nachbesserungen nach Leckage-Suche noch möglich sind. Das Ergebnis ist zu dokumentieren.

In Klassenräumen ist eine exemplarische raumakustische Messung zur Beurteilung der Raumakustik empfehlenswert.

Wichtiger Teil der Bauüberwachung ist die baurechtliche Abnahme der Gewerke, wobei die vollständigen Dokumentationen (Revisionsunterlagen) bei der Abnahme vorliegen müssen.

Die Dokumentation der Anlagen und Gebäude muss Revisionspläne enthalten. Alle relevanten Einstellparameter der Anlagen müssen zu ersehen sein. Für alle relevanten Anlagen z.B. RLT – Anlagen muss ein Wartungsplan enthalten sein.

Die Nutzer des Gebäudes und insbesondere die Hausmeister müssen in die Anlagen eingewiesen werden. Bei komplexeren Anlagen kann es hierfür erforderlich sein, Schulungen durchzuführen.

### **3.6.4 Review im Betrieb**

Während einer zweijährigen Betriebsphase sollte eine Review durchgeführt werden. Hierzu sollten Nutzer zeitnah dem Betreiber Rückmeldung über Betriebsprobleme geben. Dies kann z.B. durch Rückmeldebögen erfolgen. Probleme sollten zeitnah behoben, Ergebnisse kommuniziert werden. Ziel ist es, dass die Nutzer und das Betriebspersonal mit ihrem Gebäude zufrieden sind.

Die Verbräuche des Gebäudes sowie die Verbräuche von Großverbrauchern sind mit den Vorhersagen der Planung zu vergleichen und zu bewerten. Bei Abweichungen von mehr als 10% zum Ungünstigen sollte eine Erklärung durch den Betreiber erfolgen.

### **3.6.5 Nutzungsqualitäten**

Die Nutzungsqualität eines Gebäudes wird maßgeblich von der winterlichen und sommerlichen thermischen Behaglichkeit, dem sommerlichen Wärmeschutz, der Tageslichtanbindung, Blendfreiheit, der Raumakustik und der Verfügbarkeit von frischer Luft in den Nutzungsräumen bestimmt. Daher sind zu diesen Themen Planungshinweise in den folgenden Kapiteln aufgeführt. Die Nutzungsqualitäten sollten auch unter Berücksichtigung des Standorts des Gebäudes, z.B. wenn an einer vielbefahrenen Straße Fenster aus Gründen des Schallschutzes nur bedingt geöffnet werden können, erhalten bleiben.

### 3.6.6 Kompaktheit

Kompakte Gebäude (mit kleinem Außenflächen / Volumen – Verhältnis A/V) benötigen bei gleichem Dämmstandard tatsächlich weniger Energie, da die Gebäudeoberfläche (Transmissionsfläche) im Verhältnis kleiner ist als bei weniger kompakten Gebäuden. Das Verfahren der Energieeinsparverordnung bringt hier mit Verweis auf das Referenzgebäude (in gleicher Kubatur wie das Nachweisgebäude) leider keine Optimierungsanreize.

### 3.6.7 Bauliche Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Schwachstellen in der Gebäudehülle (architektonische Definition).<sup>2</sup>

Bei zunehmend verbesserter Gebäudehülle fällt der Einfluss der Wärmebrücken verstärkt ins Gewicht. Bei Neubauten ist daher Wärmebrückenfreiheit (entsprechend einer Wärmebrückenbilanz von Null) anzustreben. Bei Sanierungen muss verstärktes Augenmerk auf Wärmebrücken gelegt werden: Wärmebrücken sind zu vermeiden oder nach dem Stand der Technik auszuführen. Für Fragen der Wärmebrückenfreiheit ist ein Bauphysiker hinzuzuziehen.

### 3.6.8 Luftdichtheit

Neubauten sind so auszuführen, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig entsprechend den anerkannten Regeln der Technik abgedichtet ist. Bei Sanierungen von Außenbauteilen ist die Neubauvorschrift sinngemäß auf die sanierten Bauteile anzuwenden, so sind z.B. Fenster entsprechend den Regeln der Technik luftdicht einzubauen.

Die Luftdichtheit ist durch einen Drucktest nach (EnEV lt. Verfahren der DIN EN 13829) nachzuweisen.

---

<sup>2</sup> Die bauphysikalisch korrekte Definition spricht von Abweichungen vom flächigen Wärmestrom an Wärmebrücken. Der kennzeichnende Wärmestromkoeffizient kann auch kleiner als der bilanzierte Wärmestrom der ebenen Gebäudefläche sein, z.B. an Gebäudekanten (d.h. der lineare Wärmestromkoeffizient wird negativ). Von Wärmebrückenfreiheit spricht man folglich, wenn die Gesamtbilanz der linearen Wärmeströme an Wärmebrücken über das Gebäude nahe Null ist.

Tab. 3 Grenzwerte und Zielwerte für Luftdichtigkeit (Drucktestergebnis, Leckagerate  $n_{50}$  nach DIN EN 13829)

Gebäude	Grenzwert nach EnEV	Grenzwert	Zielwert
ohne RLT-Anlagen	3,0 1/h		1,5 1/h
mit RLT-Anlagen	1,5 1/h		1,0 1/h
Passivhäuser (mit RLT-Anlagen)		0,6 1/h	< 0,5 1/h

### 3.6.9 Fenster und Fassade

Der Einsatz von Dreischeiben – Wärmeschutzverglasungen mit einem Verglasungs-Leitwert von  $U_w$  günstiger als  $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ist gegenüber der Standard Zweischeiben-Verglasung wirtschaftlich möglich. Daher sollte ausschließlich dieser Verglasungstyp oder eine gleichwertige Konstruktion zum Einsatz kommen. Abweichungen aus technischen Gründen sind möglich. Im Bereich der Rahmen sollten nur Konstruktionen zum Einsatz kommen, deren Wärmedurchgangs-Leitwert Rahmen ( $U_f$  – Wert) günstiger als  $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ist. Der Randverbund sollte ein Typ „Warme Kante“ (Kunststoffrandverbund entsprechend DIN [DIN 4108-2:2013]) verwendet werden

Die genannten Werte sind Mindeststandards (im Jahr 2015), welche ggf. entsprechend des technischen Fortschritts fortgeschrieben und neu interpretiert werden müssen.

### 3.6.10 Sommerlicher Wärmeschutz

Sommerlicher Wärmeschutz bedeutet, ein Gebäude auch unter sommerlichen Außentemperaturen der Nutzung gemäß zu gestalten, so dass die sommerlichen Innentemperaturen begrenzt bleiben. Als Richtwert gilt hierzu eine Überschreitungshäufigkeit von 10%, besser 5% der Nutzungszeit über dem Maximalwert der Innentemperatur von  $26^\circ\text{C}$ . Weniger anschaulich sind die nach DIN [DIN 4108-2:2013] geforderten Übertemperaturgradstunden (nach Tab. 9 z.B. für Nichtwohngebäude  $500 \text{ Kh/a}$ ). Die geforderten Werte sind einzuhalten.

Folgende Gestaltungshinweise sind zu beachten:

- Fensterflächen sollten den Räumen und der Nutzung angepasst sein. Hierzu gibt es zwar keine verbindlich anzuwendenden Maximalwerte für das Verhältnis Fenster- zu Nutzfläche, Es ist jedoch bekannt, dass Ganzglasfassaden in Nutz- oder Verkehrsbereichen oft zu Überhitzung führen.
- Ost- West- und Südorientierte Fensterflächen sind mit einer wirksamen beweglichen Sonnenschutzvorrichtung zu versehen. Ggf. kann Sonnenschutz auch an Nordorientierten Fensterflächen notwendig werden. Als wirksam kann eine Verschattungseinrichtung mit einem verbleibenden Durchlassgrad  $F_c$  von 0,3 oder günstiger angesehen werden (DIN 4108-2).
- Innere Lasten sind zu minimieren. Durch sparsame Elektrogeräte und Beleuchtung lassen sich die inneren Wärmelasten vermindern ggf. vermeiden. Wie auch beim Sonnenschutz gilt: Die Wärme, die nicht im Raum wirksam wird, muss auch nicht ausgekühlt werden.
- Es sind Wärmespeichermöglichkeiten vorzusehen. Wände, Böden und vor allem Decken sind wirksame Wärmespeicher, die zu ausgeglichenen Innenraumtemperaturen beitragen können. Sie sollten daher nach Möglichkeit nicht durch abgehängte Installationsdecken, Akustik-Paneele und dgl. vom Innenraum abgekoppelt werden. Da insbesondere in Schulen eine angenehme Akustik notwendig ist, ist hier auf sorgfältige Planung besonderen Wert zu legen.
- Es ist eine Möglichkeit zur Nachtlüftung vorzusehen. Durch intensives Lüften während der kühlen Nachtstunden kann die in der Bausubstanz abgespeicherte Wärme passiv abgeführt werden. Neben der aktiven Kühlung ist das in der Regel die einzige Möglichkeit Energieeinträge im Sommer abzuführen und damit einer Aufheizung entgegenzuwirken. Für eine wirksame Nachtlüftung ist eine gute Abstimmung zwischen Speicherfähigkeit und Lüftung sowie eine wirksame Anströmung der wärmespeichernden Bauteile bei hohen Luftwechseln (mindestens 2 1/h besser 5 bis 10 1/h) notwendig. Nachtlüftung kann mechanisch durch eine Lüftungsanlage oder durch Fenster und Klappen (Querlüftung, Überströmen durch Türen, Schachtlüftung) geschehen.
- Hausmeister einbinden. Die Nachtlüftung kann an heißen Sommertagen auch der Hausmeister vornehmen, wenn sehr früh morgens gelüftet wird.

Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes ist nur in eindeutigen Fällen nach dem vereinfachten Verfahren [DIN 4108-2:2013], sonst nach dem Stand der Technik (weitergehende ingenieurmäßige Verfahren, dynamische Simulation) zu erbringen.

Neben den in der Norm genannten Einschränkungen sind kritische Fälle Räume mit hohem Fensterflächenanteil an der Fassade (>80%) nach Ost/West, nach Süd sowie generell Räume mit Überkopfverglasungen.

### **3.6.11 Heizung, Warmwasserbereitung, Verteilung**

Anlagen zur Trink-Warmwasserbereitung müssen zwingend den hygienischen Anforderungen entsprechen. Diese Anforderung steht oft im Widerspruch zu einem sparsamen Umgang mit Energie und Wasser. Folgende Planungshinweise stellen Lösungsmöglichkeiten für eine gleichermaßen sparsame und hygienisch verträgliche Warmwasserbereitung dar:

- Anlagen zur Warmwasserbereitung müssen für ein realistisches (d.h. nicht überdimensioniertes) Nachfrageprofil ausgelegt sein. Insbesondere sollte überprüft werden, ob ein Bedarf an Putz-Warmwasser besteht.
- Trink-Warmwasserspeicher sollten nach Möglichkeit nicht verwendet werden, stattdessen sollte die Warmwasserbereitung im Durchflussverfahren (Frischwasserstation) möglichst nahe an der Verbrauchsstelle erfolgen.
- Bei geringem Verbrauch und/oder langer Zirkulationsleitung sollten elektronisch geregelte Durchlauferhitzer eingesetzt werden, die trotz der Verwendung von Strom als Energieträger energieeffizient arbeiten. Da kein Warmwasser vorgehalten werden muss, hat dies sowohl hygienische als auch energetische Vorteile.
- Zirkulationsleitungen sollten mit thermischen Zirkulationsventilen und geregelten Pumpen ausgestattet werden.

### **3.6.12 Planung von Sanitären Anlagen**

Es sind alle Maßnahmen zur Einsparung von Wasser im Sanitärbereich zu ergreifen, die technisch/wirtschaftlich und hygienisch vertretbar sind, siehe Kap. 3.5.9.

### **3.6.13 Lüftung von Aufenthaltsräumen**

Der Luftwechsel in Gebäuden hat nicht nur Einfluss auf die Raumlufthqualität, sondern wirkt sich auch auf den Energiebedarf des Gebäudes aus. Mit zunehmender Wärmedämmung der Gebäudehülle nimmt die Bedeutung der Lüftungswärmeverluste zu, insbesondere wenn – wie in Schulgebäuden – aus

hygienischen Gründen ein relativ hoher Luftwechsel erforderlich ist. Beim Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung besteht die Möglichkeit, Lüftungswärmeverluste auch unter Einhaltung einer hygienisch sinnvollen Raumlufthqualität zu minimieren.

Aus Gründen des Raumkomforts ist die mechanische Lüftung von Aufenthaltsräumen (Wohnungen, Büros, Schulräume) wünschenswert. Der Stand der Technik sieht für Wohnungen und vergleichbar genutzte Räume eine nutzerunabhängige Lüftung zum Feuchteschutz vor.

In allen Aufenthaltsräumen sind die nach geltenden Richtlinien vorgesehenen offenbaren Fensterflächen vorzusehen (z.B. [ASR A3.6 2012], [Schulbau BaWü2012]<sup>3</sup>); die Kombination offener Fenster und RLT ermöglicht häufig eine Reduktion von lüftungstechnischem Installationsaufwand. Gegebenenfalls kann aufgrund offener Fenster die Betriebszeit der Lüftungstechnik auf Nutzungszeiten während der Heizperiode begrenzt werden.

In der Übergangsjahreszeit und im Sommer wirkt Fensterlüftung durch die Nutzer einer Überwärmung entgegen.

Öffene Fenster sind nicht zuletzt psychologisch wichtige Verbindungen zur Außenwelt.

### 3.6.14 Planung von Lüftungsanlagen<sup>4</sup>

Die Auslegung einer Lüftungsanlage in Aufenthaltsräumen soll entsprechend der Anforderungen des hygienisch notwendigen Luftwechsels während der Heizperiode erfolgen. Dafür ist eine Dimensionierung beispielsweise entsprechend des CO<sub>2</sub>-Kriteriums auf die geringste Raumlufthqualitätsstufe IDA4 nach [DIN EN 13779] vorzunehmen; dies erfordert einen Zuluftvolumenstrom von 20 m<sup>3</sup>/h je Person. Größere Luftmengen zur Abfuhr erhöhter Feuchte- und Wärmelasten außerhalb der Heizperiode können energetisch günstiger über ergänzende Fensterlüftung realisiert werden.

Lüftungsanlagen sollten generell eine Wärmerückgewinnung besitzen und einen Wärmebereitstellungsgrad für trockene Luft von mindestens 75% für

<sup>3</sup> Die Überarbeitung der Allgemeinen Schulbauempfehlungen, der Förderrichtlinien und des Musterraumprogramms des Landes Baden Württemberg soll im Jahr 2015 abgeschlossen sein. Die Gutachter empfehlen, die Überarbeitung auf der Basis der hier formulierten Prinzipien vorzunehmen.

<sup>4</sup> Zur Abgrenzung von Raumlufthtechnischen Anlagen (RLT-Anlagen): Lüftungsanlagen fördern und beheizen Luft (1-2 Parameter). Kühlanlage fördern, beheizen und kühlen Luft (3 Parameter). Klimaanlage fördert, beheizen, kühlen, be- oder entfeuchten Luft (bis zu 5 Parameter).



Kompaktanlagen, 70% für Modulanlagen aufweisen. Es ist ein Zielwert von 90% für Kompaktanlagen und 80% für Modulanlagen anzustreben.

Die Anlagen sollten gemäß [DIN EN 13779] in der Effizienzklasse SFP 1 oder SFP 2 ausgeführt werden. Der Druckverlust des Kanalnetzes sollte nach Tab. A4 und A5 normal bis niedrig erreichen. Die spezifische Leistungsaufnahme der Anlage sollte dann bei reiner Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung höchstens 0,45 W je m<sup>3</sup> geförderte Luft und Stunde erreichen.

Es sollte planerisch beachtet werden, dass der anlagentechnisch notwendige Frostschutz des Plattenwärmetauschers maßgebliche Auswirkungen auf die erforderliche Leistung des Heizsystems bei Frosttemperaturen hat.

Die Zuluft Temperatur in Aufenthaltsbereichen sollte mindestens 18 °C betragen.

Die Steuerung erfolgt in der Regel (nach IDA-C3 der DIN 13799) zeitgesteuert oder besser. Eine bedarfsgesteuerte manuelle Steuerung in Abhängigkeit von der Anwesenheit von Personen (IDA-C4) ist sinnvoll.

Umluft-Anlagen zur Beheizung sind zu vermeiden. Altanlagen sollten ersetzt werden.

Anlagen, die nicht mehr auf dem Stand der Technik betrieben oder entsprechend ertüchtigt werden können, sind stillzulegen oder auszutauschen.

### 3.6.15 Kühlung, Gebäudekühlung

Eine maschinelle Gebäudekühlung oder -klimatisierung durch Kompressor-Kältemaschinen ist zu vermeiden.

Zunächst müssen alle baulichen und passiven Maßnahmen ausgeschöpft werden (s.a. Kap. 3.6.8).

- Bei Neubau: Anpassung der Fensterflächen an die vertretbaren sommerlichen Solarlasten.
- Wirksame außenliegende Sonnenschutzeinrichtungen.
- Minimierung innerer Wärmequellen.
- Wirksame Nachtlüftung mit ausreichenden Speichermassen.

Als weiterer Schritt ist der Einsatz passiver (regenerativer) Kühlmaßnahmen zu prüfen und wenn möglich und sinnvoll anzuwenden.

- Einsatz adiabater Kühlung.
- Vorkühlung von Außenluft durch das Erdreich erzielen, z.B. mittels Sole-Luft-Wärmetauscher.

- Kühlung über thermische Bauteilaktivierung in Verbindung mit Erdkühle.

In thermisch hoch belasteten Zonen wie Serverräumen sind zunächst energiesparende Konzepte anzuwenden. Hierzu zählen die direkte Abfuhr der Wärmelasten von Serverracks per Luftstrom nach außen oder in den Abluftstrang der Gebäude-Lüftungstechnik. Falls gekühlte Zuluft benötigt wird, sollte sie bevorzugt direkt in die Serverschränke geleitet werden anstatt den gesamten Raum zu kühlen. Zur Kühlung ausreichende Lufttemperaturen stehen über sehr lange Zeiträume im Jahr in der Außenluft zur Verfügung, daher kann durch reine Lüftung die Laufzeiten von Kälteaggregaten stark verringert werden.

Sind alle Maßnahmen ausgeschöpft, so ist der verbleibende Bedarf der Kühllast qualifiziert nachzuweisen, z.B. durch eine Kühllastberechnung nach [VDI 2078 2012] oder eine Gebäudesimulation. Kühlanlagen sind möglichst effizient auszuführen. Zum Stand 2015 gilt: Bei Klimageräten bis 12 kW müssen der EER Effizienzklasse A ( $EER > 3,2$ ) entsprechen. Bei Kaltwassersätzen die einen hohen Teillastanteil ausweisen, wird zur Bewertung der Wert ESEER herangezogen. Dazu ist ein Lastprofil zu erstellen. Der Planer hat die Effizienz der geplanten Anlage unter den anvisierten Nutzungsbedingungen nachzuweisen.

Anlagen, die nicht mehr im Bereich des Stands der Technik betrieben oder ertüchtigt werden können, müssen stillgelegt werden. Selbstverständlich sind die Vorschriften zur Verwendung von Kühlmitteln einzuhalten.

### 3.6.16 Licht, Beleuchtung

Es ist anzustreben, dass Nutzräume eine hohe Tageslichtnutzung aufweisen. Dazu sind Fensterflächen angemessen zu planen und Verschattungseinrichtungen variabel vorzusehen.

Die Beleuchtung ist bedarfsgerecht zu konzipieren. Bei der Ausstattung der Räume ist darauf zu achten, dass die Nenn-Beleuchtungsstärken der betreffenden Räume nach [DIN EN 12464 2011] eingehalten aber nicht überschritten werden<sup>5</sup>

Automatische Regelungen müssen sich nach Anwesenheit richten. Erreicht wird dies z.B. durch

- abdimmbare Leuchten nach Sollwerten,
- Gruppenschaltungen,
- Installation von Kontrollleuchten (zentral oder z.B. vor dem Klassenzimmer)

<sup>5</sup> S.a. Deutscher Städtetag. Arbeitskreis Energieeinsparung [StädteTag AKE 4.2]

- Anwesenheitsmeldern z.B. in Fluren, Toiletten, Schulräumen
- Bewegungsmeldern z.B. in Außenbereichen
- Zeitrelais in Treppenhäusern.

Beleuchtungseinrichtungen sind entsprechend der Nutzung in der höchsten verfügbaren Effizienzklasse nach den Maßgaben der Wirtschaftlichkeit zu planen.

### 3.6.17 Stromerzeugung durch PV und BHKW

Der Einsatz von Photovoltaik und Solarthermie ist im Neubau und bei Sanierungen immer zu prüfen und darzustellen. Die Varianten müssen über eine Kostennutzen-Rechnung gegenüber gestellt werden (z.B. aufgeständerte Module auf Gründach, integrierte Dünnschichtzelle als Teil der Dachhaut).

Es gilt auch einen nachträglichen Einsatz technisch möglich zu machen.

Sinngemäß gilt dieser Abschnitt auch für Zukunftstechnologien, die auf voll regenerative Energiebereitstellung basieren.

Der Einsatz von Techniken zur lokalen Stromerzeugung in Verbindung mit Wärmenutzung (BHKW, KWK) sollte immer geprüft werden. Wenn wirtschaftlich darstellbar, sollte dieser Versorgungsart Vorrang gewährt werden (s.a. Kap. 3.6.18).

### 3.6.18 Regenerative Energien

Der Einsatz von Energie – auch regenerativer Energie – sollte sparsam erfolgen, daher sind zunächst die Maßnahmen der Energieeinsparung auszureizen (s.o.).

Regenerativen Energien sollten bei der Wärmeversorgung bevorzugt vor nicht-regenerativen Energien eingesetzt werden. Energieträger, auch regenerativ erzeugte (Ökostrom), die einen hohen Exergieanteil<sup>6</sup> haben sollten nicht zur Beheizung oder Warmwasserbereitung eingesetzt werden (Ausnahme siehe z.B. 3.5.8). Für einen konzeptionellen Vergleich kommen z.B. folgende Versorgungsarten in Frage:

- Fernwärme aus regenerativen Energien und/oder Kraft-Wärmekopplung (Wärmeverbund mit ggf. mehreren Zentralen),
- Nahwärme aus regenerativen Energien und/oder Kraft-Wärmekopplung (Blockzentralen, Versorgung weniger Gebäude aus einer Zentrale),

<sup>6</sup> Die Exergie bezeichnet den Teil der Energie, der in der Lage ist Arbeit zu leisten, im Gegensatz zur Anergie die den reinen Anteil innerer Energie darstellt. Energie = Exergie + Anergie. Beispiel: Exergieanteil von Strom = 1.

- Holzhackschnitzel und Holzpellettheizung,
- Dezentrales Blockheizkraftwerk, KWK,
- Wärmepumpe mit Wärmequelle oberflächennahe Geothermie, Abwasserwärme oder Fortluft (Passivhaus).

### 3.6.19 Gebäudeleittechnik

Größere Liegenschaften oder Gebäude sollten, wenn sinnvoll, mit einer zentralen Gebäude-Leittechnik (GLT) versehen werden.

Wenn GLT vorgesehen wird, sind alle betreffenden Gewerke so zu planen, dass die Aufschaltung auf eine gemeinsame Gebäude-Leittechnik ermöglicht wird, mindestens sollten von der GLT jedoch Heizkreise, Lüftungen und relevante Großverbraucher geregelt und überwacht werden.

Es ist eine Schnittstelle für das Energie Monitoring je Gebäude und ggf. eine Fernauslesung vorzusetzen.

Die Ausführung der GLT beinhaltet auch eine ausreichende Dokumentation. Vor Ort ist wenigstens eine Person mit der Bedienung / Überwachung einzuarbeiten.

Klassenzimmer erhalten eine Einzelraumregelung, die über Taster (Anforderung Heizung), Raumtemperaturfühler und Zonenventile verfügt.

Für durchgehender Belegung und Nutzung müssen ausreichend Raumfühler zur optimalen Regelung vorgesehen werden (je Heizkreis wenigstens 2 Referenzfühler je Etage).

### 3.6.20 Nutzereingriffe

Es trägt zum Komfort und dem Wohlbefinden der Nutzer bei, wenn die Parameter des Raumklimas (z.B. Temperatur, Lüftung, Sonnenschutz) in Grenzen selbst gesteuert und beeinflusst werden können.

### 3.6.21 Raumakustik

Die Hörsamkeit in Räumen ist überwiegend von der Nachhallzeit des Raumes abhängig. Sollwerte der Nachhallzeit sind in der [DIN 18041] für verschiedene Nutzungsarten (Musik, Sprache, Unterricht und Sport) abhängig von der Raumgröße angegeben. Für eine gute Verständlichkeit, gerade auch für Menschen mit eingeschränktem Hörvermögen, ist eine kurze Nachhallzeit notwendig.

Die Vorgaben der DIN 18041, z.B. Nachhallzeit kleiner als 0,5 s bei einem Raumvolumen von 100 m<sup>3</sup> in Unterrichtsräumen sind einzuhalten.

Es ist darauf zu achten, dass im Raum ausreichend (äquivalente) Absorptionsflächen vorhanden sind. Ausstattungsmerkmale wie z.B. Teppichböden oder Vorhänge bieten Möglichkeiten der Dämpfung, weitere Möglichkeiten können z.B. in Form einer abgehängten Decke mit Lochung und ggfs. Dämpfung im Raum geplant werden. Bei Maßnahmen an Decken und Wänden ist allerdings die Abkopplung der thermischen Speichermasse (s. Kap. 3.6.10 Nachtlüftung) zu beachten. Zur nachträglichen Korrektur der Nachhallzeit können z.B. Schaumstoff- oder Folienabsorber im Raum angebracht werden oder beispielsweise Schranktüren mit Mikrolochung eingesetzt werden.

## 4 Berechnungsverfahren

### 4.1 EnEV Bauteilverfahren

#### Nur Sanierung

Bei Anwendung des Bauteilverfahrens ist die zum Zeitpunkt der Planung gültige EnEV maßgeblich.

Kann eine Sanierung nach Bauteilverfahren der EnEV nachgewiesen werden, so gelten als Höchstwerte der Wärmedurchgangswerte der Bauteile die um 29 % verminderten Grenzwerte der aktuellen Verordnung bzw. die Mindestwerte Effizienzhaus nach Vorgaben der KfW-Bank.<sup>7</sup>

Im Übrigen gelten die Rechenvorschriften der Energieeinsparverordnung sowie der KfW zum Nachweis des Effizienzhausstandards.

### 4.2 EnEV Nachweisverfahren

Im Falle eines Neubaus oder einer umfassenden Sanierung der Gebäudehülle muss der rechnerische Nachweis nach Energieeinsparverordnung erbracht werden.

<sup>7</sup>  $1 - 0,29 = 0,71 = 100\%/140\%$  Das entspricht dem Neubaustandard in der Sanierung bezogen auf die Bauteilanforderungen. Die Forderung ist äquivalent zur Anforderung an eine Sanierung im rechnerischen Nachweis EffH85 (s.u.)

Folgende Verfahren sind anzuwenden:

### **Neubau**

Es gelten folgende Grenzwerte entsprechend den Festsetzungen Effizienzhaus 70 der KfW (EffH70)

- Primärenergiekennwert  $Q_p$  70% des Referenzwerts  $Q_{p,REF}$
- Transmissionswärmeverlust  $H'_T$  85% des Referenzwerts  $H'_{T,REF}$

Der Jahres-Primärenergiebedarf ( $Q_p$ ) und der auf die Wärme übertragende Umfassungsfläche des Gebäudes bezogene Transmissionswärmeverlust ( $H'_T$ ) des Neubaus sind auf Grundlage der zum Zeitpunkt des Bauantrags gültigen Energieeinsparverordnung zu berechnen. Im Übrigen gelten die Rechenvorschriften der Energieeinsparverordnung sowie der KfW zum Nachweis des Effizienzhausstandards.

### **Sanierung**

Es gelten folgende Grenzwerte entsprechend den Festsetzungen Effizienzhaus 100 der KfW (EffH100)

- Primärenergiekennwert  $Q_p$  100% des Referenzwerts  $Q_{p,REF}$
- Transmissionswärmeverlust  $H'_T$  115% des Referenzwerts  $H'_{T,REF}$

Der Jahres-Primärenergiebedarf ( $Q_p$ ) und der auf die Wärme übertragende Umfassungsfläche des Gebäudes bezogene Transmissionswärmeverlust ( $H'_T$ ) des Sanierungsgebäudes sind auf der Grundlage der geplanten Maßnahmen nach der zum Zeitpunkt des Bauantrags gültigen Energieeinsparverordnung zu berechnen. Im Übrigen gelten die Rechenvorschriften der Energieeinsparverordnung sowie der KfW zum Nachweis des Effizienzhausstandards.

## 4.3 Passivhaus

Es gelten folgende Zielwerte und Berechnungsverfahren.

### Neubau

Der Passivhausstandard wird nach Passivhaus-Projektierungspaket Passivhausinstitut Darmstadt in der zur Planung vorliegenden Fassung nachgewiesen.

### Sanieren mit Passivhauskomponenten

Kann im Falle einer Sanierung der rechnerische Nachweis Passivhaus nicht erbracht werden, so ist ein vereinfachter Nachweis (Bauteilverfahren) EnerPHit nach dem Verfahren des Passivhausinstituts Darmstadt möglich.

## 4.4 Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werde unter Berücksichtigung von Kosten der Investition, Verbrauchs- und Betriebskosten nach den einschlägigen Normen ([VDI 2067-1 2012], bzw. [DIN EN 15459]) berechnet. Zugrunde gelegt werden sollen Preissteigerungsraten die dem Mittel der letzten 10 Jahre entsprechen (Preissteigerungsindex DESTATIS) sowie aktuell verfügbare Zinskonditionen.

Hilfsweise kann mit den im jeweils aktuellen Nachhaltigkeitskriterium 5 (NAKR 5 Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus) genannten Berechnungsfaktoren gerechnet werden

Für 2014 werden folgende Faktoren genannt:

Preissteigerung für Bau- und Dienstleistungen	2% p.a.
Preissteigerung für Energie	4% p.a.
Kosten der Kapitalbeschaffung (öffentl. Bauherren)	3% p.a.

## 5 Literatur und Quellen

- [ArbStättV 2004] Verordnung über Arbeitsstätten. 12. Aug 2004. BGBl I 2004, 2179.
- [ASR A3.04 2014] Technische Regeln für Arbeitsstätten. Beleuchtung ASR A3.4. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. April 2014.
- [ASR A3.05 2010] Technische Regeln für Arbeitsstätten. Raumtemperatur ASR A3.5. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Juni 2010
- [ASR A3.6 2012] Technische Regeln für Arbeitsstätten. Lüftung. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Jan 2012.
- [DIN 18041] Hörsamkeit in Räumen - Vorgaben und Hinweise für die Planung. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth, 2015-2.
- [DIN 1946-6 2009] Raumluftechnik. Teil 6: Lüftung von Wohnungen. Hrsg. Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, 2009-5.
- [DIN 31051] Grundlagen der Instandhaltung. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, 2012-09
- [DIN 4108-2:2013] Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden. Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, Feb. 2013
- [DIN EN 12464 2011] Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen; Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, 2011-08
- [DIN EN 13306] Instandhaltung - Begriffe der Instandhaltung. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, 2010-12



- [DIN EN 13779] Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, Sep. 2007
- [DIN EN 13829] Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, Feb. 2001
- [DIN EN 15239] Lüftung von Gebäuden – Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen; Hrsg. Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, 2007-08.
- [DIN EN 15240] Lüftung von Gebäuden –Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden –Leitlinien für die Inspektion von Klimaanlageanlagen; Hrsg. Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, 2007-08.
- [DIN EN 15251] Eingangsparmeter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik; Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, 2012-12
- [DIN EN 15459] Energieeffizienz von Gebäuden - Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Energieanlagen in Gebäuden; Deutsche Fassung EN 15459. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth :2008-06
- [DIN SPEC 13779] Lüftung von Wohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme - Nationaler Anhang zu DIN EN 13779: 2007-09. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, Dez. 2009.

- [EnEV 2014] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung, Neufassung vom 1. Mai 2014). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2013 Teil 1 Nr. 67, Bonn 21. November 2013.
- [EnEV RegelnNiWo09] Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskenwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand. Vom 30. Juli 2009. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
- [FGK 22 Schulen] FGK Status-Report 22. Lüftung von Schulen. Fachverband Gebäude-Klima e.V., Bietigheim-Bissingen 2004-11
- [Frische Luft 2008] Frische Luft für frisches Denken, Neue Unterrichtsqualität in unseren Klassenräumen, Hrsg.: Unfallkasse Hessen, Frankfurt, November 2008.
- [LEE 2000] Elektrische Energie im Hochbau: Leitfaden Elektrische Energie. Hrsg. Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten; 2. überarbeitete Fassung. Wiesbaden: 2000.
- [NBBW14] Nachhaltiges Bauen in Baden-Württemberg (NBBW) Nachhaltigkeitskriterien im staatlich geförderten kommunalen Hochbau in Baden-Württemberg. Kompendium Nachhaltigkeit im Bauwesen. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft 2014.
- [PHPP2012] Feist, Wolfgang; R. Pfluger, J. Schnieders, . Version 6.1. 2012. Passivhaus Projektierungs Paket 2012 – das Planungstool für Passivhäuser. Anforderung an qualitätsgeprüfte Passivhäuser. Darmstadt Sept. 2011. Dokumentation und Excel-Arbeitsmappe.
- [Schulbau BaWü2012] Empfehlungen für einen zeitgemäßen Schulhausbau in Baden-Württemberg. Grundlagen für eine Überarbeitung der Schulbauförderrichtlinien. Im Auftrag des Ministerium für Kultus, Jugend und Sport, Stuttgart 2013.

- [Schulbau Zukunft] Leitlinien für einen zukunftsfähigen Schulbau. Hrsg. Montag Stiftung Urbane Räume gAG, Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft, Bund Deutscher Architekten BDA, Verband Bildung und Erziehung VBE, Berlin, Bonn 2013.
- [StädteTag AKE 4.2] Hinweise zum kommunalen Energiemanagement. 4.2 Betriebliche Hinweise. Raumtemperaturen und Innenbeleuchtung im Gebäudebestand. Deutscher Städtetag Arbeitskreis Energieeinsparung. Juli 2002
- [Trogisch 2010] Trogisch, Achim , Prof. Dr.-Ing.. Hochschule für Technik u. Wirtschaft, Dresden. Inspektion und Wartung von RLT-Anlagen in Klima/Lüftung Fach-Journal 2010.
- [VDI 2052] Raumluftechnische Anlagen für Küchen. Hrsg.: Verein Deutscher Ingenieure, Beuth 2006-4.
- [VDI 2067-1 2012] Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen. Blatt 1 Grundlagen und Kostenberechnung. Verein deutscher Ingenieure, Beuth, 2012-09.
- [VDI 2078 2012] Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln). Hrsg. Verein deutscher Ingenieure Berlin: Beuth, 2012-03.
- [VDI 6022 1 2006] Hygieneanforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte. Blatt 1. Hrsg. Verein deutscher Ingenieure Berlin: Beuth, 2012-08
- [VDMA 24186-1] Leistungsprogramm für die Wartung von lufttechnischen und anderen technischen Ausrüstungen in Gebäuden - Teil 1: Lufttechnische Geräte und Anlagen Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Instandhaltung Gebäudetechnik (AIG) im Fachverband Allgemeine Lufttechnik im VDMA. Beuth, 2002-09
- [VDMA 24186-3] Leistungsprogramm für die Wartung von lufttechnischen und anderen technischen Ausrüstungen in Gebäuden - Teil 3: Kältetechnische Geräte und Anlagen zu Kühl- und Heizzwecken Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Instandhaltung Gebäudetechnik (AIG) im Fachverband Allgemeine Lufttechnik im VDMA. Beuth, 2002-09

[VFF-Merkblatt 2001] Wärmetechnische Anforderungen an  
Baukörperanschlüsse für Fenster. Hrsg. Verband der  
Fenster und Fassadenhersteller, Frankfurt 2001