

# Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades  
eines  
Bachelor of Engineering (BEng)

HAWK Hildesheim  
Hochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst  
Fakultät Bauen und Erhalten  
Fachrichtung Bauingenieurwesen

Franziska Meyer  
Mat.-Nr. 585172  
Hildesheim

Thema

Qualitätssicherung im Bauwesen  
mit dem Schwerpunkt Energie

WS 2015/2016

Datum der Abgabe: 14. Januar 2016

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer
2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Alfred Breukelman

## **1 Kurzzusammenfassung**

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Qualitätssicherung im Bauwesen insbesondere im Bereich der Energie. Ziel ist es eine Anleitung im Rahmen eines Leitfadens zur Qualitätssicherung, von der Planung bis zur Realisierung, zu entwickeln.

Bauverträge werden als Werkverträge geschlossen und im zweiten Buch des Bürgerlichen Gesetzbuches – BGB – geregelt. Sie verpflichten als erfolgsbezogene Verträge das ausführende Unternehmen zur Herstellung des Werkes nach der vereinbarten Beschaffenheit, beziehungsweise zum Erfolg der geschuldeten Leistung. Die vereinbarte Beschaffenheit ist erzielt, wenn das Werk frei von Sach- und Rechtsmängeln ist. Ergänzt wird das BGB durch die Vergabe- und Vertragsordnung – VOB – im Besonderen durch den Teil B, den allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen.

Die durch die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure – HOAI – vertraglich vereinbarten Planungs- und Bauüberwachungen sind oft zur Entwicklung und Errichtung eines mängelfreien und qualitätsvollen Bauwerks unzureichend.

Die erhöhten Anforderungen durch gesetzliche Richtlinien und Verordnungen sowie die Ansprüche von Förderprogrammen und Zertifizierungssystemen an die Planung und Ausführung energieeffizienter und nachhaltiger Bauwerke fordern zur Qualitätssicherung eine zusätzliche unabhängige Begleitung und Überwachung des Bauvorhabens im Rahmen einer Qualitätssicherung. Damit werden Mängel frühzeitig erkannt, zusätzliche Zeit und Kosten gespart und die vereinbarte Beschaffenheit erzielt. Die Qualitätssicherung findet dabei durch Qualitätskontrollen und -prüfungen der geplanten und ausgeführten Leistungen statt. Sie erstreckt sich von Beginn der Planungsphase, der planungsvorbereitenden und planungsbegleitenden Qualitätsprüfung, über die Bauausführungsphase, der baubegleitenden Qualitätssicherung, bis hin zur Objektübergabe an den Bauherren. Durchgeführt wird sie durch einen unabhängigen und fachlich qualifizierten Qualitätsprüfer. Diesem stehen dabei unterschiedliche Prüfungs-, Kontroll- und Messmethoden zur Verfügung.

Nach der Objektübergabe ist während des Gebäudebetriebs die Qualitätssicherung durch die Durchführung von Energieaudits oder der Integration eines Energiemanagements in das Betriebssystem fortzuführen, um den energieeffizienten Betrieb zu gewährleisten und die geforderte energetische Güte zu erzielen.

## **2 Abstract**

The aim of this work is the quality assurance of the building industry, specifically the field of energy. The main goal is to create a guideline to guarantee quality assurance, starting from planning all the way to realization.

Building contracts are closed as contracts of work and labor and are regulated in the second book of the German civil code (ger.: Bürgerliches Gesetzbuch, BGB).

They obligate as success-related contract the responsible company for the production of the work with agreed conditions or rather for the success of the owed output.

The agreed conditions are scored, if the work is free from material defects and defects of title.

The German civil code is completed with the German construction contract procedures (ger.: Vergabe- und Vertragsordnung, VOB) especially with part B, the general technical specifications in construction contracts.

The construction and planning monitoring, by contract agreed by Official Scale of Fees for Services by Architects and Engineers (ger.: Honorarordnung für Architekten und Ingenieure, HOAI), are often deficient of the development and construction of a precise and a quality-conscious structure.

The increased requirements by legal guidelines and establishment, also the demands of support and certification programs, claim for the planning and execution of energy-efficient and sustainable constructions, for quality assurance an extra independent monitoring and control of the building project. By this the defects are recognized early, furthermore time and money is going to be saved and the agreed conditions are scored.

The quality assurance takes place by quality controls and checks of the planned and performed outputs. It spreads from the beginning of the planning phase, the planning-preparatory and planning-attended quality checks, over to the building construction, the work-attended quality assurance, to the delivery of object to the building owner. This procedure is done by an independent and technical qualified quality inspector, who is using different audits, control and measuring methods.

After the delivery of object and while using the building, it is necessary to continue the quality assurance by the execution of energy-audits or the integration of an energy-management to the system software, to guarantee the energy-efficiently action and to score the required energetic goodness.

### 3 Einleitung

Die Bundesrepublik Deutschland definierte 2010 mit der Verabschiedung des Energiekonzepts für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung Klimaschutzziele für Deutschland. Zu diesen Zielen gehören die Senkung der Treibhausgasemissionen und Primärenergieverbräuche sowie die Förderung des Einsatzes von erneuerbarer Energie mit der Aussicht auf energieeffizienteres Bauen und eine zukünftige Energieversorgung dominierend durch die Verwendung regenerativer Energien.

Besonders auf den Gebäudebereich entfallen Großteile, in etwa 40 Prozent, des entstehenden Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen bedingt durch Heizung und Warmwasseraufbereitung. So hat sich die Bundesregierung vorgenommen, in naher Zukunft einen „nahezu klimaneutralen Gebäudebestand“ durch energetische Gebäudesanierung und energieeffiziente Neubauten zu schaffen.

Zur Erreichung der Ziele der Bundesrepublik Deutschland stellt der Gesetzgeber Anforderungen an die Sanierung und den Neubau von Wohn- und Nichtwohngebäuden. Der bauliche Wärmeschutz und die Nutzung erneuerbarer Energie werden durch die Energieeinsparverordnung (aktuelle Fassung EnEV 2014) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG 2011) geregelt und somit an die Bauherren, Investoren und Planer weitergegeben.

Mit dem Wandel der Zeit spielt neben der Energieeffizienz die Nachhaltigkeit mit ihren Ansprüchen an Investitions- und Betriebskosten sowie energetisch günstige und wirtschaftliche Energiekonzepte eine ebenso große Rolle in der Baubranche. Umgesetzt werden die Ansprüche an eine nachhaltige Bauweise durch den „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“ vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Dieser stellt Anforderung an die Begrenzung des Energiebedarfs eines Gebäudes und dessen ökonomische, ökologische und sozio-kulturelle Qualitätsverbesserung, betrachtet über den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie. Der Leitfaden bietet keine verbindliche Beschreibung, kann bei der Realisierung einer zugleich energieeffizienten und nachhaltigen Bauweise jedoch als Anhaltspunkt dienen. Der Leitfaden erweitert mit der Ökobilanzierung die bereits in der Energieeinsparverordnung (EnEV) geregelte Primärenergienutzung durch energetische, funktionale und wirtschaftliche Aspekte. Bei einer nachhaltigen Beurteilung eines Gebäudes werden zudem verbrauchte Energien für die Erstellung, Instandhaltung und den Rückbau eines Gebäudes berücksichtigt.

Werden Neubauten oder Sanierungen an Bestandsgebäuden geplant, muss die Planung fähig sein, diese gesetzlichen und normativen Anforderungen unter Berücksichtigung spezifischer, meist durch den Auftraggeber verlangter, Nutzungsbedingungen und vorherrschender Rahmen- und Randbedingungen zu erfüllen.

Die Umsetzung eines ressourcenschonenden und optimierten wirtschaftlichen Bauens und Sanierens mit hoher energetischer Qualität und optimalem Behaglichkeitsniveau beginnt dabei bereits zu Beginn der Planung. Diese ist fach- und sachgerecht zu erstellen, um die darauf aufbauenden Ausführungsarbeiten und die Nutzung/Betriebung von Neubauten und Sanierungsmaßnahmen in Richtung der erhöhten Anforderung an die Qualität der Konstruktion und der Gebäudeanlagentechnik zu führen.

Zur Vermeidung von Planungs- und Ausführungsfehlern, daraus entstehenden Mängeln und Schäden am Gebäude und resultierender Zusatzkosten oder später erhöhter Energiekosten ist eine kontinuierliche Überwachung und Kontrolle während der Planungsphase und der Herstellung im Rahmen einer Qualitätssicherung zu empfehlen.

## **4 Leitfaden zur Qualitätssicherung im Bauwesen mit dem Schwerpunkt Energie**

### **4.1 Anwendungsbereich**

Der Leitfaden zur Qualitätssicherung im Bauwesen mit dem Schwerpunkt Energie ist als unterstützendes Rahmendokument für die Planung- und Ausführung eines Gebäudes, mit der den Anforderungen und gesetzlichen Rahmenbedingungen entsprechenden Qualität in Bezug auf die Energieeffizienz und Nachhaltigkeit, anzusehen.

Der Leitfaden kann sowohl für Wohn- als auch Nichtwohngebäude vom Neubau bis zur Sanierung eines Bestandsgebäude oder einzelner Bauteile für die Prüfung und Kontrolle von energetischen Planungs- und Ausführungsmaßnahmen über die Anlagentechnik bis zur Übergabe des Gebäudes an den Eigentümer angewendet werden.

Die Nutzungsphase, der Betrieb eines Gebäudes, dessen Instandsetzung und Abriss sind in diesem Leitfaden nicht berücksichtigt.

Als energetische Planungs- und Ausführungsmaßnahmen werden solche Vorkehrungen verstanden, die zur Reduzierung und Optimierung des Energieverbrauchs eines Gebäudes sowie zur Einhaltung von Vorschriften zum Wärmeschutz, zur Energieeinsparung und zur Verwendung regenerativer Energie beitragen.

Der Leitfaden berücksichtigt neben energetischen Aspekten auch solche für eine nachhaltige Bauweise.

Der Schwerpunkt der Nachhaltigkeit liegt dabei auf der ökologischen Qualität der verwendeten Bauprodukte zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und zur Ressourcenschonung.

## 4.2 Anforderungen

Mit der Errichtung von energieeffizienten und nachhaltigen Gebäuden soll die Umwelt und die Gesundheit der Menschen geschont sowie wirtschaftliche Lösungen zur Kostensenkung in der Bauphase und Betriebsphase eingesetzt werden. Das bedeutet, dass der Eingriff in die Natur minimiert, Ressourcen geschont, umweltfreundliche und gesundheitlich unbedenkliche Materialien und Produkte eingesetzt werden. Zudem wird ein geringer Energiebedarf des Gebäudes unter Einsatz von regenerativer Energien bei Erzielung einer langlebigen qualitativen Konstruktion, eines den Anforderungen entsprechenden Komforts und eines wirtschaftlichen Betriebes erzielt. [42] All diese Aspekte sind unter den zwei grundlegenden Voraussetzungen der Raumluftqualität und des Raumklimas zu betrachten. Die Raumluftqualität hängt dabei vom Schadstoffgehalt in der Luft und das Raumklima von der Luftbewegung (Zugluft), der Luftfeuchte, der Raumlufttemperatur und der Oberflächentemperatur ab. [49] Zudem muss die geplante Gebäudekonstruktion neben den geforderten Nutzungsanforderungen den gesetzlichen und normativen Anforderungen und den anerkannten Regeln der Technik entsprechen. [34]

Die zu überwachende Bauqualität zum Erreichen dieser Ziele wird durch unterschiedliche Parameter beeinflusst. Die in der Planung durch die Bauherren festgelegte Bauzeit und der zur Verfügung stehende Kostenrahmen sind von besonderer

Bedeutung für die Qualität des Bauwerks. [45] Hierfür ist von den Projektbeteiligten zu verlangen, dass diese wissen, „*welche Qualität beim Planen und Bauen zu welchem Preis erhältlich und damit realistisch zu vereinbaren ist, wer diese Qualität schuldet und wie diese Qualität zu sichern ist.*“ [30] Wird dieses berücksichtigt, ist zur Vermeidung von Zeit- und Kostendruck außerdem die Wahl eines qualifizierten Planers zur Sicherung der Qualität und Vollständigkeit von Planungsunterlagen und zur Erstellung eindeutig und erschöpfender Ausschreibungsunterlagen wichtig. [45] Zur Sicherung der Bauqualität können Qualitätssicherungen durch qualifizierte Qualitätsprüfer bereits zu Beginn des Projektes beauftragt werden. Als qualifiziert gelten solche Personen, die ein umfassendes Sachverständnis, Erfahrungen und zugleich Koordinations- und Kommunikationsfähigkeit besitzen. [30]

Bei der Qualitätssicherung ist auf die zeitliche, räumliche und fachliche Integration der qualitätssteigernden und sichernden Maßnahmen für erstellte Konzepte, Baupläne, Vertragsunterlage sowie für die Bauausführungen in den Planungs- und Bauprozess zu achten. [30] Da zur Koordinierung dieser Einflussgrößen noch kein Rahmendokument existiert, kann dieser Leitfaden angewendet werden.

#### **4.3 Planungsvorbereitende und planungsbegleitende Qualitätsprüfung**

Die planungsvorbereitende und begleitende Qualitätsprüfung eines Gebäudes umfasst die Erstellung einer fachgerechten Entwurfs- und Ausführungsplanung sowie die Entwicklung von Konzepten bezüglich des Wärme-, Feuchteschutzes und der Anlagentechnik in der Vorplanungs- und Planungsphase einer Sanierungs- oder Neubaumaßnahme. Wird die Qualitätssicherung nicht bereits zu Beginn eines Projektes eingebunden, kann es zu einer mangelhaften und nicht aussagekräftigen Planung kommen, die in der Ausführung Mängel, spätere Bauschäden, eingeschränkte Nutzungsanforderungen, den Wertverlust der Immobilie und erhöhte Kosten zur Beseitigung der Schäden verursachen kann.

Die Planungen und Konzepte sind dabei durch einen fachlich qualifizierten Planer in Kooperation mit dem Bauherren und Fachingenieuren zu entwickeln. Ebenso sollte ein Qualitätsprüfer die einzelnen Entwicklungsschritte kontrollieren und überprüfen, um gegebenenfalls Planungsfehler frühzeitig aufzudecken. Die durch den beauftragten Prüfer durchgeführten Prüfungen, Kontrollen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung vor und während der Planung sind grundsätzlich zu dokumentieren

und gegebenenfalls durch Aktennotizen, Aufzeichnungen, Berechnungen oder Pläne zu komplettieren.

Das von der Bedarfsplanung über die Entwurfs- und Ausführungsplanung bis hin zu den unterschiedlichen Konzepten erarbeitete Maßnahmenpaket ist im Anschluss in der Ausschreibung im Rahmen einer Leistungsbeschreibung eindeutig zu definieren und erschöpfend zu beschreiben. Bei der Angebotsabgabe der Unternehmen ist dann bei der Beauftragung auf die Wahl eines fachkundigen und qualifizierten Anbieters zu achten. Die angebotenen Alternativen sollten auf ihre Wirtschaftlichkeit und Energieeffizienz untersucht werden.

#### 4.3.1 Bedarfsplanung

Die Bedarfsplanung soll im ersten Schritt *„die Bedürfnisse, Ziele und Anforderungen des Bauherrn, der Nutzer und der Betreiber“* bereits in der Frühplanungsphase eines Gebäudes erfassen und im Zuge dessen Lösungsmöglichkeiten herausgearbeitet und in bauliche Anforderungen umgesetzt werden. Mit einer Bedarfsplanung nach DIN 18205 entsteht als Ergebnis ein Bedarfsplan als *„Maßstab für die Bewertung der planerischen, baulichen und technischen Lösungen und dient somit der Qualitätssicherung über den gesamten Projektverlauf hinweg“*. Der Bauherr ist für die Erstellung eines solchen Bedarfsplans verantwortlich, kann mit dieser Aufgabe jedoch Bedarfsplaner (Architekten, Bauingenieure oder Fachplaner) beauftragen und bereits einen Qualitätsprüfer zur Kontrolle der gesetzten Ziele unter Berücksichtigung der Gegebenheiten und Rahmenbedingungen integrieren.

Untergliedern lässt sich die Bedarfsplanung in die ersten vier Prozessschritte:

- Projektkontext klären
- Projektziele aufstellen
- Informationen erfassen und auswerten und
- Bedarfsplan erstellen

sowie die nachfolgenden Schritte

- Bedarfsdeckung untersuchen und
- Bedarfsplan und Lösung abgleichen.

Im ersten Schritt der Bedarfsplanung werden die bedarfsauslösenden Gründe des Projektes ebenso wie die zeitlichen und finanziellen Rahmenbedingungen und die an der Planung beteiligten Personen festgelegt. Im zweiten Schritt sollte der Bauherr bereits über den Gebäudestandard als Mindeststandard nach DIN 4108 bezie-

ungsweise der Energieeinsparverordnung als Energieeffizienzhaus nach der KfW-Bankengruppe oder als nachhaltiges Gebäude nach den Zertifizierungsmodellen BNB, DGNB oder LEED entscheiden und diesen mit seinen Anforderungen an die ökonomische, ökologische und soziokulturelle Qualität als Projektziel festlegen.

Nähere Informationen zu Energieeffizienzhäusern nach der KfW-Bankengruppe und den Zertifizierungsmodellen zur Nachhaltigkeit eines Gebäudes liefert das Vorbereitungsmodul zur Bachelorarbeit „Richtlinien, Verordnungen und Zertifizierungssysteme für energieeffizientes und nachhaltiges Bauen“.

Dieses Projektziel stellt in Verbindung mit den technischen und funktionalen Anforderungen an das Gebäude das erste Qualitätsziel dar. Zu den festzulegenden technischen und funktionalen Anforderungen gehören im Allgemeinen neben der Standicherheit, dem Brandschutz, der Dauerhaftigkeit und Nutzungsdauer auch die Energieeffizienz und Recyclingfähigkeit eines Bauwerks. Diese Anforderungen wiederum haben Auswirkung auf die ökologische, ökonomische und soziokulturelle Qualität sowie die Prozessqualität (hier nicht berücksichtigt) eines Gebäudes und Betriebes. Diese lassen sich durch die ökologischen Indikatoren, wie Umweltauswirkungen und Ressourceneinsatz, ergänzt durch die soziokulturellen Indikatoren, Gesundheit und Behaglichkeit, Instandhaltung, Zugänglichkeit und Anpassungsfähigkeit und ökonomischen Indikatoren, Lebenszykluskosten und Kapitalwert, eines Gebäudes beschreiben. Das Qualitätsziel des energieeffizienten und nachhaltigen Bauens sollte dabei in der technischen Ausführung des Gebäudes zur Sicherstellung eines gesundheitlich unbedenklichen, behaglichen und bedarfsorientierten Nutzens und der Kostenreduzierung und dem Schutz der natürlichen Ressourcen und des Ökosystems liegen. Dieses Qualitätsziel dient für nachfolgende Projektphasen als Maßstab und Orientierungshilfe.

Bei Bestandsgebäuden sind zu den ersten beiden Schritten ergänzend eine Gebäudebegehung und Aufnahme von der Gebäudestruktur, den Maßnahmen bezüglich des winterlichen und sommerlichen Wärmeschutzes, der Anlagentechnik und dessen Energiekennwerte notwendig. Der Zustand des Objektes kann dabei durch Messungen der Feuchte oder der Temperaturen sowie durch eine Thermografie der Gebäudehülle aufgezeichnet werden. Zusätzlich dient eine Analyse vorhandener Unterlagen zur Aufnahme der vorhandenen Anlagentechnik und dessen Energiekennwerte für den Strom-, Gas-, Wasser-, Wärme- und Kälteverbrauch.

Die Bestandsaufnahme wird dann mit dem aufgestellten Projektziel, den Rahmenbedingungen und Anforderungen in einem Bedarfsplan schriftlich festgehalten. Auf Grundlage des Bedarfsplans werden Varianten zur Umsetzung des Neubaus oder

der Sanierung untersucht und anhand von Kennwerten auf Wirtschaftlichkeit bewertet.

Die während der Entwurfsentwicklung, Ausführungsplanung, Bauausführung und Nutzung des Gebäudes entstehenden Lösungen sind ständig mit dem Bedarfsplan abzugleichen, um die Erfüllung der aufgestellten Ziele, Rahmenbedingungen und Anforderungen zu kontrollieren.

Der Qualitätsprüfer sollte bei der Aufstellung des Bedarfsplans durch den Bauherren kontrollieren, inwieweit die gesetzten Ziele mit den veranschlagten Kosten und dem Zeitrahmen kompatibel sind. Der Prüfer sollte verhindern, dass die Kosten durch die Ausführung überschritten werden und Zeitdruck zu Mängeln und schlechter Qualität führen.

#### 4.3.2 Entwurfsplanung

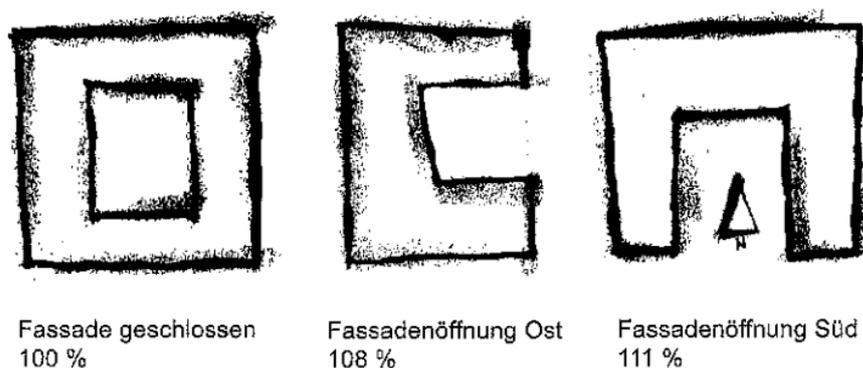
Bei der Entwicklung der Entwurfsplanung sollte dem Planer, wenn dieser nicht bereits mit der Bedarfsplanung beauftragt wurde, diese zur Verfügung gestellt werden. Auf Grundlage des festgesetzten Qualitätsziels, den Rahmenbedingungen und den Anforderungen können erste Entwurfspläne erstellt werden.

Zur Einhaltung des Wärmeschutzes und der Energieeinsparung von Gebäuden können bereits in der Entwurfsphase Maßnahmen ergriffen werden. Nachfolgend sind zu berücksichtigende Planungsaspekte aufgeführt.

Als wärmeschutztechnische Maßnahmen bei der Planung von Gebäuden kann die **Lage des Gebäudes** bereits den Energiebedarf für die Beheizung im Winter oder die Kühlung im Sommer vermindern. Die Nachbarbebauung dient so beispielsweise als Windschutz, die Vegetation als Sonnenschutz und eine durchdachte Anordnung der Fenster nach den Himmelsrichtungen (große Fensterflächen nach Süden, Südosten oder Südwesten) ist zur Ausnutzung der Wärme der winterlichen Sonneneinstrahlung zweckmäßig.

Die Wahl einer geeigneten **Gebäudeform und – gliederung** und somit einer Optimierung des A/V-Verhältnisses, das heißt die Anpassung der wärmeübertragenden Außenflächen zum beheizten Gebäudevolumen, reduziert den spezifischen Wärmeverlust eines Gebäudes. Hierbei gilt, je niedriger das A/V-Verhältnis, desto energetisch günstiger ist ein Gebäude. Aber auch die Baukörperform beeinflusst die

Energiegewinnung eines Gebäudes. So kann bei einem geschlossenen Baukörper die Solarstrahlung als Wärmeenergie oder auch zur natürlichen Beleuchtung des Gebäudes durch die Verschattung der Fassade nicht genutzt werden und der schlechte Luftaustausch erfordert zusätzlich eine maschinelle Lüftung. Die Abbildung 7.3.2-1 verdeutlicht dabei wie unterschiedlich die Energiegewinne durch Sonneneinstrahlung in Abhängigkeit von der Bauform sein können.



**Abbildung 4.3-1 Beispielhafte Energieanalyse zu grundsätzlichen Bauformen**

Zudem können bei der Planung der Raumanordnung **Pufferräume** als unbeheizte Bereiche berücksichtigt werden, die die beheizte Kernzone eines Gebäudes von der umhüllenden Außenfläche trennen, wie zum Beispiel Windfänge, um Heizenergie einzusparen.

Besonders beim sommerlichen Wärmeschutz spielen transparente Außenbauteile und innen liegende wärmespeichernde Bauteile eine übergeordnete Rolle.

Die bei der Anordnung des Gebäudes angesprochene Ausrichtung der Fensterflächen wirkt sich im Winter positiv auf den Heizenergiebedarf auf, im Sommer sind die Auswirkungen der Sonneneinstrahlung eher negativ. So ist die Größe der **Fensterfläche** je nach Ausrichtung zur Himmelsrichtung anzupassen und gegebenenfalls Sonnenschutzvorrichtungen und -maßnahmen zu installieren. Bei der Anordnung von Fenstern an der Nordseite sollten nicht mehr als zehn Prozent der Gesamtfläche verglast werden. Bei der Ost- und Westseite eines Gebäudes beträgt dieser Flächenanteil 15 bis 30 Prozent und der an der Südseite 40 bis 60 Prozent. Neben dem Wärmeschutz ist jedoch auch der Tageslichteinfall durch den transparenten Teil der Fassade zu berücksichtigen. So wirkt sich neben der Größe des Fensters die Sturzhöhe der Fenster auf den Tageslichteinfall aus. Im oberen Bereich der Fassade einfallendes Licht erreicht die größte Tiefe im Raum und sorgt für eine gleichmäßige Ausleuchtung des Raumes mit Tageslicht. [42] Bei der Pla-

nung von Fensterflächen ist die DIN 5034-1 „Tageslicht in Innenräumen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen“ mit ihren Mindestanforderungen bezüglich des Helligkeitseindrucks und der ausreichenden Sichtverbindung nach außen zu berücksichtigen. Mit Hilfe computergestützter Programme kann der Tageslichteinfall simuliert werden.

Als **wirksamer Sonnenschutz** können zum einen die bauliche Gestaltung durch auskragende Bauteile und Vorsprünge (nur bei Südorientierung sinnvoll), innen oder außenliegende Sonnenschutzvorrichtungen wie Fensterläden, Rollläden oder ähnliches und die geeignete Materialwahl wie Sonnenschutzgläser (Verglasung mit möglichst geringem Gesamtenergiedurchlassgrad) eingesetzt werden.

Die Wahl der Materialien und dessen **thermische Speicherfähigkeit** für die Gebäudestruktur wirken sich auf das Raumklima und den erforderlichen Energiebedarf aus. Aufgeladene massive Bauteile können gespeicherte Wärme an die Raumluft abgeben und Temperaturschwankungen vermeiden, wohingegen leichte Bauteile einen nahezu identischen Anstieg der Innenraumtemperatur zur Außentemperatur zulassen.

Ebenso ist die **Farbgestaltung der Fassade** an den Wärmeschutz anzupassen, hierbei erweisen sich dunkle Oberflächen als wärmeanziehend und fördern den Wärmeeintrag in das Gebäudeinnere.

Die Entwurfsplanung dient dabei als Grundlage für die Erstellung der Genehmigungsplanung für das Bauamt.

Nach Prüfung der Unterlagen durch die zuständige Behörde ist die Planung gegebenenfalls an die gestellten Anforderungen anzupassen, mit dem Bedarfsplan abzugleichen und das Qualitätsziel beizubehalten, zu komplettieren oder als neues Qualitätsziel auszulegen.

### 4.3.3 Ausführungsplanung

Zu den zu erstellenden Ausführungsplanungsunterlagen gehören zum einen Ausführungs-, Detail- und Konstruktionszeichnungen sowie die Erstellung von detaillierten Objektbeschreibungen als Baubuch oder Raumbuch. Die Entwicklung basiert dabei auf den Genehmigungsplanungen.

Bei der Ausführungsplanung kann bei der Berücksichtigung nachfolgende wärme-schutztechnischer Maßnahmen zusätzlich zu den in der Entwurfsplanung berücksichtigten, bereits teilweise zum geforderten Wärmeschutz beigetragen werden. Besonders bei der Planung von **Anschlussdetails** ist auf eine Reduzierung von Wärmebrückenwirkungen zu achten. Detailanschlüsse sollten sich dabei an den Prinzipskizzen des Beiblatts 2 der DIN 4108 orientieren. Allgemein gilt, dass die wärmeabgebende Seite eines Bauteils möglichst klein und die wärmeaufnehmende Seite möglichst groß gestaltet und gleichzeitig eine ausreichende Wärmedämmung vorgesehen werden sollte.

Zudem sind stark gegliederte Baukörper zu vermeiden und bei der Ausführung einer außenliegenden durchgehenden homogenen Dämmschicht auf eine **thermische Trennung** beziehungsweise flankierende oder durchgängige Wärmedämmung von auskragenden Bauteilen, wie Balkone, zum Gebäude zu achten. Als Hilfsmittel zur Umsetzung bietet die Industrie, vom Kimmstein für das Mauerwerk bis zu Isolationskörben für auskragende Bauteile, zahlreiche Möglichkeiten.

Zu den geplanten **Fensterflächen** sind die geeignete Verglasungsart und Sonnenschutzvorrichtungen zu wählen. Neben dem Wärmedurchgangskoeffizienten spielen für den sommerlichen Wärmeschutz der Sonneneintragskennwert und der damit verbundene Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung eine Rolle. Als energiesparende Verglasung sind Systeme mit erhöhter Dämmwirkung (durch Luft- oder Edelgasfüllungen) empfehlenswert. Grundsätzlich wird zwischen Zwei-Scheiben-Wärmeschutzglas und Drei-Scheiben-Wärmeschutzglas unterschieden. Die Wahl des Materials und der Konstruktion des Rahmens spielen ebenfalls eine Rolle für den Wärmeschutz. Für den sommerlichen Wärmeschutz sind Sonnenschutzgläser als Reflektions- oder Absorptionsgläser sowie eventuell innen oder außen liegende Sonnenschutzvorrichtung wählbar. Die Maßnahme hängt dabei von den Größen der Fensterfläche ab. Reichen bei kleinen Fensterflächen weniger effiziente Vorrichtungen aus, sind bei großen Flächen hocheffiziente außenliegende Verschattungen vorzusehen. Bei der Wahl von innenliegenden Systemen ist der Wärmeeintrag durch die Verglasung und somit die Erhöhung der Raumlufttemperatur zu berücksichtigen.

Auch im Bereich der Planung von Anlagentechniken ist auf die **Verlegung von Rohrleitungen** für die Wasserver-/entsorgung und die der Heizung und Schornsteine zu achten. Diese sollten nicht in Außenbauteilen, bedingt durch Wärmeverluste, vorgesehen und mit möglichst kurzen Wegen geplant werden.

Für die Gewährleistung einer **luftdichten Gebäudehülle** ist in der Planung außerdem auf die Begrenzung von der Anzahl an Durchdringungen und der Berücksichtigung von Installationsebenen zu achten.

Je nach **Lüftungskonzept** müssen ausreichend Platz für Lüftungsschächte und das Luftleitungssystem vorgesehen werden.

Bei der Planung der Gebäudehülle ist im Allgemeinen auf eine optimale Wahl der **Dämmstoffdicke** und der **Eigenschaften** in Abhängigkeit von der Gebäudeart Wert zu legen. Die richtige Wahl der Dämmstärke und des Materials einer Gebäudehülle wirkt sich dabei positiv auf den Wärmedurchlasswiderstand des Bauteils, den Heizenergiebedarf, die thermische Behaglichkeit durch höhere Innenoberflächentemperaturen und auf die ganzheitliche Wirtschaftlichkeit der Gebäudehülle aus.

Die Ausführungsplanung ist dabei im Zusammenhang mit der Aufstellung der nachfolgend erläuterten Konzepte zu betrachten. Zum einen dient die Planung als Grundlage für deren Entwicklung, zum anderen liefern Berechnungen zum Wärmeschutz in den Konzepten notwendige Angaben für die Bauteilaufbauten, Dämmstoffdicken, Verglasungs- und Verschattungsaufgaben und zur Anlagentechnik.

Der Qualitätsprüfer hat bei der Entwurfs- und Ausführungsplanung zusätzlich zur Vollständigkeit aller erforderlichen Pläne die Planinhalte der vorliegenden Architektenplanung zu überprüfen, um die Ausführung in Richtung qualitativvoller und den vertraglich vereinbarten Anforderungen und anerkannten Regeln der Technik entsprechender Umsetzung zu führen. Der Prüfer hat Risikobereiche zu erkennen und in Zusammenarbeit mit den Fachplanern zu beseitigen und gegebenenfalls Detailplanungen anzufordern.

Nach dem Vergleich der zusammenhängenden Planung und Konzepte mit dem Bedarfsplan kann es bedingt durch wärmeschutztechnischer oder energiesparender Anforderungen zur Änderung des Qualitätsziels kommen. Sollte dieser Fall sein, dient das neue Ziel als Grundlage nachfolgender Bauphasen.

#### **4.3.4 Abdichtungskonzept**

Als Bearbeitungsgrundlage für das Abdichtungskonzept dienen die aktuellen Ausführungszeichnungen und Anforderungen und Ziele aus dem Bedarfsplan sowie alle

geltenden gesetzlichen Richtlinien, Vorschriften und anerkannten Regeln der Technik zur Thematik der Gebäudeabdichtung.

Zur Qualitätssicherung spezialisiert auf den Bereich der Energie darf die Abdichtung eines Bauwerks nicht vernachlässigt werden. Die Abdichtung selbst trägt nicht zur Energieeinsparung bei, schützt jedoch im Bereich der Gebäudehülle die Wärmedämmung vor Feuchtigkeitseintritt und gewährt somit die Beibehaltung der Eigenschaften bezüglich der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes und dessen Dämmfähigkeit. Dieses ist bedingt durch die höhere Leitfähigkeit des Wassers in der Konstruktion und führt somit zu energetischen Verlusten.

Bei der Erstellung des Abdichtungskonzepts ist darauf zu achten, jedem Außenbauteil seine abdichtende Funktion zuzuweisen, um Feuchteschäden durch Wassereintritt von außen zu verhindern. Die Abdichtungsart ist nach DIN 18195 in unterschiedliche Lastfälle zu unterscheiden. Teil 4 regelt dabei die Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nichtstauendes Sickerwasser, Teil 5 die Abdichtung gegen nicht drückendes Wasser und Teil 6 die Abdichtung gegen außen drückendes Wasser und stauendes Sickerwasser. Vor der Planung des richtigen Abdichtungssystems ist, für eine beständige und dauerhafte Wirkung, zunächst einmal eine Einschätzung der Wasserbeanspruchung durch Untersuchungen des Baugrundes und Einsicht in langjährige Pegelaufzeichnungen des Wasserstandes vorzunehmen. Entsprechend des Abdichtungssystems können in der Planung die Abdichtungslagen in einem Bauteil und an Anschlussbereichen in Detailplänen festgelegt und geeignete Materialien für die Ausführung ausgewählt werden.

Gleiches gilt für den Feuchteschutz nach der DIN 4108-3. Mit den Vorgaben zum Schutz vor Schlagregen von Wänden und Tauwasser auf Bauteilen und in der Konstruktion will die Norm die wärmedämmtechnische Qualität der Konstruktion erhalten und Bauschäden vermeiden.

Im Rahmen dieses Leitfadens wird auf die Abdichtungsmaßnahmen und den Feuchteschutz nicht weiter eingegangen. Für genauere Informationen über Ausführungsvorschriften wird auf die DIN 18195 „Abdichtung von Bauwerken“ mit all ihren Teilen und auf die DIN 4108-3 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung“ verwiesen.

#### 4.3.5 Wärmedämm- und Wärmeschutzkonzept

Als Grundlage zur Aufstellung des Wärmedämm- und Wärmeschutzkonzepts dienen die aktuellen Ausführungszeichnungen und Anforderungen aus dem Bedarfsplan sowie alle geltenden gesetzlichen Richtlinien, Vorschriften und anerkannten Regeln der Technik zur Thematik des Wärmeschutzes und der Energieeinsparung.

Im Wärmedämmkonzept sind Maßnahmen zum winterlichen Wärmeschutz auszuarbeiten, um die Wärmeverluste durch Bauteile zu begrenzen und die Konstruktion vor Feuchteschäden durch Wärmebrücken zu verhindern. Zudem sind mit dem Wärmeschutz die Energieverbräuche eines Gebäudes zu reduzieren und das Behaglichkeitsniveau der Räumlichkeiten zu optimieren.

Die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz nach DIN 4108-2 und die Festsetzungen der Energieeinsparverordnung werden dabei bereits während des planungsbegleitenden Prozesses eines Gebäudes durch die Aufstellung eines Wärmedämmkonzeptes eingebunden.

Nach der DIN 4108-2 wird zum Nachweis des Mindestwärmeschutzes eines Gebäudes und zur Begrenzung des Wärmedurchgangs durch die Gebäudehülle die Einhaltung von Grenzwerten des Wärmedurchlasswiderstandes  $R$  und des Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$  gefordert. Der Konzeptentwickler hat diese für alle in der Ausführungsplanung entwickelten flächigen, transparenten und opaken Bauteile nach DIN EN ISO 6946 zu berechnen, den Mindestanforderungen der DIN 4108-2 gegenüberzustellen und folglich dessen Einhaltung nachzuweisen.

Zur Erfüllung des Wärmeschutzes fordert die Energieeinsparverordnung neben der DIN 4108-2 weitere Nachweise. Nach der EnEV 2014 sind für einen Neubau eines Wohngebäudes der Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_P$  für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Kühlung und die Transmissionswärmeverluste  $H_T$  zu ermitteln. Sowohl der Endenergiebedarf als auch die Transmissionswärmeverluste dürfen dabei Werte des zugrunde gelegten Referenzgebäudes beziehungsweise durch die EnEV vorgegebene Richtwerte (Anlage 1, EnEV) nicht überschreiten, vgl. §4 EnEV. Die Berechnungen des Jahres-Primärenergiebedarfs haben dabei nach DIN V 18599 und bei nicht gekühlten Gebäuden nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 zu erfolgen. Für die Ermittlung der Transmissionswärmeverluste ist das Verfahren nach der Anlage 1 der EnEV anzuwenden.

Die Nachweise bei einem Neubau eines Nichtwohngebäudes unterscheiden sich vom Wohngebäude dahingehend, dass bei dem Jahres-Primärenergiebedarf zusätzlich die eingebaute Beleuchtung berücksichtigt wird und statt der Transmissionswärmeverluste  $H_T$  die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$  der wärmeübertragenden Umfassungsflächen zu ermitteln sind. Anforderungen an die einzuhaltenen Werte sind der Anlage 2 der EnEV zu entnehmen. Als Verfahren zur Berechnung des Endenergiebedarfs kann das der DIN V 18599 sowie als vereinfachtes Berechnungsverfahren ein Ein-Zonen-Modell angewandt werden.

Abweichend von Neubauten ist bei der Sanierung von Bestandsgebäuden mit Änderungen nach Anlage 3 Nr. 1-6 der EnEV bei beheizten oder gekühlten Räumen oder bei Außenbauteilen, wenn die Fläche der geänderten Bauteile größer als zehn Prozent von der gesamten Bauteilfläche beträgt, der Wärmedurchgangskoeffizient dieses Bauteils nachzuweisen. Hierfür sind die durch die EnEV festgesetzten Höchstwerte (Anlage 3) einzuhalten. Je nach Art des Bestandsgebäudes ist der Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes und der Transmissionswärmebedarf beziehungsweise der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient um nicht mehr als 40 Prozent vom Neubaustandard zu überschreiten. Die 40 prozentige Überschreitung gilt jedoch nicht bei Erweiterungen oder einem Ausbau des Bestandsgebäudes um beheizte oder gekühlte Räume mit einer Nutzfläche, die größer als 50m<sup>2</sup> ist und durch einen neuen Wärmeerzeuger ergänzt wird, vgl. §9 EnEV. Berechnung und Verfahren unterscheiden sich hierbei nicht von denen der Neubauten.

Zudem soll die Entwicklung des Konzepts Wärmebrücken in Bauteilen vermeiden, um die Entstehung von Tauwasserniederschlag, Feuchterscheinungen oder mikrobiellen Befall auf Bauteiloberflächen, bedingt durch die geringere Oberflächentemperatur dieser Bereiche zu angrenzenden Bereichen, auszuschließen und Wärmeverluste zu reduzieren. Auch hier sind die Anforderungen an den Wärmeschutz im Bereich von Wärmebrücken der DIN 4108-2 zu berücksichtigen. Die Planung und Ausführung von Anschlussbereichen sollte sich dabei auf die ausreichende Wärmedämmung betroffener Bereiche konzentrieren und sich an den Beispielen des Beiblatts 2 zur DIN 4108 orientieren.

Bei der Bewertung von Wärmebrücken wird prinzipiell von einer gleichmäßigen Beheizung, einer ausreichenden Belüftung der Räume und einer ungehinderten Luftzirkulation an Außenwandoberflächen ausgegangen. Nach der EnEV stehen drei Varianten zur Berechnung zur Verfügung. Die ersten zwei Varianten sind Pauschalierungen durch Wärmebrückenzuschläge. Hierbei kann der Nachweis für die Planung durch eine ausreichende Dämmung der Bauteilanschlüsse nach dem Beiblatt

2 der DIN 4108 erfolgen. Zusätzliche Berechnung zum Mindestwärmeschutz entfallen hier. Wird bei der Planung von diesen Detailanschlüssen abgewichen, kann für den Nachweis ein pauschaler Zuschlag für die Wärmebrücken auf die Transmissionswärmeverluste aller Bauteile gewählt werden oder durch die dritte Variante detaillierte Nachweise nach der DIN EN ISO 14683 „Wärmebrücken im Hochbau“ geführt werden. Der Nachweis kann durch numerische Berechnungen, Baudetails aus Wärmebrückenkatalogen und Handrechenverfahren für die Ermittlung der längen- und punktbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\Psi$  / $\kappa$  nach ISO 10211 erfolgen. Der Wärmeschutz im Bereich von Wärmebrücken kann ebenso durch eine numerische Simulation mittels geeigneter Software erstellt werden.

Das Aufzustellende Wärmeschutzkonzept dient hingegen der Umsetzung des in der DIN 4108 geforderten sommerlichen Wärmeschutzes.

Nach der DIN 4108 werden die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz eines Gebäudes durch die Herstellung und Beibehaltung einer thermischen Behaglichkeit in den Räumlichkeiten des betrachteten Objektes gefordert. Bedingt durch regional unterschiedliche sommerliche Klimaverhältnisse wird dabei nach Sommerklimaregionen unterschieden.

Unter thermischer Behaglichkeit wird die Einhaltung gesundheitlich zuträglicher Raumtemperaturen möglichst ohne Kühlungsanlagen verstanden. Ist eine Kühlung notwendig, ist der Bedarf an Kühlenergie auf ein Minimum zu begrenzen. Die nach den Klimaregionen festgelegten Grenzwerte der Innentemperaturen sind dabei an nicht mehr als zehn Prozent der Aufenthaltszeit in einem Gebäude zu überschreiten.

Als Nachweis zur Einhaltung der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz sind Berechnungen für den Raum mit der höchsten Beanspruchung durchzuführen. Als Berechnung kann das vereinfachte Verfahren zur Bestimmung des vorhandenen und zulässigen Sonneneintragskennwert  $S_{\text{vorh}}$  und  $S_{\text{zul}}$  und dessen Gegenüberstellung angewendet werden. Ebenso kann eine dynamisch-thermische Gebäudesimulation durchgeführt werden. Hierfür sind die Randbedingungen der DIN 4108 zu beachten und die Ergebnisse des Temperaturverlaufs mit den Anforderungswerten zu Übertemperaturgradstunden der Norm zu vergleichen. Bei der Berechnung werden neben den äußeren Faktoren auch die internen Wärmegewinne durch Computer und andere haustechnische Geräte berücksichtigt. Hierbei setzt die DIN 4108-2 Obergrenzen für Wohn- und Nichtwohngebäude.

Nachweise zum sommerlichen Wärmeschutz dürfen bei Unterschreitung der geplanten Fensterflächenanteile eines Gebäudes von den zulässigen Werten nach DIN 4108 entfallen.

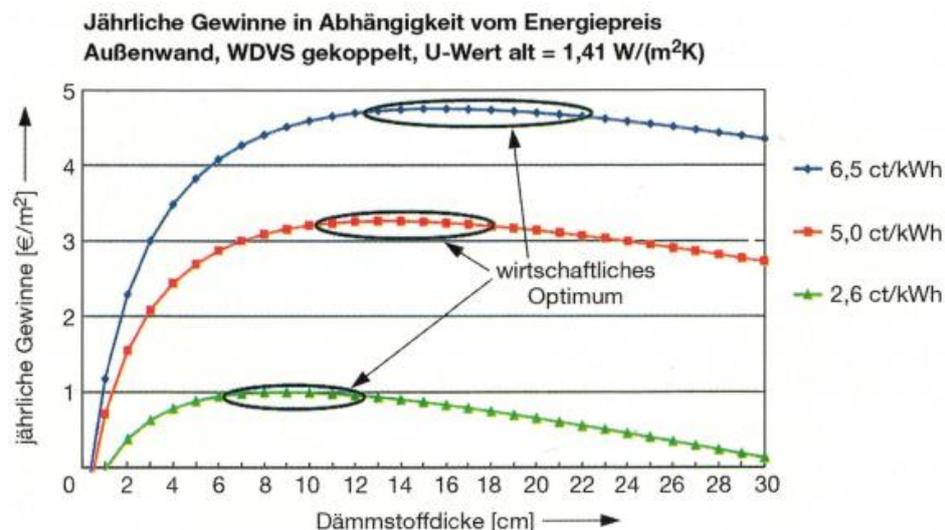
Für anzuwendende äußerliche Maßnahmen, um die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz einzuhalten und unnötige Kühlenergie zu vermeiden.

Wird in der Bedarfsplanung ein erhöhter Gebäudestandard, beispielsweise in Form von einem KfW-Effizienzhaus, als Qualitätsziel festgesetzt, so sind zuvor beschriebene Anforderungen und Berechnungen an die Vorschriften und Richtwerte der Fördereinrichtungen oder Zertifizierungsstellen anzupassen.

Zur Nachvollziehbarkeit werden alle geforderten Berechnungen zum Wärmeschutz in dem Energiesparnachweis aufgeführt. Als Hilfsmittel zur Berechnung und Erstellung dieses Ausweises können computergestützte Programme verwendet werden.

Die Planung der Wärmedämmmaßnahmen eines Gebäudes sollte jedoch nicht nur auf die Anforderungen der EnEV und der DIN 4108 abgestimmt werden. Vielmehr sollten unterschiedliche Dämmschichtdicken auf ihre Wirtschaftlichkeit untersucht werden, um das Optimum zur Energieeinsparung zu bestimmen.

Nachfolgende Grafik zeigt, dass das wirtschaftliche Optimum von der Dämmstoffdicke und dem Energiepreis abhängt.



**Abbildung 4.3-2 Wirtschaftlichkeit eines Wärmedämm-Verbundsystems in Abhängigkeit der Dämmstoffdicke und der Energiekosten**

Der Qualitätsprüfer hat die Planungen des Wärmedämmkonzepts hinsichtlich kritischer Bereiche und der durchgehend homogenen Dämmschicht zu untersuchen,

die Planung in den Bereich der Wärmebrückenfreiheit zu führen und die handwerkliche Ausführbarkeit zu prüfen. Auch die Einhaltung des in der Bedarfsplanung festgesetzten Qualitätsziels und die Wirtschaftlichkeit gewählter Maßnahmen ist zu kontrollieren. Gegebenenfalls hilft eine thermisch-energetische Gebäudesimulation um die Gesamtwirkung aller geplanten Wärmeschutz- und Energiesparmaßnahmen darzustellen.

#### **4.3.6 Luftdichtheitskonzept/ Lüftungskonzept**

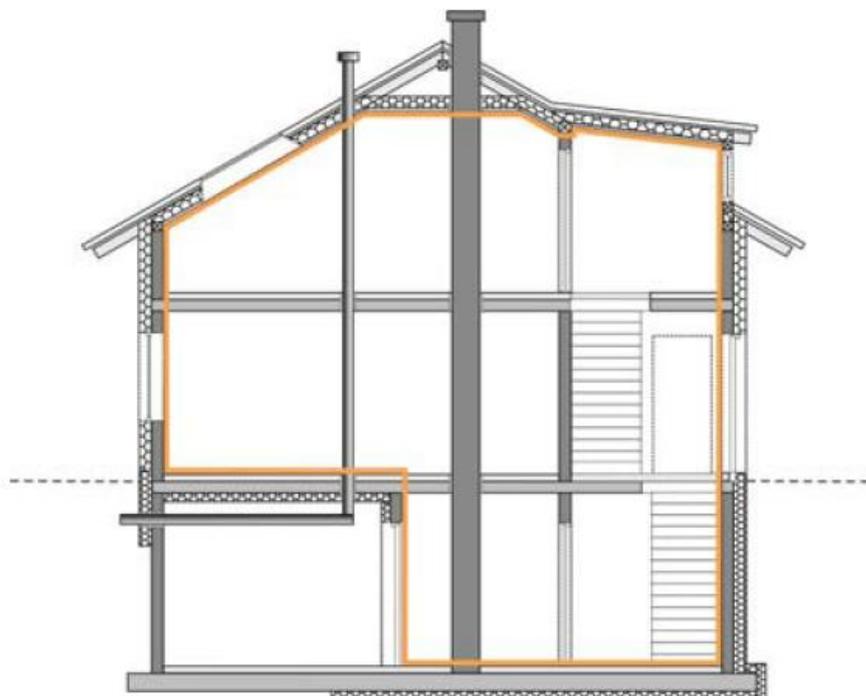
Zur Entwicklung des Luftdichtheitskonzeptes dienen dem Konzeptplaner die Ausführungsplanungen des Projektes und sämtliche gesetzlichen Regelwerke, Vorschriften und anerkannten Regeln der Technik mit der Thematik der Luftdichtheit einer Gebäudehülle und einzelner Bauteile, sowie solche für die Lüftung einer Immobilie, als Bearbeitungsgrundlage.

Ein Großteil der Energieverluste eines Gebäudes entsteht durch die Wärmeabgabe der Gebäudehülle. Verantwortlich hierfür sind neben Wärmebrücken und unzureichender Wärmedämmung die Lüftungswärmeverluste, die durch die unkontrollierte Gebäudelüftung entstehen. Gefördert wird diese durch fehlerhaft abgedichtete Fugen zwischen Bauteilen, Fehlstellen in der Gebäudehülle und durch den Einbau ungeeigneter Materialien. Die durch unkontrollierte Gebäudelüftung entzogene warme Innenluft ist durch Heizenergie auszugleichen. Neben Wärmeverlusten ist auch die Gefahr der Feuchteschäden in der Baukonstruktion, durch Tauwasserbildung bei Abkühlung der warmen Innenluft beim Durchströmen der Bauteile nach außen, zu berücksichtigen. Ebenso wirken sich Undichtigkeiten durch erhöhte Lüftungswärmeverluste, Wasserdampfkonvektion und Zuglufterscheinungen negativ auf die Behaglichkeit und kontraproduktiv zum geforderten Wärmeschutz aus.

Das Luftdichtheitskonzept soll aus energetischen, bauphysikalischen und baurechtlichen Gründen für eine Luftdichtheit der Gebäudehülle und einer der anerkannten Regeln der Technik entsprechenden dauerhaften und luftundurchlässigen Abdichtung von Fugen sorgen.

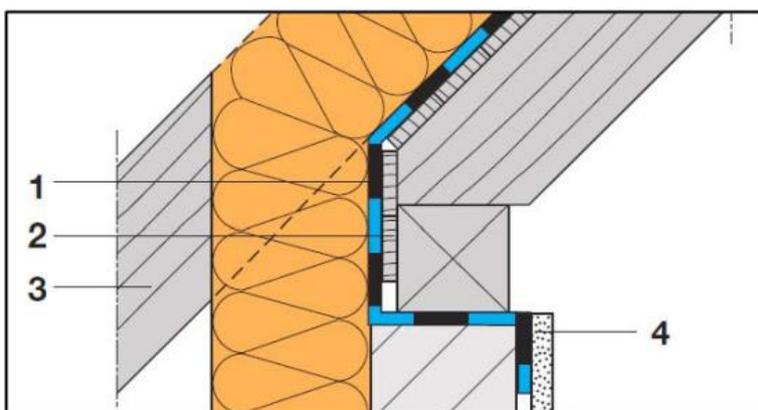
Bei der Aufstellung des Luftdichtheitskonzeptes für ein Gebäude ist zunächst die wärmeübertragende Umfassungsfläche festzulegen und die Lage der Wärmedämmschicht in den Außenbauteilen zu bestimmen. Auch die Lage der Schicht und

die Abdichtungsmaßnahmen in Anschlussbereichen zur Gewährleistung der Luftdichtheit sind zu wählen, siehe Abbildung 7.3-3 und 7.3-4.



**Abbildung 4.3-3 Planung des Verlaufs der luftdichten Schicht**

Grundsätzlich sollte bei dieser Festlegung zwischen beheizten und nicht beheizten Räumen unterschieden werden. Zudem sollte die Abdichtungsebene prinzipiell raumseitig zur Dämmebene angeordnet werden und sämtliche Anschlussdetails in Detailzeichnungen dargestellt werden.



**Abbildung 4.3-4 Detailplanung Verlauf luftdichter Ebene**

Durchdringungen der luftdichten Gebäudehülle sind möglichst zu vermeiden oder luftdicht herzustellen. Für die Umsetzung sind geeignete Materialien für die luftdichte Schicht anzuwenden und bei dem Einbau auf verbleibende Restfeuchte in der

abgeschlossenen Konstruktion zu achten. Als luftdicht sind grundsätzlich nach DIN 1045-1 hergestellte Betonkonstruktionen, Mauerwerk bei Aufbringung einer Putzlage, Gipsfaserplatten, Gipsplatten, Faserzementplatten, Holzwerkstoffplatten und Bleche anzusehen. Für alle weiteren Materialien ist eine Luftdichtheitsschicht aus Bahnen (Kunststoff, Elastomere, Bitumen Papierwerkstoffe) zur Abdichtung zu planen. Für Fugen zwischen Materialien sind vorkonfektionierte Dichtschnüre, -streifen, -bänder, Klebebänder, Dichtstoffe oder Spezialprofile vorzusehen. Die Ausführungsarbeiten der Luftdichtheitsschicht sind dabei auf mehrere Gewerke (Maurer, Putzer, Dachdecker, Trockenbauer, Heizungsbauer, Lüftungsbauer, Elektriker) verteilt, sodass besonders in diesem Bereich eine Bauüberwachung zur Sicherstellung der luftdichten Gebäudehülle gewährleistet werden muss. Für Informationen zur Ausführung der luftdichten Gebäudehülle wird auf Abschnitt 7.4.4 „Innenausbau“ verwiesen.

Bei der Erstellung des Konzepts sind die Anforderungen an die luftdichte Gebäudehülle nach der Energieeinsparverordnung EnEV 2014 und der DIN 4108-2, sowie die in der DIN 4108-7 enthaltenden Planungs- und Ausführungsempfehlungen einzuhalten.

Eine Berechnung des Volumenstroms während der Planungsphase erfolgt hierbei nicht. Bestimmt und nachgewiesen werden kann die Luftdichtheit von Bauteilen nach DIN EN 12114 im Labor an Probekörpern und von Gebäuden nach DIN EN ISO 9972 (früher DIN EN 13829) vor Ort in der Ausführungsphase mit dem Differenzdruckverfahren. Für weitere Informationen zum Differenzdruckverfahren siehe Abschnitt 6.5.2 „Luftdichtheit der Gebäudehülle“. Für die Anforderungen an die Gebäudedichtheit und die Durchführung des Nachweises wird auf den Abschnitt 7.4.4 „Innenausbau“ verwiesen.

Da modernisierte und neu errichtete Gebäude nach den Vorschriften und Richtlinien zur Ausführung einer luftdichten Gebäudehülle nahezu luftdicht sind, sind ergänzend zu den Anforderungen an die luftdichte Gebäudehülle solche an einen Mindestluftwechsel, aus hygienischen Gründen und zur Begrenzung der Raumluftfeuchte, gestellt wurden. Diese werden in der verbindlichen Energieeinsparverordnung umgesetzt. Daher ist für die Belüftung des Gebäudes neben dem Luftdichtheitskonzept zusätzlich ein Lüftungskonzept durch einen Fachmann aus dem Bereich der Lüftungstechnik zu erstellen.

Die Lüftung zur Vermeidung von Bauschäden durch zu hohe Luftfeuchtigkeit wird als Nennlüftung bezeichnet, die zur Lüfterneuerung aus hygienischen Gründen als Bedarfslüftung. Die Lüftung zur Gewährleistung des Mindestluftwechsels in einem Gebäude kann allgemein durch eine natürliche Lüftung oder unterstützt durch mechanische Lüftungsanlagen erfolgen. Die natürliche Lüftung erfolgt dabei durch eine Fensterlüftung und eventuell ergänzender Schächte oder Öffnungen im Gebäude unter Ausnutzung der thermischen Druck- oder Winddruckunterschiede und des natürlichen Auftriebs. Raumluftechnische Anlagen als mechanische Anlagen dienen zur Förderung und Aufbereitung der Luft. Sie können durch Lärmemissionen der Umwelt, baurechtliche Vorschriften und/oder thermische Lasten erforderlich werden. Theoretisch kann die Fensterlüftung einen ausreichenden Luftwechsel erzielen, bei energieeffizienten Gebäuden würde das jedoch eine Lüftung alle 2 Stunden bedeuten. Dieses ist aufwendig und mit hohen Heizenergieverlusten verbunden. Problematisch ist zudem die unbekannte Größe des Nutzers eines Gebäudes, dieser kann folglich im Lüftungskonzept nicht berücksichtigt werden. So passiert es, dass Konzepte für Neubauten und Modernisierungen auf technisch unterstützte Lüftung basieren, um den Anforderungen der EnEV an einen Mindestluftwechsel gerecht zu werden.

Die DIN 1946-6 stellt dabei Anforderungen an das zu erstellende Lüftungskonzept für Wohnungsbauten. *„Das Lüftungskonzept umfasst die Feststellung der Notwendigkeit von Lüftungstechnischen Maßnahmen und die Auswahl des Lüftungssystems“*, unter der Beachtung bauphysikalischer, Lüftungs- und gebäudetechnischer und hygienischer Anhaltspunkte. Ob Lüftungstechnische Maßnahmen in einer Nutzungseinheit bei Wohnungsbauten erforderlich sind, ist durch Berechnungen zu überprüfen. Dabei ist der notwendige Gesamt-Außenluftvolumenstrom zum Feuchteschutz dem Luftvolumenstrom durch Infiltration gegenüber zu stellen. Als Infiltration wird die freie Lüftung über Öffnungen, Fugen und undichten Stellen in der Gebäudehülle bezeichnet. In diesen Luftvolumenstrom fließen die Faktoren des Dämmstandards sowie Art und Lage des Gebäudes mit ein. Überschreitet der Außenluftvolumenstrom den Luftvolumenstrom durch Infiltration, so reicht die Luftzufuhr über die freie Lüftung zum Feuchteschutz nicht aus. Unterschiedliche Maßnahmen zur natürlichen oder mechanischen/ventilatorgestützten Lüftung sind vorzunehmen. Unterschreitet der Wert den Luftvolumenstrom durch Infiltration jedoch und es sind keine besonderen Anforderungen an die Hygiene, Energie und den Schallschutz gestellt, so sind keine Lüftungstechnischen Maßnahmen erforderlich. Zu den freien Lüftungssystemen zählen die Querlüftung und Schachtlüftung. Bei der

Querlüftung verlässt die Abluft das Gebäude über Außenluftdurchlässe und den unvermeidbaren Undichtigkeiten in der Gebäudehülle, zudem strömt frische Luft durch Überstrom-Luftdurchlässe nach. Bei der Schachtlüftung gelangt die Außenluft durch Infiltration in die Räume und die verbrauchte Luft verlässt diese durch vertikale Schächte über das Dach aufgrund thermischer Druckunterschiede. Dabei sind der Belüftung natürliche Grenzen wie durch den Standort des Gebäudes, der Windgeschwindigkeit, der Gebäudestruktur, der Raumtiefe und der Thermik im Gebäude gesetzt. Als raumlufttechnische Anlagen können Abluftsysteme mit oder ohne Wärmerückgewinnung, Zuluftsysteme oder eine Kombination aus Zu- und Abluftsystemen gewählt werden. Bei dem reinen Abluftsystem saugen Ventilatoren die verbrauchte Luft ab und gleichzeitig strömt frische Außenluft über Lüftungselemente in der Fassade nach. Dagegen wird beim Zuluftsystem Luft durch Ventilatoren von außen angesaugt und die verbrauchte Luft entweicht über Lüftungselemente in der Fassade. Die dritte Variante steuert Zu- und Abluft durch Ventilatoren. In der Planung der Wohnungslüftung werden dabei Wohn- und Schlafräume mit Zuluft versorgt und in der Küche, Bad und WC die Abluft nach außen geführt. Mechanische Systeme sind als Einzelventilatoren, Zentralventilatoren oder als Raumgeräte ausführbar, wobei eine dezentrale Anordnung zur individuellen Volumenstromsteuerung günstiger ist. Zur Reduzierung des Energiebedarfs ist die Außenluft möglichst über einen Erdwärmetauscher anzusaugen, da dadurch die Luft bereits vortemperiert wird. Lüftungstechnische Anlagen können neben der Raumlufterneuerung ebenfalls zur Erwärmung oder Kühlung und zur Be- und Entlüftung der Luft in einem Raum angewendet werden.

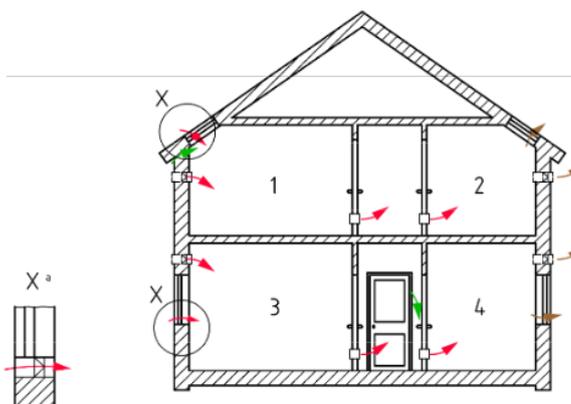
Die Wahl des Systems innerhalb der freien oder ventilatorgestützten Lüftung ist von dem Gesamt-Außenluftvolumenstrom und dem Luftvolumenstroms durch lüftungstechnische Maßnahmen abhängig. Mindestwerte der Gesamt-Außenluftvolumenströme für Nutzungseinheiten sowie solche bei freier Lüftung für einzelne Räume mit Fenstern und bei mechanischer Lüftung für einzelne Räume mit oder ohne Fenster können einer Tabelle der DIN 1946-6 entnommen werden. Bei erhöhten Anforderungen an die Energieeffizienz, dem Schallschutz und der Raumluftqualität ist grundsätzlich eine ventilatorgestützte Lüftung zu wählen.

Neben den Berechnung und der Auswahl eines geeigneten Lüftungssystems ist im Rahmen des Lüftungskonzepts das Luftleitungsnetz ausreichend groß zu dimensionieren Dimensionierung, um einen unnötigen Energiebedarf zur Förderung der Luftvolumenströme zu verhindern. Hierfür sind in Tabellen der DIN 1946-6 Richtwerte für die Luftgeschwindigkeit im Luftleitungsnetz angegeben. Das geplante Lüftungs-

system wird anschließend in reduzierten Schemen oder auch detaillierten Konstruktionszeichnungen als Grundrisse, Schnitte oder Schema dargestellt.

**Kennzeichnung für Bild A.1 nach Abschnitt 10 (Beispiel)**

1. Lüftungssystem	QL
2. Anordnung – Gerät/Ventilator	–
3. Anordnung – Anlage	–
4. Wärmerückgewinnung	0
5. Energie	0
6. Hygiene	0
7. Rückschlagklappe	0
8. Schallschutz	0
9. F-Lüftungsgerät	0



**Legende**

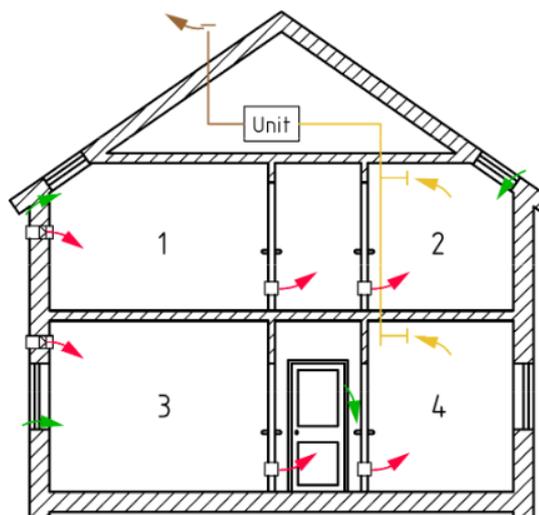
- 1 Schlafen
- 2 Bad
- 3 Wohnen
- 4 Küche

a Wenn die Undichtheit der Gebäudehülle nicht ausreicht, sind ALDs vorzusehen (eigene oder im Fenster).

**Abbildung 4.3-5 Freie Lüftung, Querlüftung zum Feuchteschutz**

**Kennzeichnung für Bild A.5 nach Abschnitt 10 (Beispiel)**

1. Lüftungssystem	AbIL
2. Anordnung – Gerät/Ventilator	Z
3. Anordnung – Anlage	EFH
4. Wärmerückgewinnung	0
5. Energie	0
6. Hygiene	0
7. Rückschlagklappe	0
8. Schallschutz	0
9. F-Lüftungsgerät	0



**Legende**

- 1 Schlafen
- 2 Bad
- 3 Wohnen
- 4 Küche

**Abbildung 4.3-6 Ventilatorgestützte Lüftung, Abluftsystem**

Im Zuge der Erstellung des Lüftungskonzepts muss ebenfalls untersucht werden, ob fensterlose Räume in dem Gebäude vorhanden sind. Diese stellen einen Sonderfall dar, sodass diese zusätzlich eine Auslegung der Lüftung nach der DIN 18017-3

benötigen. Als raumluftechnische Anlagen zur Entlüftung kommen dabei nach DIN 18017-3 Einzelentlüftungsanlagen mit eigener oder gemeinsamer Abluftleitung zur Entlüftung von Räumen einer Wohnung nach Bedarf oder Zentralentlüftungsanlagen mit einem gemeinsamen Ventilator für mehrere Wohnungen zur dauerhaften oder bedarfsgesteuerten Entlüftung in Frage.

Der Nachweis für raumluftechnische Anlagen kann in der Ausführungsphase durch die Messung der Zu- und Abluftvolumenströme erfolgen, hierbei darf eine Abweichung von mehr oder weniger als 15 Prozent zum geplanten Luftvolumenstrom zugelassen werden.

Der Nachweis für die freie Lüftung durch Funktionsprüfungen und Messungen nach Fertigstellung entfällt, da aufgrund wechselnder Randbedingungen keine reproduzierbaren Ergebnisse erzielt werden können.

Bei Nichtwohngebäuden schreibt die Arbeitsstättenverordnung in umschlossenen Arbeitsräumen in Abhängigkeit von den Arbeitsverfahren, der körperlichen Beanspruchung und der Anzahl der Beschäftigten das Vorhandensein ausreichend zuträglicher Atemluft vor. Bei dem Einsatz raumluftechnischer Anlagen muss zudem gewährleistet werden, dass diese jederzeit funktionsfähig sind beziehungsweise bei einem Ausfall die Beschäftigten durch eine Warneinrichtung vor Gesundheitsgefahren bewahrt werden. Auch störende Luftzüge durch solche Anlagen sind zu vermeiden. Die Verpflichtung ein Lüftungskonzept zu entwickeln, wie es DIN 1946-6 für Wohngebäude vorschreibt, existiert für Nichtwohngebäude nicht. Der durch die Energieeinsparverordnung geforderte Mindestluftwechsel kann bei der Berechnung nach der DIN 18599 ausschließlich durch Fensterlüftung nachgewiesen werden. Wird für ein Nichtwohngebäude eine Lüftungs- oder Klimaanlage dennoch gewünscht, so dient die DIN EN 13779 „Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsystemen“ als Leitlinie für dessen Planung und Ausführung sowie zur Erzielung eines behaglichen und gesundheitlich unbedenklichen Innenraumklimas.

Der Qualitätsprüfer hat im Bereich des Luftdichtheitskonzeptes die Festlegung der luftdichten Ebene zu prüfen und auf handwerkliche Ausführbarkeit und Übereinstimmung mit den Vorschriften des Beiblattes 2 der DIN 4108-7 zu kontrollieren. Ebenso hat er für die Wahl und den Einsatz geeigneter Materialien zu sorgen. Bereits in der Planung sind Anschlüsse auf eventuelle Bauteilbewegungen, bedingt

durch die Nutzung oder dem Schwinden von Bauteilen, zu untersuchen, damit hier Hinweise während der Ausführung auf Klebeverbindungen mit Längenveränderungsspielraum zur spannungsfreien Abdichtung gegeben werden können.

Im Rahmen der Erstellung des Lüftungskonzepts sollte der Qualitätsprüfer die Wahl der raumluftechnischen Anlage auf ihre Wirtschaftlichkeit untersuchen und dafür sorgen, dass die Konstruktionszeichnungen in den Ausführungszeichnungen berücksichtigt werden, damit es in der Bauphase nicht zu Platzmangel bezüglich der Unterbringung von Lüftungsleitungen kommt. Zudem sollten Zu- und Abluftvolumenströme ausgeglichen sein und ein ausreichender Luftwechsel vorherrschen.

#### **4.3.7 Beleuchtungskonzept**

Das Beleuchtungskonzept eines Gebäudes ist auf Grundlage der Ausführungsplanung zu erstellen. Außerdem sind die Arbeitsstättenverordnung und die technischen Regeln der Arbeitsstätten mit ihren Anforderungen an die Beleuchtung, weitere geltende Richtlinien und Verordnungen sowie die anerkannten Regeln der Technik zu berücksichtigen.

Gefordert wird ausreichend Tageslicht durch Fensterflächen und angemessene künstliche Beleuchtung zur Ausleuchtung des Raumes und für Sichtverbindungen von innen nach außen, um für ausreichende Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Beschäftigten zu sorgen. Die Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4 zum Thema Beleuchtung konkretisieren die Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung zur Beleuchtung von Arbeitsplätzen. So werden Mindestwerte an die Nutzung von ausreichendem Tageslicht für Arbeitsräume gestellt. Diese gelten bei der Erreichung eines Tageslichtquotienten von mehr als zwei Prozent oder vier Prozent bei Dachoberlichtern oder einem Verhältnis von Fensterfläche zur Raumgrundfläche von mindestens 1:10 als erfüllt. Gleichzeitig gilt es jedoch, störende Blendungen durch die Sonneneinstrahlung zu vermeiden und überhöhte Raumtemperaturen auszuschließen. Auch bei der künstlichen Beleuchtung ist auf eine ausreichende Ausleuchtung des Arbeitsplatzes ohne störende Blendung zu achten. Hierfür geben die Technischen Regeln der Arbeitsstätten Mindestwerte der Beleuchtungsstärke vor. Weitere lichttechnische Mindestanforderungen stellen die DIN EN 12464-1 für die Beleuchtung von Arbeitsstätten und die DIN 5034-1 für Wohn- und Aufenthaltsräume.

Bei der Planung der Beleuchtungstechnik eines Gebäudes ist darauf zu achten, dass im Rahmen der Energieeinsparverordnung bei der Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs nach der DIN V 18599 für Nicht-Wohngebäude neben den Energiemengen für Heizung, Kühlung und Warmwasseraufbereitung auch solche für die Beleuchtung zu berücksichtigen sind. Bei dem Einsatz von künstlichen Lichtquellen ist zudem die Wärmeerzeugung dieser zu berücksichtigen. Wirkt diese sich im Winter positiv auf den Heizwärmebedarf aus, so verursacht sie im Sommer den Anstieg des Energiebedarfs zur Kühlung eines Raumes. Die Beleuchtung ist so auszulegen, dass der Energiebedarf eines Gebäudes nicht unnötig erhöht wird und die Mindestanforderungen gedeckt werden.

Zur Optimierung des Gesamtenergiebedarfs durch Maßnahmen im Bereich der Beleuchtungstechnik ist die Tageslichtnutzung auf ein Optimum zu steigern. Zudem können Lichtsysteme mit innovativer Lichttechnik und tageslichtabhängige Lichtregelungen angewandt werden. Das zur Verfügung stehende Tageslicht hängt dabei von der geografischen Lage, den klimatischen Randbedingungen und der Tages- und Jahreszeit ab. Bereits in der Entwurfsplanung können durch die Bestimmung der Lage eines Raumes im Gebäude und der Fensterflächenanteil die Ausnutzung des natürlichen Lichts bestimmt werden, siehe Abschnitt 7.3.2 „Entwurfsplanung“. Bei der Entwicklung des Beleuchtungskonzeptes ist sowohl eine ausreichende raumbezogene als auch arbeitsbereichsbezogene und teilflächenbezogene Beleuchtung zu planen. Dabei ist ein möglichst hoher Anteil von Tageslicht wünschenswert und der künstliche Lichtanteil, unter Einsatz energiesparsamer Lampenarten, auf ein Minimum zu beschränken. Ob die Ausleuchtung einzelner Räume ausreichend ist, kann durch Simulationsverfahren überprüft werden.

Maßnahmen bei der Beleuchtungstechnik zur Optimierung der Gebäudeenergieeffizienz können natürlich auch auf Wohngebäude angewandt werden. Die Berücksichtigung der Energieverbräuche im Gesamtenergiebedarf eines Wohngebäudes entfallen.

Der Qualitätsprüfer sollte bei der Aufstellung des Beleuchtungskonzeptes die Einhaltung der Anforderungen an das natürliche Licht und die Beleuchtungsstärke kontrollieren. Zudem sollte er prüfen, inwieweit die künstliche Beleuchtung auf ein Minimum reduziert wurde und der Einsatz sparsamer Lampenarten geplant ist.

#### 4.3.8 Anlagentechnisches Konzept

Als Grundlage zur Erstellung des anlagentechnischen Konzepts sind der Bedarfsplan, die Ausführungsplanung und das Wärmedämm- und Wärmeschutzkonzept heranzuziehen. Zudem sind die geltenden Richtlinien, Vorschriften und die anerkannten Regeln der Technik bei der Aufstellung des Konzepts maßgebend.

Mit der Erstellung eines anlagentechnischen Konzepts kann der Energiebedarf eines Gebäudes optimiert und die Kosten gesenkt werden. Zur Aufstellung dieses Konzepts ist das Gebäude als Gesamtheit zu betrachten, das bedeutet die Abhängigkeiten und Auswirkungen von der gewählten Bautechnik und Anlagentechnik sind zu untersuchen und zu beurteilen. Zu den drei wesentlichen Kriterien, mit denen ein energetisch günstiges Gebäude mit hohem Komfort geschaffen werden kann, sind die Senkung des Gebäudeenergiebedarfs durch bauliche Maßnahmen, die Optimierung der Energieeffizienz für die Anlagentechnik und die Nutzung regenerativer Energiequellen zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom. Grundsätzlich soll mit dem Konzept die Reduzierung des Bedarfs an technischen Anlagen unter Berücksichtigung der Anforderungen des Nutzers an die thermische Behaglichkeit erzielt werden.

Zu der Anlagentechnik eines Gebäudes zählen Wärme- und Kälteerzeugungsanlagen, Warmwasserversorgungsanlagen, Lüftungs- und raumluftechnische Anlagen sowie Beleuchtungsanlagen.

Für die Auslegung der **Wärmeerzeugungsanlage** gilt die Gebäudeheizlast bei den rechnerisch tiefsten Außentemperaturen, zusammengesetzt aus Transmissions- und Lüftungsheizlast, als maßgebende Größe. Die Transmissionsheizlast steht dabei in Abhängigkeit zur Größe der Gebäudehüllfläche, die Lüftungsheizlast zu dessen Luftdurchlässigkeit und Winddichtheit. Das Berechnungsverfahren ist auf Grundlage der DIN EN 12831 „Heizungsanlagen in Gebäuden, Verfahren zur Berechnung der Heizlast“ und dem Beiblatt 1 „Nationaler Anhang“ durchzuführen. Übernimmt der Wärmeerzeuger zusätzlich die Warmwasserbereitung oder werden raumluftechnische Anlagen mit Wärme versorgt, so sind diese Zuschläge zusammen mit der Heizlast durch die Wärmeerzeugerleistung auszudrücken.

Der Heizenergiebedarf eines Gebäudes kann dabei durch einen erhöhten Wärmeschutz, eine erhöhte Gebäudedichtheit und eine verbesserte Wärmerückgewinnung

für Lüftungsanlagen reduziert werden. Zudem sollten die inneren Wärmequellen und die passive Sonnenenergie zur Erwärmung des Gebäudes beitragen. Als anzustrebender Referenzwert zum Heizendenergiebedarf gibt die EnEV 30-60kWh/(m<sup>2</sup>a) an. Optimal wäre ein Passivhausstandard mit nicht mehr als 15kWh/(m<sup>2</sup>a).

Als Wärmeerzeugersysteme können je nach Energieträger Heizkessel, Wärmepumpen oder Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen eingesetzt werden.

Als Heizkessel sollten Brennwertkessel (Energiequelle Gas) den Niedertemperatur-Heizkesseln (Energieträger Gas oder Heizöl) vorgezogen werden, da diese im Vergleich weniger Energie benötigen, durch ihre geringere CO<sub>2</sub>-Emission umweltfreundlicher sind und einen Wirkungsgrad von über 100 Prozent aufweisen. Die Investitionskosten liegen höher, werden durch die Energieeinsparungen jedoch in einem vertretbaren Zeitrahmen gedeckt.

Holzessel als Wärmeträger führen anders als bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen zu keinem CO<sub>2</sub>-Anstieg in der Atmosphäre, da die frei werdende Menge bereits in der Wachstumsphase aufgenommen wurde. Holzvergaserkessel entsprechen dabei dem aktuellen Stand der Technik. Die Nennleistung eines solchen Wärmeerzeugers wird nicht kontinuierlich erbracht, sondern in Ausfallzeiten durch Pufferspeicher ausgeglichen. Der Brennstoff ist in Form von Stückholz, Hackgut, Pellets oder Briketts erhältlich. Automatisch beschickte Kessel, wie Hackgutheizungen oder Pelletsheizungen, sollten handbeschickten Anlagen durch ihre kontinuierliche Brennstoffzufuhr und ihren gleichmäßig hohen Wirkungsgrad vorgezogen werden. Pellets weisen dabei durch den Pressvorgang einen besonders hohen Energieinhalt auf, der von Hackgut ist in etwa ein Drittel geringer. Zu berücksichtigen ist bei der Integration einer solchen Heizung, dass genügend Lagerfläche für den Brennstoff vorzusehen ist.

Wärmepumpen heben über einen thermodynamischen Kreislauf Wärme von einem niedrigeren Temperaturniveau auf ein höheres Niveau an und machen somit Umweltwärme für Heizzwecke nutzbar. Dabei wird die Umgebung (je nach System: Luft, Wasser oder Erde) abgekühlt, dessen Erwärmung kontinuierlich durch die Sonne erfolgt und die Wärmegewinne für Heizzwecke verwendet. Die Nutzung von Luft als Energiequelle ist mit den geringsten Investitionskosten, aber auch mit einer niedrigen Wärmeaufnahmefähigkeit, verbunden. Erst mit der Einbindung des Wärmepotentials der Abluft aus lufttechnischen Anlagen oder technischen Prozessen in den Heizkreislauf wird ein ausreichendes Energiepotential erzielt. Die durch die Sonne ständig aufgewärmte Erdoberfläche wird als Energiequelle durch Flächenkollektoren oder Erdsonden im Erdreich nutzbar gemacht. Dieses ist mit hohen Erdbe-

wegungen verbunden und benötigt bei Flächenkollektoren ausreichend Grundstücksfläche. Grundwasser als Wärmequelle, wenn dieses zu Genüge und in oberflächennahen Schichten vorhanden ist, bietet durch sein annähernd gleichbleibendes Temperaturniveau eine hohe Effizienz. Auch Abwässer aus Gewerbe und Industrie können genutzt werden. Dieses führt aus Produktions- oder Kühlprozessen resultierende Wärmemengen mit sich, die durch Wärmepumpen wirtschaftlich nutzbar gemacht wird. Bei einem bivalenten Betrieb, wenn beispielsweise Luft als Energiequelle dient, unterstützt ein zusätzlicher Wärmeerzeuger in den Monaten mit niedrigeren Außentemperaturen die Wärmepumpe bei der Bereitstellung der Wärmemenge. Ein monovalenter Betrieb hingegen fordert die Auslegung der Wärmepumpe auf den rechnerisch kältesten Tag. Diese Betriebsweise kommt bei Neubauten in Betracht, wenn die Investitionskosten eines zweiten Wärmeerzeugers höher liegen als die für die Erschließung der Energiequelle.

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) hingegen erzeugt Strom durch Motoren oder Brennstoffzellen und ermöglicht gleichzeitig die Nutzung der Abwärme für Heiz- oder Kühlzwecke mit einem hohen primärenergetischen Nutzungsgrad. Blockheizkraftwerke stellen dabei KWK-Anlagen mit Verbrennungsmotorantrieb dar und sind durch ihren Leistungsbereich zu unterscheiden und den Anwendungsbereichen zuzuordnen, siehe Abbildung 7.3-1. Als Energieträger kommen Heizöl, Biodiesel, Erdgas oder Biogas zum Einsatz. Die Dimensionierung durch den Planer ist wärmegeführt nach der Heizlast (bevorzugt anzuwenden) oder stromgeführt nach dem Strombedarf zu bemessen. Je nach Auslegung ist der erzeugte Überschussstrom in das öffentliche Netz einzuspeisen, zu viel Wärme in Pufferspeichern zwischen zu speichern beziehungsweise ein Netzparallelbetrieb zur Strombereitstellung oder zusätzliche Wärmeerzeugeranlagen vorzusehen.

Bezeichnung	Leistungsbereich [kW <sub>e</sub> ]	Anwendung
Nano-BHKW	1,0–2,5	Ein- und Zweifamilienhäuser
Mikro-BHKW	2,5–20	Mehrfamilienhäuser Gewerbeimmobilien Verwaltungsgebäude
Mini-BHKW	20–50	Größere Wohnimmobilien Objektgebäude Nahwärmenetze
Klein-BHKW	> 50	Größere Gebäude und Nah- sowie Fernwärmenetze
Groß-BHKW	> 2.000	Quartier- oder Fernwärmeversorgung

**Abbildung 4.3-7 Einteilung und Anwendung von Blockheizkraftwerken**

Für nachhaltige Konzepte sollten zudem zur Heizungsunterstützung oder zur Warmwasserbereitung thermische Solaranlagen Verwendung finden. Das hohe Strahlungsangebot in den Sommermonaten dient dabei zur thermischen Aufladung eines gebäudeintegrierten Speichers, eines Kurzzeitspeichers außerhalb des Gebäudes oder eines Langzeitspeichers bei großen Anlagen, um die Wärme in der Heizperiode zu nutzen.

Elektrische Energie wird vorwiegend aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie erzeugt, nur im geringen Umfang aus Solarenergie und Wasserkraft. Aufgrund des hohen Primärenergiefaktors sollte daher von der Anwendung elektrischer Energie für Heizzwecke abgesehen werden.

Für alle Systeme ist bei der Planung und Ausführung eine Abgasanlage nach der DIN V 18160 vorzusehen, um die entstehenden Abgase sicher und ohne Kondensat-Ausfall abzuführen.

Für eine energieeffiziente und nachhaltige Bauweise und aufgrund der Anforderungen des Erneuerbaren-Energien-Wärmegesetzes sollten statt fossiler Ressourcen, wie Kohle, Erdgas oder Heizöl, regenerative Energieträger, wie Umweltwärme, Biomasse (insbesondere Holz und Biodiesel) oder thermische Solarenergie, zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Wobei Brenngase durch ihre geringe Emission von Schadstoffen als umweltfreundlich anzusehen sind. Bei der Wahl eines geeigneten Systems aus den zuvor beschriebenen Anlagen ist für ein nachhaltiges Wärmeerzeugungskonzept die Versorgung aus dem Umfeld mittels Kraft-Wärme-Kopplung anzustreben und zu prüfen.

Als System für das Wärmeverteilernetz sollte eine Warmwasserpumpenheizung (WWPH) ausgeführt werden, bei der die vom Wärmeerzeuger bereitgestellte Wärme durch Wasser als Trägermedium zu den Heizflächen transportiert wird. Dabei ist Wasser im Gegensatz zu Luft ein Wärmeträger mit deutlicher höherer Effizienz. Zudem sind Anlagen mit geringen Betriebstemperaturen/ Niedertemperaturheizungen und geringer Trägheit auszuführen, um schnell auf Temperaturunterschiede reagieren zu können und die Behaglichkeit in einem Raum beizubehalten. Die niedrigen Heizmitteltemperaturen ermöglichen zudem die Nutzung von Umweltwärme statt fossiler Energieträger und eine Reduzierung des Energieaufwands aufgrund geringerer Wärmeverluste bei der Wärmeerzeugung und -verteilung durch das Rohrleitungssystem. Niedrigtemperaturheizungen erfordern jedoch größere wärmeabge-

bende Flächen, wie Fußbodenheizungssysteme. Sind Glieder- oder Plattenheizkörper vorgesehen, fällt dessen Bemessung wesentlich größer aus.

Dadurch, dass die Heizlast eines Gebäudes, bedingt durch klimatische Einflüsse und der Raumnutzung, über das gesamte Jahr nicht konstant ist, ist eine Regelung der Wärmeversorgungsanlagen zur verzögerungsfreien Anpassung an die Heizlast vorzusehen. Dieses ermöglicht Energieeinsparungen und ist durch die EnEV gesetzlich vorgeschrieben. Prinzipiell sollte eine nach Zeit und Temperatur einstellbare Nachtabsenkung angestrebt werden. Ab bestimmten Gebäuden- und Anlagengrößen sollte jedoch eine zentrale Gebäudeleittechnik mit digitaler Regeltechnik installiert werden.

Als Grundlage zur Auslegung der **Kälteerzeugungsanlagen**, zur Verhinderung von Übertemperaturen und zur Entfeuchtung der Raumluft dient die Berechnung der Kühllast. Die Erwärmung eines Gebäudes ist dabei von den Wärmeflüssen, geplanter Sonnenschutzmaßnahmen und der Speicherfähigkeit der Innenbauteile abhängig. Die Kühllast ist grundsätzlich in die äußere und innere Kühllast zu unterscheiden. Wärmeströme durch Transmission über die Gebäudehülle, der Gesamtenergiedurchlassgrad der Fenster und die Infiltration beeinflussen dabei die äußere Last und interne Wärmeflüsse durch Beleuchtung, Maschinen und Personen die innere Kühllast. Für die Senkung des Kühlenergieaufwands kann bei der Planung des Gebäudes auf die Gebäudeausrichtung und Zonierung der Räume nach dem Strahlungseintrag, den Fensterflächenanteil zur Gesamthüllfläche sowie dem Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung und Sonnenschutzvorrichtungen geachtet werden. Verschattungssysteme sollten jedoch den Tageslichteinfall nicht insoweit verhindern, dass eine künstliche Beleuchtung als Ersatzmaßnahme erforderlich wird, da diese wiederum für zusätzliche Kühllast sorgt. Eine möglichst schwere Bauweise mit speichernden Massen gleicht zudem Temperaturspitzen im Sommer aus.

Das thermische Verhalten von Räumen ist durch Simulationen zu beurteilen, um herauszufinden, ob passive Maßnahmen, wie Sonnenschutz und Speicherfähigkeit der Innenbauteile, eine Überhitzung verhindern oder ob Kühlanlagen als aktive Maßnahmen im Gebäude zu integrieren sind.

Eine Kühlung kann zum einen ohne Kältemaschinen zum Beispiel mit oberflächennaher Geothermie oder Verdunstungskühlung oder zum anderen mit Kältemaschinen mit einem Kompressions- oder Sorptionsverfahren erfolgen. Die Kühlung ohne

Maschinentechnik funktioniert dabei durch natürliche Wärmesenken, wie Grundwasser (ab 10m Tiefe nur geringe Temperaturschwankungen), Oberflächenwasser oder das Erdreich. Eine zusätzliche Wärmepumpe kann im Winterbetrieb die Energieträger als Wärmequelle nutzen oder bei nicht ausreichendem Wärmesenkenpotential zur unterstützenden Kühlung dienen. Das Kompressionsverfahren ist analog zum thermodynamischen Kreislauf einer Wärmepumpe. Das Sorptionsverfahren kühlt dagegen durch einen Verdichterprozess als thermische Verdichtung durch Wärmezufuhr aus Gasverbrennung, der Verwendung von Abwärme beziehungsweise Fernwärme oder durch Nutzung solarer Energie. Die Kühlung kann direkt durch Anordnung einer dezentralen Anlage im Raum mit der abzukühlenden Raumluft oder indirekt durch ein Kälteüberträgermedium geplant werden. Das Kälteüberträgermedium wird dabei in einer Kältemaschine abgekühlt, zu einem Verteiler gefördert und versorgt Temperierungssysteme oder Wärmetauscher von raumluftechnischen Anlagen.

Ebenfalls sind solarunterstützte Kälteanlagen möglich. Dabei kann bevorzugt die Kälte über photovoltaische Stromerzeugung als elektrisches System oder aber durch thermisch angetriebene Verfahren zur Umwandlung der Wärme erzeugt werden.

Grundsätzlich sollten Übertemperaturen im Sommer durch bauliche Maßnahmen und der Nachtkühlung mittels thermisch aktiver Bauteile vermieden werden oder eine Kühlung ohne Kältemaschinen geplant werden. Ist eine Kühlung durch Anlagen unumgänglich, ist aus energieeffizienter und nachhaltiger Sicht die Kühlung mit Hilfe regenerativer Energiequellen strombetriebenen Kältemaschinen vorzuziehen. Idealerweise wird eine Kältemaschine mit dem Überschussstrom der Kraft-Wärme-Kopplung betrieben.

Zudem sind bei der Planung von Klimaanlage die erhöhten Anlagenkosten, finanzielle und personelle Aufwendungen für den Betrieb ebenso wie die Wartung und Unterhaltung zu berücksichtigen.

Die Anlagentechnik zur **Trinkwassererzeugung** eines Gebäudes kann zentral oder dezentral als Durchlauf- oder Speicherprinzip erfolgen. Die Wärmeerzeugung zentraler Anlagen erfolgt durch den Anschluss an das Heizungssystem mit Kombinationskesseln oder durch thermische Solaranlagen. Die notwendige Heizleistung solcher Systeme ist nach der DIN 4708-3 bis 3 „Zentrale Warmwassererwärmungsanlagen“ zu bemessen. Dezentrale Anlagen sind durch ihren Strombetrieb für energieeffiziente und nachhaltige Gebäude kontraproduktiv und sollten nur

in selten genutzten Bädern oder in Bereichen, in denen andere Warmwassererzeugungssysteme unwirtschaftlich sind, eingesetzt werden. Als Beispiel können hier Handwaschbecken und Teeküchen von Büro, Verwaltungs- und Schulgebäuden genannt werden.

Wird die Warmwassererzeugung mit der Wärmeerzeugung verbunden, stellt ein Warmwasserspeicher dieses zur Verfügung. Wird dieser Speicher aufgeheizt, entfällt die Wärmeerzeugung für die Gebäudeheizung. Daher bieten sich großvolumige Standspeicher an, die lediglich einmal am Tag aufgeheizt werden. Bei einem größeren Gebäude und Anlagentechnik ist ein gesonderter Wärmeerzeuger für die Warmwassererzeugung zu installieren.

Wassererwärmungsgeräte sind grundsätzlich möglichst nah an Kleinverbrauchsstellen anzuordnen und Rohrleitungslängen zu weiteren Abnahmestellen kurz zu halten, um Energieverluste zu verhindern. Diese Verluste entstehen durch das Abkühlen von in der Leitung zurückbleibendem erwärmtem Wasser, welches wiederum beim nächsten Zapfvorgang von warmem Wasser zu Wasserverlusten führt. Zudem verhindern kurze Wege die Integration von Zirkulationsleitungen in das System, bei dem der Wasserkreislauf ständig durch Umwälzpumpen in Bewegung gehalten wird und somit Energieverluste provoziert werden.

Der Energieaufwand für die Trinkwassererwärmung ist im Gegensatz zum Heizenergiebedarf nicht beeinflussbar. Als Maßnahmen zur Senkung kommen lediglich der Verzicht auf dessen Erwärmung oder der Einsatz wassersparender Armaturen in Frage. Am energieeffizientesten ist die Kopplung der Trinkwarmwassererzeugung an die Wärmeerzeugung für Heizzwecke oder die solare Trinkwassererwärmung mit einem zuschaltbaren Wärmeerzeuger in den dunkleren und ineffizienten Jahreszeiten.

Die Auslegung der **Lüftungs- und raumluftechnischen Anlagen** hängt vom Außenvolumenstrom eines Gebäudes ab. Angaben zur Berechnung und technischen Aspekten solcher Anlagen können dem Lüftungskonzept in Abschnitt 7.3.6 entnommen werden.

Für ein ganzheitliches und energieeffizientes Konzept ist eine raumluftechnische Anlage mit Wärmerückgewinnung vorzusehen, denn nur diese ermöglicht eine kontrollierte Lüftung einschließlich der Wiederverwertung der Wärmeinhalte. Bei einer natürlichen Lüftung hingegen entweicht die erwärmte Luft nach außen und der Heizbedarf ist durch eine Wärmeerzeugungsanlage auszugleichen. Eine Möglichkeit zur Wärmerückgewinnung bietet dabei die Nutzung der Abluftwärme als Ener-

giequelle für eine Wärmepumpe. Für alle mechanischen Lüftungen ist der Strombedarf zu berücksichtigen. Dieser ist Abhängig von der Höhe des Außenluftwechsels, der Nutzung des Gebäudes, dem Kanalsystem, dem Außenklima und dem gewählten Anlagensystem.

Aber auch eine Kombination aus natürlicher Lüftung in den Übergangszeiten und einer maschinellen Lüftung im Sommer und Winter ist möglich.

Zusätzlich sind für eine energieeffiziente Belüftung und einem hohen Komfort eines Raumes die Luftführungen (als Misch-, Verdrängungs- oder Schichtenströmung) an das Gebäude anzupassen und der Aufwand für den Lufttransport, durch Anordnung des Außenlufteintritts nahe des zu versorgenden Raumes, möglichst gering zu halten. Kürzeste Wege werden dabei durch die natürliche Lüftung erzielt, bei der maschinellen Lüftung erfordert eine zentrale Anordnung den meisten Aufwand für den Transport. Die dezentrale Lüftung hingegen weist kurze Wege und folglich geringe Druckverluste auf, reduziert dadurch den Energieaufwand und lässt sich zudem individuell steuern. Zu berücksichtigen ist jedoch der erhöhte Inspektions- und Wartungsaufwand.

Raumlufttechnischen Anlagen können auch in Verbindung mit Kälte- und/oder Heizungsanlagen betrieben werden. Hierbei ist zwischen Nur-Luftanlagen, Luftwasseranlagen und Luft-Kältemittelanlagen zu unterscheiden. Die erste Variante bereitet die Luft ausschließlich entsprechend den thermodynamischen Behandlungsfunktionen (siehe Lüftungskonzept in Abschnitt 7.3.6) auf und wird durch Kühlung ergänzt. Luftwasseranlagen sind raumlufttechnische Anlagen, die durch wassergeführte Zusatzheiz- oder Kühleinrichtungen ergänzt werden und mit der Kälte- und oder Wärmeerzeugungsanlage verbunden sind. Sie sind durch das Energieträgermedium Wasser energieeffizienter als Nur-Luftanlagen. Die dritte Variante integriert die gesamte Kältetechnik in einer Anlage, ist platzsparend und ist häufig die kostengünstigste Alternative. Aufgrund des Betriebes mit Strom und den stärkeren Zugscheinungen, die die Behaglichkeit in einem Raum herabsetzen, sollte auf den Einbau dieses Systems verzichtet werden.

Kühlflächen sind dabei möglichst an der Decke eines Raumes zur Aufnahme der Wärmestrahlung oder im Fußboden in der Nähe der Fassade zur Absorption einfallender Sonnenstrahlung und gleichzeitiger Abführung anzuordnen.

Die Ausleuchtung der Räumlichkeiten von Wohn- und Nichtwohngebäuden sollte möglichst durch eine optimale Tageslichtnutzung erzielt werden. Reicht diese nicht aus, ist künstliches Licht durch **Beleuchtungsanlagen** zu integrieren.

Grundsätzlich spielt der Energiebedarf für Beleuchtungsanlagen bei Wohnungsbauten eine untergeordnete Rolle, in Bürogebäuden trägt dieser jedoch einen wesentlichen Anteil zum Primärenergieaufwand bei. Daher sollten für solche Gebäude ein Beleuchtungskonzept in der Planungsphase erstellt werden, um den Energiebedarf zur Ausleuchtung der Räumlichkeiten zu optimieren. (Siehe hierzu Abschnitt 7.3.7 „Beleuchtungskonzept“)

Bei der Planung und Wahl der Anlagentechnik für Heizung, Kühlung, Lüftung, Warmwasseraufbereitung und Beleuchtung sollte grundsätzlich versucht werden, den benötigten Energiebedarf aus regenerativen Energiequellen zur Schonung der fossilen Ressourcen und zur Minderung der Abhängigkeiten von Energieimporten zu decken. Neben den Anforderungen einer energieeffizienten und nachhaltigen Bauweise fordert auch die Bundesrepublik Deutschland durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG – und das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz – EEWärmeG – den Einsatz erneuerbarer Energieträger. Die vorgeschriebene anteilige Deckung des Energiebedarfs variiert dabei je nach geplantem System und kann dem EEWärmeG entnommen werden.

Neben den Vorteilen der geringen bis zu keiner Belastung der Umwelt und der Senkung der Energiekosten durch Nutzung von erneuerbaren Energien existieren auch Nachteile. Bedingt durch ihre schwankenden Leistungen werden meist große Flächen für die Energiegewinnung und -speicherung benötigt, welche wiederum zu hohen Investitionskosten führen. Zur effizienten und wirtschaftlichen Nutzung ist das Gebäudekonzept auf die Nutzung regenerativer Energiequellen abzustimmen. So ist der Energiebedarf zu minimieren und das Verhältnis von der Grundstücksgröße zum Gebäudevolumen zu optimieren.

Als Alternativen zum Einsatz regenerativer Energien nach dem EEWärmeG können der Wärme- und Kälteenergiebedarf zu mindestens 50 Prozent aus Anlagen zur Nutzung von Abwärme oder aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) gedeckt werden. Aber auch Maßnahmen zur Einsparung von Energie sind als Ersatzmaßnahmen anrechenbar. Hierzu gehören die Unterschreitung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der Anforderungen an die Wärmedämmung eines Gebäudes nach der Energieeinsparverordnung um mindestens 15 Prozent (Nachweis durch den Energieausweis), oder die Nutzung von Fernwärme oder Fernkälte, wenn diese zu einem wesentlichen Anteil aus erneuerbarer Energie oder zu 50 Prozent aus Anlagen zur Nutzung von Abwärme oder aus KWK-Anlagen besteht.

Nachzuweisen ist die Nutzung regenerativer Energie durch Vorlage der Abrechnungen des Brennstofflieferanten der zuständigen Behörde bei Verwendung von Biomasse, durch Zertifikate bei solarer Strahlungsenergie oder Bescheinigungen eines Sachkundigen und Umweltzeichen bei Geothermie und Umweltwärme. Im Falle von Ersatzmaßnahmen ist deren Erfüllung nachzuweisen.

Für genauere Informationen zu Anforderungen an die Nutzung von Erneuerbaren Energien und Ersatzmaßnahmen wird auf das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz verwiesen.

Für ein komfortables Raumklima, eine akzeptable Raumluftqualität und einen effizienten Anlagenbetrieb sollte eine Gebäudeautomation durch die Integration einer Mess-, Steuer- und Regelungstechnik in die Gebäudetechnik angestrebt werden. Hierunter fallen sowohl die Einzelraumregelung als auch Regelungsvorgänge der Anlagen zur Heizung, Kühlung und Lüftung, um die Temperatur, Feuchte und den Druck von der Luft und dem Wasser konstant auf den vorgegebenen Werten zu halten.

Der Qualitätsprüfer hat das Konzept zu prüfen und Maßnahmen in Kooperation mit Fachplanern auf ihre Wirtschaftlichkeit zu untersuchen. Zudem ist die Einhaltung der Anforderungen nach der Energieeinsparverordnung und dem Erneuerbaren-Energien-Wärmegesetz zu kontrollieren und eine energieeffiziente Dimensionierung der gewählten Anlagentechnik und eine optimierte Regelungstechnik anzustreben.

#### **4.4 Baubegleitende Qualitätsprüfung**

Änderungen der Planung durch den Bauherrn sind grundsätzlich auch während der Ausführungsphase noch möglich, können jedoch zu erhöhten Kosten und Terminverzögerungen führen, die wiederum eine Qualitätsminderung verursachen können. Daher sollte für einen „Planungsabschluss vor Ausführungsbeginn“ eines Projektes gesorgt werden.

Die in der Planungsphase aufgestellten und geforderten Leistungen, Qualitäten und Anforderungen sind während der Ausführungsphase durch den Qualitätsprüfer auf deren fachgerechte und qualitätsvolle Umsetzung und Einhaltung zu überprüfen und zu kontrollieren.

Bei den Kontrollen und Prüfungen ist auf die genaue zeitliche Einbindung in Abhängigkeit von bestimmten Bautenständen in der Bauausführung zu achten. Prinzipiell sind alle Maßnahmen der Qualitätsprüfung schriftlich zu protokollieren und durch Pläne, Bauteildetails und Fotos zu ergänzen.

Während der Bauausführung ist grundsätzlich bei der Wahl der Baustoffe und Bauteile auf dessen Dauerhaftigkeit zu achten, um eine langfristige Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit zu erreichen und somit optimale Bedingungen für die Lebensdauer des Gebäudes und den Unterhaltungs- und Erneuerungsaufwand zu schaffen. Baustoffe, die eine geringere Nutzungsdauer aufweisen als der Betrachtungszeitraum des Bauwerks betrifft, verursachen Ersatzinvestitionen, die in der Instandhaltung des Gebäudes zu berücksichtigen wären.

Zudem schreiben die allgemeinen technischen Vertragsbedingungen der VOB Teil C in Abschnitt 2 „Stoffe und Bauteile“ vor, dass Baustoffe für den geplanten Verwendungszweck geeignet und Materialien untereinander abgestimmt und kompatibel sein müssen. Eingebaute Gegenstände und Bauteile, die DIN-Normen unterliegen, müssen zudem den DIN-Güte- und DIN-Maßbestimmungen entsprechen, beziehungsweise die einer Überwachungs- und Prüfzeichenpflicht oder dem Nachweis der Brauchbarkeit unterliegen, bedürfen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung.

Bei Baustoffen wird durch die Landesbauordnung zwischen geregelten, nicht geregelten und sonstigen Baustoffen unterschieden. Diese wiederum sind durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) Bauregellisten zugeordnet, aus denen die Kennzeichnung eines Bauproduktes entnommen werden kann. Die Kennzeichnung kann durch das CE-Zeichen oder durch das Übereinstimmungskennzeichen (Ü-Zeichen) erfolgen. CE steht dabei für Communauté Européenne (Europäische Union) und weist auf die Konformität des Bauproduktes mit den europäischen Richtlinien hin. Das Übereinstimmungszeichen deutet auf Fremdüberwachung des Produktes von unabhängigen und staatlich anerkannten Prüfstellen und auf dessen Übereinstimmung mit den anerkannten Regeln hin.

Neben dieser geregelten Kennzeichnung von Bauprodukten gibt es zudem Umweltzeichen die nachhaltige Produkte und Materialien deklarieren. Bei gewünschter und geplanter nachhaltiger Bauweise ist in der Ausführungsphase auf den Einbau solcher zusätzlich gekennzeichneten Materialien zu achten. Zu den Umweltzeichen gehören dabei der Blaue Engel, das EU-Ecolabel oder das IBO-Prüfzeichen. Die Internetplattform WECOBIS liefert dabei unterstützend zu Produkten und Stoffen

Informationen über die gesundheitlichen und umweltrelevanten Aspekte. Aber auch der Einsatz von Recyclingprodukten gilt bei nachhaltiger Bauweise als umweltschonend und kann den Umweltzeichen als technisch gleichwertig gegenüber gestellt werden.

Bei der Wahl der Dämmstoffe spielen vor allem die Kriterien der Herstellung und Entsorgung, Art und Menge des Rohstoffbedarfs sowie die Eigenschaften, physikalische Daten, der Einsatzbereich, Schadstoffwirkungen und die Kosten eine Rolle. Bei Dämmstoffe kann zwischen naturnahen (tierische, pflanzliche und mineralische) und künstlichen (synthetische und mineralisch-synthetische) Materialien unterschieden werden. Aus ökologischer Sicht haben dabei die künstlichen Dämmstoffe einen Nachteil, denn sie stoßen eine erhebliche Menge an Treibhausgasen bei den Herstellungsprozessen aus, werden aus knappen Rohstoffreserven hergestellt und ihre Entsorgung erfolgt auf der Deponie. Aber auch bei den naturnahen Produkten sind der Transportenergieaufwand, beispielsweise bei Schafwolle aus Neuseeland oder Kork, chemische Behandlungen und Abwasserbelastungen nicht zu vernachlässigen. Bei der Ausführung von nachhaltigen und energieeffizienten Bauwerken sollte grundsätzlich versucht werden, umweltschonende Materialien einzusetzen. Die Auswahl des Dämmstoffes erfolgt durch die konstruktiven Eigenschaften, dem Einsatzort und bauphysikalischen Aspekten. Als wichtigste physikalische Kenngröße ist der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes anzusehen. Je höher dieser Wert ist, desto schlechter ist die Dämmwirkung. Wärmedämmung wirkt sich aber nicht nur positiv auf den winterlichen sondern auch auf den sommerlichen Wärmeschutz aus. Eine hohe Wärmekapazität bedeutet, dass die Wärme lange zum Durchwandern der Bauteile braucht.

Bei allen nachfolgend aufgeführten Ausführungsarbeiten ist vor Beginn der Arbeiten auf eine den anerkannten Regeln der Technik entsprechende und qualitätsvolle Ausführung der Vorgewerke zu achten. Sollte ein Gewerk nicht der vorgeschriebenen Qualität oder den Regeltechniken entsprechen, sind die energetischen Maßnahmen vor der Klärung und Beseitigung der Fehler nicht auszuführen.

Zudem sind grundsätzlich alle zu verbauenden Materialien trocken zu lagern und vor Feuchtigkeit zu schützen.

Der Einbau ist grundsätzlich nur bei vorgeschriebenen Verarbeitungstemperaturen, sowohl der Außenluft als auch der Bauteiloberflächen, durchzuführen.

Bei allen verbauten Materialien sind die Lieferscheine, Verwendbarkeitsnachweise, Kennzeichnungen mit Gütezeichen beziehungsweise mit dem allgemein bauaufsichtlichen Prüfzeugnis einzusehen und zu dokumentieren, um die Verwertbarkeit des Baustoffes zu überprüfen.

#### **4.4.1 Bauwerkssohle**

Je nach Bauweise, mit oder ohne Keller, beheizter oder nicht beheizter Keller, ist die Lage der Dämmschicht unterschiedlich anzuordnen. Bei unbeheizten Kellern sind die Kellerdecke, bei beheizten Kellern die Bauwerkssohle sowie die an das Erdreich angrenzenden Wände zu dämmen (für Kellerwände siehe Abschnitt 7.4.2 „Bauwerkshülle“). Ist ein nicht unterkellertes Gebäude geplant, ist die Bauwerkssohle vor Wärmeverlusten zu schützen.

Bei der Dämmung von Bauwerkssohlen ist zwischen der Wärmedämmung unterhalb und oberhalb der Bodenplatte zu unterscheiden. Außenliegende Dämmstoffe müssen, im Gegensatz zu innenliegenden, erhöhte Anforderungen an die Feuchte und Druckbeständigkeit erfüllen. Perimeterdämmung ist dabei ein geeigneter Dämmstoff der unverrottbar, frostbeständig und maßstabil ist. Eingesetzt werden können geschlossenzellige Schaumstoffe, beispielsweise expandierte und extrudierte Polystyrol-Hartschäume (EPS/XPS), Schaumglas oder Glasschaum-Granulat. [30] Als umweltschonender Wärmedämmstoff bei dem Einsatz von Wärmedämmung in feuchteempfindlichen Bereichen sind leider keine Alternativen verwendbar. Die Dämmung im innenliegenden Bereich, oberhalb der Dämmplatte, dient sowohl der Wärmedämmung als auch der Trittschalldämmung. Da die Anordnung dieser Schicht unterhalb der lastverteilenden Estrichplatte vorgesehen ist, sind Dämmstoffe mit erhöhten Anforderungen an die Druckfestigkeit einzusetzen. Als Produkte können Mineralwolle, expandierte Polystyrol-/ Polyurethan-Hartschäume, Blähperlite, Kork und Holzfasern, je nach Verwendungszweck, eingebaut werden.

Die Verlegung erfolgt vollflächig und dicht gestoßen, bei mehrlagigem Einbau mit fugenversetzten Stößen, im Verband auf dem Untergrund. Bei dem gleichzeitigen Einbau von Wärme- und Trittschalldämmung ist der Dämmstoff mit der geringeren Zusammendrückbarkeit (Trittschalldämmplatten) oben anzuordnen. Sind Unebenheiten im Untergrund, beispielsweise Rohrleitungen, auszugleichen, ist die Anordnung umzukehren.

Grundsätzlich wird hier bei der Ausführung von Dämmungen im Innen- und Außenbereich auf eine Abdichtung gegen Feuchtigkeit verwiesen. Diese ist besonders im erdberührten Bereich vor der Ausführung der Wärmedämmschicht auf ihren ordnungsgemäßen und schadenfreien Einbau vor Beginn der Arbeiten zu überprüfen.

Als Unterlagen zur Ausführung und Qualitätsprüfung sind die Ausführungszeichnungen und Detailpläne, Vertragsunterlagen, erstellte Wärmedämm-, Luftdichtheitskonzepte und der EnEV-Nachweis zugrunde zu legen.

Bei der Ausführung sind zudem die anerkannten Regeln der Technik, Vorschriften aus Datenblättern, Richtlinien und Verarbeitungshinweise der Hersteller zu beachten.

Der Qualitätsprüfer hat durch Sichtkontrolle während und/oder nach der Arbeit die Verlegung und Verklebung auf Richtigkeit und Übereinstimmung mit den Hersteller Vorschriften zu überprüfen. Dabei müssen die Platten mit Stufenfalz im Verbund dicht gestoßen werden. Eventuell ist die in der Wärmeschutzberechnung geforderte Schichtdicke durch Messungen zu kontrollieren oder der Deklaration zu entnehmen und die im Wärmedämmkonzept entwickelten Maßnahmen auf ihre Ausführung zu überprüfen. Bereits eine Abweichung der Dämmstoffdicke von wenigen Millimetern kann zur Überschreitung der durch die EnEV geforderten Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche führen. Alle Anschlussbereiche sind auf Wärmebrückenfreiheit zu kontrollieren. Zudem sollten die deklarierten Eigenschaften der Wärmeleitfähigkeit überprüft und dokumentiert werden.

#### **4.4.2 Bauwerkshülle**

In erdberührten Bereichen sollten als außenseitige Dämmung Perimeterdämmstoffe verwendet werden. [30] Als Anforderungen gelten die der außenseitigen Wärmedämmung von Bodenplatten, siehe Abschnitt 7.4.1 „Bauwerkssohle“.

Für den Einbau muss der Untergrund tragfähig und eben sein. Bei der Verlegung ist auf eine einlagige und im Verband dicht gestoßene Anbringung der Platten zu achten. Die Dämmung wird punkt- oder streifenweise mit geeigneten Klebstoffen direkt auf der Abdichtungsebene verklebt. Am Fußpunkt sollten die Dämmplatten gegen späteres Verrutschen, durch das Auffüllen des Bodens, durch eine Aufstandsfläche

(Fundamentvorsprung oder ähnliches) geschützt werden. Zur Vermeidung von Wärmebrücken sind Dämmplatten mit Stufenfalz empfehlenswert.

Besonders im erdberührten Bereich ist vor der Ausführung der Wärmedämmschicht die ordnungsgemäße und schadenfreie Abdichtung vor Beginn der Arbeiten zu überprüfen.

Für die Wärmedämmung der Außenwand „im Freien“ stehen unterschiedliche Systeme zur Verfügung. Als Aufbauten stehen dabei ein zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung, Mauerwerk mit Wärmeputz, Mauerwerk mit Außendämmung (einem Wärmedämm-Verbundsystem), transluzente Wärmedämmung, hinterlüftete Vorhangfassade oder Holzrahmen-, Holzskelett und Brettlagenbau zur Verfügung.

Auf eine Innendämmung sollte bei Neubauten prinzipiell aus bauphysikalischer Sicht verzichtet werden. Wenn Innendämmung, beispielsweise bei Sanierungen, zum Einsatz kommt, sollte auf eine wärmebrückenfreie Verarbeitung Acht gegeben werden sowie eine Dampfbremse zwischen Innenputz und Dämmung vorgesehen werden.

Bei der Verarbeitung von Dämmstoffplatten ist darauf zu achten, eine fugenlose Verlegung zu gewährleisten, Wärmebrücken und Durchdringungen zu verhindern und für den Einsatzort und die Konstruktion geeignete und aufeinander abgestimmte Materialien zu verwenden. Dabei müssen die Eigenschaften des Dämmstoffes mit den geforderten aus der Planung übereinstimmen und die Dämmstoffdicken eingehalten werden.

Werden Systeme mit Belüftungsebenen vorgesehen, muss kontrolliert werden, dass diese Ebene durchgehend ausgeführt wird, damit Tauwasser und eingedrungener Niederschlag in der Konstruktion verdunsten können und ob Zu- und Abluftöffnungen oben und unten in der Fassade vorgesehen wurden.

Sind in dem Gebäude unbeheizte Räume vorgesehen, ist zu beachten, dass die trennende Wand zwischen beheiztem und nicht beheiztem Raum ebenfalls mit wärmedämmtechnischen Maßnahmen ausgeführt wird.

Anschlussbereiche aufgehender Wände oder der Anschluss der Kellerwand an die Kellerdecke sollten mit einem „Dämmblock“ beziehungsweise Kimmstein als Anschlussstein ausgeführt werden. Dieser besitzt eine geringe Wärmeleitfähigkeit, verhindert somit die Bildung einer Wärmebrücke und ist gleichzeitig statisch belastbar. Bei der Ausführung einer außenliegenden durchgehenden homogenen Dämm-

schicht sind auskragende Bauteile durch eine thermische Trennung von dieser abzugrenzen. Dieses kann durch Isolationskörbe erfolgen.

Als Unterlagen zur Ausführung und Qualitätsprüfung dienen die Ausführungszeichnungen und Detailanschlusszeichnungen, Vertragsunterlagen, erstellte Konzepte zur Wärmedämmung und Luftdichtheit und der EnEV-Nachweis, aus denen die gewünschte/ geforderte Beschaffenheit hervorgeht.

Bei der Ausführung sind zudem die anerkannten Regeln der Technik, Vorschriften aus Datenblättern, Richtlinien und Verarbeitungshinweise der Hersteller zu beachten.

Der Qualitätsprüfer hat durch Sichtkontrolle während und/oder nach der Arbeit (bei Kelleraußenwänden vor der Widerverfüllung der Baugrube) die Verlegung und Verklebung/ Verdübelung der Wärmedämmung, je nach gewähltem System, auf Richtigkeit zu überprüfen. Werden Systeme mit einer Luftschicht eingebaut, muss diese auf ihre Durchgängigkeit kontrolliert werden. Stoßen Materialien aneinander, kann es zu Durchfeuchtung des Dämmstoffes kommen und die Dämmfähigkeit wird verschlechtert. Eventuell ist die in der Wärmeschutzberechnung geforderte Schichtdicke durch Messungen zu kontrollieren oder der Deklaration zu entnehmen. Besonders der Anschluss der Dämmung im erdberührten Bereich zur darüber liegenden Fassade, aber auch alle weiteren Detailpunkte sind auf den anerkannten Regeln der Technik entsprechende Ausführung zu kontrollieren. Zudem sollten die deklarierten Eigenschaften der Wärmeleitfähigkeit überprüft und dokumentiert werden. [30] Für die Nachhaltigkeit eines Bauteils und der einzelnen verwendeten Materialien kann zudem die ökologische Qualität durch Datenblätter, Deklarationen und Umweltzeichen nachgewiesen werden.

Fenster in der Gebäudehülle sind für die Versorgung der Räume mit Tageslicht, für den Sichtkontakt von Innen zur Außenwelt und folglich für die Behaglichkeit und das Wohlbefinden in einem Gebäude verantwortlich. Anforderungen an die Verglasung liegen im Wärmeschutz und der Luftdichtheit des Bauteils selbst sowie dessen luftdichten Anschluss an die angrenzenden Bauteile, um Zuglufterscheinungen und Energieverluste zu verhindern. Gleiche Anforderungen gelten für eingebaute Fenstertüren und andere Außentüren.

Bei dem Einbau sind die Fenster von innen umlaufend mit einer luftdichten Fensteranschlussfuge, durch ein elastisches, einseitiges Klebeband, auszuführen. Werden

Rollläden verbaut, ist auf eine wärmebrückenfreie Ausführung, durch Dämmung, siehe Detailzeichnungen des Beiblattes 2 der DIN 4108, zu achten oder es sind außenliegende Rollläden zu wählen.

Als Unterlagen zur Ausführung und Qualitätsprüfung dienen die Ausführungszeichnungen und Detailanschlusszeichnungen, Vertragsunterlagen, erstellte Konzepte zur Wärmedämmung und Luftdichtheit und der EnEV-Nachweis, aus denen die gewünschte/ geforderte Beschaffenheit hervorgeht.

Der Qualitätsprüfer hat die in der Produktdeklaration angegebenen Werte zum Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung und den zugehörigen Wärmedurchgangskoeffizienten mit denen aus dem Energiesparnachweis geforderten Werten abzugleichen. Die eingebaute Verglasung ist auf Übereinstimmung mit der geforderten Verglasungsart nach dem Wärmedämm- und Wärmeschutzkonzept zu überprüfen.

Dieses kann durch einen „Feuerzeugtest“ erfolgen, bei dem die offene Flamme vor die Verglasung gehalten wird und die Anzahl der reflektierten Flammen die Anzahl der Oberflächen des verbauten Fensters widerspiegelt, beziehungsweise die Flammenfarbe eine Beschichtung andeutet.

Die Luftdurchlässigkeit der Fenster, Fenstertüren und Außentüren hat der Klassifizierung der DIN EN 12207 „Fenster und Türen - Luftdurchlässigkeit - Klassifizierung“ zu entsprechen. Die EnEV schreibt dabei für Gebäude bis zu zwei Vollgeschossen die Einhaltung der Klasse zwei und bei mehr als zwei Vollgeschossen die Klasse 3 vor. Dichtungsprofile von Fenstern und Türen sind auf ihr Vorhandensein, ihre Elastizität und der lückenlosen Verlegung zu kontrollieren. Geplante Sonnenschutzvorrichtungen sind auf ihren Einbau und dessen Konformität mit den anerkannten Regeln der Technik zu kontrollieren.

Die fertig gestellte Fassade kann auf Wärmebrücken und Luftdurchlässigkeiten mittels einer Thermografie untersucht werden.

#### 4.4.3 Dach

Die Aufgabenbereiche eines Daches liegen im Schutz des Gebäudes vor einwirkender Hitze, Kälte, Niederschlag und Sturm. Ausgeführt werden können sie als geneigte Dächer oder Flach- und Gründächer.

Die Funktion des Wärmeschutzes übernimmt bei Dächern die Wärmedämmung. Werden Dachräume als unbeheizte Bereiche geplant, so ist der Wärmeschutz im Bereich der Dachgeschossdecke zu diesen Räumen auszuführen. Andernfalls muss die Wärmedämmung in der Dachkonstruktion angeordnet werden und die Abseilwände sind mit wärmedämmtechnischen Maßnahmen zu versehen.

Bei geneigten Dächern kommen als Dämmsysteme die Zwischensparren-Dämmung, Aufsparren-Dämmung oder eine Kombination von Zwischensparren, Aufsparren- und Untersparren-Dämmung zum Einsatz. Bei der Verarbeitung des Dämmmaterials ist auf eine dicht an dem Sparren liegende Verlegung zur Vermeidung von Fugen zu achten. Bei der Zwischensparren-Dämmung sollte auf die Ausführung eines Kaltdachs, aufgrund unzureichender Ausführbarkeit der Belüftungsebene, verzichtet werden. Zudem geht, durch freizuhaltende Luftebenen, Höhe für die Wärmedämmung verloren. Die Aufsparren-Dämmung bietet den Vorteil der durchgehenden Wärmedämmung und somit der Vermeidung von Wärmebrücken. Die Dämmstoffdicke ist jedoch begrenzt. Aufgrund der Reduzierung von Wärmebrücken ist eine Kombination der Zwischensparren-Dämmung mit einer Unter- oder Aufsparrendämmung zu empfehlen. Dabei ist die Unter- und Aufsparren-Dämmung mit Stufenfalz dicht gestoßen zu verlegen.

Bei der Ausführung von Flachdächern liegt ein großes Problem in der Dichtheit der Konstruktion. Durchdringungen sind dabei, durch Dehnungen der unterschiedlich verbauten Materialien bei Temperaturschwankungen, besonders anfällig für Undichtigkeiten. Hier sind im Bereich der Abdichtung vermehrt Sichtkontrollen durchzuführen.

Sind in der Planung Dachflächenfenster vorgesehen, ist zu beachten, dass sich bei geneigten Verglasungen der Wärmedurchgangskoeffizient verändert. Bei Dachflächenfenstern entstehen im Vergleich zu senkrechten Fensterflächen erhöhte Wärmeverluste. Bei der Produktwahl ist daher auf eine bessere Qualität mit erhöhten wärmeschutztechnischen Anforderungen, zum Beispiel dem Einbau von dreifach Verglasung, zu achten. Bei Fenstern in Gauben ändert sich nichts zu denen in der Fassade.

Als Unterlagen zur Ausführung und Qualitätskontrolle dienen die Ausführungszeichnungen, Vertragsunterlagen, erstellte Konzepte zur Wärmedämmung und Luftdichtheit, Detailplanungen und der EnEV-Nachweis aus denen die gewünschte Beschaffenheit hervorgeht.

Bei der Ausführung sind zudem die anerkannten Regeln der Technik, Vorschriften aus Datenblättern, Richtlinien und Verarbeitungshinweise der Hersteller zu beachten.

Neben der schon zuvor genannten fugendichten Verlegung ist auf den Einsatz geeigneter Materialien, deren Eigenschaften zur Wärmeleitfähigkeit und die Übereinstimmung mit der Planung und den Konzepten sowie die eingebaute Dämmstoffdicke zu prüfen. Deklarationen und Datenblätter der verwendeten Materialien sind einzusammeln und zu dokumentieren. Besonders der Anschlussbereich des Daches an die Wand ist durch einen Qualitätsprüfer kritisch zu beurteilen.

#### **4.4.4 Innenausbau**

Im Innenausbau ist für den Aspekt der Energieeinsparung besonders auf die Ausführung der luftdichten Gebäudehülle zu achten. Die Luftdichtheit eines Gebäudes wird dabei durch die Ausführung einer Luftdichtheitsschicht nach dem Luftdichtheitskonzept aus der Planungsphase erreicht. An die Luftdichtheitsschicht sind Anforderungen an einen durchgehenden Verlauf der Ebene, der vollständigen Umschließung des Gebäudes und an der Lage der Schicht im Bauteil gestellt. Die luftdichte Ebene ist grundsätzlich im Inneren des Gebäudes auf der „warmen Seite“ zu verlegen. Das Luftdichtheitssystem ist dabei eine Kombination von Materialien und Verbindungssystemen.

Die in dem Rohbau ausgeführten Maßnahmen zum Wärmeschutz des Gebäudes, dessen Verarbeitung als dicht gestoßene fugenfreie Schicht und der luftdichte Einbau von Fenstern und Türen sind im Innenausbau durch weitere Maßnahmen zur Luftdichtheit der Gebäudehülle zum Schutz der Bausubstanz, zur weiteren Energieeinsparung und für die Behaglichkeit zu ergänzen.

Für die Umsetzung sind geeignete Materialien der luftdichten Schicht anzuwenden. [30,48] Dabei sind bei nach außen abschließenden Bauteilen aus Beton keine zu-

sätzlichen Maßnahmen notwendig. Bildet Mauerwerk den Abschluss, ist zur Erzielung der Luftdichtheit innen eine Putzschicht aufzubringen. Hierbei ist besonderes Augenmerk auf die Bereiche, in denen Installationswände und Verläufe von Rohren geplant sind, zu legen. Diese sind bevor sie verbaut werden mit einer Putzschicht zu versehen. Als luftdicht gelten ebenfalls Gipsfaserplatten, Gipsplatten, Faserzementplatten, Holzwerkstoffplatten und Bleche. Zu beachten sind jedoch die Fugen zwischen den Werkstoffen, diese sind mit geeigneten Materialien luftdicht zu verschließen. Alle weiteren Materialien sind durch eine Luftdichtheitsschicht aus Bahnen (Kunststoff, Elastomere, Bitumen Papierwerkstoffe) abzudichten. Fugen zwischen Materialien lassen sich durch vorkonfektionierte Dichtschnüre, -streifen, -bänder, Klebebänder, Dichtstoffe oder Spezialprofile verschließen. Bei dem Einbau von Folien ist auf eine spannungsfreie Verlegung zu achten. Zugkräfte durch Auflast der Dämmung oder temperaturbedingte Längenänderungen, beispielsweise im Dachbereich, und Fugen und Ritze sind zu verhindern und die Lage durch mechanische Sicherungen zu gewährleisten. Die Untergründe sind vor dem Einbau sauber, trocken, staub-, fett- und ölfrei herzustellen und auf ihre ausreichende Tragfähigkeit zu untersuchen. Die Anschlüsse der Luftdichtheitsbahn an angrenzende Bauteile sind durch Einputzen, kleben oder der Befestigung mit Latten oder Profilen in Kombination mit vorkomprimierten Dichtbändern oder zusammen mit einer Klebemasse luftdicht ausführbar.

Durchdringungen der luftdichten Schicht sind zu vermeiden. Leitungsführungen sind grundsätzlich in raumseitigen Installationsebenen vorzusehen. Sieht die Planung jedoch Durchdringungen vor, sind sie mit geeigneten Materialien luftdicht an die angrenzenden Bauteile anzuschließen.

Vor Einbau der luftdichten Ebene müssen die dahinterliegenden Baustoffe auf ihren Feuchtegehalt kontrolliert werden, um eine Restfeuchte zu verhindern, die nach dem Einbau der Luftdichtheitsschicht in der Konstruktion verbleibt und zu Feuchteschäden führt. Die Feuchtigkeitsmessungen bei Holzkonstruktionen sind dabei nach DIN EN 13986 und DIN V 20000-1 durchzuführen.

Auch die Elektroarbeiten in einem Haus sind zu kontrollieren, so sind in der umschließenden Gebäudehülle vorgesehene Geräte und Verbindungen, wie Leitungen, Steckdosen und Schalter, in luftdichter Ausführung, durch geeignete luftdichte Dosen und Leitungsanschlüsse oder durch das Einputzen, einzubauen.

Bei Dächern ist zwischen der Winddichtung und der Luftdichtheitsebene zu unterscheiden. Die winddichte Ebene befindet sich auf der Außenseite des Bauteils un-

terhalb der Eindeckung. Luftdicht eingebaute Dampfbremsen können dabei gleichzeitig als Luftdichtheitsschicht verwendet werden.

Als Grundlage zur Ausführung der luftdichten Ebene dienen das Luftdichtheitskonzept aus der Planungsphase und Ausführungs- und Detailzeichnungen.

Die Arbeiten sind prinzipiell nach den anerkannten Regeln der Technik, Richtlinien und Verordnungen sowie der Empfehlungen der Hersteller auszuführen.

Der Qualitätsprüfer muss wissen, dass die Ausführungsarbeiten der Luftdichtheitsschicht sich auf mehrere Gewerke (Maurer, Putzer, Dachdecker, Trockenbauer, Heizungsbauer, Lüftungsbauer, Elektriker) verteilt, sodass besonders in diesem Bereich regelmäßige Bauüberwachungen zur Sicherstellung der luftdichten Gebäudehülle in Abhängigkeiten zu den einzelnen Gewerken durchzuführen sind.

Die Ausführungsarbeiten zur Luftdichtheit der Gebäudehülle können dabei in Zwischenschritten durch Sichtkontrollen oder durch Messung der Luftvolumenströme mittels eines Anemometer oder am Ende der Ausführungsarbeiten zur luftdichten Gebäudehülle bevor die luftdichte Schicht verkleidet wird überprüft werden. Die Messungen geben dabei Aufschluss über die Luftdichtheit.

Die Luftdurchlässigkeit von Bauteilanschlussfugen, ausgedrückt durch den Fugendurchlasskoeffizient  $a$ , darf dabei den Maximalwert von  $a=0,1 \text{ m}^3/(\text{mh}(\text{daPa}^{2/3}))$  nach DIN 4108-2 nicht überschreiten. Für Funktionsfugen von Fenstern, Fenstertüren und Außentüren sind ebenfalls nach DIN 4108-2 Anforderungsklassen nach DIN EN 12207 gefordert.

Bei den Nachweisen für die Luftdichtheit des Gesamtgebäudes ist darauf zu achten, um welchen Gebäudetyp es sich handelt. So sind bei Mehrfamilienhäusern neben den Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle ebenfalls Anforderungen an die Dichtheit aller einzelnen Wohnungen gestellt.

Der mit dem Differenzdruckverfahren nach DIN EN ISO 9972 gemessene Volumenstrom eines Gebäudes ohne raumluftechnische Anlagen darf den Wert von  $3,0 \text{ h}^{-1}$  ( $4,5 \text{ mxh}^{-1}$  bei einem Luftvolumen über  $1500 \text{ m}^3$ ) und mit raumluftechnischer Anlage von  $1,5 \text{ h}^{-1}$  ( $2,5 \text{ mxh}^{-1}$  bei einem Luftvolumen über  $1500 \text{ m}^3$ ) nach Anlage 4 der EnEV nicht überschreiten.

Sollten die Anforderungen nicht eingehalten werden, ist eine Leckageortung durchzuführen und Fehlstellen abzudichten. Aber auch die Güte der verbauten Materialien ist zu prüfen. Besonders kritische Punkte sind häufig in den Anschlussbereichen unterschiedlicher Baustoffe festzustellen. Der Qualitätsprüfer hat vor der Ver-

kleidung der luftdichten Ebene daher noch einmal besonders die Anschlüsse von Kellerdecken an Außenwände, Durchführungen, Außentür- und Fensteranschlüsse, Abdichtungen im Dachbereich, zwischen Dachstuhl und Mauerwerk, und von Schornsteindurchführungen zu kontrollieren.

#### **4.5 Anlagentechnik**

Bei der Ausführung der Anlagentechnik gilt grundlegend für alle Anlagensysteme zur Beheizung, Kühlung, Lüftung und Warmwasseraufbereitung eines Gebäudes, dass die Rohrleitungsinstallation in Schlitzen von Wänden zu unbeheizten Bereichen vermieden werden sollte. Dieses dient der Standsicherheit, dem Schallschutz und dem Wärmeschutz, denn Schlitze in Wänden stellen Bauteilquerschnittsschwächungen sowie konstruktionsbedingte Wärmebrücken dar. Ist die Verlegung innerhalb von Wänden jedoch unumgänglich, so ist eine erhöhte Wärmedämmung auf der raumabgewandten Seite der Rohre nach der DIN 4108-2 vorzusehen. Bevorzugt werden sollte jedoch die Leitungsverlegung in Vorwandinstallationen.

Zur Vermeidung von Wärmeverlusten bei Leitungsführungen mit warmem Medium und von Wärmeeinträgen/Wärmeentzug aus der Umgebung bei Kaltwasserleitungen sind die Leitungen zu dämmen. Die Dämmschichtdicken orientieren sich nach den Vorgaben der Energieeinsparverordnung, Anhang 5. Bei Rohrleitungsführungen in Bauteilen zwischen Räumen mit dauerndem Aufenthalt von Menschen kann die Dämmung entfallen.

##### **4.5.1 Heizungsanlagen**

Bedingt durch die hohen Anforderungen an die Wärmedämmung und Luftdichtigkeit eines Gebäudes besteht zumeist lediglich ein geringer Wärmebedarf, dieser ist dann durch Anlagen mit Heizfunktion bereitzustellen.

Bei der Ausführung von Heizungsanlagen gehören neben dem Wärmeerzeuger ebenso die Wärmeverteilung, die Steuerung und Regelung und die Heizflächen zur Anlage. Als Grundvoraussetzung für eine Heizungsanlage ist eine gute Gebäudewärmedämmung herzustellen.

Bei der Ausführung des Rohrnetzes zur Wärmeverteilung sollten kurze und gerade Leitungswege realisiert werden, da jeder Knick und jede Krümmung für Druckver-

luste verantwortlich ist und die Dämmung des Leitungssystems erschwert. Auch der Rohrdurchmesser beeinflusst diesen Verlust und sollte daher möglichst groß gewählt werden. Ebenfalls sollten die Leitungen nicht innerhalb der äußeren Gebäudehülle, zur Reduzierung der Wärmeverluste, verlegt werden. Alle Leitungen, vor allem in unbeheizten (kalten) Bereichen, sind zur Vermeidung von Wärmeverlusten zu dämmen.

Für einen verlustarmen Betrieb einer Heizungsanlage sind niedrige auf den Bedarf angepasste Systemtemperaturen zu erzielen. Dieses geschieht durch die Steuerung beziehungsweise Regelung der Anlage. Im Gegensatz zur Steuerung, mit der die Anlage ein- und ausgeschaltet werden kann, werden durch die Regelung automatisch die gewünschten Soll-Werte erzielt.

Bei der Ausführung der Heizflächen sollte auf eine möglichst große Heizfläche, zur Abgabe eines Großteils der Strahlungswärme, geachtet werden. Die Heizflächen können dabei durch Kompaktheizflächen (Heizkörper) oder Flächenheizungen realisiert werden. Der Einbau von Heizkörpern sollte möglichst nicht in Nischen vorgesehen werden und auf eine Verkleidung dessen verzichtet werden. Bei Heizkörpern erfolgt die Erwärmung über Konvektion, bei Flächenheizungen hingegen zum Großteil über die gewünschte Wärmestrahlung. Zur vollständigen Beseitigung der Behaglichkeitsdefizite sollten Raumheizflächen nahe der kalten Umfassungsfläche angeordnet sein.

Als Grundlage zur Prüfung der Anlagentechnik dienen die Ausführungsplanungen, das anlagentechnische Konzept, Berechnungen sowie die Anforderungen der Energieeinsparverordnung und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz.

Die Ausführung ist nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik und geltenden Richtlinien durchzuführen.

Neben dem Abgleich der ausgeführten Anlage zu der im anlagentechnischen Konzept erstellten Planung hat der Qualitätsprüfer die Verlegung des Rohrnetzes auf eine druckverlustarme und energieeffiziente Realisierung zu kontrollieren.

Aber auch die Dämmung der Leitungen gegen Wärmeverluste ist auf ihre Stärke und Lückenlosigkeit zu prüfen. Bei einer Fußbodenheizung ist der Wärmedurchgang nach unten durch ausreichende Dämmschichtdicke unterhalb des Systems zu begrenzen. Die Dämmstärke hat sich dabei nach den Vorgaben des Anhangs 5 der EnEV zu orientieren.

Nach Fertigstellung der Heizungsanlage ist nach DIN 4107-10 und gemäß der VOB/C ein hydraulischer Abgleich vorzunehmen. Mit dem hydraulische Abgleich

wird gewährleistet, dass alle Heizflächen gleichmäßig erwärmt, störende Geräusche verhindert und der Stromverbrauch reduziert werden. Der Abgleich ist erreicht, wenn alle parallelen Systeme den gleichen hydraulischen Widerstand bei maximaler Heizlast aufweisen. Wird der Abgleich nicht durchgeführt, werden Heizflächen am Ende des Heizstranges nicht warm und die nahe am Wärmeerzeuger zu heiß, die Regulierung funktioniert nicht optimal, Geräuschbelästigungen entstehen und der Nutzungsgrad des Wärmeerzeugers verschlechtert sich. Folglich entstehen höhere Stromkosten und solche für den Energieträger.

Die Energieeinsparverordnung schreibt diesen hydraulischen Abgleich sowohl für alle neu installierten Anlagen als auch für sanierte Heizungsanlagen vor.

Durchgeführt wird dieser zumeist vom Heizungsinstallateur und mit der Schlussrechnung bestätigt. Dieses hat der Qualitätsprüfer zu kontrollieren.

Anschließend sind alle Prüfungen und durchgeführten Messungen schriftlich zu dokumentieren.

#### **4.5.2 Warmwasseraufbereitung**

Bei der Ausführung der sanitären Anlagen ist im Bereich der Energieeffizienz eines Gebäudes der Wärmeschutz der Trinkwasserleitungen und Zirkulationsleitungen einzuhalten, um Wärmeverluste zu verhindern. Dieses geschieht durch die Dämmung der Leitungen und des Warmwasserspeichers. Um die Energieverluste zusätzlich einzuschränken und Zirkulationsleitungen zu verhindern, sind kurze Rohrleitungslängen ausführen und dessen Anordnung außerhalb der Außenwände vorzunehmen.

Ebenso können während der Ausführungsarbeiten rationelle Armaturen und Geräte, wie Durchflussmengenbegrenzer oder Spar-Duschbrausen, den Warmwasserverbrauch senken.

Als Unterlagen für die Ausführung dienen Zeichnungen und das anlagentechnische Konzept.

Die Ausführung ist nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik und geltenden Richtlinien durchzuführen.

Der Qualitätsprüfer hat die Übereinstimmung der ausgeführten Arbeiten mit der Planung und den geltenden Normen und Regelwerken zu kontrollieren und die Lückenlosigkeit und Dicke der Dämmung der Leitungen und eventuell des Speichers für Trinkwasser mit den Richtwerten aus der EnEV und der VDI-Richtlinie 2055 „Wärme- und Kälteschutz für betriebs- und haustechnische Anlagen“ zu vergleichen und diese zu überprüfen.

Die Abwasserleitungen werden hier außer Acht gelassen, da diese für die Energieeffizienz eines Gebäudes keine Rolle spielen.

#### **4.5.3 Klimaanlage**

Hoch energieeffiziente Gebäude mit einer starken Wärmedämmung und hoher Luftundurchlässigkeit weisen geringe Wärmeverluste auf und können zur Überhitzung in den Sommer- und Übergangsmonaten neigen. Aber auch innere Wärmelasten, insbesondere bei Nichtwohngebäuden durch die installierte Informationstechnik, und ein erhöhter Komfortanspruch können die Integration einer Anlage mit Kühlfunktion in die Anlagentechnik erfordern.

Die Wärmeaufnahme der Kälteverteilungs-, Kaltwasserleitungen und Armaturen sowie die Bildung von Kondenswasser an dessen Oberflächen sind durch Maßnahmen der Anlage 5 nach EnEV, wie die lückenlose und dampfdichte Wärmedämmung des Leitungssystems, zu begrenzen. [4,51] Als Dämmstoffe sind, aufgrund des Brandschutzes, nichtbrennbare Materialien wie Glaserfaser oder Steinwolle zu verbauen. Ebenfalls sind vom Hersteller vorgegebene maximale Verlegelängen und Höhenunterschiede zwischen Gerät und Kälteteil einzuhalten, um Druckverluste gekoppelt mit verminderten Kälteleistungen zu verhindern.

Als Prüfungs- und Ausführungsgrundlage zur Anlagentechnik dienen die Ausführungsplanungen, das anlagentechnische Konzept, die Herstellerangaben zur Anlage, die Energieeinsparverordnung und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz.

Die Ausführung von Klimaanlage ist dabei nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik und geltenden Richtlinien durchzuführen.

Der Qualitätsprüfer hat die fugenlose Verlegung und Dämmung der Leitungen vor Ort durch Sichtkontrollen zu überprüfen. Dabei hat die Dämmschichtdicke den Vorgaben zu entsprechen.

#### **4.5.4 Lüftungsanlagen**

Werden bei dem Neubau oder der Sanierung eines Gebäudes mechanisch betriebene raumluftechnische Anlagen für ein behagliches Raumklima statt natürlicher oder zusätzlich zur natürlichen Lüftung ausgeführt, sind diese zur Verbesserung der Energieeffizienz einer solchen Anlage in der Ausführungsphase durch einen qualifizierten Prüfer zu kontrollieren.

Als Grundlage zur Prüfung der Anlagentechnik dienen die Ausführungsplanungen, Montagepläne, das anlagentechnische Konzept und Lüftungskonzept, Herstellerangaben zur Anlage sowie die Energieeinsparverordnung und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz.

Die Ausführung von raumluftechnischen Anlagen ist dabei nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik und geltenden Richtlinien durchzuführen.

Neben dem Abgleich der ausgeführten Anlage zu der im anlagentechnischen Konzept erstellten Planung hat der Qualitätsprüfer die Dimensionierung des Kanalsystems und die Wärmedämmung der Leitungen und Schächte während der Ausführung und vor der Verkleidung des Verteilungssystems zu kontrollieren. Dieses dient zur Vermeidung eines unnötigen Energiebedarfs für die Förderung der Luftvolumenströme und verhindert Tauwasserbildung an den kalten Leitungen. Richtwerte für die Dämmdicke sind dem Anhang 5 der EnEV beziehungsweise für Lüftung von Wohnungen der Tabelle 20 DIN 1946-6 zu kontrollieren entnehmen.

Ebenfalls ist die Luftdichtheit des Kanalsystems während des Einbaus (wegen der Zugänglichkeit) zu prüfen, um die Energieeffizienz der Anlage zu steigern und Wärmeverluste zu verhindern. Die Luftdichtheit hat dabei den Dichtheitsklassen nach DIN EN 1507 und DIN EN 12237 zu entsprechen. Werden bei der Prüfung der Luftdichtheit des Luftleitungssystems Leckagen festgestellt, sind diese zu orten und zu beseitigen. Auch die geforderten Luftvolumenströme der Energieeinsparverordnung sind an allen Luftdurchlässen nachzuweisen oder besser gesagt ist der Gesamtvolumenstrom zu ermitteln. Werden bei der Messung des Luftvolumenstroms Abweichungen zu den Planungsdaten festgestellt, ist die Einstellung der Lüftungsanlage zu optimieren.

Anschließend sind alle Kontrollen, Prüfungen und Messungen zu dokumentieren. Grundvoraussetzung für eine Lüftungsanlage ist eine luftdichte Gebäudehülle.

#### **4.5.5 Beleuchtung**

Die Ausleuchtung der Räumlichkeiten von Wohn- und Nichtwohngebäuden sollte möglichst durch eine optimale Tageslichtnutzung erzielt werden. Reicht diese nicht aus, ist künstliches Licht zu integrieren. Zur Reduzierung des Stromverbrauchs sind dabei energiesparende Leuchtmittel zu verwenden.

Für die Ausführung und Qualitätskontrollen stehen die Ausführungszeichnungen und das Beleuchtungskonzept zur Verfügung.

Die Ausführungsarbeiten sind grundsätzlich nach den anerkannten Regeln der Technik und den geltenden Richtlinien durchzuführen.

Der Qualitätsprüfer hat in der Ausführungsphase zu kontrollieren, ob energiesparende Lampen eingesetzt wurden und das Beleuchtungskonzept umgesetzt wurden. Die im Beleuchtungskonzept geforderte Ausleuchtung des Raumes kann dabei durch Beleuchtungsstärkenmessungen oder Leuchtdichtemessungen überprüft werden.

#### **4.6 Fertigstellung des Gebäudes**

Der während der Planungsphase erstellte Energiesparnachweis ist nach der Fertigstellung des Gebäudes durch die Ausstellung des Energieausweises nach Anlage 6 oder 7 der EnEV mit den energetischen Eigenschaften des fertig gestellten Gebäudes an die vorhandenen Bedingungen anzupassen. Dieser ist dem Bauherren/Eigentümer zu übergeben. Dabei kann die Ausstellung auf Grundlage des Energiebedarfs oder des Energieverbrauchs erfolgen.

Für weitere Informationen zum Energieausweis wird hier auf das Vorbereitungsmodul zur Bachelorarbeit „Richtlinien, Verordnungen und Zertifizierungssysteme für energieeffizientes und nachhaltiges Bauen“ verwiesen.

Zusätzlich kann das vorherrschende Raumklima geprüft werden und mit der geforderten thermischen Behaglichkeit abgeglichen werden.

## 5 Fazit

Um den gesetzlichen Anforderungen an ein energieeffizientes und nachhaltiges Gebäude ebenso wie an den hohen nutzerspezifischen Ansprüchen an das Behaglichkeitsniveau der Räumlichkeiten nachzukommen reicht eine vertraglich vereinbarte Planungs- und Bauüberwachung nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure nicht aus.

Dieses zeigen Studien in denen Mängel aufgrund unzureichender/fehlender Planung beziehungsweise fehlerhafter Ausführung aufgedeckt wurden. Diese wiederum haben Schäden am Bauwerk, negative Einflüsse auf die Behaglichkeit, zusätzliche Kosten zur Beseitigung der Mängel und Folgeschäden sowie erhöhte Energiekosten aufgrund entstandener Abweichungen zum geplanten Wärmeschutz zur Folge. Mängel und dessen Folgeschäden sind nur durch eine umfangreiche und detaillierte Planung sowie eine qualitätsvolle und ordnungsgemäße Ausführung der Baumaßnahme vermeidbar.

Die Einbindung einer Qualitätssicherung zu Beginn der Planungsphase gewährleistet durch die Durchführung von Kontrollen und Prüfungen während der Vorplanungs-, Planungs- und Ausführungsphase ein mangelfreies und den vertraglichen Vereinbarungen entsprechendes Bauwerk. Besonders die planungsvorbereitende und planungsbegleitende Qualitätssicherung trägt mit ihren ausgearbeiteten Plänen und abgestimmten Konzepten zum Wärmeschutz, zur Luftdichtheit und Anlagentechnik eines Gebäudes dazu bei.

Da die Ausrichtung und die Bemessung der technischen Anlagen in der Planungsphase auf Annahmen des Nutzerverhaltens und mit normativen Rahmenbedingungen basiert wird prinzipiell von den ermittelten Verbräuchen und Kosten in der Betriebsphase eines Gebäudes abgewichen. Daher sollten nach der Fertigstellung und der Übergabe des Gebäudes zusätzlich im Rahmen eines Energiemanagements oder eines Energieaudits die erzielte energetische Güte während des Nutzens analysiert, bewertet und verbessert beziehungsweise der geplanten Güte angepasst werden.

Nur die Kombination aller Aspekte erzielt den geforderten energetischen und nachhaltigen Standard unter optimalem Nutzerkomfort und maximaler Kostenersparnis.

Die Durchführung einer planungs- und baubegleitenden Qualitätssicherung ist nicht gesetzlich vorgeschrieben, ein Blick in die Zukunft zeigt jedoch, dass ihr Einsatz bei Neubauten und Sanierungen unumgänglich sein wird. Mit Beginn diesen Jahres

2016 wurden die Anforderungen der 2014 verabschiedeten Energieeinsparverordnung erneut verschärft. So sind erhöhte Anforderungen an den Jahres-Primärenergiebedarf eines Gebäudes und dem Wärmeschutz der Gebäudehülle gestellt. Der geforderte Gebäudestandard wird dabei in Zukunft nicht ausschließlich durch bauliche Maßnahmen erreichbar sein, sondern muss durch eine fach- und sachgerechte Planung und Ausführung realisiert werden.

Aber auch die Qualitätssicherung nach Fertigstellung der Baumaßnahmen im Bereich von Nichtwohnungsbauten wird eine immer größere Rolle spielen. So verpflichtet die Energieeffizienzrichtlinie RL 2012/27/EU seit dem 5. Dezember 2015 große Unternehmen zur Durchführung eines Energieaudits beziehungsweise zur Umsetzung eines Energiemanagementsystems. Nur so kann der Energieeinsatz, der besonders in Nichtwohnungsbauten durch den Strombedarf für Geräte, Maschinen und Beleuchtung verursacht wird, reduziert werden und knappe Ressourcen geschont sowie die Auswirkungen auf die Umwelt minimiert werden.